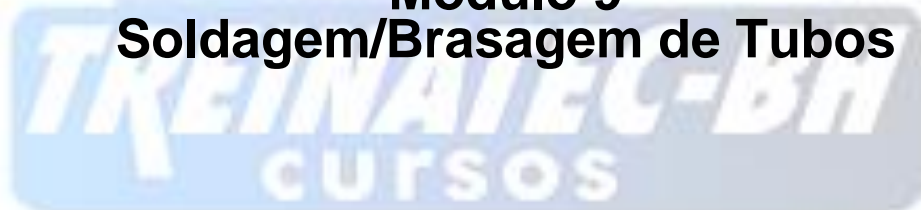




**TREINATEC BH CURSOS**

**Módulo 9**  
**Soldagem/Brasagem de Tubos**



# Sumário

1. INTRODUÇÃO À BRASAGEM .....	3
2. TIPOS DE LIGAS PARA SOLDA.....	5
3. USO DE FLUXO PARA SOLDA.....	6
4. TIPOS DE CHAMAS .....	6
5. EQUIPAMENTO OXIACETILÊNICO .....	10
6. PROCESSO OXIACETILÊNICO .....	12
7. MANUSEIO DO MAÇARICO .....	16
8. PREPARAÇÃO PARA SOLDAGEM.....	23
9. SEQUÊNCIA DE BRASAGEM .....	25
10. FALHAS COMUNS NA BRASAGEM .....	28
11. REGRAS DE SEGURANÇA.....	31
13. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	32



A brasagem de tubos é uma etapa que faz parte do procedimento de instalação de compressores em novos produtos ou do procedimento de troca de compressores quando da manutenção de um sistema de refrigeração. A boa qualidade das brasagens é de fundamental importância para evitar eventuais reprocessos devido a vazamentos e/ou entupimentos nos pontos de brasagem.

Para efetuarmos a brasagem necessitamos de uma reação química chamada de chama.

Sempre que acontece uma reação química entre gases com aparecimento de luz e calor, a zona em que se processa esta reação é denominada chama.

### **Materiais de adição**

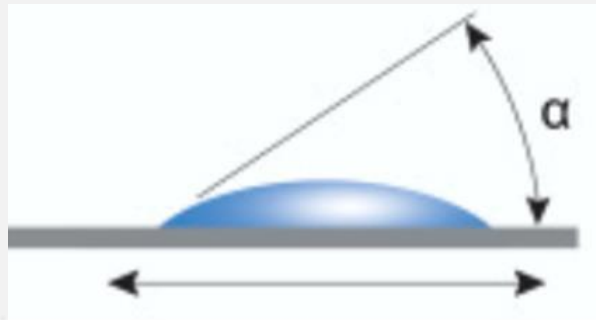
São ligas ou metais puros que penetram entre as superfícies a serem unidas, sendo o elemento de junção das partes.

Devem ser mantidos nas embalagens originais em local que proteja contra a umidade, poeira e avarias em geral, pois qualquer resíduo ou contaminação pode comprometer a qualidade final da junta brasada. (Não é recomendado o armazenamento em estufa).

A maioria dos metais de adição não são ligas eutéticas, ou seja, não tem ponto de fusão definido como os metais puros, mas sim um intervalo de fusão compreendido entre as temperaturas de *solidus* e *liquidus*.



Temperatura de *solidus* é a mais alta temperatura na qual o metal de adição está totalmente sólido.



Meio: início da fase líquida, temperatura solidus superada

Temperatura de *liquidus* é a mais baixa temperatura na qual o metal de adição está totalmente líquido.



Fim: material base umectado, temperatura de trabalho atingida

Quando as folgas são regulares e adequadas para a brasagem, deve-se utilizar metal de adição eutético ou com pequeno intervalo de fusão, para se obter um rápido e total preenchimento assim que a temperatura liquidus é alcançada. Essa alta velocidade de operação permite obter altos índices de produtividade e baixa probabilidade de defeitos na junta.

Quando as folgas são largas (acima de 0,15 mm) ou irregulares, ou seja, menos adequadas para a brasagem, deve-se utilizar metal de adição com intervalo de fusão maior, trabalhando no centro do mesmo, com a liga ainda “pastosa”, facilitando o controle da fluidez e consequentemente o preenchimento da folga.

Nesse caso, o aquecimento é lento e a probabilidade de defeitos é maior.

Quando o metal de adição possuir um intervalo de fusão relativamente grande (acima de 80°C) deve-se tomar cuidado para que os constituintes não se separem pelo aquecimento devido a volatilização de elementos como o zinco e o cádmio. Este efeito é chamado de *liquação*, mas também é muito conhecido como solda

queimada ou fervida, apresentando porosidades e baixas resistências mecânicas e estanqueidade.

São ligas a base de prata e cobre podendo possuir outros elementos como zinco, cádmio, estanho, níquel, silício, etc.

Possibilitam a união da maioria dos metais ferrosos e não ferrosos, com exceção do alumínio, do magnésio e de metais com o ponto de fusão inferior à 800°C.

Destacam-se pelo vasto campo de aplicação na produção de materiais elétricos, eletrodomésticos, refrigeração, ar condicionado, óculos, aparelhos odontológicos e médico-cirúrgicos, instrumentos musicais, jóias e bijuterias, tubulações e aplicações na indústria em geral.

Fornecida na forma de vareta, vareta revestida com fluxo, lâmina, fio, pó, anel, verga, arame tubular, pasta e formatos especiais.

Dividem-se em dois grupos: Ligas sem Cádmio e Ligas com Cádmio

#### **Ligas de Solda Prata sem Cádmio**

As ligas mais utilizadas apresentam excelentes características, atendendo a maioria das aplicações. Esses metais de adição são ideais para aplicação em componentes que entram em contato direto ou indireto com o organismo humano, devido à ausência do Cádmio, metal nocivo à saúde.

#### **Ligas de Solda Prata com Cádmio**

As ligas são muito utilizadas na indústria de fios e cabos de cobre, na forma de pó ou vareta, para emendas durante o processo de trefilação ou brasagem.

O Cádmio é um metal tóxico, e seu uso indiscriminado na fabricação de objetos que possam entrar em contato direto ou indireto com o organismo humano pode causar problemas à saúde.

#### **Ligas fosforosas para brasagem**

São metais de adição constituídos de cobre e fósforo no caso de Foscooper e cobre fósforo e prata no caso de Silfoscooper. Proporcionam uma solução eficaz e de custo relativamente baixo nas brasagens de cobre e suas ligas.

Utilizadas em grande escala nas indústrias de refrigeração e ar condicionado, pois suportam ao trabalho em temperaturas entre aproximadamente -50°C e 200°C.

Na brasagem de cobre com cobre, prata ou bronze fosforoso em atmosfera normal, **não é necessário o uso de fluxo**, pois o fósforo contido no metal de adição reage com o ar e com o óxido formado durante o aquecimento dando origem ao metafosfato de cobre, que funciona como fluxo.

Para brasagem de latões e bronzes não fosforosos é necessária a utilização de fluxo.

Tabela: Uso de fluxo

Metal base	Metal de adição	Tipo de chama	fluxo
Alumínio	Alumínio	FRACAMNETE REDUTORA	SIM
Bronze	Bronze	FRACAMNETE OXIDANTE	SIM
Cobre	Cobre	NEUTRA	NÃO
Ferro fundido	Ferro fundido	NEUTRA	SIM
Níquel	Níquel	FRACAMNETE REDUTORA	NÃO
Aço de baixo carbono	Aço	NEUTRA	NÃO
Todos	Bronze	FRACAMENTE OXIDANTE	SIM
Aço de baixo carbono	Aço	REDUTORA	NÃO
Aço inoxidável	Aço inoxidável	NEUTRA	SIM

### Tipos de chama

A fonte de calor neste processo é de origem química, formada por dois gases:

**Oxigênio:** gás que ativa a combustão (comburente);

**Acetileno:** gás combustível.



A mistura oxiacetilênica é obtida pela combinação de dois gases (oxigênio e acetileno) através de um maçarico onde, após ignição, se obtém a chama.

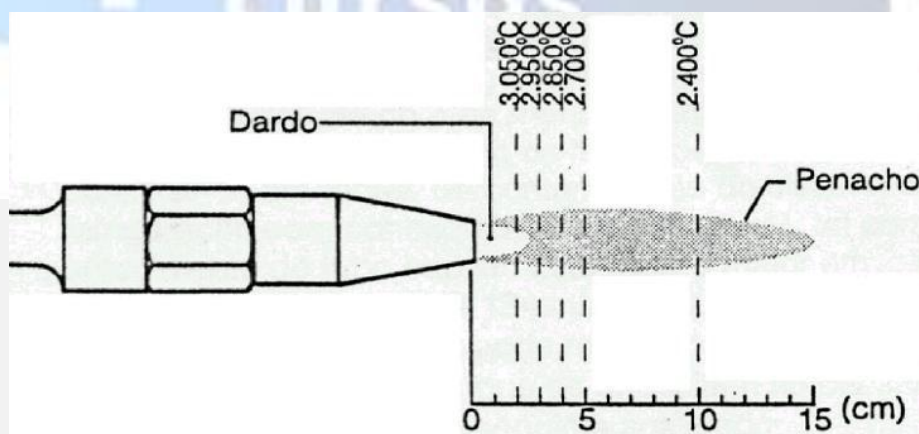
Quando há queima completa do acetileno no ar, o oxigênio do ar combina-se com o acetileno, formando o gás carbônico e o vapor de água ( $2C_2H_2 + 5O_2 \Rightarrow 4CO_2 + 2H_2O + \text{calor}$ ). Como pode se verificar, para haver a queima completa de acetileno são necessários 2,5 volumes de oxigênio para um volume de acetileno.

Se houvesse oxigênio puro num volume duas vezes e meio maior, seria o ideal para a chama de soldagem, obter-se-ia uma chama de temperatura mais elevada, porém este tipo de chama é comercialmente inviável. O tipo de chama que se emprega é a que se alimenta de um volume de oxigênio para cada volume de acetileno, deixando os outros 1,5 volumes para serem fornecidos pelo próprio ar atmosférico que envolve a chama.

No ar atmosférico há quatro vezes mais nitrogênio do que oxigênio e ainda outros gases em pequenos percentuais. Desde que estes gases não entrem na reação, apenas serão aquecidos por ela, o que causará uma diminuição na temperatura da chama.


A chama é produzida por duas reações: a reação primária e a secundária. A reação primária é a de maior temperatura e é representada na chama pelo cone ou dardo interno. A reação secundária é a representada pela parte externa da chama, também conhecida como envoltório; é a reação do monóxido de carbono resultante da reação primária na presença do oxigênio do ar.

A temperatura máxima de uma chama oxiacetilênica é de aproximadamente 3100°C, nas proximidades da extremidade do dardo, como mostra a figura:



Chama oxiacetilênica

Os tipos de chama oxiacetilênica variam em consequência das proporções de oxigênio e acetileno que a produzem. Basicamente existem três tipos: neutra, redutora ou carburante e oxidante. As diferentes zonas são definidas pela intensidade e coloração da luz.



Regiões	Nome	Chama neutra	Chama oxidante	Chama redutora
	Cone (dardo)	Branco (azulado)	Branco	Branco intenso
	Véu (penacho)	Quase incolor	Roxo alaranjado	Branco quase incolor
	Envoltório (tranja)	Azul alaranjado	Roxo alaranjado	Laranja azulado

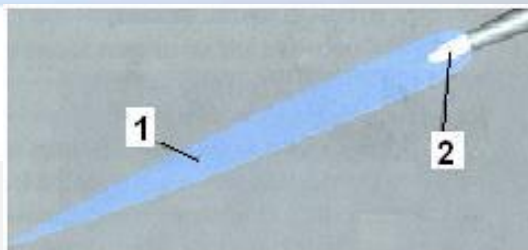
*Tipos de chama e como identificá-las*

### **Chama neutra ou normal**

É a chama de maior utilização para o processo de soldagem incombustível, é obtida através da mistura de volumes iguais de oxigênio e acetileno (daí a origem do nome de neutra); apresenta duas zonas bem definidas que são o cone e o envoltório. A chama neutra é de particular importância para o soldador, não só por seu uso em soldagem e corte, como também por fornecer uma base para regulagem de outros tipos de chamas.

Esta chama caracteriza-se por ser uma chama destruidora dos óxidos metálicos que podem formar-se no decorrer da brasagem e são recomendados para a soldagem de ferros fundidos, aços, alguns bronzes, cobre, latão, níquel, metal monel, enchimentos e revestimentos com bronze.

Deve ser usada para brasagem de passadores de cobre com tubos de cobre.



*Características visuais da chama neutra*

*1 – Chama azul celeste*

*2 – Dardo azul claro brilhante*

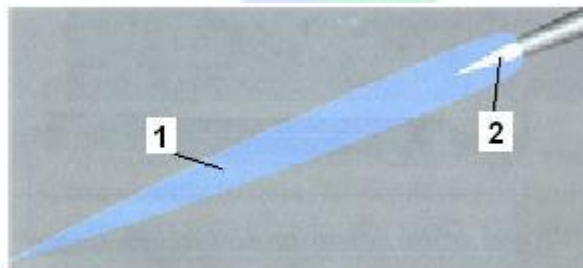


### Chama oxidante

É uma chama obtida por uma mistura com excesso de oxigênio e caracteriza-se por ser uma chama mais quente que a chama neutra (atinge uma temperatura de 3150°C), apresenta em seu visual duas zonas bem distintas: o cone e o envoltório, outra característica é o som sibilante emitido pelo bico.

É indicada principalmente para a soldagem de materiais que contenham zinco em sua composição química, como por exemplo: o latão.

Na soldagem deste material, o zinco é oxidado na superfície da poça, onde a camada de óxido resultante vai inibir posteriores reações. Com a chama normal, o zinco se volatiliza continuamente e é oxidado na atmosfera.



*Características visuais da chama oxidante*

*1 – Chama azul celeste*

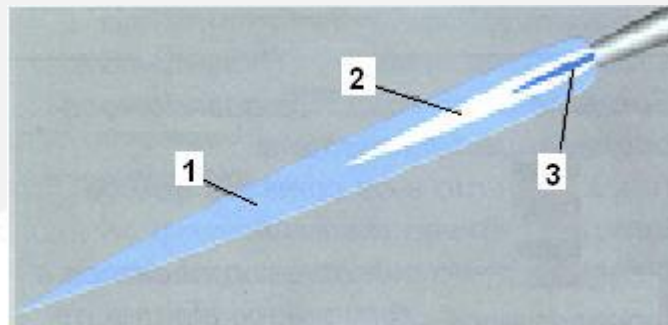
*2 – Dardo azul claro brilhante com brilho concentrado menor que a da chama neutra*

### Chama redutora ou carburante

Trata-se de uma chama com excesso de acetileno, nesta chama as três regiões apresentam-se bem distintas: cone, envoltório e o véu. O véu apresenta-se muito brilhante e este brilho é devido a partículas de carbono incandescentes sob alta temperatura.

O comprimento da franja determinará a quantidade em excesso na chama, esta por sua vez é menos quente que a chama neutra (atinge uma temperatura de 3020°C). É recomendada para a soldagem de aços-liga ao cromo e ao níquel, magnésio, alumínio e suas ligas e para a brasagem de passadores de aço cobreado com tubos de aço ou passadores de aço cobreado com tubos de cobre e vice-versa. Pode ser também empregada para depósitos de materiais duros como “stellite”.

Esta chama não é recomendada para a soldagem de aços carbono, pois causa juntas porosas e quebradiças.



*Características visuais da chama redutora*

*1 – Chama azul celeste*

*2 – Dardo azul claro sem brilho*

*3 – Dardo azul claro brilhante*

### **Equipamento oxiacetilênico**

Como profissional da refrigeração, frequentemente você vai precisar fazer uma solda oxiacetilênica. É o caso, por exemplo, da reoperação de uma unidade selada, que assim pode ser descrita:

Reoperar uma unidade selada consiste em substituir o componente defeituoso, reaproveitando os demais componentes que estiverem em bom estado.

Por exemplo, num refrigerador em que o compressor está com defeito, substitui-se apenas o compressor e reaproveitam-se os demais componentes, com exceção do filtro secador e do fluido refrigerante.

Para reoperar uma unidade selada é necessária prática de solda oxiacetilênica em juntas de encaixe dos tubos:

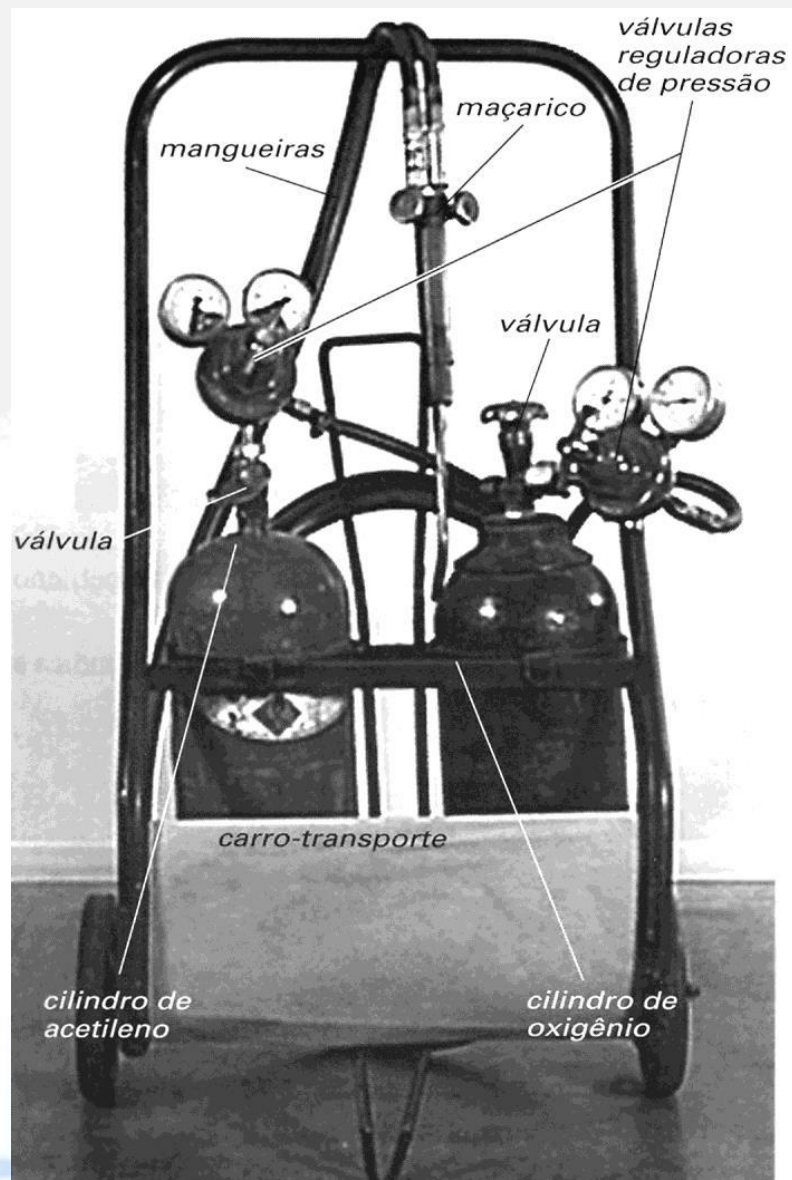
- Linhas de descarga e sucção e tubos passadores;
- Tubo de processo, etc.

O aparelho de solda oxiacetilênica é popularmente conhecido simplesmente como maçarico.

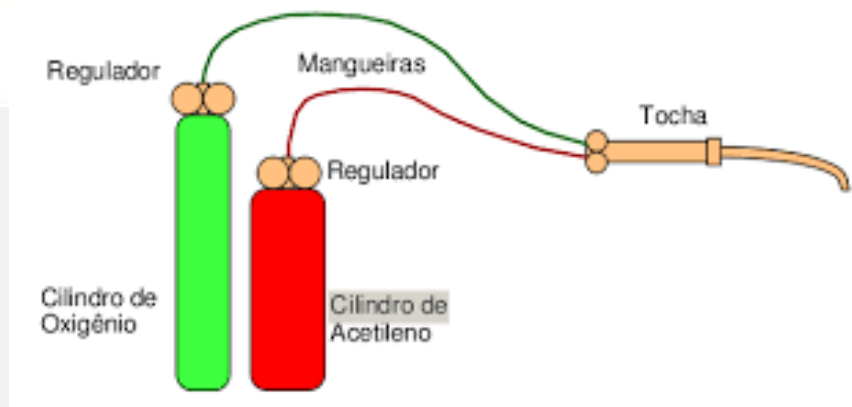
A boa qualidade da solda vai depender do conhecimento do aparelho, da concentração e habilidade no manuseio do maçarico, do capricho e paciência do operador em seguir processos corretos de soldagem.

**Treinatec BH Cursos**

[www.treinatecbh.com.br/cursosonline](http://www.treinatecbh.com.br/cursosonline)



*Equipamento oxiacetilênico*



**Treinatec BH Cursos**

[www.treinatecbh.com.br/cursosonline](http://www.treinatecbh.com.br/cursosonline)

Sugerimos a quem ainda não tenha prática de solda que visite uma oficina e observe como se prepara um maçarico e como deve ser manuseado durante o processo de soldagem. Procure acompanhar o processo de soldagem, o tipo de chama utilizada, o material a ser soldado, as precauções e cuidados para evitar acidentes.

O maçarico deve ser usado só por quem conheça perfeitamente seu funcionamento.

### **Processo oxiacetilênico**

Para instalar os **reguladores de pressão** nos cilindros de oxigênio e acetileno, proceda da seguinte maneira:

1. Retire os capacetes (tampas) e os lacres dos cilindros de acetileno e oxigênio. O cilindro de cada gás tem cor própria: o cilindro de oxigênio industrial utilizado na solda é de cor preta; e o acetileno é de cor bordô. É obrigatório o uso de capacete protetor dos cilindros para transporte.
2. Devido à alta periculosidade, é expressamente proibida a transferência de gases de um cilindro para outro.
3. Coloque os reguladores nos respectivos cilindros. Mantenha os cilindros fixos e na posição vertical. As válvulas de regulação servem para diminuir a alta pressão dos gases nos cilindros e obter assim a pressão de trabalho: Exemplo 2: se a pressão do cilindro de acetileno for 10bar ou 145psi, podemos regular a saída para 0,5bar ou 7,2psi constante.
4. Instale as válvulas corta-fogo junto ao regulador de pressão ou junto ao cabo do maçarico. As válvulas corta-fogo servem para evitar que o maçarico engula a chama, o que é conhecido como “retrocesso”. Normalmente este importante acessório não acompanha o aparelho de solda de oxiacetilênica, sendo necessário adquiri-lo.



5. Verifique se as juntas das conexões dos reguladores estão corretamente fixadas e rosqueie as conexões dos reguladores nas válvulas dos respectivos cilindros.



*Regulador de pressão*

Atenção para não confundir as roscas das conexões: Todas as conexões utilizadas no cilindro de oxigênio são roscas normais, isto é, roscas à direita (aperta-se à direita e afrouxa-se à esquerda).

Todas as conexões utilizadas no cilindro de acetileno são roscas à esquerda, ou seja, não convencional (aperta-se à esquerda e afrouxa-se à direita).

6. Aperte as conexões com o auxílio de uma ferramenta adequada.

7. Afrouxe os parafusos dos reguladores de pressão do oxigênio e acetileno, girando-os completamente para a esquerda, antes de abrir as válvulas do acetileno ou oxigênio.

Apertando o parafuso regulador para a direita, obtém-se a pressão de trabalho, a qual pode ser observada no manômetro. Afrouxando o parafuso regulador para a esquerda, diminui-se a saída de pressão de trabalho.



*Abrindo regulador de pressão para trabalho*

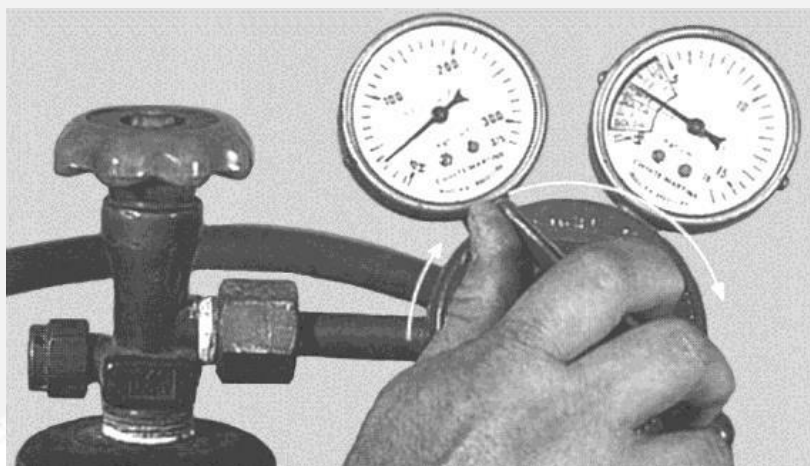
8. Gire meia volta a manopla e abra o cilindro de oxigênio. O manômetro do lado do cilindro deve indicar a pressão do gás do cilindro.



*Abrindo cilindro de oxigênio*

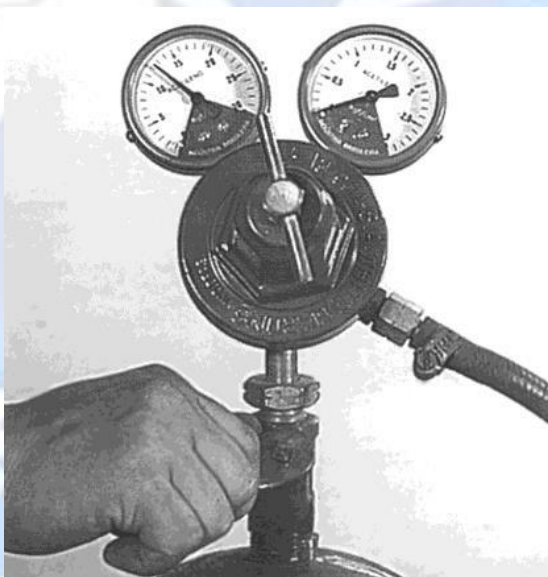
9. Aperte o parafuso regulador de pressão do oxigênio, até que a pressão indicada pelo manômetro do lado da mangueira indique cerca de 2 a 3bar. Regule a pressão de saída de modo que a pressão de trabalho se mantenha sem variação.





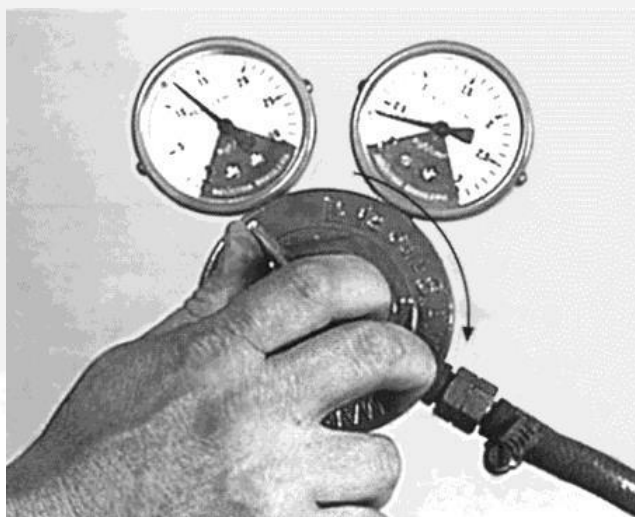
*Abrindo regulador de saída para trabalho*

10. Introduza a chave na válvula do cilindro de acetileno e dê meia volta para abrir. Observe se o manômetro do lado do cilindro indica a pressão do gás do cilindro.



*Montagem de regulador de acetileno*

11. Aperte o parafuso regulador de pressão do acetileno, até que a pressão indicada pelo manômetro do lado da mangueira indique cerca de 0,4bar a 0,5bar. Regule a pressão de saída de modo que a pressão de trabalho se mantenha sem variação.



*Abrindo regulador de saída para trabalho*

12. Verifique se há vazamento de gás, passando espuma de sabão nas conexões dos cilindros e das mangueiras do oxigênio e acetileno.

### **Manuseio do Maçarico**

1. Coloque um bico médio no cabo de acordo com o material a ser soldado e regule a pressão de saída do oxigênio.

Geralmente a soldagem utilizada em refrigeração é feita com bico médio (orifício de Ø1,6mm), adequado para soldar material de 3 a 4mm de espessura.



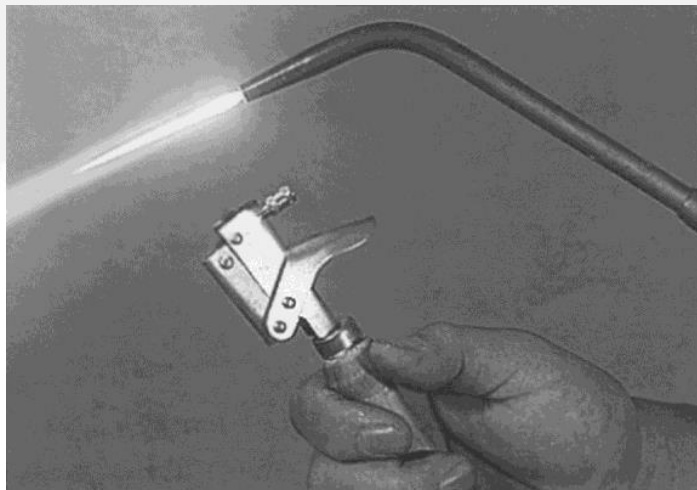
*Conjunto de maçarico*

2. Abra a válvula de acetileno, girando a manopla que é de cor vermelha e acenda o maçarico apontando o bico para uma área segura. É obrigatória a utilização de óculos de segurança apropriados para solda oxiacetilênica.

**Treinatec BH Cursos**

[www.treinatecbh.com.br/cursosonline](http://www.treinatecbh.com.br/cursosonline)

3. Procure sempre manter o maçarico cerca de uns 4m de distancia dos cilindros de oxigênio e acetileno. Para acender o maçarico, recomenda-se usar comente o acendedor apropriado.



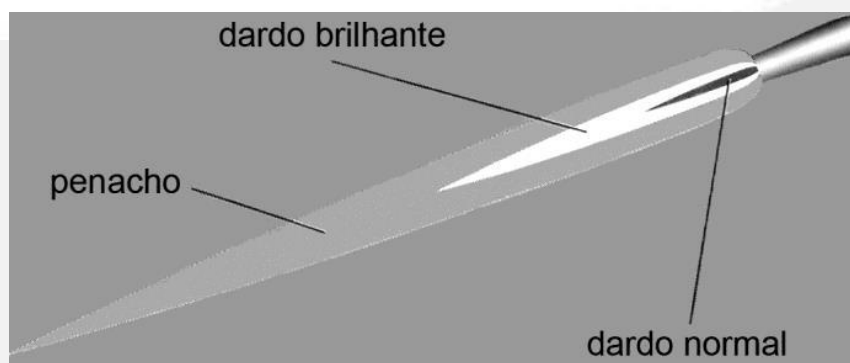
*Acendendo maçarico com acendedor correto*

4. Abra  $\frac{1}{4}$  de volta a válvula de acetileno e acenda a chama. Depois abra a válvula de oxigênio, girando a manopla lentamente para obter a chama desejada. É importante você distinguir os três tipos de chamas, que podem ser obtidos a partir da chama do acetileno já acesa com a liberação de uma quantidade igual (chama neutra), maior (chama oxidante) ou menor (chama carburante) de gás oxigênio.

#### **Chama redutora ou carburante**

É obtida pela liberação de mais acetileno que oxigênio, o que faz com que esta chama seja menos quente que a chama neutra.

Este tipo de chama caracteriza-se por uma cor azul celeste e dois dardos: um dardo azul-claro sem brilho e outro azul-claro brilhante.



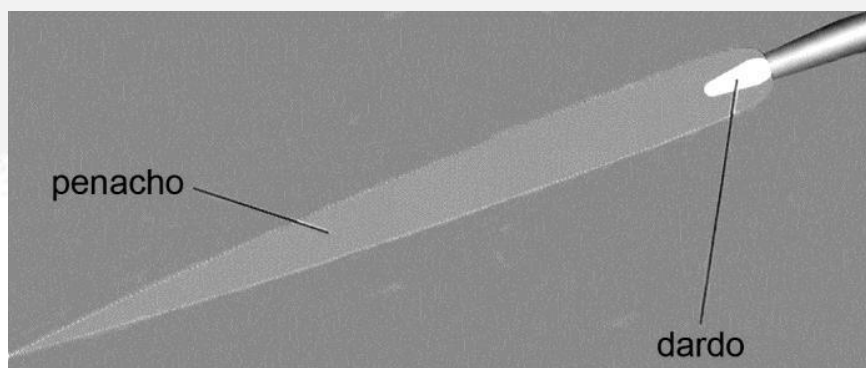
**Treinatec BH Cursos**

[www.treinatecbh.com.br/cursosonline](http://www.treinatecbh.com.br/cursosonline)

### **Chama neutra**

É obtida pela liberação de quantidades iguais de oxigênio e acetileno.

Este tipo de chama caracteriza-se por uma cor azul-celeste e um dardo azul-claro brilhante com a ponta arredondada.

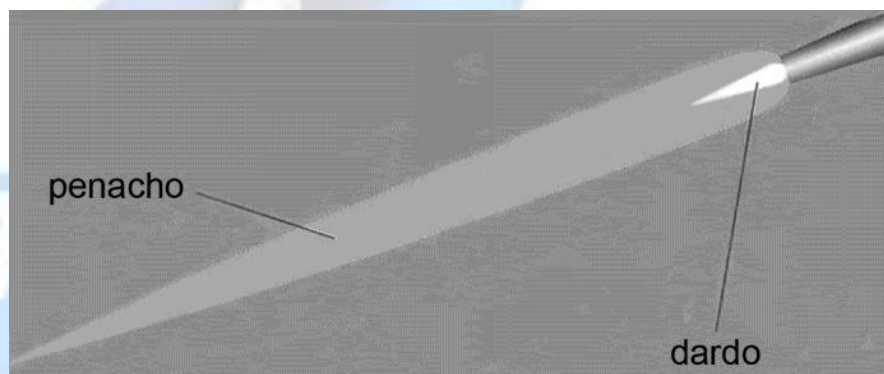


*Chama neutra*

### **Chama oxidante**

É obtida pela liberação de mais oxigênio que acetileno; é mais quente que a chama neutra.

Este tipo de chama caracteriza-se por uma chama azul-celeste e um dardo azul-claro brilhante com a ponta afinada.



*Chama oxidante*

5. Apague a chama, fechando primeiro a válvula de acetileno e depois a de oxigênio do maçarico.
6. Feche as válvulas dos cilindros do acetileno e oxigênio e abra as válvulas do maçarico para descarregar o gás retido nas mangueiras.
7. Feche as válvulas do maçarico e solte os parafusos dos reguladores de acetileno e oxigênio.



Somente use a maçarico quando você conhecer perfeitamente o seu funcionamento e os cuidados que se deve ter em seu manuseio.

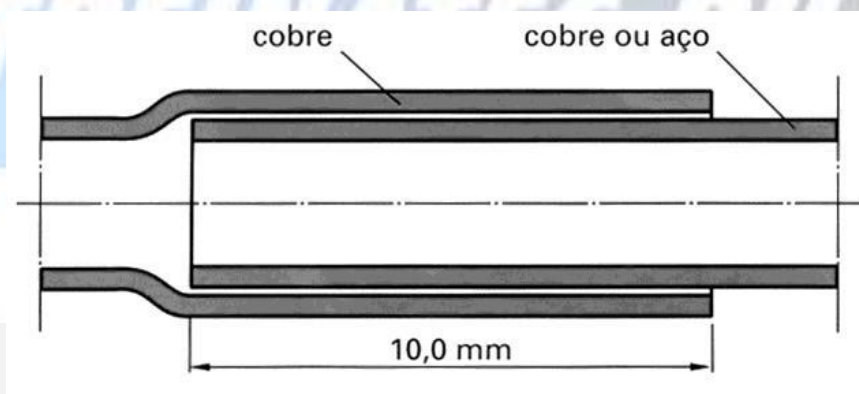
Nesta altura do curso, recomendamos a quem ainda não tem prática alguma de solda que visite uma oficina e observe um maçarico em ação. Procure acompanhar o processo de soldagem, o tipo de chama utilizado, o material a ser soldado, as preocupações e cuidados para evitar acidentes.

Para soldar juntas de encaixe de tubo de cobre, proceda da seguinte maneira:

1. Verifique o tubo a ser soldado encontra-se com as superfícies limpas e livres de óleo e graxa.

Para evitar que o maçarico “engula” a chama (retrocesso), não esqueça de passar a agulha limpadora de orifício no bico de solda, sempre que for utilizá-lo. Dependendo do local da solda, por exemplo, próximo ao gabinete do refrigerador, é necessário colocar uma placa de amianto entre o gabinete e a chama, para proteção da pintura, isolante térmico, etc. Se o local de efetuar a solda for de difícil acesso e fora do alcance visual, utilize um espelho de bolso para verificar a solda por trás do tubo. A parte a ser soldada deve estar firmemente apoiada durante o processo de soldagem.

2. Alargue uma extremidade do tubo cerca de 10mm de profundidade e encaixe a outra extremidade.



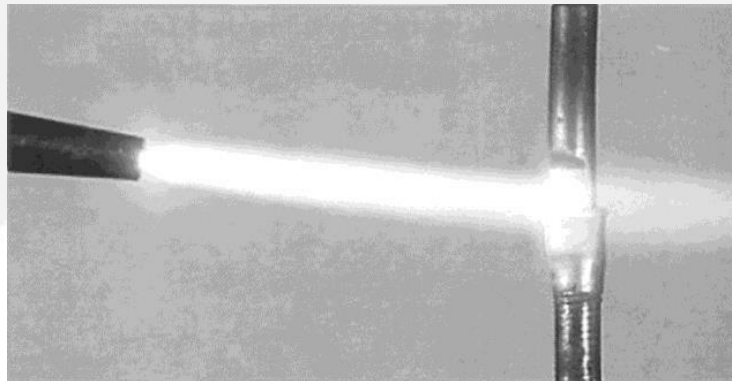
*Tubo alargado com 10mm de profundidade*

3. Acenda o maçarico e regule-o para chama neutra.

4. Solde os tubos procedendo da seguinte maneira:

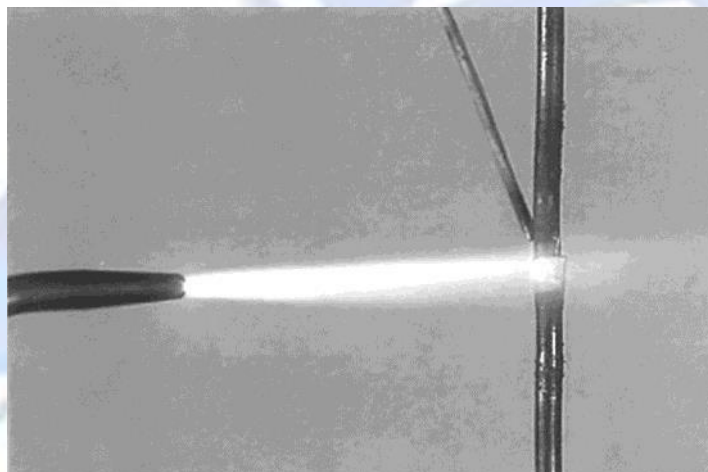
- Pegue uma vareta de solda foscooper ou siloscooper e o maçarico.

- Aproxime a chama do maçarico 2 ou 3cm de distancia da junta do tubo a se soldado e faça um rápido preaquecimento com movimentos circulares.



*Pré aquecimento do tubo*

- Direcione a base da chama sobre a parte alargada e, quando os tubos ficarem avermelhados, encoste a ponta da vareta na extremidade alargada e solte em torno do tubo.



*Após aquecimento coloque vareta*

- Limpe o local da solda com uma escova de aço e verifique se não há falhas na solda e corrija, se for necessário.

Para soldar juntas de encaixe de tubo de cobre com tubo de aço, proceda da seguinte maneira:

### **Ação de capilaridade**

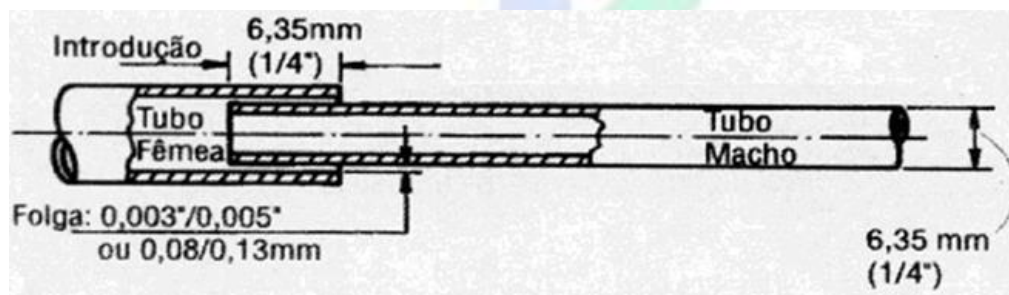
Este é o fenômeno pelo qual o material de adição penetra na junção a ser brasada, pela atração das moléculas material base.



Após o aquecimento adequado, o material de adição se funde e tende sempre fluir para o ponto mais quente da junta aquecida, porém, isto só ocorre quando: a superfície a ser brasada está limpa, a folga entre as partes a serem brasadas está correta e a área das partes a serem brasadas está suficientemente aquecida para fundir o material de adição.

### Folga de introdução de tubos

A folga entre os tubos a serem brasados, bem como o comprimento mínimo a ser introduzido para garantir uma brasagem perfeita, devem ser conforme figura a seguir.

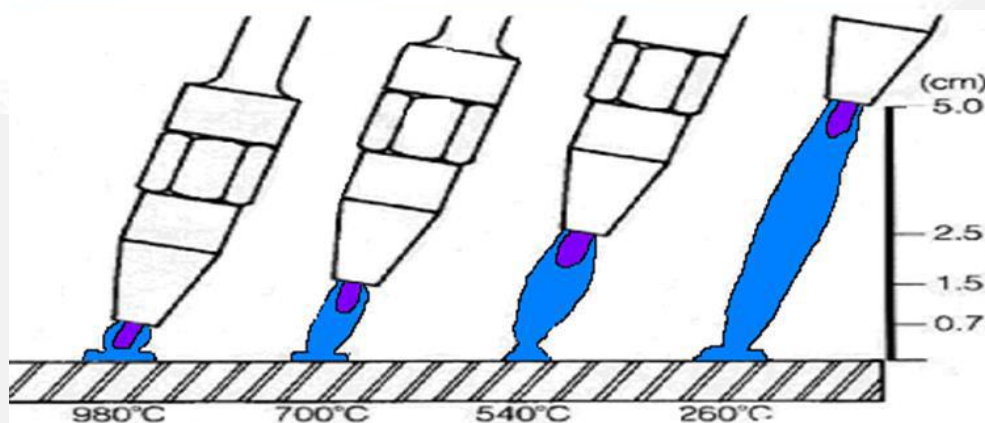


*Folga dos tubos para solda por capilaridade*

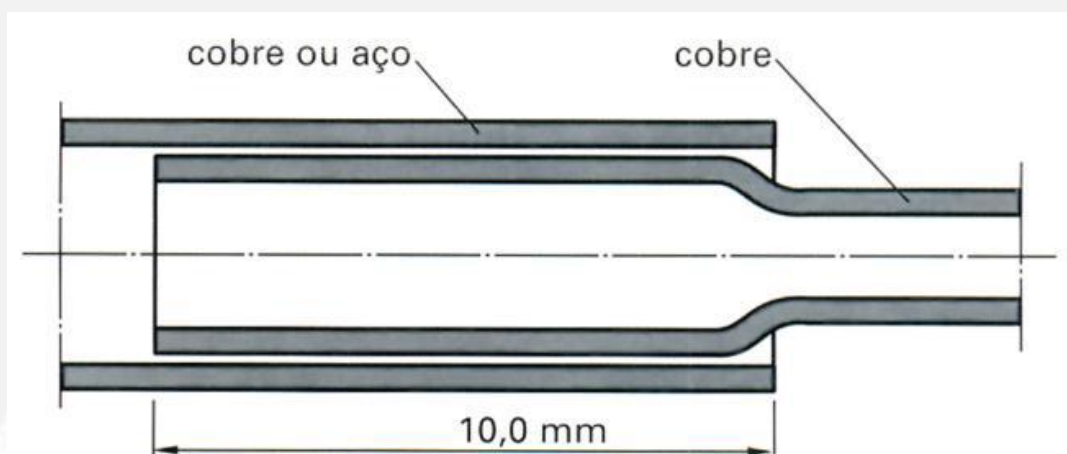
### Pré-aquecimento

Para uma maior e melhor homogeneidade na brasagem com maçarico, deve-se garantir o pré-aquecimento em toda a superfície e profundidade de inserção da peça. No caso de uma superfície plana, o pré-aquecimento deve ser realizado com movimentos circulares dirigindo a chama sobre toda a área a ser brasada.

Na figura abaixo, pode ser visto um exemplo das temperaturas medidas sobre uma peça quando se varia a distância da ponta do dardo até a mesma, usando-se uma chama constante do tipo carburante.



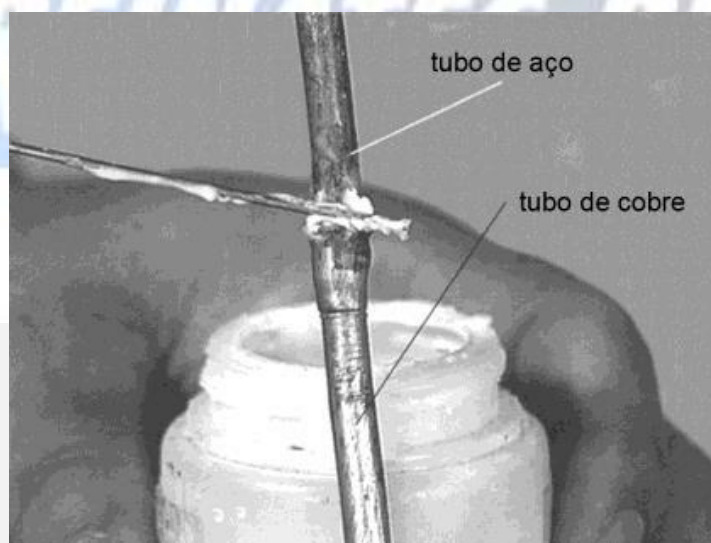
1. Alargue apenas a extremidade do tubo de cobre cerca de 10mm de profundidade e encaixe a extremidade do tubo de aço no tubo alargado.



2. Acenda o maçarico e regule-o para chama neutra.

3. Solde os tubos procedendo da seguinte maneira:

- Passe o fluxo apropriado em torno da extremidade do tubo expandido, usando para isso a própria vareta de solda ou um pincel;
- O fluxo serve para impedir a formação de óxidos; facilitar a liga entre o material de adição (vareta) e o material de adesão (tubos) e indicar através da cor (brilhante) a temperatura de liga entre a vareta de prata e os materiais a serem soldados;

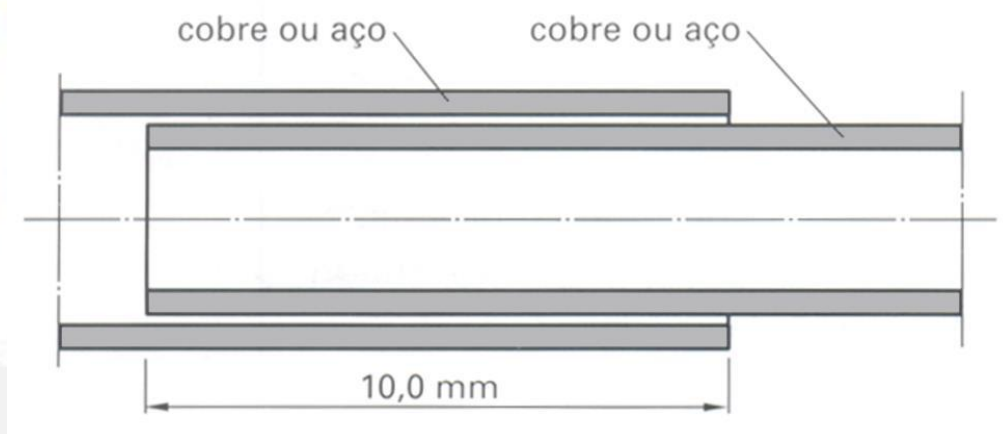


*Adicionamento de fluxo para soldagem*

- Pegue uma vareta de solda prata e o maçarico;
- Aproxime e chama do maçarico a uma distância de 2 ou 3cm da junta do tubo a ser soldado e faça um rápido preaquecimento com movimentos circulares;
- Direcione a base da chama sobre a parte expandida e, quando a coloração do fluxo ficar brilhante, encoste a vareta de solda na extremidade expandida e solde em torno do tubo;
- Para evitar entupimento do tubo, mantenha a chama sempre em movimento e assim que a solda escorrer em torno do tubo afaste a chama do ponto de solda;
- Verifique se há falhas na solda, limpando o ponto da solda com uma estopa malhada antes que a solda resfrie e corrija as falhas se for necessário.

Para soldar juntas de encaixe de tubo de aço com tubo de aço, proceda da seguinte maneira:

1. Encaixe a extremidade do tubo de diâmetro menor cerca de 10mm de profundidade no de diâmetro maior.



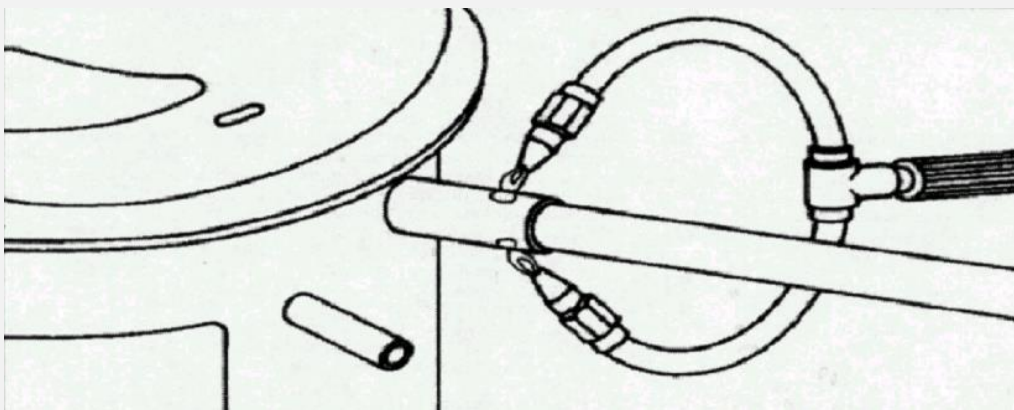
2. Acenda o maçarico e regule-o para chama neutra.
3. Solde os tubos procedendo da seguinte maneira:

- Passe o fluxo apropriado em torno da extremidade do tubo expandido, usando para isso a própria vareta de solda ou um pincel;
- Pegue uma vareta de solda prata e o maçarico;
- Aproxime a chama do maçarico a uma distância de 2 ou 3cm da junta do tubo a ser soldado e faça um rápido preaquecimento com movimentos circulares;
- Direcione a base da chama na junta de encaixe e, quando a coloração do fluxo ficar brilhante, encoste a vareta de solda na extremidade da junta e solde em torno dos tubos. Ao aquecer o tubo de aço, siga a indicação da temperatura de liga do fluxo, não deixando o tubo avermelhar, pois isto pode dificultar a liga da solda. Para evitar entupimento do tubo, mantenha a chama sempre em movimento e assim que a solda correr em torno do tubo afaste a chama do ponto de solda;
- Verifique se há falhas na solda, limpando o ponto da solda com uma estopa molhada antes que a solda resfrie e corrija-as se for necessário.

Quando houver vazamento no tubo de alumínio recomenda-se substituir a peça já que este tipo de solda exige grande habilidade do soldador.

Na refrigeração, onde é comum a brasagem em tubulações, o pré-aquecimento com maçarico convencional torna-se inadequado do ponto de vista de qualidade e produtividade. Neste caso recomenda-se utilizar o tipo de maçarico mostrado na figura abaixo. Além de uma maior produtividade, a utilização deste tipo de maçarico proporciona as seguintes vantagens: pré-aquecimento mais rápido e uniforme, menor movimentação com o maçarico durante a brasagem e maior fluidez e, portanto, maior penetração do material de adição.





*Bico de maçarico circular para brasagem em tubulações*

**Importante:** A brasagem de compressores com passadores de cobre requer um cuidado adicional, bem como um procedimento específico no tocante ao pré-aquecimento. Informações adicionais constam mais à frente.

Processos de brasagem em sistemas de refrigeração

- **Passadores de aço cobreado com tubos de cobre ou aço**

Material de adição/fluxo de brasagem e regulagem da chama.

Para este tipo de brasagem são usadas varetas de solda prata com o teor de prata variando de 50 a 25%, todas devendo apresentar alta fluidez. Neste caso, é necessário trabalhar com ajuda de fluxo. Contudo, recomenda-se usar sempre a menor quantidade possível e dar preferência aos fluxos na forma de pó, uma vez que os fluxos podem constituir-se numa fonte de contaminação do sistema de refrigeração.

Este tipo de brasagem requer chama carburante ou redutora (com um pequeno excesso de acetileno).

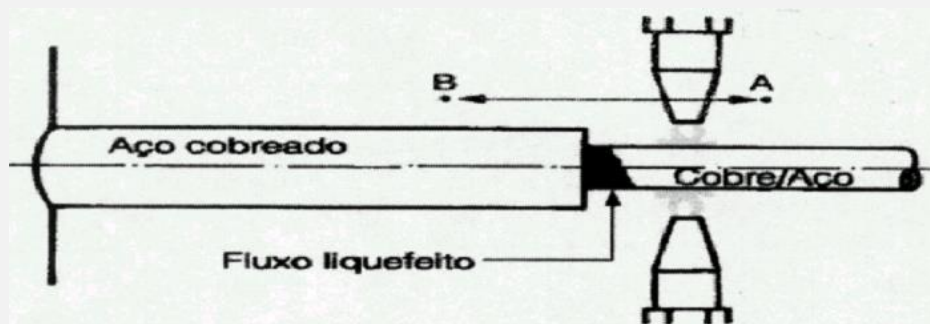
### **Sequência de brasagem**

Certifique-se que a tubulação a ser brasada está livre de graxa, óleo, óxidos ou qualquer outra substância que possa prejudicar a ligação dos materiais.

Antes de aquecer os tubos aplique fluxo sobre o local a ser brasado.

Aqueça uniformemente o tubo macho e o tubo fêmeo, sem incidir a chama diretamente sobre a porção que possui fluxo, movimentando a chama de ponto A ao ponto B e vice-versa.

**Observação:** Aquecer o tubo de aço com uma temperatura um pouco maior que a usada com tubo de cobre.

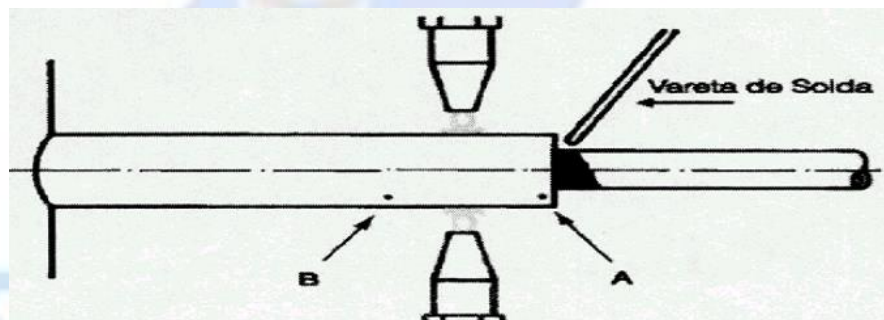


*Aquecimento dos tubos*

Imediatamente após ter aquecido os tubos e liquefeito o fluxo, encoste a ponta da vareta de solda pré-aquecida no passador, junto ao local a ser brasado.

**Observação:** Não force a vareta contra o ponto a ser brasado, simplesmente mantenha-se apoiada e deixe-a fundir.

Assim que o material de adição fundir, movimente o maçarico do ponto A ao ponto B e vice-versa, até que a solda penetre entre os tubos.



*Demonstração do uso da vareta de adição*

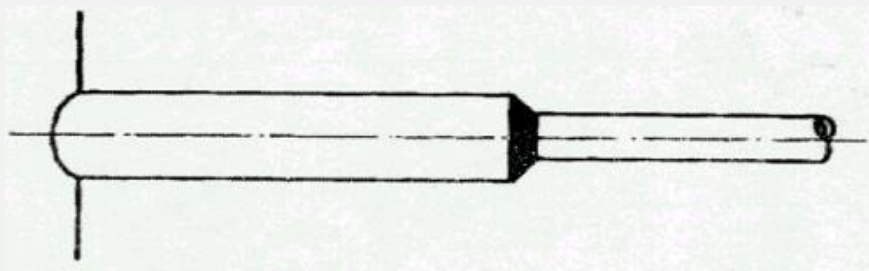
**Importante:**

Nunca dirija a chama diretamente sobre a vareta. Deixe que ela funda pela transmissão de calor dos tubos.

Retire a chama do local da brasagem e mantenha a vareta encostada ao ponto da brasagem, durante alguns segundos (enquanto a temperatura no local for suficiente para fundir o material de adição).

A aparência da brasagem deve ser de acordo com o mostrado na figura a seguir.





*Demonstração de uma boa brasagem*

Em caso de suspeita ou identificação de poros, aqueça novamente movimentando o maçarico do ponto A para o ponto B e vice-versa. Se necessário acrescente o mínimo possível de material de adição.

### **Passadores de cobre com tubos de cobre**

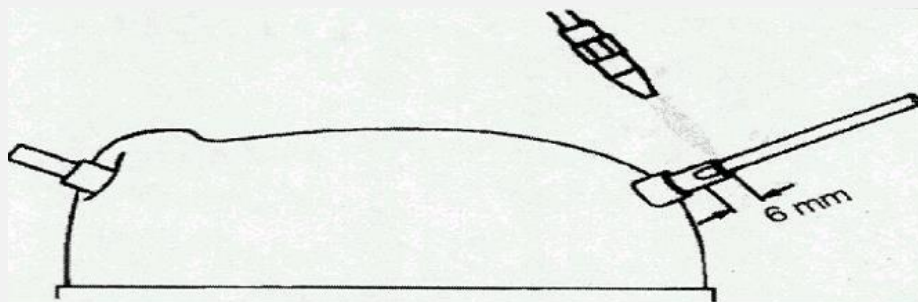
Material de adição/fluxo de brasagem e regulação da chama

Para este tipo de brasagem podem ser usadas varetas de solda prata com teor de prata variado de 15 a 5% ou varetas a base de cobre-fósforo (ex. Phoscooper), todas devendo apresentar alta fluidez. Não há necessidade do uso de fluxos para este tipo de brasagem. A regulação da chama deve ser neutra.

### **Cuidados a serem tomados na brasagem de passadores de cobre**

Durante o processo de brasagem dos passadores de cobre, muito cuidado deve ser tomado para não comprometer a solda dos passadores junto ao corpo do compressor, evitando assim possíveis vazamentos. Para esta finalidade, a chama deve ser direcionada no sentido oposto ao compressor e deve incidir de maneira mais intensa na extremidade do tubo fêmeo (6mm finais), conforme mostrado na figura a seguir.

A chama adequada é a neutra e a vareta de solda conforme especificado no item anterior. Portanto, evite direcionar a chama sobre a parte brasada ao corpo do compressor e efetue o preaquecimento do passador somente na área próxima a sua extremidade.



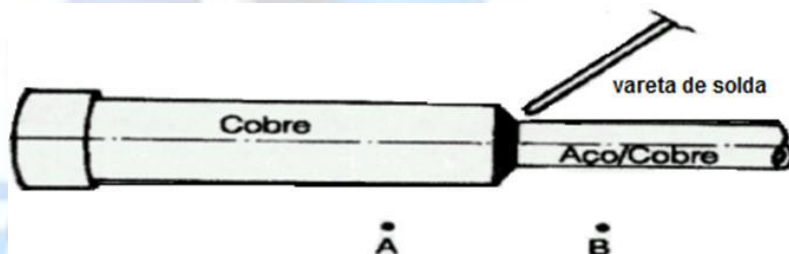
*Cuidados na brasagem com passadores de cobre*

**Importante:** Evite que a tubulação a ser brasada fique tencionada, pois nesta situação há uma grande probabilidade de ocorrência de trincas no tubo de cobre e no próprio material de adição.

### **Sequência de brasagem**

Certifique-se que a tubulação a ser brasada está livre de graxa, óleo, óxidos ou qualquer outra substância que possa prejudicar a ligação dos materiais. O preaquecimento dos passadores deve seguir as recomendações constates no item anterior.

Aqueça uniformemente o tubo macho e o tubo fêmea, sem incidir a chama diretamente sobre a porção que possui fluxo, movimentando a chama de ponto A ao ponto B e vice-versa conforme mostra a figura a seguir:



*Encoste a ponta da vareta de material de adição no local a ser brasado.*

**Observação:** Não force a vareta contra o ponto a ser brasado, simplesmente mantenha-se apoiada e deixe-a fundir até que o material de adição penetre totalmente entre o tubo macho e o tubo fêmea.

### **Importante:**

Nunca dirija a chama diretamente sobre a vareta. Deixe que ela funda pela transmissão de calor dos tubos.

Retire a chama do local da brasagem e mantenha a vareta encostada ao ponto da brasagem, durante alguns segundos (enquanto a temperatura no local for suficiente para fundir o material de adição).

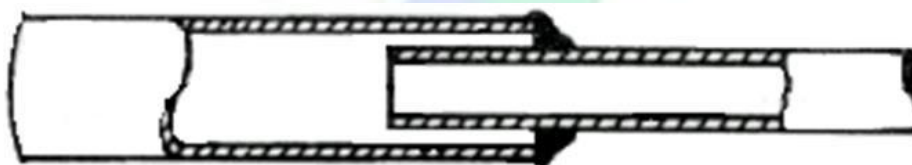
Em caso de suspeita ou identificação de poros, aqueça novamente movimentando o maçarico do ponto A para o ponto B e vice-versa. Se necessário, acrescente o mínimo possível de material de adição.

### **Falhas comuns na brasagem**

#### **Falta de penetração do material de adição**

Este tipo de falha geralmente é observado quando o maçarico é direcionado somente à união a ser brasada, não proporcionando um aquecimento da região vizinha à mesma.

Os tubos não aquecidos adequadamente prejudicam a ação de capilaridade do material de adição que se funde somente onde a chama foi aplicada como mostra a figura a seguir.



*Falta de penetração do material de adição.*

#### **Obstrução da tubulação**

Esta falha ocorre por uso excessivo de material de adição e é geralmente acompanhada por situações de folga excessiva entre os tubos a serem brasados, introdução insuficiente entre os tubos ou má distribuição do calor.



*Obstrução da tubulação*

#### **Quebra, fragilização e porosidade**

Estas três falhas são geralmente causadas pelo aquecimento excessivo da tubulação a ser brasada.



*Porosidade de solda na tubulação*

**Treinatec BH Cursos**

[www.treinatecbh.com.br/cursosonline](http://www.treinatecbh.com.br/cursosonline)

### Utilização de chama inadequada

Este item é muito importante e de grande influência no resultado final da brasagem.

A má regulação da chama pode resultar em preaquecimento inadequado, encruamento ou fusão dos tubos, má distribuição do calor, baixa fluidez e má aderência do material de adição.

Estes aspectos resultam em má aparência da brasagem, bem como fragilização do metal base e porosidade.

**Importante:** A aplicação de material de adição em excesso não melhora a resistência da brasagem, apenas aumenta o consumo de material, oxigênio e acetileno e reduz a produtividade do soldador.



*Brasagem com excesso de material de adição*

### Procedimentos de segurança

As temperaturas de brasagem definem os riscos relativos as varias operações, por exemplo, o ponto de fusão de cádmio e aproximadamente 140°C (280°F), a pressão de vapor do cádmio e as concentrações de fumos no ar aumentam drasticamente com o aumento da temperatura, portanto, os metais de enchimento, com as temperaturas mais altas da brasagem, causarão a mais severa exposição ao cádmio.

As exposições a novos fumos de cádmio durante a brasagem de ações de baixa liga de níquel deram origem a doenças ocupacionais documentados e representa os principais riscos nestas operações.

## **Regras para segurança**

Procedimentos quanto ao armazenamento:

- Não deixar os cilindros diretamente sob o sol;
- Armazenar os cilindros em locais adequados e seguros.

Procedimentos quanto ao Transporte:

- Nunca suspender os cilindros fazendo ponto de apoio nas capas protetoras das válvulas;
- Somente transportar o cilindro com a capa protetora da válvula corretamente colocada;
- Não utilizar cilindros, cheios ou vazios, como roletes ou suportes;
- Evitar quedas ou choques entre cilindros;
- Evitar contato com eletricidade.
- Procedimentos quanto a Utilização:
- Utilizar sempre cilindros testados e identificados pelo fornecedor;
- Evitar que respingos, escória ou a própria chama atinjam o cilindro;
- Evitar abrir a válvula do cilindro rapidamente;
- Fechar a válvula quando terminar o serviço;
- Retornar imediatamente os cilindros vazios ao fornecedor;
- Nunca utilizar o oxigênio em substituição ao ar comprimido;
- Jamais tentar reparar uma válvula danificada de um cilindro;
- Neste caso, colocar o cilindro em local isolado e notificar imediatamente o fornecedor;
- Evitar o contato de óleo ou graxa com qualquer parte do cilindro de oxigênio e seus acessórios. Esses materiais podem queimar violentamente na presença de oxigênio puro;
- Somente utilizar o oxigênio com o regulador de pressão adequado.



## Referências Bibliográficas

Apostila Senai “Oscar Rodrigues Alves” – **Solda Brasagem**

Apostila Senai “Américo Rennê Gianetti” - **Soldagem**

Imagens da internet

