

# Controle da Qualidade em Indústrias Mecânicas Pesadas

**Samuel Guimarães Filho**

samuelguimaraes@hotmail.com

***Resumo.** O presente projeto visa descrever como é realizado o controle de qualidade em uma indústria cujo processo de fabricação é não seriado. Como este tipo de indústria requer que não haja desperdício na peça produzida, em outras palavras, a peça final não pode ser rejeitada pelo cliente – Geralmente, as peças são muito caras e a sua não utilização tornaria economicamente inviável a constituição desde modelo de gestão – faz-se necessário que haja meios para que o componente produzido atenda à normas técnicas e ao pedido do cliente. É neste contexto que se insere os ensaios não destrutivos. Durante este projeto será explicado os principais ensaios e, finalmente, será mostrado como eles são aplicados na prática em indústrias mecânicas pesadas.*

***Palavras chave:** Controle de Qualidade, Ensaio não destrutivo, modelo de negócio.*

## 1. Introdução

A engenharia da qualidade, indubitavelmente, constitui-se numa ferramenta imprescindível no processo de qualquer indústria. É através dela que se é possível buscar não só a melhoria do processo, identificando problemas e gargalos na produção, como também, evita que haja custos desnecessários para a manufatura. Estes podem, inclusive, inviabilizar a competitividade e a viabilidade econômica de qualquer projeto a ser desenvolvido.

O controle tradicional na engenharia de qualidade constitui-se em um trabalho estatístico de toda a produção. Através dele, é possível mapear todas as etapas do processo. Entretanto, em uma indústria mecânica pesada, na qual, toda e qualquer produção é feita através de encomenda e onde não se é possível determinar, no conceito mais estrito da palavra, uma linha de produção, faz-se necessário encontrar algum meio e/ou controle de qualidade.

Este deve, primeiramente, garantir as especificações e normas da peça a ser produzida. Segundo e não menos importante, verificar todos os processos, sugerir melhorias que elevem os parâmetros da qualidade e por fim, assegurar que ela saia em conformidade com o pedido do cliente e que consiga suprir suas necessidades.

Neste tipo de indústria, entretanto, há a exigência de que – como são poucas as unidades produzidas – a peça seja preservada após qualquer tipo de controle. É neste contexto que se insere os ensaios não destrutivos para peças.

Apesar do grande número de ensaios disponíveis, o escopo deste projeto de formatura consiste em descrever alguns dos ensaios (Ex: Metrologia, Radiologia) e atestar a eficácia destes nas exigências citadas acima através de acompanhamento e mapeamento do processo de qualidade através de estudos de caso realizados em duas Indústrias.

## 2. Objetivo do Projeto

A motivação deste projeto deve-se ao problema de entender como é realizado o controle de qualidade em uma indústria mecânica pesada

Ao fim deste trabalho, o leitor deve ter em mente claramente quais são as principais etapas do processo; quais são os procedimentos adotados, as normas que ele deverá seguir e, também, qual é a qualificação profissional exigida.

Além disso, este projeto visa também familiariza o leitor com os principais ensaios não disponíveis presentes no mercado e que são utilizados nas indústrias visitadas.

## 3. Metodologia

A metodologia utilizada neste projeto passou pelas seguintes etapas:

- Revisão bibliográfica sobre ensaios não destrutivos
- Visitas a Empresa A Equipamentos, localizada em Sorocaba – SP.
- Visitas a Empresa B S/A, localizada em Sorocaba – SP.
- Conversa com profissionais do ramo para discutir os processos
- Acompanhamento de todo o processo das Indústrias Visitadas
- Consulta a normas, principalmente, às da Petrobras.
- Conclusão sobre a adequação do processo utilizado ao objetivo do controle de qualidade.

## 4. Apresentação das Indústrias Visitadas

Durante os dois semestres em que este projeto foi realizado duas indústrias mecânicas pesadas serviram como base de estudo e posterior comparação. Era escopo das visitas entender todo o fluxo do controle da qualidade. Como a qualidade estava inserida no meio da produção; como deve ser o treinamento dos profissionais envolvidos; normas utilizadas, etc.

A primeira empresa visitada foi a Empresa A Equipamentos. Ela possui mais de 50 anos de mercado, tendo iniciado suas atividades em 1954, tendo atualmente como principal foco de atuação a área petroquímica. Hoje em dia, ela conta com um parque industrial de aproximadamente 300 metros quadrados de área, distribuídos em três cidades. A unidade visitada foi a de Sorocaba.

Durante o segundo semestre, a indústria visitada foi a Empresa B S/A. Ela iniciou suas atividades em 1911. Atualmente, ela é uma indústria de bens de produção (Seus clientes são outras indústrias) que atende os seguintes setores: Metalurgia, Energia, Petróleo e Gás, Aços Trefilados e Aços Laminados.

Possui unidades em Guarulhos e Sorocaba. A unidade visitada foi a localizada em Sorocaba.

## **5. Tipos de Ensaio**

O ensaio por Líquido Penetrante é utilizado preponderantemente para a verificação de descontinuidades superficiais do material em análise. Desta forma, busca-se detectar a presença de trincas, poros, dobras. Desde que não seja poroso ou que possua uma superfície muito grosseira, ele pode ser aplicado em qualquer material sólido.

O ensaio por Partículas Magnéticas visa a localização de descontinuidades superficiais e sub-superficiais em materiais ferromagnéticos. Ele pode ser utilizado em peças fundidas, usinadas, forjadas, soldadas e outras, tratados ou não termicamente. Além disso, pode ser realizado, inclusive, durante as etapas de fabricação.

Normalmente, detectam-se os seguintes defeitos: trincas, inclusões, gota fria, dupla laminação, falta de penetração, dobramentos.

Seu princípio básico consiste na utilização de uma corrente elétrica que produz ou induz um campo magnético que percorrerá toda a superfície da peça. Na região magnetizada da peça, as descontinuidades existentes, ou seja, a falta de continuidade das propriedades magnéticas do material irá causar um campo de fuga do fluxo magnético. Em outras palavras, há um desvio na trajetória das partículas.

Com a aplicação das partículas ferromagnéticas, ocorrerá a aglomeração destas nos campos de fuga, uma vez que serão por eles atraídas devido ao surgimento de pólos magnéticos. A aglomeração indicará o contorno do campo de fuga, fornecendo a visualização do formato e da extensão da descontinuidade.

O ensaio por Ultra-Som, através de aparelhos especiais, visa a detecção de defeitos ou de descontinuidades internas, presentes nos mais variados tipos ou formas de materiais através da introdução de um feixe ultra sônico – gerado e transmitido através de um transdutor especial – com características compatíveis com a estrutura da peça a ser ensaiada.

Estes materiais podem ser ferrosos, não ferrosos, metálicos e não metálicos.

Caso haja uma descontinuidade na peça (Obstáculo na peça) e este feixe estiver uma direção favorável em relação a ela, a onda será interrompida e, conseqüentemente, parcialmente devolvida (refletida), captada pelo transdutor e, finalmente, um pico será mostrado nela to aparelho utilizado no ensaio.

A aplicabilidade deste ensaio é imensa. Podendo ser utilizado para peças soldadas, laminadas, fundidas. Assim como também, para materiais ferrosos, não ferrosos, ligas metálicas, vidro, borracha e materiais compostos.

Por fim, o ensaio por Radiologia baseia-se basicamente na absorção diferenciada da radiação penetrante pela peça que está sendo ensaiada. Foi o primeiro método não destrutivo a ser utilizado pela indústria para a descoberta e posterior quantificação em defeitos internos na peça.

Há três componentes básicos necessários para a sua realização: uma fonte de radiação (Natural ou Artificial), a peça propriamente dita e um meio de registro, que neste caso será um filme radiográfico.

Pode ser utilizada para uma enormidade tipo de peças. Desde materiais soldados – chapas para tanques, vasos de pressão, navios, plataformas offshore –, forjados, materiais compostos, plásticos, componentes para engenharia aeroespacial, entre outros.

Essa diferente absorção é que será a indicadora da existência de uma falha interna ou defeito no material. Porque, neste caso, na parte na qual existir a falha, haverá uma menor absorção. Em outras palavras, esta descontinuidade, sendo uma inclusão ou um vazio, irá ocasionar uma diferença na intensidade da radiação transmitida.

Geralmente, a detecção da radiação absorvida é feita através de um filme ou através de um tubo de imagem. Como neste ensaio, detecta-se uma diferença na espessura ou densidade da quantidade de radiação absorvida, pode-se concluir, portanto, que este tipo de ensaio é, sobretudo, indicado para defeitos volumétricos.

## **6. Processo de Controle de Qualidade na Empresa A Equipamentos**

### **6.1. Qualificação do Pessoal**

Para a realização de qualquer um dos ensaios não destrutivos, é necessário que o técnico (inspetor) responsável por este procedimento seja qualificado. Primeiro, é necessário que este domine o processo. Segundo, esta qualificação, a princípio, assegura que o resultado do ensaio será satisfatório. Em outras palavras, a chance de aceitar uma peça defeituosa ou rejeitar uma peça que atende aos padrões se reduz.

Na Empresa A, cada ensaio é realizado por uma equipe. Cada equipe possui um inspetor chefe. Este é o responsável não só pela a realização do ensaio em si, como também, do controle dos ensaios e da emissão final de um relatório para a peça.

A certificação no Brasil é realizada pela ABENDE (Associação Brasileira de Ensaio não Destrutivos e Inspeção) e emitida pelo SNQC/END (Sistema nacional de Qualificação e Certificação de Pessoal em Ensaio não Destrutivos). Todos os certificados têm como base a norma ABNT NBR NM ISO 9712:2007.

Estes certificados abrangem os seguintes tipos de ensaios: Ultra-Som (US), Partículas Magnéticas (PM), Líquido Penetrante (LP), Radiografia (ER), Visual (EV), Correntes Parasitas (CP) e Emissão Acústica (EA).

Há três níveis para cada certificado. Na Empresa A, cada equipe possui um inspetor com pelo menos nível 2.

Como o ensaio por Radiologia requer mais qualificações, este processo é terceirizado na Empresa A.

## 6.2. Documentação Interna

Para a realização do controle de qualidade na Empresa A, existe toda uma documentação interna que visa o controle não só do ensaio, como também, do processo de fabricação em si.

### a) Norma Geral de Qualidade (NGQ):

Esta é a principal diretriz do processo. Cada processo possui a sua NGQ. Nela, há indicação de todo o processo; Que materiais serão usados; Os tipos de instalações necessárias. As normas as quais ela é referenciada (Normas Petrobras e ASME).

É de fácil acesso no chão de fábrica. São espalhadas pela indústria de modo que todos tenham fácil acesso a ela.

### b) Plano de Solda:

Nada mais é do que um desenho da peça a ser fabricada. Nele, há todas as juntas que precisarão sofrer o processo de soldagem e o seu respectivo soldador (Importante para a realização do controle). Além disso, numa página posterior, há a indicação do tipo de solda. Se for solda ponto, solda a arco elétrico, etc.

Sua nomenclatura é simples. É composta de uma letra, que designa o tipo de solda, seguida de um número (sempre começando de 1 em ordem crescente). Embaixo, há a indicação do soldador que a realizará.

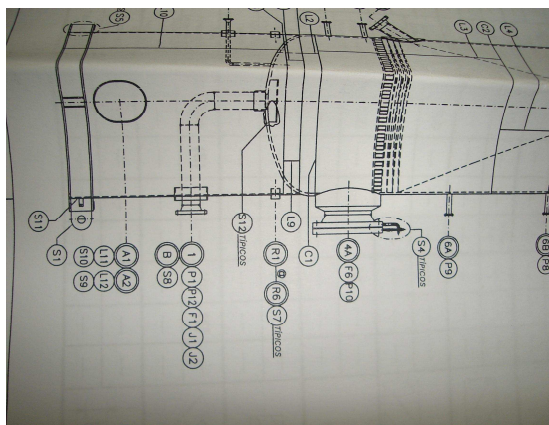


Figura 1 - Plano de Solda na Empresa A

### c) Plano de Inspeção:

Cada peça possui um plano de inspeção. Ele possui, como o próprio nome sugere, todas as inspeções, intermediárias ou finais, que a peça precisará passar até a entrega.

Ele é elaborado na própria Empresa A e passa pela aprovação do cliente. Este pode sugerir a inclusão de algum procedimento não sugerido ou, simplesmente a retirada de algum procedimento que julgue desnecessário.

Por fim, o cliente pode sugerir inspeção interna. Isto será indicado no plano de inspeção com o símbolo HP. É comum neste tipo de indústria a presença de inspetores externos para garantir que a peça saia em conformidade com o pedido.

PRIDA	Equipamento : TORRE	Nº Desenho:	
INSPEÇÃO	DESCRIÇÃO DA INSPEÇÃO	DOC. APLICÁVEIS	PRIDA
34.01	Controle visual e dimensional da(s) virola(s) após conformação. OBS : Incluindo as virolas da saia.	ASME VIII - Div.1 UG 29/80 e Desenhos de Fabricação	NGQ
36.01	Controle visual e dimensional da preparação da(s) junta(s) após conformação da(s) virola(s). OBS : Incluindo a preparação das juntas longitudinais da saia.	ASME VIII - Div.1 UW-32/33	N
34.02	Controle visual e dimensional da(s)	ASME VIII - Div.1 UG	

Figura 2 - Plano de Inspeção na Empresa A

d) Solicitação / Boletim de Inspeção:

Durante o processo de fabricação da peça, se o boletim de inspeção indicar que seja necessária a realização de uma inspeção visual ou a realização de um ensaio não destrutivo por líquido penetrante ou por partículas magnéticas faz-se necessário que a equipe de fabricação emita para a equipe de qualidade uma solicitação do ensaio desejado.

Após a realização do procedimento, é necessário que o inspetor relate de a peça foi aprovada, reprovada ou se será necessário retrabalhar na peça.

Caso a peça seja aprovada, dá-se continuidade ao processo de fabricação.

Já para os ensaios por ultra-som e radiologia não é necessário que a equipe de Fabricação entregue para a de controle o Solicitação / Boletim de Inspeção. Para estas equipes, há a geração de um relatório diário que informa todos os ensaios realizados.

SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE (QUALITY MANAGEMENT SYSTEM)		Nº 51101
SOLICITAÇÃO/BOLETIM DE INSPEÇÃO (Inspection Request/Record)		
Ordem de Serviço (Job No.)	Itens do P.I./Rev.: B 5100.	
Solicitante: (Requester)	Observação: (Note)	
FABIO	EXAME TOR. LP NA SOLDA ACABADA. DAS	
Resultado da Inspeção (Inspection Results)	<input checked="" type="checkbox"/> Aprovado (Approved) <input type="checkbox"/> Retrabalhar (Rework) <input type="checkbox"/> Reprovado (Rejected)	
Nº do(s) Instrumento(s) Utilizado(s): (Instrument(s) No.):		
Descrição da Disposição/Observação: (Description of Disposition/Observation)		
LOTE REV. 8132. LOTE TEN. 7811		
Inspeção: (Inspector)	Inspeção Cliente: (Customer's Inspector)	Chefia Fabricação/C.Q.: (Manufacturing Chief/Q.C.)
	05.08.09	

Figura 3 - Solicitação/Boletim de Inspeção

e) Relatório de Ensaio

Como visto anteriormente, ao fim de cada ensaio ou inspeção realizado, no Boletim de Inspeção consta se a peça foi reprovada ou não. No entanto, no fim do processo de fabricação, para cada peça ensaiada é necessário que se faça um relatório do ensaio.

Neste relatório, há informações de todas as juntas soldadas da peça. Além disso, há o soldador que há realizou, o inspetor responsável, o critério de aceitação utilizado e procedimento utilizado (NGQ).

SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE (QUALITY MANAGEMENT SYSTEM)		Nº 16533
RELATÓRIO DE ENSAIO POR LÍQUIDOS PENETRANTES (LIQUID PENETRANT EXAMINATION REPORT)		
Ordem de Serviço: (Job No.)	Nº Desenho/Rev. (Drawing Nº/Rev.)	Procedimento/Rev.: 09 (Procedure/Rev.)
Cliente: (Customer)	Equipamento: (Equipment)	Folha: (Page)
	CRUZETA DO MANCAL ESCORA	01/01
Código de Referência: (Reference Code)	ASME SEC V III DIV 1 ED.2004 AD 2006	Critério de Aceitação: (Acceptance Standard)
	17.00	GS-4990-3714Tp REV.2
MATERIAL, ENSAIADO (EXAMINATION MATERIAL)		
Material/Espessura: (Material/Thickness)	Condição da Superfície: (Surface Condition)	Tratamento Térmico: (Heat Treatment)
S 235 J2	ESCOVADO	<input checked="" type="checkbox"/> Sim (Yes) <input type="checkbox"/> Não (No) <input type="checkbox"/> Antes do T.T. (Before H.T.) <input checked="" type="checkbox"/> Após T.T. (After H.T.)
PRODUTOS/CONDIÇÕES DO ENSAIO (PRODUCTS/CONDITIONS OF EXAMINATION)		
Fabricante: (Manufacturer)	Material: (Material)	Fabricante: (Manufacturer)
METAL CHEK		METAL CHEK
Código: (Code)	VP - 30	Código: (Code)
		D - 70
Certificado: (Certificate)	2290	Certificado: (Certificate)
		2592
Lote: (Batch)	7509	Lote: (Batch)
		7830
Tempo de Penetração: (Penetration Time)	15 MIN	Tempo de Avaliação: (Evaluation Time)
		60 MIN
Equip. de Iluminação: (Lighting Equip.)	N/A	
RESULTADO DO ENSAIO (EXAMINATION RESULTS)		
APROVADO		
OBSERVAÇÕES (REMARKS)		
OP-855184 3290-2923 OP-012709 B		
Ensaio realizado conforme RNC 104065		
Inspeção: (Inspector)	Inspeção Cliente: (Customer's Inspector)	Inspeção Autorizada: (Authorized Inspector)
Hora: (Time)	Data: (Date)	
	04/06/09	

Figura 4 - Relatório de Ensaio por Partículas Magnéticas

f) Registro de Recebimento:

Para a realização de alguns ensaios é necessário que se valide também os materiais utilizados. O Registro de recebimento nada mais é do que um documento que confirma se o lote recebido atende com as exigências da norma.

Por exemplo, para o ensaio por líquido penetrante, é necessário verificar se o penetrante, o removedor e o revelador estão aprovados.

Como na maioria dos ensaios efetuados na Empresa A, utiliza-se padrões da Petrobras para o teste dos materiais (Padrão GIZ). Deve-se tomar o cuidado, por fim, de misturar produtos de fabricantes diferentes e, mais importante, utilizar materiais sempre do mesmo lote. Desta forma, fica mais fácil identificar e solucionar problemas que venham a surgir.

g) Relatório de Desempenho:

É o documento que faz o levantamento da eficiência de cada soldador. Cria-se, então, um índice de eficiência dividindo-se o número de soldas rejeitadas pelo número de soldas realizadas.

É através dele que se verifica a necessidade de melhorar o treinamento de equipe evitando, assim, que profissionais que estejam com baixo rendimento continuem a desempenhar suas funções.

Para o ensaio visual, por líquido penetrante e por partículas magnéticas há um relatório semanal. Já para os ensaios de Ultra-Som e por Radiografia há um relatório Mensal.

### 6.3. Processos / Etapas

O processo de fabricação interagindo com o controle de Qualidade pode ser assim resumido:

- i. Fabricação → Inspeção Visual - A inspeção visual sempre é a primeira a ser executada. Evidentemente, traduz-se em custo a realização de qualquer ensaio. Desta forma, evita-se que ensaios sejam realizados em peças em que defeitos podem ser evidenciados através da inspeção visual. Há a emissão de um boletim de Inspeção.
- ii. Inspeção Visual → Acabamento Superficial - Nesta fase é necessário que a peça seja polida. É a preparação da superfície para que possa ser executado o ensaio por LP ou PM. Há a emissão de um Boletim de Inspeção.
- iii. Acabamento Superficial → Ensaio por Líquido Penetrante



**Figura 5 - Inspetor realizando ensaio por Líquido Penetrante**

- iv. Ensaio por Líquido Penetrante → Ensaio por Partícula Magnética
- v. Ensaio por Partícula Magnética → Ensaio por Ultra-Som

- vi. Ensaio por Ultra-Som → Ensaio por Radiologia - Por motivos econômicos também, este é o último ensaio a ser realizado. Este é o mais caro dos ensaios. Além disto, é trabalhoso e perigoso locomover as peças para o local de realização do ensaio.



**Figura 6 - Solda em tampa ensaiada. As linhas amarelas verticais indicam aonde será colocado o filme radiográfico**

- vii. Ensaio por Radiologia → Tratamento Térmico - Esta fase pode ou não ser necessária.
- viii. Tratamento Térmico → Ensaio por LP e/ou PM - Esta fase ocorrerá se constar no Plano de Inspeção.
- ix. Ensaio por LP ou PM → Dimensionamento
- x. Dimensionamento → Teste Hidrostático
- xi. Teste Hidrostático → Pintura - A peça está pronta para ser entregue.

#### **6.4. Principais Normas Utilizadas**

Além da norma ASME V, é possível afirmar que apesar da Empresa A utilizar para a realização dos seus ensaios seus NGQ, ela baseia seus procedimentos internos nas normas da Petrobras (sua principal cliente).

As principais normas da Petrobras utilizadas são as seguintes:

- N – 1597: Ensaio não Destrutivo Visual
- N – 1598: Ensaio não Destrutivo por Partículas Magnéticas
- N – 1596: Ensaio não Destrutivo por Líquido Penetrante
- N – 1594: Ensaio não Destrutivo por Ultra-Som
- N – 1595: Ensaio não Destrutivo por Radiografia

#### **7. Processo de Controle de Qualidade na Empresa B S/A**

Na continuação do estudo, conforme descrito na introdução e já apresentada anteriormente, foi realizado o acompanhamento do controle da qualidade na Empresa B S/A.



**Figura 7 - Chão de Fábrica da Empresa B S/A**

## 7.1. Principais Normas Utilizadas

Diferentemente da empresa visitada no primeiro semestre que possuía uma codificação interna (Norma Geral da Qualidade) – nada mais é do que um resumo das normas –, a presente utiliza e sempre faz referência às próprias normas utilizadas e a respectiva revisão. Como a Petrobras é a principal cliente de ambas as indústrias, resulta que as normas internas da Petrobras acabam sendo bastante utilizadas.

As principais normas utilizadas são:

- Normas ASME: ASME VII – Divisão I e Divisão II ; ASME V – Ensaio não Destrutivo ; ASME IX – Soldagem, Qualificação Pessoal
- Normas Petrobras: Para Soldagem: N 133, N 2301 : Estabelece como que tem que ser o plano de solda e os seguintes documentos: IE (Instrução Execução) e IS (Instrução de Soldagem); Para Projeto: N 253; Para Fabricação: N 258; Para Ensaio não Destrutivo: N 1590, N 1591, N 1592, N 1593, N 1494, N 1595, N 1596, N 1597, N 1598; Elaboração do Databook: N 268.
- Normas AWS – Norma Americana focada para Estruturas Metálicas

## 7.2. Qualificação do Pessoal

Para a Empresa B, a qualificação exigida para seus funcionários é fundamentalmente a mesma. No entanto, ela, para ensaio não destrutivo, possui invariavelmente técnicos nível 3 (responsável por treinamento e qualificação interna) e nível 2 (operacional) e para soldagem, nível 2 (responsável por treinamento e qualificação interna) e nível 1 (operacional).

Além disso, há programas de reciclagem do aprendizado realizados anualmente.

## 7.3. Fluxograma da Informação e Documentação Utilizada

O fluxo de informação realizado na Empresa B é semelhante ao realizado na Empresa A Equipamentos. É claro que ele possui suas peculiaridades. No entanto, na conclusão (próximo tópico) serão detalhadas as principais diferenças e semelhanças.

No entanto, eles podem ser resumidos da seguinte forma:

- i. Fechado o negócio, o cliente emite um pedido de compra e de serviço (PCS). Em anexo, vem uma requisição de materiais (RM). O RM possui a descrição de todas as normas e especificações técnicas do projeto. Estes documentos (PCS e RM – Documentos Internos) definem o escopo do projeto. Vale frisar que se deve estar atento para possíveis revisões das normas citadas.
- ii. Após esta etapa, é realizado pelo pessoal da própria Empresa B o memorial de cálculo e o projeto mecânico com base nos dados de entrada. E, posteriormente, o material desenvolvido é enviado para o cliente para sua aprovação.
- iii. Neste ponto do processo, é elaborado o plano de inspeção e testes (PIT). Este é o principal documento interno da Empresa B. Ele é o documento mandatário e define qual será a seqüência dos pontos de inspeção, tendo em vista às normas técnicas aplicáveis, especificações e códigos de projeto.
- iv. Se por algum acaso, houver conflito entre as normas citadas, por exemplo, conflito entre a norma ASME e a norma Petrobras, ele também é responsável por definir a hierarquia entre elas.

Seus principais pontos são:

- 1) Série de Procedimentos: Uma breve descrição da atividade.
- 2) Amostragem: Indica qual o percentual do lote, se cabível, receberá o ensaio. Normalmente, este número é 100 %.
- 3) Indicação do local aonde será realizada a inspeção: Normalmente é realizada na fábrica mesmo.
- 4) Quem realizará e quem acompanhará a atividade: Neste ponto, a Empresa B está presente em todas. O que é variável é a presença do cliente.
- 5) Indicação se esta atividade é uma mera revisão de alguma outra atividade realizada anteriormente ou se ela precisará emitir um registro.
- 6) Documentos, normas, procedimentos que serão utilizados.

7) Critérios de Aceitação.

		PLANO DE INSPEÇÃO E TESTES – PIT INSPECTION AND TEST PLAN							No.	PIT004883A4F0		
									REV.	A	FOLHA	1 de 10
									EQUIP.	DUAL FREQ. ELECTROSTATIC PRE-DEHYDRATOR		
									TAG	V-T-6204		
ITEM	INSPEÇÕES E ENSAIOS INSPECTIONS AND TESTS	AMOSTR. (%)	TIPO DE INSPEÇÃO TYPES OF INSPECTION					PROCEDIMENTO(S) DOCS DE INSPEÇÃO INSPECTION DOCS AND PROCEDURES	CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO ACCEPTANCE STANDARD	OBS. REMARK		
			1	2	3	4	5					
			BAR	SBM	ABS	C	PWBR					
7.	Fabricação e Montagem do Conjunto Manufacture and shell assembly											
7.1	Controle visual e dimensional da montagem e preparação das juntas circunferenciais: Visual and dimensional of assembly and fit up circumferential joints	100	F	X	-	SW	-	-	-	Desenho / Drawing G1-13-060	ASME VIII DIV.1 Desenho Drawing	
7.2	Controle visual e dimensional com verificação da circularidade, diâmetro e ovalização após emenda das virolas: Visual and dimensional after weld, including diameter and out-of-round	100	F	X	SW	SW	-	SW	-	Desenho / Drawing SK-T-92-094 (C1)	Desenho / Drawing ASME VIII DIV.1 SK-T-92-094 (C1)	
7.3	Controle visual e dimensional das soldas acabadas: Visual and dimensional of circumferential welds	100	F	X	SW	HP	-	-	A	Desenho / Drawing G1-13-060	Desenho / Drawing G1-13-060 ASME VIII DIV.1 UW-35	
7.4	Radiografia das soldas circunferenciais (casco x casco e casco x tampas): RT inspection of circumferential welds	100	F	X	RP	RP	-	-	A	PER-021 / Drawing Plano de Solda Weld plan	ASME VIII UW-51	
7.5	Controle visual e dimensional da traçagem para abertura de bocais no casco e tampas: Visual and dimensional inspection of nozzles lay out	100	F	X	SW	-	-	SW	-	Desenho / Drawing	Desenho / Drawing ASME VIII DIV.1	
7.6	Controle visual e dimensional da montagem e preparação das juntas entre bocais x casco/tampas: Visual and dimensional of assembly and preparation of the meetings between nozzles x shell/head	100	F	X	SW	SW	-	-	-	Desenho / Drawing G1-13-060	Desenho / Drawing ASME VIII DIV.1	
7.7	Controle visual e dimensional das soldas acabadas: Visual and dimensional of welds	100	F	X	SW	HP	-	-	A	Desenho / Drawing G1-13-060	Desenho / Drawing G1-13-060 ASME III DIV.1 UW-35	

Figura 8 - Plano de Inspeção (PIT)

v. Outro documento importante no processo do controle da qualidade é o plano de solda – Elaborado de acordo com a norma N133 da Petrobras –. Ele possui um desenho da peça com todas as soldas que serão realizadas e que tipo de ensaio será necessário aplicar na peça.

Ele é elaborado com a ajuda de dois outros documentos:

- 1) EPS – Especificação Procedimentos de Soldagem: Especificação da faixa na qual o procedimento deve ser qualificado (Amperagem, tensão). É realizado em corpo de prova.
- 2) RQP – Registro de Qualificação de Procedimento: Este documento é o resultado do EPS. Depois de realizado o teste no corpo de prova, registra-se, então, os parâmetros observados e que precisarão ser respeitados.

		SISTEMA DA QUALIDADE PLANO DE SOLDAGEM WELDING PLAN PS Nº: INS000641A4F0				CLIENTE (Customer): NATCO UK LIMITED / SBM ÁREA: PROJECT P-57 JUBARTE PLATAFORM EQUIPAMENTO (Equipment): DUAL FREQUENCY ELECTROSTATIC PRE-DEHYDRATOR ITEM: V-T6204 DESENHO (Drawing): DES087146A1F1				FOLHA (Sheet) 2/12
Identificação da Junta (Joint Identification)		1		2		3				
EPS N.º VPS N.º		612		543		453A				
RQP N.º PQR N.º		612 / 613		543		453				
Referências (Desenhos e Posições) References (Drawings and positions)		DES087146A1F1/DES087148A2F1/DES087148A1F1/DES087160A2F1/DES087162A1F1/DES087162A2F1/DES087162A3F1/DES087162A4F1/DES087162A5F1/DES087162A6F1/DES087162A7F1/DES087162A8F1/DES087162A9F1/DES087162A10F1/DES087162A11F1/DES087162A12F1/DES087162A13F1/DES087162A14F1/DES087162A15F1/DES087162A16F1/DES087162A17F1/DES087162A18F1/DES087162A19F1/DES087162A20F1/DES087162A21F1/DES087162A22F1/DES087162A23F1/DES087162A24F1/DES087162A25F1/DES087162A26F1/DES087162A27F1/DES087162A28F1/DES087162A29F1/DES087162A30F1/DES087162A31F1/DES087162A32F1/DES087162A33F1/DES087162A34F1/DES087162A35F1/DES087162A36F1/DES087162A37F1/DES087162A38F1/DES087162A39F1/DES087162A40F1/DES087162A41F1/DES087162A42F1/DES087162A43F1/DES087162A44F1/DES087162A45F1/DES087162A46F1/DES087162A47F1/DES087162A48F1/DES087162A49F1/DES087162A50F1/DES087162A51F1/DES087162A52F1/DES087162A53F1/DES087162A54F1/DES087162A55F1/DES087162A56F1/DES087162A57F1/DES087162A58F1/DES087162A59F1/DES087162A60F1/DES087162A61F1/DES087162A62F1/DES087162A63F1/DES087162A64F1/DES087162A65F1/DES087162A66F1/DES087162A67F1/DES087162A68F1/DES087162A69F1/DES087162A70F1/DES087162A71F1/DES087162A72F1/DES087162A73F1/DES087162A74F1/DES087162A75F1/DES087162A76F1/DES087162A77F1/DES087162A78F1/DES087162A79F1/DES087162A80F1/DES087162A81F1/DES087162A82F1/DES087162A83F1/DES087162A84F1/DES087162A85F1/DES087162A86F1/DES087162A87F1/DES087162A88F1/DES087162A89F1/DES087162A90F1/DES087162A91F1/DES087162A92F1/DES087162A93F1/DES087162A94F1/DES087162A95F1/DES087162A96F1/DES087162A97F1/DES087162A98F1/DES087162A99F1/DES087162A100F1/DES087162A101F1/DES087162A102F1/DES087162A103F1/DES087162A104F1/DES087162A105F1/DES087162A106F1/DES087162A107F1/DES087162A108F1/DES087162A109F1/DES087162A110F1/DES087162A111F1/DES087162A112F1/DES087162A113F1/DES087162A114F1/DES087162A115F1/DES087162A116F1/DES087162A117F1/DES087162A118F1/DES087162A119F1/DES087162A120F1/DES087162A121F1/DES087162A122F1/DES087162A123F1/DES087162A124F1/DES087162A125F1/DES087162A126F1/DES087162A127F1/DES087162A128F1/DES087162A129F1/DES087162A130F1/DES087162A131F1/DES087162A132F1/DES087162A133F1/DES087162A134F1/DES087162A135F1/DES087162A136F1/DES087162A137F1/DES087162A138F1/DES087162A139F1/DES087162A140F1/DES087162A141F1/DES087162A142F1/DES087162A143F1/DES087162A144F1/DES087162A145F1/DES087162A146F1/DES087162A147F1/DES087162A148F1/DES087162A149F1/DES087162A150F1/DES087162A151F1/DES087162A152F1/DES087162A153F1/DES087162A154F1/DES087162A155F1/DES087162A156F1/DES087162A157F1/DES087162A158F1/DES087162A159F1/DES087162A160F1/DES087162A161F1/DES087162A162F1/DES087162A163F1/DES087162A164F1/DES087162A165F1/DES087162A166F1/DES087162A167F1/DES087162A168F1/DES087162A169F1/DES087162A170F1/DES087162A171F1/DES087162A172F1/DES087162A173F1/DES087162A174F1/DES087162A175F1/DES087162A176F1/DES087162A177F1/DES087162A178F1/DES087162A179F1/DES087162A180F1/DES087162A181F1/DES087162A182F1/DES087162A183F1/DES087162A184F1/DES087162A185F1/DES087162A186F1/DES087162A187F1/DES087162A188F1/DES087162A189F1/DES087162A190F1/DES087162A191F1/DES087162A192F1/DES087162A193F1/DES087162A194F1/DES087162A195F1/DES087162A196F1/DES087162A197F1/DES087162A198F1/DES087162A199F1/DES087162A200F1/DES087162A201F1/DES087162A202F1/DES087162A203F1/DES087162A204F1/DES087162A205F1/DES087162A206F1/DES087162A207F1/DES087162A208F1/DES087162A209F1/DES087162A210F1/DES087162A211F1/DES087162A212F1/DES087162A213F1/DES087162A214F1/DES087162A215F1/DES087162A216F1/DES087162A217F1/DES087162A218F1/DES087162A219F1/DES087162A220F1/DES087162A221F1/DES087162A222F1/DES087162A223F1/DES087162A224F1/DES087162A225F1/DES087162A226F1/DES087162A227F1/DES087162A228F1/DES087162A229F1/DES087162A230F1/DES087162A231F1/DES087162A232F1/DES087162A233F1/DES087162A234F1/DES087162A235F1/DES087162A236F1/DES087162A237F1/DES087162A238F1/DES087162A239F1/DES087162A240F1/DES087162A241F1/DES087162A242F1/DES087162A243F1/DES087162A244F1/DES087162A245F1/DES087162A246F1/DES087162A247F1/DES087162A248F1/DES087162A249F1/DES087162A250F1/DES087162A251F1/DES087162A252F1/DES087162A253F1/DES087162A254F1/DES087162A255F1/DES087162A256F1/DES087162A257F1/DES087162A258F1/DES087162A259F1/DES087162A260F1/DES087162A261F1/DES087162A262F1/DES087162A263F1/DES087162A264F1/DES087162A265F1/DES087162A266F1/DES087162A267F1/DES087162A268F1/DES087162A269F1/DES087162A270F1/DES087162A271F1/DES087162A272F1/DES087162A273F1/DES087162A274F1/DES087162A275F1/DES087162A276F1/DES087162A277F1/DES087162A278F1/DES087162A279F1/DES087162A280F1/DES087162A281F1/DES087162A282F1/DES087162A283F1/DES087162A284F1/DES087162A285F1/DES087162A286F1/DES087162A287F1/DES087162A288F1/DES087162A289F1/DES087162A290F1/DES087162A291F1/DES087162A292F1/DES087162A293F1/DES087162A294F1/DES087162A295F1/DES087162A296F1/DES087162A297F1/DES087162A298F1/DES087162A299F1/DES087162A300F1/DES087162A301F1/DES087162A302F1/DES087162A303F1/DES087162A304F1/DES087162A305F1/DES087162A306F1/DES087162A307F1/DES087162A308F1/DES087162A309F1/DES087162A310F1/DES087162A311F1/DES087162A312F1/DES087162A313F1/DES087162A314F1/DES087162A315F1/DES087162A316F1/DES087162A317F1/DES087162A318F1/DES087162A319F1/DES087162A320F1/DES087162A321F1/DES087162A322F1/DES087162A323F1/DES087162A324F1/DES087162A325F1/DES087162A326F1/DES087162A327F1/DES087162A328F1/DES087162A329F1/DES087162A330F1/DES087162A331F1/DES087162A332F1/DES087162A333F1/DES087162A334F1/DES087162A335F1/DES087162A336F1/DES087162A337F1/DES087162A338F1/DES087162A339F1/DES087162A340F1/DES087162A341F1/DES087162A342F1/DES087162A343F1/DES087162A344F1/DES087162A345F1/DES087162A346F1/DES087162A347F1/DES087162A348F1/DES087162A349F1/DES087162A350F1/DES087162A351F1/DES087162A352F1/DES087162A353F1/DES087162A354F1/DES087162A355F1/DES087162A356F1/DES087162A357F1/DES087162A358F1/DES087162A359F1/DES087162A360F1/DES087162A361F1/DES087162A362F1/DES087162A363F1/DES087162A364F1/DES087162A365F1/DES087162A366F1/DES087162A367F1/DES087162A368F1/DES087162A369F1/DES087162A370F1/DES087162A371F1/DES087162A372F1/DES087162A373F1/DES087162A374F1/DES087162A375F1/DES087162A376F1/DES087162A377F1/DES087162A378F1/DES087162A379F1/DES087162A380F1/DES087162A381F1/DES087162A382F1/DES087162A383F1/DES087162A384F1/DES087162A385F1/DES087162A386F1/DES087162A387F1/DES087162A388F1/DES087162A389F1/DES087162A390F1/DES087162A391F1/DES087162A392F1/DES087162A393F1/DES087162A394F1/DES087162A395F1/DES087162A396F1/DES087162A397F1/DES087162A398F1/DES087162A399F1/DES087162A400F1/DES087162A401F1/DES087162A402F1/DES087162A403F1/DES087162A404F1/DES087162A405F1/DES087162A406F1/DES087162A407F1/DES087162A408F1/DES087162A409F1/DES087162A410F1/DES087162A411F1/DES087162A412F1/DES087162A413F1/DES087162A414F1/DES087162A415F1/DES087162A416F1/DES087162A417F1/DES087162A418F1/DES087162A419F1/DES087162A420F1/DES087162A421F1/DES087162A422F1/DES087162A423F1/DES087162A424F1/DES087162A425F1/DES087162A426F1/DES087162A427F1/DES087162A428F1/DES087162A429F1/DES087162A430F1/DES087162A431F1/DES087162A432F1/DES087162A433F1/DES087162A434F1/DES087162A435F1/DES087162A436F1/DES087162A437F1/DES087162A438F1/DES087162A439F1/DES087162A440F1/DES087162A441F1/DES087162A442F1/DES087162A443F1/DES087162A444F1/DES087162A445F1/DES087162A446F1/DES087162A447F1/DES087162A448F1/DES087162A449F1/DES087162A450F1/DES087162A451F1/DES087162A452F1/DES087162A453F1/DES087162A454F1/DES087162A455F1/DES087162A456F1/DES087162A457F1/DES087162A458F1/DES087162A459F1/DES087162A460F1/DES087162A461F1/DES087162A462F1/DES087162A463F1/DES087162A464F1/DES087162A465F1/DES087162A466F1/DES087162A467F1/DES087162A468F1/DES087162A469F1/DES087162A470F1/DES087162A471F1/DES087162A472F1/DES087162A473F1/DES087162A474F1/DES087162A475F1/DES087162A476F1/DES087162A477F1/DES087162A478F1/DES087162A479F1/DES087162A480F1/DES087162A481F1/DES087162A482F1/DES087162A483F1/DES087162A484F1/DES087162A485F1/DES087162A486F1/DES087162A487F1/DES087162A488F1/DES087162A489F1/DES087162A490F1/DES087162A491F1/DES087162A492F1/DES087162A493F1/DES087162A494F1/DES087162A495F1/DES087162A496F1/DES087162A497F1/DES087162A498F1/DES087162A499F1/DES087162A500F1/DES087162A501F1/DES087162A502F1/DES087162A503F1/DES087162A504F1/DES087162A505F1/DES087162A506F1/DES087162A507F1/DES087162A508F1/DES087162A509F1/DES087162A510F1/DES087162A511F1/DES087162A512F1/DES087162A513F1/DES087162A514F1/DES087162A515F1/DES087162A516F1/DES087162A517F1/DES087162A518F1/DES087162A519F1/DES087162A520F1/DES087162A521F1/DES087162A522F1/DES087162A523F1/DES087162A524F1/DES087162A525F1/DES087162A526F1/DES087162A527F1/DES087162A528F1/DES087162A529F1/DES087162A530F1/DES087162A531F1/DES087162A532F1/DES087162A533F1/DES087162A534F1/DES087162A535F1/DES087162A536F1/DES087162A537F1/DES087162A538F1/DES087162A539F1/DES087162A540F1/DES087162A541F1/DES087162A542F1/DES087162A543F1/DES087162A544F1/DES087162A545F1/DES087162A546F1/DES087162A547F1/DES087162A548F1/DES087162A549F1/DES087162A550F1/DES087162A551F1/DES087162A552F1/DES087162A553F1/DES087162A554F1/DES087162A555F1/DES087162A556F1/DES087162A557F1/DES087162A558F1/DES087162A559F1/DES087162A560F1/DES087162A561F1/DES087162A562F1/DES087162A563F1/DES087162A564F1/DES087162A565F1/DES087162A566F1/DES087162A567F1/DES087162A568F1/DES087162A569F1/DES087162A570F1/DES087162A571F1/DES087162A572F1/DES087162A573F1/DES087162A574F1/DES087162A575F1/DES087162A576F1/DES087162A577F1/DES087162A578F1/DES087162A579F1/DES087162A580F1/DES087162A581F1/DES087162A582F1/DES087162A583F1/DES087162A584F1/DES087162A585F1/DES087162A586F1/DES087162A587F1/DES087162A588F1/DES087162A589F1/DES087162A590F1/DES087162A591F1/DES087162A592F1/DES087162A593F1/DES087162A594F1/DES087162A595F1/DES087162A596F1/DES087162A597F1/DES087162A598F1/DES087162A599F1/DES087162A600F1/DES087162A601F1/DES087162A602F1/DES087162A603F1/DES087162A604F1/DES087162A605F1/DES087162A606F1/DES087162A607F1/DES087162A608F1/DES087162A609F1/DES087162A610F1/DES087162A611F1/DES087162A612F1/DES087162A613F1/DES087162A614F1/DES087162A615F1/DES087162A616F1/DES087162A617F1/DES087162A618F1/DES087162A619F1/DES087162A620F1/DES087162A621F1/DES087162A622F1/DES087162A623F1/DES087162A624F1/DES087162A625F1/DES087162A626F1/DES087162A627F1/DES087162A628F1/DES087162A629F1/DES087162A630F1/DES087162A631F1/DES087162A632F1/DES087162A633F1/DES087162A634F1/DES087162A635F1/DES087162A636F1/DES087162A637F1/DES087162A638F1/DES087162A639F1/DES087162A640F1/DES087162A641F1/DES087162A642F1/DES087162A643F1/DES087162A644F1/DES087162A645F1/DES087162A646F1/DES087162A647F1/DES087162A648F1/DES087162A649F1/DES087162A650F1/DES087162A651F1/DES087162A652F1/DES087162A653F1/DES087162A654F1/DES087162A655F1/DES087162A656F1/DES087162A657F1/DES087162A658F1/DES087162A659F1/DES087162A660F1/DES087162A661F1/DES087162A662F1/DES087162A663F1/DES087162A664F1/DES087162A665F1/DES087162A666F1/DES087162A667F1/DES087162A668F1/DES087162A669F1/DES087162A670F1/DES087162A671F1/DES087162A672F1/DES087162A673F1/DES087162A674F1/DES087162A675F1/DES087162A676F1/DES087162A677F1/DES087162A678F1/DES087162A679F1/DES087162A680F1/DES087162A681F1/DES087162A682F1/DES087162A683F1/DES087162A684F1/DES087162A685F1/DES087162A686F1/DES087162A687F1/DES087162A688F1/DES087162A689F1/DES087162A690F1/DES087162A691F1/DES087162A692F1/DES087162A693F1/DES087162A694F1/DES087162A695F1/DES087162A696F1/DES087162A697F1/DES087162A698F1/DES087162A699F1/DES087162A700F1/DES087162A701F1/DES087162A702F1/DES087162A703F1/DES087162A704F1/DES087162A705F1/DES087162A706F1/DES087162A707F1/DES087162A708F1/DES087162A								





Comparando o processo realizado nas duas indústrias, pode-se afirmar que eles são bastante semelhantes e que não apresentam diferenças significativas. Até porque o responsável pela qualidade na Empresa B já trabalhou na Empresa A por mais de 10 anos.

No entanto, é possível citar algumas diferenças entre os processos:

- A Empresa A possui um documento interno com um resumo das normas (Norma Geral da Qualidade), enquanto que a Empresa B utiliza diretamente as normas.
- Enquanto na Empresa A para que seja acionada a área de qualidade há um documento que formaliza este acionamento (Solicitação/Boletim de inspeção), na Empresa B há um roteiro prévio (Roteiro de Fabricação – ROT) conhecido por todas as partes envolvidas que indica qual procedimento deverá ser realizado.
- O ROT funciona como padronizador de atividades. Ele, além do procedimento, mede o tempo necessário para a realização de cada atividade e procura identificar gargalos. Foi possível identificar no processo desenvolvido pela Empresa B uma maior preocupação com a interação entre as áreas de uma forma bastante padronizada e pragmática.

Indubitavelmente, percebe-se que para que haja um processo de qualidade eficaz é necessário um grande controle do processo. É importantíssimo a rastreabilidade de toda e qualquer informação útil no processo. Desta forma, evitam-se gastos desnecessários e fica fácil identificar gargalos na produção – Controle dos soldadores, por exemplo –.

Por fim, foi possível, entretanto, identificar alguns problemas no processo. Não na maneira como ele é realizado (no seu método), apenas há existência de alguns equipamentos muito antigos na rotina. A utilização de equipamentos mais modernos poderia ajudar bastante os inspetores e garantir ainda mais o bom resultado já alcançado.

## 9. Referências

ABENDE, <http://www.abende.org.br/index.php?w=1024&h=768>, acessado em 01/08/2009

KUME, HITOSHI, Métodos Estatísticos para controle da qualidade: São Paulo: Editora Gente, 1993.

SAKAMOTO, A. "Ensaio por Líquidos Penetrantes", ABENDE;

LEITE, PAULO G. P., "Curso de Ensaios Não Destrutivos", Associação Brasileira de Metais-ABM, 8a. edição 1966;

SANCHEZ, W. ; "Ensaios Não Destrutivos pela Técnica de Raios X e Gama", Informação Nr.29 IEA, Instituto de Energia Atômica, São Paulo, 1974

<http://www.qualidadeaeronautica.com.br/>, acessado em 15/06/2009

WIKIPEDIA, [http://pt.wikipedia.org/wiki/P%C3%A1gina\\_principal](http://pt.wikipedia.org/wiki/P%C3%A1gina_principal), acessado em 15/06/2009

ANDREUCCO, RICARDO. Ensaios não destrutivos: São Paulo: ABENDE, 2009

Normas técnicas da Petrobras;

Documentação interna da Empresa A

Documentação interna da Empresa B

## 10. Direitos autorais

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho

## QUALITY CONTROL IN HEAVY MACHINERY INDUSTRY

**Samuel Guimarães Filho**

samuel.guimaraes@poli.usp.br

**Abstract.** The present work intends to describe how the quality control is done in an industry whose manufacturing process is non-serial. This type of industry requires that there is no final waste in the manufacturing process, in other words, the final product can not be rejected by the customer – Generally, the pieces are very expensive and there is no economical sense for this business plan any waste – So, it is necessary to have ways to ensure that the component produced will attend the technical standards and the customer need. In this context, non-destructive tests are the answers for all problems above mentioned. Finally, this project will explain the main non-destructive tests, and will illustrate how they are used in real industries.

**Keywords.** Quality control, non-destructive tests, business plan