

# REVESTIMENTOS COM A UTILIZAÇÃO DE GEOMEMBRANAS PEAD

## MANUAL DO INSTALADOR

Elaborado por	Eng. Alex Pazzinatto de A. Leite
Data:	11/09/2006
Revisão	0

**MACCAFERRI**

## **1. Introdução**

---

Este manual tem por objetivo fornecer subsídios aos técnicos envolvidos na instalação de geomembranas de PEAD.

Não serão feitas distinções entre os diversos tipos de aplicações, o padrão de qualidade aqui estabelecido será adotado para todas as obras independente de seu risco ambiental e/ou patrimonial.

Os tópicos abordados, bem como as recomendações inseridas ao longo deste manual baseiam-se na experiência adquirida pela Maccaferri do Brasil Ltda. em obras e pelas referências normativas e bibliográficas, estando este sujeito a revisões para melhor qualificação profissional dos técnicos em instalação de geomembranas.

## **2. Referências**

### **Normativas/Bibliográficas**

- ? **IGS BRASIL:** Recomendações IGsBR GM 01 – 2003;
- ? **INTERNATIONAL ASSOCIATION OF GEOSYNTHETIC INSTALLERS – IAGI:** HDPE Geomembrane Installation Specification – Revision, February 2000;
- ? **GEOSYNTHETIC RESEARCH INSTITUTE – GRI:** GM 19;
- ? **LEISTER PROCESS TECHNOLOGIES:** Instruções de funcionamento

### 3. Serviços Preliminares

Neste tópico abordaremos os serviços anteriores à obra para um melhor planejamento das instalações a fim de obter um aproveitamento máximo dos rolos de geomembranas, minimizar as interferências e auxiliar o pessoal de campo a iniciar os trabalhos de forma racional e coerente.

#### 3.1 – Plano de instalação dos painéis:

Deve ser executado pelo responsável pela instalação (engenheiro/técnico qualificado) e devem constar no projeto todos os painéis previamente numerados e todas as interferências planejadas (manchões, tubulações, etc.). O plano de instalação consiste em projetar em uma planta a maneira de cortar e lançar os painéis no local.

Para facilitar o trabalho do instalador em campo, devemos levar em consideração os seguintes itens:

3.1.1 - A disposição dos painéis deve ser planejada de modo a minimizar os encontros de solda (ver subsecção 5.3.3.1);

3.1.2 – A união dos painéis do talude com os painéis de fundo deve ter um recuo mínimo de 1,00m do pé do talude (Fig. 3.1);

3.1.3 – Os painéis devem ser numerados conforme ordem de colocação, indicado no plano a identificação da bobina e seu respectivo comprimento (fig. 3.1).

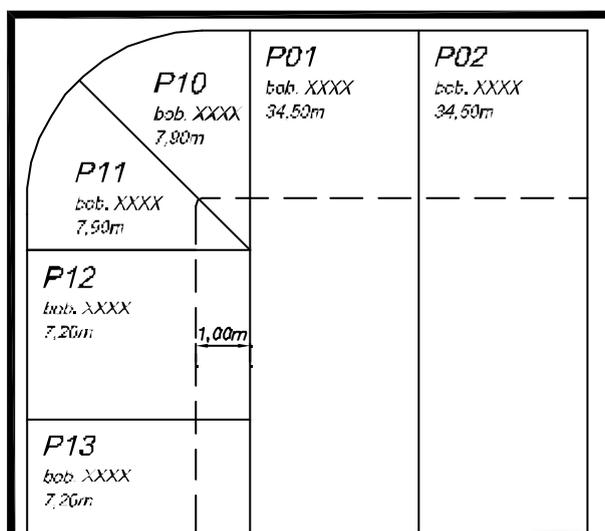


Fig. 3.1

**Nota:** A identificação dos painéis no plano de instalação difere da identificação das bobinas “in loco” (ver subsecção 4.1). Poderemos utilizar letras ou números para caracterizar as bobinas. Exemplo: P 01 – Bobina A; P 01 – Bobina 1, porém no relatório de medição e colocação deverá ser inserido o número real da bobina fornecida pelo fabricante e anotada no rolo.

O plano de instalação deve ser avaliado pelo técnico no local da obra que irá conferir as medidas “in loco” e confrontará com as medidas de projeto.

Modificações no plano de instalação deverão ser feitas no local caso haja divergências de medidas e/ou interferências.

### **3.2 – Reunião Pré-Instalação:**

Uma reunião pré-instalação no local será feita com a participação do técnico-instalador, representante/fiscal do proprietário e representante da empresa de terraplanagem (se houver) e serão discutidos os seguintes temas:

**3.2.1** – Responsabilidade de cada parte envolvida;

**3.2.2** – Linhas de autoridade dos técnicos perante os ajudantes fornecidos pela Contratante;

**3.2.3** – Revisão do cronograma de instalação;

**3.2.4** – Revisão da distribuição dos painéis;

**3.2.5** – Limitações de temperatura e condições climáticas (ver subseção...), e procedimentos de instalação durante condições adversas de tempo.

**3.2.6** – Definição das condições de aceitabilidade da superfície onde será instalado o material;

**3.2.7** – Responsabilidades pelo esgotamento do local por ocasião de chuvas; fornecimento de sacos de areia e demais detalhes executivos pertinentes.

Nota: A reunião será documentada por uma pessoa designada no início da mesma que fará chegar a Ata a cada um dos participantes.

### **3.3 – Serviços de terraplanagem:**

**3.3.1** – Preparo da superfície de apoio:

A superfície de apoio deverá estar limpa, seca, regularizada e livre de quaisquer objetos que possam ferir a geomembrana. Cabe ao técnico-instalador vistoriar toda a superfície junto com o fiscal da contratante e não liberar o lançamento dos painéis até que as condições mínimas aceitáveis sejam cumpridas.

**Nota:** Caso a contratante solicite o lançamento dos painéis mesmo com a superfície deficiente, caberá ao técnico-instalador reportar a solicitação no diário de obras que será devidamente assinado ao final do dia pelo fiscal da mesma.

**3.3.2** – Abertura das valas de ancoragem:

Caso a contratante não possua projeto das valas de ancoragem, a mesma deverá ter dimensões mínimas conforme fig. 3.2.

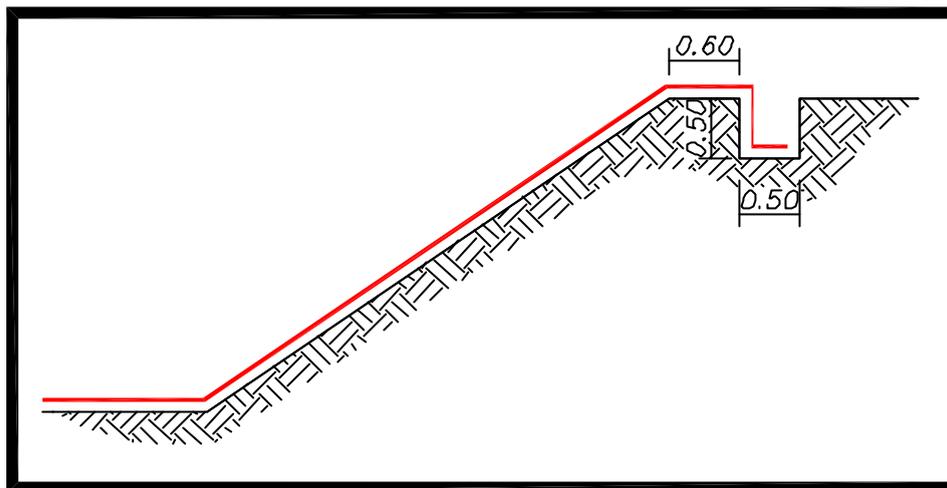


Fig. 3.2 – Dimensões mínimas da vala de ancoragem

## 4. Instalação dos painéis

### 4.1 – Lançamento dos painéis:

Após a conferência do plano de instalação, serão cortados os painéis e colocado em seu local definitivo. Após o lançamento do painel, serão feitas as seguintes anotações:

- Número do painel;
- Número da bobina (fornecida pelo fabricante e anotada no rolo);
- Comprimento do painel;
- Data de lançamento.

(ver fig. 4.1)

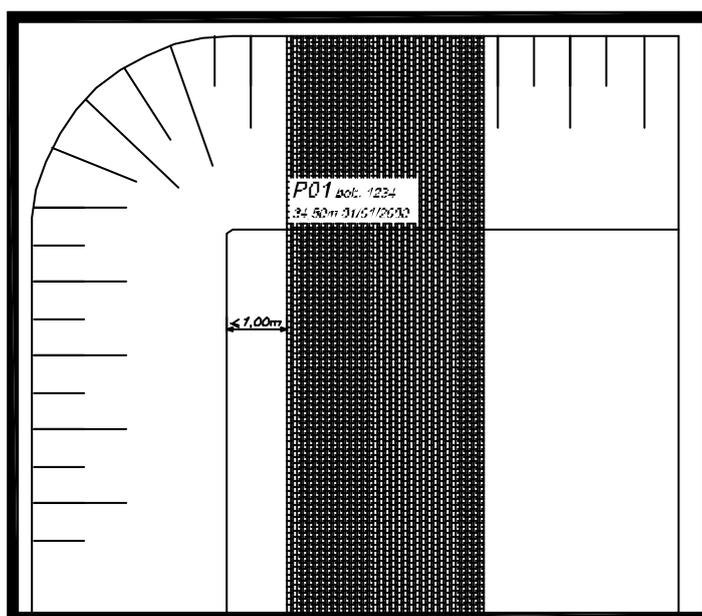


Fig. 4.1

**Nota:**

Tipicamente, a quantidade de geomembrana lançada no dia deve ser soldada para evitar formação excessiva de rugas.

Os painéis não podem apresentar vazios e deverão estar em contato íntimo com o solo.

**4.2 – Transpasse:**

Os painéis devem ser transpassados em 10 (dez) centímetros para se efetuar a solda e posicionados de forma que o painel superior não fique contra o fluxo do percolado, conforme fig. 4.2:

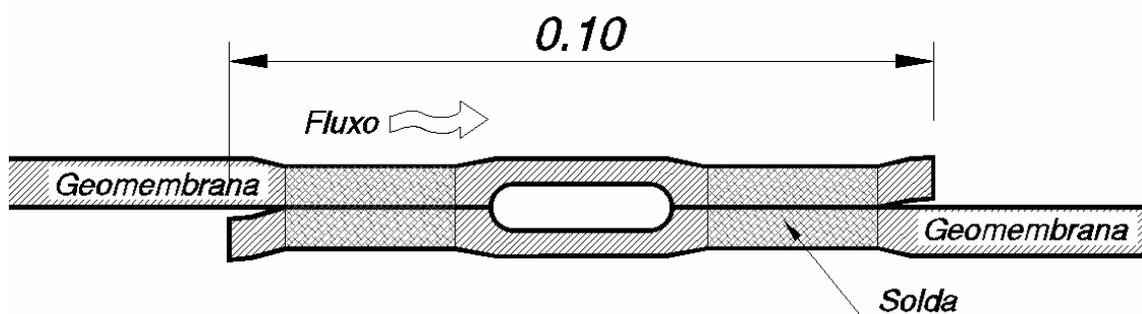


Fig. 4.2

**4.3 – Fixação provisória dos painéis:**

Sacos de areia deverão ser colocados temporariamente sobre os painéis para evitar que ações do vento possam erguer a mesma danificando o material.

Recomenda-se a colocação de sacos de areia com aproximadamente 30 kg a cada 5,00m ou espaçados conforme indicação de projeto (se houver).

**Nota:** Em caso de vento excessivo não será desenrolada nenhuma bobina.

**4.4 – Fixação provisória dos painéis:**

Caso os painéis estejam sem a marcação das sobreposições de fábrica, efetuar as mesmas utilizando giz de cera, garantindo assim que no momento da solda a sobreposição seja mantida.

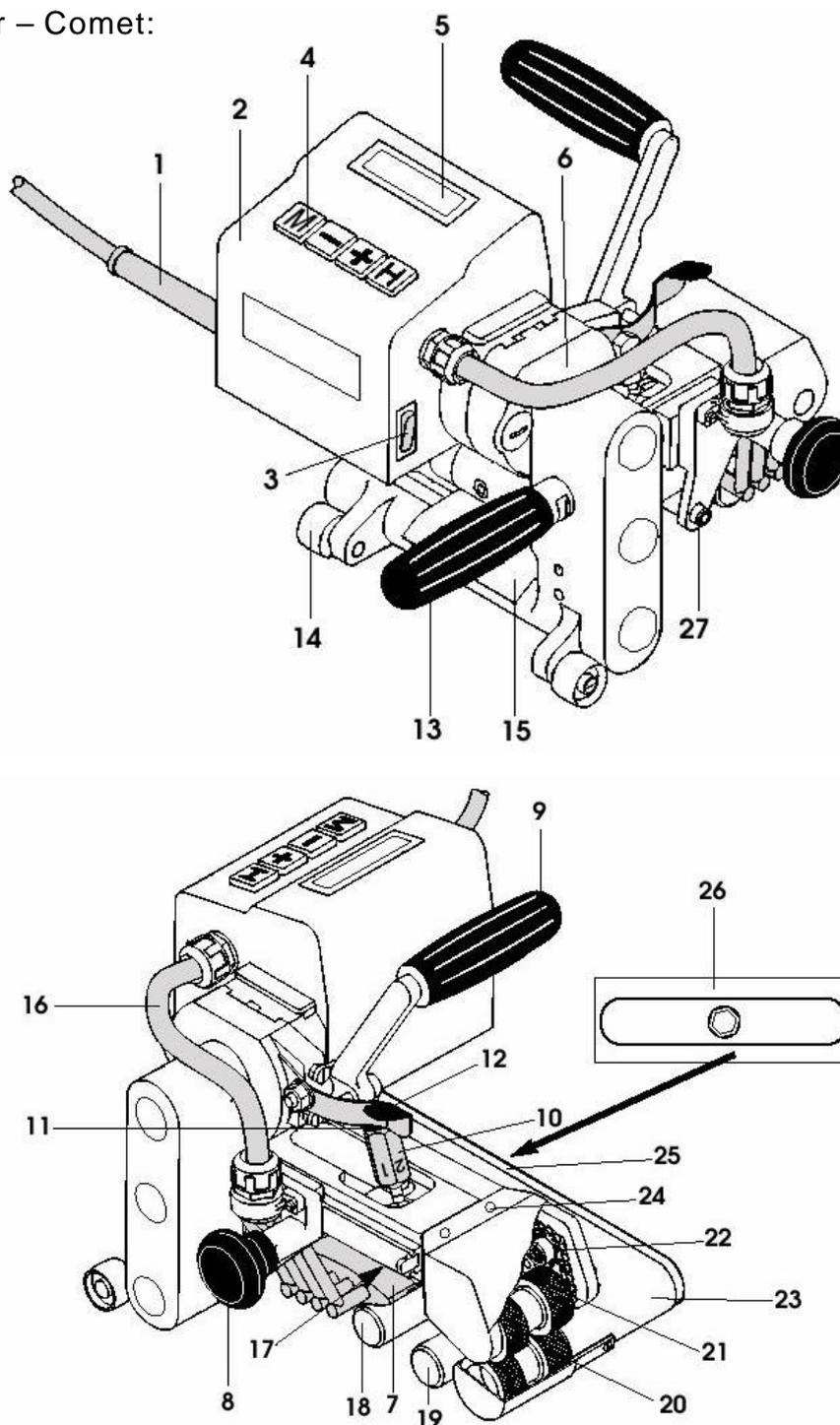
## 5. Soldas

Neste tópico abordaremos os tipos de soldas e suas peculiaridades, bem como os acabamentos de tubulações, fixações em concreto e reparos existentes.

### 5.1 – Solda por termofusão com cunha quente:

#### 5.1.1 – Identificação das máquinas utilizadas:

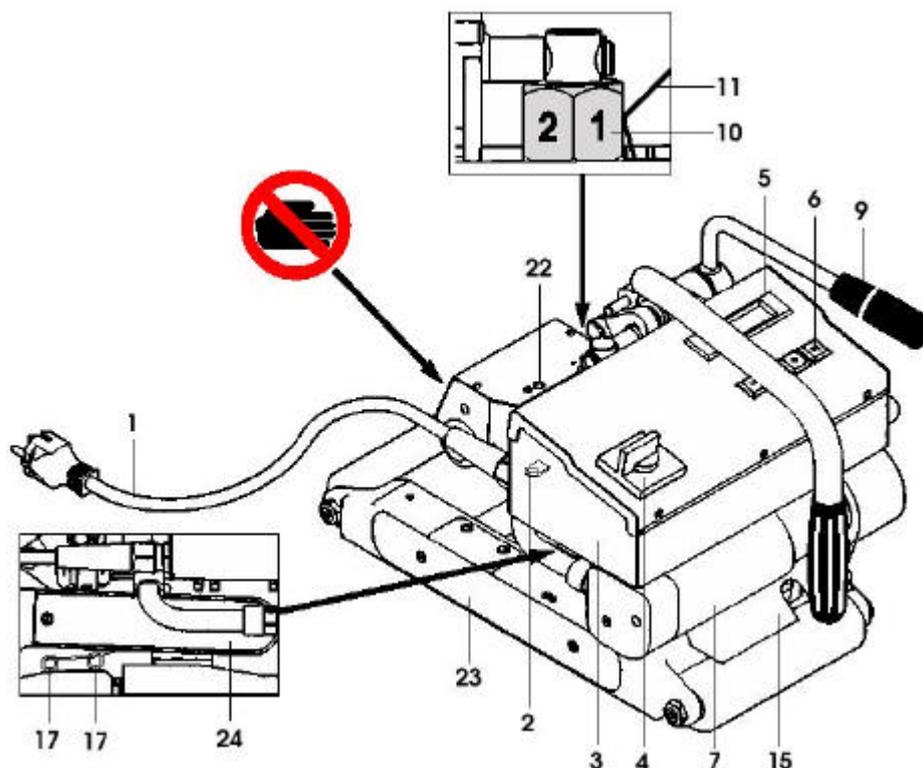
##### 5.1.1.1 – Leiter – Comet:

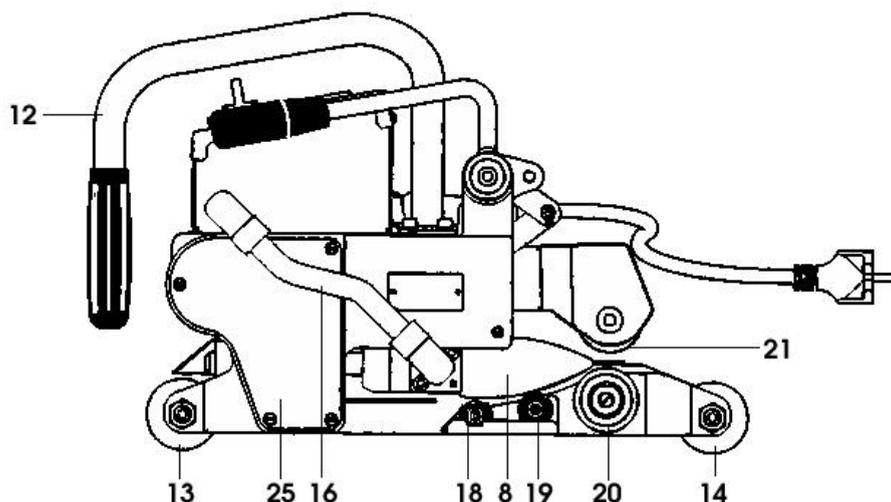


## Descrição do equipamento:

1. Cabo de alimentação elétrica
2. Caixa do motor de tração e componentes eletrônicos
3. Interruptor geral
4. Teclado
5. Mostrador
6. Transmissão de tração / potência
7. Cunha Quente
8. Haste de suporte da cunha quente
9. Alavanca de pressão de soldagem
10. Parafuso de ajuste/afinação da soldagem
11. Parafuso de segurança
12. Alavanca do mecanismo de bloqueio
13. Punho para conduzir a máquina
14. Roda de trabalho
15. Defletor
16. Tubo de alimentação da cunha quente
17. Rolo de aperto
18. Rolo de condução frontal
19. Rolo de condução traseiro
20. Rolo de pressão / tração inferior
21. Rolo de pressão / tração superior
22. Corrente
23. Parte superior do chassi
24. Parafuso de ajuste, cabeça basculante
25. Parte inferior da caixa de engrenagens
26. Tampa com parafuso para o rolo de condução frontal
27. Parafuso de ajuste, cunha quente

### 5.1.1.2 – Leiter – Astro:





### Descrição do equipamento:

- |   |  |
|---|--|
| 1. Cabo de alimentação elétrica             | 14. Roda traseira                                |
| 2. Imobilizador de cabo                     | 15. Guia da lâmina                               |
| 3. Caixa dos componentes eletrônicos        | 16. Tubo de alimentação da cunha quente          |
| 4. Interruptor geral                        | 17. Rolo de aperto                               |
| 5. Mostrador                                | 18. Rolo de condução frontal                     |
| 6. Teclado                                  | 19. Rolo de condução traseiro                    |
| 7. Motor                                    | 20. Rolo de pressão / tração inferior            |
| 8. Cunha Quente                             | 21. Rolo de pressão / tração superior            |
| 9. Alavanca de pressão de soldagem          | 22. Parafuso de ajuste                           |
| 10. Parafuso de ajuste/afinação da soldagem | 23. Protetor da corrente inferior                |
| 11. Mola de bloqueio do parafuso de pressão | 24. Protetor da corrente do braço de tensão      |
| 12. Manivela de transporte                  | 25. Protetor da corrente da caixa de engrenagens |
| 13. Roda dianteira                          |  |

#### 5.1.2 – Parâmetros de solda:

A solda por cunha quente depende de três parâmetros fundamentais

- **Temperatura ambiente e da cunha;**
- **Velocidade da máquina;**
- **Pressão dos roletes.**

**Nota:** Nenhum parâmetro é mais importante que outro. Todos em conjunto determinam a qualidade da solda!

Cada parâmetro pode ser determinado em separado, porém a qualidade da solda será determinada pela combinação correta da regulagem dos três parâmetros, que dependerá dos seguintes fatores:

- Espessura e tipo de material a ser soldado (PEAD ou PELBD);

- Tipo da superfície da geomembrana (lisa ou texturada);
  - Temperatura ambiente;
  - Temperatura da geomembrana;
  - Eficiência de cada máquina.
- (máquinas de mesmo modelo apresentam desempenhos diferentes).

### 5.1.3 – Calibração da máquina:

A calibração da máquina ocorrerá no período da manhã antes de iniciar as soldas, no início da tarde (retorno do almoço) e quando ocorrer variações repentinas de temperatura ambiente.

#### Procedimento:

? Preparar 04 tiras de prova conforme fig. 5.1:

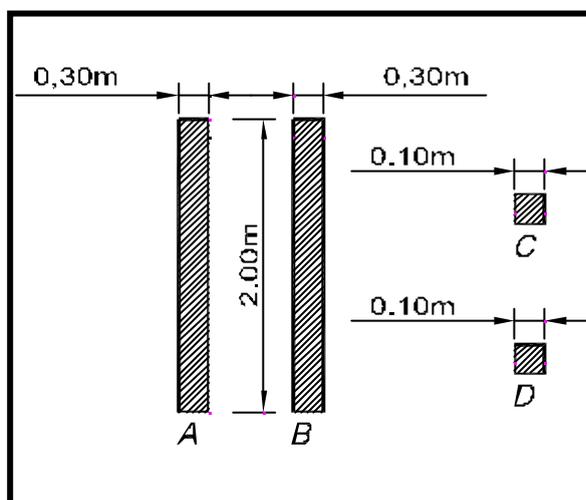


Fig. 5.1

? Calibração da pressão:

- Soltar totalmente o parafuso de pressão (10) da máquina (fig. 5.2 para Comet e fig. 5.3 para Astro);

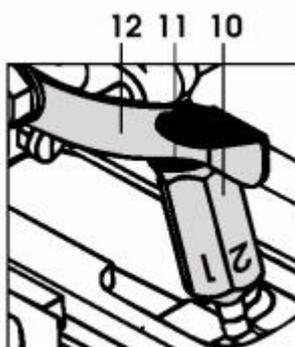


Fig. 5.2

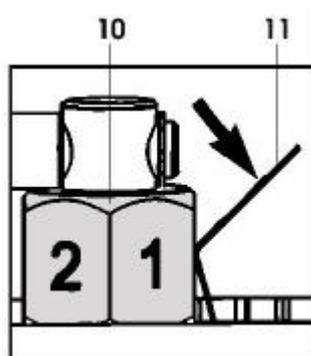


Fig. 5.3

- Colocar as tiras de prova C e D uma sobre a outra conforme fig. 5.4 e girar o parafuso de pressão com a alavanca abaixada até que não seja possível retirar as provas manualmente dos rolos de pressão;

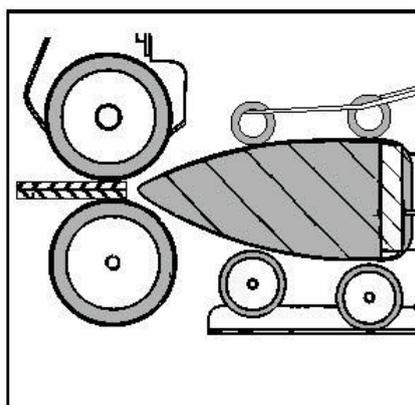


Fig. 5.4

- Levantar a alavanca de pressão, retirar as tiras de prova e aplicar 600N de pressão girando o parafuso de acordo com a máquina utilizada a saber:

*Comet:*

Cada número do parafuso corresponde a 100N, logo é necessário girar 6 números para atingir a pressão desejada (vide gráfico 5.1).

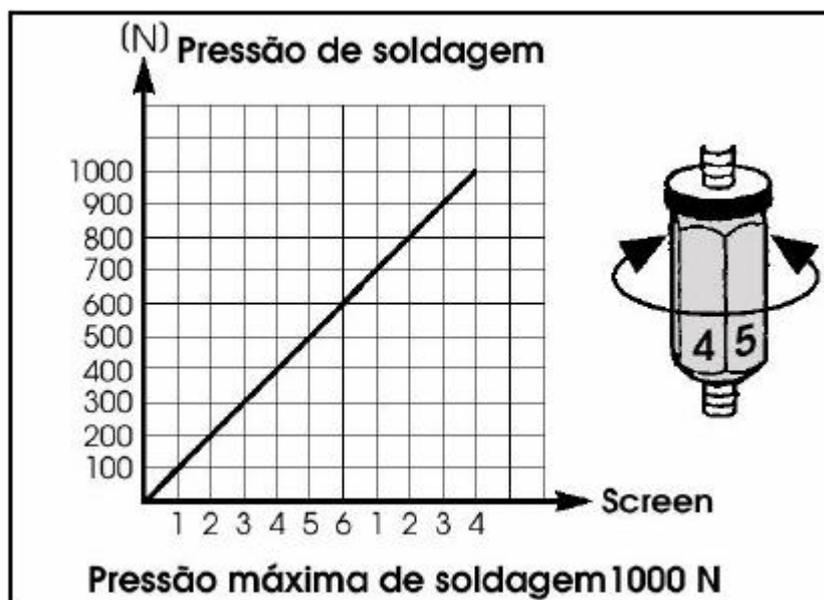


Gráfico 5.1

**Astro:**

Cada número do parafuso corresponde a 125N, logo é necessário girar 5 números para atingir a pressão desejada (vide gráfico 5.2)

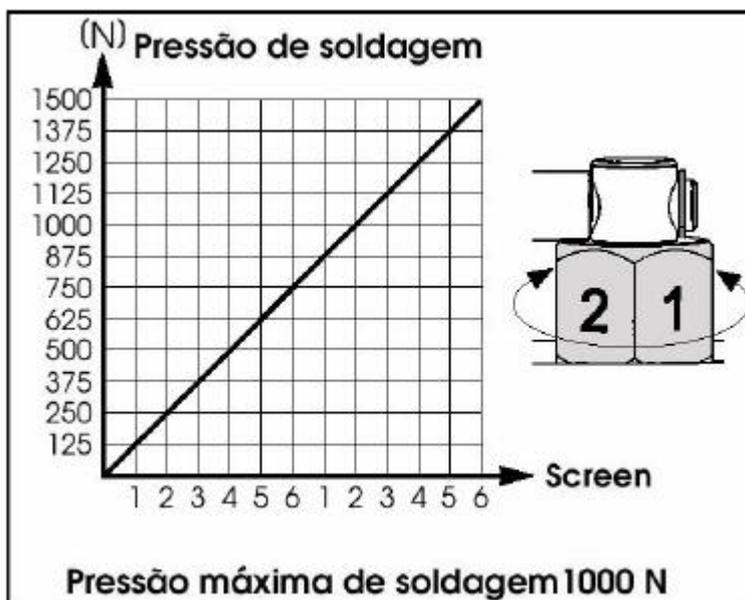


Gráfico 5.2

**Se a pressão exceder 1000 N poderá ocorrer danos mecânicos na máquina!**

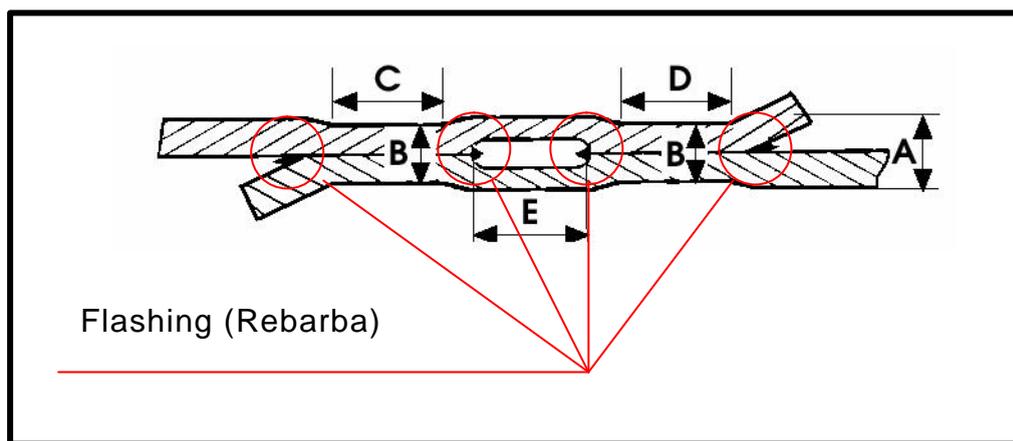
**Nota:** A pressão de 600N serve como um ponto de partida, porém esta pode ser ajustada para uma melhor qualidade da solda.

? Calibração da velocidade e temperatura:

A velocidade e temperatura ideais para trabalho não se podem determinar de forma constante e exata já que depende de diversos fatores como o tipo de polímero a ser soldado, tipo de máquina utilizada e demais fatores externos.

Para calibração da velocidade e temperatura executamos os seguintes procedimentos:

- Limpar as faces das tiras de prova A e B da fig. 5.1 e transpassa-las 10cm para a primeira solda de teste;
- Ajustar a temperatura e velocidade fazer a primeira linha de solda de teste;
- Sacar 05 corpos de prova conforme a fig. 5.5 nas dimensões de 2,54cm x 15,00cm;



**Fig. 5.5**

**Nota:**

- Excesso de Flashing: Velocidade muito baixa ou excesso de pressão nos roletes;
- Ausência de Flashing: Solda muito fria (ineficaz) ou falta de pressão nos roletes;
- Flashing somente em um dos lados: Pode indicar máquina descalibrada.

Submeter os corpos de prova ao ensaio destrutivo de descolamento e cisalhamento e observar o tipo de ruptura da solda:

- Ruptura do tipo Film Tear Bond (FTB):

É a condição em que uma das geomembranas soldadas (superior ou inferior) rompe por rasgamento e a solda permanece intacta, ou seja, a geomembrana se rompe antes da solda:

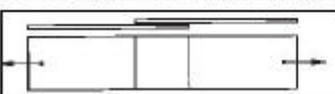
- Abertura da solda:

Solda ineficiente. Recalibrar todos os parâmetros de solda.

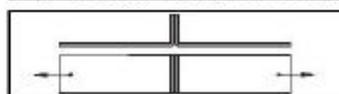
Os corpos de prova devem ser rompidos no tensiômetro e seus valores comparados na tabela abaixo:

**Tabela 01**

Espessura Nominal da Geomembrana	0,75 mm	1,0 mm	1,25 mm	1,5 mm	2,0 mm	2,5 mm	3,0 mm
Costuras de Cunha Quente							
<b>Resistência ao cisalhamento, N/25 mm</b>	<b>250</b>	<b>350</b>	<b>438</b>	<b>525</b>	<b>701</b>	<b>876</b>	<b>1050</b>
Alongamento de cisalhamento na ruptura, %	50	50	50	50	50	50	50
<b>Resistência à esfoliação, N/25 mm</b>	<b>197</b>	<b>263</b>	<b>333</b>	<b>398</b>	<b>530</b>	<b>661</b>	<b>793</b>
Separação de esfoliação, %	25	25	25	25	25	25	25



Cisalhamento



Esfoliação

**Somente após a máquina estar calibrada é que o técnico estará apto a iniciar o trabalho.**

**Nota:**

Os parâmetros pré-calibrados não devem ser alterados no decorrer do período sem que sejam realizados novos testes antes de se executar a solda.

**5.1.4 – Execução da solda por cunha quente:**

Logo após os painéis serem lançados em seus respectivos lugares verificar antes de engatar a máquina os seguintes itens:

- transpasse:

Verificar se está correto. A maioria das geomembranas vem com uma marcação de 10cm do transpasse, porém caso inexista esta marcação, colocar a sobreposição correta, conferir a medida da mesma e marcar uma linha-guia com a utilização de um giz de cera.

- Limpeza nos locais da solda:

Com o auxílio de um pano úmido, limpar bem as superfícies onde serão soldadas, tirando toda a poeira, barro ou água existente.

**Esse procedimento deve ser feito com atenção, pois a existência de alguma das condições acima citadas afetará a qualidade da solda!**

**Solda por cunha quente:**

- Engatar a máquina já calibrada e acompanhar de perto a evolução da solda, sempre procurando minimizar as rugas existentes;

- Rugas excessivas e “boca de peixe” serão cortadas quando necessário de maneira a formar um transpasse plano. Nas rugas cortadas serão colocados posteriormente reparos (manchões) conforme subsecção 5.3.3.1.

- Logo no início e final de cada solda será retirado um corpo de prova e rompido com o auxílio de dois alicates tipo “bico de pato” para garantir que ocorreu fusão total da solda (Rompimento FTB).

Caso a solda se abra no início da linha a ser soldada, interromper a máquina e recalibrar todos os parâmetros citados no item 5.1.3.

- Após o término de cada linha de solda, fazer ao lado da mesma as anotações de controle de qualidade com o auxílio de um marcador industrial as seguintes informações e exemplos à frente:

? Número da solda; (S. 01)
? Entre painéis; (P1/P2)
? Temperatura ambiente (medida com termômetro comum); (T.A. – 25 <sup>0</sup> )
? Temperatura do painel (medida com termômetro infravermelho); (T.P. – 50 <sup>0</sup> )
? Temperatura da cunha; (T.C. – 420 <sup>0</sup> )
? Velocidade da cunha; (Vel. 2,40m/min)
? Hora início da linha de solda; (Início - 14:30h)
? Hora término da linha de solda; (Fim – 14:45h)
? Nome do técnico. (João da Silva)

**Nota:**

A solda deverá ser interrompida quando ocorrer as seguintes situações:

- Se a temperatura dos painéis medida com o termômetro infravermelho ultrapassar 75<sup>o</sup> C;
- Ocorrência de umidade / água nos painéis;
- Ocorrência de chuvas;

Nos encontros de solda, a cunha deverá ser desarmada para não efetuar a solda, evitando assim que a máquina se desregule. Posteriormente será colocado um manchão nos encontros de soldas, conforme secção 5.3.3.1.

Ao se deparar com rugas:

- Evitar soldar sobre rugas que possuem tamanhos diferentes nos painéis superior e inferior;
- Desengatar a máquina, saltar a ruga e iniciar em seguida, marcando com um spray branco o local para facilitar os procedimentos de controle de qualidade.

**5.2 – Fixação com soprador de ar quente:**

Este tipo de **fixação temporária** consiste em um equipamento gerador de ar quente com vazão regulada de ar e temperatura auto controlada e ajustável de 20<sup>o</sup>C a 700<sup>o</sup>C.

**Nota:** Utilizado para auxiliar a confecção dos manchões e acabamentos em geral e não deve ser utilizado como solda definitiva.

### 5.2.1 – Identificação da máquina utilizada (Triac S):

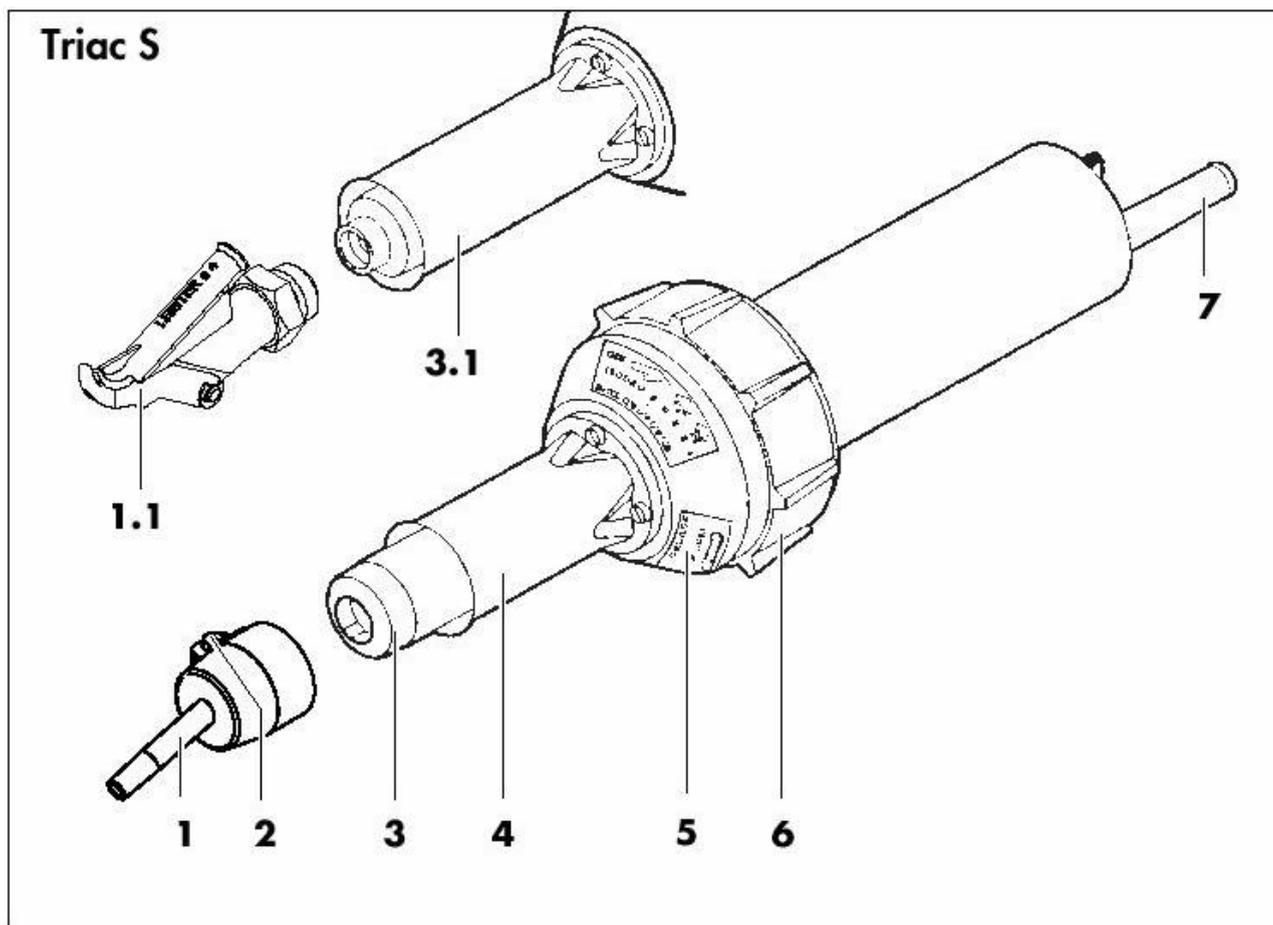
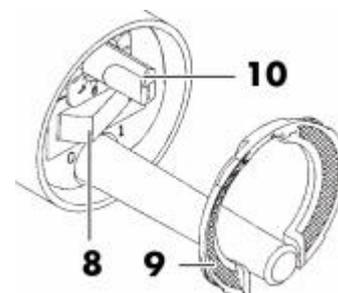


Fig. 5.6

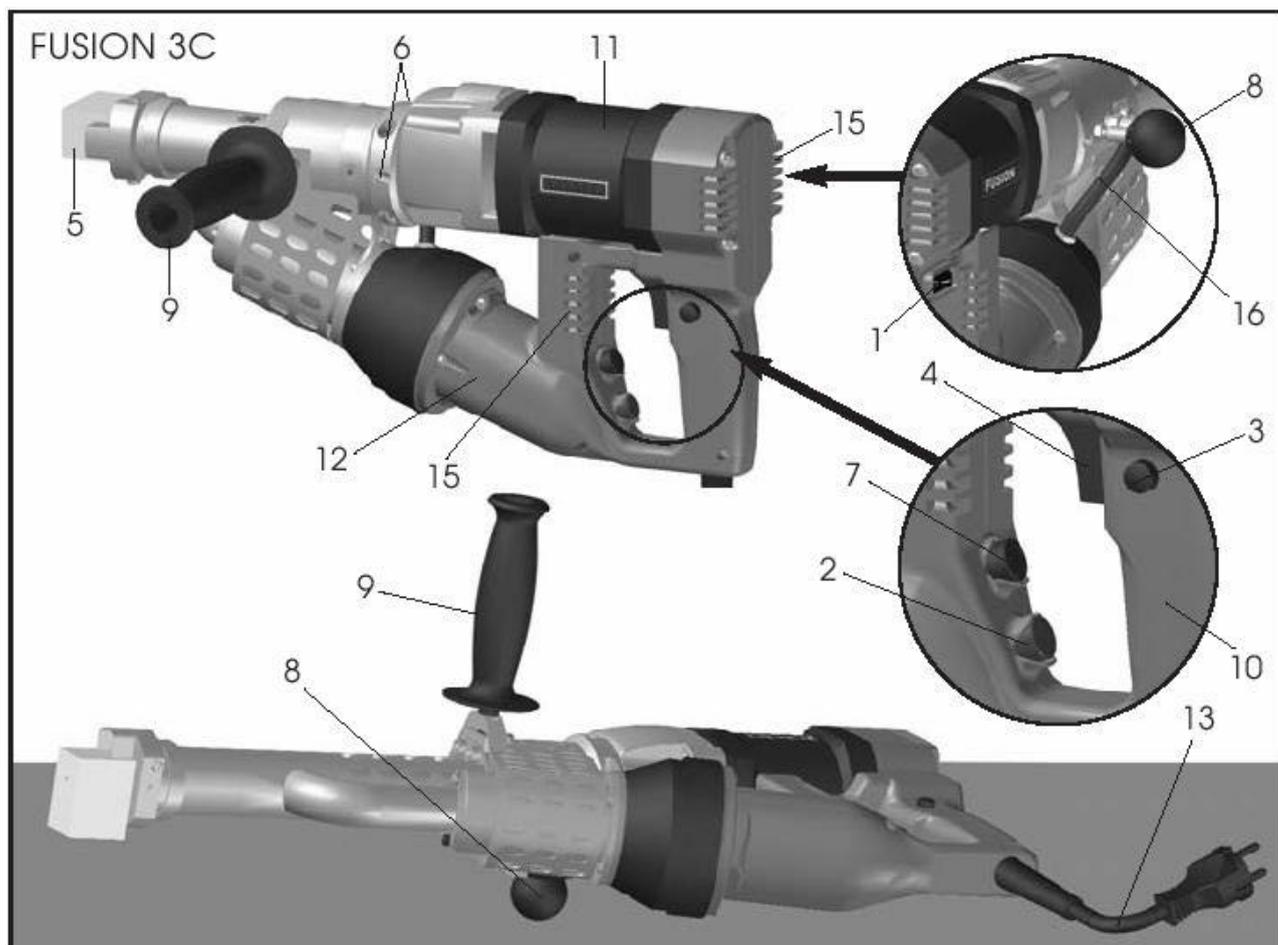
1. Bocal Encaixado
- 1.1. Bocal Parafusado
2. Parafuso
3. Tubo do elemento de aquecimento para bocais
- 3.1. Tubo do elemento de aquecimento para Bocais aparafusados
4. Tubo de proteção arrefecido
5. Escala de temperatura
6. Pé de borracha
7. Cabo de conexão à rede
8. Interruptor de rede
9. Filtro de ar
10. Potenciômetro para ajuste de temperatura



### 5.3 – Solda por aporte de material (extrusão):

A solda por aporte de material consiste em deposição na borda sobreposta do painel de um filete extrudado a partir de um cordão ou grânulos do mesmo tipo de polímero da geomembrana.

### 5.3.1 – Identificação da máquina utilizada:



- |  |   |
|--|---|
| 1. Interruptor   | 9. Manete de apoio                        |
| 2. Potenciômetro de temperatura de ar                      | 10. Suporte para sustentação da extrusora |
| 3. Dispositivo de trava do gatilho de saída da extrusão    | 11. Unidade de direção do aporte          |
| 4. Gatilho de saída da extrusão                            | 12. Soprador de ar quente                 |
| 5. Sapata de solda em teflon                               | 13. Cabo elétrico                         |
| 6. Entrada do filete do polímero                           | 15. Arejador                              |
| 7. Potenciômetro de regulação da taxa de saída da extrusão | 16. Mangueira                             |

### 5.3.2 – Calibração da extrusora:

A calibração da extrusora ocorrerá no período da manhã antes de iniciar as soldas, no início da tarde (retorno do almoço) e quando ocorrer variações repentinas de temperatura ambiente.

#### Procedimento:

? Preparar 02 tiras de prova conforme fig. 5.1:

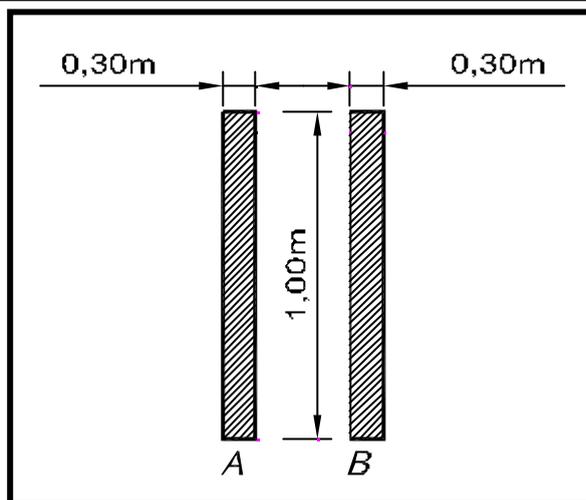


Fig. 5.7

? Calibração da temperatura e velocidade de saída da extrusão:

Regular o potenciômetro de temperatura e o potenciômetro de velocidade de extrusão na posição máxima. Aguardar o aquecimento total da extrusora.

Desbastar uma das tiras de prova da fig. 5.7 com o auxílio de uma lixadeira circular (esmeril) e fixar previamente com o auxílio do soprador de ar quente como mostra a fig. 5.8

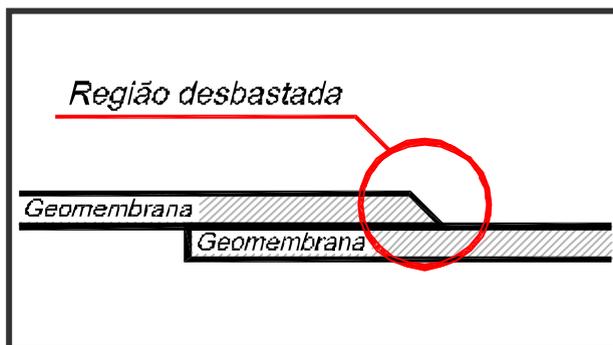


Fig. 5.8

Com a esmerilhadeira, lixar toda a superfície onde receberá a extrusão em no mínimo 2,50cm e deverá se estender até 3,00mm para fora de cada lado da extrusão.

Aplicar extrusão com a extrusora levemente inclinada para o lado da geomembrana inferior de modo a permitir uma secção transversal igual ao molde (cavidade) da sapata de teflon e com as rebarbas iguais nos dois lados. (fig. 5.9)

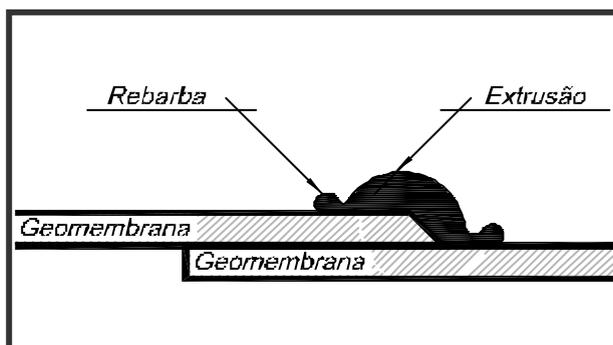


Fig. 5.9

- Sacar 05 corpos de prova nas dimensões de 2,54cm x 15,00cm;

Submeter os corpos de prova ao ensaio destrutivo de descolamento e cisalhamento e observar o tipo de ruptura da solda:

- Ruptura do tipo Film Tear Bond (FTB):

É a condição em que uma das geomembranas soldadas (superior ou inferior) rompe por rasgamento e a solda permanece intacta, ou seja, a geomembrana se rompe antes da solda:

- Abertura da solda:

Solda ineficiente. Recalibrar todos os parâmetros de solda.

Os corpos de prova devem ser rompidos no tensiômetro e seus valores comparados na tabela abaixo:

**Tabela 02**

Espessura Nominal da Geomembrana	0,75 mm	1,0 mm	1,25 mm	1,5 mm	2,0 mm	2,5 mm	3,0 mm
Costuras de Filete de Extrusão							
<b>Resistência ao cisalhamento, N/25 mm</b>	<b>250</b>	<b>350</b>	<b>440</b>	<b>525</b>	<b>700</b>	<b>875</b>	<b>1050</b>
Alongamento de cisalhamento na ruptura, %	50	50	50	50	50	50	50
<b>Resistência à esfoliação, N/25 mm</b>	<b>170</b>	<b>225</b>	<b>285</b>	<b>340</b>	<b>455</b>	<b>570</b>	<b>680</b>
Separação de esfoliação, %	25	25	25	25	25	25	25



Cisalhamento



Esfoliação

**Somente após a máquina estar calibrada o técnico estará apto a iniciar o trabalho.**

**Nota:**

Os parâmetros pré-calibrados não devem ser alterados no decorrer do período sem que sejam realizados novos testes antes de se executar a solda.

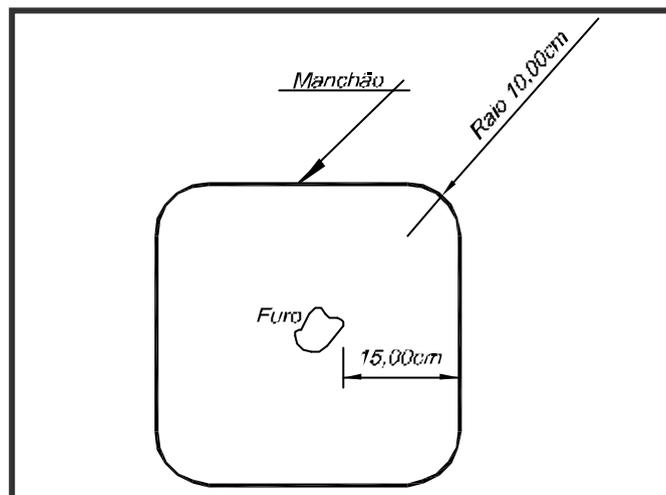
**5.3.3 – Execução das soldas por extrusão:**

**5.3.3.1 – Execução de Manchões**

**Definição:** Manchões ou reparos são partes de geomembrana cortadas com critério para fechamento de furos ou buracos maiores que 5,00mm e também em todo o encontro de duas ou mais soldas.

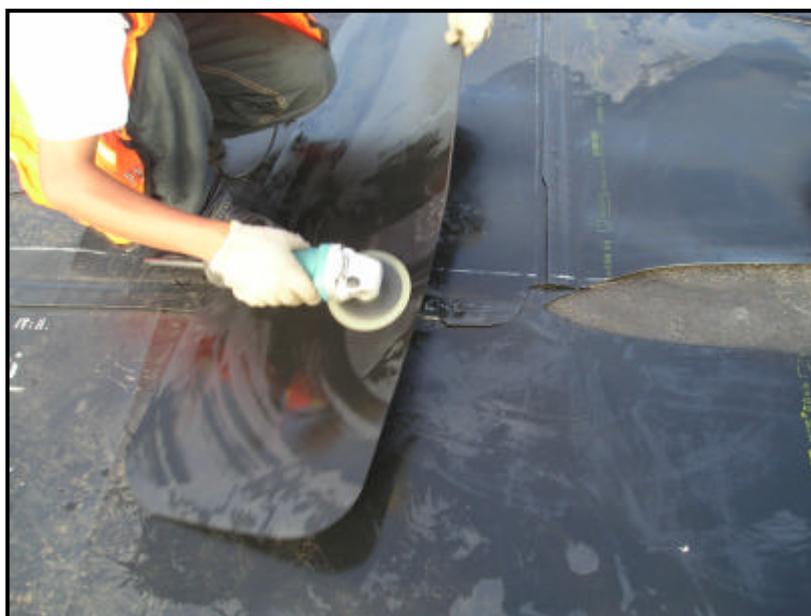
Execução dos manchões:

- Preparar o manchão conforme a fig. 5.10



**Fig. 5.10**

- Desbastar todo o perímetro do manchão com o auxílio da lixadeira circular conforme fig. 5.11



**Fig. 5.11**

- Fixar bem todo o perímetro com o soprador de ar quente evitando a fixação sobre rugas e “boca de peixe”, conforme fig. 5.12.



- lixar a superfície onde receberá a extrusão conforme fig. 5.12.



**Fig. 5.12**

- Aplicar a extrusão sobre a superfície lixada, evitando sujar a área com poeira, água e marcas de sapatos. (Fig. 5.13)

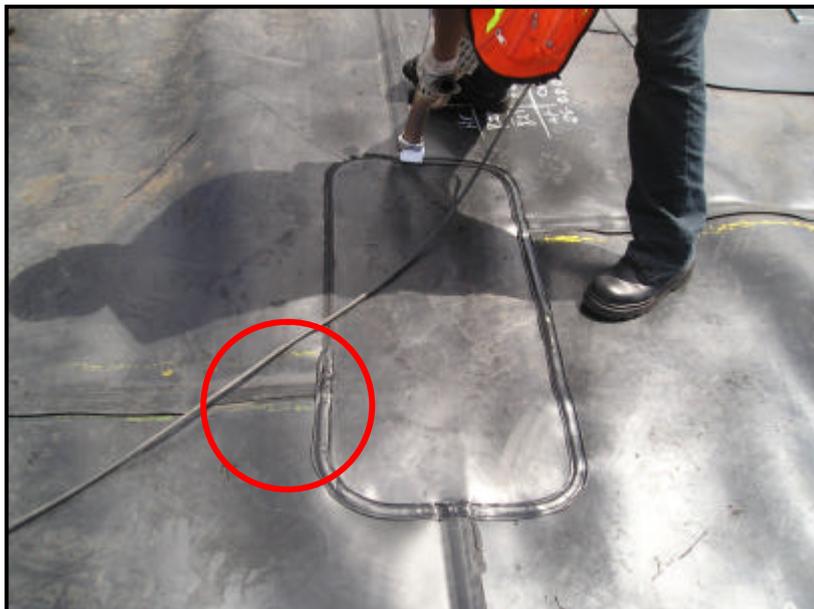


**Fig. 5.13**

**Nota:**

Para uma perfeita extrusão é necessário manter o formato da mesma sempre constante. Este formato deverá ser o mesmo do molde da sapata da extrusora.

Nos casos de manchões em encontros de solda, a extrusão deverá ser feita também sobre as solda por cunha quente, conforme fig. 5.14 e 5.15.



**Fig. 5.14**



**Fig. 5.15**

Após o término do manchão, deverão ser feitas as seguintes anotações sobre o mesmo:

- ? Número do manchão; (*M 01*)
- ? Número da máquina; (*Máq. 01/06*)
- ? Velocidade da extrusora; (*V – 03*)
- ? Temperatura da extrusora; (*T – 02*)
- ? Nome do técnico. (*João Silva*)

### **5.3.3.2 – Execução de acabamentos de tubulação:**

Para execução de um acabamento de tubulação ou uma bota, deveremos observar os seguintes procedimentos:

- Com o auxílio de uma tubulação idêntica à que será revestida, envolver toda a tubulação com um pedaço de geomembrana e fixa-lo com o auxílio do soprador. Recortar um pedaço da geomembrana e fazer um furo de mesmo diâmetro para que seja possível encaixar na tubulação. (Fig. 5.16)



**Fig. 5.16**

- Fixar previamente com o auxílio do soprador de ar quente (Fig. 5.17).



**Fig. 5.17**

- Lixar a superfície onde receberá extrusão.  
Observar com atenção pois a extrusão deve ser executada no lado de dentro e de fora para que possa obter perfeita estanqueidade. (Fig. 5.18)



**Fig. 5.18**

- Aplicar extrusão em volta da tubulação. Observar que não é possível a aplicação da extrusão toda do mesmo lado (Fig. 5.19).



**Fig. 5.19**

A figura acima demonstra a extrusão sendo feita (indicada pela seta) e a extrusão já executada do outro lado (indicada pelo círculo).

- Cortar o excedente de geomembrana na tubulação para já dar molde à bota. (fig. 5.20).



**Fig. 5.20**



**Fig. 5.21**

Na figura acima vemos o outro lado da extrusão recebida e o excesso retirado.

A seguir vestimos a tubulação definitiva para executar os acabamentos finais conforme a Fig. 5.22



**Fig. 5.22**

- Antes de se fazer a extrusão das uniões, colocar o fio de cobre (Fig. 5.24) para execução do Spark Test.



**Fig. 5.23**

- Executar a extrusão da bota no painel da geomembrana para finalização deste acabamento. (Fig. 5.24)



**Fig. 5.24**

## 6. Testes de estanqueidade

### 6.1 – Testes não destrutivo:

#### 6.1.1 – Teste de pressurização.

Consiste na inserção de ar dentro do canal formado pela solda por cunha quente.

Para execução deste ensaio é necessário ter em mãos uma agulha com manômetro e bomba de ar, que pode ser elétrica ou manual.

Na figura 6.1 temos um exemplo de uma agulha já posicionada para executar o teste.



Fig. 6.1

Injetar 205 kPa (30 PSI) de pressão no interior da solda, aguardar a estabilização de mesma e medir a perda de pressão durante 05 (cinco) minutos e comparar com a tabela abaixo:

Espessura (mm)	Pressão (kPa)	Pressão (PSI)	Perda de Pressão (kPa)	Perda de Pressão (PSI)
1,00mm	205	30	28	4
1,50mm	205	30	21	3
2,00mm	205	30	14	2
2,50mm	205	30	14	2

Caso os testes reprovem a solda, deveremos localizar o ponto de vazamento, corrigir com um manchão e refazer o teste. Caso não seja possível localizar tal ponto, a solda deve ser condenada e refeita.

**Nota:**  
**Os testes deverão ser realizados no mesmo dia em que as soldas foram feitas!**

Após a realização dos testes deverá ser anotado ao lado da solda o controle de qualidade para posterior conferência conforme exemplo abaixo:

Hora	Número do teste Pressão (PSI)
15:30h	30
15:35h	30
T.A. (*)	Ok!
Operador	João da Silva

(\*) T.A. – Teste de ar

**Nota:**  
**Os testes deverão ser realizados em todo o segmento de solda!**

#### 6.1.2 – Teste de vácuo.

Para realização deste teste é necessário um equipamento próprio que consiste em uma bomba de vácuo ligada a uma caixa de tampa transparente (Fig.6.2).

Este teste é utilizado em todas as soldas por extrusão que se encontra em superfície plana (manchões) demais soldas por extrusão serão testadas pelo método do Spark test que veremos mais adiante.



Fig. 6.2

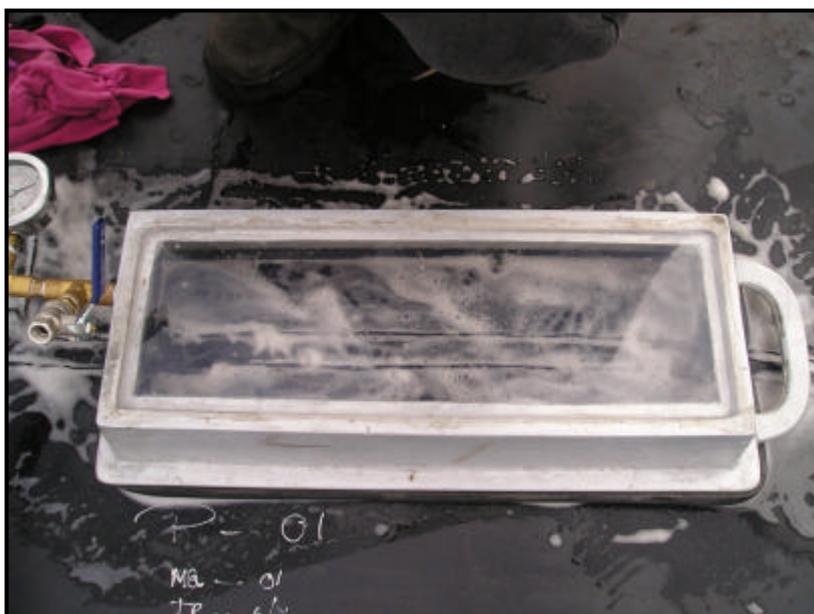
Procedimento:

- Umedecer com água e sabão a superfície a ser testada, conforme a fig. 6.3:



**Fig. 6.3**

- Aplicar pressão negativa (vácuo) no interior da caixa e estabilizar a pressão (Fig. 6,4). Estabilizar a pressão e verificar a ocorrência de bolhas de sabão. Caso não ocorram bolhas, o segmento testado está aprovado. Se aparecer bolhas, anotar o ponto com defeito refazer a extrusão neste local e executar novamente os testes.



**Fig. 6.4**

Após o teste realizado executar anotação dentro do manchão conforme fig. 6.5. anotando o número do teste, data da execução e aprovação.



**Fig. 6.5**

### **6.1.3 – Spark Test.**

6.1.3.1 – Rastreamento em toda a superfície da geomembrana.

Consiste em um aparelho cuja extremidade é energizada em até 70.000,00V. Este equipamento tem a finalidade de submeter toda a superfície da geomembrana a esta voltagem e qualquer descontinuidade (pontos de fuga) será detectada através de uma vaísca e um sinal sonoro. (Fig. 6.6)



**Fig. 6.6**

Este ensaio deve ser feito após todas as soldas e testes estarem concluídos. Ele antecede o momento da entrega da lagoa e deve ser acompanhado por um fiscal da obra e/ou engenheiro responsável.

### 6.1.3.2 – Detecção de fugas em soldas por extrusão.

Este ensaio deve ser realizado sempre que executamos uma solda por extrusão que não possa ser testada com a caixa de vácuo.

Geralmente utilizamos este tipo de ensaio quando fazemos acabamentos em tubulações, pilares e soldas em perfis de PEAD e quando executamos manchões que não seja possível executar outro tipo de teste.

#### **Nota:**

Por ser um equipamento de alta voltagem, devemos ter todo o cuidado durante os testes para que não haja acidentes de trabalho!

## **6.2 – Testes destrutivos:**

### **6.2.1 – Teste rompimento da solda com alicate.**

Este tipo de teste consiste em sacar corpos de prova no início e fim de cada linha de solda por extrusão e romper os mesmos com o auxílio do alicate, conforme fig. 6.9..



**Fig. 6.9**

Este é um teste empírico, que serve apenas para verificar se houve fusão dos painéis ou se a solda estava defeituosa.

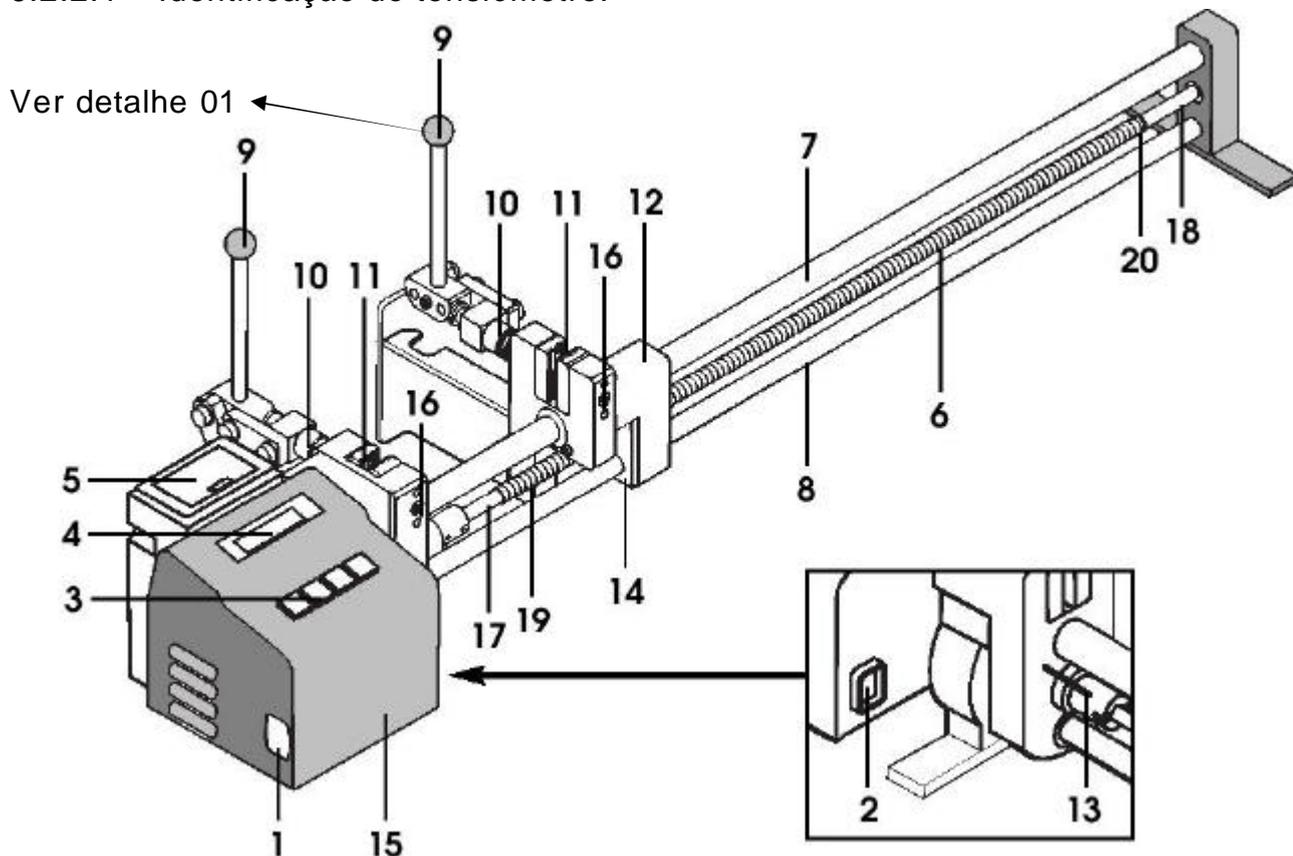
Caso a solda abra logo no início, parar a máquina, recalibrar os parâmetros citados na subsecção 5.1.3 deste manual e executar a solda novamente. Se a solda abrir no final, sacar um corpo de prova no meio da linha de solda e executar o teste. Caso a solda abra, condenar a mesma, recalibrar a máquina e executar novamente a solda.

### 6.2.2 – Teste destrutivo com o tensiômetro.

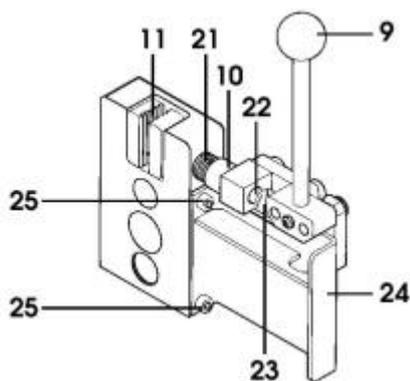
Este é o teste mais importante para avaliação da qualidade da solda. Ele dá parâmetros concretos para aprovação da instalação.

Deve ser feito todo início do dia, início da tarde e a cada 150,00m de solda.

#### 6.2.2.1 – Identificação do tensiômetro:



#### Detalhe 1



### Descrição do equipamento:

- |                                  |                              |
|----------------------------------|------------------------------|
| 1. Conector da fonte             | 14. Rosca trapezoidal        |
| 2. Interruptor                   | 15. Carcaça do motor         |
| 3. Teclas de seleção             | 16. Parafusos de fixação     |
| 4. Visor                         | 17. Posição de segurança     |
| 5. Unidade de memória (opcional) | 18. Posição de segurança     |
| 6. Rosca de funcionamento        | 19. Início da rosca          |
| 7. Barra de guia superior        | 20. Início da rosca          |
| 8. Barra de guia inferior        | 21. Aparador macio           |
| 9. Alavanca de pressão           | 22. Eixo tensor              |
| 10. Parafuso de ajuste           | 23. Parafuso de cabeça plana |
| 11. Garras de pressão            | 24. Suporte                  |
| 12. Carro                        | 25. Parafuso de fixação      |
| 13. Distanciador                 |                              |

#### 6.2.2.2 – Execução do teste

Sacar 05 corpos de prova com o auxílio de uma ferramenta que já possua o molde (2,54cm x 10,00cm).

Submeter os corpos de prova ao teste de descolamento das soldas e anotar a tensão elástica mostrada no visor.

Dos 05 corpos de prova, 04 devem ter resistências iguais ou superiores à resistência da tabela abaixo.

Espessura Nominal da Geomembrana	0,75 mm	1,0 mm	1,25 mm	1,5 mm	2,0 mm	2,5 mm	3,0 mm
<b>Costuras de Cunha Quente</b>							
<b>Resistência ao cisalhamento, N/25 mm</b>	<b>250</b>	<b>350</b>	<b>438</b>	<b>525</b>	<b>701</b>	<b>876</b>	<b>1050</b>
Alongamento de cisalhamento na ruptura, %	50	50	50	50	50	50	50
<b>Resistência à esfoliação, N/25 mm</b>	<b>197</b>	<b>263</b>	<b>333</b>	<b>398</b>	<b>530</b>	<b>661</b>	<b>793</b>
Separação de esfoliação, %	25	25	25	25	25	25	25
Espessura Nominal da Geomembrana	0,75 mm	1,0 mm	1,25 mm	1,5 mm	2,0 mm	2,5 mm	3,0 mm
<b>Costuras de Filete de Extrusão</b>							
<b>Resistência ao cisalhamento, N/25 mm</b>	<b>250</b>	<b>350</b>	<b>440</b>	<b>525</b>	<b>700</b>	<b>875</b>	<b>1050</b>
Alongamento de cisalhamento na ruptura, %	50	50	50	50	50	50	50
<b>Resistência à esfoliação, N/25 mm</b>	<b>170</b>	<b>225</b>	<b>285</b>	<b>340</b>	<b>455</b>	<b>570</b>	<b>680</b>
Separação de esfoliação, %	25	25	25	25	25	25	25

O quinto corpo de prova deve ter no mínimo 70% da resistência apresentada na tabela.

### 6.3 – Demais ensaios:

#### 6.3.1 – Rasgamento das soldas:

Para verificar se a cunha quente não rasgou a parte externa da solda, verificar com o auxílio de uma chave de fenda toda a linha de solda. Pode-se também executar este ensaio com o kit spark test.

#### 6.3.2 – Carga hidráulica:

Em determinadas situações é necessário o ensaio de carga hidráulica. Este ensaio consiste em encher de água o local a ser testado e analisar se há variação do nível de água.

Este ensaio não é realizado pelos técnicos instaladores.

## 7. Relatórios

---

Os relatórios são de fundamental importância pois eles serão a base para fornecimento de garantia ao cliente, liberação junto aos órgãos ambientais e medição dos serviços executados.

Devem ser preenchidos diariamente para que não ocorra perda de informações durante a obra.

Os relatórios feitos durante a instalação do material estão abaixo relacionados.

### **Relatório de colocação e medição da geomembrana:**

Deste relatório saem as quantidades de material colocadas na obra. Devem ser colocadas nele as seguintes informações:

- Número do pano;
- Número do rolo;
- Dimensões brutas (largura e comprimento do painel);
- Área e área acumulada;
- Lado A e Lado B (Medido após a solda para obtermos a área líquida instalada);
- Média dos lados A e B;
- Largura do painel;
- Área e área acumulada.

### **Relatório de solda por cunha quente:**

Informações necessárias para preenchimento deste relatório:

- Data da execução da linha de solda;
- Número da máquina (cada máquina deve ser identificada com uma numeração exclusiva);
- Velocidade da máquina na ocasião da solda;
- Temperatura ambiente medida com um termômetro;
- Comprimento da linha de solda;
- Localização da solda (entre painéis);
- Hora de início e fim;
- Operador

Essas informações deverão ser anotadas ao lado da solda com o auxílio de um marcador industrial, tipo traço forte.

### **Relatório de reparos com a extrusora:**

Informações necessárias para o preenchimento deste relatório:

- Data da execução do mancão;
- Número da máquina;
- Número do reparo;
- Dimensões do reparo;
- Localização (entre painéis);
- Motivo (Furo, Solda queimada, encontro de solda);
- Operador

### **Relatório de ensaio de pressurização**

Informações necessárias para o preenchimento do relatório:

- Data de execução dos testes;
- Localização (entre painéis);
- Comprimento testado;
- Hora de início;
- Hora final;
- Pressão inicial;
- Pressão final;
- Perda de pressão;
- Verificação (de a solda passou ou não);
- Operador.

Todas essas informações deverão ser anotadas ao lado da solda testada com o auxílio de um marcador industrial tipo traço forte.

### **Relatório de ensaios de vácuo:**

Informações necessárias:

- Data;
- Número do reparo;
- Localização;
- Verificação;
- Operador.

### **Relatório de ensaios destrutivos:**

Informações necessárias:

- Data de execução do ensaio;
- Localização da amostra;
- Carga de rompimento da amostra;
- Tipo de ruptura.

### **Diário de obras:**

Devem ser preenchidos todos os dias e levado ao fiscal da obra para assinatura. Devem constar no diário todos os eventos ocorridos tais como duração das chuvas, falta de condições para trabalho, falta de energia elétrica, ajudantes, etc.

Este relatório é de extrema importância tanto para a empresa aplicadora quanto para o cliente pois com ele muitos dos problemas administrativos são resolvidos ao longo dos serviços.