



setenave

Estaleiros Navais de Setúbal, S. A. R. L.

CONTROLO DE QUALIDADE
EM CONSTRUÇÃO SOLDADA
EM ESTALEIROS NAVAIS

Por:

Eng. *Garrido de Figueiredo*

Eng. *Cerqueira Lopes*

**5º CONGRESSO PANAMERICANO DE INGENIARIA NAVAL,
TRANSPORTE MARITIMO E INGENIARIA PORTUARIA**

CARACAS-VENEZUELA
SETEMBRO 1977

O CONTROLO DE QUALIDADE DE CONTRUÇÃO SOLDADA
EM ESTALEIROS NAVAIS

POR

ENG. GARRIDO DE FIGUEIREDO, Nelson Rey (a)

ENG. CERQUEIRA LOPES, Joaquim José (b)

RESUMO

Considerações relativas à organização do sector do Controlo de Qualidade de Soldadura aplicado a estaleiros de construção naval, suas ligações com Organismos de Inspeção, meios que utiliza e funções principais que deve desempenhar visando o desenvolvimento de uma melhor consciência de qualidade.

ABSTRACT

General considerations regarding the organization of a Welding Quality Control Service in a shipbuilding yard, its relationship with the external Inspection Bodies, resources required and the main functions which should be developed envisaging a better awareness of quality.

(a) Engenheiro Mecânico I.S.T. (LISBOA); Engenheiro Soldador E.S.S.A. (PARIS).

Responsável até 1975 nelo Deptº de Soldadura e Controlo de Qualidade, actualmente responsável pelo "Desenvolvimento de Novos Produtos" - Deptº de Comercialização da SETENAVE - Estaleiros Navais de Setúbal, SARL - MITRENA - PORTUGAL.

(b) Engenheiro Mecânico I.S.T. (LISBOA); Engenheiro Soldador E.S.S.A. (PARIS).

Secretário Técnico do Instituto de Soldadura.
Assistente do Instituto Superior Técnico (IST).

1-GENERALIDADES

Durante muito tempo a noção de qualidade tem sido encarada sob um prisma puramente técnico, talvez por uma perspectiva de formação dos engenheiros que considera ser essa a sua tendência alheando-se em parte dos problemas de gestão.

Contudo pensamos que, salvaguardadas as regras fundamentais no que respeita à segurança das construções a noção de qualidade é cada vez mais um problema económico.

De facto, quando nos debruçamos sobre problemas de qualidade aparecem numerosos problemas técnicos; mas se pensarmos que o melhoramento dos processos de fabrico, a escolha criteriosa dos materiais etc. provoca uma diminuição do nº de correcções a efectuar ou até do nº de rejeições, vemos que este aspecto conduz a sensíveis reduções dos custos de produção.

No entanto um aumento progressivo e constante da qualidade não significa sempre diminuição dos custos de produção porquanto, a partir de certa altura um pequeno melhoramento qualitativo implica subsequentes aumentos de custo.

Assim, põe-se o problema de até onde se deve aumentar a qualidade dos fabricos, ou de outro modo, dever-se-ã melhorar a qualidade aumentando o preço?

Na figura seguinte representamos de um modo simples a "qualidade de conformidade" de um produto a um projecto.

O Ponto X constitui o ponto de equilíbrio do Binómio Custo - Qualidade. À esquerda deste ponto os custos aumentam proporcionalmente ao incremento dos defeitos mais ou menos crónicos; neste caso um aumento de qualidade será menos dispendioso. À direita desse ponto os custos aumentam com o aumento de qualidade.

Do que se disse transparece realmente que o problema da qualidade arrasta consigo implicações não só técnicas mas também económicas.

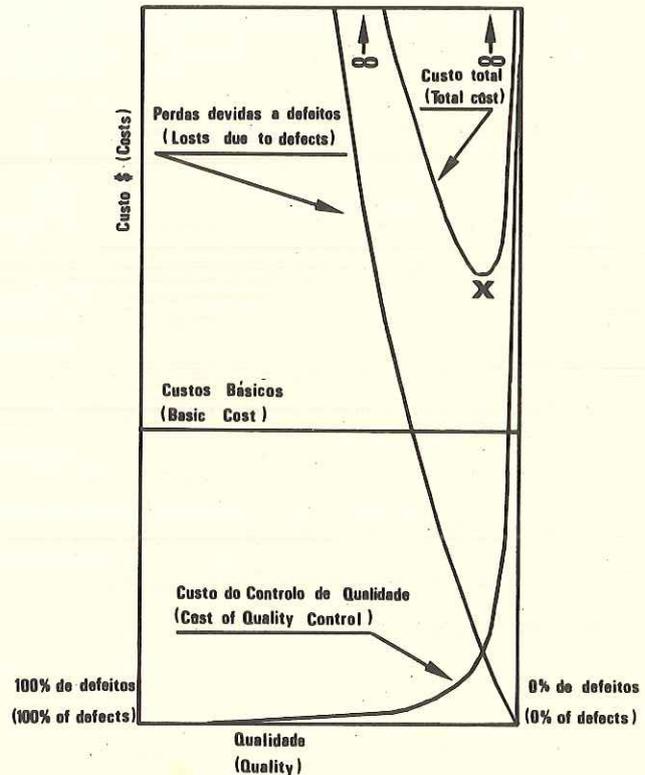
Num estaleiro de construção naval o custo do produto acabado é normalmente muito alto.

A título de exemplo e segundo a revista Fairplay International um petroleiro de 320.000 t.d.w. foi recentemente contratado à Mitsui (Japão) por cerca de 50 milhões de dollars (U.S.A.). Um navio deste tipo incorporará aproximadamente 36.000 ton de aço o que ao preço actual do mercado poderá significar cerca de 18% do preço total do navio.

O custo dos materiais consumíveis de soldadura representará aproximadamente 1% do referido preço e a mão de obra de soldadura gasta na construção corresponderá a cerca de 10% do preço contratado.

É evidente que estes dados não são rigorosos variando de país para país, de estaleiro para estaleiro e até com o tipo de projecto utilizado.

Dadas as margens extremamente pequenas com que os estaleiros trabalham actualmente, devido às condições críticas de mercado, pensamos que os números indicados têm uma importância suficientemente grande para justificar que se tomem medidas tendentes à sua minimização, salvaguardadas evidentemente as condições técnicas e de segurança que devem ser obedecidas.



Dados os valores em jogo, normalmente o cliente nomeia um seu representante (ou dois) para durante a construção do navio se assegurar da conformidade de fabricação com as prescrições técnicas e contractuais acordadas, certificando-se do grau de qualidade do produto.

A esta entidade designaremos por "ENTIDADE INSPECTORA".

Igualmente o estaleiro construtor, pelo que atrás se disse, e em sequência da estratégia da empresa, deverá possuir na sua organização um sector composto por técnicos qualificados, com a função de promover a construção e optimização da qualidade, de acordo com o padrão de qualidade que tenha sido definido para a empresa.

A este sector chamaremos de "CONTROLO DE QUALIDADE".

Procuraremos contudo mostrar ao longo desta exposição que a sua função é de âmbito mais lato do que aquela que a expressão usada e a tradição deixariam prever.

No que se segue analisaremos as actividades de ambas entidades no campo exclusivo da soldadura, por este ser inequivelmente uma das técnicas mais importantes dentro do processo produtivo de um estaleiro de construção naval.

2. ACTIVIDADES E MEIOS DO CONTROLO DE QUALIDADE E DA ENTIDADE INSPECTORA

As actividades fundamentais das duas entidades designadas podem dividir-se nas seguintes três etapas relativamente à fase de fabricação:

- Controlo antes da fabricação
- Controlo durante a fabricação
- Controlo após a fabricação

contendo cada etapa, funções e objectivos singularmente diferentes nas duas entidades.

Assim, para o estaleiro é economicamente muito importante o controlo antes e durante a fabricação, procurando evitar a ocorrência de defeitos durante o processo produtivo, e procurando que defeitos detectados numa certa fase, não prossigam para fases posteriores da produção onde a sua reparação será sempre mais onerosa.

No que se refere à ENTIDADE INSPECTORA, a sua actuação desenvolvendo-se ao longo das três etapas referidas, é particularmente importante nas fases de controlo durante a fabricação e controlo após fabricação; de facto, é durante os períodos de construção e ensaios que a actividade da ENTIDADE INSPECTORA é mais intensa.

Como é evidente, embora as atitudes assumidas pelo CONTROLO DE QUALIDADE do estaleiro e pela ENTIDADE INSPECTORA sejam diferentes para as mesmas etapas ao longo das verificações conduzidas, somos da opinião que a colaboração entre estes dois grupos é sede de melhoria de qualidade e de proveito económico.

2.1. CONTROLO ANTES DA FABRICAÇÃO

2.1.1. CONTROLO DE QUALIDADE

As funções do sector Controlo de Qualidade do estaleiro, antes da fabricação são fundamentalmente as quatro seguintes:

- Uma função de estudo
- Uma função de aprovisionamento
- Uma função de desenvolvimento
- Uma função de formação

Estas são essencialmente funções de prevenção que procuram evitar a ocorrência de defeitos antes da fase de fa-

brico. Vejamos algumas das suas principais atribuições:

a) Da função ESTUDO fazem parte principalmente:

- A colaboração na definição dos "Standards" do estaleiro. Estes "Standards" ou Normas Internas, devem ser elaboradas tendo em conta os equipamentos e postos de trabalho de produção, a fim de poderem ser utilizados em projectos elaborados à medida da filosofia de construção adoptada pelo estaleiro.
- Estabelecimento de tolerâncias realistas, de modo a equilibrar os custos de soldadura com os custos de preparação (tolerâncias apertadas podem dar custos de soldadura baratos à custa de preparações muito caras).
- A colaboração com os sectores de Preparação do estaleiro, no sentido de determinar o modo de construção de custo mínimo para os componentes.

Assim deverá pronunciar-se por exemplo sobre a compatibilidade de "jigs" com certos métodos de soldadura; sequências de soldadura mais adequadas visando não só que as deformações sejam mínimas, mas também que seja conseguida maior facilidade e regularidade no processo produtivo.

- Análise de desenhos e especificações técnicas relativas a cada construção.
- A manutenção de uma bibliografia actualizada sobre as evoluções da soldadura aplicada à construção naval.

b) Da função APROVISIONAMENTO destacaremos como principais os seguintes aspectos:

- Ensaio e experimentação de materiais para determinação das suas reais características e propriedades permitin

do uma comparação de fornecedores.

- Definição ao Departamento de Compras do leque de materiais de adição em uso no estaleiro e elaboração das respectivas especificações.
- Controlo de recepção de materiais e das condições do seu armazenamento.
- Estabelecimento de especificações de consulta para aquisição de novos equipamentos de soldadura.

c) Na função DESENVOLVIMENTO salientamos:

- A recolha de elementos necessários à determinação dos custos em materiais e em mão de obra dos trabalhos de soldadura em curso no estaleiro, bem como dos custos das reparações que tiverem sido necessárias por deficiências de qualidade.
- O estudo da viabilidade económica da introdução de melhoramentos nos processos de soldadura em curso ou da introdução e desenvolvimento de novos processos de soldadura.
- O melhoramento e afinação dos processos de soldadura já em produção, procurando torná-los mais rentáveis quer pela modificação dos materiais de adição, quer pela afinação dos parâmetros de soldadura a usar, quer pelo estudo de ferramentas auxiliares que facilitem os trabalhos.
- A acção, junto das entidades adequadas (Sociedades Inspectoras e/ou Classificadoras) efectuando as diligências necessárias para que a empresa obtenha a indispensável homologação dos ensaios de qualificação dos procedimentos e materiais de soldadura que precisa utilizar.

- A realização de estudos e ensaios de novos métodos, no
 vos materiais e novos equipamentos de soldadura a apli-
 car em construção naval, tendo em vista a melhoria da
 qualidade dos trabalhos do estaleiro, o aumento da pro-
 dutividade e a diminuição dos custos.
- O diagnóstico das causas de eventuais roturas de cons-
 trução soldada propondo métodos adequados de reparação.

d) Na função FORMAÇÃO podemos destacar:

- A elaboração de cursos teóricos e práticos a ministrar
 pelo Centro de Formação da empresa aos soldadores e
 montadores, orientados fundamentalmente para os tipos
 de construção soldada, mais em uso no estaleiro.
- O treino das equipas da produção destinadas a pôr em
 prática os novos processos de soldadura eventualmente
 desenvolvidos e aprovados.
- A classificação de soldadores em vários níveis (catego-
 rias) de acordo com as provas prestadas no final dos
 seus períodos de treino; o estabelecimento de um fichei-
 ro, com as classificações atribuídas aos vários solda-
 dores, o qual devidamente actualizado na etapa de con-
 trola durante a fabricação permite um controlo futuro
 da evolução da qualidade da mão de obra.
- As acções necessárias visando a obtenção de certifica-
 ções de qualificação pelas Sociedades Classificadoras
 e/ou Inspectoras.

A fim de dar cumprimento às acções de controlo antes
 da fabricação, o sector do "CONTROLO DE QUALIDADE", de-
 ve dispor entre outros dos seguintes meios:

- Uma oficina de ensaios, a que chamaremos "TEST SHOP",
 dotada de equipamento de soldadura, meios de elevação,

- equipamento de registo de parâmetros de soldadura, bancadas de trabalho, estufas, algumas máquinas ferramentas, etc, onde se realizem os ensaios descritos anteriormente, e se obtenham amostras susceptíveis de serem submetidas a vários ensaios destrutivos e não destrutivos (Ver figuras 1, 2 e 3).
- Um laboratório metalográfico possibilitando a determinação de composições químicas, durezas Brinell e Vickers, preparação de amostras metalográficas, observação microscópica, etc, (Ver figuras 5 e 6).
 - Uma oficina para formação e treino de soldadores equipada com cabines e posicionadores de soldadura permitindo um adestramento que, tanto quanto possível, se assemelhe às difíceis condições de trabalho em obra (Ver figura 4).

2.1.2. ENTIDADE INSPECTORA

A ENTIDADE INSPECTORA, desenvolve a sua actuação nesta etapa, fundamentalmente durante as fases que designaremos por formação e desenvolvimento.

Nestas fases, e colaborando com o CONTROLO DE QUALIDADE, a ENTIDADE INSPECTORA procede à análise de normas e especificações técnicas elaboradas pelo estaleiro, e procede à homologação dos ensaios de qualificação dos procedimentos de soldadura.

Consideramos ser esta uma das fases em que a acção da entidade inspectora pode ser mais marcante, pois ela possui uma vasta experiência de soluções encontradas a nível mundial, podendo assim auxiliar o estaleiro na optimização dos procedimentos a utilizar.

Procede igualmente a entidade inspectorã à qualificação da mão de obra a ser aplicada na construção a qual é qualificada de acordo com os procedimentos já homologados.

2.2. CONTROLO DURANTE A FABRICAÇÃO

2.2.1. CONTROLO DE QUALIDADE

As funções do sector de Controlo de Qualidade do estaleiro nesta etapa são principalmente:

- acompanhamento da produção
- formação
- estatística

Assim, o ACOMPANHAMENTO DA PRODUÇÃO tem como objectivo que sejam cumpridas as prescrições feitas na etapa anterior, procurando que a qualidade se mantenha dentro dos limites definidos para o estaleiro. Deste modo, o controlo exercer-se-á particularmente sobre preparações de chanfros, folgas, parâmetros de soldadura, sequências de soldadura, detecção por meios não destrutivos da qualidade do metal depositado, etc.

Relativamente à FORMAÇÃO, a acção do Controlo de Qualidade exerce-se através da utilização do ficheiro de classificação de soldadores permitindo:

- recomendar (conforme as necessidades do estaleiro) a formação e treino em Escola, do pessoal menos qualificado.
- recomendar determinada mão de obra, para trabalhos de certa responsabilidade.
- seleccionar o pessoal mais habilitado à obtenção de

certificados de qualificação, requeridos por Entidades Inspectoras ou Classificadoras.

Obviamente, as actividades de controlo exercidas durante a fase de acompanhamento à produção têm sempre um carácter formativo pelo diálogo a que dão origem com os executantes da produção.

Ainda nesta etapa, pode o CONTROLO DE QUALIDADE recolher informações, que depois de devidamente tratadas poderão servir de preciosas ESTATÍSTICAS para seu próprio serviço e também para apoio de outros sectores do estaleiro. A título de exemplo, podem ser elaboradas estatísticas relativas a:

- Consumos de materiais de adição por zona do estaleiro.
- % de material de adição desperdiçado por zona do estaleiro.
- Homens-hora de soldadura gastas por zona de trabalho.
- Homens-hora de reparação por soldadura, devido a faltas de qualidade, por zona do estaleiro.
- Homens-hora de Controlo de Qualidade aplicado por zona de trabalho.
- Etc.

A fim de dar cumprimento às acções de controlo durante a fabricação deverá este sector dispor entre outros dos seguintes MEIOS:

- Equipamentos de radiografia e gamagrafia industrial (ver figura 7).

- Equipamentos para ensaios de ultrasons (ver figura 8).
- Equipamentos para medições de espessuras (ver figura 9)
- Equipamentos para ensaios magnaflux.
- Equipamentos para ensaios de líquidos penetrantes (dye check).
- Câmara escura devidamente equipada para processamento de películas tipo industrial.
- Espessímetros para medição de cordões de Soldadura, etc.

2.2.2. ENTIDADE INSPECTORA

Nesta etapa é muito importante a actuação da ENTIDADE INSPECTORA.

Frequentemente uma mesma entidade segue num estaleiro diferentes construções, o que sob certos aspectos lhe facilita o cumprimento do programa de inspecção. Durante esta fase, deve a ENTIDADE INSPECTORA proceder às seguintes acções (definidas a título não limitativo):

- Verificação de materiais - comprovação através de certificados.
- Verificação da qualificação da mão de obra e dos procedimentos de soldadura.
- Acompanhamento da construção verificando o respeito das sequências inicialmente estabelecidas e aprovadas.
- Verificação do cumprimento da aplicação dos esquemas de reparação de defeitos aprovados.
- Supervisão e interpretação dos ensaios não destrutivos, tais como: radiografia, ultrasons, magnetoscopia, etc.

- Supervisão do controlo dimensional.
- Supervisão de eventuais ensaios em estaleiro a fim de certificar a boa qualidade do produto.

Como é óbvio, e dado o grande volume do trabalho envolvido, uma boa colaboração da parte do CONTROLO DE QUALIDADE do estaleiro é indispensável para levar a bom termo no menor prazo de tempo possível todas as acções envolvidas.

2.3. CONTROLO APÓS FABRICAÇÃO

2.3.1. CONTROLO DE QUALIDADE

Teóricamente, o controlo após fabricação seria desnecessário, desde que as etapas anteriores conseguissem garantir a qualidade do produto final. Na realidade, assim não sucede porque o controlo antes e durante a fabricação não cobre 100% da mesma, o que seria antieconómico.

Há pois, necessidade de ser feito um controlo final, que no nosso caso incide sobre uma unidade pronta a instalar e a que chamamos "bloco" (Ver figura 10).

O controlo nesta fase é fundamentalmente visual e dimensional (aspecto do cordão, escama, existência de bordos queimados, poros à vista, medição da garganta em soldaduras de canto, etc.).

Sempre que o aspecto à vista possa fazer suspeitar da existência de defeitos graves, ou quando a ENTIDADE INSPECTORA pedir, fazem-se ensaios não destrutivos (Raios X, ultrasons, etc.).

Uma vez terminada a inspecção do bloco e efectuadas as correcções consideradas necessárias, é assinada pela ENTIDADE INSPECTORA, um "Protocolo de Inspeção" relativo a esse bloco, evitando-se assim o risco de uma nova inspecção desnecessária.

Este protocolo fica na posse do CONTROLO DE QUALIDADE.

Quando um bloco é montado em doca e soldado à restante construção tem de novo lugar uma última inspecção final incidindo agora exclusivamente sobre as soldaduras de montagem.

Durante esta inspecção, faz-se um controlo visual e dimensional das folgas existentes nas juntas a soldar, propondo-se as correcções eventualmente necessárias.

Após soldadura faz-se um controlo visual e dimensional dos cordões, recorrendo-se à utilização de ensaios não destrutivos, sobretudo nos cruzamentos de soldaduras.

Finalmente é assinado pela ENTIDADE INSPECTORA um "Protocolo de Inspeção Final" dando-se assim por concluídos todos os trabalhos relativos ao referido bloco.

2.3.2. ENTIDADE INSPECTORA

Em 2.3.1. já foi feita referência a parte das funções que nesta etapa cabem à ENTIDADE INSPECTORA.

Assim, após assinatura dos referidos "Protocolos de Inspeção" e concluindo as suas acções neste domínio, a ENTIDADE INSPECTORA procede a supervisão dos ensaios de estanquidade (hidráulicos ou pneumáticos) a ser efectuados.

A acção da ENTIDADE INSPECTORA continua ainda a exercer-se no estaleiro, incidindo contudo sobre outras actividades (ex.: provas de mar, etc.), que ultrapassam o domínio desta exposição.

3. LIGAÇÕES FUNCIONAIS DO CONTROLO DE QUALIDADE

Do que se disse infere-se que em consequência das funções que lhe estão cometidas, o CONTROLO DE QUALIDADE tem necessariamente bastantes ligações funcionais com outros sectores da empresa.

Na figura 11 apresentamos esquematicamente essas ligações.

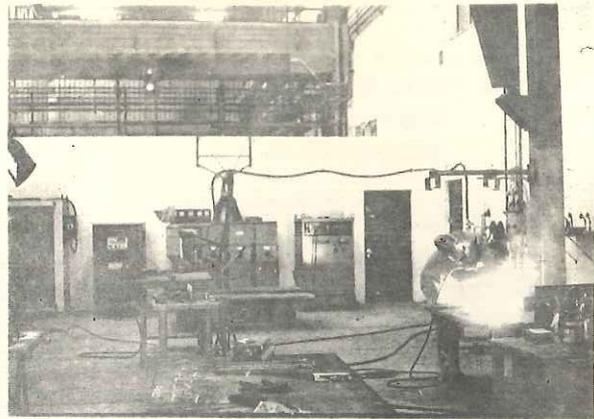
4. CONCLUSÃO

Uma vez definidos os objectivos por uma empresa, pensamos que estes podem, ou não, ser conseguidos, consoante as acções que foram tomadas pelos seus empregados em ligação com a gestão.

As funções e relações funcionais que vimos pertencerem ao CONTROLO DE QUALIDADE, ultrapassando o conceito restrito da resolução de problemas exclusivamente técnicos, entram no domínio dos problemas económicos e de gestão.

Deste modo, uma actuação criteriosa do CONTROLO DE QUALIDADE, contribuindo para o desenvolvimento de uma consciência de qualidade junto dos sectores com que se interliga, participa em larga medida na concretização desses objectivos e, conseqüentemente, numa melhoria dos proveitos económicos da empresa.

Fig. 1



OFICINA DE ENSAIOS
TEST SHOP

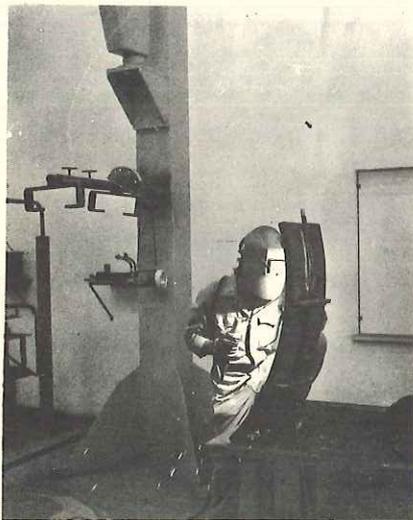


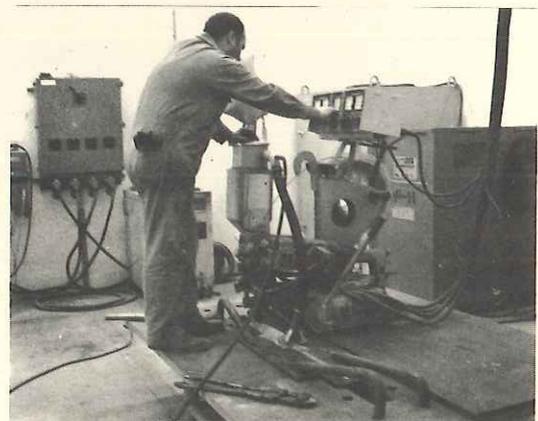
Fig. 2



OFICINA DE ENSAIOS
TEST SHOP

Soldadura de um só lado
One side welding

Fig. 3



OFICINA DE ENSAIOS
TEST SHOP

Soldadura por arco submerso
Submerged arc welding



ESCOLA
TRAINING CENTER
Cabine de soldadura
Welding cabinets

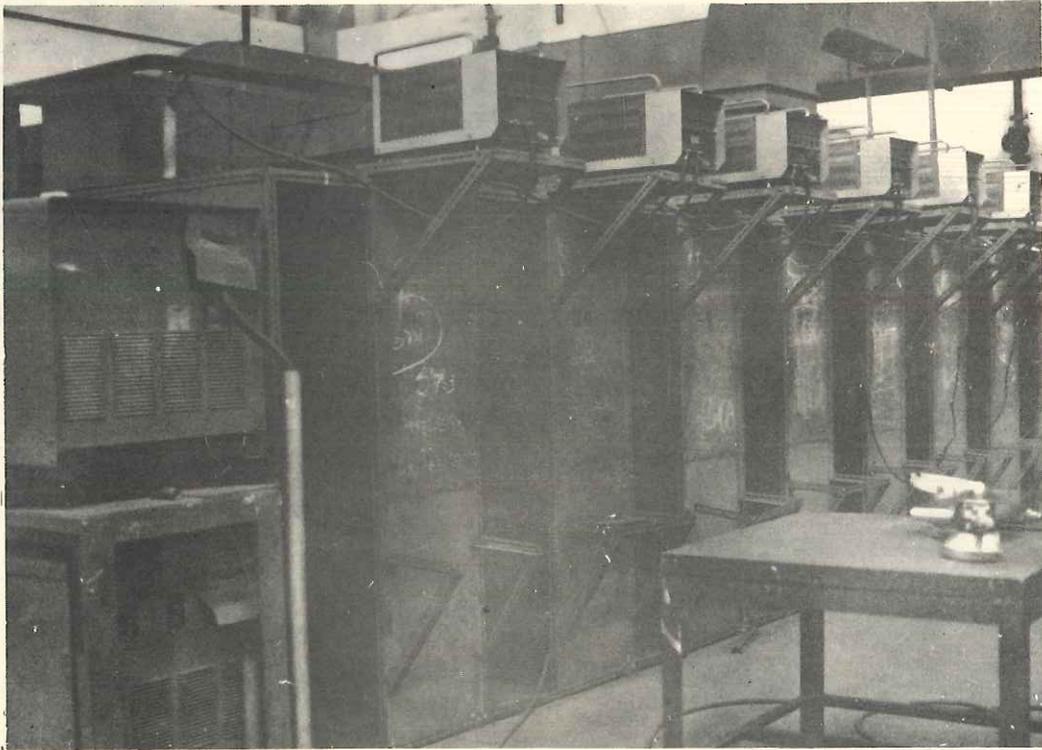


Fig. 4

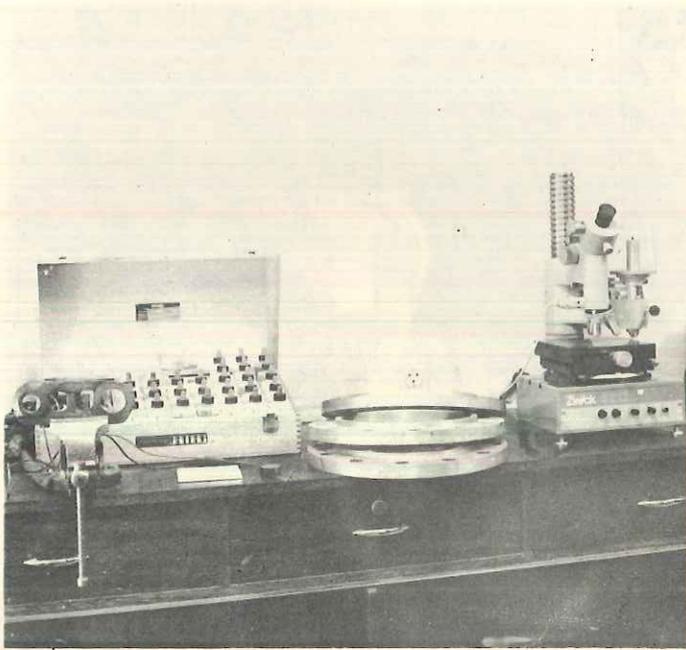
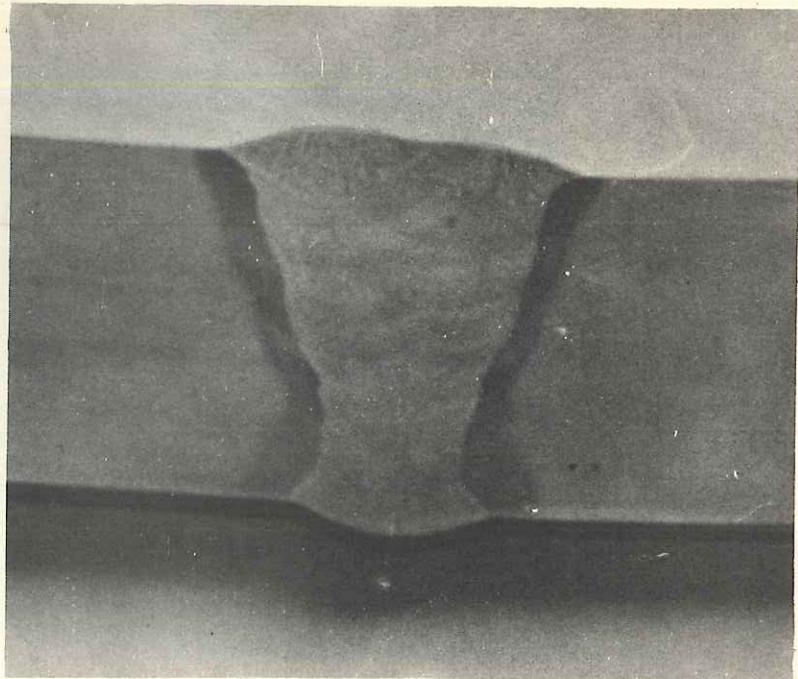


Fig. 5

 LABORATÓRIO METALOGRÁFICO
METALOGRAPHIC LABORATORY

Fig. 6



 MACROGRAFIA
MACROGRAFIA



EQUIPAMENTO RADIOGRÁFICO
RADIOGRAPHIC EQUIPEMENT

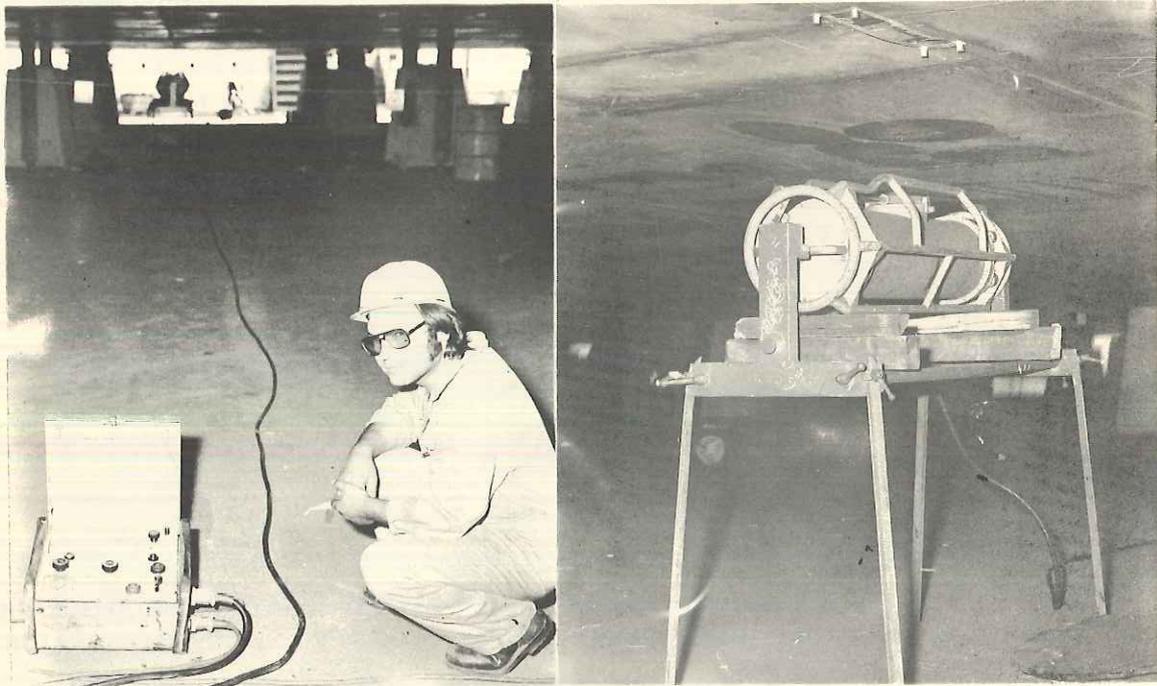


Fig. 7

Fig. 8



PANEL LINE
PANEL LINE
Controlo por ultra-sons
Ultrasonic-test

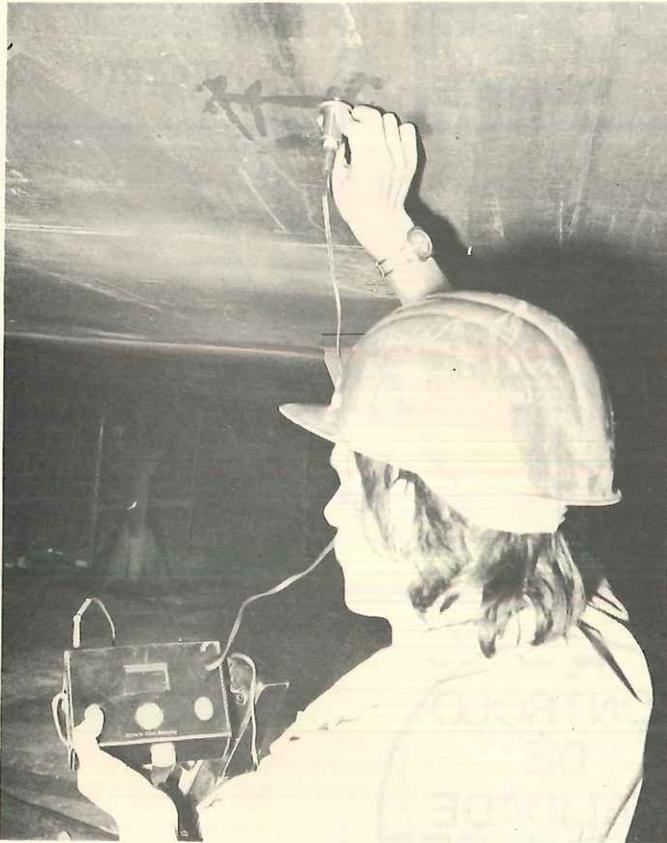


Fig. 9



MEDIÇÃO DE ESPESSURAS
THICKNESS MEASUREMENTS



OFICINA DE PROCESSAMENTO DE AÇO
HEAVY PLATE SHOP

Fabrico de um bloco
Bloc fabrication

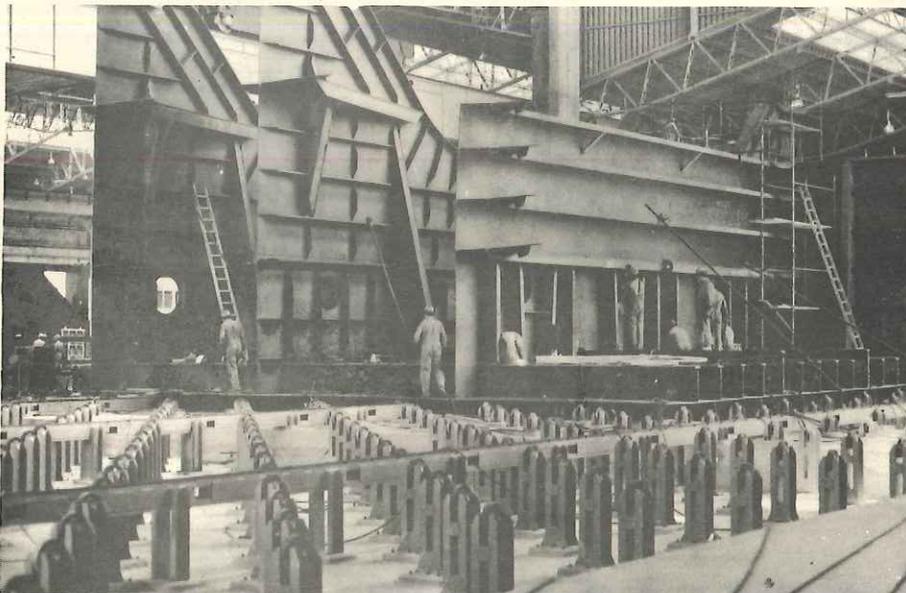


Fig.10

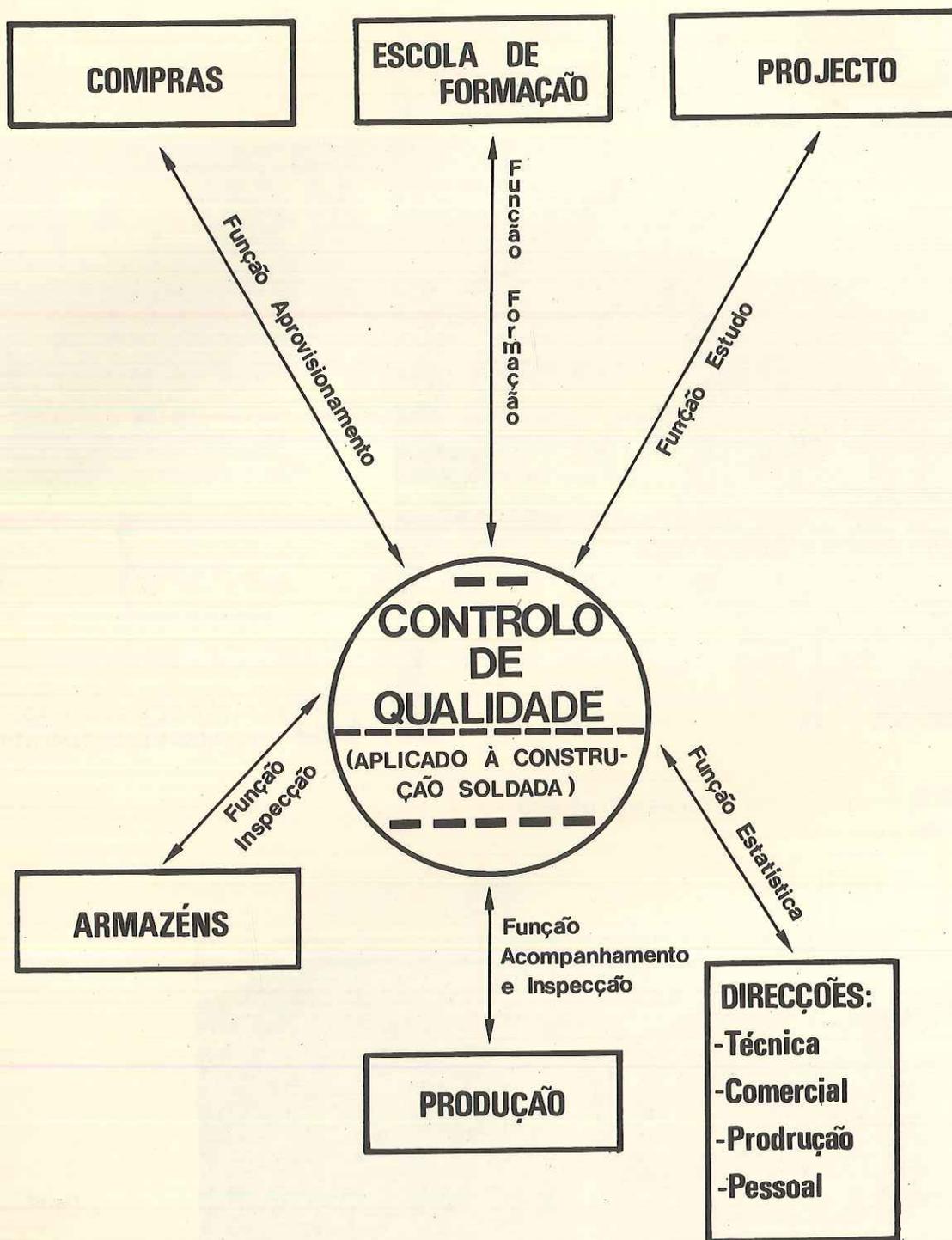


Fig. 11 - Ligacões Funcionais do Controlo Qualidade

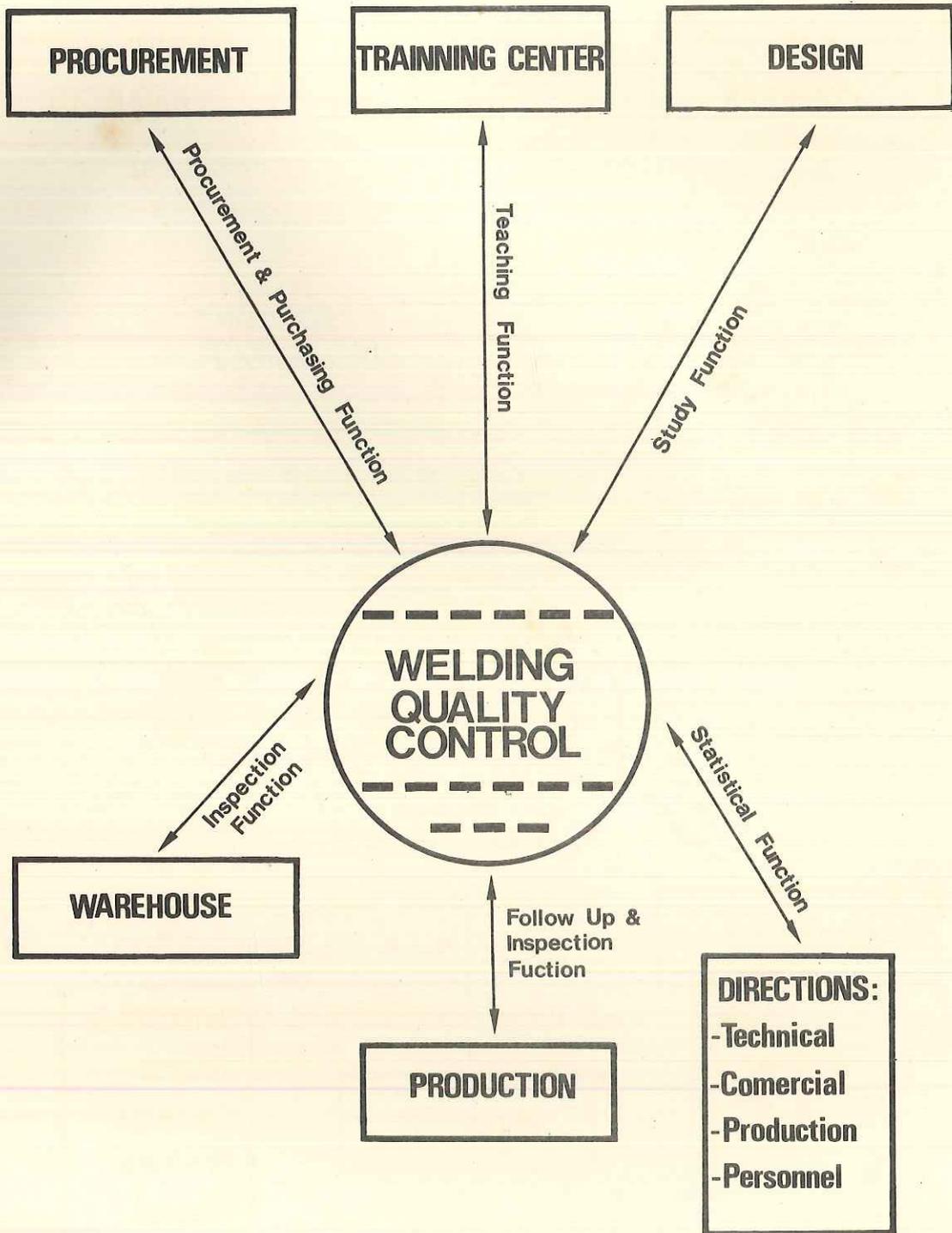


Fig. 11 - Functional Net Work of Welding Quality Control