

## CAPÍTULO IX - OUTROS CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO

## 1 - DESCONTINUIDADES VOLUMÉTRICAS

As descontinuidades que apresentam característica volumétrica devem ser avaliadas conforme os critérios definidos neste Item. Consideram-se como descontinuidades oriundas da fabricação com característica volumétrica, as seguintes:

- Cavidades;
- Porosidade;

Em alguns casos, descontinuidades com característica planar podem ser avaliadas como volumétricas:

- Inclusões de escória;
- Mordeduras;
- Concavidades.

*- Exigências de Propriedades de Material*

Para que seja possível utilizar os critérios dimensionais estabelecidos neste Item, as propriedades do material do duto devem obedecer aos limites apresentados na tabela abaixo.

Propriedade Mecânica	Valor Limite
Mínima tensão de escoamento especificada do material	< 450,0 Mpa
Valor médio de energia Charpy-V, na temperatura mínima de operação.	≥ 40,0 Joules (mínimo de 3 testes)
Valor mínimo de energia Charpy-V, na temperatura mínima de operação.	28,0 Joules

*- Exigências para propriedades do material do equipamento*

Para materiais que não obedeçam aos limites definidos pela tabela, é exigido que a tenacidade à fratura seja superior a  $1250,0 \text{ N/mm}^{3/2}$ . Para materiais com tenacidade inferiores a este valor, as descontinuidades devem ser avaliadas como planares.

*- Critérios de Aceitação*

Os limites admitidos para inclusões de escória e porosidade são apresentados na tabela abaixo.

<i>Inclusões de Escória</i>	<b>Porosidade</b>	
	<i>Percentagem da área projetada na radiografia [%]</i>	<i>Diâmetro de poro isolado</i>
Sem limite no comprimento; máxima altura ou largura permitida: 3,0 mm.	5	B / 4 ou 6,0 mm, o que for menor.

*Fonte : BS-7910 : 1999 - Item 7.5.3.1*

*- Limites para inclusões de escória e porosidade*

Imperfeições de forma geométrica no cordão de solda que possam reduzir a capacidade de carregamento local a valores inferiores à tensão admissível são inaceitáveis.

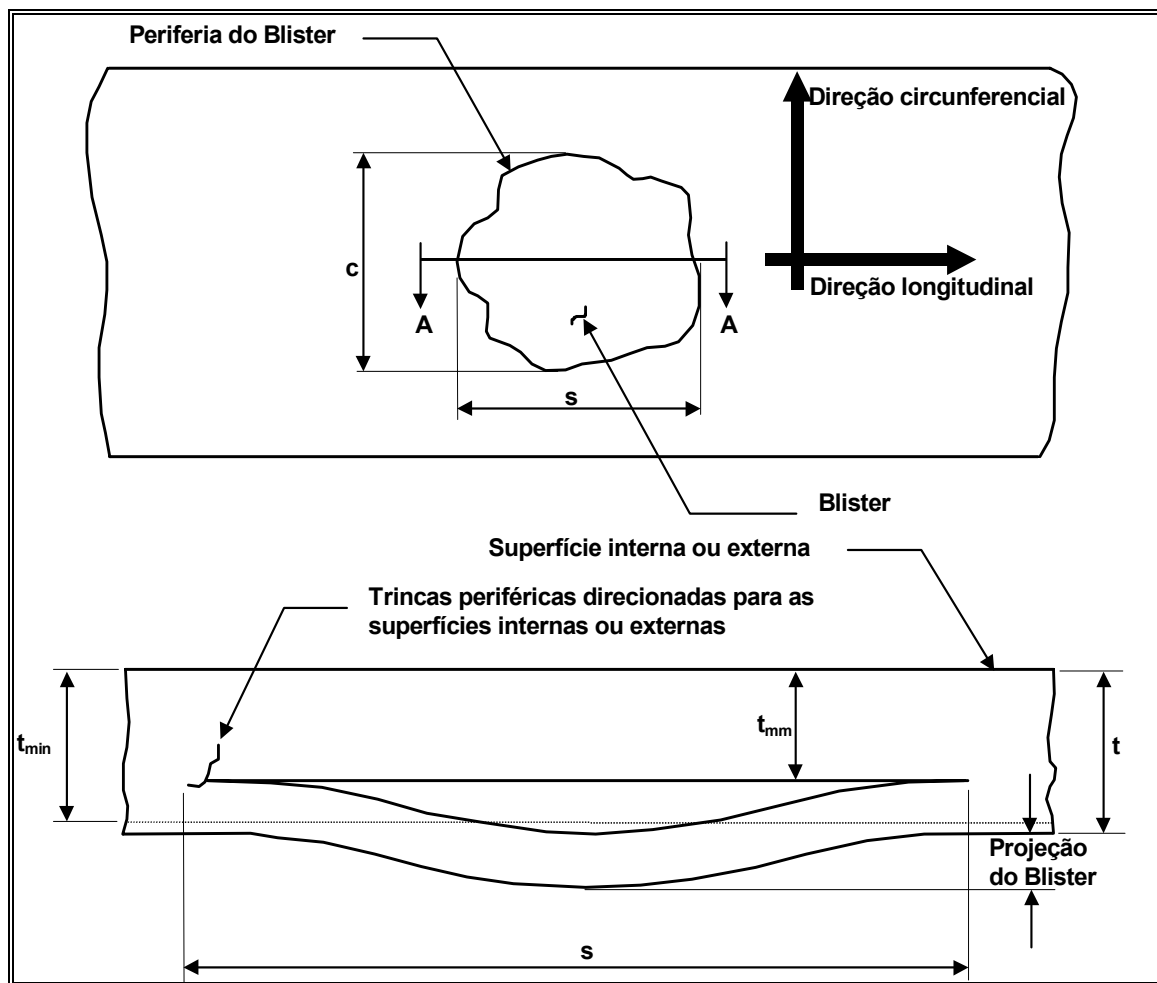
Para o caso de mordeduras, onde é possível afirmar que não existem outras descontinuidades planares associadas na região da solda, o critério de aceitação da profundidade máxima da mordedura é: 1,0 mm ou 10% da espessura do tubo, o que for menor. Este critério somente pode ser utilizado se o material do equipamento atende aos requisitos da tabela de requisitos de material.

## 2 - DESCONTINUIDADES CARACTERIZADAS COMO "BLISTERS"

### 2.1 - INTRODUÇÃO

A definição para o dano classificado como blister é apresentada a seguir :

"Blisters" - descontinuidades planares, paralelas à espessura da chapa, necessariamente acompanhadas de deformação visível na superfície interna ou externa da chapa, associados ou não a trincas nas extremidades.



*Caracterização de blisters*

As limitações do Nível 1 do API RP 579 são indicadas abaixo.

- O código original de projeto do equipamento é reconhecido;
- A descontinuidade deverá ser caracterizada pela utilização de ensaio Visual ou de Ultra-som;
- A temperatura de projeto do componente deve ser inferior a 204,0°C (aços carbono e baixa liga);
- O componente não está sujeito a serviço cíclico;
- O material pode ser considerado dúctil, não sendo sujeito a fragilização durante a operação (temperatura ou fluido);
- A geometria do componente com o "blister" deve ser uma das listadas abaixo :
  1. costados cilíndricos ou cônicos;
  2. costados ou tampos esféricos;
  3. tampos elípticos (região central estendendo-se por 80% do diâmetro do tampo);
  4. tampos torisféricos (calota esférica central);
  5. trechos retos de tubulações.

O carregamento para esses níveis de avaliação, é limitado à pressão interna

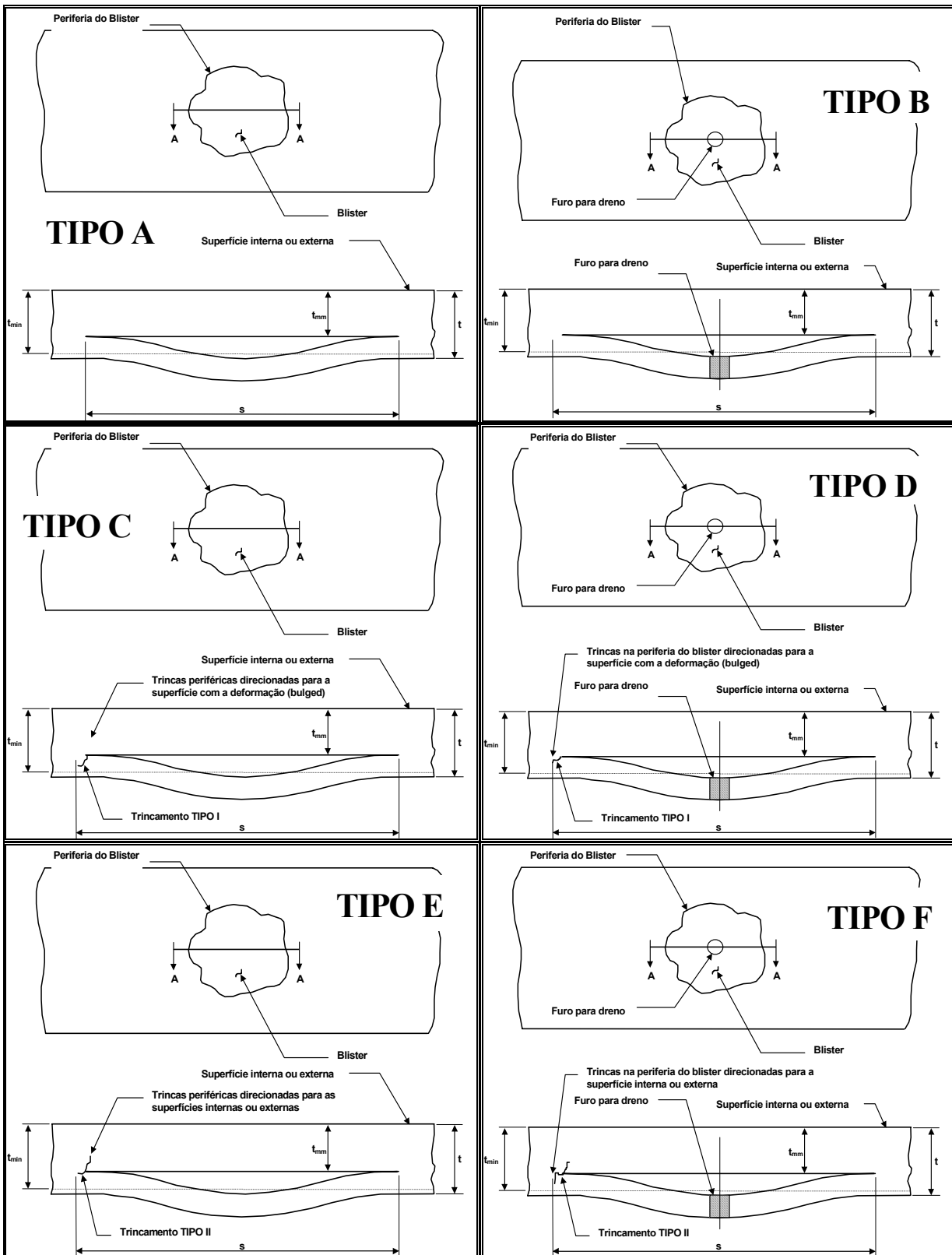
## 2.2 - CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DE "BLISTERS"

Para a caracterização dos "blisters", são necessárias as seguintes definições :

- Dimensões do blister [ $s$ ,  $c$ ] :
- Espaçamento entre blisters, [ $L_b$ ] - deverão ser determinadas as distâncias entre os pontos da periferia de blisters contíguos de forma a verificar a interação das descontinuidades;
- Projeção do blister, [ $B_p$ ] - é a medida da deformação do blister à partir da superfície do componente;

- Espessura remanescente,  $[t_{mm}]$  - para blisters localizados próximos à superfície interna da chapa é a distância da superfície externa ao "blister", e para descontinuidades localizadas mais próximas à superfície externa, representa a distância entre a superfície interna e o "blister";
- Localização relativa dos defeitos em relação a outras descontinuidades. Medições devem ser feitas à partir da extremidade dos defeitos assim como um mapeamento da chapa afetada do equipamento  $[L_d]$ ;
- Utilizando-se técnicas de ultra-som, determinar se alguma das trincas estende-se através da espessura da chapa. Tais defeitos, ocorrem normalmente na circunferência do blister ou na região central.

As figuras a seguir apresentam a classificação das descontinuidades caracterizadas como blisters.

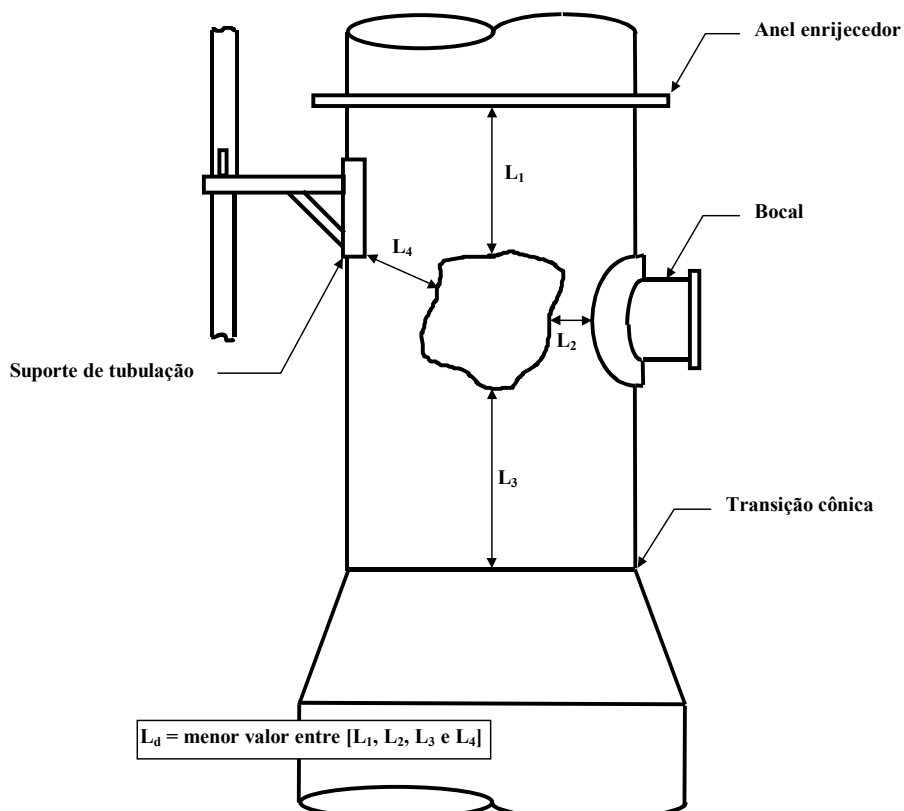


## 2.3 - CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO DE "BLISTERS" PELO NÍVEL 1

Somente "Blisters" caracterizados pelas geometrias definidas pelos TIPOS A, B, C e D podem ser avaliados através do Nível 1. Blisters caracterizados através de outras geometrias (TIPOS E a F), não são adequados conforme requisitos do Nível 1 de avaliação.

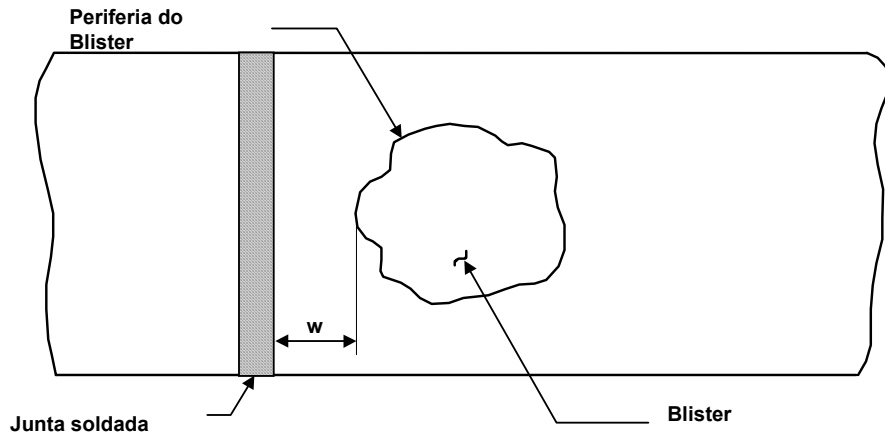
"Blisters" são aceitos sem reparos, conforme Nível 1 de Avaliação, se todas as condições abaixo são satisfeitas :

- $t_{mm}$ . medido por Ultra-Som pelo lado não deformado ("bulged"), é maior ou igual a  $0,5.t$ ;
- A projeção  $B_p$  é inferior a 10% do diâmetro do blister;
- A maior dimensão de "blisters" ventados deve ser no máximo  $0,6.(D.t_{nom})^{1/2}$ , onde  $D$  é o diâmetro interno e  $t_{nom}$  é a espessura nominal do componente;
- A maior dimensão de blisters não ventados deverá ser no máximo de 2,0 in;
- A distância entre a extremidade do "blister" a descontinuidades geométricas é maior ou igual a  $1,8.(D.t_{nom})^{1/2}$  (ver figura abaixo);

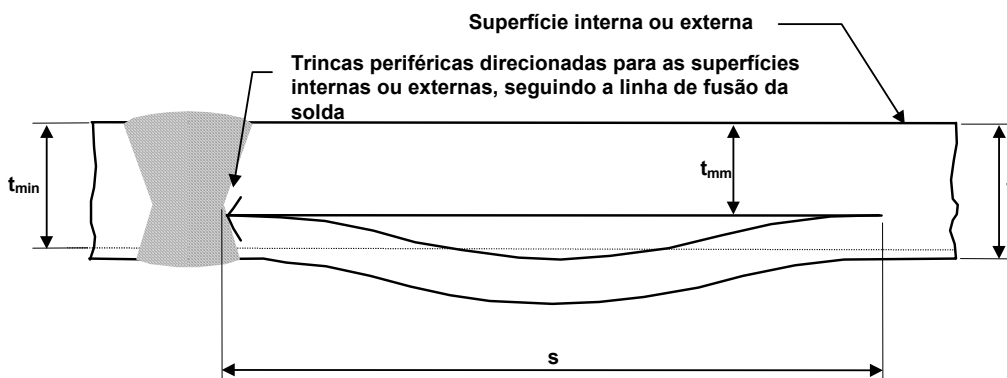


*Distância de uma região com dano para descontinuidades geométricas*

f) A extremidade do "blister" está localizado a mais de 1,0 in ou 2 (duas) vezes a espessura da chapa, o que for maior, de qualquer linha de solda (ver figura abaixo):



a) O blister será considerado próximo à junta soldada, se  $w < \max [2 \cdot t_{\text{nom}}, 1 \text{ in}]$



b) Trincas periféricas no blister próximas à junta soldada

### *Distância de um "blister" para a junta soldada*

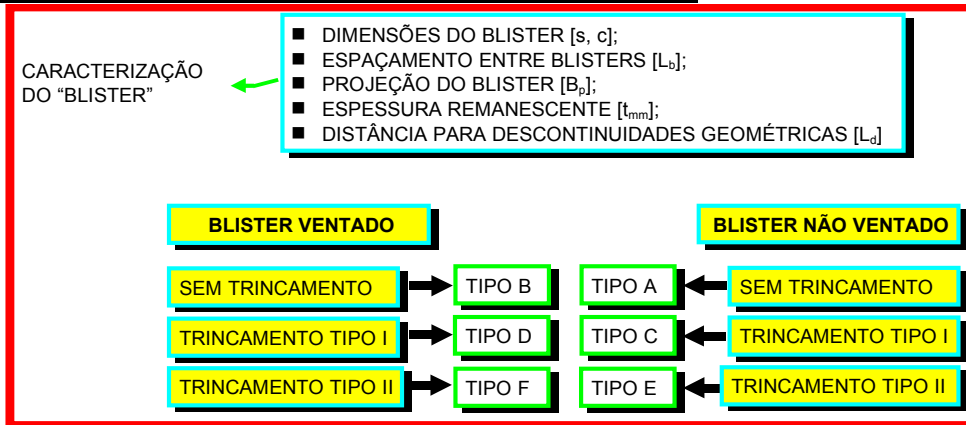
- g) A distância entre extremidades de defeitos adjacentes atendem aos critérios de interação entre defeitos. Caso contrário, o defeito equivalente deve ser o analisado.
- h) Não é detectado trincamento na periferia do blister propagando na direção contrária ao lado do "bulge".
- i) Para o caso de blisters não ventados, a corrente de permeação do hidrogênio gerado deverá ser inferior a  $1,0 \mu\text{A}/\text{cm}$  para garantia de uma taxa de propagação reduzida para a descontinuidade.

"Blisters" que atendam a todos os critérios acima podem ser mantidos sem a necessidade de reparo e acompanhados em inspeções futuras.

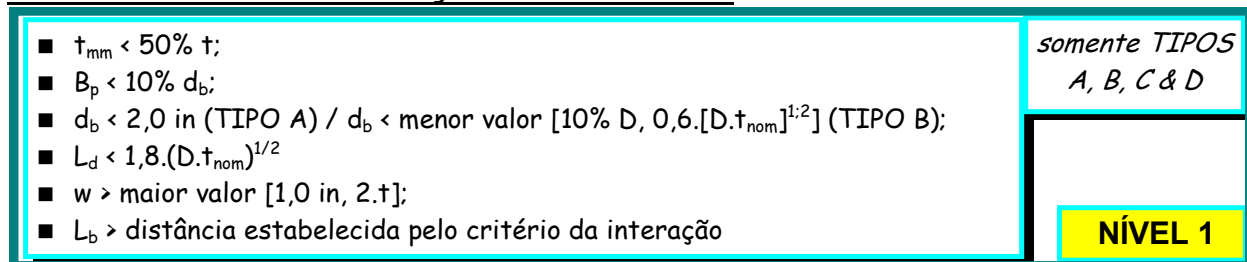


Fluxogramas são apresentados a seguir com as etapas necessárias para avaliação dos defeitos.

### FLUXOGRAMA DE CARACTERIZAÇÃO DE BLISTERS

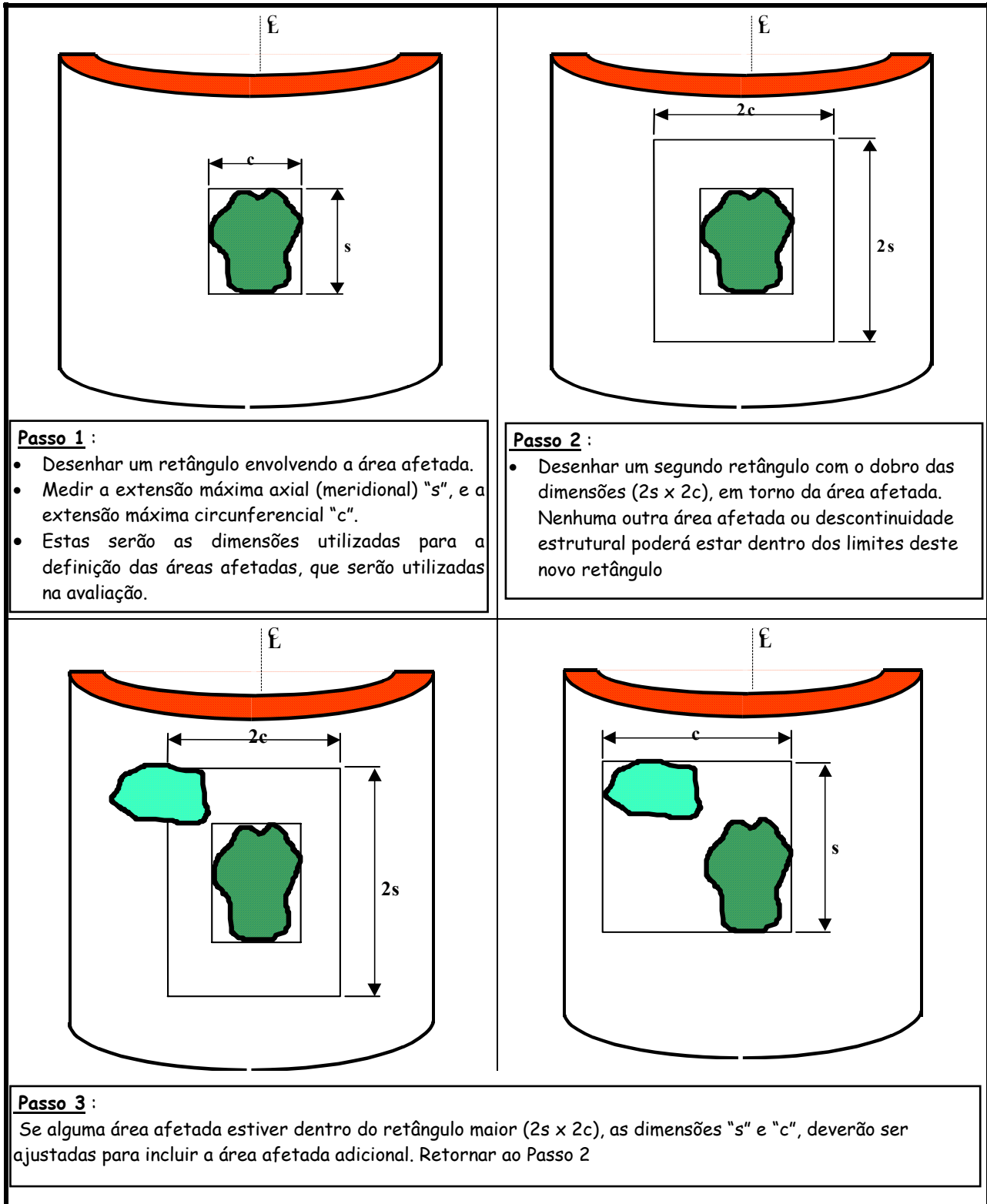


### FLUXOGRAMA DE AVALIAÇÃO DE BLISTERS



## 2.4 - CRITÉRIO DE INTERAÇÃO ENTRE DESCONTINUIDADES

A interação entre descontinuidades, que podem ser áreas comprometidas por um trincamento em degraus ou a proximidade entre blisters, deverá ser realizada conforme procedimento a seguir.



**Exemplo 1** : BLISTER - TIPOS A ou C - localizado próxima à superfície interna da chapa

"Blister" mapeado em costado cilíndrico, localizado em região distante de descontinuidades geométricas e cordões de solda.

*Dimensões do equipamento* : Diâmetro interno = 2.500,00 mm  
 Espessura nominal = 16,0 mm  
 Eficiência de Junta = 1,0

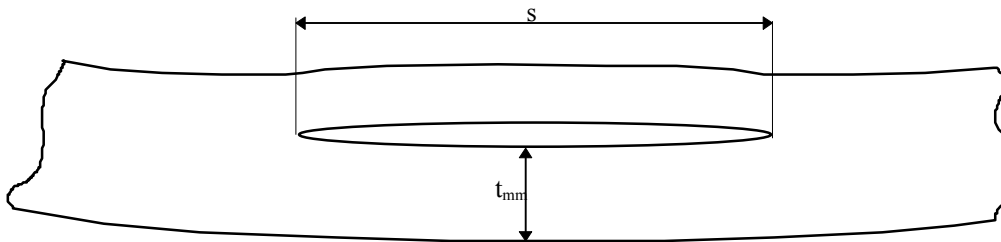
*Material* : SA-285 Gr.C  
 $S_{adm} = 970,0 \text{ Kgf/cm}^2$   
 $\sigma_{ys} = 30.000,0 \text{ psi} = 2.109,7 \text{ Kgf/cm}^2$   
 $\sigma_r = 55.000,0 \text{ psi} = 3.867,8 \text{ Kgf/cm}^2$

*Condições de Operação do Equipamento* :

Pressão interna máxima de operação = 8,0 Kgf/cm<sup>2</sup>  
 Temperatura de Operação = 45,0 °C

*Resultados do END* :

Região associada a deformação visível, caracterizada como "blister" localizado a 6,0 mm da superfície interna da chapa, com dimensões limites de 120,0 mm na direção longitudinal x 80,0 mm na direção circunferencial, sem a ocorrência de trincas associadas. "Blister" classificado como do Tipo A. A projeção máxima do blister foi avaliada como inferior a 10% da maior dimensão do blister.



### AVALIAÇÃO NÍVEL 1

- $t_{mm} > 50\%$  de  $t = 8,0 \text{ mm}$  OK!
- $B_p < 10\%$  de  $s = 12,0 \text{ mm}$  OK!
- Blisters não ventados com diâmetro  $> 2,0 \text{ in}$  Não
- Conforme enunciado, o blister está afastado de descontinuidades geométricas.

*O blister não é aceitável pelo Nível 1 de avaliação.*

**Exemplo 2 : BLISTER - TIPO B ou TIPO D (Ventado para a superfície interna)**

"Blister" mapeado em costado cilíndrico, localizado em região distante de descontinuidades geométricas e cordões de solda.

*Dimensões do equipamento :* Diâmetro interno = 2.000,00 mm  
Espessura nominal = 12,5 mm

*Material :* SA-516 Gr.70

$$S_{adm} = 1.230,0 \text{ Kgf/cm}^2$$

$$\sigma_{ys} = 38.000,0 \text{ psi} = 2.672,0 \text{ Kgf/cm}^2$$

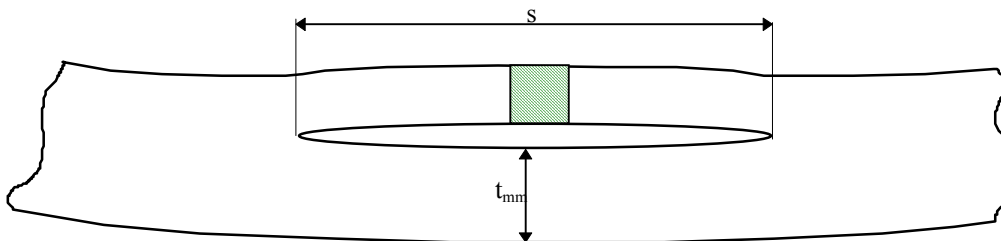
$$\sigma_r = 70.000,0 \text{ psi} = 4.923,0 \text{ Kgf/cm}^2$$

*Condições de Operação do Equipamento :*

$$\text{Pressão interna máxima admissível} = 10,0 \text{ Kgf/cm}^2$$

*Resultados do END :*

Região associada a deformação visível, caracterizada como "blister" localizado a 5,0 mm da superfície interna da chapa, com dimensões limites de 60,0 mm na direção longitudinal x 78,0 mm na direção circunferencial, sem a ocorrência de trincas associadas. "Blister" classificado como do Tipo B. A projeção máxima do blister foi avaliada como 3,0 mm.

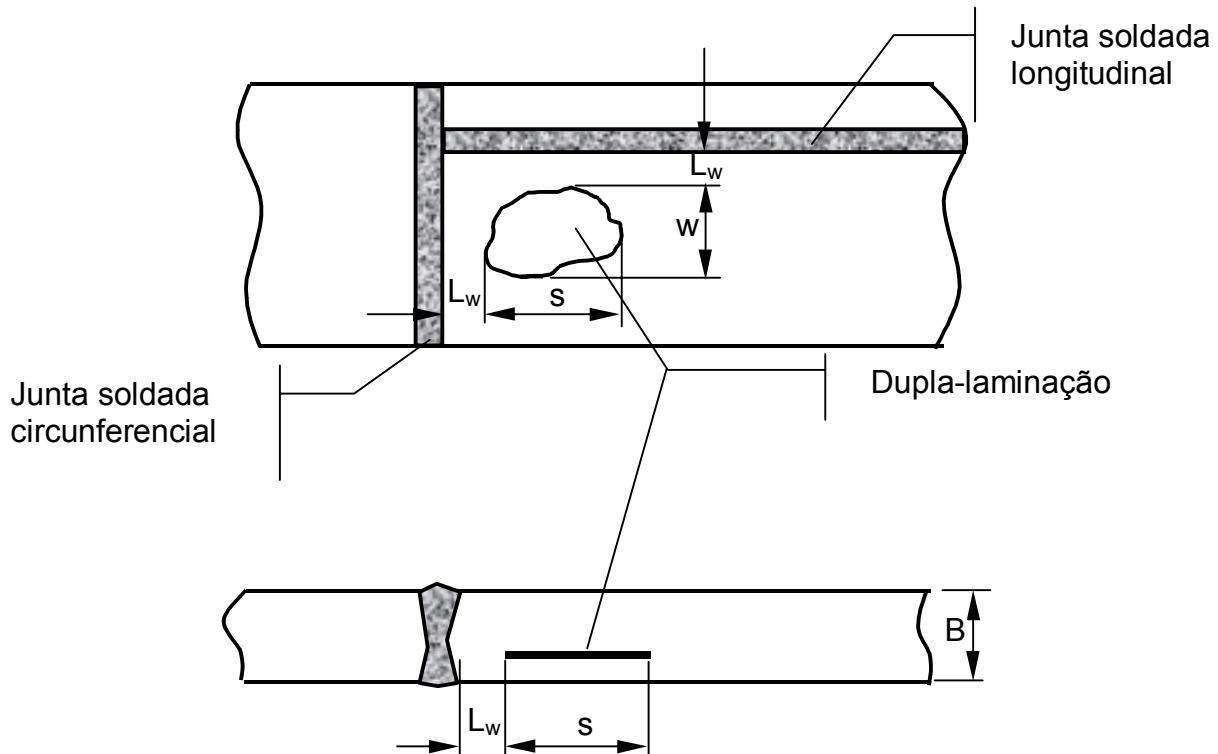
**AVALIAÇÃO NÍVEL 1**

- $t_{mm} > 50\%$  de  $t = 6,25 \text{ mm}$  Ok!
- $B_p = 3,0 \text{ mm} < 10\%$  de  $s = 30,0 \text{ mm}$  Ok!
- Blisters ventados com diâmetro  $< 0,6 \cdot [D \cdot t_{nom}]^{0,5} = 79,0 \text{ mm}$  Ok!
- Conforme enunciado, o blister está afastado de descontinuidades geométricas.

O blister é aceitável pelo Nível 1 de avaliação.

### 3 - DESCONTINUIDADES CARACTERIZADAS COMO DUPLA-LAMINAÇÃO

Descontinuidades no metal de base oriundas do processo de fabricação do material do equipamento, denominadas como "dupla-laminação" devem ser caracterizadas conforme figura a seguir.



#### - Caracterização de dupla-laminação no equipamento

A dimensão característica da dupla-laminação ( $d_{dl}$ ) corresponde ao maior valor entre  $s$  e  $w$ .

#### - Critérios de aceitação

Para a aceitação da dupla-laminação no metal base do equipamento, devem ser obedecidos todos os seguintes critérios:

- A distância entre os limites da dupla-laminação e as soldas circunferencial ou longitudinal,  $L_w$  deverá ser maior que 25,4 mm ou duas vezes a espessura do tubo ( $2B$ ), o que for maior;
- O diâmetro característico da dupla-laminação,  $d_{dl}$  deverá ser inferior a 50,8 mm;
- Os carregamentos predominantes são pressão interna e/ou pressão externa;
- O equipamento não está submetido a serviços cíclicos severos ou carregamento de hidrogênio.

Duplas-laminações que não atendam aos limites definidos devem ser acompanhadas e inspecionadas para a presença de trincas transversais.

