

## MÓDULO 4

### 4.6 - PROCEDIMENTOS DE SOLDA DE TOPO

É a forma mais tradicional e utilizada de soldagem de tubos de polietileno e polipropileno, sendo aplicada, mais comumente, em tubos de DE  $\geq$  63. É chamada de topo, pois os tubos são soldados face a face (de topo).

Somente são soldáveis materiais de mesma família, como PE x PE ou PP x PP, porém admite a soldagem de materiais diferentes, tipo PE80 x PE100, p. ex, desde que compatíveis, (normalmente materiais com MFI<sub>5</sub> entre 0,3 e 1,4 g/10 min são compatíveis), mas os tubos e conexões devem ter a mesma espessura (mesmo SDR).

Oferece grande segurança, confiabilidade e um fator de solda a tração entre 0,8 e 1,0, onde fator de solda a tração ( $f_s$ ) é a relação entre a resistência a tração da solda e a do tubo. Verifica-se, na prática, que o fator de solda de topo, em função da pressão interna no tubo, é maior que 1,0.

#### ● Normas Aplicáveis

- NBR 14.464 - Sistemas para Distribuição de Gás Combustível para Redes Enterradas – Execução de Solda de Topo (EM REVISÃO – aguardar versão 2013);
- NBR 14.472 – Tubo de Polietileno PE 80 e PE 100 – Qualificação do Soldador (Módulo 3);
- NTS 060 - Tubos de Polietileno PE 80 e PE 100 para redes de água e adutoras – procedimento de solda de topo;
- DVS 2207-1 - Soldagem de Materiais Termoplásticos – Soldagem de Tubos, Conexões e Placas –Parte 1 – Procedimentos;
- DVS 2202-1 - Teste de Produtos Semi-Acabados de Polietileno -Avaliação de Solda;
- ISO 21307 - Tubos e Conexões Plásticas – Procedimentos de Solda de Topo para Tubos e Conexões de Polietileno (PE) para Distribuição de Água e Gás Combustível;
- DS/INF 70-2 - Tubulações plásticas – Procedimento de Solda de Termofusão de Topo;
- DS/INF 70-3 - Tubulações Plásticas – Solda de termofusão de Topo – Inspeção Visual.

A DVS 2207 é a mais largamente utilizada e aceita.

#### ● Equipamento

Este método exige um equipamento de soldagem constituído, basicamente, de:

**Estrutura Básica**, onde os tubos a serem soldados são presos horizontalmente por abraçadeiras (4), e que através de uma unidade de força (mecânica, hidráulica ou pneumática) movimentam as abraçadeiras no sentido de afastar os tubos ou pressioná-los topo a topo. Geralmente um jogo de abraçadeiras é fixo e o outro móvel (duas de cada lado). Seu funcionamento é semelhante a uma prensa horizontal;

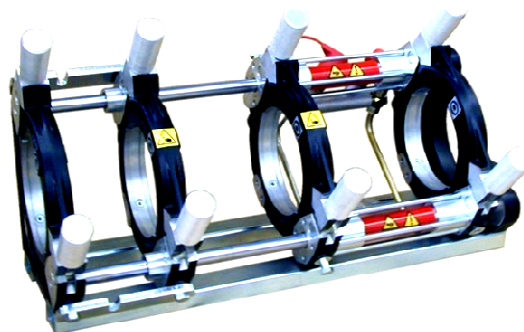


Fig.– Estrutura básica

**Unidade de Força ou Unidade de Comando**, no caso do dispositivo ser de acionamento mecânico será uma alavanca equipada com torquímetro ou dinamômetro para a medida da força ou pressão aplicada. Se for de acionamento hidráulico ou pneumático consistirá de bomba hidráulica (manual ou elétrica) ou compressor para acionamento dos pistões que movimentam as abraçadeiras:

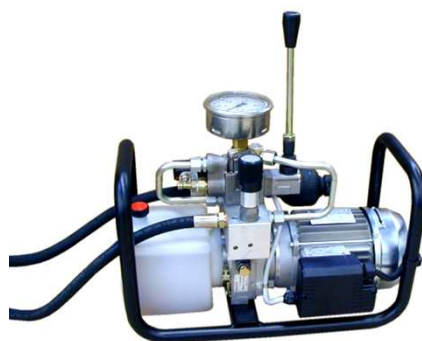


Fig.– Unidade de Comando

**Faceador** é basicamente uma plaina rotativa de acionamento manual tipo catraca, ou elétrica, cuja função é facear (aplainar) as extremidades dos tubos a serem soldadas, tornando-as perfeitamente paralelas para garantir o pleno contato de toda a superfície e a distribuição igual da força de solda;



Fig.– Faceador

**Placa de Solda ou de Aquecimento** é o elemento térmico que leva os materiais a fusão. Deve ter as superfícies em contato com os tubos revestida com material anti-aderente, normalmente PTFE. O revestimento pode ser por filme substituível ou por camada de PTFE; Deve ter controle de temperatura e termômetro incorporado.



Fig.– Placa de solda

**Casquilhos de Redução (adaptadores)** são peças alojáveis nas abraçadeiras para reduzir seu diâmetro interno, permitindo fixar tubos e conexões de vários diâmetros na máquina. As máquinas de solda são dimensionadas para atender a soldagem de uma gama de diâmetros, por exemplo DE 90 a 250, DE 63 a 180, etc. Por isso suas abraçadeiras têm a dimensão adequada ao maior diâmetro comportado pelo equipamento e quando se vai soldar diâmetros menores utilizam-se os casquilhos de redução. Para soldagem de conexões curtas admite-se usar apenas uma abraçadeira para prender a peça.



Fig.– Casquilhos de redução

### ● O Princípio da Solda de topo por Termofusão

A solda de topo por termofusão inclui 4 etapas: preparação, aquecimento (fusão), solda e resfriamento.

A **preparação** é de extrema importância para uma boa soldagem. Essa etapa compreende:

- Alinhamento dos tubos e/ou conexões;
- Limpeza das superfícies de solda;
- Faceamento das extremidades de solda, assegurando o perfeito paralelismo das partes e a remoção de possível camada oxidada;
- Medição da pressão de arraste.

O **aquecimento** subdivide-se em 2 fases: pré-aquecimento e aquecimento propriamente dito.

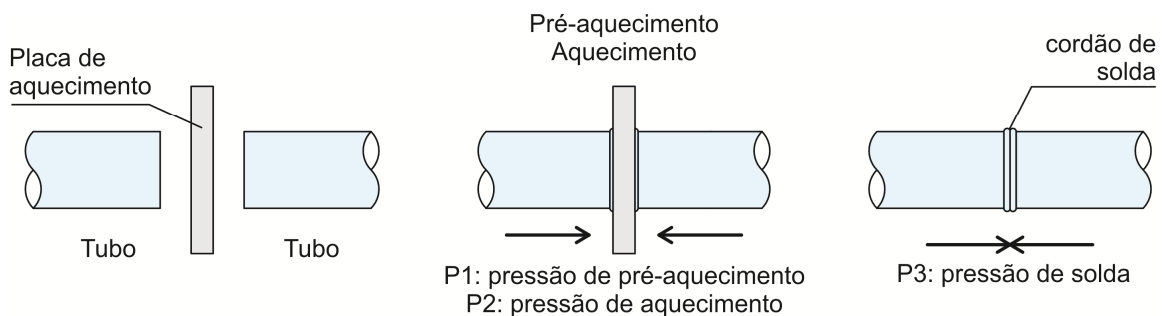
- O pré-aquecimento objetiva, primordialmente, assegurar que as superfícies de solda estejam totalmente em contato com a placa de aquecimento, é de curta duração com pressão elevada.

- O aquecimento se processa a baixas pressões, praticamente zero, e por tempo correlacionado com a superfície de solda, para que o material atinja a temperatura de fusão apropriada.

A **solda** consiste na compressão das superfícies de solda fundidas, para que ocorra a penetração e a interligação molecular das duas partes. A pressão de solda deve ser mantida até que a temperatura caia abaixo da temperatura de fusão do material.

O **resfriamento** pode ser subdividido em 3 fases:

- Resfriamento durante a solda, com pressão elevada;
- Resfriamento após a solda. Alguns procedimentos, como a DVS 2207, recomendam manter a pressão de solda ainda nesta fase, outros recomendam zerar a pressão, mas sempre mantendo o conjunto imóvel até o fim do ciclo de cristalização do material (<110°C para PE e <150°C para PP);
- Resfriamento para aplicar carga e pressão. Pode ser executado já com as partes soldadas fora da máquina de solda, e já podem ser movimentadas, entretanto, somente deve ser aplicada pressão após a superfície de solda atingir a temperatura ambiente.



**Preparação**      **Aquecimento**      **Solda e Resfriamento**

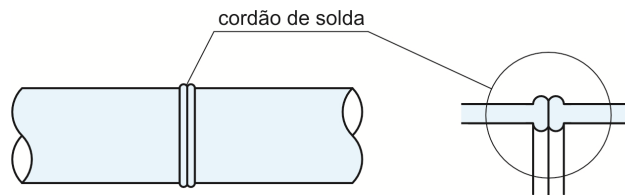


Fig.– Princípio da solda de topo por termofusão

## ● Procedimento de Soldagem de Topo

CUIDADOS INICIAIS ANTES DA SOLDAGEM	OK ?
1. Procure assentar o equipamento sobre uma base regular ou terreno plano e consistente. Se preciso, forre o piso com plástico, madeira, etc	✓
2. Coloque o equipamento preferencialmente em um local abrigado, de forma a evitar ventos, que trazem sujeira e criam diferenças de temperatura nas superfícies da placa de solda.	✓
3. Providencie roletes ou similares para o alinhamento dos tubos.	✓
4. Certifique-se que a fonte de energia (gerador ou rede elétrica) tenha potência e voltagem adequada ao equipamento. Se usar gerador, verifique se há combustível suficiente.	✓
5. Ligue o gerador e estabilize-o na voltagem e frequência determinadas. Deixe-o aquecer e estabilizar por pelo menos 5 minutos. <b>Nunca</b> conecte equipamentos ao gerador antes de estabilizar, ou pode danificá-los.	✓
6. Verifique o nível de óleo do comando hidráulico.	✓
7. Conecte as mangueiras ao comando hidráulico, tomando o cuidado de limpar e posicionar os conectores e engates adequadamente.	✓
8. Certifique-se de possuir os parâmetros de soldagem adequados ao equipamento e dimensão dos tubos.	
9. Limpe o equipamento com pano limpo, prestando atenção no estado dos eixos (riscos, depressões). Tire poeiras e incrustações que possam provocar danos nos eixos quando a máquina for acionada.	
10. Limpe a placa de solda com pano embebido em álcool ou acetona.	
11. Mantenha o faceador e a placa de solda em seus respectivos suportes.	
12. Ligue o equipamento (bomba hidráulica, faceador e placa de solda ajustada para a temperatura de soldagem) e comande a abertura e o fechamento da máquina várias vezes (no mínimo 10 vezes), ajuste as pressões, para garantir que todos os comandos estejam funcionando plenamente e que possível ar na linha hidráulica seja purgado.	
13. Verifique o revestimento anti-aderente da placa de solda. Se necessário substitua-o. Se a placa tiver alguma contaminação, faça simulações de solda com o tubo, limpando a seguir com pano ou papel embebido em álcool ou acetona. Isto deve tirar os resíduos grudados na placa	
14. Verifique se a placa de solda atingiu a temperatura de trabalho e se estabilizou. Verifique sua temperatura com lápis térmico ou termômetro	
15. Verifique as lâminas do faceador. Se necessário ajuste ou substitua-as. O ajuste deve ser feito de forma a garantir cavacos contínuos e de pequena espessura (0,2 a 0,5 mm).	
16. Certifique-se que os materiais dos tubos e conexões a serem soldados são compatíveis, de mesmo SDR e estão em bom estado.	
17. Faça uma limpeza preliminar dos tubos, eliminando lama, graxa, pó, areia, etc	
18. Faça o correto preenchimento inicial do Relatório de Soldagem.	

### 1 Preparação da solda

1.1. Ajustar equipamento de solda colocando os casquilhos adequados ao diâmetro dos tubos. Limpe o faceador, tubos e placa de solda. Estabilizar temperatura da placa de solda conforme a Tabela de Solda (da ordem de 210 a 220°C para PEAD e PP).

1.2. Fixar e alinhar os tubos e/ou conexões nas abraçadeiras. Assegurar-se que as extremidades dos tubos tenham comprimento suficiente para realizar a soldagem. Use todos os recursos para facilitar o alinhamento e diminuir o atrito para o arraste dos tubos, tais como:

- colocar roletes ou calços de madeira sob os tubos;
- girar os tubos até encontrar o melhor alinhamento. Lembre-se que os tubos são normalmente ovalizados. O alinhamento é facilitado se for usada como referência a linha de marcação dos tubos;
- deslocar os tubos lateralmente para compensar curvaturas.

1.3. Tampar as extremidades externas dos tubos para evitar que o vento entre pelos próprios tubos prejudicando a soldagem;

1.4. Alojjar o faceador na máquina e facear as extremidades dos tubos. Para tanto, regular a pressão de faceamento tal que seja suficiente para que o faceador tire cavacos finos e contínuos dos tubos. Pressões muito altas danificam o faceador e resultam em mau faceamento;

**LEMBRE-SE:** O faceador deve ser ligado antes de aproximar os tubos contra si e deve ser desligado somente após a reabertura da máquina. Isto evita sobrecarregar o motor do faceador e dá um bom acabamento às superfícies de solda, eliminando ressaltos, degraus e ranhuras.

Se não estiver conseguindo bom faceamento, regular ou trocar as lâminas do faceador.

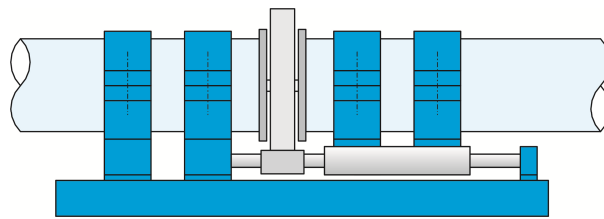
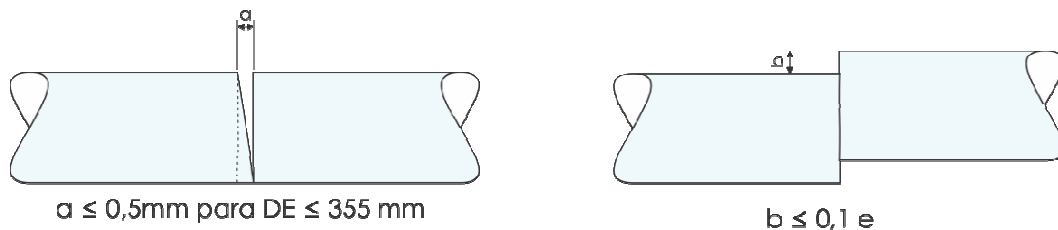


Fig.- Posicionamento das peças adjacentes ao dispositivo de faceamento

1.5. Verificar o paralelismo das superfícies a serem soldadas, encostando-as sem pressão. Abertura máxima admissível (**a**) de 0,5 mm para  $DE \leq 355$ ; 1,0 mm para  $400 < DE \leq 630$ ; 1,3 mm para  $630 < DE \leq 800$ ; 1,5 mm para  $800 < DE \leq 1000$  e 2,0 mm  $> DE 1000$  mm;

1.6. Verificar alinhamento com paquímetro. Máximo desvio(**b**) de 10% da espessura tubo;



#### Não paralelismo e desalinhamento admitidos - VERIFICAR

Fig.– alinhamento e faceamento

1.7. Determinar a **Pressão de Arraste – pressão de atrito**, decorrente do próprio atrito dos cilindros da máquina e da força para puxar/arrastar os tubos.: Para tanto, abrir a máquina, zerar a pressão e acionar a alavanca para fechar a máquina. Aumentar gradativamente a pressão até que a máquina inicie o movimento. Aguardar que os tubos se encostem e ler o valor da pressão no manômetro.

Esta será a **Pressão de Arraste**. Caso esta pressão seja excessiva, verificar se o tubo está preso (sendo impedido de mover-se) ou muito comprido. Se necessário minimizar o atrito usando mais roletes sob o tubo a ser movido. Deve ser somada às Pressões da Tabela de Solda.

## 2 Aquecimento

2.1. Ajustar a **Pressão de Pré-Aquecimento** (igual à **Pressão de Solda**). Esta pressão é a soma do valor da pressão determinada na Tabela de Soldagem com a Pressão de Arraste. A maioria dos equipamentos de solda permite o pré-ajuste das pressões. Para isso, fechar a máquina, comprimindo um tubo contra o outro e ajustar a pressão desejada. Assim, a máquina irá comprimir e estabilizar na pressão pré-ajustada;

2.2. Limpar as superfícies a serem soldadas e a placa de solda com papel adequado embebido em álcool isopropílico ou etílico, ou acetona. Nunca usar objetos que danifiquem a placa, nem tecidos que soltem fiapos. É importante que o álcool tenha baixo teor de água e seja de rápida evaporação, (pureza igual ou melhor que 96°GL). A acetona deve ser de alta pureza. Outros líquidos de limpeza de rápida evaporação também podem ser usados, como tricloroetano ou cloroetileno;

2.3. Verificar a temperatura da placa com termômetro digital ou lápis térmico;

2.4. Posicionar a placa de solda na máquina de solda. Ao manusear a placa de solda, tomar cuidado para não se queimar nem bater a placa contra objetos que possam danificá-la ou ao seu revestimento anti-aderente. Recomenda-se o uso de luvas adequadas;

2.5. Pressionar as superfícies dos tubos contra a placa (**Pressão de Pré-Aquecimento + Arraste**) até a formação do cordão inicial (bulbo) em toda a circunferência dos tubos;

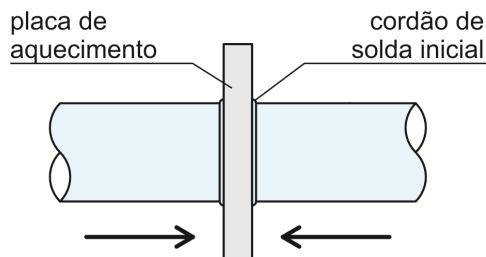


Fig.- Formação do cordão inicial de solda

2.6. Reduzir para a **Pressão de Aquecimento** (0 a 0,2 kgf/cm<sup>2</sup>) e aguardar o **Tempo de Aquecimento** (definido na tabela de soldagem). Algumas máquinas possuem uma chave para comutar entre as pressões pré-ajustadas de pré-aquecimento e aquecimento, em outras se leva a alavanca à posição de descarga de pressão (*venting*). Lembrar que para efeito de solda a pressão de arraste é equivalente a zero, pois tem apenas a função de vencer os atritos estáticos. No caso de se fazer solda em acíves, puxando a barra do tubo para cima, a pressão de aquecimento deve ser no mínimo a pressão de arraste, senão o próprio peso do tubo tende a abrir a máquina, desencostando o tubo da placa de solda, prejudicando a solda;

2.7. Após o **Tempo de Aquecimento**, abrir a máquina e retirar a placa de solda. Verificar rapidamente se ficou material fundido grudado na placa (arrancamento de material) ou houve deformação da superfície de solda. Caso afirmativo, interromper o processo, limpar a placa e reiniciar a etapa 1. Antes, verificar se há necessidade de substituir o revestimento anti-aderente da placa;



### 3 Solda

3.1. Fechar a máquina novamente, comprimindo as superfícies dos tubos, uma contra a outra, com a **Pressão de Solda** (Pressão da Tabela mais a Pressão de Arraste). O tempo entre a abertura, retirada da placa de solda, e fechamento da máquina deve ser no máximo o valor estipulado na Tabela de Soldagem.

Nas máquinas mais modernas a Pressão de Solda já estará pré-ajustada, pois é igual à Pressão de Pré-Aquecimento, precisando somente colocar a alavanca na posição FECHAR; que a máquina subirá até a pressão de solda e estabilizará;

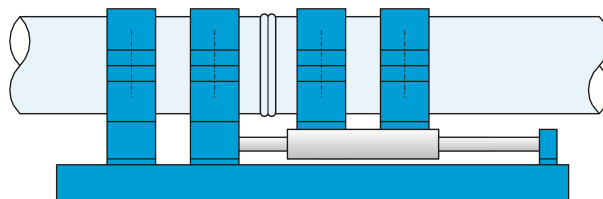


Fig.- Solda e Resfriamento

### 4 Resfriamento

4.1. Aguardar o **Tempo de Resfriamento** (definido na Tabela de soldagem). Alguns procedimentos dividem o resfriamento em 2 fases. A primeira com Pressão de Solda, de curta duração (aprox. 10 min). A segunda, mais longa, com pressão zero.

Anotar com caneta apropriada, do lado da solda, a hora de término do resfriamento. Após o resfriamento, retornar a pressão a zero e tirar o tubo da máquina. Não comandar a abertura da máquina antes do tempo estipulado, pois isto resultará na perda da solda. O resfriamento deve ser natural, não podendo ser forçado com água ou ventiladores, pois incorreria em tensões adicionais de resfriamento.

Nota: uma boa prática é marcar com um sinete (punção) o cordão de solda, antes de seu total resfriamento, com o código do soldador.

4.2 **Não pressurizar** os tubos antes do total resfriamento (temperatura ambiente).

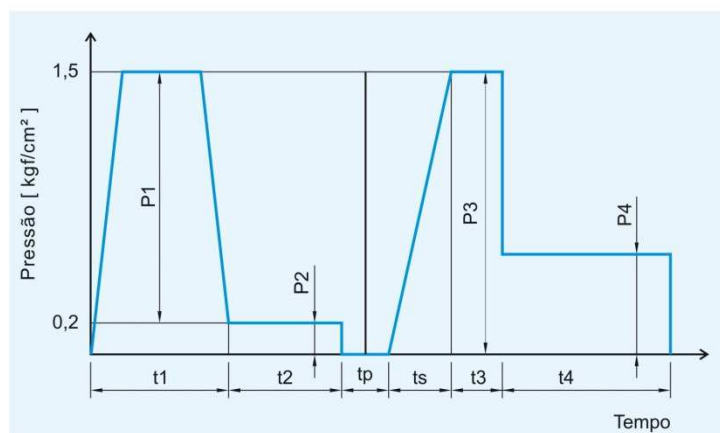
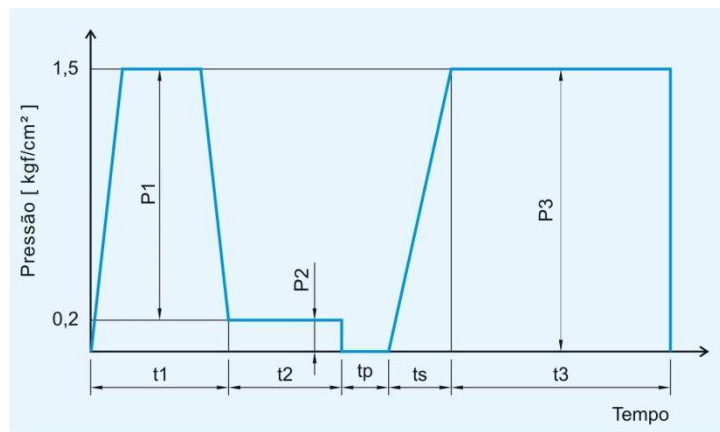
Os tempos de resfriamento são definidos visando que a temperatura da solda caia abaixo da temperatura de cristalização dos materiais. Via de regra, após o tempo de resfriamento a região da solda estará com uma temperatura entre 70 e 110 °C, o que não permite que os tubos sejam submetidos à pressão ou grandes esforços.

Assim, após o tempo de resfriamento, deve-se aguardar um tempo adicional para aplicar pressões, para que a solda atinja a faixa da temperatura ambiente.

Como referência, esse tempo adicional é da ordem de  $2 \times e$  (mm) dado em minutos.

Por exemplo, para um tubo de espessura ( $e$ ) de 10 mm, aguardar no mínimo 20 min além do tempo de resfriamento para aplicar pressão. Todavia, é importante assegurar-se que a solda esteja à temperatura ambiente.

CICLO DE EXECUÇÃO DE SOLDA DE TOPO



Ciclo alternativo

- $P_1$  = Pressão de Pré-Aquecimento para formar o cordão inicial
- $t_1$  = Tempo de Pré-Aquecimento para formar o cordão inicial
- $P_2$  = Pressão de Aquecimento
- $t_2$  = Tempo de Aquecimento
- $t_p$  = Tempo de retirada da Placa de Solda
- $t_s$  = Tempo para elevar a pressão à Pressão de Solda
- $P_3$  = Pressão de Solda / Resfriamento
- $t_3$  = Tempo de Solda / Resfriamento
- $P_4$  = Pressão de Resfriamento (somente em alguns procedimentos)
- $t_4$  = Tempo de Resfriamento (somente em alguns procedimentos)

A Pressão de Arraste deve ser somada às pressões definidas na Tabela de Solda

**PARÂMETROS PARA SOLDA DE TOPO**

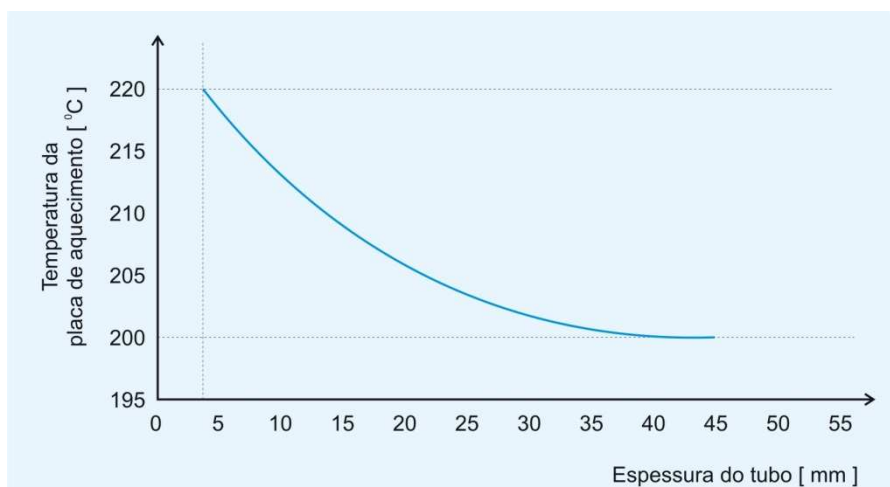


Fig.– Temperatura de solda de PE80 ± 10 °C. Para PE 100 usar 220°C ,conforme DVS 2207

Para soldar PE 80 com PE 100 recomenda-se usar a temperatura de 220°C

**TABELA - SOLDA DE TOPO DE PEAD, CONF. DVS 2207, PARTE 1 (2007)**

MFI<sub>5</sub> de 0,3 a 1,4 g/10 min

Espe <span>ssura do Tubo</span>	P <sub>1</sub> , t <sub>1</sub> Pré-Aquec. (1,5± 0,1) bar	P <sub>2</sub> , t <sub>2</sub> Aquec. 0 a 0,2 bar	t <sub>p</sub> Retirada da Placa aquec	t <sub>s</sub> Elevar a pressão	P <sub>3</sub> , t <sub>3</sub> Resfriam. (1,5±0,1) bar
mm	Larg. Inicial Cordão (B) mm	Tempo* s	Tempo Max s	Tempo S	Tempo min
até 4,5	0,5	Até 45	5	5	6
4,5 – 7	1,0	45 – 70	5 – 6	5 – 6	6 - 10
7 – 12	1,5	70 – 120	6 – 8	6 – 8	10 - 16
12 – 19	2,0	120 – 190	8 – 10	8 – 11	16 - 24
19 -26	2,5	190 – 260	10 – 12	11 – 14	24 - 32
26 - 37	3,0	260 – 370	12 – 16	14 – 19	32 – 45
37 -50	3,5	370 – 500	16 – 20	19 – 25	45 – 60
50 - 70	4,0	500 - 700	20 – 25	25 - 35	60 – 70

\* tempo de aquecimento (t<sub>2</sub>)= 10 x espessura do tubo (mm), em segundos.  
Acrescer pressão de arraste às pressões P<sub>1</sub> e P<sub>3</sub>. Não é obrigatório somar a pressão de arraste à de aquecimento P<sub>2</sub>, aplicando aprox. zero, exceto em planos inclinados (aclives/declives)

As normas costumam estabelecer o tempo de resfriamento de maneira conservativa, considerando-se a temperatura ambiente da ordem de 40°C.

Visando diminuir o tempo de solda, para torná-las mais econômicas e a obra mais produtiva, alguns fabricantes de equipamentos de solda oferecem máquinas com controles automáticos, que incluem em seu software um algoritmo que corrige o tempo de resfriamento em função da temperatura ambiente (Controle de Tempo de Resfriamento ou *Cooling Time Control*).

Com esse algoritmo, o tempo de resfriamento para a temperatura ambiente de 20°C é reduzido em aproximadamente 40%, e a 5°C em torno de 60%, significando uma redução do tempo total de solda da ordem de 33 a 54%, respectivamente.

**TABELA - SOLDA DE TOPO DE PP, CONF. DVS 2207 – PARTE 11 (1999)**  
**MFI<sub>5</sub> de 0,4 a 1,0 g/10 min**

Temperatura da Placa de Solda:  $210 \pm 10^{\circ}\text{C}$

Espessura do Tubo	P <sub>1</sub> , t <sub>1</sub> Pré-Aquec. (1,0±0,1) bar	P <sub>2</sub> , t <sub>2</sub> Aquec. 0 a 0,1 bar	t <sub>p</sub> Retirada da Placa de Solda	t <sub>s</sub> Elevar a pressão	P <sub>3</sub> , t <sub>3</sub> Resfriam. (1,0±0,1) bar
mm	Larg. Inicial Cordão (B) mm	Tempo S	Tempo max s	Tempo s	Tempo min
até 4,5	0,5	135	5	6	6
4,3 – 7	0,5	135 – 175	5 – 6	6 – 7	6 – 12
7 – 12	1,0	175 – 245	6 – 7	7 – 11	12 – 20
12 – 19	1,0	245 – 330	7 – 9	11 – 17	20 – 30
19 -26	1,5	330 – 400	9 – 11	17 – 22	30 – 40
26 - 37	2,0	400 – 485	11 – 14	22 – 32	40 – 55
37 -50	2,5	485 – 560	14 – 17	32 – 43	55 – 70

Acrescer pressão de arraste às pressões P<sub>1</sub> e P<sub>3</sub>. Não é obrigatório somar a pressão de arraste à de aquecimento P<sub>2</sub>, aplicando aprox. zero, exceto em planos inclinados (aclives/declives)

### ● Controle de Solda de Topo por Termofusão

O controle de Soldas de Topo por Termofusão baseia-se no rigoroso controle da obediência dos procedimentos determinados e do respeito aos parâmetros de soldagem.

Os parâmetros de soldagem, se ainda não comprovados, devem ser avaliados através de ensaios de pressão hidrostática e tração (Módulo 3). Uma vez determinados, estes parâmetros devem ser rigorosamente seguidos.

Procedimentos aplicados em tubos metálicos como Raio X, gamagrafia ou ultrassom não se aplicam a tubos poliolefinicos, pois são materiais de baixa propagação de ondas sonoras e magnéticas, o que exigiria aparelhos emissores de ondas de baixa frequência, que sofrem menos atenuação, entretanto, ondas de baixa frequência têm longo comprimento de onda, detectando apenas defeitos grosseiros, que são praticamente inexistentes nesses tipos de solda. Portanto esses métodos não têm encontrado função prática na análise de soldas, restringindo-se a medições de espessuras.

Várias experiências têm sido feitas com aparelhos de ultrassom, mas até o momento mostraram-se pouco práticas, de difícil avaliação e custosas.

No campo, a formação do cordão de solda tem se mostrado um prático indicador da qualidade da mesma.

Uma solda bem feita apresenta o cordão de solda simétrico e uniforme em largura e altura em toda periferia do tubo, rolado e sem incidência de bolhas e contaminações e com as dimensões e tolerâncias específicas.

A largura do cordão de solda depende da matéria prima (MFI e DPM) dos tubos e/ou conexões e dos parâmetros adotados.

Uma vez definidos e qualificados os parâmetros de soldagem, define-se a largura média do cordão de solda resultante (B), que deve balizar a avaliação da soldas.

Onde  $B = (B_{max} + B_{min})/2$ ; e a diferença entre a máxima largura do cordão ( $B_{max}$ ) e a mínima ( $B_{min}$ ) não deve ser maior que 10% de  $B$ . A diferença entre os sub-cordões ( $b_1$  e  $b_2$ ) de cada lado da solda também deve ser medida.

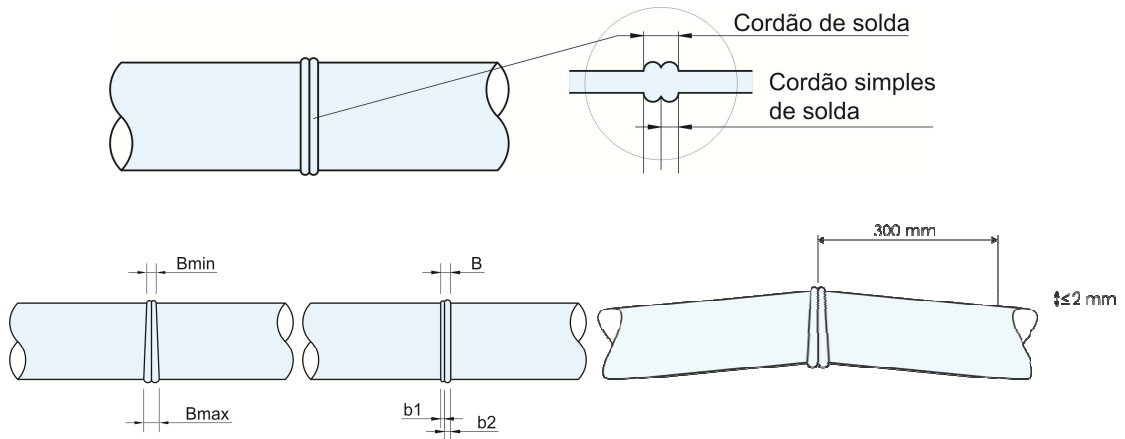
A soldagem de tubos de materiais de procedências diferentes, ou mesmo PE 100 x PE 80, bem como de tubo com conexão, pode apresentar diferenças maiores de cada lado do cordão de solda. As normas têm definido os seguintes critérios para avaliar o cordão de solda total ( $B$ ) e de cada lado da solda ( $b_1$  e  $b_2$ , definidos por cordões simples ou sub-cordões de solda):

Tabela– Diferenças ADMITIDAS no cordão de solda ( $B$ ,  $b_1$  e  $b_2$ )

$B=(B_{max} + B_{min})/2$	Tubo/Tubo	Tubo/Conexão e Conexão/Conexão	Tubos de Materiais Diferentes
$B_{min} \geq 0,9 . B$ $B_{max} \leq 1,1 . B$	$b_1 \geq 0,7 . b_2$	$b_1 \geq 0,6 . b_2$	$b_1 \geq 0,6 . b_2$

Nota:  $B$  = largura média do cordão de solda

**FORMAÇÃO TÍPICAS DOS CORDÕES DE SOLDA DE TOPO POR TERMOFUSÃO**



<p>&gt; 0</p>	
<p>Solda boa <b>cordão uniforme e rolado</b></p>	<p>Solda ruim <b>desalinhamento dos tubos</b></p>
<p>Solda ruim <b>excesso de temperatura ou tempo</b></p>	<p>Solda ruim <b>materiais com temperatura diferentes</b></p>
<p>Solda ruim <b>pouca força de solda</b></p>	<p>Solda ruim <b>baixa temperatura ou pouco aquecimento</b></p>

Algumas companhias de distribuição de gás demandam a remoção do cordão (bulbo) de solda interno ou externo, através de ferramentas adequadas, para melhor avaliar-se o mesmo, bem como arquivá-lo junto com o Relatório de Solda servindo como amostra testemunha da solda.

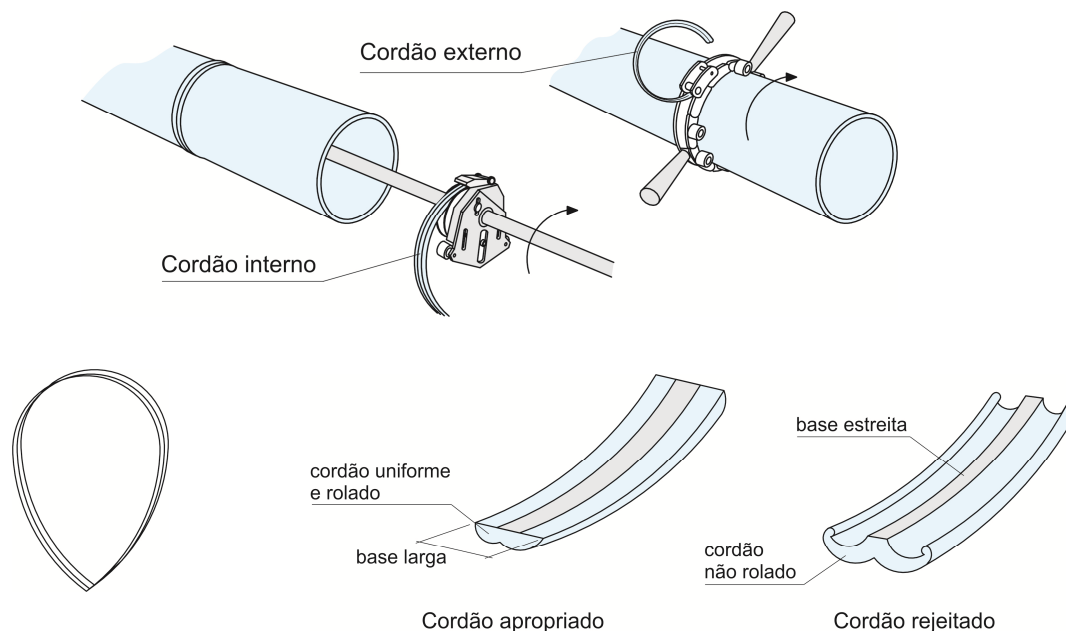


Fig. - Aparência do cordão final de solda quando retirado

O cordão de solda retirado, além de analisado quanto a sua formação e dimensões, deve ser dobrado manualmente, contra sua curvatura, para verificar a ocorrência de contaminações, bolhas ou se a solda rompe (solda fria).

A retirada do cordão não é uma prática usual, sendo mais empregada por companhias distribuidoras de gás, objetivando um controle de qualidade melhor documentado, e, mesmo assim, restringindo-se à retirada do cordão externo.

A retirada do cordão interno exige equipamentos relativamente caros e sua prática é restrita a tubulações para condução de alimentos (para evitar incrustação e deterioração de alimentos nos cordões) ou na inserção de cabos telefônicos ou de energia, evitando um possível dano em seu revestimento isolante.

Recomenda-se que, além da avaliação visual de 100% das soldas e de seu relatório, retirar amostras para ensaios de tração e/ou pressão, conforme Módulo 3 – Qualificação do Instalador, Soldador, Soldas e Equipamentos. A frequência para retirada de amostras deve ser definida entre o cliente e o inspetor.

## ● Relatório de Soldagem

O Relatório de Soldagem de Topo deve apresentar, no mínimo, os seguintes dados:

- Identificação dos tubos e conexões, incluindo o DE, SDR, tipo de material, nomes dos fabricantes do tubo e conexão e códigos do lote de fabricação, que permitam rastrear as produções dos mesmos nos programas de qualidade dos fabricantes;
- Controle visual do bulbo final de solda, informando sua aparência, uniformidade, contaminações, etc.;
- Medidas dos cordões de solda e sub-cordões e do alinhamento.
- Parâmetros de Solda Padrões e o Real Medido;
- Nome, assinatura; código do Soldador e do Inspetor responsável;
- Data de execução da solda.

### MODELO DE RELATÓRIO DE SOLDADA

(papel timbrado do executor da soldagem)

Obra: Nº 012/97 - Cia de Abastecimento de Santa Bocaina

Data da solda: 25 / 01 / 97 Nº da solda: 04

Condições climáticas (Temperatura/chuva, etc.): Nublado, sem chuva - 28°C

Medidas Preventivas: Nenhuma/Tenda/Aquecimento/Guarda Sol-Chuva:

Descrição do trecho: Av. 13 de maio, altura nº 162, a 48m da esquina

Solda: Tubo/Tubo ( ) Tubo/Conexão (X) Conexão/Conexão ( )

Descrição dos materiais:

PEÇA 1: TUBO :

DE: 250 Tipo (PEXX): PE 80 PN/SDR: PN 8/SDR 17 Comp.: barras 12 m

Fabricante: XXXX Data fab: 20/11/96 Nº Lote: 961120PE80

PEÇA 2: CONEXÃO: Curva 90° gomada

DE: 250 Tipo (PEXX): PE 80 PN/SDR: PN 8/SDR 17

Fabricante: XXXX Data fab: 20/11/96 Nº Lote: 9611C5PE80

Descrição do equipamento de soldagem: GF250- 220V - 4 KVA

### PARÂMETROS DE SOLDAGEM: NORMA: DVS 2207

Hora de início da soldagem	10:22	padrão	real
Temperatura da Placa de Solda	°C	210	212
Desalinhamento Máximo Permitido	mm	1,4	0,8
Pressão/Força de Arraste	bar/kgf	-	5
Pressão/Força de Pré-Aquecimento	bar/kgf	35	35
Pressão/Força de Pré-Aquecim. + Arraste	bar/kgf	-	40
Pressão / Força de Aquecimento	bar/kgf	0 - 4	2
Pressão / Força de Aquecimento + Arraste	bar/kgf	-	7
Tempo de Aquecimento	segundos	149	149
Pressão / Força de Solda	bar/kgf	35	35
Pressão / Força de Solda + Arraste	bar/kgf	-	40
Tempo de Resfriamento	minutos	20	20
Largura final do cordão de solda (B) e (Bmax/Bmin)	mm	-	(15) e (16/14)
Diferença máxima entre cordões (b1/b2)	mm	b1 ≥ 0,6 b2	6/9
Hora de término da soldagem		-	10:58

Avaliação	Condição	Observações
Equipamentos	boa	
Procedimentos	boa	
Avaliação Cordão Solda	boa	

Aprovada ( )

Reprovada ( )

Soldador: \_\_\_\_\_ Inspetor: \_\_\_\_\_