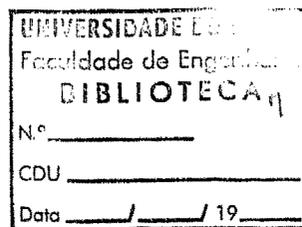


Faculdade de Engenharia Universidade do Porto
Departamento de Engenharia Metalúrgica e Materiais

Relatório de estágio

Garantia da Qualidade na Empresa Metalúrgica Progresso



Julho 1998

Orientado por:
Eng^a. Laura Ribeiro

Realizado por:
Celeste Neves

Índice

	Pág
1 – Objectivos e planificação do estágio	1
2 – Apresentação da empresa	2
2.1 – Organização	3
2.2 – História da empresa	4
2.3 – Fluxogramas	6
2.3.1 – Diagrama Geral – Lançamento de Novos Produtos	6
2.3.2 – Tratamento de Não Conformidades	7
2.3.3 Tratamento de Reclamações	8
3 – Ensaaios não-destrutivos	9
3.1 – Inspeção visual	10
3.1.1 – Critérios de aceitação	12
3.2– Líquidos Penetrantes	15
3.2.1 – Introdução	15
3.2.2 – Fundamentos	15
3.2.3 – Noções sobre Capilaridade	16
3.2.4 – Equipamento	20
3.2.5 – Penetrantes	22
3.2.5.1 – Características físicas e químicas	28
3.2.5.2 – Processo operativo	32
3.2.5.3 – Preparação da superfície	36
3.2.5.4 – Aplicação do penetrante	39
3.2.5.5 – Remoção do penetrante	42
3.2.5.6 – Aplicação revelador/revelação	43
3.2.5.7 – Inspeção e interpretação	43
3.2.5.8 – Limpeza final	44
3.2.6 - Vantagens e desvantagens do método	53
3.2.7 – Critérios de aceitação rejeição	54
3.3 – Raios-X	56

3.3.1 – Introdução	56
3.3.2 – Técnicas radiográficas	69
3.3.3 – Relação entre o contraste e a energia da fonte de radiação	76
3.3.4 – Degradação da intensidade de radiação com a distância	77
3.3.5 – Interpretação radiográfica	80
3.3.6 – Protecção contra radiações ionizantes	83
3.3.7 – Critérios de aceitação	84
3.4 – Ensaios hidráulicos	86
3.4.1 – Critérios de aceitação	86
4 – Procedimentos de execução dos ensaios não-destrutivos	88
5 – Plano Inspeção e Ensaio	89
6 – Elaboração do procedimento interno de verificação do equipamento de raios-X	90
7 – Sistema de garantia da qualidade implementado na produção das garrafas	92
7.1 – Inspeção e Ensaios de Recepção	92
7.2 – Inspeção e Ensaios em Curso de Produção	92
7.3 – Inspeções e Ensaios Finais	93
7.3.1 – Recolha de amostra para Aprovação do Lote	93
7.4 – Descrição dos Ensaios para aprovação do Lote	94
7.4.1 – Ensaios destrutivos	94
7.4.1.1 – Ensaios Mecânicos	98
7.4.1.1.1 – Ensaios de tracção	98
7.4.1.1.1.1 – Critérios de aceitação	101
7.4.1.1.2 – Ensaios de dobragem	102
7.4.1.1.2.1 – Critérios de Aceitação	102
7.4.1.2 – Ensaios de rebentamento	104
7.4.1.2.1 – Ensaio de elasticidade	104
7.4.1.2.1.1 – Critérios de aceitação	104

7.4.1.2.2 – Ensaio de rebentamento sob pressão	105
7.4.1.2.2.1 – Critérios de aceitação	106
7.4.1.2.3 – Ensaio sistemático	106
7.4.1.2.3.1 – Critérios de Aceitação	106
7.4.1.2.4 – Avaliação estatística dos resultados obtidos nos ensaios de rotura	107
7.5 – Execução dos ensaios destrutivos	109
7.6 – Ensaio não-destrutivos	110
7.6.1 – Ensaio radiográfico	110
7.6.1 – Critérios de Aceitação	110
7.6.2 – Exame macroscópico	111
7.6.2.1 – Critérios de Aceitação	111
7.6.3 – Exame do aspecto exterior da soldadura	111
7.6.3.1 – Critérios de Aceitação	112
7.7 – Inspeções finais para aprovação do lote	112
7.7.1 – Inspeção visual e dimensional	112
8 – Elaboração de uma folha de cálculo para registo de resultados e elaboração de relatórios	114
9 – Desenvolvimento de procedimentos sobre alguns itens da Norma ISO 9002	115
10 – Conclusões	116
Bibliografia	117

1 – Objectivos e planificação do estágio

A realização deste estágio teve a orientação preciosa do Engenheiro Jorge Silva, pela parte da Metalúrgica Progresso e pela Engenheira Laura Ribeiro por parte da Faculdade de Engenharia Universidade do Porto.

A planificação do estágio está de acordo com o quadro seguinte:

Actividades	Março	Abril	Maio	Junho
Integração na empresa (tomar conhecimentos dos Manuais da Qualidade e Procedimentos)	█			
Ensaio não destrutivo (Rx; líquidos penetrantes e hidráulicos – Fábrica 3 -)		█		
Estudo dos princípios teóricos e dos critérios de aceitação	█	█		
Realização dos ensaios		█		
Elaboração do procedimento interno sobre verificação do equipamento de Rx		█		
Ensaio destrutivo – Fábrica das garrafas			█	
Estudos dos princípios teóricos e dos critérios de aceitação de lotes			█	
Elaboração de folha de cálculo para registo de resultados e elaboração de relatórios			█	
Desenvolvimento de procedimentos sobre alguns itens da norma ISO 9002				█

Os objectivos do estágio estão de acordo com o cumprimento dos pontos estabelecidos no quadro anterior.

2 - Apresentação da empresa

A Metalúrgica Progresso de Vale de Cambra, Lda. desenvolve a sua actividade no âmbito da metalo-mecânica, dominando uma gama de produtos, particularmente no que se refere a:

Equipamentos para armazenagem de líquidos alimentares:

- Silo de armazenagem isotérmicos;
- Reservatório vertical isotérmicos;
- Reservatório de tratamento;
- Cuba de fabrico de queijo;
- Cisterna para transporte de leite;
- Reservatório de fermentação;
- Reservatório de armazenagem;
- Bombas centrífugas autoaspirantes e autoferrantes;
- Mesa de acumulação;
- Tapetes transportadores;
- Tegão;
- Contentores;
- Sem fim evacuador de massas prensadas;
- Desvinhador;
- Placas de refrigeração;
- Enchedora;
- Lavadora caixa;
- Lavadora exterior;
- Tinas / tubagens;
- Contentor transporte massas;
- Carbonatação (pressurizado);
- Preparação / adição de betonites.

Equipamentos para armazenagem de produtos gasosos derivados do petróleo;

- Reservatórios para GPL (aéreos/subterrâneos);
- Colunas;
- Permutadores;
- Reservatórios sem pressão;

Equipamentos para armazenamento e transporte de gás:

- Garrafas para GPL

Equipamentos para automação:

- Quadros eléctricos;

2.1 - Organização

O crescimento da Progresso tem sido rápido, passando de um volume de facturação de 60 mil contos, em 1977, de 700 mil contos em 1982, para 3,5 milhões de contos em 1997.

Actualmente tem um número total de trabalhadores de 460.

Tem uma área total de 88 000 m² dos quais 30 000 m² são de área coberta.

Em termos de organização a empresa tem uma administração que é composta por dois sócios gerentes, uma direcção geral e sete direcções conforme o organigrama geral (ver anexo 1).

2.2 – História da empresa

A Metalúrgica Progresso de Vale de Cambra, Lda., fundada em 1953 sob o nome de Auto-Mecânica Progresso, Lda., com um capital social de 30 contos, dedicou-se, numa primeira fase, à construção de máquinas para a indústria de madeiras.

Em 1958 aumentou o capital social para 200 contos e, já com o actual nome de Metalúrgica Progresso de Vale de Cambra, Lda. adquiriu instalações próprias (designada actualmente por Fabrica 1. com 5850 m²).

Deu-se início a uma fase de crescimento a todos os níveis: aumento de pessoal, ampliação dos espaços, renovação do parque de máquinas e introdução de novas tecnologias. Excluiu, entretanto o fabrico de máquinas para a indústria das madeiras e dedicou-se ao fabrico de equipamentos para a indústria de lacticínios e indústrias tradicionais, naquela altura em fase de expansão.

No início dos anos 70 a Metalúrgica Progresso diversificou a sua actividade. Para além dos lacticínios passou a fornecer outros sectores da indústria alimentar, como bebidas e também as indústrias farmacêutica, química e petroquímica.

Ampliou as suas instalações e, em meados da década 80, põe em funcionamento a fábrica 2 (actualmente com uma área coberta de 6400 m²). Começou a fabricar equipamentos para linhas de engarrafamento de média e alta capacidade, cisternas especiais para o transporte de líquidos, materiais pulverulentos, granulados e gases liquefeitos.

Paralelamente, desenvolveu a formação dos seus quadros técnicos tendo visto coroado este esforço de aperfeiçoamento fabril e tecnológico através da preferência demonstrada pelos seus clientes na

substituição dos equipamentos importados por bens de fabrico nacional o que contribuiu decididamente para a conquista de novos mercados.

Entretanto, e com o objectivo de completar a sua gama de fabrico, celebra contratos de representação com formas da especialidade ficando a fornecer instalações completas destinadas ao tratamento e transformação de leite e ao tratamento de vinhos.

Em 1982 transferiu a sua produção para as novas instalações (Fábrica 3) tendo simultaneamente criado um Centro de Formação Profissional em colaboração com o Ministério do Trabalho e da Educação para a preparação e especialização técnica de torneiros, frezadores, electricistas, soldadores, desenhadores e serralheiros.

Em 1986 iniciou a produção de garrafas para a GPL, utilizando para isso as instalações da Fábrica 2, tendo neste mesmo ano aumentado o seu capital social para 270.000 contos.

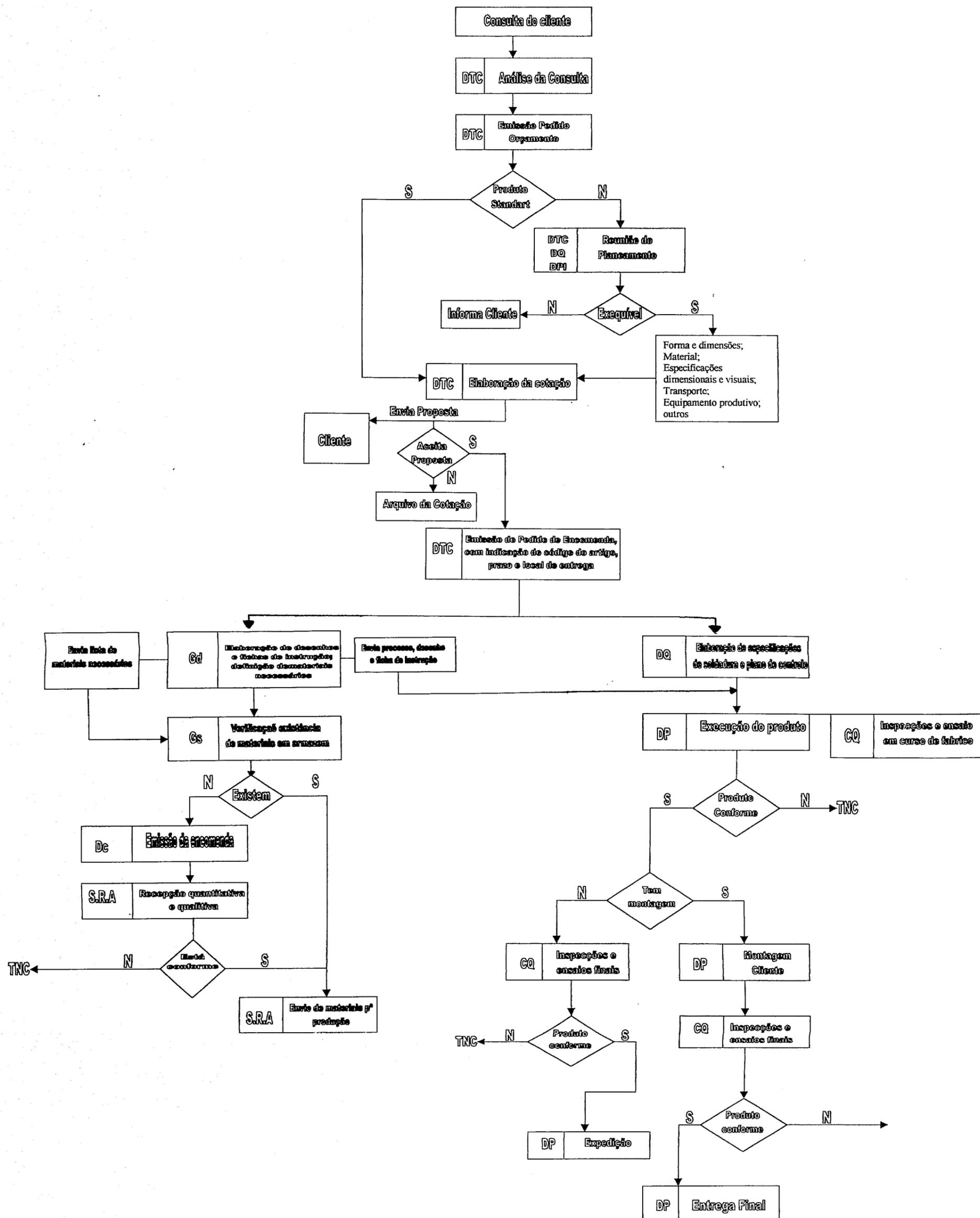
Todo este crescimento e diversidade de produtos obrigou a Metalúrgica Progresso a iniciar um programa de Garantia da Qualidade por forma a satisfazer as exigências das normas aplicáveis aos produtos assim como as exigências em termos de qualidade e preço por parte do mercado.

Actualmente a empresa tem implementado um sistema de Garantia de Qualidade que satisfaz os requisitos da norma NP EN ISO 9002 e mantendo-se certificado pelo Instituto Português da Qualidade com o N° 92 – CEP 33.

Pela estrutura cada vez mais aperfeiçoada e contactos internacionais que mantém, a Progresso encontra-se na primeira linha das empresas portuguesas viradas para mercados da Europa, Países Africanos, América Latina e Médio Oriente.

2.3 – Fluxogramas

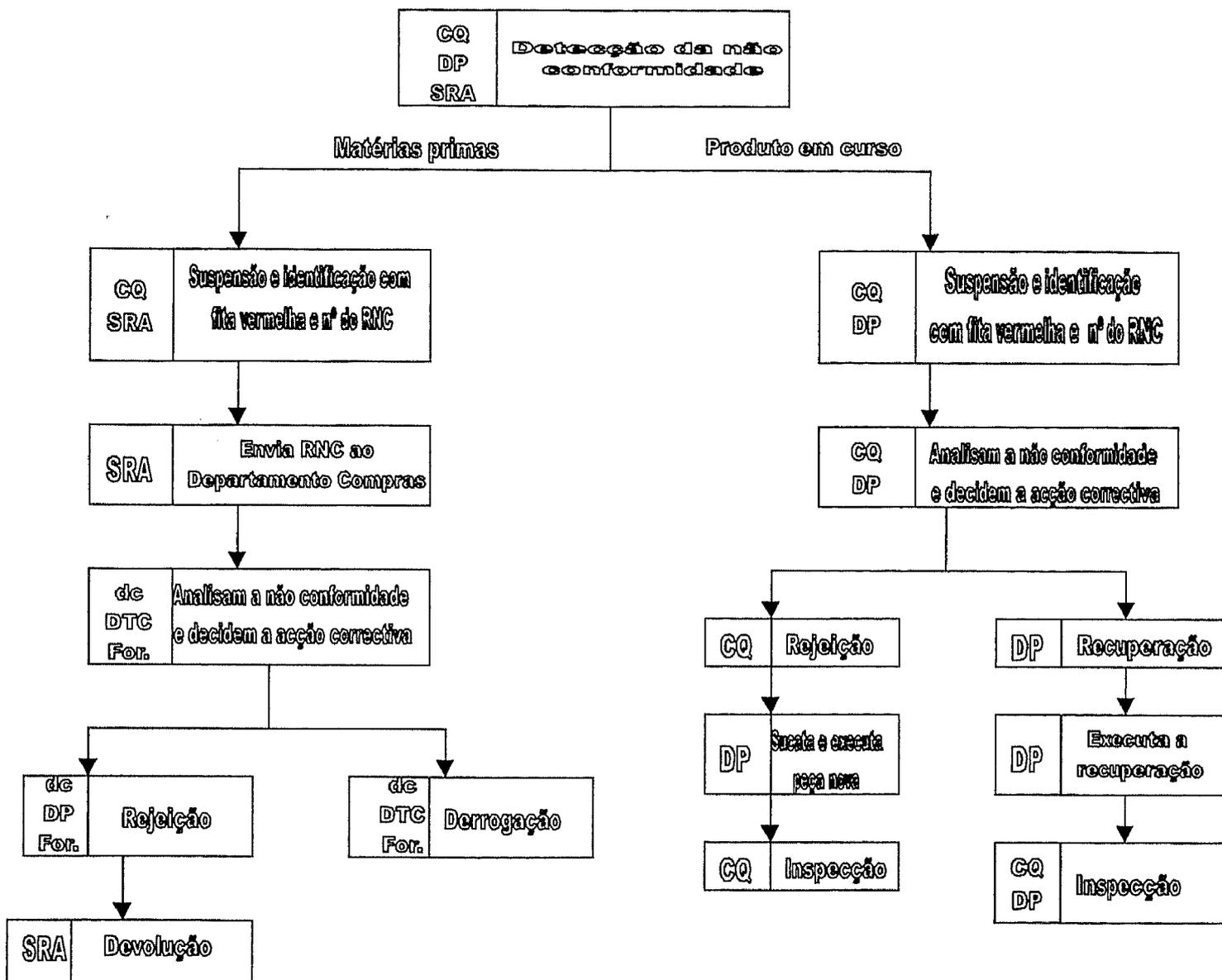
2.3.1 - Diagrama Geral – Lançamento de Novos Produtos



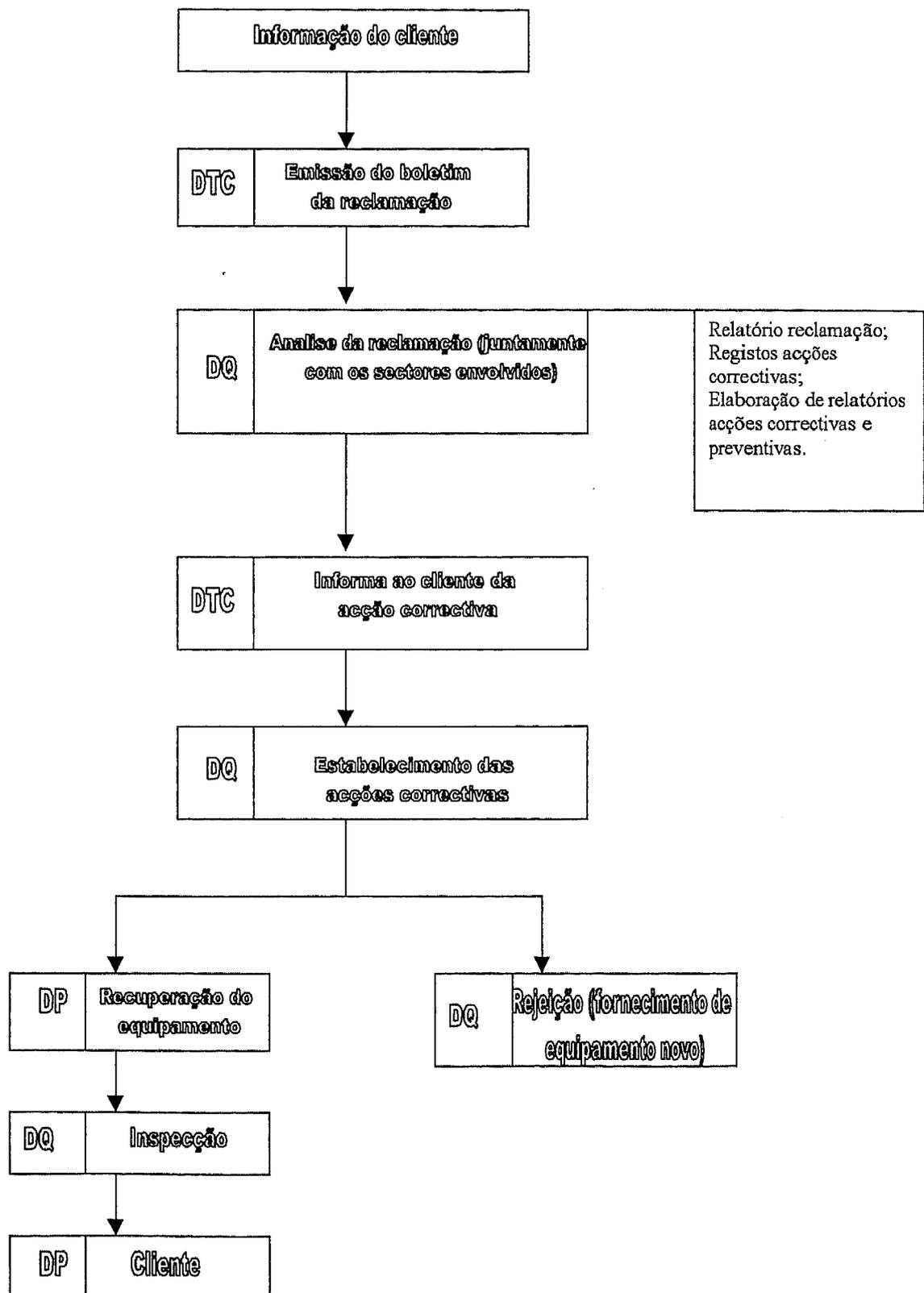
Legenda:

- DTC – Direcção Técnico Comercial
- DQ – Direcção da Qualidade
- DP – Direcção da Produção
- Gd – Gabinete de desenho
- Gs – Gestão de stocks
- CQ – Controlo da Qualidade
- S.R.A – Serviço de Recepção e Armazenagem
- Dc – Departamento de Compras
- For. – Fornecedor
- TNC – Tratamento de Não Conformidades
- TR – Tratamento de Reclamações

2.3.2 - Tratamento das Não Conformidades (TNC)



2.3.3 - Tratamento das Reclamações (TR)



3 - Ensaio não-destrutivos

Uma das componentes da avaliação da qualidade de um produto consiste em submetê-lo a ensaios.

A metrologia pode ser definida como o ramo da técnica que se ocupa da definição de padrões de medida e da tecnologia da medição [1].

Realizam-se então os ensaios metrológicos, quando se pretende, verificar as dimensões ou, por exemplo, o peso de um determinado produto. Os ensaios físico-químicos realizam-se para determinar características ou propriedades do material. Podem realizar-se também ensaios funcionais para avaliar o comportamento do produto em condições próximas das condições de serviço (por exemplo sujeitar um reservatório a um ensaio de pressão constitui um ensaio funcional).

Os ensaios que exigem a destruição das peças são designados de ensaios destrutivos, designando-se por não-destrutivos os ensaios em que após a realização do mesmo as peças permanecem intactas [2].

Os ensaios não-destrutivos podem classificar-se em função da respectiva aplicação [2]:

- detecção de defeitos;
- caracterização de materiais;

ou em função dos princípios físicos associados:

- ondas electromagnéticas;
- ondas acústicas;
- emissão de radiação;
- outros (absorção, capilariedade, etc.).

Podem classificar-se também em função da capacidade de detecção, em:

- ensaios volumétricos - permitem avaliar todo o volume da peça (raios-X, Ultra-sons e correntes induzidas)
- ensaios subsuperficiais - permitem avaliar parte da peça (partículas magnéticas):
- ensaios superficiais - permitem avaliar apenas a superfície da peça (líquidos penetrantes).

3.1 – Inspeção visual

A inspeção visual é útil na verificação de:

- conformidade dimensional;
- rugosidade e limpeza;
- existência de faltas de enchimento ou fendas após soldadura.

A inspeção visual utiliza-se, quer isoladamente, quer em conjunto com os restantes métodos de ensaio não destrutivo, sendo, igualmente, objecto de registo todas as observações efectuadas [2].

Por mais complexos que sejam os ensaios a realizar a um determinado produto, a avaliação da qualidade inicia-se sempre por uma inspeção visual. Situações há em que a peça é de imediato rejeitada não chegando, portanto, a realizar-se os ensaios subsequentes. O princípio em que se baseia a inspeção visual é muito simples, consistindo apenas em inspeccionar o produto devidamente iluminado com uma fonte de luz. A inspeção pode ser realizada através da observação directa, quer utilizando equipamentos auxiliares

como lupas e espelhos quando se pretende aumentar a dimensão dos aspectos das discontinuidades a observar.

Tratando-se de peças de reduzidas dimensões podem utilizar-se projectores de perfis.

Quando o objectivo é a inspecção das paredes interiores de uma peça (tubos ou reservatórios) pode-se utilizar endoscópios (ver na figura 1).

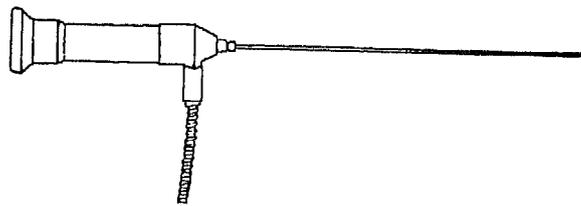


Figura 1 – Endoscópio [2].

O endoscópio é um aparelho constituído por um tubo, rígido ou flexível, com um sistema óptico incorporado que permite inspecionar superfícies interiores de um produto que pode ter dimensões inferiores a 2 milímetros.

Este ensaio não-destrutivo está regulamentado em normas como é o caso da norma BS 5500 1982, relativa à inspecção visual de reservatórios sob pressão, refere, para além dos métodos de ensaio a aplicar, que, a inspecção visual deve acompanhar todos os ensaios não destrutivos e que deve constar dos registos efectuados. O código ASME (Secção XI) contém também os requisitos para a inspecção visual dos reservatórios.

3.1.1 - Critérios de aceitação

Se algum defeito não permitido estiver em 10 % da amostragem, inspeccionar o comprimento total de acordo com a tabela 1, caso não se verifique os valores nesta tabela aplicar a tabela 2 [7].

Se não há defeitos não-permitidos mas a amostra contém defeitos que excedem os limites máximos mencionados na tabela 1, são efectuadas duas amostragens ao acaso na soldadura. Estas amostragens devem estar de acordo com a tabela 1.

A tabela 1 mostra os níveis aceitáveis para os ensaios visuais e determina que [7]:

Tabela I - Níveis de aceitação

Tipo de defeito		Máximo permitido		
Defeitos planos	Fissuras e folheamento	Não é permitido		
	Falta de fusão na raiz	Não é permitido		
	Falta de fusão lateral	Não é permitido		
	Falta de fusão entre passes	Não é permitido		
	Falta de penetração na raiz	Não é permitido		
Cavidades	a) Poros isolados	$\varnothing \leq e/4$ $\varnothing 3.0$ mm para e até 50 mm $\varnothing 4.5$ mm para e acima 50 mm até 75 mm $\varnothing 6.0$ mm para e acima de 75 mm		
	b) Porosidade localizada ou uniformidade distribuída	2 % em área para $e \leq 50$ mm		
	c) Porosidade linear	Somente se associado a falta de fusão ou a falta de penetração (não é permitido) não deverá ser tratado como poros individuais num grupo.		
	d) Poros verniculares	$l \leq 6$ mm, $w \leq 1.5$ mm		
	e) Poros alinhados	Como porosidade linear		
	f) Caracteres	Como poros isolados		
Inclusões sólidas	Inclusões de escória	a) Individuais e paralelos ao maior eixo de soldadura Nota: têm de estar separadas por uma distância igual ou superior que o comprimento da maior inclusão e o somatório dos comprimentos das inclusões não pode exceder o comprimento total da soldadura	Soldadura principal topo a topo $l = e \leq 100$ mm w ou $h = e/10 \leq 4$ mm	Tubuladuras e acessórios soldados No interior a $1/4$ da secção transversal w ou $h = e/4 \leq 4$ mm $l = c/4 \leq 100$ m
		b) Individuais e com orientação ao acaso (não paralela ao eixo da soldadura)	Como poros isolados	
		c) Grupo não linear	Como porosidade localizada	
Inclusões sólidas	Inclusões de Tungsténio	a) Isoladas	Como poros isolados	
		b) Agrupadas	Como porosidade localizada ou distribuída uniformemente	
		c) Inclusões de cobre	Não é permitido	
Forma dos defeitos	Mordeduras	A profundidade não deve exceder aproximadamente 0.5 mm		
	Rechupe e abatimento da raiz	Como para a mordedura a profundidade não deve exceder 1.5 mm		
	Excesso de penetração	$h \leq 3$ mm, ocasionalmente ligeiros excessos são permitidos		
	Reforço	O reforço deve estar bem disfarçado com o metal base não sendo normalmente necessário rebarbagem. Desde que a forma geométrica não interfira com as técnicas especificadas para os ensaios não-destrutivos		
	Sobreespessura	Não é permitido		

* área a ser considerada deve ser o comprimento da soldadura afectada pela porosidade multiplicada pela largura da soldadura nesse local.

e - é a espessura do metal base. Em caso de diferentes espessuras e aplica-se ao componente mais fino; w - largura do defeito; l - comprimento do defeito; h - altura do defeito; \varnothing - diâmetro do defeito; c - comprimento médio da soldadura nesse local

A tabela 2 mostra os segundos níveis de aceitação para os ensaios visuais [7].

Tabela 2 – Níveis de aceitação

Nota: os símbolos são definidos como na tabela 1

Tipo de defeito	Máximo permitido		
a) poros isolados (ou poros individuais em grupo) b) porosidade localizada ou distribuição uniforme	$\emptyset \leq e/4 \leq 6$ mm 2% para área		
a) inclusões de escória, individuais e paralelas às linhas de soldadura	Soldadura topo a topo principais	$l = 2e$ w ou $h = e/4 \leq 4$ mm	
	Tubuladuras acessórios soldados	No interior, a meio da secção transversal W ou $h = e/2 \leq 4$ mm $l \leq c/2 \leq 100$ mm	$\frac{1}{4}$ da secção transversal w ou $h = e/4 \leq 4$ mm $l \leq c/4 \leq 100$ mm
b) grupo não-linear escória ou tungsténio	4 % para área		

* área a ser considerada deve ser o comprimento da soldadura afectada pela porosidade multiplicada pela largura da soldadura nesse local.

Reparação das soldaduras

Não será feita nenhuma reparação sem aprovação das autoridades de inspecção.

Os defeitos não aceitáveis deverão ser reparados ou então não acompanham estes padrões standart. As reparações das soldaduras serão efectuadas sob procedimentos de soldadura aprovados e submetidas aos mesmos critérios de aceitação do trabalho original.

3.2 - Líquidos penetrantes

3.2.1 - Introdução

O método dos líquidos penetrantes usado na inspeção e controle dos materiais magnéticos como para os não-magnéticos é hoje, sem dúvida, um dos métodos não destrutivos mais importantes [3].

A origem do método de inspeção por líquidos penetrantes remonta ao século passado, em que as peças a inspeccionar eram mergulhadas em óleo mineral durante algum tempo e, após secagem, eram cobertas com talco; o aparecimento de manchas de óleo à superfície revelava a existência de descontinuidades. No entanto, esta técnica rudimentar, não revelava descontinuidades de pequena dimensão (por exemplo, fissuras provocadas por fadiga), pelo que foi necessário desenvolver materiais e técnicas de aplicação específicas para cada utilização. Com a finalidade de tornar o método dos líquidos penetrantes sensível e económico [2, 4, 5].

3.2.2 - Fundamentos

O método de líquidos penetrantes utiliza-se tanto em materiais metálicos, magnéticos, como em ligas de alumínio, de magnésio, bronze, latão, plásticos, vidros ou cerâmicos; em materiais forjados ou vazados [2].

O método de ensaio não destrutivo por líquidos penetrantes aplica-se na detecção de descontinuidades abertas à superfície em materiais sólidos não porosos. Este método permite detectar descontinuidades, visíveis à vista desarmada ou microscópicas.

O ensaio baseia-se na utilização de um líquido - penetrante - que é aplicado sobre a superfície previamente limpa da peça a inspeccionar e que por capilaridade preenche as descontinuidades existentes na superfície. A capilaridade, ou as forças capilares, caracterizam a aptidão de um líquido, em contacto com um sólido, em se deslocar em relação a este sólido [2, 3].

O líquido penetrante permanece algum tempo na superfície da peça sendo removido a parte excedente. A aplicação posterior de um produto absorvente - revelador - que funciona como mata-borrão, aumenta a visibilidade dos defeitos [2].

3.2.3 - Noções sobre capilaridade

O fenómeno da capilaridade é dos mais correntes da natureza. As forças intervenientes dependem de um certo número de parâmetros, tais como a tensão superficial e a viscosidade do líquido [3].

A facilidade de um líquido entrar numa cavidade é função da acção capilar. Este efeito pode ser ilustrado invertendo um tubo de pequeno diâmetro num reservatório com líquido. O líquido subirá no tubo até ser atingido o equilíbrio entre a pressão capilar e a pressão atmosférica como mostra a figura 2 [4].

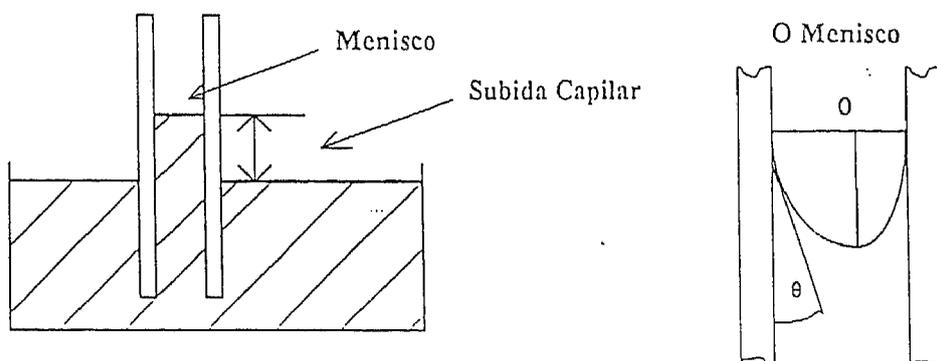


Figura 2 – Mecanismo acção capilar [4].

A pressão capilar é dada por:

$$P = \frac{2.S \cos \theta}{D}$$

onde:

P - pressão capilar; S - tensão superficial do líquido; D - diâmetro do tubo; θ - ângulo de contacto

A fórmula mostra que um aumento da tensão superficial ou uma diminuição do ângulo de contacto ou do diâmetro do tubo, fazem aumentar a pressão capilar e portanto a altura do líquido no tubo capilar [4].

É muito significativo que a pressão capilar aumente com a diminuição do diâmetro do tubo. É assim possível que os penetrantes entrem em fissuras com $1,25 \times 10^{-4}$ mm [4].

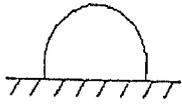
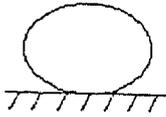
A viscosidade do líquido não entra na equação que define a pressão capilar. A viscosidade, está relacionada com a velocidade a que o líquido sobe ou desce no capilar [4].

A viscosidade em si mesmo, tem um efeito desprezável na capilaridade, e portanto na penetração. No entanto, os líquidos usados no ensaios de líquidos penetrantes não são viscosos devido aos longos períodos de espera que o ensaio exigiria [4].

Molhagem

O ângulo de contacto θ é a medida do poder de molhagem do líquido. A tabela 3 relaciona o ângulo de contacto com o poder de molhagem e a forma da gota [4].

Tabela 3 - Relação do ângulo de molhagem com poder de molhagem e forma da gota.

Ângulo de Contacto	Poder de Molhagem	Forma da Gota
Menor que 90°	Alto	
90°	Moderado	
Maior que 90°	Baixo	

O ângulo de contacto depende das propriedades físicas do líquido e da superfície. No caso da água, o ângulo de contacto aumenta com o engorduramento da superfície [4].

Difusão do ar

O poder de penetração do líquido é também determinado pela difusão do ar aprisionado pelo penetrante. Havendo a difusão do ar, poder-se-á preencher completamente de penetrante uma cavidade [4].

Acção capilar inversa

Após o penetrante encher a cavidade e após se ter removido o excesso de penetrante, surge o efeito da acção capilar inversa expresso na figura 3 [4].

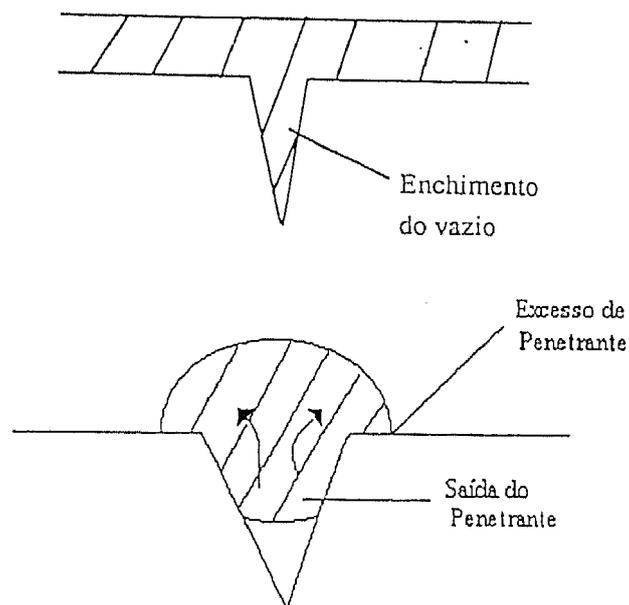


Figura 3 - Acção capilar inversa [4].

A superfície limpa é agora acessível ao penetrante que se espalha, até se atingir um novo equilíbrio entre a pressão atmosférica e a pressão capilar [4].

Este efeito da acção capilar inversa é aumentado se aplicarmos um pó fino à superfície. O pó comporta-se como uma esponja. A pressão capilar inversa aumenta e em condições favoráveis, o pó consegue retirar todo o penetrante da cavidade, como mostra a figura 4 [4].

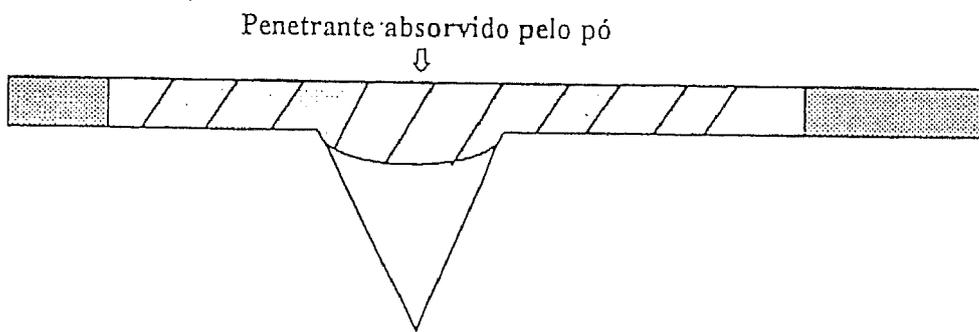


Figura 4 – Penetrante absorvido pelo pó [4].

3.2. 4 - Equipamento

O equipamento necessário para a aplicação do método é dos mais simples e de menor custo quando comparado por exemplo com o equipamento necessário para a inspeção por raios-X ou ultra-sons. Compreende desde as simples embalagens pressurizadas de líquidos penetrantes e revelador e equipamento portátil de inspeção que pode ser automático ou semi-automático ou fixo. Os líquidos penetrantes e revelador podem ser aplicados por pintura (por exemplo na inspeção

de produtos de grandes dimensões ou em trabalhos de campo é usual este tipo de produtos) [2].

A escolha do equipamento mais adequado deve atender a factores como a dimensão e a forma da peça, a quantidade de produtos a inspeccionar e a factores económicos [2, 3].

O equipamento portátil é constituído essencialmente por:

- fonte de luz negra;
- embalagem de agente de limpeza;
- embalagem de líquido penetrante;
- embalagem de revelador não aquoso;
- panos e escovas.

O equipamento fixo é constituído por um posto ou estação correspondendo como mostra a figura 5.

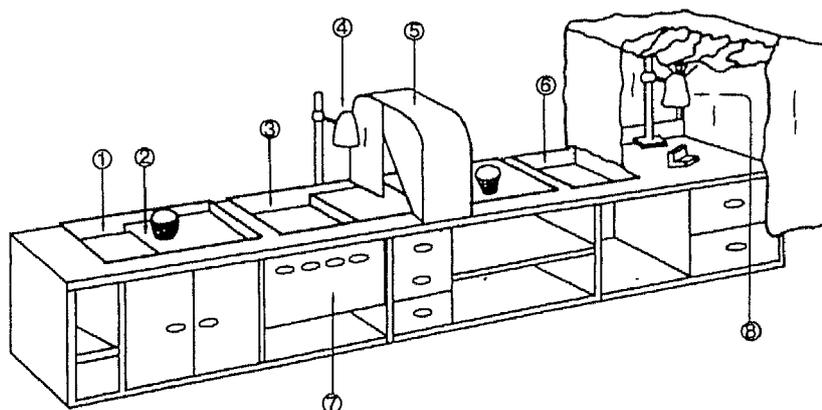


Figura 5 - Disposição usual do equipamento fixo [2, 5].

1-aplicação do penetrante;

- 2-drenagem do penetrante;
- 3-lavagem;
- 4-inspecção com luz ultravioleta;
- 5-secagem;
- 6-revelação;
- 7-painel de comando;
- 8-inspecção.

3.2. 5 - Penetrantes

O tamanho, forma e peso das peças, bem como o número de peças similares a inspeccionar, influenciam a escolha do de penetrantes a utilizar [4].

O grau de sensibilidade e o custo são muitas vezes os factores mais importantes para a sua selecção. Os métodos mais sensíveis são também os mais caros. Apresentam-se de seguida por ordem decrescente de sensibilidade e custo os principais penetrantes utilizados [4]:

- fluorescente - pós emulsificável;
- fluorescente - removível por solvente;
- fluorescente - removível por água;
- visível - pós-emulsificável;
- visível - removível por solvente;
- visível - removível por água.

Normalmente, existem dois critérios para classificar os penetrantes. Um dos critérios classifica os penetrantes de acordo com o tipo de pigmento incorporado, o outro classifica os penetrantes em função do processo de remoção.

De acordo com o tipo de pigmento, os penetrantes são classificados de [2, 4, 5]:

- penetrantes fluorescentes - contêm um pigmento fluorescente. Designam-se por materiais fluorescentes aqueles que na presença de luz negra emitem luz visível. A energia libertada por um material fluorescente apresenta um comprimento de onda de 400 - 700 nm que corresponde ao comprimento de onda de luz visível. Os penetrantes fluorescentes apresentam geralmente uma cor amarelada.

- penetrantes coloridos - contêm geralmente um pigmento vermelho dissolvido num produto orgânico. Os penetrantes coloridos têm a vantagem de não necessitarem de uma fonte luminosa especial.

- penetrantes mistos - tal como o nome indica são uma combinação de penetrantes coloridos e fluorescentes. Apresentam-se vermelhos na presença de luz branca e fluorescentes na presença de luz negra. A combinação destas duas características reduz a intensidade quer da cor vermelha quer da fluorescência quando comparados com os penetrantes coloridos ou com os penetrantes fluorescentes, respectivamente.

O processo de remoção do excesso de penetrante constitui outro critério de classificação [2, 5]:

- penetrantes removíveis com água - são removidos por lavagem com água. A base do penetrante é constituída por um óleo insolúvel em água à qual é adicionado um agente emulsionante, que permite a sua remoção posterior com um jacto de água.

A pressão da água não deve exceder 345 KPa já que uma pressão excessiva pode remover o penetrante retido nas discontinuidades. A temperatura da água deve estar compreendida

entre 15° e 40 °C. O ângulo de incidência do jacto de água deve ser de 45° a 60 °C de modo que a acção mecânica deste seja eficaz. O tempo de remoção deve ser controlado sendo função da rugosidade da superfície da peça [2, 4]

- penetrantes pós-emulsificáveis - este tipo de penetrante não contém nenhum agente emulsionante pelo que não é eliminável por simples lavagem com água. A utilização destes penetrantes pós-emulsificáveis exige uma operação suplementar em que é aplicado um produto emulsionante sobre o penetrante. Este produto reage com o excesso de penetrante transformando-o numa mistura emulsionante que é eliminada por lavagem com água ou com uma mistura de água e detergente.

O emulsificador que pode ser lipófilo ou hidrófilo é aplicado mergulhando a peça ou o conjunto de peças em tanques que contêm o produto. A aplicação por aspersão (spray) não é aconselhável para evitar que a acção mecânica do jacto elimine o penetrante do interior das discontinuidades. O mecanismo de actuação dum emulsificador está esquematizado na figura 6.

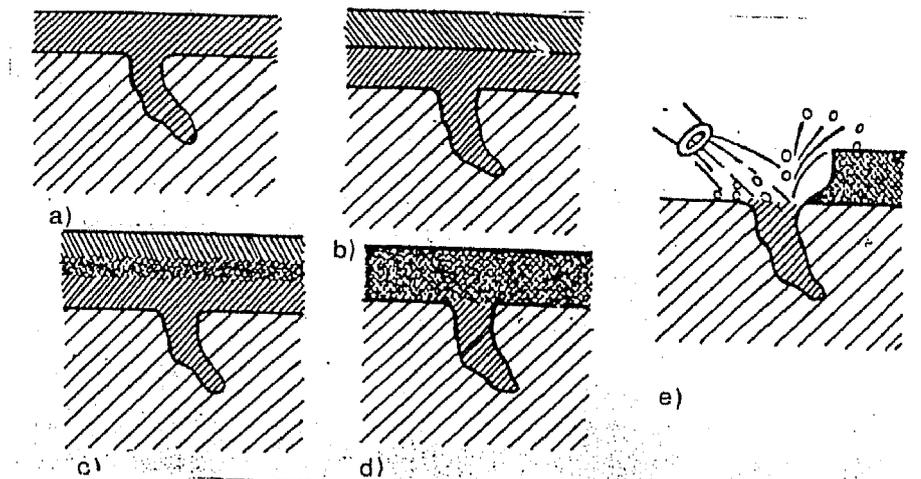


Figura 6 - Actuação do emulsificador lipófilo [2].

a) penetrante aplicado

- b) aplicação do emulsificador
- c) início da mistura
- d) mistura efectuada
- e) lavagem

O tempo de emulsificação é um parâmetro muito importante, já que um tempo curto pode não ser suficiente para formar a emulsão e um tempo excessivo pode originar a mistura do com o penetrante alojado no interior das descontinuidades. Na prática, não se ultrapassa os 5 minutos.

O mecanismo de actuação de um emulsificador hidrófilo aparece na figura 7 é diferente do descrito em relação ao emulsificador lipófilo.

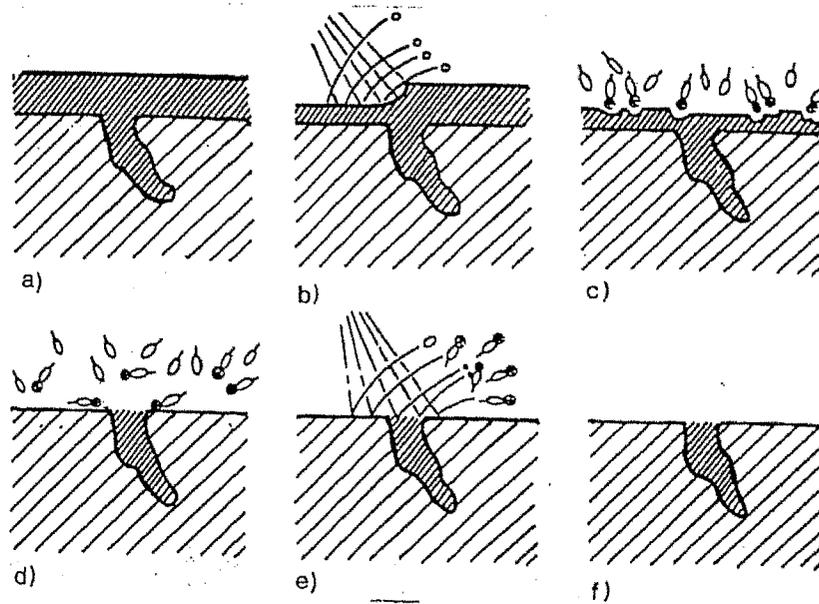


Figura 7 - Actuação do emulsificador hidrófilo [2]

- a) penetrante aplicado
- b) pré-lavagem
- c) início da acção
- d) emulsificador hidrófilo
- e) lavagem
- f) penetrante em excesso removido

O produto surfactante ao ser aplicado remove o excesso de penetrante da superfície e impede-o de se combinar com o penetrante em excesso. O produto surfactante é aplicado por imersão ou por aspersão. A aplicação por imersão é efectuada em tanques e não excede 2 a 3 minutos, dependendo da concentração do banho que é geralmente recomendada pelos fabricantes.

Após a aplicação do emulsificador a peça é lavada em água corrente, para eliminar vestígios de produto que poderão reagir com o revelador. Tratando-se de penetrantes fluorescentes, a lavagem efectua-se na presença da luz negra.

- penetrantes removíveis com solventes - este grupo compreende os penetrantes removíveis com água e os penetrantes pós-emulsificáveis. É utilizado um solvente como meio de lavagem em vez da água.

Os solventes são misturas hidrocarbonetos voláteis, normalmente utilizados na forma de embalagens pressurizados.

Os solventes, tal como o nome indica, actuam por dissolução e diluição do penetrante. O solvente é aplicado embebido em trapos e não por projecção directa sobre a superfície da peça.

A classificação de penetrantes está também regulamentada em normas com é o caso da classificação ASTM E 165 - 80 - Standard Practice For Liquid Penetrant Inspection e que vem resumida na tabela 4:

Tabela 4 - Classificação de penetrantes segundo ASTM E 165 -

80

Método A	Penetrantes Fluorescentes
	Processos de Remoção
Tipo 1	Removíveis com água
Tipo 2	Pós-emulsificáveis
Tipo 3	Removíveis com solventes
Método B	Penetrantes coloridos
	Processos de remoção
Tipo 1	Removíveis com água
Tipo 2	Pós-emulsificáveis
Tipo 3	Removíveis com solventes

A tabela 5 mostra vantagens e desvantagens dos diferentes tipos de penetrantes [4].

Tabela 5 - Vantagens e desvantagens dos diferentes tipos de penetrantes

Penetrante	Vantagens	Limitações
Fluorescente – pós-emulsificável	Mais sensível Localização de pequenos defeitos Pouco tempo de penetração Para produção em série	Requer operação extra emulsificação Caro Luz negra requerida Necessita de fornecimento de água
Fluorescente – removível por solvente	Sensível Inspeção pontual	Mais perigoso (inflamabilidade) Tempo de aplicação
Fluorescente – removível por água	Rápido Relativamente económico Bom para grandes e pequenas peças Bom para superfícies rugosas	Perigo de sobre lavagem Menos sensível Luz negra e água requeridas
Visível - pós-emulsificável	Mais sensível dos visíveis	Mais caros dos visíveis Tempo de ensaio
Visível – removível por solvente	Portátil Sem limites de localização	Deteccões locais ou localizadas
Visível – removível por água	Rápido Simples Barato	Menos sensível Defeitos grandes Necessário água

3.2. 5.1 - Características físicas e químicas

Os penetrantes existentes no mercado resultam de misturas complexas de vários produtos químicos. A formulação de um penetrante atende a um conjunto de propriedades físicas e químicas nem sempre compatíveis [2, 3].

As características mais importantes de um penetrante são [2, 4, 5]:

- viscosidade - apesar de não contribuir directamente para a qualidade do penetrante afecta a velocidade de entrada do líquido na descontinuidade como já referido anteriormente; penetrantes com uma velocidade elevada tendem a aderir à superfície a inspeccionar exigindo um esforço posterior na remoção, penetrantes com

viscosidade muito baixa corre-se no risco dos mesmos se perderem na superfície da peça não chegando a penetrar na descontinuidade.

- ponto de inflamação - quanto mais elevado for o ponto de inflamação, menor será o risco de incêndio na manipulação do penetrante. As especificações impõem pontos de inflamação mínimos de 50 - 55 °C, por razões de segurança.

- volatibilidade - um penetrante altamente volátil evapora-se facilmente quer dos tanques abertos quer da superfície a inspeccionar durante a aplicação; portanto, é recomendável que os penetrantes tenham uma volatibilidade baixa.

- estabilidade térmica - os pigmentos que constituem o penetrante perdem o brilho e a cor se forem submetidos a temperaturas elevadas, a estabilidade térmica é uma característica importante quando a operação de secagem se efectua por meio de ar quente, a temperatura de armazenamento dos penetrantes também deve ser controlada, não devendo exceder 60 - 70 °C.

Um dos ensaios normalizados a que se submetem os penetrantes consiste em determinar o teor de perda de brilho para uma dada sensibilidade, após se ter sujeitado o penetrante a uma temperatura elevada. Outro ensaio consiste em submeter o penetrante a vários ciclos térmicos sem que se verifique a separação dos seus constituintes.

- inércia química - uma das características mais importantes de um penetrante é a compatibilidade com os materiais a ensaiar, ou seja, o penetrante não deve reagir quimicamente com os produtos a inspeccionar. Os aços austeníticos, por exemplo, são atacados pelos vestígios de enxofre, ligas de níquel, fósforo e de compostos clorados existentes nos penetrantes, pelo que o teor máximo permitido nos vários elementos é limitado por normas.

- solubilidade, facilidade de remoção e resistência à água - os produtos derivados do petróleo que se utilizam na formulação dos penetrantes devem dissolver os pigmentos de tal modo que não se verifique uma separação dos constituintes durante o manuseamento e o armazenamento.

O penetrante deve ser facilmente removido da superfície onde foi aplicado, mas deve permanecer na descontinuidade; por outro lado, deve conservar bem dissolvidos os pigmentos mesmo na fase em que se encontra reduzido a uma película muito fina sobre a superfície da peça e quando já se perdeu, por evaporação, o componente volátil. Os penetrantes devem, também, admitir alguma contaminação pela água sem manifestarem alterações físico-químicas. A contaminação por água surge principalmente quando se utilizam os penetrantes em tanques abertos. Os valores admissíveis estão normalizados.

Se a solubilidade é muito elevada, haverá tendência para remover o penetrante completamente.

- fluorescência - nem todos os materiais apresentam característica de emitir radiação fluorescente. A fluorescência depende da estrutura atômica do material e do comprimento de onda da radiação incidente.

- toxicidade - o efeito dos líquidos penetrantes sobre o operador é importante e é um dos factores considerados na formulação destes produtos. É certo que é impossível obter um penetrante totalmente inócuo, apesar de, por vezes, ser necessário sacrificar algumas características tecnológicas para que no conjunto os produtos sejam menos agressivos. Contudo, os penetrantes podem causar reacções alérgicas pelo que é recomendável a utilização de luvas e aventais para manusear estes produtos.

- tensão superficial elevada - alta tensão superficial aumenta a pressão capilar, logo a acção do penetrante.

- poder de molhagem elevado - relacionado com a tensão superficial, o poder de molhagem aumenta com a diminuição do ângulo de contacto.

- densidade - muitos penetrantes são hidrocarbonetos e têm uma densidade menor que 1. O que obriga aos agentes contaminantes depositarem-se no fundo do banho de penetrante.

- poder de dissolução - O penetrante deverá dissolver o pigmento (fluorescente ou colorido visível) em uma concentração suficiente, têm também que dissolver por vezes um emulsionante e alguns agentes químicos que lhe aumentam a sensibilidade. Será também importante que o penetrante possa dissolver os contaminantes presentes na cavidade. O penetrante necessita de reter estes produtos químicos numa larga gama de temperaturas por forma a acomodar-se às condições climatéricas. Será bom recordar que à medida que a temperatura baixa, a solubilidade nos líquidos diminuem pelo que não deverá utilizar-se os penetrantes a temperaturas menores que 10 °C.

- tolerância aos contaminantes, alta - água, óleo ou gorduras podem estar presentes na superfície da peça. O penetrante deverá ser capaz de se acomodar a estes contaminantes sem perturbação do seu equilíbrio químico porém devem-se tomar precauções para prevenir a contaminação dos tanques dos penetrantes.

3.2.5.2 - Processo operatório

Independentemente do tipo de penetrante utilizado e dos parâmetros do processo, a inspeção por líquidos penetrantes exige o cumprimento da sequência das operações ilustradas nos fluxogramas das figuras 8, 9, 10 e 11 que são de seguida tratadas detalhadamente.

Os fluxogramas seguintes ilustram a sequência das operações de inspeção por líquidos penetrantes.

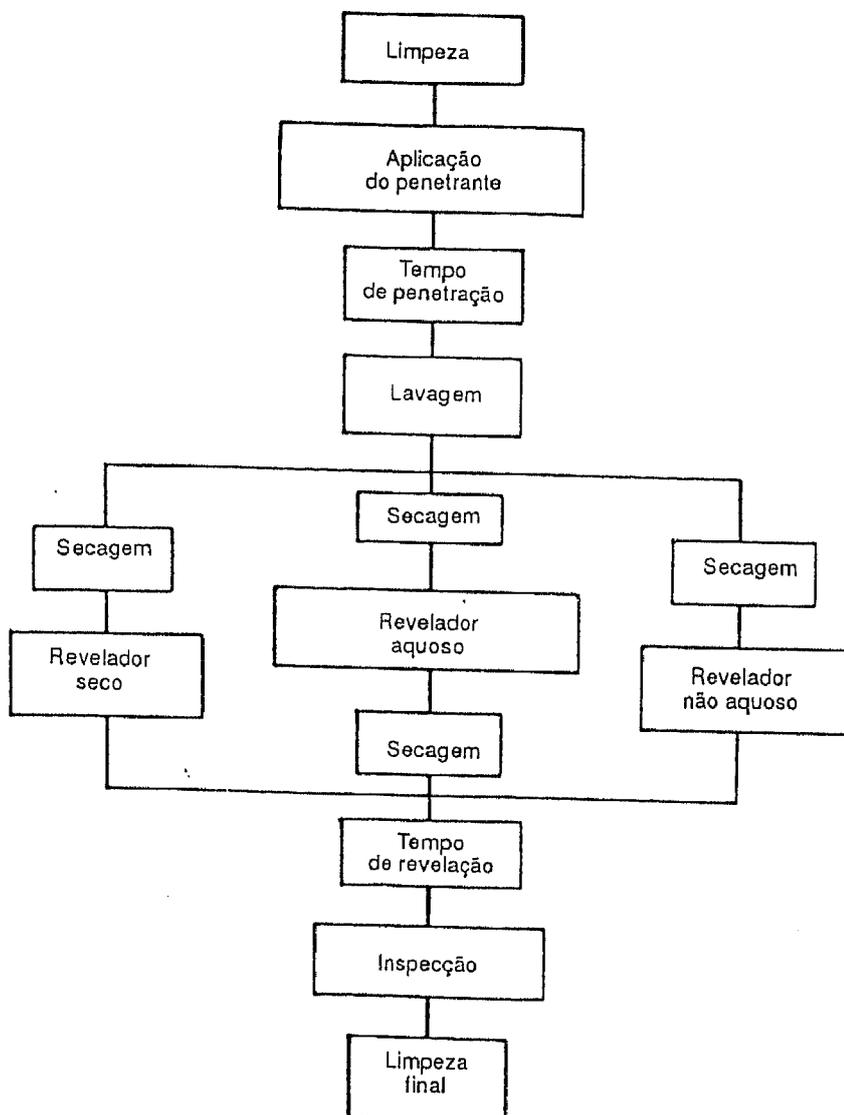


Figura 8 - Fluxograma - Penetrantes removíveis com água [2].

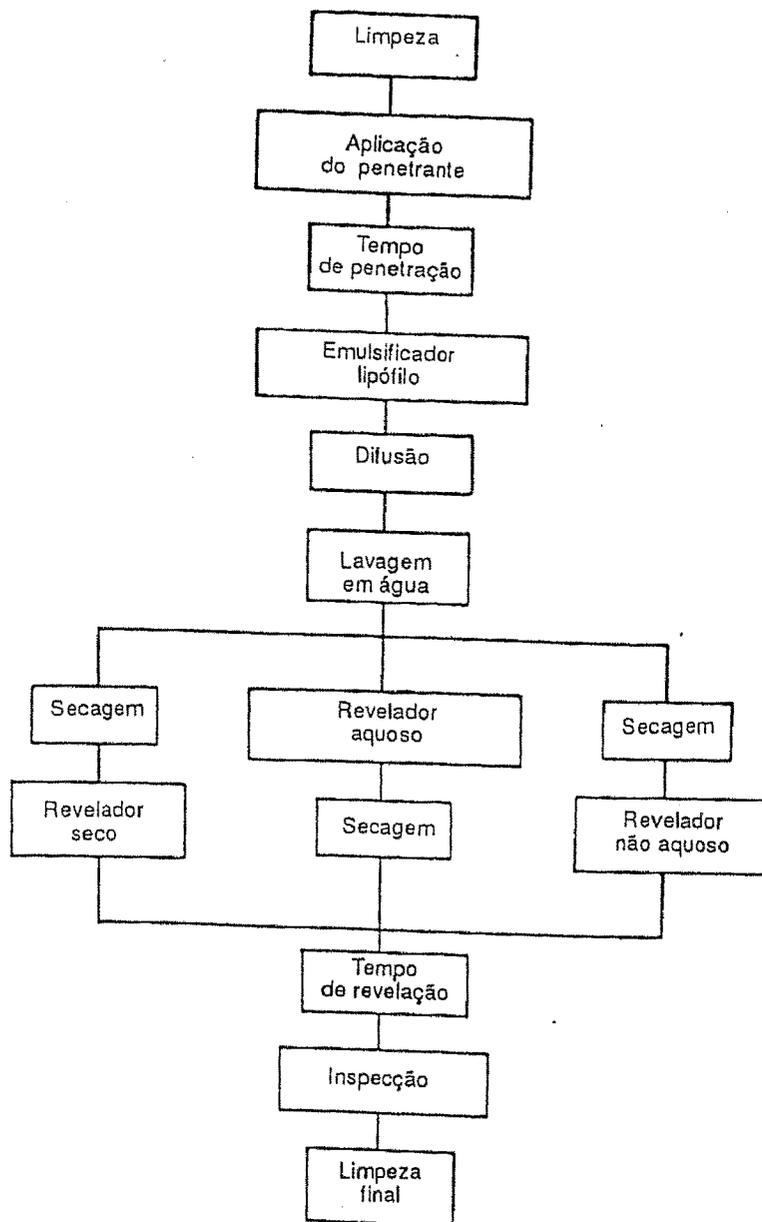


Figura 9 - Fluxograma - Penetrantes pós-emulsificáveis - emulsificador lipófilo [2].

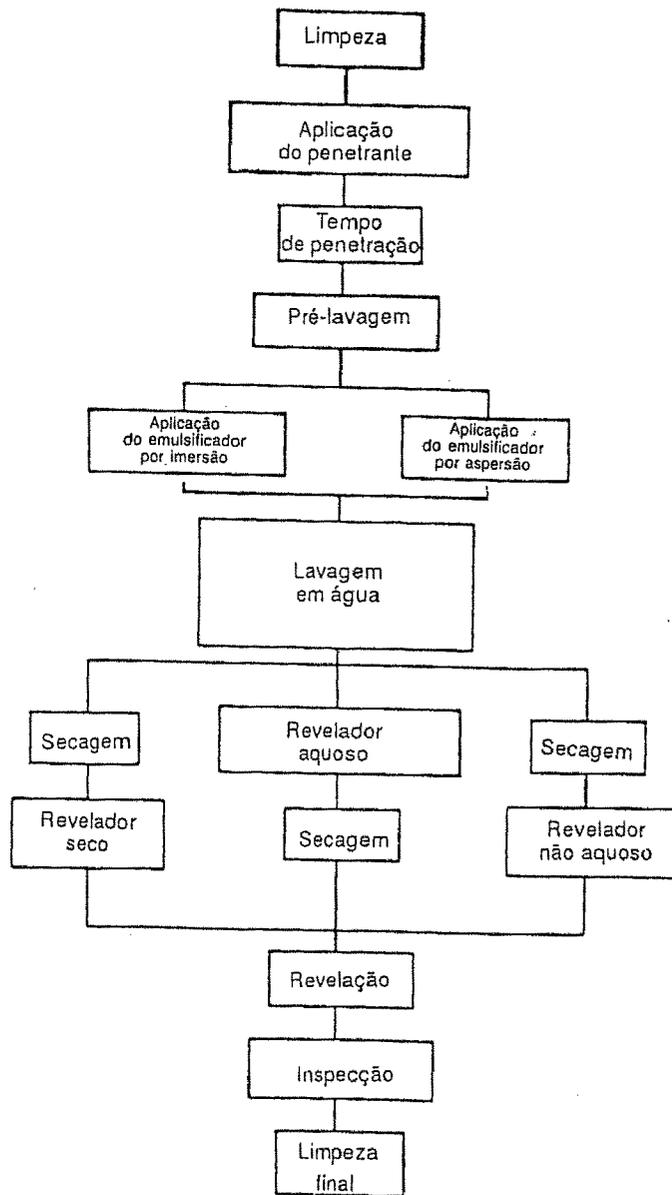


Figura 10 - Fluxograma - Penetrantes pós-emulsificáveis - emulsificador hidrófilo [2].

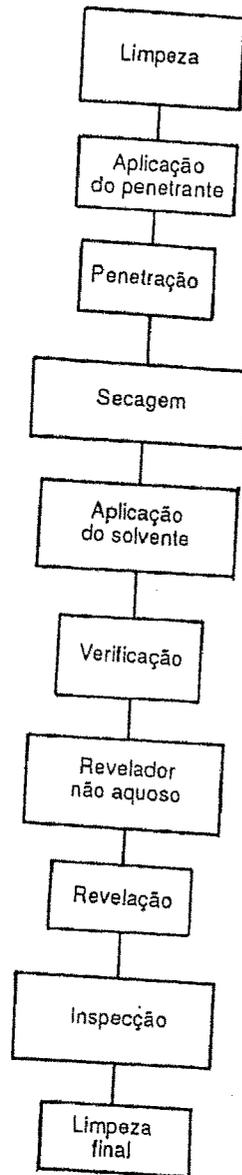


Figura 11 – Fluxograma – Penetrantes removíveis com solventes

[2].

3.2.5.3 – Preparação da superfície

As superfícies a inspeccionar devem estar completamente limpas e secas porque o estado da superfície influencia a entrada e a saída do penetrante.

Sem uma limpeza adequada da superfície não é possível obter indicações relevantes - o penetrante pode reagir com resíduos de contaminantes existentes nas descontinuidades ou na superfície da peça não chegando mesmo a penetrar nas aberturas [2, 3].

Resíduos de tintas, calaminas de tratamento térmico ou de soldadura, materiais de moldação ou rebarbas podem reagir com o penetrante originando indicações falsas.

A técnica utilizada para a limpeza depende da peça a examinar e dos produtos nocivos nela existentes. Todo o processo que deixe a peça limpa e seca, sem provocar quaisquer danos sobre a mesma, e em que não há incompatibilidade entre o produto de limpeza e a natureza do penetrante, é efectivamente aceitável [3].

Os contaminantes podem ter sido aplicados intencionalmente - pintura, por exemplo - ou terem resultado do processo de fabrico - maquinagem, tratamento térmico, vazamento, ou podem resultar de condições de serviço da peça - depósitos de produtos de corrosão, lubrificantes ou apenas partículas de sujidade. Os contaminantes podem entrar nas descontinuidades o apenas obstruir a entrada das mesmas, reduzindo a acção do penetrante ou mesmo bloqueando-lhe a entrada.

Dos vários tipos de contaminantes, salientam-se pela sua importância os seguintes [2]:

- óleos - distinguem-se os óleos leves e os óleos pesados. Os primeiros incluem óleos hidráulicos, lubrificantes e óleos de corte.

Este tipo de contaminantes é facilmente removido com solventes quando não contêm partículas sólidas

Estes óleos penetram facilmente nas discontinuidades impedindo a entrada do penetrante. Alguns deles são fluorescentes na presença de luz negra, provocando indicações falsas se não forem removidos. Os óleos pesados incluem sobretudo as massas lubrificantes.

Este tipo de óleo é mais difícil de remover e exige a aplicação de métodos químicos e mecânicos.

- óxidos e produtos de corrosão - Este tipo de contaminantes exige a aplicação de métodos como a decapagem ácida ou a decapagem abrasiva para serem removidos. Os produtos de corrosão que surgem no interior das discontinuidades são mais difíceis de remover.

- tintas e outros revestimentos - as tintas são materiais elásticos que podem permanecer intactas sobre as discontinuidades do metal base, impedindo a entrada do penetrante. Resíduos de tintas interferem com o mecanismo de penetração mesmo no caso em que a película de tinta se apresenta aberta sobre a discontinuidade.

- água e humidade - quaisquer vestígios de água devem ser removidos da superfície da peça e do interior das discontinuidades de modo a que o penetrante possa entrar e sair livremente.

- resíduos do próprio processo de limpeza - os produtos ácidos e alcalinos utilizados nas operações de limpeza se não forem removidos convenientemente impedem que o penetrante molhe a superfície da peça.

O método de limpeza a utilizar depende essencialmente do tipo de contaminante a remover e do material do produto a limpar [2].

Os métodos de limpeza utilizados na inspecção por líquidos penetrantes não são específicos do processo sendo os mesmos que se utilizam na preparação das peças destinadas a serem tratadas superficialmente:

- limpeza alcalina - utiliza soluções aquosas alcalinas que removem os contaminantes por uma reacção de saponificação ou por arrastamento. A limpeza alcalina é geralmente efectuada por imersão em tanques e a quente com ou sem agitação. A limpeza alcalina é utilizada na remoção de materiais orgânicos como óleos e gorduras.

- limpeza ácida - utiliza soluções ácidas para remover óxidos, calaminas e produtos de corrosão. O tipo de ácido e a concentração na solução depende do material base e do tipo de contaminante a remover. A utilização deste método exige um controlo apertado para evitar o ataque do material base.

- limpeza com detergentes - os detergentes são produtos químicos aquosos que aderem às partículas de sujidade facilitando a remoção das mesmas. Os detergentes podem ser alcalinos, ácidos ou neutros, devendo na sua selecção haver o cuidado de que não ataquem o metal da peça a inspeccionar.

- limpeza com solventes - utiliza-se na remoção de óleos, massas e contaminantes orgânicos como ceras e tintas. O solvente com os contaminantes dissolvidos é então removido por desengorduramento com outro solvente ou por limpeza alcalina ou com detergente.

- limpeza com vapor - é o método mais utilizado para remover óleos e massas da superfície de peças grandes.

A limpeza com vapor é efectuada em tanques de desengorduramento com vapor de solventes onde se mergulha a peça a limpar.

- limpeza por ultra-sons - este método utiliza a agitação provocada por ultra-sons e um solvente ou detergente, sendo eficaz na

remoção de contaminantes do interior das descontinuidades. Se o contaminante a remover é por exemplo um produto de corrosão utiliza-se um detergente; se for do tipo óleo ou massa utiliza-se um meio alcalino.

- limpeza em banhos de sais - utiliza-se por exemplo a soda cáustica fundida na remoção de óxidos e calaminas de aços de baixo carbono e aços inox. Mergulha-se a peça a limpar no banho e a diferença entre o coeficiente de dilatação térmica do metal de base e do óxido faz com que este se solte da peça.

- limpeza mecânica - este método compreende a decapagem por jacto de areia, a granalhagem, a utilização de escovas de arame ou catrabuchas e deve evitar-se este processo uma vez que pode fechar as descontinuidades.

3.2.5.4 – Aplicação do penetrante

O líquido penetrante é aplicado de modo a formar sobre a superfície a inspeccionar um filme contínuo que se deve estender para além da área a inspeccionar. Este filme deve permanecer sobre a superfície a inspeccionar o tempo suficiente para permitir a actuação do penetrante.

A forma de aplicação do penetrante, colorido ou fluorescente depende de factores como a dimensão, a forma e a configuração da peça ou da superfície a inspeccionar, e do equipamento disponível. Os penetrantes podem aplicar-se por [2, 3, 4]:

- imersão: sempre que é necessário inspeccionar toda a superfície de uma peça recorre-se a esta forma de aplicação que tal como o nome indica consiste em mergulhar a peça num tanque que contém o

material penetrante. As peças podem ser mergulhadas uma a uma ou em conjunto dentro de cestos desde que estejam suficientemente separadas para não dificultar o recobrimento pelo penetrante. Alguns dos cuidados a ter consistem em eliminar bolhas de ar em peças de geometria complexa de modo a permitir o total recobrimento da superfície e em tapar, por exemplo, furos cegos, antes da imersão da peça no tanque de forma a facilitar a remoção do penetrante.

- aspersão: a aplicação do penetrante por aspersão está particularmente indicada na inspeção de peças de grandes dimensões em que a aplicação por imersão não é praticável, e pode ser manual ou automática. Também se utiliza esta forma de aplicação quando a superfície do produto a inspeccionar é pequena quando comparada com a superfície total da peça.

A aplicação por aspersão é mais económica do que a aplicação por imersão uma vez que o consumo do material penetrante é mais reduzido.

- pintura e por derrame: o penetrante pode aplicar-se com pincel, embebido num trapo, ou pode ser derramado directamente sobre a superfície a inspeccionar. Utiliza-se esta forma de aplicação na inspeção de pequenas superfícies de peças de grandes dimensões.

A temperatura de aplicação: os penetrantes podem aplicar-se a temperaturas compreendidas entre 15 - 50 °C, apesar de existirem penetrantes especiais para a aplicação a temperaturas mais elevadas. A regra é seguir as instruções do fabricante [2].

O tempo de penetração define-se tempo de penetração como o período de tempo compreendido entre a aplicação e a remoção,

correspondendo ao tempo necessário para que o penetrante preencha as descontinuidades existentes na superfície na peça. Os fabricantes recomendam tempos de penetração que vão de 5 minutos a valores superiores a 30 minutos [2, 3, 5].

O tempo de penetração depende de factores como [2]:

- tipo de descontinuidades - o tempo de penetração é maior para a detecção de descontinuidades mais finas por exemplo as descontinuidades existentes na superfície de uma peça forjada, sendo mais finas, exigem tempos de penetração mais longos do que no caso de peças vazadas.

- tipo de penetrante - o tipo e a sensibilidade do penetrante influenciam o tempo de penetração. No entanto, actualmente, conseguem-se tempos de penetração equivalentes para vários tipos de penetrantes com o mesmo nível de sensibilidade.

- limpeza prévia - os tempos de penetração recomendados pelos fabricantes consideram peças limpas e descontinuidades isentas de contaminantes; o tipo e a quantidade de contaminantes presentes influenciam fortemente o tempo de penetração; por exemplo, o contaminante existente na descontinuidade for insolúvel no penetrante, o aumento do tempo de penetração não produzirá indicações mais nítidas; porém, se o contaminante for solúvel no penetrante, o aumento do tempo de penetração conjuntamente com a utilização de um penetrante de sensibilidade mais elevada poderá melhorar a nitidez das indicações.

- temperatura - o tempo de penetração diminui com o aumento de temperatura, dentro de certos limites. Normalmente é recomendado elevar a temperatura dos produtos próximo dos 20 °C.

3.2.5.5 – Remoção do excesso de penetrante

A remoção do excesso de penetrante constitui uma das faces críticas do processo de inspeção. Uma acção do penetrante exagerada pode reduzir a quantidade de líquido existente numa descontinuidade, resultando, portanto, na omissão de defeito ou, apenas, numa diminuição de visibilidade do mesmo.

Se a remoção do excesso não é completa, o penetrante residual mascarará igualmente as indicações dos defeitos.

Designa-se por remobilidade a facilidade em remover o excesso de penetrante da superfície. Esta característica depende dos seguintes factores [2]:

- a) Geometria da peça e estado da superfície.
 - b) Tipo de descontinuidade.
 - c) Tipo de penetrante.
- a) Geometria da peça e estado de superfície - peças de geometria complexa exigem tempos de remoção mais prolongados não só porque o acesso a certas superfícies é mais difícil, mas porque apresentam camadas de penetrantes mais espessas. Neste caso há que ter o cuidado de não remover em excesso o penetrante das superfícies mais acessíveis e de remover deficientemente penetrante das superfícies mais inacessíveis.
- Nas superfícies polidas é mais fácil a remoção do penetrante do que nas superfícies rugosas.
- b) Tipo de descontinuidade - a remoção do penetrante das descontinuidades pouco profundas (em que a largura é igual ou superior à profundidade) ao reterem menos penetrante apresentam indicações menos nítidas, o que somando à maior facilidade em

remover o penetrante pode provocar a inexistência de indicações visíveis. As descontinuidades estreitas e profundas retêm o penetrante mais facilmente e embora exijam tempos de penetração mais longos, produzem indicações mais nítidas, uma vez que não existe o perigo de todo o penetrante ser removido.

- c) Tipo de penetrante - a remobilidade do penetrante depende das características e do nível de sensibilidade do penetrante. Penetrantes equivalentes de marcas diferentes não apresentam uma remobilidade semelhante. Os penetrantes de nível de sensibilidade mais elevado, uma vez que contêm um teor maior de pigmentos, exigem tempos de remoção mais prolongados. Por outro lado, a viscosidade do penetrante também afecta a remobilidade, já que os penetrantes mais viscosos são mais difíceis de remover.

3.2.5.6 – Aplicação do revelador/revelação

A função do revelador consiste em melhorar a visibilidade das indicações do penetrante [2].

3.2.5.7 – Inspeção e interpretação

A operação de inspeção constitui uma das fases mais importantes na aplicação do método de inspeção por líquidos penetrantes. Partindo do princípio que as operações anteriores foram correctamente executadas, a detecção e caracterização das descontinuidades dependerá da iluminação utilizada.

3.2.5.8 – Limpeza final

Após a operação de inspecção é necessário proceder à limpeza das peças porque os resíduos dos materiais utilizados podem ter efeitos nocivos quer em operações posteriores de reparação quer no comportamento em serviço das peças. Resíduos de penetrante ou de revelador, por exemplo, podem afectar a aplicação de uma pintura posterior ou a qualidade de uma soldadura que venha a ser efectuada.

Aplicação do revelador

O revelador actua basicamente como um mata-borrão que absorve o penetrante da cavidade [4].

A função do revelador é aumentar a nitidez das indicações dadas pelo penetrante. No entanto, antes de ser aplicado, é necessário uma operação prévia de secagem. Quando se utilizam reveladores aquosos a secagem efectua-se após a aplicação do revelador. A secagem pode efectuar-se ao ar calmo, por meio de secadores de jacto de ar quente ou em estufas com circulação de ar; sempre que as dimensões da peça o permitam, o último processo é o mais utilizado, sendo necessário o controlo da temperatura e do tempo de secagem [2].

O revelador deverá ter as seguintes características [4]:

- 1- Alto poder de absorção - pela acção inversa da capilaridade o revelador absorve o penetrante da cavidade.
- 2- Grão fino - para dispersar facilmente e formar uma camada fina na superfície de ensaio.

- 3- Assegurar contraste com os corantes visíveis.
- 4- Não serem fluorescentes, por forma a dar um fundo negro com líquidos penetrantes fluorescentes, quando observados com luz negra.
- 5- Facilmente removíveis após finalização do ensaio.
- 6- Não ser perigoso para o operador. Alguns pós naturais como por exemplo, os asbestos são prejudiciais.

Os reveladores modernos são pós de sílica amorfa que podem ser irritantes quando inalados.

Existem 4 tipos de reveladores [2]:

- reveladores secos;
- reveladores húmidos solúveis em água
- reveladores húmidos de suspensão em água
- reveladores não aquosos

Os reveladores secos são constituídos por um pó branco que adere à superfície da peça formando uma camada muito fina e quase invisível. Este tipo de reveladores pode ser utilizado com todos os tipos de penetrantes fluorescentes não devendo, no entanto, ser utilizados com penetrantes coloridos porque neste caso o contraste obtido é fraco. Devido à natureza pulverulenta, a aderência dos reveladores secos é maior em superfícies rugosas. Os reveladores secos podem aplicar-se por sopragem do pó, por imersão da peça num tanque cheio de pó, por derrame do pó sobre a peça ou à pistola. Após a aplicação o excesso de revelador é removido por sopragem [2, 4].

Os reveladores húmidos solúveis em água contêm partículas de revelador propriamente dito, agentes molhantes e inibidores de corrosão. Diferem dos anteriores porque tal como o nome indica são solúveis em água. Durante a secagem da peça a água evapora-se deixando à superfície uma camada translúcida constituída por partículas de revelador cristalizadas [2].

Os reveladores húmidos solúveis em água são fornecidos na forma de pó devendo seguir-se as instruções do fabricante no que se refere às concentrações a utilizar. O revelador pode aplicar-se por aspersão e imersão; e pode aplicar-se imediatamente após a remoção do excesso do penetrante. Após a aplicação, as peças são secas em estufa para promover a cristalização do revelador.

A utilização destes reveladores apresenta com maior vantagem a não exigência de agitação do banho, e a maior facilidade de remoção uma vez que as partículas são solúveis em água. No entanto, existem desvantagens já que o agente molhante que constitui o revelador pode remover o penetrante, principalmente se for usado com penetrantes removíveis com água.

Os reveladores húmidos de suspensão em água são constituídos basicamente por uma suspensão formadas por partículas inertes insolúveis em água, inibidores de corrosão e agentes molhantes. A aplicação deste tipo de revelador exige a secagem das peças em estufas.

Os reveladores húmidos de suspensão em água aplicam-se por aspersão ou imersão; geralmente são fornecidos na forma de pó ou líquidos concentrados sendo necessário misturá-los com água seguindo as instruções do fornecedor. Os reveladores podem aplicar-

se imediatamente após a remoção do penetrante; todavia, o maior inconveniente na utilização deste tipo de reveladores é a necessidade de agitação do banho para manter as partículas em suspensão.

Os reveladores húmidos não aquosos são constituídos por uma suspensão de um pó numa mistura de solventes de rápida evaporação. São aplicados por aspersão com latas pressurizadas (spray) e após secagem das peças já que qualquer vestígio de humidade pode impedir a acção do revelador e esconder a existência das descontinuidades mais pequenas.

A utilização destes reveladores tem como vantagens principais o fácil manuseamento das embalagens pressurizadas e a não exigência da secagem em estufa. Podem utilizar-se como os penetrantes fluorescentes e como os penetrantes coloridos. No entanto, a inspecção com este tipo de reveladores está confinada a superfícies relativamente pequenas e exige alguns cuidados básicos.

A contagem do tempo de revelação inicia-se após a secagem efectiva da peça. Tempos de revelação demasiado longos podem provocar o sobredimensionamento ou distorção das indicações, enquanto que o oposto pode resultar no não aparecimento de algumas indicações. O tempo de revelação é mais longo quando as descontinuidades são mais pequenas [2].

A fiabilidade do método de inspecção por líquidos penetrantes depende em grande parte desta operação. Os inspectores responsáveis

pela interpretação das indicações devem ter bons conhecimentos teóricos, quer sobre o método quer sobre os mecanismos de formação dos vários tipos de descontinuidades e devem ser suficientemente experientes nesta prática [2, 3].

A operação de inspecção começa com uma verificação rápida do conjunto com o fim de determinar se as operações anteriores foram correctamente efectuadas. Seguida de uma inspecção cuidadosa a iluminação é particularmente importante nesta operação.

Os líquidos penetrantes fluorescentes requerem a utilização de luz negra. As fontes de luz negra habitualmente utilizadas são [2, 4]:

- lâmpadas incandescentes;
- lâmpadas de arco eléctrico;
- lâmpadas fluorescentes;
- lâmpadas de mercúrio.

As lâmpadas fluorescentes e as de mercúrio são as mais utilizadas. As primeiras são muito utilizadas principalmente em trabalhos de campo, uma vez que o aquecimento é imediato, enquanto que as lâmpadas de mercúrio requerem um aquecimento prévio de 15 minutos. Quer as lâmpadas fluorescentes quer as de mercúrio produzem uma gama de comprimentos de onda que na maioria corresponde ao espectro visível, pelo que é habitual a utilização de um filtro, que absorve a radiação visível e permite a passagem da radiação negra

As fontes de luz negra não devem ser utilizadas sem filtros, devendo estes apresentar um bom estado de conservação. Apesar de não serem conhecidas consequências graves para o ser humano,

algumas pessoas manifestam uma certa intolerância à luz negra, apresentando uma diminuição temporária da visão. Por outro lado, a própria radiação ultravioleta pode provocar queimaduras nos tecidos córneos.

O posto de inspeção tal como as mãos e roupa do inspector devem estar limpos, para não contaminarem as peças e produzirem indicações não relevantes. Por outro lado, o inspector deve esperar algum tempo entre 5 a 10 mm para adaptação ao escuro de modo a que a pupila alargue e admita maior quantidade de luz para a que a visão seja possível [2].

A interpretação dos resultados consiste em avaliar se uma indicação é relevante, não-relevante ou falsa. As indicações relevantes são as que resultam de uma descontinuidade; indicações não relevantes são constituídas por descontinuidades originadas pela geometria da peça. Uma peça pode apresentar indicações múltiplas constituídas por um conjunto de indicações relevantes e não relevantes. A avaliação consiste em determinar a causa das indicações concluindo-se se revelam ou não a existência de defeitos [2].

Existem vários critérios qualitativos para classificar as indicações, critérios esses que se baseiam na forma e na origem que as mesmas têm sobre a peça. Quanto à forma consideram-se os seguintes tipos de indicações, ver figura 12 (a, b, c, d):

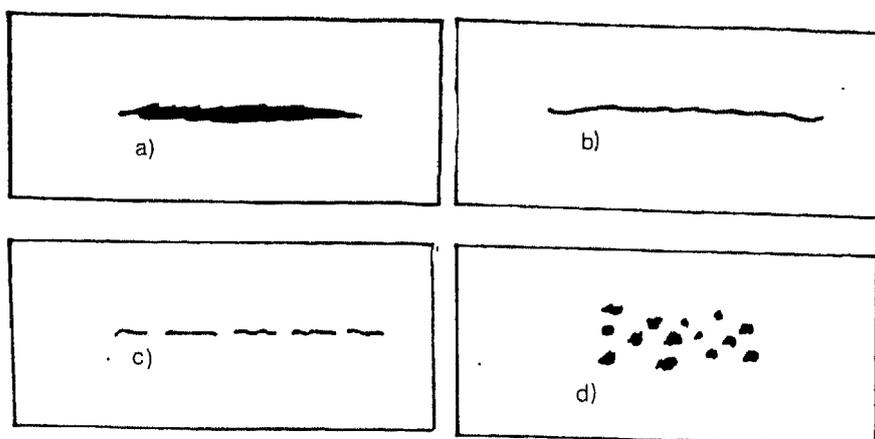


Figura 12 - Indicações típicas [2, 3]

- (a) (b) - indicações do tipo linha contínua
- (c) - indicações do tipo linha intermitente
- (d) - indicações arredondadas

A- Indicações do tipo linha contínua - têm origem em descontinuidades do tipo de fissuras, gotas frias (salpicos) ou dobras (chapa vincada) e podem ser retilíneas ou ligeiramente curvas, figura 12 (a) e (b).

B- Indicações do tipo linha intermitente - as descontinuidades referidas em A originam este tipo de indicações quando, por exemplo, uma operação de rebarbagem fecha parcialmente a referida descontinuidade, figura 12 (c).

C- Indicações arredondadas - têm geralmente origem em porosidade. As indicações de forma arredondada não significam que a descontinuidade é redonda, sendo a forma devida ao volume de penetrante que existe na abertura, figura 12 (d).

As discontinuidades mais frequentes que aparecem numa peça após soldadura e com as quais o inspector deve estar familiarizado são geralmente inerentes ao processo de elaboração do metal ou devidas ao processo de fabrico da peça ou a condições de serviço [2, 4].

As indicações podem ser registadas em fotografia utilizando máquinas fotográficas convencionais utilizando-se filtros e tempos de exposição adequados, sendo necessária experiência nesta matéria para que a fotografia obtida reproduza com qualidade a indicação existente. Embora seja possível a utilização de filmes coloridos, é recomendável utilizar o filme preto e branco no registo das indicações [2].

Após a inspecção procede-se à limpeza das peças para remover os resíduos dos materiais penetrantes. O revelador, por exemplo, que é o último material a ser aplicado, se não for convenientemente removido pode provocar o desgaste da peça por corrosão. A limpeza deve efectuar-se imediatamente a seguir à operação de inspecção para evitar uma forte aderência do revelador à peça. Os reveladores solúveis em água e os reveladores aquosos de suspensão em água são geralmente removidos por imersão da peça em água ou por aspersão com jacto de água. Para remover os reveladores não aquosos esfrega-se a zona inspeccionada com um trapo embebido em água ou álcool. Os resíduos de penetrante que permanecem após a remoção do revelador são ainda removidos por limpeza alcalina ou com detergentes e com solventes [2].

O método de inspeção por líquidos penetrantes pode falhar por se utilizarem materiais (penetrantes, reveladores) degradados, ou seja, a inexistência de indicações nem sempre traduz a inexistência de descontinuidades. Apesar destes materiais serem controlados durante a sua fabricação, pode acontecer que venham a falhar durante a aplicação, recomendando-se portanto que sejam controlados na em recepção. Os materiais em uso também se degradam ao longo do tempo, principalmente quando se encontram em tanques, pelo que devem ser verificados periodicamente.

A degradação dos materiais ocorre principalmente por contaminação com a água, materiais orgânicos e sujidades provenientes das peças a inspeccionar. As perdas por evaporação ou a degradação pelo calor também são factores que levam à necessidade de definir procedimentos para o controlo do processo. O equipamento utilizado - lâmpadas de luz negra e termostatos das estufas de secagem - também deve ser verificado periodicamente. A frequência de verificação dos materiais em uso depende do volume de trabalho - quantidade de peças - processado, e vai da verificação diária para uma carga de trabalho de cerca de 4 horas até à verificação semanal para cargas de trabalho esporádicas. Portanto, devem prever-se sistemas quer de inspeção de recepção quer de controlo do processo de modo a garantir a conformidade dos produtos com as especificações [2].

Como este tipo de penetrantes não são utilizados na Metalúrgica Progresso não foi rigorosa na definição das condições de controlo e calibração.

3.2.6 - Vantagens e desvantagens do método

As principais e desvantagens do método são [2, 5]:

- permitir a detecção de descontinuidades muito pequenas mesmo em peças de geometria complexa;
- poder ser utilizado numa vasta gama de materiais;
- utilizar equipamento simples que não exige grandes investimentos;
- permitir a inspeção a 100 %.

Podem referir-se como principais desvantagens as seguintes [2, 5]:

- detecção exclusivamente de descontinuidades abertas à superfície; a existência de descontinuidades sub-superficiais exige a aplicação de outro método de ensaio;
- exigir que a superfície a inspeccionar bem como o interior das descontinuidades estejam absolutamente limpas e isentas de contaminantes, por exemplo se não for possível remover totalmente, por exemplo, um revestimento orgânico da superfície a inspeccionar não é possível aplicar este método;
- os materiais penetrantes, emulsionadores e reveladores são tóxicos e exigem precauções no seu manuseamento;
- não é um método aplicável a materiais porosos.

3.2.7 – Critérios de aceitação

Todas as superfícies a examinar devem estar livres de [8]:

- indicações lineares relevantes;
- quatro ou mais defeitos numa linha separada por 1.6 mm ou menos, excepto quando a especificação para o material especificou diferentes requisitos de aceitação relativamente aos defeitos.

Remover um defeito e reparação

As imperfeições inaceitáveis devem ser removidas e reexaminadas para assegurar que estas foram totalmente removidas. Sempre que um defeito é removido e a subsequente reparação para a soldadura não é necessária, a área desbastada deve ser afagada na superfície para evitar concentrações de tensões, fissuras, ou cantos. Quando é requerida a soldadura após ter sido retirado o defeito, a área deverá ser limpa e a soldadura será feita de acordo com os requisitos deste processo. Uma vez terminada a reparação, esta é reexaminada pelo método originalmente usado para a detecção de defeitos.

- Tratamento de imperfeições acreditadas como não-relevantes.* Qualquer indicação de imperfeição que é dita como não-relevante será tida como um defeito a não ser que, em reavaliação pelo mesmo método ou pelo uso de outro método não-destrutivo e/ou pelas condições de superfície o defeito é não aceitável.
- Exatimação da área onde o defeito foi removido.* Após um defeito ter sido removido e após ser efectuada a reparação

de soldadura, a área será examinada através de métodos adequados para assegurar que o defeito foi eliminado.

- c) Reexaminação das áreas reparadas. Após efectuada a reparação, as áreas reparadas devem ser afagadas.

3.3 - Raios -X

3.3.1 - Introdução

O método de ensaio não destrutivo, utilizando radiações, continua a ser um dos de maior aplicação e de uso mais generalizado, geralmente aceite, quando não especificamente imposto no controle de recepção de construções soldadas ou de produtos metalúrgicos resultantes de outras tecnologias de produção: fundição ou forjagem, por exemplo [2].

A técnica operatória, se correctamente aplicada, dá origem a informações claras, objectivas e fiáveis, através da radiografia que pode ser arquivada e posteriormente consultada, quer com o objectivo de acompanhar um defeito conhecido, para estudar a sua evolução e comportamento em serviço, quer como contraprova para análise de eventuais falhas.

Mas o método, bastante completo como iremos ver, apresenta sempre algumas desvantagens e limitações, que se entende ser útil esclarecer desde já.

Sendo um processo de indiscutível desempenho, na caracterização de defeitos volúmicos, uma das limitações, reside na reduzida sensibilidade de detecção de defeitos planos, como são as fissuras localizadas em planos geométricos não coincidentes com a direcção do feixe de radiação ou muito apertadas e de pequena dimensão em relação à espessura - casos em que os Ultra-sons são indiscutivelmente superiores.

Uma desvantagem na metodologia tradicional, para além dos custos elevados de instalação e exploração, constitui na impossibilidade do tratamento das informações em tempo real. É neste aspecto que a informática e particularmente a grande expansão da

micro-informática, veio trazer aos métodos clássicos uma segunda juventude, sem esquecer logicamente o progresso registado na produção das fontes de radiação propriamente ditas.

As propriedades que possuem as radiações electromagnéticas de pequeno comprimento de onda, de atravessar os corpos opacos e impressionar chapas fotográficas, foram postas em evidência por Roentgen quando descobriu os raios-X em 1895 [2, 6]. Data da mesma época a descoberta de Becquerel em 1896, da radioactividade de certos compostos de urânio, com propriedades idênticas aos raios-X [2].

Novas substâncias de propriedades similares foram sendo conhecidas, culminando em 1898 com a separação de um dos mais importantes desses elementos radioactivos, o rádio, pelo casal Pierre e Marie Curie, com a característica de emitir espontaneamente radiações α (alfa), β (beta) e γ (gama).

As primeiras radiografias de soldadura foram realizadas em França em 1927 usando raios-X.

Em 1930 foram produzidos os primeiros isótopos radioactivos a partir de um ciclotrão. Só a partir de 1947, produzidos em pilha atómica, os radioisótopos se tornaram comercialmente acessíveis e obtiveram verdadeira expansão.

Os raios-X são uma forma de energia radiante, tal como a luz visível, sendo caracterizadas por reduzido comprimento de onda, cerca de 400×10^{-12} m do comprimento de onda da luz [2].

A sua natureza física é, todavia, a mesma das outras formas de radiação electromagnética, como a luz visível, as ondas de rádio, os ultravioletas, os raios cósmicos, etc.

Os raios-X propagam-se em linha recta e deslocam-se à velocidade da luz e caracterizam-se normalmente pelas seguintes propriedades [2, 6]:

- não têm carga eléctrica nem massa;
 - a sua energia é inversamente proporcional ao comprimento de onda;
 - possuem a possibilidade de penetrar a matéria, sendo a sua capacidade de penetração dependente da energia da radiação. / X
 - são absorvidos pela matéria, sendo a percentagem de absorção directamente proporcional à espessura e à massa específica do material examinado e inversamente proporcional à energia de radiação;
 - provocam ionizações nos meios e materiais onde se propagam;
 - podem impressionar películas foto-sensíveis, o que constitui desde o início da aplicação do método, o processo de obtenção e registo; X
 - provocam fluorescência em certos materiais;
 - são invisíveis e impossíveis de detectar através dos sentidos.
- os raios-X podem deteriorar ou destruir as células vivas.

Os raios-X possuem a propriedade de atravessar os materiais, incluindo os que são opacos à luz visível [2].

Ao atravessar os materiais, as radiações são absorvidas, estando essa absorção em relação directa com a espessura e a massa específica dos materiais em causa. A intensidade das radiações emergentes é variável e esta variação é detectada e/ou registada usando uma película foto-sensível, por exemplo.

São estes n fenómenos que na sua essência constituem a base do ensaio radiográfico.

Vamos através da figura 13 examinar o comportamento do feixe de radiação e evocar algumas leis que regem o fenómeno de formação de uma imagem radiográfica [2].

Os raios-X propagam-se em linha recta, a partir da sua respectiva fonte de emissão. Uma vez que para fins práticos, um feixe não pode ser focalizado, a obtenção de uma radiografia segue o esquema que se apresenta na figura 13. Este figura representa uma fonte de radiação (f) de reduzidas dimensões, e o plano AA' representa a película foto-sensível usada como detector.

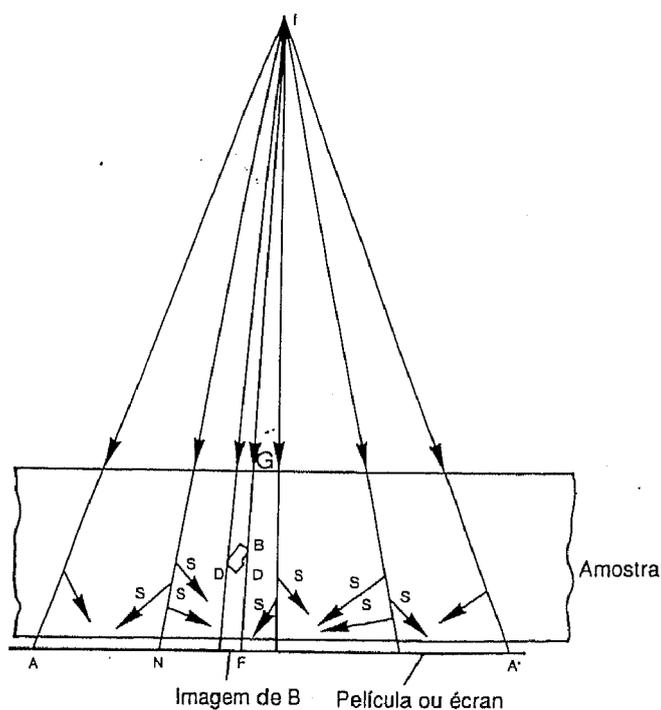


Figura 13 - Esquema representativo de obtenção de uma radiografia [2].

A radiação emergente pode ser absorvida por uma camada de material fluorescente que converte a radiação em luz; esta técnica é designada fluoroscopia ou radiosopia, mas terminologias mais modernas, como "Radiografia em Tempo Real " (RTR nas

publicações em língua inglesa ou francesa) começam a ser usadas com crescente generalização.

Podemos ainda considerar que o plano AA', seja um detector de radiação, como por exemplo uma câmara de ionização, um contador Geiger-Muller ou um detector de brilho, e esta técnica adquire o nome de radiometria.

Retomando a figura anterior e relembrando a trajectória rectilínea dos raios-X, uma descontinuidade no corpo em exame, representada por B, origina uma diminuição de absorção ao longo do percurso GBF, de modo que a quantidade de radiação que atinge o ponto F é maior que a que chega digamos, ao ponto N.

A imagem radiográfica da descontinuidade B referida, é constituída pela projecção de B no plano AA' em tamanho quase real (ligeiramente aumentada). É, assim mesmo, a representação bidimensional de um defeito tridimensional.

Esta imagem radiográfica é função de vários parâmetros, entre os quais [2]:

- tempo de exposição;
- intensidade da radiação;
- tipo de película.

Quando um feixe de radiação atinge um material, parte da energia do feixe é reemitida sob a forma de radiação secundária ou difusa, como mostra a figura 13 representada por S, que em certas circunstâncias pode atravessar o material em exame, numa direcção diferente do feixe principal.

Assim no ponto F da película é recebida uma porção de radiação que corresponde ao trajecto GBF e que forma a imagem da

descontinuidade B e uma porção de radiação secundária, S, a qual não contribui para a formação da imagem.

A totalidade de radiação que atinge o ponto F por unidade de tempo é assim:

$$I_d + I_s, \text{ onde } I_d - \text{ é a intensidade de radiação directa}$$
$$I_s - \text{ é a intensidade de radiação secundária}$$

A relação

$$I_d + \frac{I_s}{I_d} = 1 + \frac{I_s}{I_d}$$

é designada por "factor de construção de imagem".

É importante tomar medidas preventivas contra a distorção da imagem na película. Uma das medidas, é fazer com que o feixe de raios-X seja perpendicular à película. Se está a ser examinado um objecto de configuração curva, e se a fonte de emissão está localizada na parte convexa, a película deverá dispor-se de maneira que a espessura maior (correspondente à espessura atravessada pelos raios oblíquos laterais) não seja superior a 10 % da espessura central da peça [6].

Uma variação geométrica ou um defeito na amostra em ensaio que não esteja adjacente à película foto-sensível origina uma indefinição da imagem normalmente designada de "penumbra", Ug [2, 6].

Na figura 14 a dimensão da fonte S foi exageradamente aumentada para maior clareza e o "defeito" intencionalmente reduzido a um degrau na superfície da peça exposta à radiação [2].

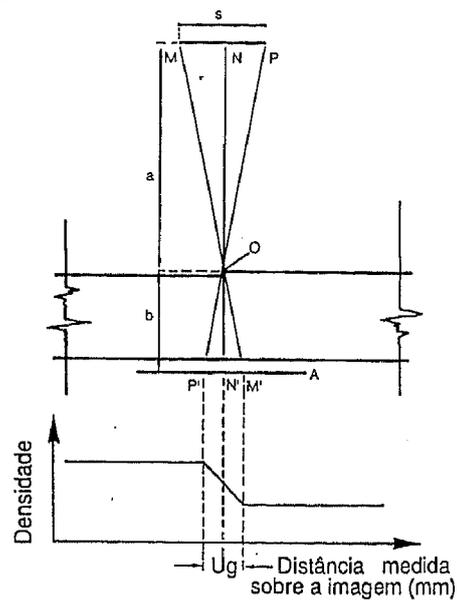


Figura 14 – Formação da penumbra devido a um defeito superficial [2].

A aplicação dos conceitos básicos de geometria permite definir a falta de definição geométrica (ou penumbra) por:

$$U_g = \frac{s \cdot b}{a}$$

onde, s é o diâmetro do feixe; b é a espessura do objecto e a distância do feixe ao objecto

Um segundo aspecto com importância na formação geométrica da imagem consiste no facto de a um defeito tridimensional, corresponder uma imagem bidimensional na película radiográfica, como mostra a figura 15.

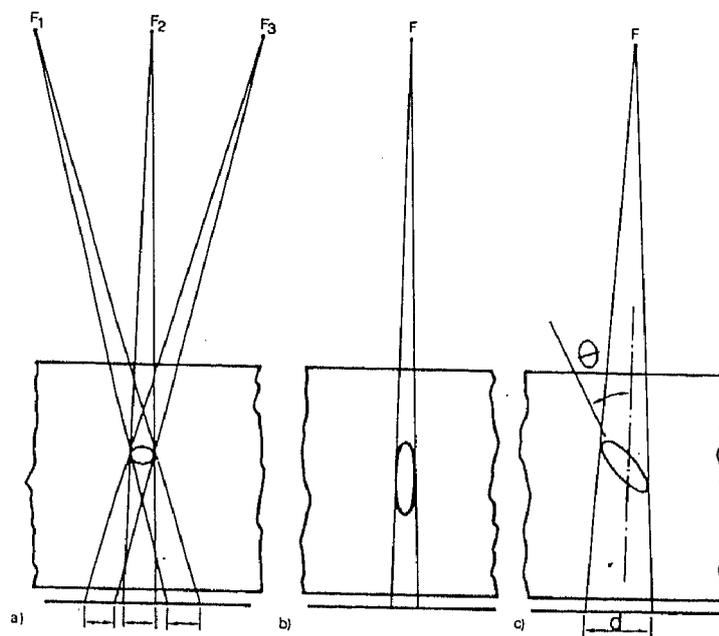


Figura 15 – Formação geométrica da imagem de um defeito tridimensional corresponde a um defeito bidimensional [2].

Se o defeito ou cavidade tiver uma forma esférica (a), a imagem será sempre de forma circular, independentemente da posição da fonte de radiação. Se o defeito for plano (b e c), como é o caso de uma fissura, por exemplo, a imagem radiográfica depende em grande

medida da orientação relativa entre a maior dimensão do defeito e a dimensão do feixe de radiação [2].

Uma fissura como a representada em (b), será observada como uma linha fina, e de contornos bem definidos enquanto que uma fissura oblíqua, como está esquematicamente representado em (c), produzirá uma mancha larga mas mal definida em vez da linha estreita do exemplo anterior.

Muito embora este inconveniente para a caracterização dos defeitos possa por vezes ser ultrapassado recorrendo a uma técnica de dupla exposição, ela traduz uma das maiores limitações que o processo em termos de metodologia tradicional conheceu.

É fácil perceber que no exemplo da figura 15 (c) se fizer $\theta = 90^\circ$, o que corresponde a um defeito plano, paralelo à superfície da amostra em ensaio - como é o caso de um folheamento numa chapa laminada - nenhuma imagem fotográfica será produzida, pelo menos em moldes de poder ser observada visualmente pelos métodos tradicionais de leitura de películas radiográficas.

A densidade em cada ponto de uma película é provocada pela radiação directa que atravessa a peça, sendo uma parte dessa radiação difundida em todos os sentidos. Essa difusão, radiação secundária, chega à película proveniente do material irradiado, e também de todos os objectos circundantes que, não formando imagens tem por efeito diminuir o contraste e definição da imagem [6].

Todavia, sendo a radiação difusa menos penetrante que a primária, pode atenuar-se por meio de filtros metálicos que evitam a película ser atingida [6].

Também o feixe emitido pela fonte pode por sua vez ser diminuído com a redução da secção de saída da fonte de emissão através do uso de diafragmas [6].

Embora não seja possível eliminar por completo toda a radiação secundária, há vários meios que permitem pelo menos atenuá-la [6]:

- nomeadamente a utilização de filmes com écrans de chumbo;
- redução do feixe de radiação com a utilização de diafragmas.

O primeiro tubo radiogénio foi utilizado por Crookes para o estudo experimental de descargas eléctricas num meio gasoso a muito baixa pressão e através do qual Roentgen obteve uma radiação X gerada a partir da interacção de electrões emitidos por um cátodo frio e o recipiente em vidro desse tubo [2].

O tubo resultante dos trabalhos de Coolidge representava um razoável progresso, já que o rendimento foi grandemente aumentado pela utilização de um cátodo quente, pelo alinhamento do cátodo e do ânodo, concentração do feixe de electrões emitido pelo cátodo, através de um anel de focalização e finalmente a utilização de um ânodo de tungsténio, como mostra a figura 16 [2].

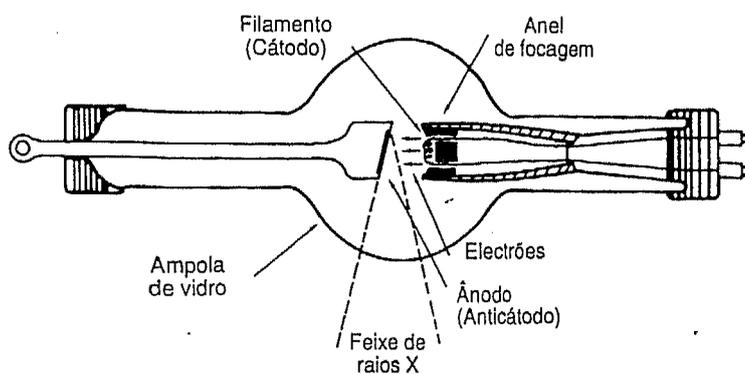


Figura 16 - Tubo de Coolidge [2].

Salvo certos pormenores construtivos, este tubo de vidro permanece até hoje sem grandes alterações, se bem que dada a razoável fragilidade do tubo de vidro, eles tenham sido substituídos em certas aplicações industriais por tubos metalocerâmicos, como de forma simplificada se representa, na figura 17.

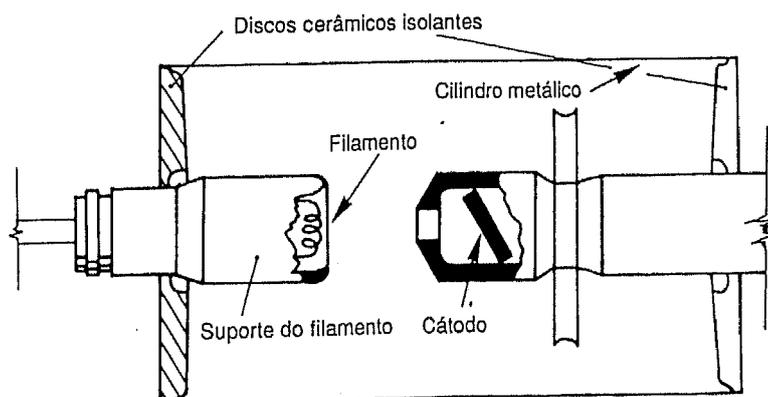


Figura 17 - Tubos metalocerâmicos [2]

Nestes, o recipiente é constituído por um tubo de óxido de alumínio de fraco coeficiente de absorção, fechado nas duas extremidades por discos de cerâmico isolante. Como resultado obtém-se uma unidade de reduzidas dimensões tornando a sua utilização em trabalhos de estaleiro particularmente interessante por razões de manuseamento.

Na figura 18 podem observar-se alguns dos componentes constitutivos de um tubo de raios-X, de vidro, que corresponde a solução clássica actual [2, 6].

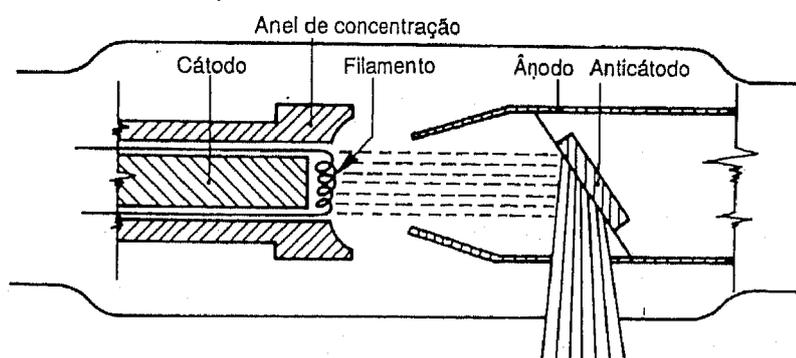


Figura 18 - Constituintes de um tubo de raios-X [2].

Ao ser percorrido por uma corrente eléctrica de alguns amperes, o filamento torna-se incandescente e emite electrões. A diferença de potencial estabelecida entre o ânodo e o cátodo cria uma tensão no tubo que provoca a atracção dos electrões pelo ânodo.

No ânodo e no ponto de impacto encontra-se uma placa de metal - o anticátodo ou alvo - resultando a radiação X do choque dos electrões animados de energia cinética, com este anticátodo, geralmente em tungsténio.

A energia e o poder de penetração aumentam normalmente com um número atómico do elemento que constitui o anticátodo [2, 6].

A escolha do tungsténio resulta assim por um lado, do seu elevado número atómico e por outro do seu elevado ponto de fusão (aproximadamente 3400 °C).

Na verdade o recurso a um material de elevado ponto de fusão é um factor relevante já que, apenas uma pequena parte da energia cinética dos electrões se converte em raios-X (0,1 % a 30kV; 1 % a 200 kV). Toda a restante energia se converte em calor.

Esta produção de calor obriga a refrigerar o ânodo, já que elevadas temperaturas provocam a erosão do anticátodo e as partículas do metal vaporizado, reduzem o elevado grau de vazio existente no tubo, além de que, ao projectar-se nas paredes da ampola, conduzem a avarias prematuras por condução eléctrica no interior do tubo [2].

O modo mais usual de refrigeração nos aparelhos de baixa e média energia é por convecção [2]. Existindo ainda os métodos de refrigeração por irradiação e por circulação forçada de líquidos [6].

O ânodo de cobre maciço prolonga-se até ao exterior do tubo, de modo a assegurar a necessária ligação eléctrica, o qual está envolvido por óleo ou gás isolante (normalmente o SF₆ - hexafluoreto de enxofre) [2].

Este processo mostra ser suficiente para unidades utilizando diferenças de potencial entre ânodo e cátodo até 300 kV, com funcionamento intermitente.

Para mais elevadas diferenças de potencial é usual utilizar uma circulação forçada de água ou óleo, em conjugação com um ânodo oco.

O calor desenvolvido pelo bombardeamento electrónico sobre o anticátodo resulta também, em certa medida, da reduzida superfície onde este bombardeamento se concentra.

3.3.2 - Técnicas radiográficas

Quando um feixe de raios-X incide e atravessa uma amostra de material, o feixe emergente retransmitido apresenta variações espaciais de intensidade que traduzem as faltas de homogeneidade da amostra, e portanto a imagem de raios-X dessa amostra [2].

Os raios-X não são directamente perceptíveis pelos sentidos, pelo que essa imagem deverá ser "descodificada" e a nova distribuição de intensidade de radiação convertida noutras variáveis.

Durante muitos anos, o meio mais generalizado foi a utilização de uma película radiográfica. A possibilidade dos raios-X de impressionarem placas foto-sensíveis era conhecida desde as descobertas de Roentgen.

Uma película radiográfica consiste fundamentalmente num suporte transparente de triacetato de celulose ou de poliéster revestido em ambas as faces por uma emulsão fotográfica (foto-sensível ou radio-sensível) constituída por uma mistura de sais de halogéneos de prata e gelatina; intervém ainda um substrato adesivo para melhorar a aderência da emulsão ao poliéster e encerrando o conjunto, camadas de gelatina endurecida que protegem a emulsão da agressão mecânica (riscos, arranhadelas) [2, 6]. A figura 19 representa uma película radiográfica.

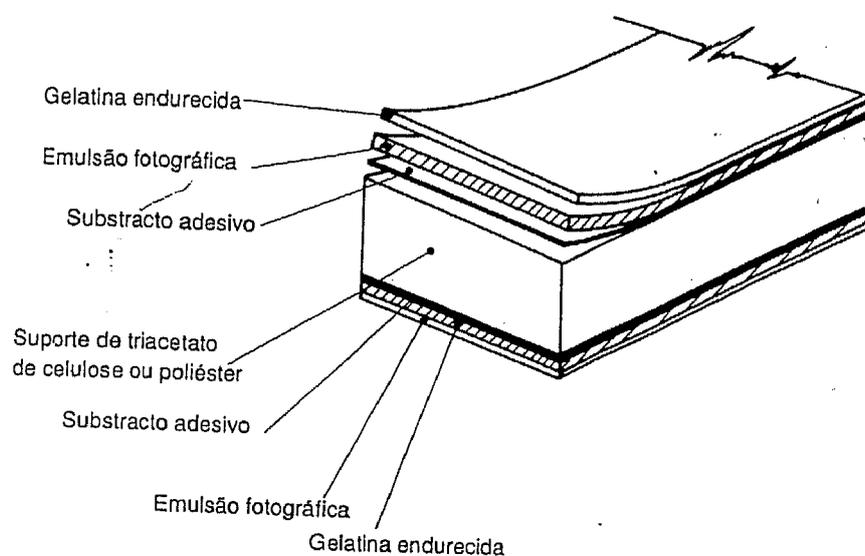


Figura 19 - Representação de uma película radiográfica [2].

Quando uma película radiográfica colocada na face posterior de um material é impressionada e processada, observa-se que as diferentes intensidades de radiação X se traduzem por diferentes graus de escurecimento da película, quando observada através de uma superfície translúcida iluminada (Negatoscópio).

Este enegrecimento designa-se por "densidade fotográfica", D , e define-se por [2, 6]:

$$D = \log \frac{I_0}{I_t}$$

I_0 é a intensidade de luz incidente na película e I_t a intensidade de luz transmitida através do filme.

A relação I_0/I_t é também designada por opacidade [2].

A exposição, E , dada a uma película é o produto da intensidade da radiação I pelo tempo de exposição t .

$$E = It \text{ (mA.min)}$$

Os fabricantes apresentam normalmente diversos tipos de película, com diferentes sensibilidades [2].

Não existe um método internacionalmente acordado para especificar velocidades ou dimensões de grão das películas radiográficas.

É geralmente assumido que uma película menor sensibilidade, correspondente a um grão mais fino é susceptível de mostrar melhor certos detalhes que uma película de maior sensibilidade.

As películas de grão mais fino apresentam também melhor contraste.

As películas utilizadas em radiografia industrial podem agrupar-se em duas famílias principais [2]:

a) Películas do tipo directo, para uso com ou sem écrans de chumbo.

- películas ultra-rápidas;
- películas de velocidade média;
- películas de grão fino;
- películas ultra-lentas de grão extra fino.

A fase de processamento da película efectua-se num local designado câmara escura, já que tal como qualquer filme fotográfico as emulsões utilizadas são foto-sensíveis [2]. A câmara escura deve ser completamente vedada a qualquer tipo de luz utilizando-se uma iluminação especial enquanto decorre a revelação e fixação [6]. Na câmara escura devem-se estabelecer duas zonas [6]:

- a zona seca;
- a zona húmida.

Na primeira procede-se ao manuseamento das películas e a sua colocação nos porta-filmes que irão mergulhar nos químicos.

Na zona húmida, encontram-se os recipientes com os banhos normalmente agrupados em conjuntos.

Devem-se ter sempre especial atenção ao manuseamento das películas nomeadamente devem ser evitados os contactos com as mãos ou outros objectos.

As películas de raios-X no entanto, resistem bem ao comprimento de onda vermelho, podendo este tipo de luz ser usado durante a separação da película do porta-películas e dos écrans [2].

As operações do processamento da película constam de [2, 6]:

- revelação;
- lavagem por aspersão com jactos de água;
- fixação;
- lavagem prolongada com água renovada;
- secagem.

As películas impressionadas são colocada em suportes adequados às suas dimensões e mergulhadas sucessivamente nos diferentes banhos [2].

Os tempos de permanência em cada um dos banhos são recomendados pelo fabricante, sendo normalmente de 5 a 10 minutos para a revelação e para a fixação respectivamente [2, 6].

Quando se introduz a película no banho de revelação, o revelador actua rapidamente sobre os cristais formando a imagem [6].

Durante esta operação deve ter-se em conta os seguintes factores importantes [6]:

- temperatura do revelador;
- tempo de aplicação;

- preparação do banho antes e durante a revelação.

A temperatura e o tempo de revelação são os factores mais importantes. Um revelador, para ser utilizado em boas condições, a sua temperatura deve estar fixada em 20 °C [2, 6]. Em certos casos não é possível manter a temperatura nos 20 °C, sendo então necessário reduzir-se o tempo de permanência. No entanto, essa temperatura não deve ser superior a 24 °C nem inferior a 18 °C pois dará origem a filmes defeituosos [6].

Os filmes, depois de introduzidos na tina de revelação, devem ser agitados durante os primeiros 30 segundos, a fim de permitir o desprendimento de eventuais bolhas gasosas que impediriam uma acção uniforme do revelador [6].

É importante, sempre que se vai iniciar o trabalho, agitar com energia o banho durante algum tempo [6].

Depois de completada a revelação, a película deve ser escorrida durante algum tempo sobre o tanque correspondente e de seguida lavada num tanque de água de forma a que seja retirado o excesso do revelador [6].

Na última fase do tratamento químico dos filmes, a fixação elimina os sais de prata não impressionados fixando os sais de prata impressionados provocando o endurecimento da gelatina [6].

A temperatura e o tempo de fixação não têm a mesma importância que na revelação, mas mesmo assim deve considerar-se uma temperatura idêntica à do revelador e um tempo próximo do dobro do da revelação [6].

Também nesta última fase de processamento, a película deve ser agitada durante os primeiros 30 segundos [6].

Após a fixação é necessário remover todos os resíduos dos produtos químicos do último banho, que a manterem-se provocariam a descoloração da imagem [6].

A lavagem final em água renovada deve durar cerca de 30 minutos, seguida de secagem, normalmente em estufa [2].

Se o tanque de lavagem não é de água corrente, deve ser lavado diariamente [6].

O tipo de estufa é importante dado que a circulação de ar quente no seu interior deve assegurar uma secagem progressiva e uniforme em toda a superfície da película, de maneira a não se desenharem gotas ou escorridos os quais são perturbadores do exame de interpretação, podendo confundir-se com defeitos do material radiografado [2]. Esta operação é muito importante, visto que dela pode depender a qualidade do filme: a acção mecânica sobre a gelatina muito sensível nesta fase e a possibilidade de absorção de poeiras difíceis de remover [6].

A intensificação da imagem radiográfica da radiação X é função da quantidade de energia radiante absorvida pelas camadas foto-sensíveis da película [2].

Mesmo utilizando películas de dupla camada de emulsão, apenas uma pequena fracção da energia de radiação transmitida que atinge a película é absorvida (cerca de 1 % a 100 kV), os restantes 99 % atravessam a película e não são aproveitados. Para remediar em parte este inconveniente usam-se écrans ou placas intensificadoras. A película radiográfica é colocada entre dois écrans, os quais, sob a acção da radiação X, ou emitem electrões (écrans de chumbo), ou se tornam fluorescentes (écrans alcalinos) [2, 6].

Os écrans intensificadores metálicos são usualmente constituídos por duas finas placas de chumbo, de 0.02 a 0.2 mm de espessura. A película é colocada entre os dois écrans, e o conjunto comprimido por forma a assegurar um contacto perfeito [2].

A radiação absorvida pelo metal do écran, liberta electrões que atingem a emulsão fotográfica e reforçam, ou intensificam a acção da radiação absorvida directamente.

A contribuição dos écrans para a falta de definição é praticamente nula, dadas as reduzidas espessuras utilizadas; em contrapartida, a sua acção intensificadora permite reduzir os tempos de exposição de um factor que se situa entre 2 e 6, dependente da fonte de radiação utilizada.

Os écrans fluorescentes são constituídos por uma camada de um sal metálico, o qual absorvendo a radiação X, fluoresce nas partes visíveis e ultravioleta, do espectro de radiação à qual a película é sensível [2].

O sal metálico é quase sempre o tungstato de cálcio. A radiação luminosa produzida pelo écran é proporcional à radiação X absorvida, donde resulta um esforço considerável da radiação activa e um aumento do contraste da imagem. O factor de intensificação com écrans salinos é de cerca de 50, que comparado como factor de 2 a 6 obtido com écrans de chumbo, poderá fazer pensar que a sua utilização seria muito vantajosa e até nalguns casos providencial, quer por permitir utilizar fontes de radiação menos potentes quer por permitir exposições muito mais curtas, o que até sob o ponto de vista económico seria interessante.

No entanto, a sua estrutura cristalina produz uma granulação pronunciada na película, o que reduz a definição, e além disso, o facto de responderem bem à radiação de maior comprimento de onda, torna-as também sensíveis a radiações secundárias, aumentando a acção destas no efeito perturbador anteriormente referido.

3.3.3 – Relação entre o contraste e a energia da fonte de radiação

Dizendo o contraste respeito às diferentes densidades obtidas numa película e à sua correspondência com as diferentes espessuras do material, é evidente que quanto maior for a diferença de densidades para a mesma diferença de espessura, maior será o contraste [2, 6].

O contraste varia com [2, 6]:

- o tipo de película (e com os écrans utilizados);
- a revelação da película radiográfica;
- a energia da fonte utilizada;
- a relação entre a radiação directa (ou primária) e a radiação difusa (ou secundária).

Para serem obtidas radiografias de boa qualidade deve ter-se em conta algumas regras práticas [6]:

- afastar ao máximo a distância entre a fonte e a peça mas de forma a obterem-se tempos de exposição aceitáveis;
- reduzir ao máximo a distância peça/filme e evitar a difusão;
- utilizar filmes de alto gradiente, que permitem tempos de exposição aceitáveis;
- utilizar écrans intensificadores de chumbo;
- revelar o filme nas condições correctas.

3.3.4 – Degradação da intensidade de radiação com a distância

A intensidade de radiação por unidade de superfície de película radiográfica diminui drasticamente com a distância entre a fonte e a peça, e o fenômeno é regido pela designada “lei do quadrado” [2, 6].

Como se pode ver na figura 20 o feixe de radiação a uma distância D_2 dupla de D_1 abrange uma área 4 vezes maior pelo que a intensidade por unidade de superfície fica reduzida a $\frac{1}{4}$ do valor obtido à distância D_1 [2].

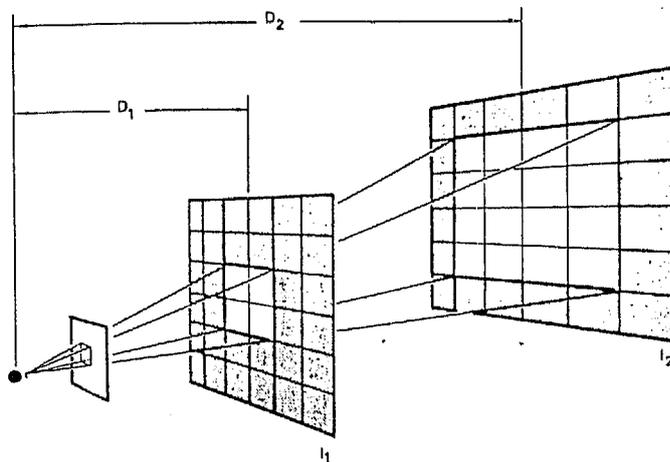


Figura 20 – Representação da relação intensidade de radiação com a distância [2].

Sendo I_1 e I_2 as intensidades de radiação por unidade de superfície, às distâncias respectivamente D_1 e D_2 dupla de D_1 pode escrever-se [2]:

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{D_1^2}{2D_1^2} \Rightarrow \frac{I_2}{I_1} = \frac{1}{4}$$

o que equivale a dizer que ao multiplicarmos a distância se recebe para a mesma área, apenas um quarto da radiação.

Esta conclusão que generalizando, podemos escrever:

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{D_1^2}{D_2^2}$$

A sensibilidade radiográfica é a capacidade de uma radiografia poder apresentar com clareza pormenores de uma determinada dimensão ou alterações pontuais na peça devido a defeitos de fabrico [6].

Para se verificar a sensibilidade duma radiografia utilizam-se os “Indicadores de Qualidade de Imagem” (IQI) [2, 6].

Os IQI podem ser constituídos por lâminas ou fios de vários diâmetros e devem ser colocados em contacto, o mais perfeito possível, com a peça a ensaiar e do lado da emissão do feixe de radiação [6].

É muito importante seleccionar os indicadores de qualidade correspondentes à peça, tendo em conta que o material de que é feito o IQI deve ser igual ao da peça a examinar.

A sensibilidade da imagem, é definida pela razão [2, 6]:

Sensibilidade (%) = Ø arame mais fino visível / espessura em exame * 100

A menor sensibilidade corresponde obviamente à melhor qualidade de imagem [2].

Um exemplo de IQI está representado na figura 21.

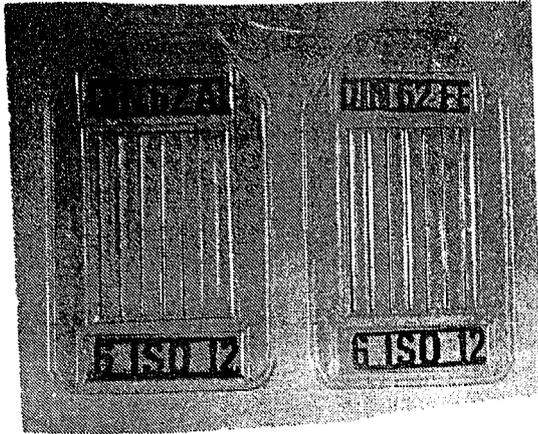


Figura 21 – Exemplo de um IQI [2]

Numa radiografia há vários factores que poderão ter influência na sua sensibilidade [6]:

a) Quanto ao contraste do filme

- diferenças de espessura da peça a examinar;
- tipo de fonte e radiação secundária;
- tipo de filme e processamento;
- densidade.

b) definição de imagem

1 – Factores geométricos:

- dimensão do foco de emissão;
- distância fonte/peça;
- distância peça/filme;
- diferenças de espessura da peça;
- contactos dos écrans/filme.

2 – factores de processamento:

- tipo de filme;

- tipo de écrans;
- tipo de fonte;
- revelação.

Alguns autores apresentam as seguintes analogias para 4 defeitos típicos [2]:

1 – Pequenas cavidades esféricas contendo gás (correntemente designados por poros).

2 – Porosidade tubular (descontinuidades lineares de secção aproximadamente circular).

3 – Falta de penetração na raiz de uma soldadura.

4 - Cavidade de grandes dimensões (próprias de peças obtidas por vazamento).

3.3.5 – Interpretação radiográfica

As quatro etapas de interpretação são [2]:

- a) confirmar que a película corresponde à amostra radiografada e de que foi utilizada a técnica correcta. O que é conseguido pela verificação da sensibilidade de IQI;
- b) reconhecer as marcas ou sinais de manipulação inadequada;
- c) identificar a natureza, localização e dimensões dos defeitos observados na amostra;
- d) elaborar um relatório dos resultados.

Durante o processamento de uma radiografia, nem sempre o trabalho é feito nas condições mais indicadas. Como resultado, pode obter-se um filme de baixa qualidade [6].

A seguir indicam-se vários defeitos vulgares e as suas causas possíveis.

Radiografias com pouco contraste

1-Densidade correcta

- radiação excessivamente penetrante
- exposição longa, compensada por uma revelação curta;
- revelação longa num banho frio;
- revelador mal preparado.

2- Densidade baixa

- tempo de revelação curto;
- revelador mal preparado ou exausto.

Radiografias com contraste excessivo

- radiação pouco penetrante;
- exposição curta, compensada por uma revelação longa;
- revelador mal preparado.

Radiografias com densidades elevadas

- exposição excessiva;
- revelação longo ou banho com temperatura demasiado alta;
- revelador mal preparado.

Radiografias com densidades baixas

- exposição insuficiente;
- revelação curta;
- revelador mal preparado ou exausto.

Radiografias com falta de definição

- distância fonte/filme muito curta;
- distância peça/filme excessiva;
- dimensão do foco de emissão demasiado grande;
- vibrações da peça ou fonte durante a exposição;
- mau contacto entre o filme e écrans;
- excesso de radiação difusa;
- má escolha do filme ou écrans.

Radiografia com véu de fundo

- filme exposto involuntariamente à luz ou às radiações;
- iluminação inadequada da câmara escura;
- película velha ou em más condições;
- revelador mal preparado;
- filme exausto a temperaturas altas;
- fonte de radiação difusa;
- exposição muito curta compensada com um tempo de revelação longo.

Radiografias amareladas

- lavagem intermédia incorrecta;
- fixador exausto;

- revelação longa em revelador exausto;

Radiografias com manchas esbranquiçadas

- o filme não foi atingido durante a revelação ou agitado incorrectamente;
- o filme não foi suficientemente lavado após a revelação;
- gotas do banho de fixação caíram no filme antes da revelação;
- secagem rápida ou irregular do filme;
- écrans deteriorados.

Radiografias com manchas escuras

- gotas do revelador no filme antes da revelação;
- gotas de água no filme antes da revelação;
- secagem lenta e irregular

3.3.6 – Protecção contra radiações ionizantes

As radiações ionizantes podem originar danos graves dos tecidos humanos [2, 6].

Deste modo, é necessário garantir condições de segurança, não só aos operadores mas aos outros trabalhadores ou pessoas na vizinhança dos locais onde se efectuam operações de controle por raios-X.

As alterações fisiológicas que podem provocar, vão desde pequenas dermatoses e queimaduras superficiais, até uma alteração

profunda dos tecidos e dos glóbulos sanguíneos, provocando transtornos globulares que podem ser fatais [2].

Um aspecto que convém ter sempre presente, é o de que as pequenas doses, que recebidas isoladamente não oferecem risco de acidente, têm um efeito cumulativo, podendo vir a manifestar-se mais tarde em alterações orgânicas no indivíduo.

O operador deve trazer sempre consigo durante o trabalho, o dosímetro de película colocado por fora da roupa e ao nível do peito. Este dosímetro não pode ser cedido a terceiros nem servir para eventuais experiências [6].

3.3.7 - Critérios de aceitação

Segundo o código ASME, secção VIII, divisão I:

- a) *Densidade de imagem.* A densidade de imagem pode variar mas isto não pode ser tido em conta como um critério de aceitação ou rejeição.
- b) *Tipo de indicações* (ver tabela 6).

Tabela 6 – Tipo de indicações

Tipo de indicação	Máximo permitido (mm)
Arredondado	6.35t 4 (sempre que inferior a 6.35t)
Arredondada isolada (indicação afastada de mais de 25.4 mm doutra)	8.5t 6.35 (sempre que inferior a 8.5t)
Alinhadas	$\Sigma (\emptyset) < t$ num comprimento de 12 t
Agrupadas	25.4t 2t
Vários agrupamentos	$\Sigma (l) \leq 25.4$ se comprimento de soldadura = 152mm

- c) *Espaçamento.* A distância das indicações adjacentes alinhadas não é um factor que vai determinar a aceitação ou a rejeição, excepto quando pedido para indicações isoladas ou grupos de indicações alinhadas.
- d) *Espessura de soldadura t menor que 3.2 mm.* Para t menor que 3.2 mm o número máximo de indicações arredondadas não se pode verificar numa extensão superior a 152 mm a 305 mm. Um número menor de indicações proporcionalmente inferior pode ser permitido em soldaduras de comprimento inferior a 152 mm.

3.4 - Ensaio hidráulico

O ensaio hidráulico é um ensaio não-destrutivo que permite verificar a existência, de fugas num determinado componente [5].

Este tipo de ensaio permite localizar e determinar a quantidade de fugas existente num componente.

Estes ensaios tem um grande impacto na segurança e na desempenho de um produto. Estes ensaios diminuem os custos de recuperação e reclamação.

As grandes vantagens para a execução deste tipo de ensaio não-destrutivo são:

- diminuição dos gastos de materiais, como este ensaio é um ensaio não destrutivo não se danifica o componente;
- pouco consumo de energia;
- poucos riscos de contaminação para o ambiente.

3.4.1 - Critério de Aceitação

Segundo a norma BS 5500:

A água será usada como um agente pressurizado.

O teste standard é determinado de acordo com:

Testes standard de pressão

A pressão do ensaio é

$P_e = 1.5p$, onde

P_e – pressão de ensaio

p – pressão de trabalho

Nota 1: para evitar o risco de congelação, é recomendado que a temperatura da água não seja inferior a 7 °C.

Nota 2: é dada atenção para a necessidade de controlar os cloretos na água durante o teste no caso de recipientes de aço austenítico.

Nota 3: Quaisquer outros líquidos podem ser usados, sendo necessárias as precauções adicionais dependendo da natureza do líquido.

4 - Procedimentos de execução dos ensaios não-destrutivos

Os procedimentos de execução dos ensaios não-destrutivos encontram-se em anexo 2.

5 - Plano Inspeção e Ensaio

Para cada equipamento é definido um plano de controlo (ver anexo 3) o qual indica todas as operações de controlo, as especificações a utilizar para essas inspeções e as entidades envolvidas na inspeção (Produção, Qualidade, Entidade Inspectoras e Cliente).

6 - Elaboração do procedimento interno de verificação do equipamento raio-X

1 - Objectivo

O objectivo deste PQ visa definir o modo de efectuar o método de verificação do equipamento de raio X.

2 – Campo de Aplicação

Este PQ aplica-se sempre que se efectue a calibração do equipamento de raio-X.

3 – Definições

4 – Referências

5 - Responsabilidades

É da responsabilidade da Direcção da Qualidade a implementação deste procedimento.

O cumprimento deste procedimento é da responsabilidade do Operador do equipamento de raio-X e do Técnico do Controlo da Qualidade responsável pelos ensaios não destrutivos.

6 – Procedimento

6.1 – Periodicidade de calibração

O aparelho deve ser calibrado ao fim de cada 500 horas de tempo de trabalho.

6.2 – Método de calibração

O Operador do equipamento de raio X age de modo a:

I – Colocar a película sobre uma espessura de 40 mm de chumbo.

II – Colocar o padrão de escada VW em cima da película.

- III – Ligar o aparelho .
- IV – Regular o tempo e a kilovoltagem do aparelho em relação à espessura, como indicado na Tabela 1 e gráfico em anexo 4
- V – Proceder à emissão

Tabela 1

KV	Espessura (mm)
100	1
	2
	3
140	4
	6
	7
180	4
	8
	10

6.3 – Revelação

Ver procedimento raio-X ponto 6.4

6.4 – Interpretação dos resultados

O Técnico de Controlo Radiográfico age de modo a:

- I – Calibrar o densitómetro, segundo o procedimento de calibração do densitómetro.
- II – Colocar a película no negatoscópico.
- III – Medir a densidade da película nas espessuras indicadas na Tabela 1.
- IV – Os valores encontrados devem ser de 2 com uma tolerância de ± 0.2 . Caso estejam fora da tolerância repetir os pontos anteriores variando o tempo de emissão.
- V – Elaborar o gráfico em função do tempo/espessura

7 - Documentos

7 – Sistema de garantia da qualidade implementado na produção das garrafas

7.1 – Inspeção e Ensaio de Recepção

Quando da chegada das matérias primas à Fábrica 2, o Controlo de Qualidade efectua a sua recepção consistindo esta na comparação dos pesos declarados com os pesos reais e comparação dos certificados de análise enviados com as marcações apostas nas matérias primas.

Os certificados de análise são inicialmente aprovados pela Direcção da Qualidade com o objectivo de comprovar que os valores referidos no mesmo estão de acordo com a norma do material.

7.2 – Inspeção e Ensaio em Curso de Produção

Está definido um fluxograma de fabrico que representa a circulação de todas as peças que compõem as garrafas indicando os diferentes postos de trabalho, pelo que os diferentes componentes são submetidos assim como a indicação do ponto de auto controlo e de inspeção pelo Controlo da Qualidade (ver anexo 5).

Em cada posto de trabalho estão disponíveis instruções que indicam o modo operatório, os parâmetros a controlar e os critérios de aceitação.

7.3 – Inspeções e Ensaios Finais

7.3.1 – Recolha de amostra para Aprovação do Lote

Para a execução dos ensaios escolhe-se aleatoriamente, de cada lote um número de garrafas como indicado a seguir.

Um lote é constituído, no máximo, por três mil garrafas do mesmo tipo, isto é, garrafas com o mesmo desenho, igual espessura, comportando os mesmos acessórios e fabricadas na mesma oficina a partir de chapas que tenham especificações idênticas. Estas garrafas devem ser soldadas segundo o mesmo procedimento e tratadas termicamente nas mesmas condições e ainda fabricadas no mesmo dia ou em dias consecutivos.

Em função da dimensão do lote, as garrafas amostradas são submetidas aos ensaios mecânicos e o ensaio de rebentamento sob pressão hidráulica de acordo com a repartição da tabela 7.

Tabela 7– Dimensão e caracterização da amostra

Efectivo do lote	Garrafas colhidas	Garrafas submetidas	
		aos ensaios mecânicos	ao ensaio de rebentamento
$N \leq 500$	3	1	2
$500 < N \leq 1500$	9	2	7
$1500 < N \leq 3000$	18	3	15

Se uma garrafa não satisfazer os ensaios mecânicos ou o ensaio de rebentamento, colhe-se ao acaso, do mesmo lote, um número de garrafas como o indicado na tabela 8 e efectuam-se os ensaios indicados no mesmo.

Tabela 8 – Dimensão e Caracterização das segundas amostras

Nº efectivo do (N) lote	Garrafas colhidas	Ensaios não satisfatórios	Garrafas submetidas	
			aos ensaios mecânicos	aos ensaios de rebentamento
250 < N < 500	3	Ensaios mecânicos Ensaios rebentamento	2 1	1 2
500 < N < 1500	9	Ensaios mecânicos Ensaios rebentamento	5 2	4 7
1500 < N < 3000	18	Ensaios mecânicos Ensaios rebentamento	9 3	9 15

Se uma ou várias destas garrafas não derem resultados satisfatórios o lote deve ser rejeitado.

7.4 – Descrição dos Ensaios para aprovação do Lote

7.4.1 - Ensaios destrutivos

Os ensaios mecânicos, na falta de prescrição contidas nas Directiva 84/527/CEE, são efectuados de acordo com:

a) Euronorma 2-80 e 11-80 para o ensaio de tracção, no caso em que a espessura do provete é superior ou igual a 3 mm e naquele em que a espessura é inferior a 3 mm, respectivamente.

b) Euronorma 6-55 e 12-55 para o ensaio de dobragem, no caso em que a espessura do provete é superior ou igual a 3 mm e naquele em que essa espessura é inferior a 3 mm, respectivamente.

Todos os ensaios mecânicos destinados ao controlo das características do metal de base e das soldaduras do invólucro resistente das garrafas para gás são efectuados em provetes colhidos em garrafas prontas, sem o acabamento de pintura.

Segundo a Directiva do Conselho 84/527/CEE de 17 de Setembro de 1984, para as garrafas de gás de aço não ligado, soldadas, em todas as garrafas amostradas efectuam-se os seguintes ensaios:

a) nas garrafas que comportam exclusivamente soldaduras circunferenciais (garrafas de duas peças) são retiradas dos locais indicados na figura 22:

- um ensaio de tracção: metal de base no sentido longitudinal (a); se isso não for possível, no sentido transversal,

- um ensaio de tracção: perpendicularmente à soldadura circunferencial (b),

- um ensaio de dobragem: na raiz da soldadura circunferencial (d),

- um ensaio de dobragem: na face da soldadura circunferencial (c),

- um ensaio macroscópico: da secção soldada;

b) nas garrafas com soldadura longitudinal e circunferencial (garrafas de três peças) são retiradas amostras dos locais indicado na figura 23:

- um ensaio de tracção: metal de base da secção cilíndrica na direcção longitudinal (a); se isso não for possível, na direcção transversal,

- um ensaio de tracção: metal de base do fundo (b),

- um ensaio de tracção: perpendicularmente à soldadura longitudinal (c),

- um ensaio de tracção: perpendicularmente à soldadura circunferencial (d),

- um ensaio de dobragem: na face da soldadura longitudinal (e),

- um ensaio de dobragem: na raiz da soldadura longitudinal (f),

- um ensaio de dobragem: na raiz da soldadura circunferencial
- (g),
- um ensaio de dobragem: na face da soldadura circunferencial
- (h),
- um ensaio macroscópico: da secção soldada

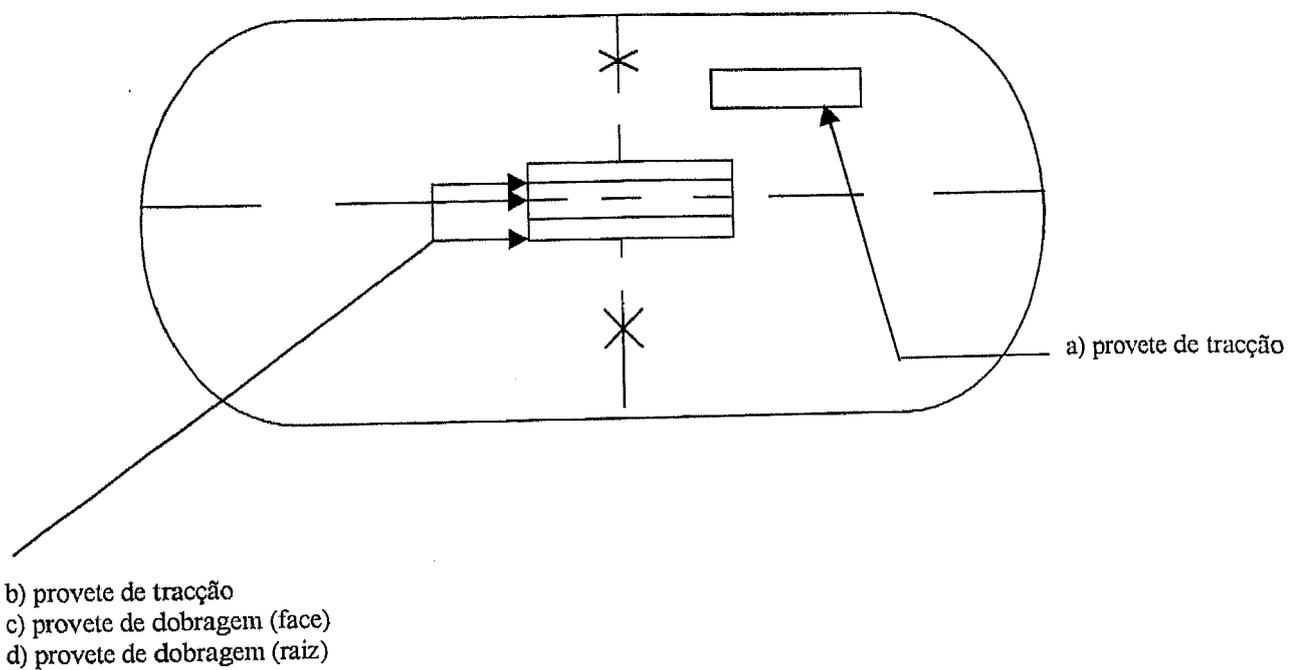


Figura 22 – Provetes colhidos nas garrafas de duas peças

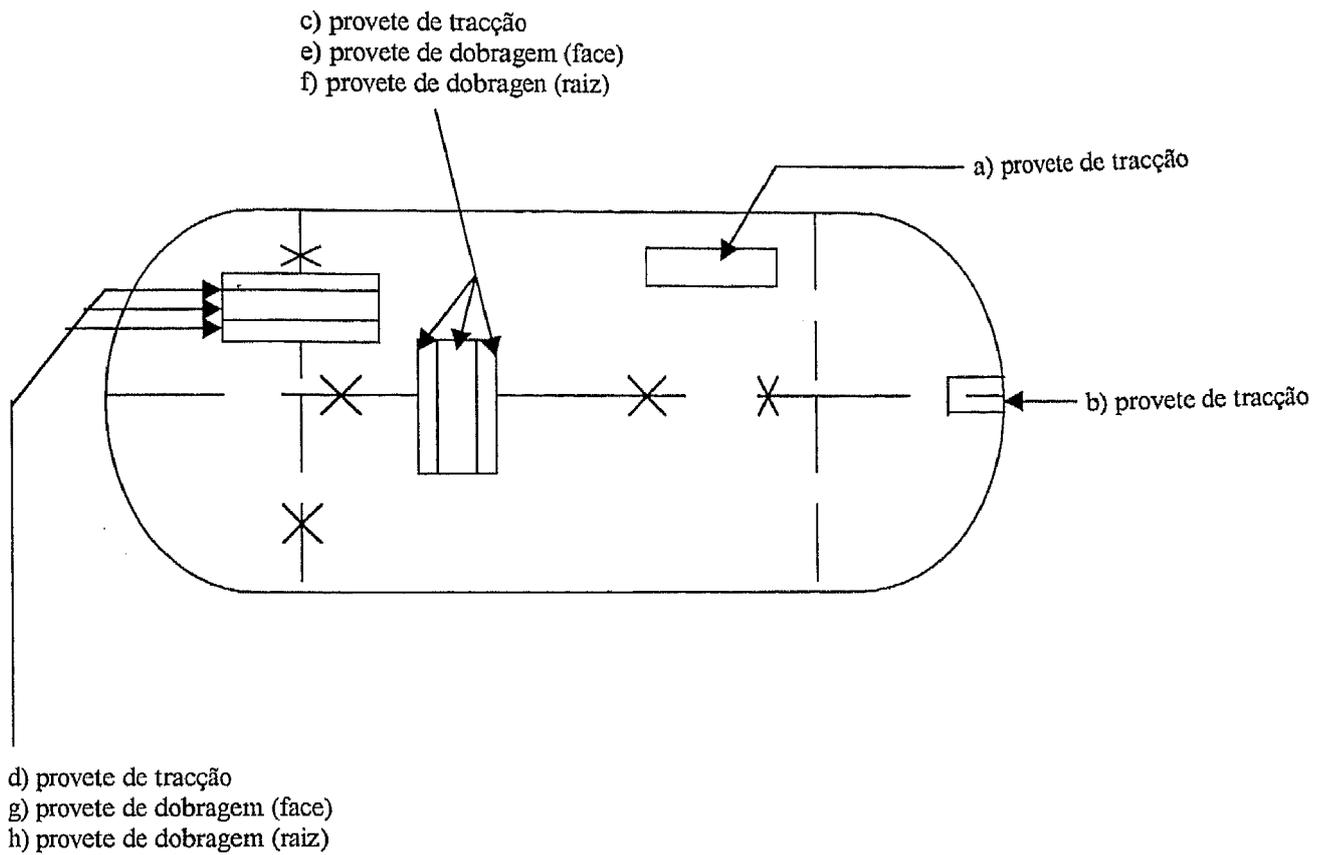


Figura 23 – Provetes colhidos nas garrafas de três peças

Os provetes que não estejam suficientemente planos devem ser endireitados por presagem a frio.

Os provetes, que comportem uma soldadura, deve ser maquinado a fim de eliminar a sobrespessura.

7.4.1.1 – Ensaio Mecânicos

7.4.1.1.1 - Ensaio de tracção

A Euronorma 2-80 tem por objectivo descrever o ensaio de tracção dos produtos em aço e definir as características mecânicas que é possível determinar. Ela aplica-se aos produtos em aço com um diâmetro superior ou igual a 4 mm ou de uma espessura superior ou igual a 3 mm, assim como sobre produtos de pequenas dimensões, tais como barras e perfis.

O ensaio consiste em submeter um provete a um esforço de tracção e geralmente até á rotura, com vista a determinar uma ou várias das características enumeradas mais adiante.

Provetes de tracção retirados do metal base

O provete de tracção é ligado às cabeças de amarração, as quais podem ser de qualquer forma adaptada aos dispositivos de fixação da máquina de ensaio.

A secção do provete pode ser circular, quadrada ou rectangular.

Para os provetes de secção rectangular é recomendado não ultrapassar a relação 8:1 entre largura e espessura.

Em regra geral, o diâmetro da parte calibrada do provete cilíndrico não deve ser inferior a 4 mm.

As tolerâncias sobre das dimensões transversais dos provetes são fixadas (determinadas) pela tabela 9.

Tabela 9 – Tolerâncias dimensionais para provetes

Dimensões transversais das amostras	Dimensões nominais	Tolerâncias de fabricação sobre as dimensões nominais ⁽¹⁾ (mm)	Tolerâncias de formas (mm)
Diâmetro das amostras fabricadas de secção circular	> 3mm até 6 mm > 6 mm até 10 mm > 10 mm até 18	± 0.06 ± 0.075 ± 0.09	0.03 ⁽²⁾ 0.04 ⁽²⁾ 0.05 ⁽²⁾
Dimensões transversais das amostras de secção rectangular fabricadas sobre 4 faces		Mesmas tolerâncias que sobre o diâmetro das amostras de secção rectangular	
Dimensões transversais das amostras de secção rectangular fabricadas sobre duas faces opostas	> 3 até 6 > 6 até 10 > 10 até 18 > 18 até 30 > 30 até 50		0.18 ⁽³⁾ 0.22 ⁽³⁾ 0.27 ⁽³⁾ 0.33 ⁽³⁾ 0.39 ⁽³⁾
<p>(1) As tolerâncias de fabricação (ver ponto, segundo ISO/R 286) são aplicáveis quando se deseja fazer intervir no cálculo o valor nominal da secção ser ter de medir esta secção.</p> <p>(2) Tolerância IT 9</p> <p>(3) Tolerância IT 15</p> <p style="margin-left: 100px;">} Desvio máximo entre as medidas de uma dimensão transversal determinada, sempre ao longo da parte calibrada da amostra</p>			

A figura 24 representa provetes do metal base que vão ser submetidos ao ensaio de tracção

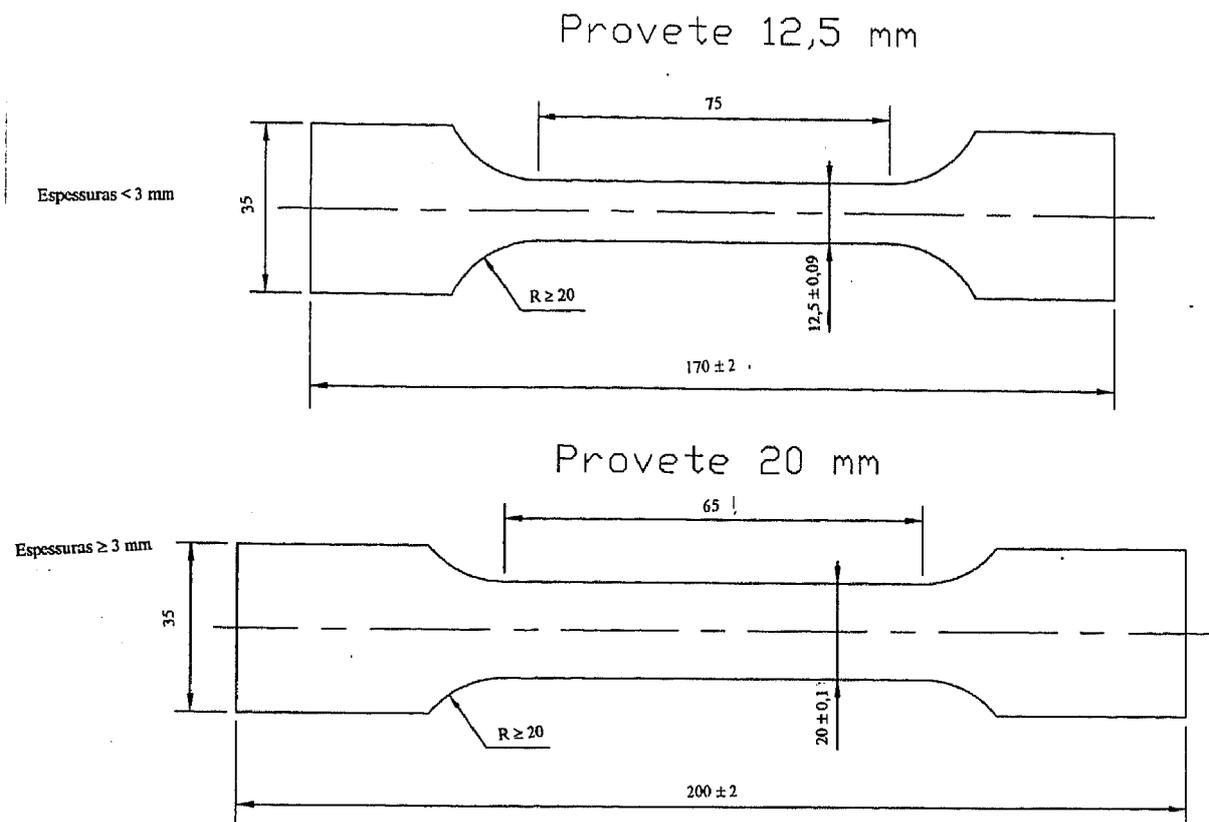


Figura 24 - Desenho de provetes que vão ser submetidos ao ensaio de tracção (metal base)

Provete de tracção retirado da soldadura

Segundo a Directiva 84/527/CEE, o ensaio de tracção perpendicular à soldadura deve ser feito num provete que tenha uma largura de 25 mm e um comprimento que tenha até 15 mm, para além do centro de soldadura, de acordo com a figura 25.

Provete perpendicular a soldadura

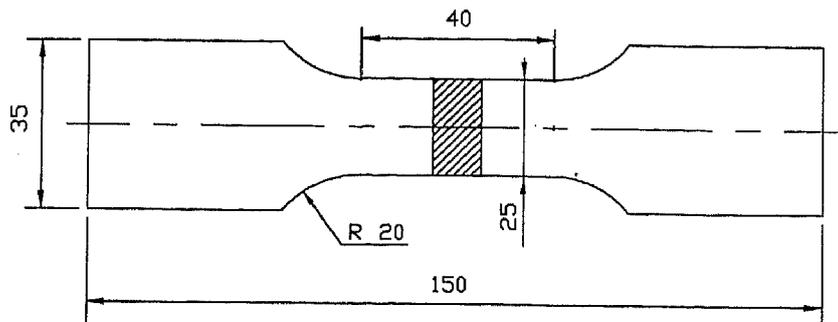


Figura 25 - Desenho de provetes que vão ser submetidos ao ensaio de tracção (na soldadura)

O valor da resistência à tracção obtida deverá ser no mínimo, igual ao valor exigido para o metal de base, qualquer que seja o local da secção central do provete onde se produziu a rotura.

7.4.1.1.1.1 - Critérios de Aceitação

A tabela 10 estabelece os valores limites para os ensaios de tracção. Se os resultados obtidos nos ensaios de tracção não estiverem de acordo com os valores da tabela 10 o lote é rejeitado.

Tabela 10 – Valores limites para os ensaios de tracção

Variedades Designação Convencional	Limite superior de elasticidade N/mm ² minimo	Resistência à tracção N/mm ²	Alongamento à rotura para as espessuras		Temperaturas de normalização (2)
			< 3 mm (Lo=80mm) % minimo	3 a 5 mm (Lo=5.65√So) % minimo	
FeE 235 KR	235	360 a 460	22	30	920 a 960
FeE 265 KR	265	410 a 510	20	28	890 a 930
FeE 310 KR	310	430 a 530	18	25	880 a 920
FeE 345 KR	345	490 a 610	17	24	880 a 920

(1)- As características mecânicas dadas no quadro 4 aplicam-se às amostras no estado normalizado ou no estado de laminagem controlada.
 (2)- A amostra é retirada ao Quadro da largura do produto: o eixo longitudinal do provete é perpendicular à direcção final da laminagem. Quando os produtos são entregues num estado diferente do resultante do tratamento de normalização ou de laminagem controlada, as amostras ou provetes devem ser submetidas a um tratamento de normalização.
 Para as fitas, a amostra é retirada na extremidade exterior, no caso onde os resultados dêem lugar a contestação, deve-se retirar uma amostra a uma distância suficiente (mínimo 1 espiral) da extremidade exterior. Para espessuras iguais ou superiores a 3 mm, o provete deve ser conforme as prescrições da Euronorma 2, com um comprimento entre marcações iguais a $5.65\sqrt{So}$, o provete deve comportar as duas camadas de laminagem. Salvo em caso de contestação, pode-se utilizar igualmente provetes não proporcionais.
 Para espessuras inferiores a 3 mm, o provete deve ser conforme as prescrições da Euronorma 11, com um comprimento entre marcações igual a 80 mm. O provete deve comportar as duas camadas de laminagem.
 (2)- As temperaturas de normalização indicadas aqui apenas são obrigatórias para o ensaio de provetes de referência.

7.4.1.1.2 - Ensaio de dobragem

Os procedimentos de execução do ensaio de dobragem são os que figuram na Euronorma 6-55 e 12-55. O ensaio de dobragem efectua-se, todavia, num provete que tenha uma largura de 25 mm, na direcção transversal à soldadura. O mandril deve situar-se no meio da soldadura durante a realização do ensaio.

7.4.1.1.2.1 - Critérios de Aceitação

O provete não deve fissurar quando, durante a dobragem em torno do mandril, os bordos interiores estejam separados por uma distância não superior ao diâmetro do mandril.

A figura 26 representa o ensaio de dobragem.

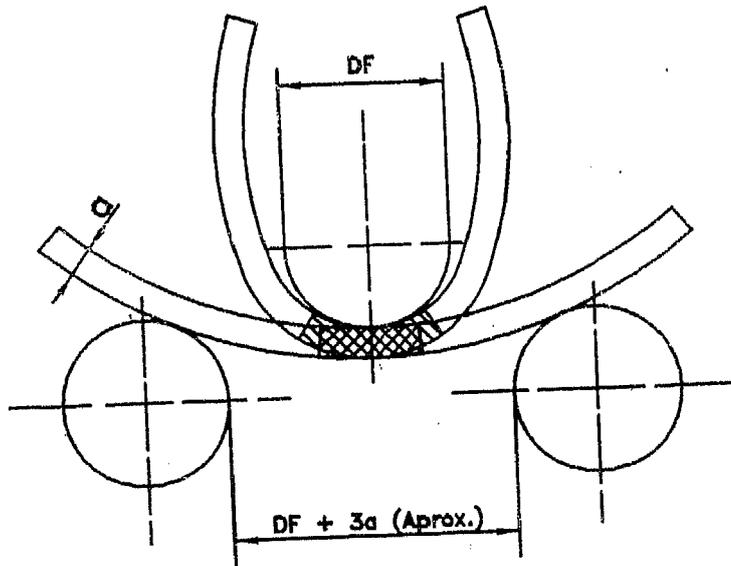


Figura 26 - Ensaio dobragem

Df - Diâmetro do mandril

a - Espessura da chapa

A relação (n) entre o diâmetro do mandril e a espessura do provete (\varnothing mandril = n.a , a é a espessura da chapa) não deve exceder os valores dados da tabela 11 seguinte:

Tabela 11 - Valores de resistência à tracção para o ensaio de dobragem

Resistência à tracção R_t MPa	Valor de n
≤ 440	2
> 440 e ≤ 520	3
> 520	4

7.4.1.2 – Ensaio de Rebentamento

Antes e se executar um ensaio de rebentamento é efectuado um ensaio de elasticidade

7.4.1.2.1 – Ensaio de elasticidade

Nas garrafas a submeter ao ensaio indicado no ponto 5.2 da NP 407 (ensaio de rotura sob pressão hidráulica) para além do indicado nesta secção deve proceder-se ainda como se segue:

- elevar a pressão até atingir o valor de 40 bar (40 daN/cm²), que se mantém durante 30 segundos;

- efectuar o retorno da pressão a zero e medir a deformação permanente produzida, a partir da diferença entre a água introduzida e a devolvida por recuperação elástica do material.

7.4.1.2.1.1 - Critérios de Aceitação

A deformação permanente não pode exceder 1 % da capacidade real inicial da garrafa;

- retomar o ensaio até à rotura.

7.4.1.2.2 - Ensaio de rebentamento sob pressão hidráulica

Todas as garrafas que foram submetidas ao ensaio de elasticidade são submetidas a este ensaio devem ser identificadas as inscrições que está previsto a por na parte da garrafa submetida à pressão.

O ensaio de rebentamento sob pressão hidráulica deve ser executado com o auxílio de um equipamento que permita uma subida regular da pressão até ao rebentamento da garrafa e de um registo da variação da pressão em função do tempo.

Os critérios adoptados para a interpretação do ensaio de rotura sob pressão são os seguintes:

Aumento volumétrico da garrafa; este é igual:

- ao volume de água utilizado entre o início da subida de pressão e a rotura, nas garrafas com uma capacidade superior ou igual a 6.5 L,
- à diferença do volume da garrafa entre o início e o fim do ensaio para as garrafas com uma capacidade inferior a 6.5 L.

Análise da superfície de fractura e da forma dos seus bordos.

Exigências mínimas do ensaio

- A pressão de rotura (P_r) medida não deve, em caso algum, ser inferior a $9/4$ da pressão de prova (P_h), 30 bar.
- Relações entre o aumento volumétrico da garrafa e o seu volume inicial:

- 20 % se o comprimento da garrafa for superior ao diâmetro,
- 17 % se o comprimento da garrafa for inferior ou igual ao diâmetro.

7.4.1.2.2.1 - Critérios de Aceitação

O ensaio de rotura não deve provocar nenhuma fragmentação da garrafa devendo a superfície de ruptura nunca ser paralela a uma soldadura.

A pressão de ruptura nunca poderá ser inferior a 67.5

A superfície de fractura não deve revelar defeito característico do metal.

7.4.1.2.3 – Ensaio Sistemático

Este ensaio é executado a 100 %, consistindo em introduzir água dentro da garrafa fazendo aumentar regularmente a pressão até ao momento em que é atingida a pressão de prova (30 bar).

A garrafa é mantida sob pressão durante um período suficientemente longo para se assegurar que a pressão não tende a diminuir e que é garantida a estanquicidade.

7.4.1.2.3.1 - Critérios de Aceitação

Após o ensaio, a garrafa não deve apresentar sinais de deformação permanente ou qualquer fuga.

Qualquer garrafa ensaiada que não satisfaça a prova deve ser rejeitada.

7.4.1.2.4 - Avaliação estatística dos resultados obtidos nos ensaios de rotura

a) Para a pressão, o desvio deve ser calculado pela seguinte expressão:

$$S_p = \sqrt{(\sum Pr^2 - nPm^2)/(n-1)}$$

em que,

S_p – desvio padrão;

Pr – pressão de rotura de cada uma das garrafas;

Pm – média aritmética das pressões Pr ;

n – número de garrafas ensaiadas.

da qual deve resultar:

$$Pm - 3S_p \geq 50.6 \text{ bar}$$

a) Do mesmo modo, o desvio padrão do volume deve ser calculado pela expressão:

$$S_v = \sqrt{(\sum Vr^2 - nVm^2)/(n-1)}$$

em que,

S_v – desvio padrão,

Vr – aumento relativo de volume,

V_m – média aritmética dos aumentos relativos de volume V_r ,
 n – número de garrafas de amostragem

que deve conduzir a :

$$V_m - 2S_v \geq 20 \%$$

7.5 - Execução dos ensaios destrutivos

Os ensaios de execução dos ensaios destrutivos encontram-se no anexo 6.

7.6 – Ensaios não-destrutivos

7.6.1 - Ensaio radiográfico

As soldaduras devem ser submetidas a um exame radiográfico de acordo com a prescrição da ISO R1106-1969, classe D.

Quando se utiliza um indicador de qualidade de imagem radiográfico do tipo de fio, o menor diâmetro do fio visível não pode exceder 0.10 mm.

A apreciação da radiografias das soldaduras faz-se em filmes originais, segundo a prática recomendada no parágrafo 6 da norma ISO 2504-1973.

7.6.1.1 - Critérios de Aceitação

Não são aceitáveis os seguintes defeitos:

- fissura, soldadura insuficiente ou penetração inadequada da soldadura.

São consideradas como inaceitáveis as seguintes inclusões:

- qualquer inclusão alongada ao qualquer grupo de inclusões arredondadas em linha quando o comprimento representado (um comprimento de soldadura de 12 a) for superior a 6mm.

- qualquer inclusão gasosa com uma dimensão superior a $a/3$ que está, para além disso, a uma distância de 25 mm de qualquer outra inclusão gasosa.

Qualquer outra inclusão gasosa com uma dimensão superior a $a/4$ mm,

- as inclusões gasosas, consideradas em qualquer comprimento de soldadura de 100 mm, cuja superfície total de todas as figuras for superior a 2a mm².

7.6.2 – Exame macroscópico

O ensaio macroscópico consiste no corte transversal das diferentes soldaduras em pequenos provetes que são polidos e atacados por uma solução de Nital com o objectivo de contrastar a soldadura

7.6.2.1 - Critérios de Aceitação

Deve apresentar uma fusão completa, e não pode relevar qualquer defeito de ligação nem qualquer inclusão importante ou outros defeitos.

No caso de dúvida, deve ser feito um exame microscópico da zona suspeita.

7.6.3 – Exame do aspecto exterior da soldadura

Este exame efectua-se logo que se termina a soldadura. A superfície soldada a examinar deve estar bem iluminada, isenta de gorduras, poeiras, resíduos de escória ou de qualquer camada de protecção.

7.6.3.1 - Critérios de Aceitação

A transição entre o metal soldado e o metal de base deve ser suave e isento de mordeduras. Não deve haver fendas, entalhes ou porosidade alinhada na superfície das soldaduras e adjacente. A superfície de soldadura deve ser regular e suave. Nas soldaduras topo a topo a sobreespessura não deve exceder $\frac{1}{4}$ de largura da soldadura.

7.7 – Inspeções finais para aprovação do lote

7.7.1 - Inspeção visual e dimensional

É retirada uma amostragem de acordo com a norma Mil STD 105, ao produto final conforme da tabela 1 e tabela 2 (anexo 7).

Nas garrafas retiradas são feitas as verificações visuais e dimensionais referidas no Plano de Controlo (anexo 8).

Ao utilizarmos tabelas de amostragem significa que aceitamos lotes em que poderão existir uma determinada percentagem de produtos defeituosos que estando dentro dos parâmetros previamente definidos são aceites, não carecendo de acções correctivas ou preventivas.

Pela nova teoria que tem como objectivo “zero defeito”, teoria esta com origem recente no Japão, ao aparecer um determinado defeito o mesmo é analisado com o objectivo de se determinar a origem do mesmo e são tomadas acções correctivas.

Actualmente, durante a fase de desenvolvimento e projecto dos novos produtos são feitas reuniões com os diferentes sectores

envolvidos desde a concepção até à expedição utilizando-se a técnica Brainstorm com o objectivo de estabelecer um caderno de encargos do produto definindo os métodos de produção e de controlo tendente a prevenir a ocorrência de defeitos.

8 – Elaboração de uma folha de cálculo para registo de resultados e elaboração de relatórios

Nesta parte do estágio, foi prestada uma ajuda em termos informáticos para a realização de uma folha de cálculo para registo de resultados e elaboração de relatórios no programa excel.

9 - Desenvolvimento de procedimentos sobre alguns itens da Norma ISO 9002

Nesta última fase do estágio, foi alterado o Manual da Qualidade e o Manual de Procedimentos, aos quais foram adicionados alguns pontos da norma e desenvolvimento de funções referentes aos diferentes departamentos e adaptação dos procedimentos às alterações estruturais da Empresa. Estes documentos não serão revelados porque são documentos confidenciais.

10 – Conclusões

Na Metalúrgica Progresso depara-se com um sistema complexo de difícil gestão dado as constantes alterações que existem no dia a dia quer a nível estrutural quer na melhoria do sistema da qualidade.

A empresa é auditada normalmente pelas entidades certificadoras que obrigam a um constante processo de melhoria, actualizando-se em termos de normas de referências utilizadas quer na produção quer nos ensaios.

Contudo foi possível constatar que o sistema da garantia da qualidade funciona, isto é, não está dependente das pessoas para funcionar.

De uma maneira geral, verifica-se que a descrição do sistema da qualidade (Manual da Qualidade e Manual de Procedimentos) transcreve a realidade da empresa.

Observação: No decorrer do estágio, o ambiente de trabalho foi o melhor possível, quer no esclarecimento de todas as dúvidas quer em termos de relações humanas.

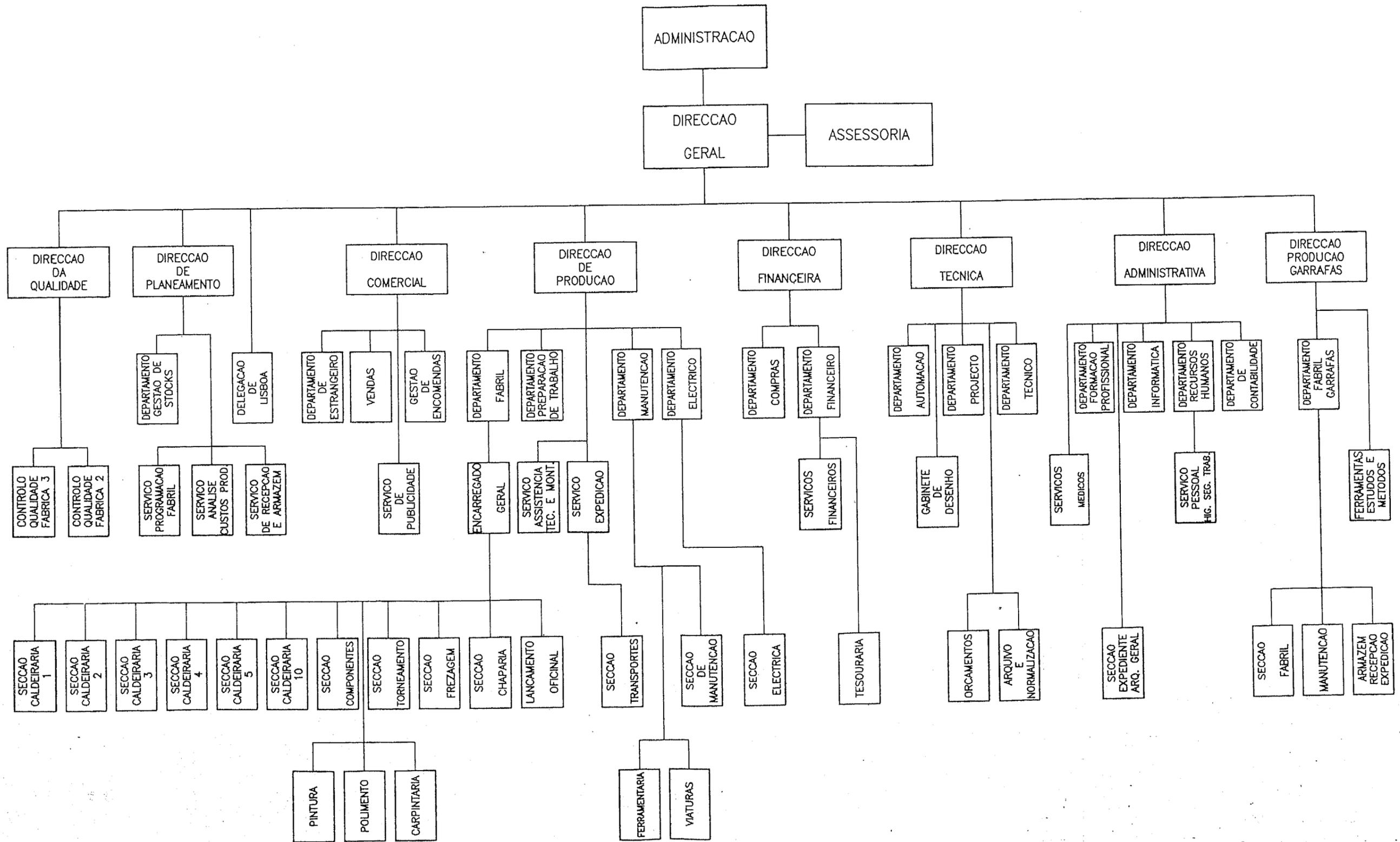
Bibliografia

- [1] H. Machado Jorge, Método e Arte da Medição da Metrologia, Instituto Português da Qualidade, Lisboa, Maio de 1993
- [2] Pinto Filomena Almeida, Barata João, Barros Pedro, Ensaios não destrutivos, ISQ 1992
- [3] Controle de construções metálicas por líquidos penetrantes, ISQ 1980
- [4] Técnicas de Inspeção por Líquidos Penetrantes, Curso de Treino Nível I e II
- [5] Metal Handbook, Non Destructive Evolution and Quality Control, Ninth edition, volume 17.
- [6] Lima Acácio, Vaz Carlos, Curso de ensaios não destrutivos, radiografia industrial, 1992, Rinave, Q.S.ACE
- [7] Código BS 5500: 1988, Issue 1, January 1988
- [8] Código ASME secção VIII. Divisão I
- [9] Metals Handbook, Ninth edition, Volume 8, Mechanical testing
- [10] Directiva 84/527/CEE

Anexos

Anexo 1

ORGANOGRAMA GERAL



Anexo 2

Controlo Visual

1 – Objectivo

Este PQ tem por objectivo estabelecer os princípios básicos para a correcta execução das operações de Inspeção visual.

2 – Campo de aplicação

Este PQ aplica-se sempre que se efectue uma Inspeção Visual para verificar o estado superficial dos materiais, o alinhamento da superfícies concordantes, o acabamento final dos equipamentos, para detectar defeitos superficiais de soldadura e também como complemento de outros ensaios, tais como por exemplo os ensaios de estanquicidade e os ensaios por líquidos penetrantes a qualquer material ou equipamento.

3 - Definições

4 – Referências

Manual da Qualidade, item 2.7.

Código ASME V, artigo 9.

5 - Responsabilidades

A implementação deste PQ é da responsabilidade da Direcção de Qualidade e da Direcção de Produção. O seu cumprimento é da responsabilidade dos colaboradores da produção e do Serviço de Controlo da Qualidade da Fábrica 2 e 3 (S.C.Q.2) e (S.C.Q.3).

6 - Procedimento

6.1 – Condições necessárias

Para a execução da Inspeção Visual, os controladores devem ser submetidos todos os anos a um exame de acuidade visual para comprovar que consegue ler as letras J1 do teste de Jaeger ou equivalente.

Para a execução correcta da Inspeção Visual, devem procurar-se boas condições de iluminação e posicionamento da peça, de modo a evitar zonas de sombra ou reflexos intensos. Caso seja necessário, poderão ser utilizados meios de exame auxiliares, tais como, feixes direccionais de luz branca, lentes de aumento, espelhos ou outros.

Antes da execução de qualquer Inspeção Visual, a peça a examinar deverá ser convenientemente limpa por forma a remover escórias, gorduras ou outras substâncias que possam interferir na observação.

6.2 – Inspeção Visual Directa

A Inspeção Visual Directa deve ser usada sempre que as condições de acesso o permitam. Neste caso, a distância entre a vista do controlador e o objecto não deve exceder 610 mm, nem fazer um ângulo inferior a 30°.

6.3 – Inspeção Visual Indirecta

A Inspeção Visual Indirecta só deve ser utilizada quando as condições presentes não permitem a execução da Inspeção Directa. Este tipo de exame executa-se com o auxílio de espelhos, periscópios, fibras ópticas, câmaras, etc.

Deve no entanto, notar-se que os sistemas a adoptar, devem garantir um grau de fidelidade da observação idêntico ao que se conseguiria em Inspeção Directa.

6.4 - Inspeção

6.4.1 – Unidade Fabril 2

O controlador do S.C.Q.2 quando em inspeção final, fará uma análise cuidada procurando detectar, com os meios ao seu dispor, possíveis defeitos ainda não detectados.

Após a aceitação da inspeção, o controlador deverá proceder ao registo dos resultados obtidos preenchendo o protocolo de Controlo Final.

6.4.2 Unidade Fabril 3

Após a execução de qualquer operação de soldadura, polimento ou pintura, o operador ou encarregado da secção deve fazer uma inspeção cuidada da obra por forma a detectar possíveis defeitos que possam ser reparados de imediato, rubricando o Plano de Controlo quando a considerar aceite.

Posteriormente, o controlador do S.C.Q.3 chamado a inspeccionar o equipamento, fará uma análise cuidada procurando detectar com os meios ao seu dispor, possíveis defeitos ainda não detectados.

Após a aceitação da inspeção, o controlador deverá proceder ao registo dos resultados obtidos preenchendo a Ficha de Controlo de Inspeção Visual, e rubricando o Plano de Controlo.

Quando qualquer defeito for detectado pelo controlador, o operador ou o encarregado, deverá ser assinalado com um marcador de tinta, procedendo conforme o procedimento não conformidades.

6.5 – Critérios de Aceitação

São considerados não aceitáveis os seguintes defeitos:

I – Pontos de corrosão visíveis em chapas e outras peças inoxidáveis, resultantes de deficiente transporte, manuseamento ou armazenagem.

II – Indícios de contaminação ferrosa em materiais inoxidáveis.

III – Marcas profundas resultantes de incorrecto manuseamento, uso de ferramentas, ou de operações de rebarbagem.

IV – Bordos queimados resultantes do incorrecto escorvamento do arco sobre a peça, ou deficiente operação de soldadura.

V – Poros superficiais, fissuras, cavidades, excesso ou falta de penetração nos cordões de soldadura.

VI – Falta de homogeneidade nas superfícies polidas, passivadas, lavadas ou decapadas.

VII – Escorrimentos, bolhas e falta de uniformidade na película resultantes de deficiente aplicação da camada protectora de tinta.

7 - Documentos

Em anexo encontra-se o seguinte documento:

Ficha de Controlo de Inspeção Visual



FICHA DE CONTROLO
TEST REPORT

FOLHA / SHEET

/

Cliente / Client :

E. F.:

Equip. :

O.S.:

Desenho / Drw. nº:

Item :

Ref.:

TIPO DE CONTROLO : INSPECÇÃO VISUAL / VISUAL INSPECTION

Partes controladas / Inspected areas : _____

Observação / Inspection : Directa / Direct : Indirecta / Indirect :

Meios auxiliares usados / Auxiliar means : _____

Observações : _____
Remarks

Conclusão : _____
Results

O CONTROLADOR	C. QUALIDADE	ENT. INSPECTORA	CLIENTE
RUB.	RUB.	RUB.	RUB.
DATA / /	DATA / /	DATA / /	DATA / /



PROGRESSO

FICHA DE CONTROLO
TEST REPORT

FOLHA / SHEET

/

Cliente / Client :

E. F.:

Equip. :

O.S.:

Desenho / Drw. n.º:

Item :

Ref.:

TIPO DE CONTROLO : INSPECÇÃO VISUAL / VISUAL INSPECTION

Partes controladas / Inspected areas : _____

Observação / Inspection : Directa / Direct : Indirecta / Indirect :

Meios auxiliares usados / Auxiliar means : _____

Observações : _____
Remarks

Conclusão : _____
Results

O CONTROLADOR	C. QUALIDADE	ENT. INSPECTORA	CLIENTE
RUB.	RUB.	RUB.	RUB.
DATA / /	DATA / /	DATA / /	DATA / /



FICHA DE CONTROLO
TEST REPORT

FOLHA / SHEET

Cliente / Client : UNILEITE

E. F.: 1228.0

Equip. : SEPARADOR LÍQUIDO HORIZONTAL

O.S.: 1228.0.11

Desenho / Drw. nº: 111604

Item :

Ref.:1228011/1

TIPO DE CONTROLO : INSPECÇÃO VISUAL / VISUAL INSPECTION

Partes controladas / Inspected areas :

- ASPECTO GERAL DO RESERVATÓRIO.

- " VISUAL DAS SOLDADURAS DECAPADAS E ESCOVADAS.

- " " DA PINTURA.

- LIMPEZA E SECAGEM DO RESERVATÓRIO.

Observação / Inspection : Directa / Direct : Indirecta / Indirect :

Meios auxiliares usados / Auxiliar means :

Observações : NADA DE ESPELHO SE DETECTOU
Remarks

Conclusão : ACEITÁVEL
Results

O CONTROLADOR	C. QUALIDADE	ENT. INSPECTORA	CLIENTE
RUB.	RUB.	RUB.	RUB.
DATA <u>28/03/23</u>	DATA / /	DATA / /	DATA / /

Controlo Por Líquidos Penetrantes

1 - Objectivo

O objectivo deste PQ visa definir o modo de efectuar o controlo por Líquidos Penetrantes.

2 – Campo de aplicação

Este PQ aplica-se sempre que se efectuem inspecções utilizando o método por Líquidos Penetrantes.

3 – Definições

4 - Referências

Manual da Qualidade, item 2.7

5 - Responsabilidades

É da responsabilidade da Direcção da Qualidade a implementação deste procedimento.

O cumprimento deste procedimento é da responsabilidade do Técnico do Controlo da Qualidade responsável pelos ensaios não destrutivos.

6 - Procedimento

A inspecção a cordões de soldadura só será efectuada 48 horas após a conclusão da soldadura.

6.1 – Preparação das superfícies

O Técnico do Controlo da Qualidade age de modo a:

I – Escovar a zona a examinar afim de remover todo o tipo de lixos, salpicos e escórias.

II – Desengordurar a superfície a inspeccionar usando um solvente especial para a limpeza.

III – Verificar a temperatura da superfície e registar na Ficha de Controlo.

6.2 – Aplicação do Penetrante

O Técnico do Controlo da Qualidade age de modo a:

I – Aplicar uma fina película de penetrante através de spray ou pincel.

II – Deixar o penetrante actuar sobre a superfície a examinar durante um período mínimo de 15 minutos e no máximo 60 minutos.

III – Remover o penetrante com o auxilio do solvente utilizado no desengorduramento.

6.3 - Revelação

O Técnico do Controlo da Qualidade age de modo a:

I – Agitar fortemente a embalagem do revelador afim de garantir uma adequada dispersão das partículas em suspensão.

II – Aplicar uma película de revelador que não seja demasiadamente fina.

III – Aguardar durante um período de 7 a 30 minutos.

IV – Examinar cuidadosamente a área a inspeccionar verificando a eventual existência de defeitos.

V – Elaborar o Relatório de Controlo por Líquidos Penetrantes indicando:

- A qualidade do material a examinar.

- A temperatura da área a examinar.
- A designação do equipamento a examinar.
- A extensão do exame.
- O tipo de desengordurante.
- O tipo de penetrante.
- O tipo de revelador.
- O tempo de penetração.
- O tempo de revelação.

VI – Consultar o código aplicável à inspeção, no caso de se verificarem eventuais defeitos, afim de decidir sobre a sua aceitação ou rejeição.

VII – Registrar no Relatório os resultados da inspeção.

Nota: No caso de o equipamento a inspeccionar não ser construído na base de qualquer código o critério da aceitação é definido no código ASME V.

7 - Documentos

Em anexo encontra-se o seguinte documento:

- Relatório de Controlo por Líquidos Penetrantes



FICHA DE CONTROLO
TEST REPORT

FOLHA / SHEET

Cliente / Client :

E. F.:

Equip. :

O.S.:

Desenho / Drw. n°:

Item :

Ref.:

TIPO DE CONTROLO : LÍQUIDOS PENETRANTES / DYE PENETRANT

Material : _____

Material

Zonas a ensaiar : _____

Test area

Extensão : _____

Amount

Processo de soldadura : _____

Welding process

CONDIÇÕES VERIFICADAS NO ENSAIO / TEST CONDITIONS

Local de Execução : _____

Place

Temperatura da peça : _____ °C

Tool temperature

Materials utilizados / Used materials

Líquido de limpeza : _____

Cleaning liquid

Marca : _____

Trade mark

Tipo : _____

Type

Líquido penetrante : _____

Dye penetrant

Marca : _____

Trade mark

Tipo : _____

Type

Líquido revelador : _____

Developer

Marca : _____

Trade mark

Tipo : _____

Type

Tempo mínimo de penetração : _____

Minimum dye penetrant time

Tempo de revelação : _____

Developing time

Observações : _____

Remarks

Conclusão : _____

Results

O CONTROLADOR

C. QUALIDADE

ENT. INSPECTORA

CLIENTE

RUB.

RUB.

RUB.

RUB.

DATA / /

DATA / /

DATA / /

DATA / /

	FICHA DE CONTROLO		FOLHA / SHEET
	TEST REPORT		/
	Cliente / Client : UNILEITE		E. F.: 1228.0
	Equip. : SEPARADOR LÍQUIDO HORIZONTAL		O.S.: 1228.0.11
Desenho / Drw. nº: 111604		Item :	Ref.: 1228011/1

TIPO DE CONTROLO : LÍQUIDOS PENETRANTES / DYE PENETRANT

Material : TSTE 355 / A 333 Gr 6

Material

Zonas a ensaiar : TUBULADURAS

Test area

Extensão : 100% Processo de soldadura : S.M.A.W. / G.T.A.W.

Amount

Welding process

CONDIÇÕES VERIFICADAS NO ENSAIO / TEST CONDITIONS

Local de Execução : SET. PROGRESSO Temperatura da peça : 16 °C

Place

Tool temperature

Materials utilizados / Used materials

Líquido de limpeza : VELNET Marca : C. G. M. Tipo : R2.60

Cleaning liquid

Trade mark

Type

Líquido penetrante : ROTVEL Marca : C. G. M. Tipo : R2.72

Dye penetrant

Trade mark

Type

Líquido revelador : ROTRÍVEL Marca : C. G. M. Tipo : R2.82

Developer

Trade mark

Type

Tempo mínimo de penetração : 15 min. Tempo de revelação : 20 min.

Minimum dye penetrant time

Developping time

Observações : NADA DE ESPECIAL SE DETECTOU

Remarks

Conclusão : ACEITÁVEL

Results

O CONTROLADOR	C. QUALIDADE	ENT. INSPECTORA	CLIENTE
RUB. <u>[Signature]</u>	RUB.	RUB.	RUB.
DATA <u>98/03/16</u>	DATA / /	DATA / /	DATA / /

Calibração do Densitómetro

1 - Objectivo

Este PQ tem como objectivo definir o modo de calibrar o densitómetro usado na análise das películas radiográficas.

2 – Campo de Aplicação

Este PQ aplica-se sempre que seja utilizado o densitómetro.

3 – Definições

4 - Referências

Manual da Qualidade, item 2.8

5 - Responsabilidades

A implementação e verificação deste PQ é da responsabilidade da Direcção da Qualidade. É da responsabilidade do Técnico Operador de raio X o cumprimento deste procedimento.

6 - Procedimento

O Técnico Operador de raio X antes de iniciar a interpretação das películas radiográficas age de modo a:

I – Ligar o negatoscópio e colocar o botão regulador de intensidade de luz na posição 2.

II – Colocar sobre o écran do negatoscópio o densitómetro, tendo o cuidado de verificar se o orifício de entrada de luz se encontra no meio do écran.

III – Fazer rodar o botão regulador do densitómetro de modo a fazer coincidir a agulha do mostrador com o zero da escala.

IV – Colocar a película padrão no negatoscópio.

V – Colocar o densitómetro de modo a fazer coincidir o sector de densidade nº 7 com o orifício de entrada de luz do densitómetro.

VI – Ler o valor indicado na escala verificando se este coincide com o valor 2,22 indicado no certificado da película padrão nº 8108004.

7 - Documentos

Controlo Radiográfico

1 – Objectivos

O objectivo deste PQ visa definir o modo de efectuar o Controlo Radiográfico.

2 – Campo de aplicação

Este PQ aplica-se sempre que se efectuem inspecções a soldaduras utilizando o equipamento de raio X.

3 – Definições

4 – Referências

Manual da Qualidade, item 2.7

Norma DIN 54109

5 - Responsabilidades

É da responsabilidade da Direcção da Qualidade a implementação deste procedimento.

O cumprimento deste procedimento é da responsabilidade do Operador do equipamento de raio X e do Técnico do Controlo da Qualidade responsável pelos ensaios não destrutivos.

6 – Procedimento

6.1. – Condições de Segurança

Ao efectuar este tipo de inspecção usando o equipamento de raio X o Operador age de modo a:

I – Efectuar a inspecção somente fora das horas normais de laboração.

II – Isolar a área de inspecção num raio de 30 metros do centro da fonte de radiação, utilizando fitas, placas e luzes sinalizadoras.

III – Usar o avental e luvas protectoras.

IV – Colocar o dosimetro individual por fora da roupa e à altura do peito.

V – Afastar-se, sempre que o equipamento esteja em funcionamento, no sentido oposto à direcção da emissão da radiação até que o dosimetro de alarme pare de funcionar.

VI – Ligar sempre o sistema de refrigeração do equipamento antes de iniciar a inspecção.

VII – Verificar no manómetro do equipamento a pressão do gás de protecção da ampola, iniciando a inspecção sempre que o mesmo se encontre na zona verde.

VIII – Registrar na Ficha técnica Diária o valor indicado no conta horas do equipamento no início da operação e no fim da mesma.

A Direcção da Qualidade age de modo a:

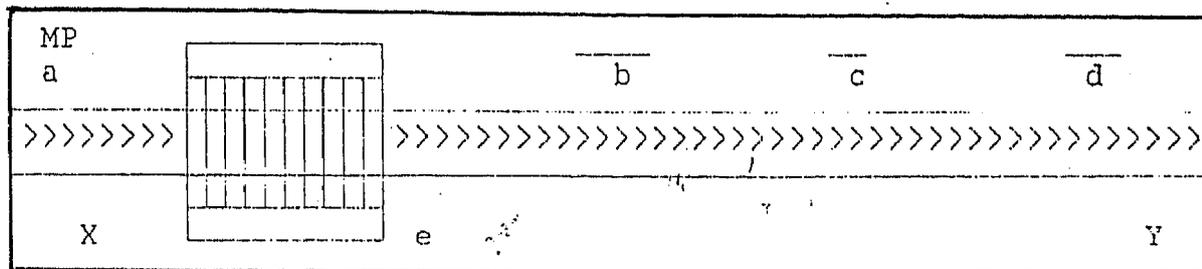
I – Enviar mensalmente ao DGA (Direcção Geral do Ambiente) a folha de envio de dosímetros indicando o número de horas que cada operador executou durante este período de tempo.

II – Enviar ao Controlo da Qualidade Fábrica 3 os novos dosímetros assim como a folha de registo de doses.

6.2. – Películas Radiográficas

6.2.1 – Referenciação

O Operador do equipamento de raio X age de modo a identificar as películas radiografias usando o critério abaixo indicado:



Legenda:

- a – iniciais da empresa;
- b – número do soldador que executou a soldadura sendo este número de admissão do mesmo antecedido da letra W;
- c – referência do cordão de soldadura, de acordo com o desenho ou plano radiográfico;
- d – identificação do equipamento a ser inspeccionado;
- e – indicador da Qualidade de Imagem;
- X, Y – posição da película no cordão de soldadura.

6.2.2 – Tipos de Películas e écrans

As películas a utilizar nas inspeções por raio X são do tipo D4 ou D7 com as dimensões 240 x 100 ou 480 x 100 mm. As películas D4 são utilizadas na inspeção de soldaduras efectuadas em aços inoxidáveis ou alumínio e as D7 em aços ao carbono. Os écrans a utilizar são de chumbo.

6.2.3 – Indicadores de Qualidade de Imagem (IQI)

O Operador dispõe de 4 indicadores de Qualidade de Imagem de acordo com a norma DIN 54109 referências 1 – 7, 6 – 12 e 10 – 16 para os aços e referência 6 – 12 para alumínio sendo todos da classe I.

O operador para escolher o IQI adequado à inspeção a efectuar age do modo a:

I – Verificar a espessura e, qualidade do material a inspeccionar.

II – Consultar as tabelas 1 e 2, entrando na tabela 1 com a espessura a inspeccionar qual o número do fio correspondente.

III – Consultar a tabela 2 entrando com o número do fio anteriormente determinado, verificando qual o diâmetro correspondente, lendo na parte superior da tabela a referência do IQI a utilizar.

Tabela 1

Espessura	Classe I
0 – 6	16
6 – 8	15
8 – 10	14
10 – 16	13
16 – 25	12
25 – 32	11
32 – 40	10
40 – 50	9

Tabela 2

	6 / 12	10 / 6
Fe		
Al		
Nº	Ø mm	Ø mm
9	0.5	---
10	0.4	0.4
11	0.32	0.32
12	0.25	0.25
13	---	0.20
14	---	0.16
15	---	0.125
16	---	0.1

IV – Colocar o IQI conforme descrito em 6.2.1 tendo em consideração que este deve ser colocado em contacto com a peça a inspeccionar e sempre do lado da fonte à excepção das inspecções efectuadas pela técnica de parede dupla e imagem simples ficando neste caso entre a peça e a película.

6.3 – Preparação da Inspeção

O Operador após ter cumprido os pontos atrás descritos age de modo a:

I – Marcar no equipamento a inspeccionar a posição das películas em função do plano radiográfico.

II – Preparar a referenciação das películas de acordo com o plano radiográfico e posições relativas das referências conforme ponto 6.2.1.

III – Pré-aquecer o equipamento de raio X tendo em consideração a data da última utilização (verificar folha de registo diário) e a tabela de pré-aquecimento do mesmo, que se encontra afixada na caixa de comando.

IV – Colar a primeira película juntamente com a suas respectivas referências.

V – Consultar a tabela de tempos de exposição tendo em consideração a espessura e qualidade da peça a inspeccionar assim como o tipo de filme que vai utilizar retirando da mesma os valores de voltagem e tempo de exposição.

VI – Posicionar a ampola em relação a peça a inspeccionar tendo em consideração os seguintes pontos:

- Dimensão da peça.
- Acesso ou não ao seu interior.
- Posição da junta.

Sempre que haja acesso para o interior colocar a ampola a uma distância focal de 700 mm e perpendicularmente à superfície a

inspeccionar efectuando portanto uma radiografia do tipo parede simples imagem simples.

Caso não haja acesso ao interior e o diâmetro da peça esteja compreendido entre os 60 mm e os 700 mm a distância da ampola à superfície a inspeccionar será dada pela fórmula abaixo ficando o foco com uma inclinação aproximada de 15° em relação à perpendicular da superfície a examinar sendo o afastamento do mesmo calculado pela seguinte fórmula:

$$\text{Tg } 15^\circ = A / \varnothing \text{ peça,} \quad \begin{array}{l} A - \text{Afastamento do foco ao centro} \\ \text{da superfície a inspeccionar} \end{array}$$

Para diâmetros superior a 700 mm deve multiplicar o tempo de exposição pelo valor.

Caso não haja acesso ao interior e o diâmetro da peça seja inferior a 60 mm deve ser feita uma radiografia do tipo parede dupla imagem simples com formato de elipse colocando neste caso o foco com uma inclinação de 45° em relação à peça a inspeccionar.

VII – Sobrepor as películas 20 mm para cada lado no caso de inspecções a 100 %.

VIII – Punçoar no caso de equipamento em aço ao carbono a referência do cordão de soldadura assim como a posição da radiografia.

O Técnico de Controlo Radiográfico age de modo a:

I – Elaborar o plano radiográfico atendendo ao plano de inspecção.

II – Elaborar a Folha Diária do Serviço Raiográfico.

Ensaio Hidráulico

1 - Objectivos

Este PQ tem por objectivo estabelecer os métodos para a correcta execução dos ensaios hidráulicos.

2 – Campo de aplicação

Este procedimento aplica-se aos ensaios hidráulicos de todos os equipamentos fabricados pela Metalúrgica Progresso.

3 - Definições

4 - Referências

Manual da Qualidade, item 2.7

5 – Responsabilidades

A implementação deste PQ é da responsabilidade da Direcção de Qualidade e da Direcção de Produção. O seu cumprimento é da responsabilidade dos colaboradores da Produção Técnica e do Serviço de Controlo da Qualidade da Fabrica 3 (S.C.Q.3).

6 - Procedimento

6.1 – Ensaio hidráulico de equipamento simples não sujeitos a pressão

O ensaio deve ser efectuado nas condições indicadas no Plano de Controlo do equipamento, tendo como duração mínima 2 horas. Este ensaio terá lugar no final da construção, providenciando o fabrico para

que todas as aberturas sejam fechadas e o corpo e/ou câmara do equipamento esteja completamente cheio de água.

Quando o ensaio estiver aceite pelo encarregado da secção, este deverá rubricar o Plano de Controlo e solicitar a presença de um controlador do S.C.Q.3 para a sua aprovação.

Após aprovação do ensaio, o controlador deverá proceder ao registo dos resultados obtidos, preenchendo para o efeito a Ficha de Controlo de Ensaio Hidráulico, e rubricar o Plano de Controlo.

Caso seja detectada qualquer não conformidade, o encarregado ou o controlador, actuam conforme o procedimento de Controlo das não Conformidades.

Nota: No caso de se tratar de equipamentos isolados, o ensaio hidráulico deverá ser efectuado antes de se proceder ao seu isolamento.

6.2 – Ensaio hidráulico de equipamentos sujeitos a pressão

O ensaio deve ser efectuado nas condições indicadas no Plano de Controlo do equipamento, tendo como duração mínima de 1 hora. Este ensaio terá lugar no final da construção, providenciando o fabrico para que todas as aberturas sejam fechadas e o corpo e/ou câmara do equipamento esteja completamente cheio de água.

Após o equipamento estar cheio de água o S.C.Q.3 age de modo a:

I – Aplicar o manómetro adequado, tendo em atenção a que a pressão de ensaio esteja compreendida entre 30 % e os 60 % da pressão máxima do mesmo.

II – Colocar o equipamento à pressão de ensaio, verificando se não existe qualquer fuga ou perda de pressão.

III – Após aprovação do ensaio o controlador deverá retirar a pressão e proceder ao registo dos resultados obtidos, preenchendo para

o efeito a Ficha de Controlo de Ensaio Hidráulico, e rubricando juntamente com o encarregado da secção o Plano de Controlo.

IV – Caso seja detectada qualquer anomalia, o controlador actuará conforme o procedimento de Controlo de Não Conformidades.

Nota: I – No caso de se tratar de equipamentos isolados, o ensaio hidráulico deverá ser efectuado antes de se proceder ao seu isolamento.

II – O ensaio hidráulico de câmaras ou serpentinas deve ser efectuado antes do ensaio do corpo, para permitir detectar fugas na ligação da câmara ao corpo.

6.3 – Ensaio hidráulico de permutadores de tubos direitos

O ensaio de permutadores deve ser efectuado do seguinte modo:

I – Colocar o corpo à pressão de ensaio para detectar qualquer fuga entre os tubos e o espelho (ver anexo 1 figura 1).

II – Colocar o feixe tubular à pressão de ensaio para detectar qualquer fuga nos tubos, tendo retirado anteriormente a água do lado do corpo (ver anexo 1 figura 2).

III – Após conclusão destes ensaios, devem ser montadas as juntas definitivas no permutador, sendo este colocado simultaneamente às pressões de ensaio do corpo e do feixe tubular respectivamente.

Após o enchimento de água do equipamento, o S.C.Q.3 age conforme 6.2 pontos I, II, III e IV.

6.4 – Ensaio hidráulico de permutadores de tubos em U e de cabeça flutuante

O ensaio hidráulico de permutadores deve ser efectuado do seguinte modo:

I – Colocar o corpo à pressão de ensaio para detectar qualquer fuga entre os tubos e o espelho (ver anexo 1 figuras 4 e 5 respectivamente).

II – Colocar o feixe tubular à pressão de ensaio para detectar qualquer fuga nos tubos, tendo retirado anteriormente a água do lado do corpo (ver anexo 1 figuras 6 e 7 respectivamente).

III – Após conclusão destes ensaios, devem ser montadas as juntas definitivas no permutador, sendo este colocado simultaneamente às pressões de ensaio do corpo e do feixe tubular respectivamente (ver anexo 1 figura 8 e 9 respectivamente).

Após o enchimento de água do equipamento, o S.C.Q.3 age conforme 6.2 pontos I, II, III e IV.

Nota: Os anéis de ensaio devem ser calculadas pela Direcção Técnica e mandados executar pela Direcção de Produção.

7 – Documentos

Em anexo encontram-se o seguinte documento:

Ficha de Controlo de Ensaio Hidráulico



FICHA DE CONTROLO
TEST REPORT

FOLHA / SHEET

Cliente / Client :

E. F.:

Equipamento / Equip. :

O.S.:

Desenho / Drw. n.º:

Item :

Ref.:

TIPO DE CONTROLO : ENSAIO HIDRÁULICO / HIDRAULIC TEST

Local de Execução : _____
Place

ENSAIOS REALIZADOS / TESTS CARRIED OUT

CARACTERÍSTICAS CONDICTIONS	LADO CORPO SHELL SIDE	LADO TUBOS TUBE SIDE	OBSERVAÇÕES NOTES
PRESSÃO DE SERVIÇO SERVICE PRESSURE			
PRESSÃO DE CÁLCULO DESIGN PRESSURE			
TEMPERATURA DE SERVIÇO SERVICE TEMPERATURE			
TEMPERATURA DE CÁLCULO DESIGN TEMPERATURE			
PRESSÃO DE ENSAIO TEST PRESSURE			
TEMPERATURA DE ENSAIO TEST TEMPERATURE			
TEMPO DE ENSAIO TEST TIME			
TIPO DE FLUÍDO FLUID TYPE			
DATA / DATE	___ / ___ / ___	___ / ___ / ___	

Observações : _____
Remarks

Conclusão : _____
Results

O CONTROLADOR	C. QUALIDADE	ENT. INSPECTORA	CLIENTE
RUB.	RUB.	RUB.	RUB.
DATA / /	DATA / /	DATA / /	DATA / /



FICHA DE CONTROLO TEST REPORT

FOLHA / SHEET
/

Cliente / Client : UNILEITE

E. F.: 1228.0

Equip. : SEPARADOR LÍQUIDO HORIZONTAL

O.S.: 1228.0.11

Desenho / Drw. n°: 111604

Item :

Ref.:1228011/1

TIPO DE CONTROLO : ENSAIO HIDRÁULICO / HIDRAULIC TEST

Local de Execução : METALÚRGICA PROGRESSO DE VALE DE CAMBRA
Place

ENSAIOS REALIZADOS / TESTS CARRIED OUT

CARACTERÍSTICAS CONDICTIONS	LADO CORPO SHELL SIDE	LADO TUBOS TUBE SIDE	OBSERVAÇÕES NOTES
PRESSÃO DE SERVIÇO SERVICE PRESSURE			
PRESSÃO DE CÁLCULO DESIGN PRESSURE			
TEMPERATURA DE SERVIÇO SERVICE TEMPERATURE			
TEMPERATURA DE CÁLCULO DESIGN TEMPERATURE			
PRESSÃO DE ENSAIO TEST PRESSURE	13,65 bar		
TEMPERATURA DE ENSAIO TEST TEMPERATURE	AMBIENTE		
TEMPO DE ENSAIO TEST TIME	1 HORA		
TIPO DE FLUÍDO FLUID TYPE	ÁGUA		
DATA / DATE	<u>98 / 03 / 18</u>	<u> / /</u>	

Observações : NADA DE ESPECIAL SE DETECTOU
RemarksConclusão : ACEITÁVEL
Results

O CONTROLADOR	C. QUALIDADE	ENT. INSPECTORA	CLIENTE
RUB. <u>[Signature]</u>	RUB.	RUB.	RUB.
DATA <u>98/03/18</u>	DATA / /	DATA / /	DATA / /

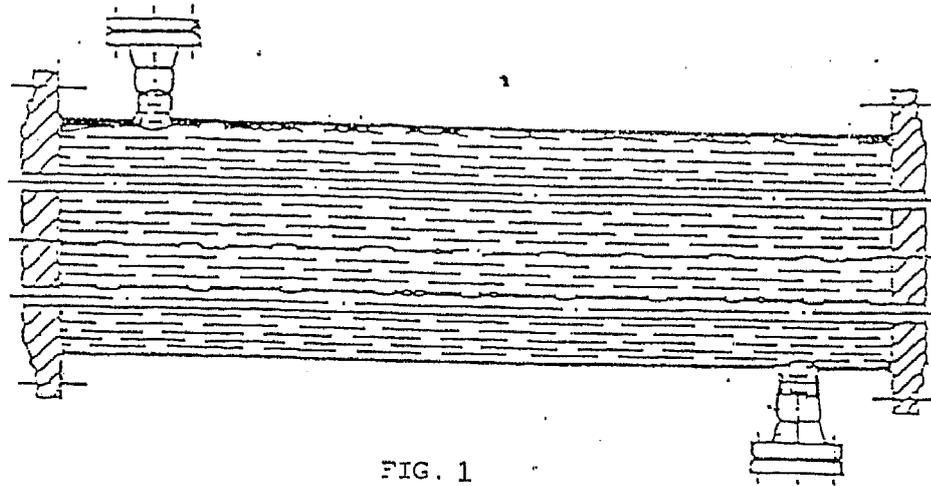


FIG. 1

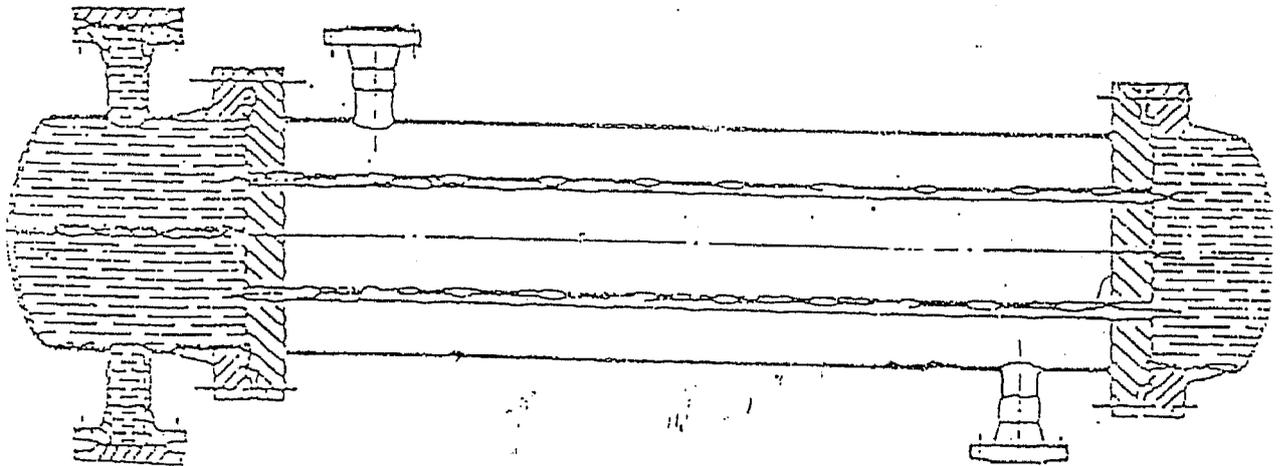


FIG. 2

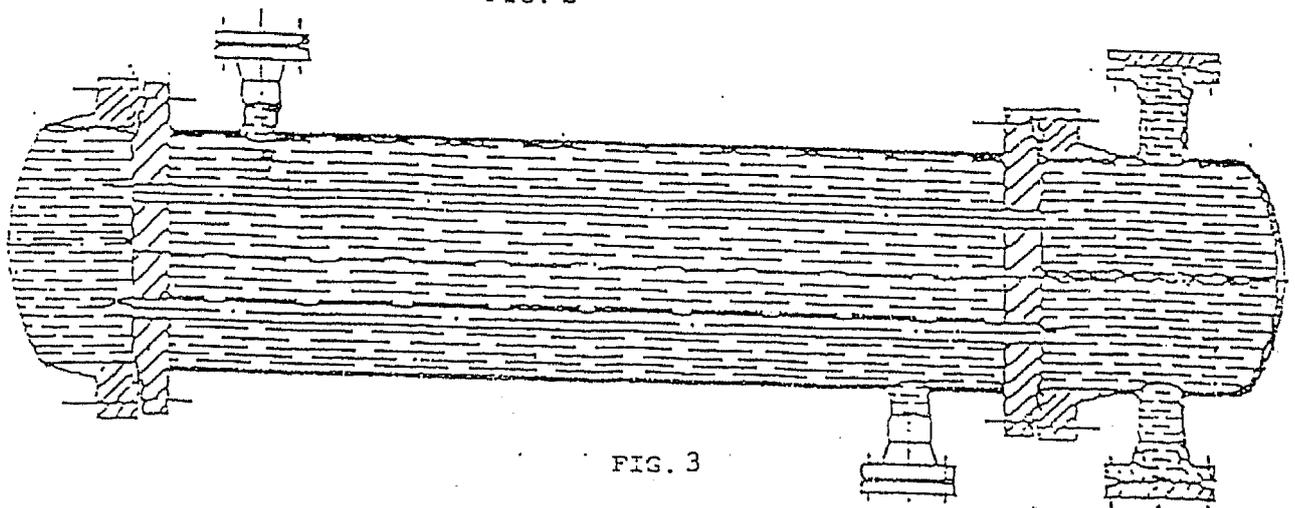
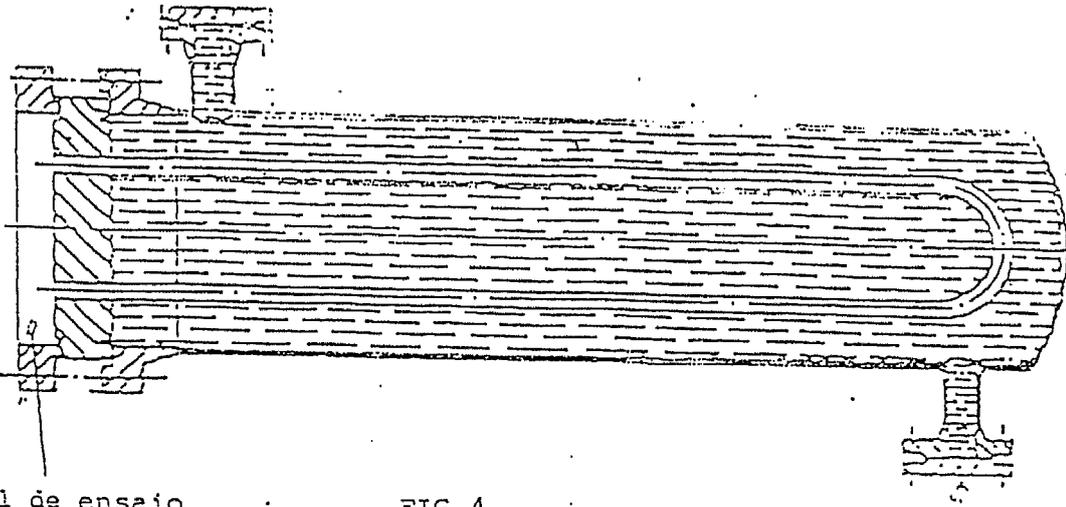


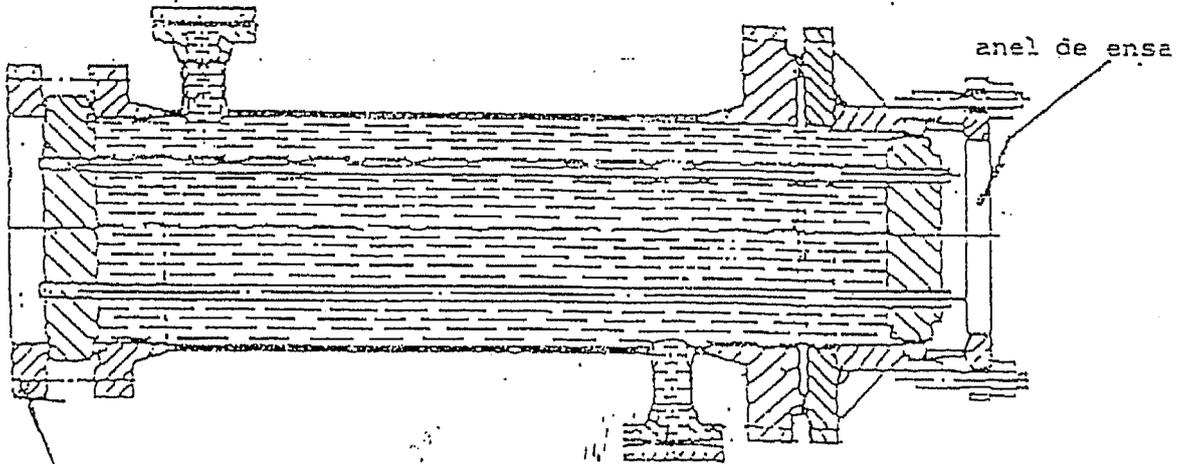
FIG. 3

EDIÇÃO	2	ELABORADO :	<i>[Handwritten Signature]</i>
REVISÃO	0	VERIFICADO :	<i>[Handwritten Signature]</i>
DATA	95/03/6	APROVADO :	<i>[Handwritten Signature]</i>



anel de ensaio

FIG. 4



anel de ensaio

FIG. 5

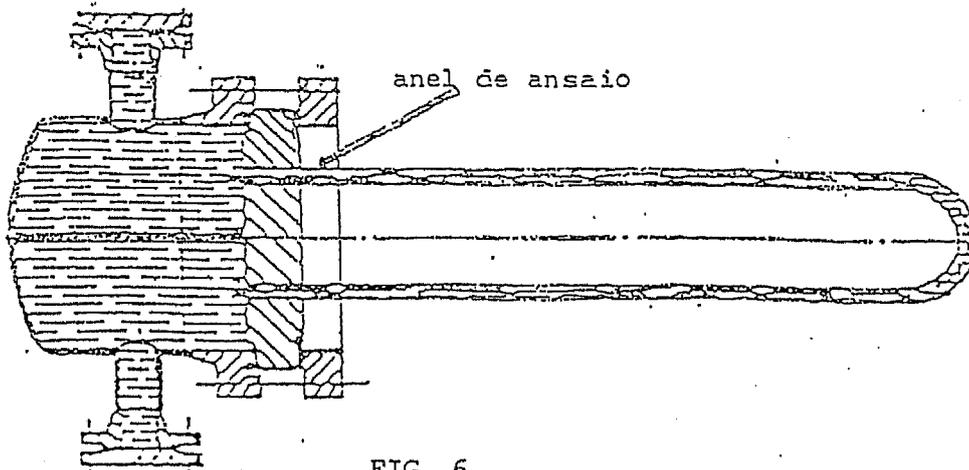


FIG. 6

EDIÇÃO	2	ELABORADO :	<i>YSLR</i>
REVISÃO	0	VERIFICADO :	<i>[Handwritten Signature]</i>
DATA	95/03/6	APROVADO :	<i>[Handwritten Signature]</i>

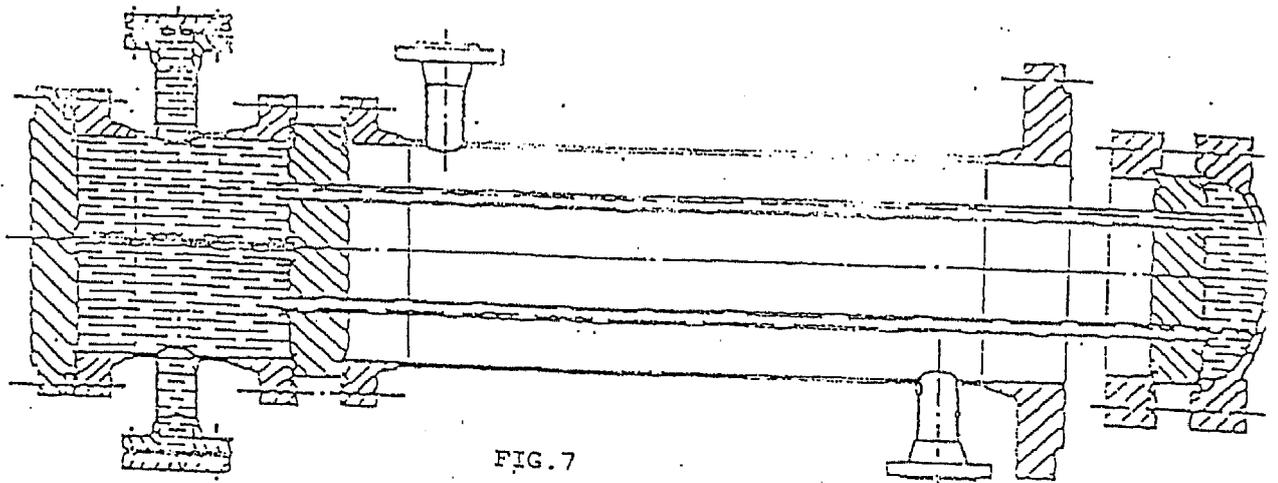


FIG. 7

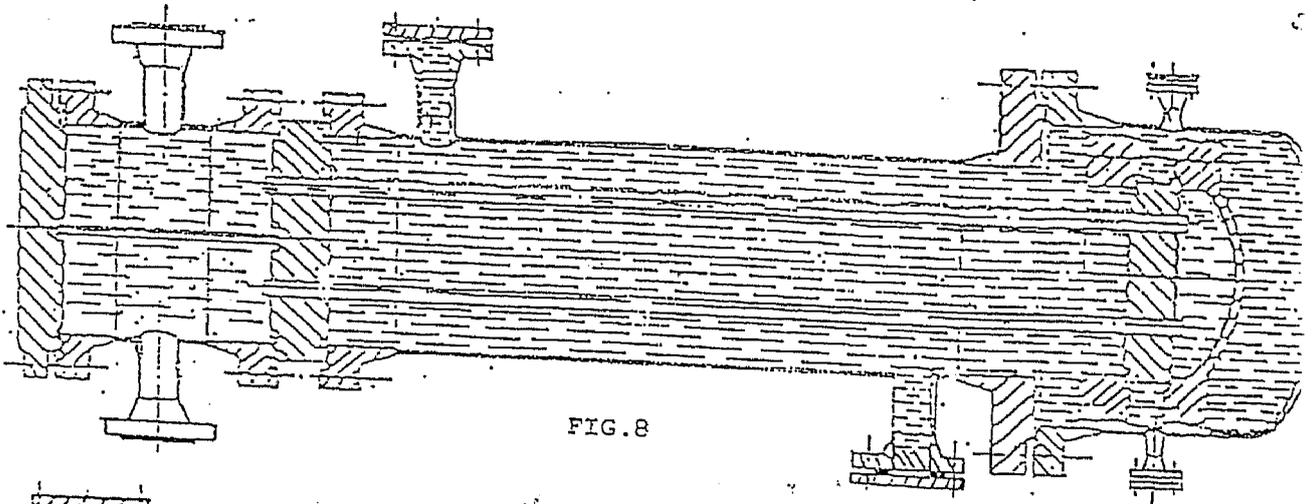


FIG. 8

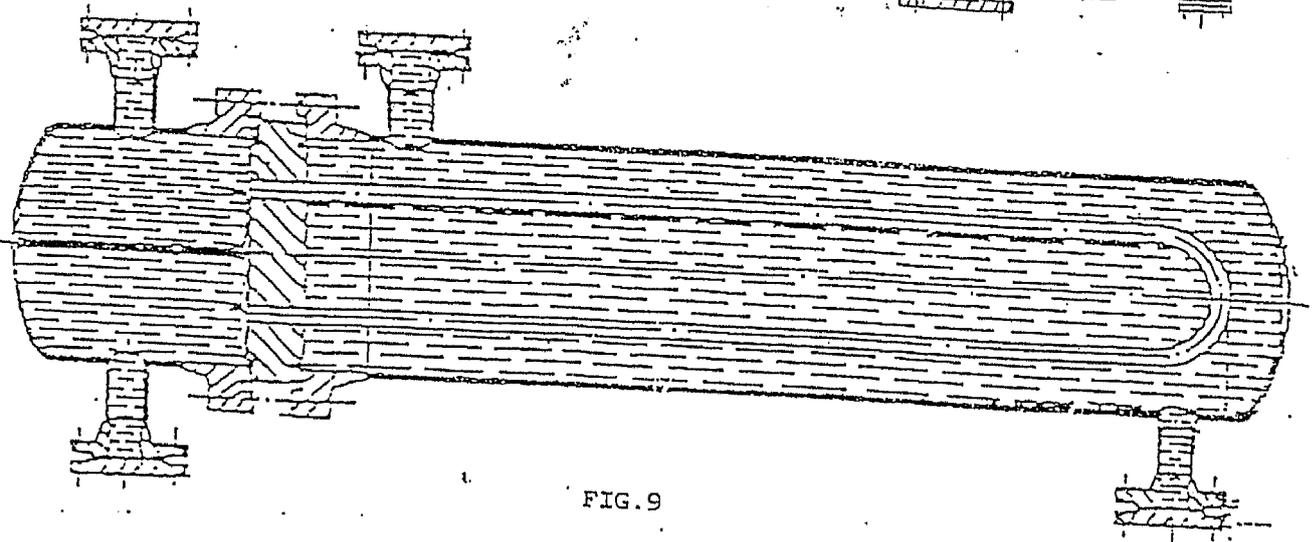


FIG. 9

EDIÇÃO	2	ELABORADO	:	<i>[Signature]</i>
REVISÃO	0	VERIFICADO	:	<i>[Signature]</i>
DATA	95/03/6	APROVADO	:	<i>[Signature]</i>

Anexo 3

PLANO DE CONTROLO



PROGRESSO

Cliente STOCK

E. F.09.907.0 O.S.:09.907.0.31

Equip.: 10 RESERV. P/GPL CAP-11,10 M3

Item:09907031/19

Código :BS 5500

Entidade Inspectora :A.P.G.C.

Registo das Revisões Efectuadas ao Plano

Rev.	Data	Contéudo	Rev.	Data	Contéudo		
Desenho nº:05.20.12403		Revisão nº0	Nº da Revisão do Plano 0				
1 - Tipo de Controlo P - Protocolo C - Carimbo / Punção			2 - Pontos de Controlo H - Paragem obrigatória I - Verificação R - Controlo de Documentos				
OPERAÇÕES DE CONTROLO		I	ESPECIFICAÇÃO	PROD.	C.O.	E.I.	CLI.
	Verificação do estado superficial dos materiais e marcas	C	ARS LOW B-1		<i>[Handwritten Signature]</i>		
	Verificação dos certificados dos materiais: - Corpo, Fundos - Tubos, Flanges - Casquilhos - Restantes - Adição	C C C C C	DIN 50049 3.1.C DIN 50049 3.1.B DIN 50049 3.1.B DIN 50049 2.2 DIN 50049 3.1.C		<i>[Handwritten Signature]</i>	H/R H/R	
	Verificação da transferência de marcas e registo	C P	PQ-25-02		<i>[Handwritten Signature]</i>		
	Verificação do Plano e / ou Especificações de soldadura e qualificação de soldadores	P	BS 5500	H/R	<i>[Handwritten Signature]</i>	H/R	
	Corte e Controlo Radiográfico da placa testemunho	P	BS 5500		<i>[Handwritten Signature]</i>	H/I	
	Controlo de fundos copados	P	CONF.DESENHO		<i>[Handwritten Signature]</i>	H/I	
	Verificação das montagens principais antes da soldadura	C	CONF.DESENHO		<i>[Handwritten Signature]</i>		
	Controlo Dimensional: - Corpo - Acessórios	C C	CONF.DESENHO FICH.TRABALHO		<i>[Handwritten Signature]</i>		
	Controlo Visual e Dimensinal das soldaduras e marcas dos soldadores	P	CONF.DESENHO		<i>[Handwritten Signature]</i>		
	Controlo por Líquidos Penetrantes das soldaduras: - Tubuladuras - Espelhos - Acessórios - Todas as soldaduras	P	BS 5500 100%		<i>[Handwritten Signature]</i>	H/I	
	Controlo Radiográfico antes de Tratamento Térmico	P	BS 5500 10%+CRUZ.		<i>[Handwritten Signature]</i>	H/I	
	Controlo por Ultra-sons antes de Tratamento Térmico				<i>[Handwritten Signature]</i>		



PROGRESSO

PLANO DE CONTROLO

Folha
2/2

Cliente :STOCK
Equip.:10 RESERV. P/GPL CAP-11,10 M3

E. F.:09.907.0 O.S.:09.907.0.31
Item:09907031/19

Desenho n°:05.20.12403

Revisão n°:0

N° da Revisão do Plano 0

1 - Tipo de Controlo

P - Protocolo

C - Carimbo / Punção

2 - Pontos de Controlo

H - Paragem obrigatória I - Verificação

R - Controlo de Documentos

OPERAÇÕES DE CONTROLO	I	ESPECIFICAÇÃO	PROD.	C.Q.	E.I.	CLI.
Verificação das condições e gráfico do Tratamento Térmico	P	CONF.DESENHO		H/I	I/R	
Controlo Radiográfico após Tratamento Térmico						
Controlo por Ultra-Sons após Tratamento Térmico						
Ensaio Pneumático de reforços	P	PRESSÃO-0.49bar		H/I		
Verificação Dimensional de todas as cotas finais e rectificação de roscas	P	CONF.DESENHO		H/I	I	
Verificação da limpeza interior antes do ensaio hidraulico	C			I		
Ensaio Hidráulicos: - Corpo - Câmaras - Feixe	P	PRESSÃO-23 bar		H/I	H/I	
Ensaio do sistema de agitação						
Verificação do acabamento das superfícies: - Decapagem - Metalização - Espessura - Aderência - Pintura - Espessura - Aderência - Polimento	P P P	SA 21/2 CONF.DESENHO		H/I	H/I	
Verificação da secagem e limpeza interior	C					
Gaseificação e verificação da aplicação dos acessórios	P	CONF.ENCOMEN.		H/I		
Verificação dos resultados dos ensaios mecânicos da placa testemunho	P			H/R	H/R	
Verificação e punçoamento da placa de características e emissão da autorização de expedição	P C			H/I	H/I	

ELABORADO POR:

C. QUALIDADE

ENT. INSPECTORA

CLIENTE

RUB.

RUB.

RUB.

RUB.

DATA:

DATA

DATA

DATA

6.4 – Processamento Químico de Películas

O Operador age de modo a:

I – Aquecer os banhos de revelação e fixação até uma temperatura compreendida entre os 18 e 24 °C.

II – Verificar o grau de saturação em Ag do fixador, utilizando as películas disponíveis na câmara escura, não podendo o valor obtido ser superior a 10.

Caso este valor seja superior deve ser substituído o revelador e o fixador. Preparar uma nova mistura seguindo as instruções do fabricante do produto, tendo em atenção que o pH da água utilizado deverá estar disponível de 4 a 6, registando na etiqueta identificadora dos banhos a data em que os mesmos foram mudados.

III – Agitar os banhos durante 30 segundos afim de estes se tornarem homogéneos.

IV – Desligar a luz branca e ligar a luz vermelha, retirando as películas de dentro dos invólucros protectores e colocando-as nas cassetes de revelação.

V – Colocar as cassetes com os filmes a revelar na tina do revelador durante um período de 2 a 5 minutos, tendo o cuidado de as agitar durante os primeiros 30 segundos.

VI – Retirar as cassetes após a revelação introduzindo-as na tina de lavagem durante 1 minuto.

VII – Colocar as cassetes na tina do fixador durante um período de 15 minutos após o qual serão colocadas na tina de lavagem final durante aproximadamente 20 minutos.

VIII – Retirar os filmes das cassetes com o auxílio de uma mola colocando-as na estufa de secagem.

6.5 – Interpretação Radiográfica

O Técnico de Controlo Radiográfico age de modo a:

I – Calibrar o densitometro de acordo com o PQ.

II – Verificar a densidade das películas utilizando o densitometro colocando-o sobre a parte menos densa da película aceitando todas aquelas que apresentem um valor compreendido entre 1.8 e 3.

III – Registrar no Relatório Radiográfico a média dos valores encontrados para a densidade.

IV – Determinar a sensibilidade radiográfica usando a seguinte fórmula:

$$S = d / e * 100$$

S – Sensibilidade em %;

D – Diâmetro do arame mais fino do IQI visível na radiografia;

E – Espessura da peça a inspeccionar.

O valor S não deve exceder 2 %.

V – Registrar no Relatório Radiográfico a média dos valores encontrados para a sensibilidade.

VI – Rejeitar todas as películas que não satisfaçam os valores atrás indicados, efectuando nova inspecção.

VII – Interpretar todas as películas verificando a eventual existência de defeitos cujas formas e dimensões não sejam aceitáveis pelo código de inspecção em causa.

VIII – Registrar no Relatório radiográfico os resultados obtidos na análise anterior identificando o cordão de soldadura a referência da película, o soldador, os eventuais defeitos e sua descrição e rubricando o relatório no final.

IX – Identificar no equipamento, os eventuais defeitos não aceitáveis, assinalando a sua localização e dimensão, elaborando o Relatório de Não Conformidades, enviando este ao Departamento fabril

juntamente com as radiografias que apresentem os defeitos, actuando conforme o procedimento.

X – Efectuar nova inspecção nos pontos que tenham apresentado defeitos não aceitáveis, após a recepção do Relatório de Não Conformidades com as acções correctivas já realizadas, levantando o estado de inspecção.

XI – Apresentar as películas juntamente com o relatório e plano radiográfico à entidade inspectora, se for o caso, para análise e aprovação final.

XII – Arquivar as películas em caixas próprias e identificando o exterior destas com o seu conteúdo.

XIII – Arquivar o relatório Radiográfico no Processo de Controlo respectivo.

7 - Documentos

Em anexo encontram-se o seguinte documento:

- Relatório Controlo Radiográfico.



FICHA DE CONTROLO TEST REPORT

FOLHA / SHEET /

Cliente / Client : UNILEITE

E. F.: 1228.0

Equip.: SEPARADOR LÍQUIDO HORIZONTAL

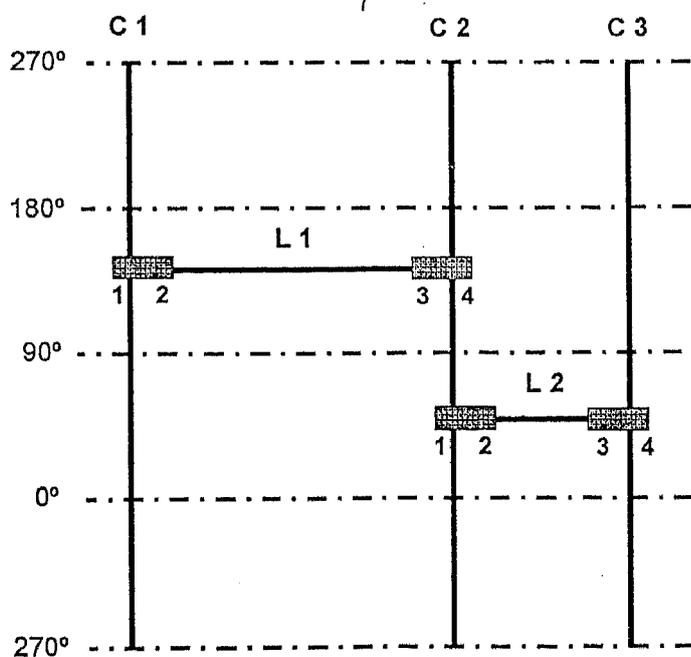
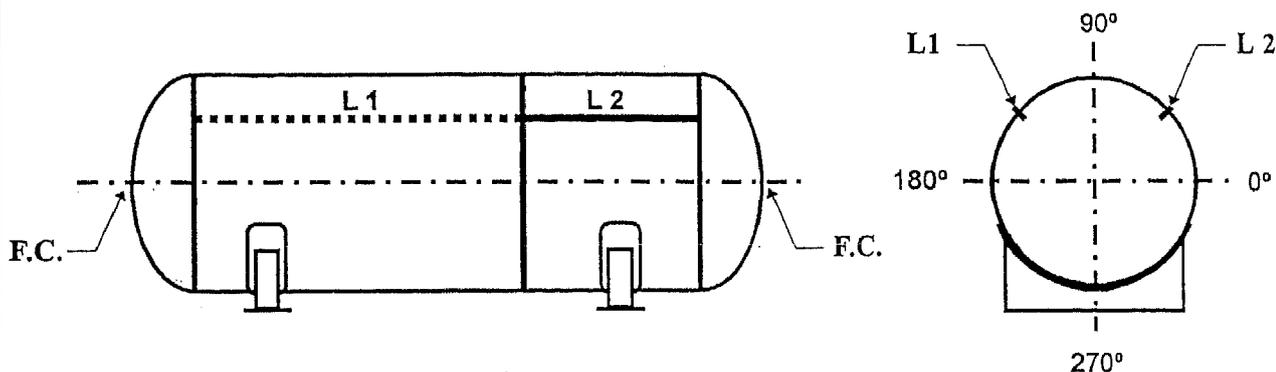
O.S.: 1228.0.11

Desenho / Drw. nº: 111604

Item :

Ref.: 1228011/1

TIPO DE CONTROLO : PLANO RADIOGRÁFICO / RADIOGRAPHIC PLAN



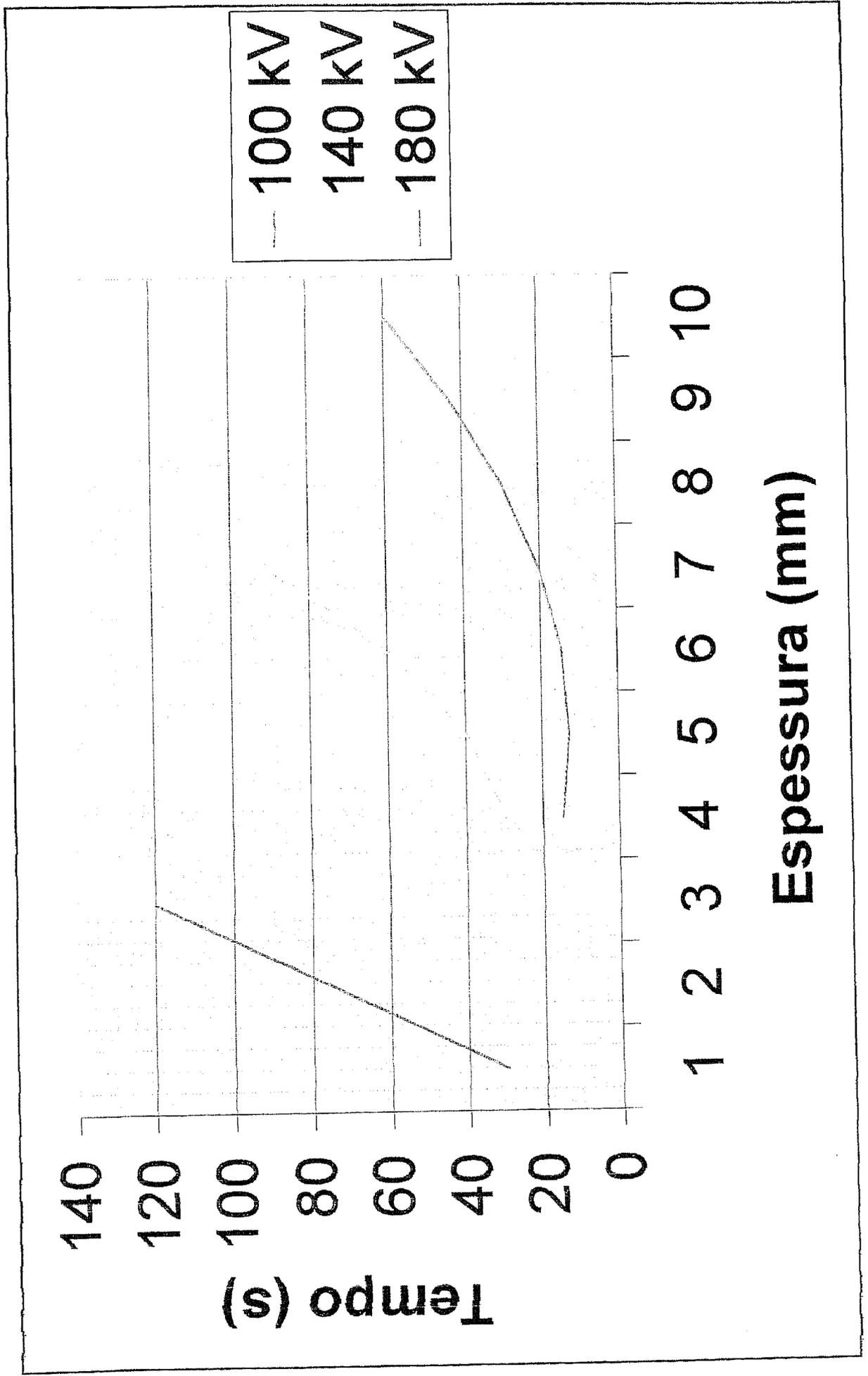
PELÍCULA RADIOGRÁFICA

Material : TSTE 355 Espessuras / Thickness : 6 + 8 (mm)

Extensão do Ensaio / Test amount : SPOT Película / Film : D7 240x100

O CONTROLADOR	C. QUALIDADE	ENT. INSPECTORA	CLIENTE
RUB. <i>[Signature]</i>	RUB. <i>[Signature]</i>	RUB.	RUB.
DATA <u>98/03/03</u>	DATA <u>98/03/03</u>	DATA / /	DATA / /

Anexo 4



Anexo 5

ANEXO 2

REPRODUÇÃO PROIBIDA

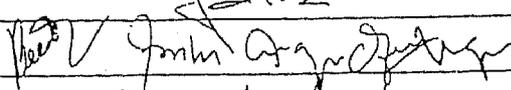
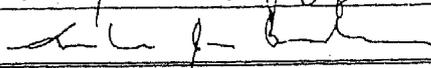
CÓPIA 7

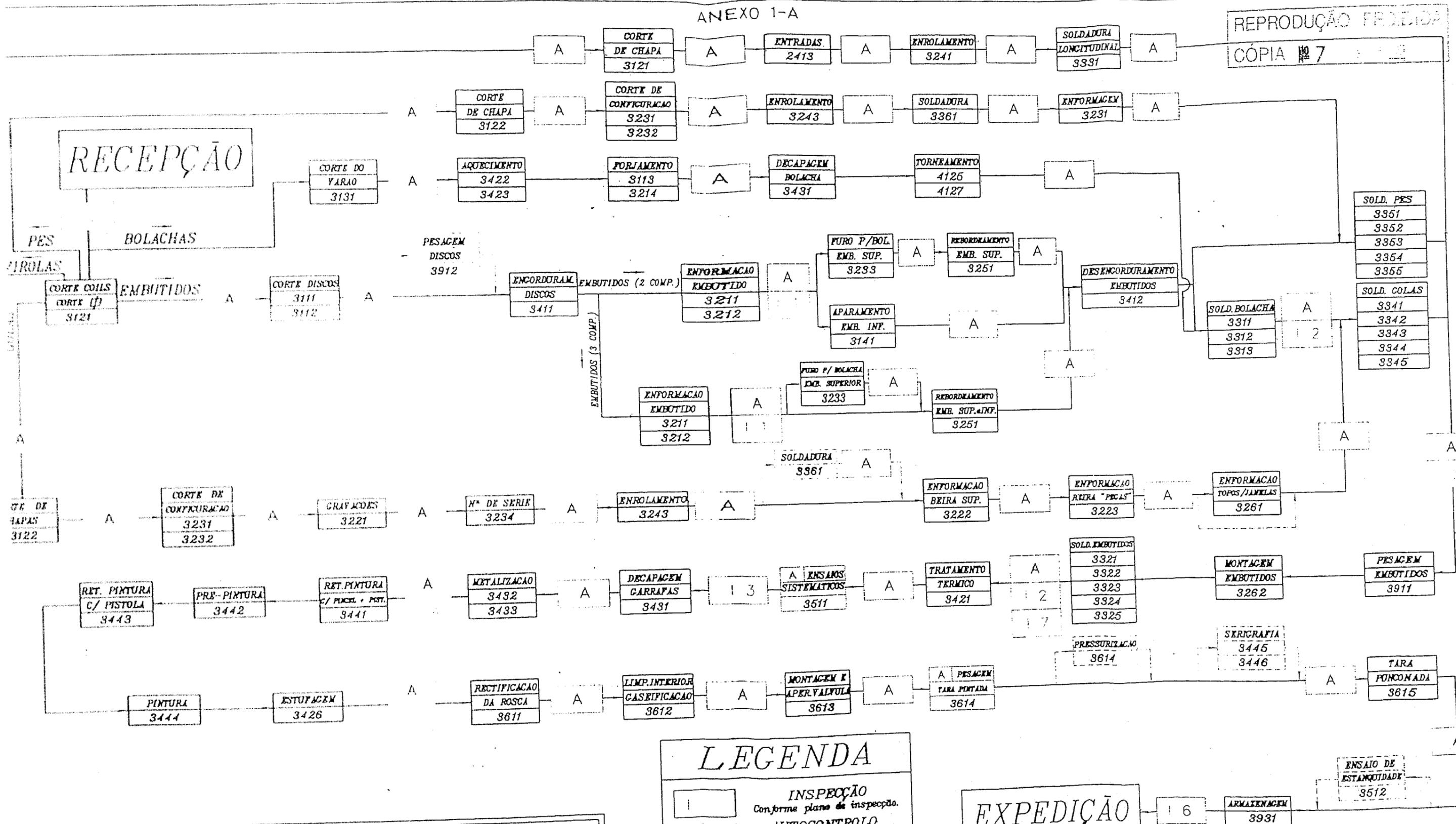
Pontos de Inspeção	Quem	Quando	Onde	Como	O Quê
A	Operador P. Trabalho	Ficha de Instruções	Posto de Trabalho	Ficha de Instruções	Ficha de Instruções
10	Ser. Armazém Recepção Expedição	À Chegada de Cada Encomenda	Recepção	Ver PQ 24-03	Controlo de Certificados Materiais
11	Controlo da Qualidade	2 Subgrupos por Dia *	Posto de Trabalho	Ver PQ 27-02 e 217-01	Espessura Mínima Coquilha
12	Controlo da Qualidade	1 Garrafa Dia Máquina Aleatória	Laboratório	Ver PQ 24-04	Macrografia Soldadura
13	Controlo da Qualidade	Aprovação de Lote	Laboratório	Cademo de Encargos e PQ 27-03	Ensaios de Rebetamento Mecânicos Dimensional e Peso
14	Controlo da Qualidade	2 Subgrupos por Dia *	Posto de Trabalho	Ver PQ 217-03	Espessura de Metalização
14	Controlo da Qualidade	1 Garrafa por lote **	Laboratório	Ver PQ 27-06	Aderência de Metalização
15	Controlo da Qualidade	2 Subgrupos por Dia *	Posto de Trabalho	Ver PQ 217-03	Espessura de Pintura
15	Controlo da Qualidade	1 Garrafa por lote **	Laboratório	Ver PQ 27-06	Aderência de Pintura
16	Controlo da Qualidade	Aprovação de Lote	Final da Linha	Cademo de Encargos	Visual, Tara, Fugacidade e Binário
17	Controlo da Qualidade	Início e Fim de cada Turno (Garrafas G110)	Laboratório	Cademo de Encargos, PQ 27-09 e Directiva 84/527/CEE	Soldadura por Raio X

Dimensão do lote 1500 < Lote ≤ 3000 Garrafas

* Nestes casos serão retirados 2 subgrupos de 5 garrafas por dia, sendo um subgrupo de manhã e um de tarde

** Sendo no máximo uma amostra por dia

EDICÃO	2	ELABORADO	
REVISÃO	0	VERIFICADO	
DATA	96/03/18	APROVADO	



LEGENDA

INSPECCAO
Conforme plano de inspeccao.

AUTOCONTROLO
Conforme fichas de instrucoes do posto.

POSTO DE TRABALHO

EXPEDICAO

EDICAO	2	ELABORADO :	<i>JSR</i>
REVISAO	0	VERIFICADO :	<i>[Signature]</i>
DATA	96/03/18	APROVADO :	<i>[Signature]</i>

ENSAIO DE ESTABILIDADE
3512

Anexo 6

Execução do método de ensaio de tracção e dobragem

O operador da máquina de ensaios universal age de modo a efectuar a seguinte sequência de operações:

1 – Ensaio de tracção

1.1 – Escolher a escala adequada atendendo à seguinte fórmula e tabela:

$$F = Tr \times So \times 1.3$$

Onde:

F – Força necessária para a rotura

Tr – Tensão de rotura do material em Kgf/mm²

So – Secção inicial do provete em mm²

1.3 – coeficiente de segurança

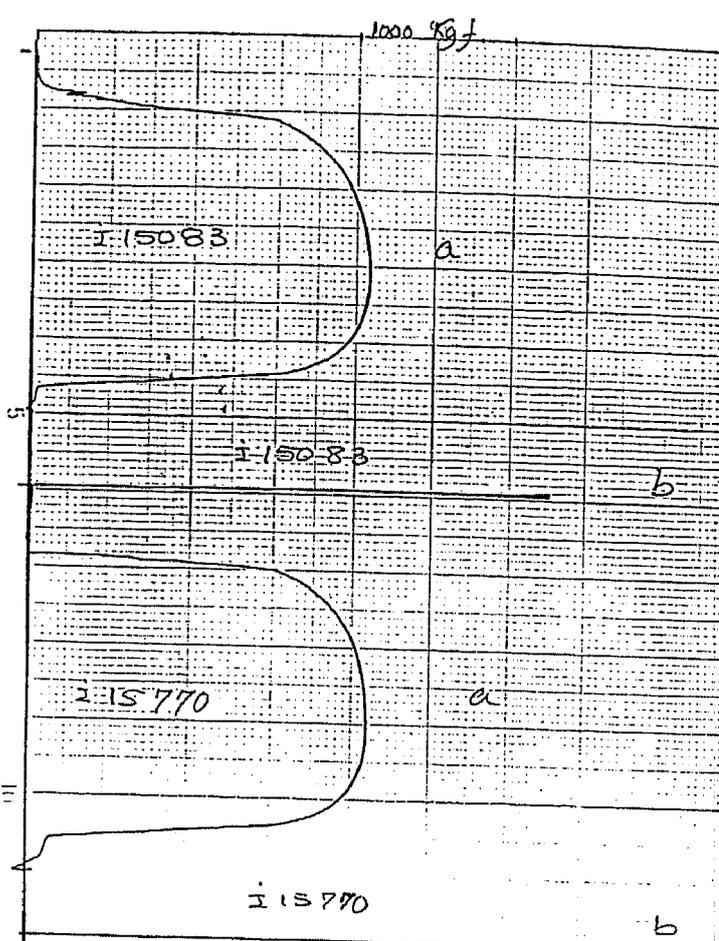
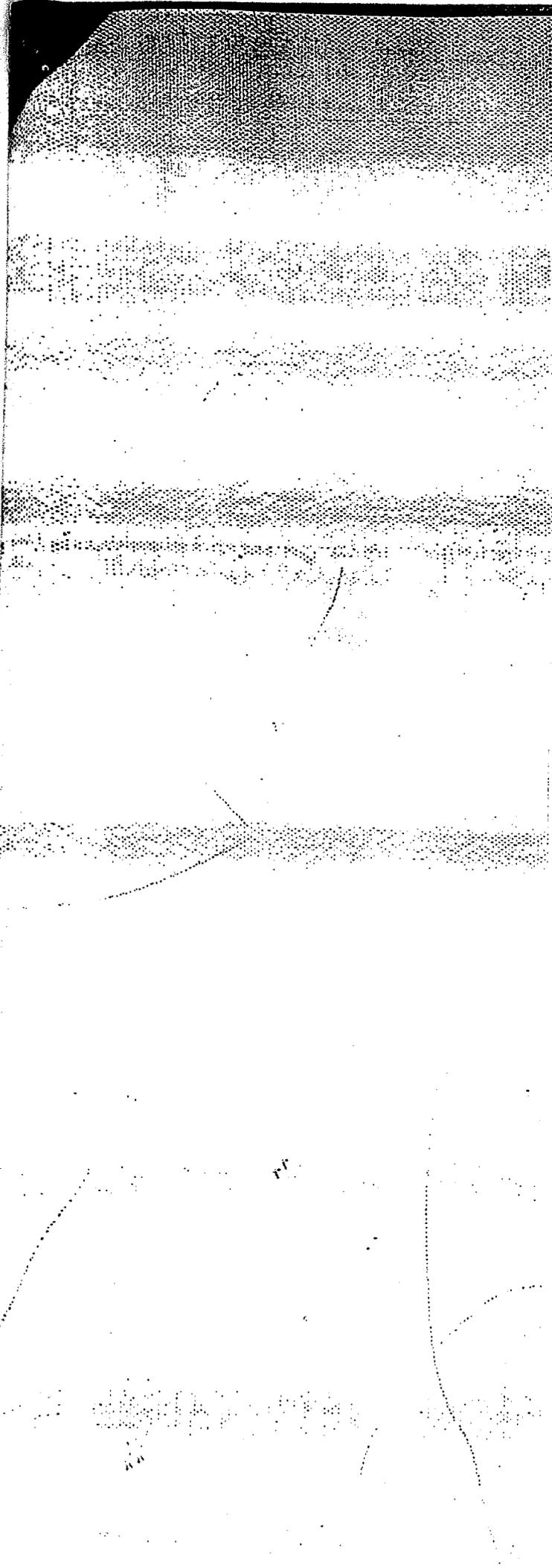
Escala 1	$0 \leq F \leq 2000 \text{ Kgf}$
Escala 2	$0 \leq F \leq 5000 \text{ Kgf}$
Escala 3	$0 \leq F \leq 10000 \text{ Kgf}$
Escala 4	$0 \leq F \leq 20000 \text{ Kgf}$

- 1.1 Colocar a barra de equilíbrio do ponteiro (pêndulo nº 6) no furo correspondente à capacidade máxima em toneladas da escala tendo em atenção que no caso das escala 3 e 4 deverá ser aplicado o peso adicional nº 27 no suporte existente na barra.
- 1.2 Ligar o motor eléctrico de accionamento da bomba hidráulica.
- 1.3 Rodar a válvula nº 30 no sentido contrário ao dos ponteiros do relógio até que o ponteiro nº 15 inicie o movimento, fechando a mesma logo que este estabilize junto do zero da escala.
- 1.4 Rodar o veio nº14 num ou noutro sentido até que o ponteiro nº 15 indique o zero da escala
- 1.5 Colocar o papel milimétrico no tambor nº 13 fixando-o com a mola existente no mesmo.

- 1.6 Colocar o marcador no suporte nº 12, apoiando-o sobre o papel milimétrico, deslocando o suporte sobre o veio nº 14 até que a ponta do marcador fique sobre o primeiro traço grosso (da esquerda para a direita) do papel milimétrico.
- 1.7 Verificar se o ponteiro nº 15 continua a indicar o zero da escal e se necessário repetir a operação nº 1.5.
- 1.8 Afastar o marcador do papel milimétrico.
- 1.9 Fixar o provete no conjunto superior de amarração da máquina e com o auxílio de um esquadro, assente no conjunto de amarração inferior verificar a verticalidade do eixo do provete, fixando-o seguidamente ao conjunto da amarração inferior.
- 1.10 Indicar o ensaio ligado a máquina, colocando o marcador sobre o papel milimétrico e regulando a válvula nº 30 para a velocidade de tracção recomendada pela norma aplicável.
- 1.11 Efectuar o registo dos valores encontrados nas folhas próprias (em anexo).
- 1.12 Rodar a válvula nº 29 no sentido contrário aos ponteiros do relógio até que o cilindro principal fique na posição de repouso.

2 – Ensaio de dobragem

- 2.1 - Colocar o provete sobre os roletos da máquina atendendo à distância entre os mesmos que é indicada pela norma aplicável.
- 2.2 – Escolher o diâmetro do mandril de acordo com a norma aplicável fechando-o ao cilindro principal.
- 2.3 – Efectuar o ensaio de registo os dados observados em folha própria (em anexo).



lote 079/98/PR 98-04-20

IP C. QUALIDADE

72 et

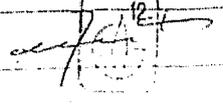
Cliente: FERROCAL Modelo: G-26 Lote 077/98/PR de N° i14700 a i16199

 Quantidade do Lote 1500 E.F. 000.11.95 N° Gar. Enc. 84.800

Marca do Provete	Dimensões Provete (mm)			Secção Inicial Ao=a.b ou $\frac{\pi.d^2}{4}$	Força Limite Elast. Fc Kgf	Força Ruptu. Fm Kgf	Compr. Final Lf mm	Tensões N/mm²		A L O N G . %
	Comp. Inic. LO	Larg. b ou ϕ d	Esp. a					Fc/Ao x 9.81 Cedenc.	Fm/Ao x 9.81 Ruptu.	
i 15083	42	20,1	2,69	54,07	1500	2100	57,1	272	381	35,4
i 15083	/	25,1	3,39	85,09	/	3270	/	/	377	/
i 15770	42	20,1	2,71	54,47	1520	2110	57,8	274	380	37,6
i 15770	/	25,1	3,29	82,58	/	3290	/	/	391	/

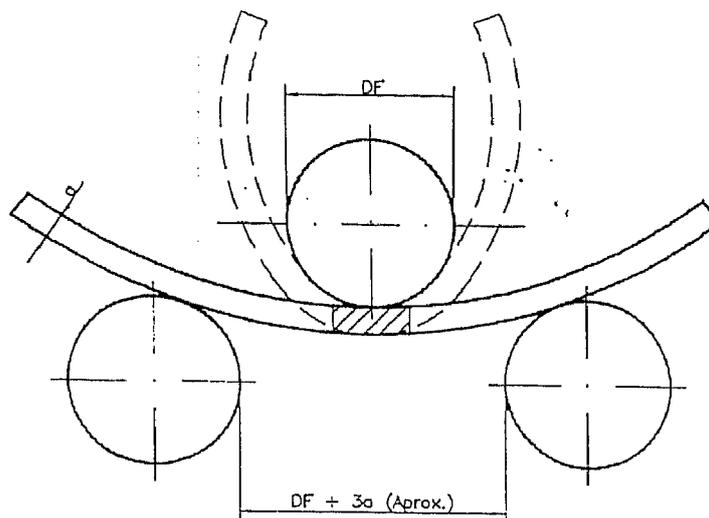
Estes ensaios foram efectuados com a maquina marca Alfred J. Amsier com o certificado de aferição n° 108/97 emitido pelo L.N.E.C. com validade até 98/05/22 instalada no laboratorio da METALURGICA PROGRESSO, conduzidos de acordo com a DIRECTIVA 84/527/CEE

- OBS. Garrafas de 2 componentes**
- a - Provete material de base
 - b - Provete material de adição
- Garrafas de 3 componentes**
- a - Provete material base virola
 - b - Provete material base embutido
 - c - Provete material adição virola
 - d - Provete material adição embutido

C.O. Fáb. 3  QUALIDADE Data 98/04/20 e inspec. 

Cliente: Petrogal Esp. Modelo: 6-26/A Lote 06/198/PR de N.º A46895a A48394
 Quantidade do Lote 1500 N.º Encomenda 14.099.0 N.º Gar. Enc. 84.800
1 - Materiais

Material utilizado	Norma
FeE 235 KR	EU 120/83

2 - Esquema de dobragem

2.1 - Características dos provetes e resultados

N.º GARRAFA	REF.	Rmt	n	a	DF (calculado)	DF (utilizado)	DF+3a	ANGULO DE DOBRAGEM	OBS. DA PARTE CONVEXA
A47263	c	373	2	3,46	6,92	5,5	15,88	180	Bom
	d	373	2	3,46	6,92	5,5	15,88	180	Bom
	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—
A47957	c	383	2	3,49	6,98	5,5	15,99	180	Bom
	d	383	2	3,41	6,82	5,5	15,73	180	Bom
	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—

REF. — INSCREVER O DIGITO CORRESPONDENTE A SOLDADURA E OU TIPO DE GARRAFA
 Rmt — RESISTÊNCIA EFECTIVA DO PROVETE (Verificado no ensaio de tracção)
 n — RELACÃO ENTRE O Ø PUNÇÃO E A ESP. DO PROVETE DADO PELO QUADRO DO PONTO 3.1.2.3.3 DA DIRECTIVA 84/527/CEE.
 a — ESPESSURA DO PROVETE EM mm APOS MAQUINAÇÃO DAS SOBRESPESSURAS (Sempre superior a espessura minima de calculo).

Ensaio hidráulico de deformação e rotura garrafas de gás

1 - Objectivo

O objectivo deste PQ é definir o modo de realizar o ensaio hidráulico de deformação e rotura de garrafas de gás.

2- Campo de aplicação

Este PQ aplica-se ao ensaio de garrafas G26 e G110, no âmbito do plano de controlo definido no caderno de encargos do cliente

3 - Definição

4 - Referências

Manual da Qualidade item 2.7.

Directiva 84/527/CEE.

Norma Portuguesa 407.

4.1 – Equipamentos de referência

Calibre de capacidade 27.67 cm³.

Reservatório calibrado de 50 cm³.

Proveta graduada de 1 dm³.

Manómetro atmosférico de 0 a 160 bar.

5 - Responsabilidades

É da responsabilidade da Direcção da Qualidade a aprovação, distribuição e supervisão da sua implementação.

É da responsabilidade do técnico/operador da secção do Controlo da Qualidade da Fábrica 2, a elaboração e revisão deste PQ, bem como o cumprimento das disposições deste emanadas.

É da responsabilidade do técnico/operador em cooperação com a entidade inspectora externa proceder à crítica dos resultados do ensaio, elaborar o relatório de ensaio de elasticidade e informar a Direcção de Produção da Fabrica 2 no caso da constatação de resultados anormais, sendo esta informação materializada pela entrega de uma cópia do relatório de ensaios acompanhado de uma comunicação de serviço referindo as anomalias.

6 – Procedimento

6.1 – Enchimento de água

O técnico/operador da secção do Controlo de Qualidade da Fabrica 2 age de modo a:

I – Vazar para o interior das garrafas da amostra recolhida no âmbito do caderno de encargos do cliente ou da Directiva 84/527/CEE, o volume de água correspondente ao seguinte quadro:

Modelo garrafa	Volume de água
G 12	12 dm ³
G 26	26 dm ³
G 84	84 dm ³
G 110	110 dm ³

O volume acima referido deve ser medido com o auxílio do calibre de capacidade de 27.67 dm³.

II – Com o auxílio da proveta de 1 dm³ encher a garrafa até ao nível inferior da bolacha e introduzir em seguida um sifão que permitirá purgar completamente todo o ar existente no interior da mesma,

continuando a introduzir a água da proveta até ao nível da água atingir a face superior da bolacha.

III – Ler e registar no relatório ensaio de elasticidade o volume total de água introduzido em cada garrafa com aproximação até à centésima do dm^3 .

6.2 – Purga do sistema

I – Abrir a válvula nº 7, 9, 10 e 8 fechando as válvulas nº 5, 6, 13, 14.

II – Fechar imediatamente a válvula nº 9 quando a água atingir o nível zero na proveta nº 25.

III – Fechar as válvulas nº 7 e 8 quando a água atingir o nível zero nos reservatórios nº 21 e 23 respectivamente.

IV – Colocar o manipulador da válvula nº 4 na posição vertical.

V – Aplicar fita de teflon na união roscada nº 26 adequada à respectiva garrafa, apertando-a a mesma.

VI – Ajustar a extremidade roscada da tubagem nº 27 à união roscada nº 26 de modo a permitir a posterior purga de todo o ar existente no circuito.

VII – Abrir a válvula nº 2 pondo em funcionamento a bomba nº 20 até não sair ar pela união nº 26 e 27, fechando a válvula nº 2 logo que tal aconteça e desligando a bomba.

VIII – Colocar o manipulador da válvula nº 4 na posição horizontal abrindo a válvula nº 12 e a nº 3 suavemente, pondo em funcionamento a bomba nº 22.

XI – Fechar a válvula nº 3 logo que não saia ar pela união 26 e 27 desligando a bomba e apertando definitivamente a referida união.

6.3 – Ensaio de deformação a 40 bar

I – Ligar o registador gráfico

II – Colocar o manipulador da válvula nº 4 na posição vertical fechando a válvula nº 10 e abrindo a válvula nº 9, e nº 2, pondo a bomba nº 20 em funcionamento.

III – Abrir a válvula nº 2 até que o manómetro nº 16 atinja a pressão de 40 bar, fechando-a seguidamente.

IV – Ao fim de 30 segundos abrir suavemente a válvula nº 5 permitindo o retorno da água à proveta nº 25.

V – Ler o diferencial do volume de água na proveta nº 25 que corresponderá à deformação da garrafa à pressão de 40 bar, registando este valor com aproximação à centésima do dm^3 , na ficha ensaio de elasticidade.

VI – Fechar as válvulas nº 5 e nº 9.

6.4 – Ensaio de rotura

I – Abrir as válvulas nº 12 e nº 14, ficando esta última na posição horizontal.

II – Abrir suavemente a válvula nº 3 pondo em funcionamento a bomba nº 22.

III – Prestar atenção ao manómetro nº 16 afim de ler a pressão de rebatamento.

IV – Fechar as válvulas (3) e (12) após a rotura da garrafa.

V – Registrar na ficha ensaio de elasticidade a pressão de rotura em bar e o diferencial do volume de água com aproximação aos décimos do dm^3 lido na escala do reservatório nº 23.

VI – Retirar a garrafa ensaiada e colocar a garrafa seguinte, repetindo as operações descritas em 6.2 e 6.3 tantas vezes quantas as garrafas a ensaiar.

VII – Desligar o registador gráfico no fim de cada ensaio.

VIII – Terminando o ensaio da última garrafa abrir as válvulas nº 5, 6, 9, 10, 11, 12, 13 e 14, fechando a válvula nº 1.

6.5 – Preenchimento do relatório

I – Concluídas as operações descritas em 6.3 e 6.4 o operador age de modo a efectuar os cálculos indicados na ficha ensaio de elasticidade, datando e assinando.

7 – Documentos

Em anexo encontram-se os seguintes documentos:

- Esquema do painel de ensaio
- Ensaio de elasticidade e de rotura de garrafas

Cliente: PEYROGAL Modelo: G-26 Lote 079/98/PR de N° i 14700 a i 16199
 Quantidade do Lote 1500 E.F. 2001195 N° Gar. Enc. 84.800

Garrafas Ensaaiadas			Ensaio de Elasticidade		Ensaio Rotura			R O T U R A
Data	Número	Capac.	Aumento Volume		Pressão Min. 67.5 Bar	Aumento Volume		
Fabrico	Fabrico		Litros	% Max.1		Absoluto	Vr Min.20%	
98-04-16	i 14737				26,27			
"	i 14917	26,28	0,000	0,000	118	11,6	44,14	B
"	i 15268	26,26	0,000	0,000	118	11,2	42,65	B
"	i 15432	26,29	0,000	0,000	118	11,4	43,36	B
"	i 15616	26,27	0,000	0,000	118	11,8	44,92	B
"	i 15930	26,29	0,000	0,000	118	11,0	41,84	B
"	i 16093	26,28	0,000	0,000	118	12,1	46,04	B
/								

LEGENDA

- Pr — Pressão de Rotura (bar)
- $\sigma_p; \sigma_v$ — Desvios
- ΣPr^2 — Soma dos Quadrados das Pr
- \bar{P}_m — Média Aritmética das Pr
- \bar{V}_m — Média Aritmética dos Vr
- ΣVr^2 — Soma dos Quadrados dos Vr
- n — N° de Garrafas Ensaaiadas

TIPO DE ROTURA

- A - Rotura Não Aceitável
- B - Rotura Franca
- C - Rotura Aceitável Mas Não Franca

$\Sigma Pr = 826$ $\Sigma Vr = 304,82$
 $\Sigma Pr^2 = 97468$ $\Sigma Vr^2 = 13288,62$

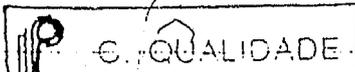
$P_m = \Sigma Pr / n = 118,00$ $V_m = \Sigma Vr / n = 43,55$

$\sigma_p = \sqrt{(\Sigma Pr^2 - n \cdot P_m^2) / (n-1)} = 0,000$

$\sigma_v = \sqrt{(\Sigma Vr^2 - n \cdot V_m^2) / (n-1)} = 1,58$

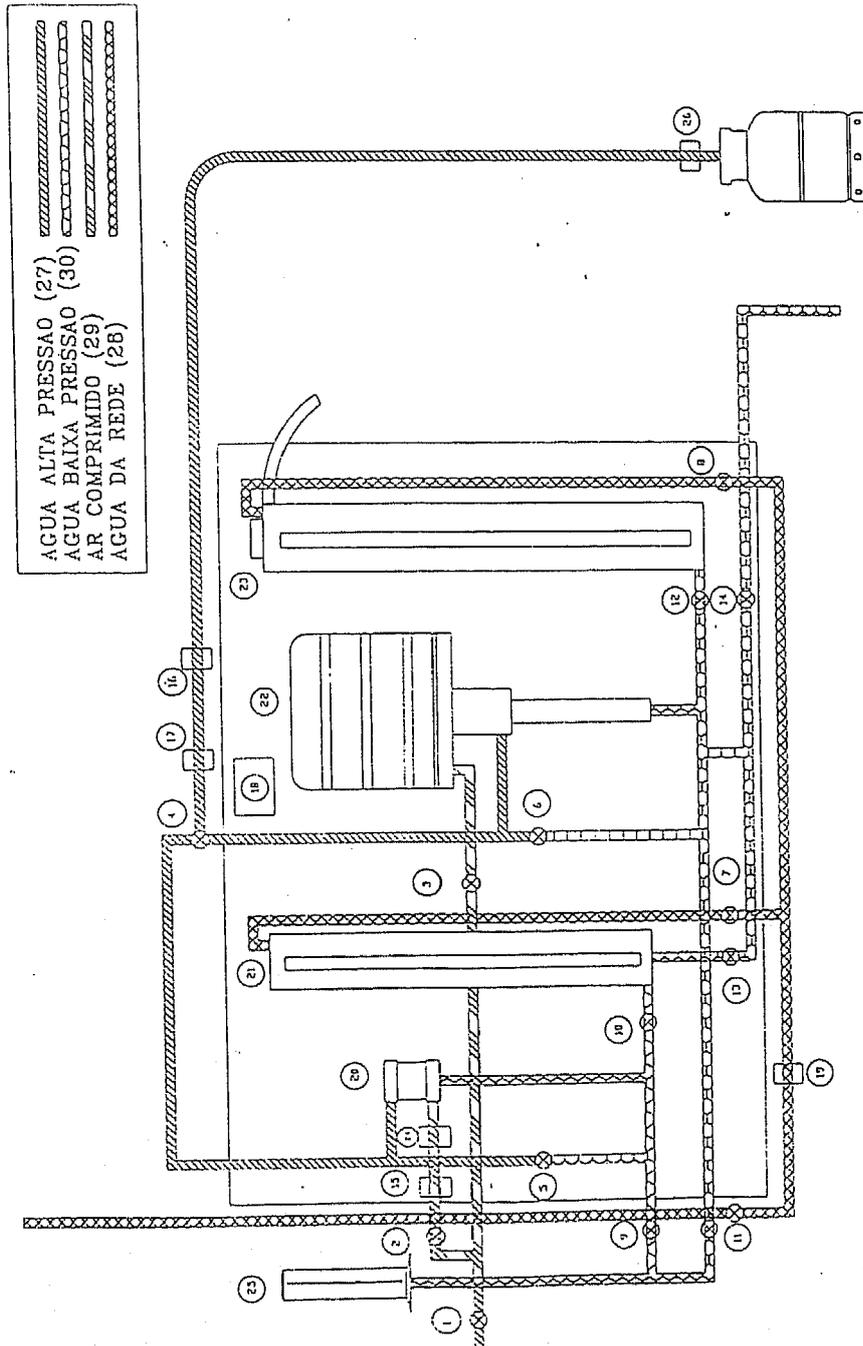
Valores	Obtido	Especif.
$P_m - 3\sigma_p =$	118,00	$\geq 50,6$
$V_m - 2\sigma_v =$	40,38	≥ 20

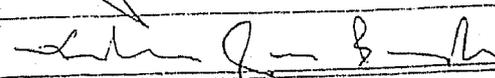
Tab. 2



[Handwritten signature]

ESQUEMA DO PAINEL DE ENSAIOS



EDIÇÃO	1	ELABORADO :	
REVISÃO	1	VERIFICADO :	
DATA	93/12/20	APROVADO :	

Ensaaios Macrográficos

1 - Objectivo

Este PQ visa definir o modo de efectuar os ensaios Macrográficos de soldaduras.

2 – Campo de aplicação

Este PQ aplica-se sempre que se efectuem ensaios Macrográficos de soldaduras.

3 - Definições

4 - Referências

Manual da qualidade, item 2.7.

Caderno de encargos do cliente.

5 - Responsabilidades

É da responsabilidade da Direcção da Qualidade a implementação deste procedimento.

O cumprimento deste procedimento é da responsabilidade do Controlo da Qualidade da Fábrica 2.

O Controlo da Qualidade da Fábrica 2 é responsável por efectuar os ensaios macrográficos de acordo com o Plano de Inspecção da Fábrica 2, seus registos e arquivos.

6 - Procedimento

O Operador age de modo a:

I – Recolher os componentes a soldar em número igual ao número de postos de soldadura.

II – Entregar os componentes nos diferentes postos de soldadura, assistindo à execução destes.

III – Identificar os provetes utilizando os dois últimos dígitos da nomenclatura do posto de soldadura e os dígitos da semana.

IV – Cortar os provetes de forma a abranger o ponto de arranque de paragem da soldadura.

V – Preparar as faces dos provetes utilizando meios mecânicos fazendo o acabamento final das superfícies com o auxílio de lixa grau 00, de forma a estas ficarem brilhantes.

VI – Atacar a superfície com uma solução de Iodo sublimado (8%) e Iodeto de Potássio (17 %) e Água Destilada (75 %) pré-preparada na farmácia local, até à zona de soldadura ficar com o contorno bem definido.

VII – Verificar se não existem na soldadura defeitos do tipo colagem ou falta de penetração, devendo o contorno ser análogo ao exemplificado para cada tipo de junta na folha de ensaio macrográfico.

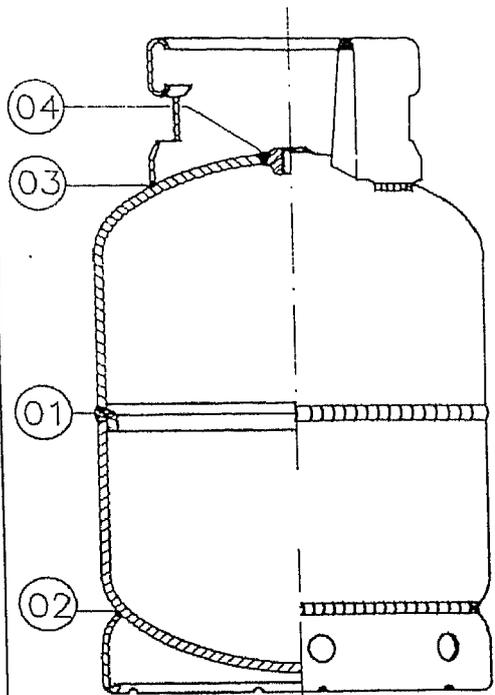
VIII – Registrar na folha de ensaios as seguintes informações:

- número da máquina a que o provete diz respeito;
- número do provete;
- resultado;
- data do ensaio.

7 – Documentos

Em anexo 8 encontra-se o seguinte documento:

- Relatório de Ensaio Macrográfico.



CLIENTE _____ Nº DO LOTE ____/____/PR

NORMA APLICAVEL _____

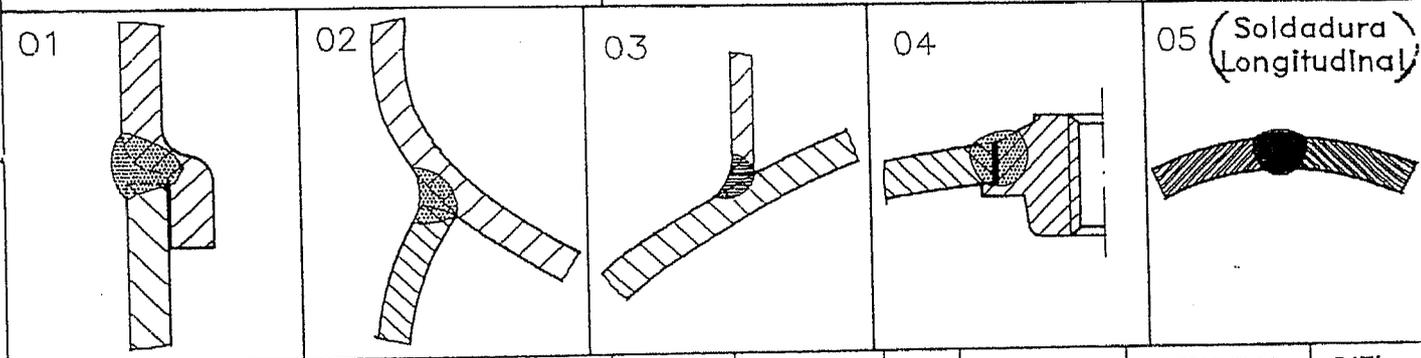
CONDIÇÕES DE ENSAIO

TEMPERATURA DO ENSAIO _____ °C

HUMIDADE RELATIVA _____ %

LOCAL DO ENSAIO _____

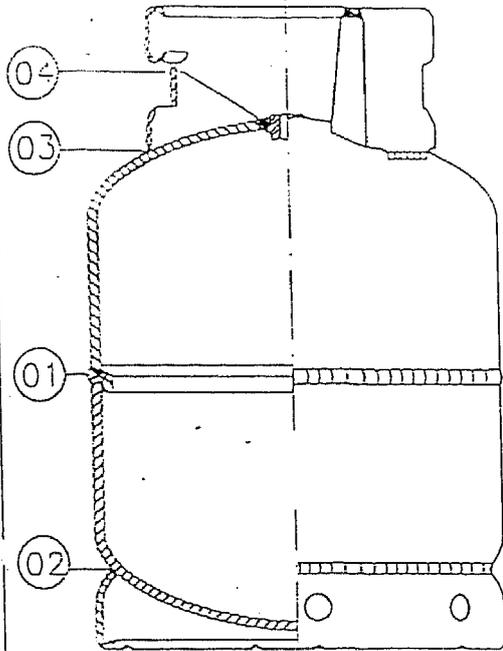
SOLUCAO REAGENTE {
8% DE IODO SUBLIMADO
17% DE IODETO DE POTASSIO
75% DE AGUA DESTILADA



Nº MAQUINA	REF.	Nº PROVETE	RESULTADO	DATA	Nº MAQUINA	REF.	Nº PROVETE	RESULTADO	DATA
	01					03			
	01					03			
	01					03			
	01					03			
	02					04			
	02					04			
	02					05			
	02					05			

OBSERVACOES: _____

O CONTROLADOR: DATA: / / RUB.:	C. QUALIDADE: DATA: / / RUB.:	ENT. INSPECTORA: DATA: / / RUB.:	CLIENTE: DATA: / / RUB.:
--------------------------------------	-------------------------------------	--	--------------------------------



CLIENTE Petrogal N° DO LOTE 1198/PR
NORMA APLICAVEL CADERNO DE ENCARGOS

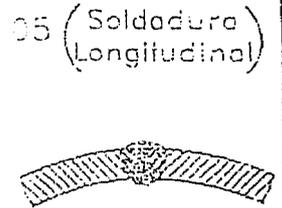
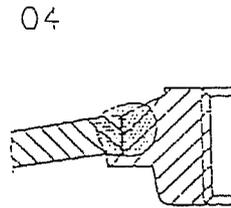
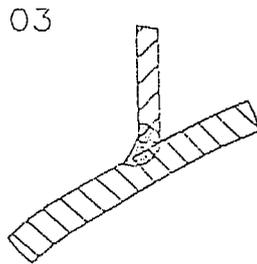
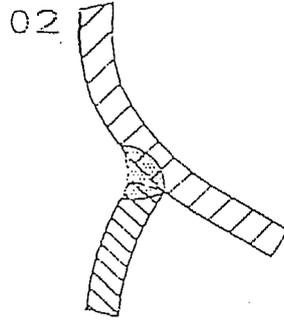
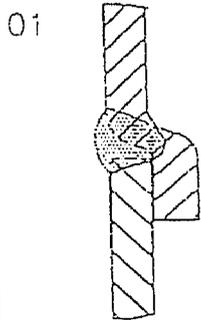
CONDIÇÕES DE ENSAIO

TEMPERATURA DO ENSAIO 20 °C

HUMIDADE RELATIVA 68 %

LOCAL DO ENSAIO MET. PROGRESSO

SOLUÇÃO REAGENTE {
8% DE IODO SUBLIMADO
17% DE IODETO DE POTÁSSIO
75% DE ÁGUA DESTILADA



Nº MAQUINA	REF.	Nº PROVETE	RESULTADO	DATA	Nº MAQUINA	REF.	Nº PROVETE	RESULTADO	DATA
3321	01				3341	03			
3322	01				3342	03	1742	B014	98-04-20
3323	01				3343	03			
3324	01	1724	B014	98-04-20	3344	03			
3325	01				3345	03			
3351	02				3311	04	1711	"	"
3352	02				3312	04			
3353	02	1753	"	"	3313	04			
3354	02				3331	05			
3355	02								

OBSERVAÇÕES: _____

C. CONTROLADOR:

DATA: 98/04/20

RUB: _____

C. QUALIDADE:

DATA: 98/04/20

C. QUALIDADE: _____

ENT. INSPECTORA:

DATA: / /

RUB: _____

CLIENTE:

DATA: / /

RUB: _____

Anexo 7

TABLE I - Código para o dimensionamento da amostra

Dimensão do lote	Níveis de inspeção especiais				Níveis de inspeção gerais		
	S-1	S-2	S-3	S-4	I	II	III
2	A	A	A	A	A	A	B
9	A	A	A	A	A	B	C
16	A	A	B	B	B	C	D
26	A	B	B	C	C	D	E
51	B	B	C	C	C	E	F
91	B	B	C	D	D	F	G
151	B	C	D	E	E	G	H
281	B	C	D	E	F	H	J
501	C	C	E	F	G	J	K
1201	C	D	E	G	H	K	L
3201	C	D	F	G	J	L	M
10001	C	D	F	H	K	M	N
35001	D	E	G	J	L	N	P
150000	D	E	G	J	M	P	Q
500000	D	E	H	K	N	Q	R
500001 ou mais	D	E	H	K	N	Q	R

TABELA II - A — Planos de amostragem simples para inspeção normal (Tabela métrica)

		Níveis de qualidade aceitáveis (inspeção normal)																					
		0,10	0,015	0,025	0,040	0,065	0,10	1,5	2,5	4,0	6,5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	1000	
Ordem do plano de amostragem	Dimensão do lote amostrado	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
		A	2	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
B	3	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
C	5	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
D	8	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
E	13	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
F	20	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
G	32	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
H	50	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
I	80	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
K	125	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
L	200	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
M	315	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
N	500	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
P	800	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
Q	1250	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
R	2000	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→

= Utilizar o primeiro plano de amostragem por baixo da seta. Se a dimensão da amostra for igual ou exceder a grandeza do lote aplicar a inspeção a cem por cento.
 = Utilizar o primeiro plano de amostragem por cima da seta.
 Ac = Número de aceitação.
 Re = Número de rejeição

Anexo 8



Instituto Tecnológico do Gás

PLANO DE CONTROLO

1 de 2

Fabrico de Garrafas

OPERAÇÕES DE CONTROLO

ENTIDADES CONTROLADORAS

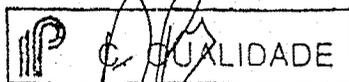
Fabricante M.PROGRESSO Lote nº 020/98P Em 98.01.30

(sub//
inspector)

	Fabricante	ITG
1. Recepção de materiais - certificados		
1.1 Verificação das condições de armazenamento	X	X
1.2 Recepção dos materiais base e confirmação das suas propriedades mecânicas	X	
1.3 Verificação do estado da superfície dos materiais base	X	X
1.4 Recepção dos materiais de adição. Verificação das suas características e estado de conservação	X	X
1.5 Verificação dos certificados dos materiais base	X	X
1.6 Verificação dos certificados dos materiais de adição	X	X
1.7 Verificação dos certificados	X	X
2. Equipamento de medição e ensaio		
2.1 Verificação do estado de calibração do equipamento utilizado na inspecção	X	X
3. Qualificação dos soldadores e processos de soldadura		
3.1 Verificação da validade dos respectivos certificados	X	X
4. Controlo dimensional.		
4.1 Altura pé/bolacha	X	X
4.2 Altura pé/gola	X	X
4.3 Verificação do diâmetro	X	X
4.4 Verificação da espessura mínima do corpo	X	X
4.5 Verificação dimensional dos acessórios	X	X
4.6 Verificação do alinhamento da geratriz da garrafa	X	X
4.7 Verificação do centramento do furo da bolacha	X	X
4.8 Verificação da perpendicularidade, geratriz do pé e gola da garrafa	X	X
5. Estampagem		
5.1 Verificação da geometria da gola	X	X
5.2 Verificação da geometria dos embutidos	X	X
5.3 Verificação da geometria do pé	X	X

ITG Conforme o original
Data: 98/02/25 Rúbrica: 11019

Cont. Qualid. Fab.



P. ITG



PLANO DE CONTROLO

2 de 2

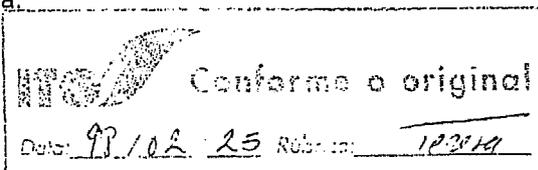
Fabrico de Garrafas

OPERAÇÕES DE CONTROLO

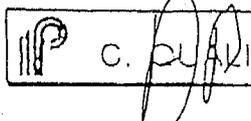
ENTIDADES CONTROLADORAS

Fabricante M.PROGRESSO Lote nº 020/98P Em 98.01.30

	Fabricante	ITG
6. Soldaduras		
6.1 Verificação do aspecto geral da ligação dos acessórios ao corpo	X	X
6.2 Verificação do aspecto geral da bolacha ao corpo	X	X
6.3 Verificação do aspecto geral da soldadura equatorial	X	X
6.4 Verificação do aspecto geral da soldadura da virola	X	X
6.5 Verificação visual das soldaduras: fissuras, cavidades, golpes de escorvamento, excesso de penetração na raiz, de desalinhamento e bordos queimados.	X	X
7. Capacidade		
7.1 Verificação da capacidade mínima e máxima da garrafa	X	X
8. Tara		
8.1 Verificação da tara máxima e mínima da garrafa.	X	X
9. Tratamento térmico		
9.1 Verificação da temperatura especificada.	X	X
9.2 Verificação do tempo de estágio.	X	X
10. Rosca da bolacha		
10.1 Verificação dimensional do roscado	X	X
10.2 Verificação da limpeza do roscado.	X	X
11. Prova hidráulica		
11.1 Verificação da pressão de ensaio e isenção de fugas ou de humidade em todo o corpo resistente da garrafa.	X	X
12. Ensaio / Exames		
12.1 Rotura (Portaria nº 62-A/93 de 15 de Janeiro)	X	X
12.2 Mecânicos (Portaria nº 62-A/93 de 15 de Janeiro)	X	X
12.3 Radiográfico (Portaria nº 62-A/93 de 15 de Janeiro)	X	X
12.4 Macrográfico (Portaria nº 62-A/93 de 15 de Janeiro)	X	X



Cont. Qualid. Fab.


C. QUALIDADE


ITG Instituto Tecnológico do Gás
 (J.Ernesto)

Errata

Página 40, segundo parágrafo, onde se lê “O tempo de penetração define-se...”, deve-se ler “O tempo de penetração: define-se...”

Página 44, a partir de “Aplicação do revelador” até ao penúltimo parágrafo da página 47, deverá ser transportado para a página 43 no ponto 3.2.5.6 a seguir do parágrafo correspondente.

Página 47, último parágrafo até à página 52 deverá ser transportado no fim da página 43.

Página 52, último parágrafo, onde se lê “...Metalúrgica Progresso não foi rigorosa..”, deve-se ler “...Metalúrgica Progresso não fui rigorosa..”

Página 53, onde se lê “As principais e desvantagens..”, deve-se ler “As principais vantagens..”

Página 71, terceiro parágrafo, onde se lê “É geralmente assumido que uma película menor...”, deve-se ler “É geralmente assumido que uma película de menor...”