



A IMPORTÂNCIA DO ENSAIO DE ULTRASSOM PARA A CONSTRUÇÃO DE UMA LINHA DE TUBULAÇÃO EM AÇO CARBONO API 5L Gr.B, DESTINADA AO TRANSPORTE DE HIDROCARBONETO EM ALTA TEMPERATURA

Rodrigo Albuquerque do Nascimento, rdgnascimento@hotmail.com¹
Erika da Silva Braga, erika.braga@hotmail.com.br²
George Marinho do Nascimento, georgenascimento@recife.ifpe.edu.br³
José Endreo Baracho da Costa, endreomec@hotmail.com²
Marcio Rolemberg Freire, rollebergfreire@hotmail.com²
Marcos Vinicius Lopes do Nascimento, marcosvln@icloud.com¹
Moisés Euclides da Silva Junior, juniormoisés7@hotmail.com¹
Stve Washington Albuquerque dos Santos, swas1@hotmail.com¹

¹ Centro Universitário Estácio do Recife, Av. Gen. San Martin, 1449, Jiquiá, Recife – PE, 50761-650,

² Universidade Federal de Pernambuco, R. Acadêmico Hélio Ramos s/n, Cidade Universitária, Recife – PE, 50740-530,

³ Instituto Federal de Pernambuco, Av. Prof. Luís Freire, 500 - Cidade Universitária, Recife - PE, 50740-545.

Resumo. Diante de novas perspectivas, um dos grandes avanços tecnológicos da engenharia são os ensaios não destrutivos (END). Os ENDs são ferramentas importantes no controle de qualidade, manutenção e avaliação da integridade estrutural dos equipamentos, e reúnem um conjunto amplo de técnicas utilizadas para avaliar determinadas propriedades de um material, garantindo sua integridade. Diversos fenômenos físicos são observados por essas técnicas, como a absorção de ondas eletromagnéticas, propagação e reflexão de ondas mecânicas, magnetização de materiais ou capilaridade, sem causar danos à amostra examinada ou impedir seu uso posterior. As técnicas utilizadas através do END permitem o controle das propriedades dos materiais, economia de tempo e dinheiro e, permitem que o material testado volte intacto para o local de trabalho após a inspeção. Dessa forma, o presente estudo objetiva apresentar a análise de métodos observados por ensaios de ultrassom em uma linha de transporte de hidrocarboneto em alta temperatura, numa indústria do ramo petroquímico, detectando a presença de descontinuidades, considerando a funcionalidade e o tempo de execução do método utilizado. Através do estudo dos ensaios não destrutivos em comparação com os ensaios destrutivos, é possível observar de forma significativa a importância do ensaio de ultrassom no estudo de caso proposto.

Palavras chave: Ensaio não destrutivo. Ensaio de Ultrassom. END.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com Andreucci (2013), ao pensar em aeronaves, automóveis, trens, navios, submarinos, nota-se que todas estas máquinas não poderiam ter um bom desempenho se não fosse à qualidade do projeto mecânico, dos materiais envolvidos, dos processos de fabricação e montagem, inspeção e manutenção.

No tocante aos avanços tecnológicos mais importantes da engenharia, os ensaios não destrutivos se destacam. Eles investigam a integridade estrutural dos materiais sem, contudo, destruí-los. Os ensaios não destrutivos, aplicados na inspeção de matéria prima, no controle de processos de fabricação e inspeção final, constituem uma das ferramentas indispensáveis para o controle da qualidade dos produtos fabricados pela indústria moderna (ANDREUCCI, 2013).

A intensa evolução da humanidade e do mundo produtivo e tecnológico aponta uma incansável competição entre empresas e consumidores, buscando sempre o melhor caminho e método para se chegar ao resultado com um maior desempenho, tanto na seara profissional, como econômica, favorecendo o melhor desenvolvimento da empresa. Cada vez mais as indústrias tentam se moldar e se adaptar a essa realidade, buscando equipamentos confiáveis e que apresentem melhor avanço (MARQUES e JUNIOR, 2006).

De acordo com Pereira (2013), os ensaios não destrutivos são cada vez mais essenciais e importantes na avaliação da integridade estrutural dos equipamentos industriais, permitindo de forma eficaz a detecção de descontinuidades internas e externas do material explorado. Os END possuem um elevado grau de confiabilidade porque a integridade estrutural dos materiais tem sua validação submetida por normas técnicas específicas.

Os Ensaios Não Destrutivos (END) são técnicas utilizadas na inspeção de materiais e equipamentos sem danificá-los, sendo definidos como testes para o controle da qualidade, realizados sobre peças acabadas ou semiacabadas, para a detecção de defeitos ou falta de homogeneidade (MARQUES e JUNIOR, 2006).

Os ensaios não destrutivos se comparado com os ensaios destrutivos, se sobressaem de maneira significativa e positiva sobre estes, uma vez que o segundo possui um alto grau de facilidade de falhas e pouca precisão, causando danos também à peça. Os ensaios não destrutivos possuem um alto grau de precisão e confiabilidade, e ainda não causam danos à peça inspecionada (ANDREUCCI, 2013).

Ao adentrar nas análises do estudo de caso, veremos relatórios acerca de dados de como o ensaio de ultrassom é apropriado e eficaz quando analisados nas linhas de hidrocarboneto em alta temperatura. As soldas inspecionadas são identificadas através de croqui anexado ao relatório, com as referências necessárias para que seja possível correlacionar o local ensaiado e a posição das descontinuidades detectadas, com o relatório e vice-versa.

Por fim é possível determinar o grau de confiabilidade na detecção de uma descontinuidade, se atendo a requisitos mínimos para a execução do ensaio, em soldas circunferências de tubulações industriais, através de um tubo de aço carbono, e a utilização de aparelho tipo pulso-eco.

O presente estudo, portanto, tem por finalidade trazer análises significativas a respeito dos ensaios realizados, apresentando métodos e relatórios capazes de proporcionar uma melhor explanação acerca da importância dos ensaios não destrutivos, e, em especial, o ensaio de ultrassom para a construção de uma linha de transporte de hidrocarboneto.

Nesse sentido, tem como objetivo geral analisar a importância do ensaio de ultrassom na construção de uma linha de transporte de hidrocarboneto em alta temperatura, numa indústria do ramo petroquímico e para tanto, propõe como objetivos específicos: comprovar a importância do ensaio de ultrassom na detecção e localização das descontinuidades presentes no processo de fabricação de uma linha de transporte de hidrocarboneto de uma indústria petroquímica; apresentar os resultados dos ensaios de ultrassom realizados em linha de transporte de hidrocarboneto de uma indústria petroquímica; e, propor ação corretora para os resultados encontrados acima do critério de aceitação.

2. PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

O estudo foi realizado em uma empresa de montagem que atua na área petroquímica, durante o ano de 2018, descrevendo os requisitos mínimos para a execução do ensaio não destrutivo por ultrassom, em soldas circunferenciais de tubulações industriais. Foi analisado um tubo de aço carbono, com metal de base aço de carbono API 5L, da empresa em estudo, no qual possui isométrico 43-HC-01000 e espessura 12,7mm e diâmetro nominal 16"

Para o procedimento foram utilizados os aparelhos tipo pulso-eco, na modalidade A-SCAN, que fornece o tempo de percurso da energia sônica e a intensidade da energia refletida por uma interface, na qual todas as versões destes aparelhos estão aprovadas para utilização, sendo o aparelho utilizado da marca G&E modelo USM GO, calibrado e certificado.

No tocante a seleção dos cabeçotes, foram escolhidos os angulares de 60° e 70°, visto que a espessura inspecionada foi de 12,7mm. Esses cabeçotes possuem um cristal piezoelétrico de dimensões 8x3mm e frequência de 4MHZ. O cabeçote duplo-cristal foi utilizado para garantir a ausência de defeitos no metal de base, tendo o mesmo um cristal com dimensão de 10mm e frequência de 4MHZ (PETROBRÁS N-1594H).

2.1 Aferição dos equipamentos

Para que os resultados fossem obtidos com segurança e confiabilidade, foram realizadas as seguintes etapas de aferição de todo o equipamento a ser utilizado nos ensaios:

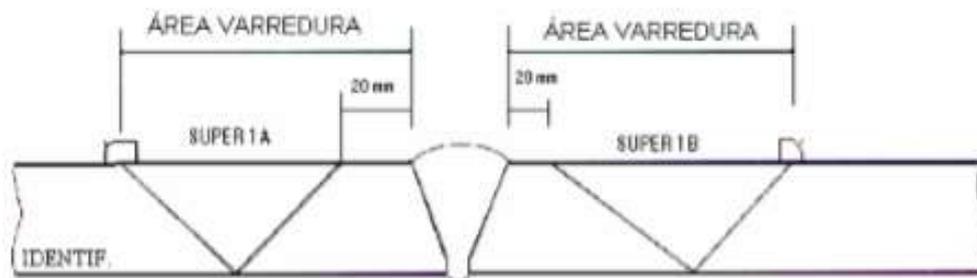
- Aferição dos equipamentos
 - Aferição da linearidade horizontal
 - Aferição da linearidade do controle de ganho
 - Aferição dos cabeçotes angulares
 - Aferição do conjunto aparelho/cabeçotes/cabos
 - Aferição da Duração do pulso
 - Aferição da resolução
- Escala e sensibilidade
 - Calibração da escala
 - Calibração da Sensibilidade
 - Curva de referência
 - Perda por transferência

2.2 Procedimentos de análise

É preciso que a superfície de contato entre o cabeçote e a peça esteja limpa e livre de irregularidades que possam interferir no acoplamento e movimentação do cabeçote, tais como rugosidade excessiva, carepas, respingos, tintas, etc. Na margem das soldas houve concordância suave entre as superfícies (PETROBRAS N-1594H).

A área de varredura foi calculada com o ângulo de 70° , por ser o maior da onda refratada no aço dentre os transdutores utilizados. A Figura 1, mostra área de varredura é em relação a linha de centro do cordão de solda e foi calculada pela equação: $A_v = 20 + 2 \cdot c \cdot \tan 70$.

Figura 1: Área de varredura (PR-011, 2004)



O reforço da solda somente era usinado para o ensaio de ultra-som se o mesmo mascarasse as reflexões de descontinuidades próximas à superfície ou provocasse sinais que impossibilitem a inspeção. Era necessária a superfície ser preparada por esmerilhamento, lixamento ou escovamento, conforme necessário (PETROBRAS N-1594H).

Foi utilizado metilcelulose dissolvido em água ou glicerina, como acoplante, bem como foram pesquisadas todas as reflexões maiores que a curva de 20%, de modo que o inspetor pudesse determinar a forma, o tipo e a localização das mesmas e assim avaliasse com relação ao critério de aceitação estipulado. Foram registradas todas as descontinuidades com refletividade superior a -6dB em relação a curva de referência primária. Descontinuidades do tipo linear são inaceitáveis se a refletividade exceder a curva de referência primária e o comprimento excederem a: $6,0\text{ mm}$ ($1/4''$) para t até $19,0\text{ mm}$ ($3/4''$); e $1/3 t$ para t acima de $19,0(3/4'')$ até $50,8\text{ mm}$ ($2''$) (ASME B.31.3, 2012).

2.3 Sistemática dos registros dos resultados

As soldas inspecionadas foram identificadas através do isométrico (ANEXO F) e registradas em relatório, com as referências necessárias para que seja possível correlacionar o local ensaiado e a posição das descontinuidades detectadas, com o relatório e vice-versa (PETROBRAS N-1594H).

As descontinuidades consideradas reprovadas foram indicadas na peça, em sua verdadeira grandeza, através do marcador industrial (PETROBRAS N-1594H).

2.4 Requisitos de segurança ambientais

Antes do início dos trabalhos de inspeção dentro das instalações de trabalho, foi preciso obter uma permissão de trabalho, conforme a norma Petrobras N-2162, onde foram definidos os requisitos de segurança para a execução dos trabalhos de inspeção. (PETROBRAS N-1594H).

O inspetor utilizou-se dos EPI's necessários para execução dos serviços de inspeção, conforme a norma regulamentadora nº 6 (NR-6).

2.5 Resultados e discussões

Foi escolhido como referência de amostra a junta 19, que passou por todo processo de aprovação necessário para ser utilizada no transporte de hidrocarbonetos em alta temperatura.

2.5.1 Visual de solda

Inicialmente, foi feito a inspeção visual da solda conforme os padrões presentes no relatório da Figura 2, a respeito do visual de solda, na qual se deu através de um método direto, e os instrumentos utilizados foram o Hilo, a Trena, o Luxímetro e o Calibre de solda. Em uma tubulação de TAG 16"-HC-43-1000-BD-VA, e isométrico 43-HC-01000, o laudo deu aprovado.

R.A. do Nascimento, E. da Silva Braga, G.M. do Nascimento, J.E.B. da Costa, M.R. Freire, M.V.L. do Nascimento, M.E. da Silva Junior e S.W.A. dos Santos

A importância do ultrassom na construção de tubulação em aço carbono, para transporte de hidrocarboneto em alta temperatura

Figura 2 - Resultado de ensaio visual de solda (Autor, 2017)

VISUAL DE SOLDA												
Plano de Inspeção: PR-5290.00-2000-970-C4L-001						Procedimento/Revisão: PR-5290.00-2000-979-C4L-001 / A						
Norma de Referência: B31.3 ASME						Critério de Aceitação: ASME VIII SECCAD 1						
Condição da Superfície: ESCOVADA						Método: DIRETO						
Iluminação: 1000 LUX						Observação:						
Instrumentos Utilizados												
<input checked="" type="checkbox"/> Hilo : CS-04						<input checked="" type="checkbox"/> Luxímetro : LUX - 002						
<input type="checkbox"/> Paquímetro :						<input checked="" type="checkbox"/> Calibre de Solda : GAB-001						
<input checked="" type="checkbox"/> Trena : TR-13						<input type="checkbox"/> Medidor de Multifunção :						
IDENTIFICAÇÃO												
Unidade	Área	Isométrico	Sp.	Junta	Rev.	Linha	EPS/IEIS	S.Raiz	S.Ench.	L	Rel. Ind.	Data
U-43	35126	43-HC-01000	002	017	05	16"-HC-43-1000-BD-VA	005/12	REMANE	REMANE	A	-	20/09/2017
U-43	35126	43-HC-01000	002	017	05	16"-HC-43-1000-BD-VA	045/17	S-0015	S-0015	A	-	22/02/2018
U-43	35126	43-HC-01000	002	034	05	16"-HC-43-1000-BD-VA	010/12	REMANE	REMANE	A	-	20/09/2017
U-43	35126	43-HC-01000	002	035	05	16"-HC-43-1000-BD-VA	215/14	REMANE	REMANE	A	-	20/09/2017
U-43	35126	43-HC-01000	002	12A	05	16"-HC-43-1000-BD-VA	149/13	REMANE	REMANE	A	-	20/09/2017
U-43	35126	43-HC-01000	002	12B	05	16"-HC-43-1000-BD-VA	REMA01	REMANE	REMANE	A	-	07/02/2018
U-43	35126	43-HC-01000	002	16A	05	16"-HC-43-1000-BD-VA	005/12	REMANE	REMANE	A	-	20/09/2017
U-43	35126	43-HC-01000	002	17A	05	16"-HC-43-1000-BD-VA	REMA01	REMANE	REMANE	A	-	07/02/2018
U-43	35126	43-HC-01000	003	018	05	16"-HC-43-1000-BD-VA	0013MK	REMANE	REMANE	A	-	20/09/2017
U-43	35126	43-HC-01000	004	019	05	16"-HC-43-1000-BD-VA	205/14	REMANE	REMANE	A	-	20/09/2017

2.5.2 Partícula magnética

Após o ensaio visual, foi realizado o ensaio de partícula magnética, utilizando a técnica de *yoki* com a via úmida, na qual garantiu a inexistência de descontinuidades superficiais, fora do alcance do olho nu, e sub superficiais na junta soldada, com o resultado aprovado. Na figura 3 é possível analisar o relatório de partícula magnética:

Figura 3 - Relatório de Partícula Magnética (Autor, 2017)

PARTÍCULA MAGNÉTICA												
Plano de Inspeção: PR-5290.00-2000-970-C4L-001						Procedimento/Revisão: PR-52090.00-2000-970-C4L-028						
Norma de Referência:						Critério de Aceitação: PR-028-SEC.5.13 DIV C						
Cond. Superf.: ESCOVADA			Téc. Magnet.:			Método: VIA UMIDA COLORIDA						
Iluminação:						Observação:						
Equipamento												
Equip. Utilizado: YPKE						Tipo Cor. Mag.:			Intensidade Mag.:			
Fabricante: MAGNAFLUX						Tipo Cor. Desmag.:			Intensidade Desmag.:			
Modelo: Y-6												
Partícula Magnética												
Tipo: COLORIDA			Referência Comercial: MAGNAVIS 9 CRED						Via: UMIDA			
Veículo: AGUA			Cond. de Suspensão: ESCOVADA			Aditivo: WA-4			Concent. [g/L]: 1,2 A			
Tinta												
Tinta de Contr.:			Ref. Comercial:			Modelo:			Espes. Película:			
IDENTIFICAÇÃO												
U-43	35126	43-HC-01000	002	16A	05	16"-HC-43-1000-BD-VA	-	A	-	-	-	25/10/2017
U-43	35126	43-HC-01000	002	17A	05	16"-HC-43-1000-BD-VA	-	A	-	-	-	07/02/2018
U-43	35126	43-HC-01000	003	018	05	16"-HC-43-1000-BD-VA	-	A	-	-	-	21/09/2017
U-43	35126	43-HC-01000	004	019	05	16"-HC-43-1000-BD-VA	-	A	-	-	-	21/09/2017

2.5.3 Relatório de ultrassom

Foi realizado o ensaio de ultrassom em toda extensão da solda, e o resultado foi reprovado, os registros foram feitos no relatório (Figura 4), com todos os detalhes necessários como a localização e o tipo da descontinuidade. Na figura 5 pode-se ver com maiores detalhes alguns pontos de referências para a localização do mesmo, como: Percurso sônico; Distância de referência; Profundidade; Comprimento; Tipo de Defeito.

Figura 4 - Relatório de Ultrassom (Autor, 2018)

ULTRASSOM														
Projeto: U-285 / U-38 / U-43 / U-60 / U-69			Cliente: FRIG-IP/IL			Montadora: CONSORCIO CONENGE-POSSEDON - ECLER			Contrato: 0804.0104193.17.2					
Plano de Inspeção: PR-5290.00-2000-970-C4L-001			Procedimento/Revisão: PR-5290.00-2000-970-C4L-030 / 0			Norma de Ref.: ASME V 2012 - N-1597 H			Crit. de Aceitação: ASME B31.3 2012					
Condição da Superfície: ESCOVADA			Método: A-SCAN (CONTATO DIRETO)			Iluminação: AMBIENTE			Acoplante: METIL					
ID do Aparelho: RAN-USM-0087			Número de Série: GOPLS13110087			Fabricante/Modelo: GE/USMGO			Escala: 50 a 250					
Observação:														
CABEÇOTES CADASTRADOS														
ID Cabeçote	Modelo	Fabricante	Tipo	Dimensões	Ângulo	Frequência								
51522	MSEB4	GE	DUPLO	3,5X10	0	4MHZ								
56564	MVB80-4	GE	ANGULAR	8X9	60	4MHZ								
57748	MB45	GE	NORMAL	10	0	4MHZ								
81808	MVB70-4	GE	ANGULAR	8X9	70	4MHZ								
-	-	-	-	-	-	-								
-	-	-	-	-	-	-								
IDENTIFICAÇÃO														
Unid	Área	Isométrico	Spool	Junta	Tipo	Linha	Revisão	Material	Diam.	Esp.	Laudo	RI	Temperatura	Data
U-43	35126	43-HC-01000	004	019	TP	16°-HC-43-1000-BD-VA	05	AC	406	12.7	R		29	06/02/2018

Figura 5 - Detalhamento da descontinuidade (Autor, 2018)

Unidade	Área	Isométrico	Spool	Junta	Tipo	Laudo							
U-43	35126	43-HC-01000	004	019	TP	R							
ID Cabeçote	Ang. Cabeçote	Variação do Ângulo	G.P.	G.C.	P.T.	R.R.A.	ID Bloco						
51522	0	0	52,8	52,8	-		ALF-003						
ID Cabeçote	Ang. Cabeçote	Variação do Ângulo	G.P.	G.C.	P.T.	R.R.A.	ID Bloco						
56564	60	0	56	58	-2		FBC-023						
ID Cabeçote	Ang. Cabeçote	Variação do Ângulo	G.P.	G.C.	P.T.	R.R.A.	ID Bloco						
81808	70	-1	56,6	59,6	-3		FBC-023						
Defeito	Tipo Def.	Local Def.	Localização	Comp Def.	Ampl.	P.S.	Distância	Profundidade	S.D.				
1	FF	E	960	660	3.1	28.8	26.9	10.5	A-Externo				

Com esses registros permanentes, pode-se ter acesso os principais parâmetros utilizados pelo inspetor na hora do ensaio. Os cabeçotes utilizados foram checados com relação a perda por transferência existente entre o bloco de calibração e a peça submetida ao ensaio, e foi registrado que a defasagem existente entre as mesma foi de -2 e -3 DB's, para o cabeçote de 60° e 70° respectivamente, que resultou em um ganho corrigido de 58 e 59,6 DB's, para o cabeçote de 60° e 70° respectivamente. Esses ganhos acrescidos de 6 DB's cada um, foram utilizados na varredura do ensaio, que utilizou uma área aproximada de 90 mm da margem da solda inspecionada.

A descontinuidade foi registrada com todos os parâmetros que especificam sua localização e em seguida foi realizada sua remoção (Figura 6), fazendo uso de discos abrasivos. Após a abertura do defeito, foi aplicado o líquido penetrante (figura 7) e em seguida foi revelado (figura 8) que ainda estava presente a falta de fusão detectada inicialmente no ensaio de ultrassom. Com a finalidade de garantir a ausência do mesmo, o procedimento de remoção do defeito é realizado seguidamente, até não se obter mais nenhum afloramento proveniente do ensaio de líquido penetrante.

Figura 6 – Abertura do reparo (Autor, 2018)



Figura 7 – Aplicação do Líquido Penetrante (Autor, 2018)



Figura 8 – Resultado final (Autor, 2018)



Depois de todo o procedimento de reparo descrito acima, a junta foi liberada para a soldagem e em seguida foi submetida a sequência de ensaios necessária, como: visual de solda, líquido penetrante, partícula magnética, e, por fim, o ultrassom.

Após passar por todos os ensaios, foi constatado a aprovação da junta de número 19. Novos relatórios (Figura 9) foram anexados ao *data book* e a junta liberada para as próximas etapas de fabricação.

Figura 9 – Resultado da Ultrassonografia (Autor, 2018)

ULTRASSOM														
Projeto: U-385 / U-38 / U-43 / U-40 / U-49			Cliente: PRGE-IP/L			Montadora: CONSORCIO CONENGE POSSEBON - CCEB			Contrato: 0804.0104195.17.2					
Plano de Inspeção: PR-5290.00-2000-970-CAL-001			Procedimento/Revisão: PR-5290.00-2000-970-CAL-030 / 0			Norma de Ref.: ASME V 2012 -H-1997 H			Crit. de Aceitação: ASME B31.3 2012					
Condição da Superfície: ESCOVIDADA			Método: A-SCAN (CONTATO DIRETO)			Iluminação: AMBIENTE			Acoplante: METIL					
ID do Aparelho: RAN-USM-0087			Número de Série: GORLS13110087			Fabricante/Modelo: GE/USNGO			Escala: 50 a 250					
Observação:														
CABEÇOTES CADASTRADOS														
ID Cabeçote	Modelo	Fabricante	Tipo	Dimensões	Ângulo	Frequência								
51522	MSEB4	GE	DUPLO	3,5X10	0	4MHZ								
56564	MVB60-4	GE	ANGULAR	8X9	60	4MHZ								
57749	MB45	GE	NORMAL	10	0	4MHZ								
81808	MVB70-4	GE	ANGULAR	8X9	70	4MHZ								
-	-	-	-	-	-	-								
-	-	-	-	-	-	-								
IDENTIFICAÇÃO														
Unid	Área	Isométrico	Spool	Junta	Tipo	Linha	Revisão	Material	Diam.	Esp.	Laudo	RI	Temperatura	Data
U-43	35126	43-HC-01000	004	019	1P	16-HC-43-1000-BD-VA	05	AC	406	12,7	A		29	16/02/2018

3. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, foi possível concluir que as informações contidas no relatório de ultrassom foram de grande importância na localização das descontinuidades presentes no material ensaiado, onde foi possível realizar o reparo da mesma, e assim deixar a peça apta pra o seu uso final.

Também foi visto que a utilização do ensaio de ultrassom cumpriu sua função inicial e otimizou o procedimento da obra. Quanto ao tempo entre fazer o ensaio, localizar e reparar o defeito, se comparado com o ensaio correspondente, que é a radiografia, foi visto uma grande economia, necessitando o ensaio radiográfico de um tempo maior de exposição. Este último é, ainda, de extrema nocividade ao ser humano, onde além desse tempo, existe a questão de isolamento de área, que não só vai prejudicar a junta de interesse, como também as áreas adjacentes.

Pode-se concluir que os testes realizados nas juntas de solda, como visual de solda, líquido penetrante, partículas magnéticas e ultrassom, foram de extrema importância. O caso mais específico desse estudo restou comprovado a necessidade de garantir a inexistência de descontinuidades internas da solda, cumprindo, o ultrassom, sua parte, localizando e não permitindo que a junta soldada fosse colocada em operação com qualquer falha presente na mesma.

Ao final do presente estudo, está comprovada ainda a necessidade de exigir a presença dos END, tornando-se completamente viável o procedimento abordado pelo estudo de caso.

4. REFERÊNCIAS

- ASME B.31.3 - Chemical Plant and Petroleum Refinery Piping - 2012
 ANDREUCCI, Ricardo. Líquidos Penetrantes. Abende, 2013.
 ANDREUCCI, Ricardo. Radiologia Industrial., 2013.
 MARQUES, P. V.; JUNIOR, S.F. S. Ensaios não destrutivos. Belo Horizonte, 2006.
 PEREIRA, J. A. V. Estudo e Aplicação de Ensaios Não Destrutivos Líquidos Penetrantes, Ultra Sons, Radiografia Digital, Técnica Tangencial Medições de Espessuras. 2013. 72 p.
 PETROBRAS. Procedimento de inspeção de solda por meio de ultrassom. 2017.
 PR-011. Ultra-Som - Solda Procedimento de End. 2004.
 BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. NR 06 – Equipamento de Proteção Individual. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 2018.

5. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material impresso incluído neste trabalho.