

CONEM 2016
CONGRESSO NACIONAL DE
ENGENHARIA MECÂNICA

21 - 25
AGOSTO DE 2016
FORTALEZA - CEARÁ

CARACTERIZAÇÃO MICROESTRUTURAL E MECÂNICA DE UMA JUNTA SOLDADA UTILIZADA NA FABRICAÇÃO DE COMPONENTES DA INDÚSTRIA DE PETRÓLEO E GÁS

Almeida, Maria Ariele do Nascimento Silva, mariariele314@gmail.com¹

Souza, Lucas Ferreira de, lucasferreiras@live.com¹

Silva, Veralúcia Severina da, veralucia.silva842yahoo.com.br²

França, Fábio José Carvalho, fabio.franca@caruaru.ifpe.edu.br¹

Urtiga Filho, Severino Leopoldino, Severino.urtiga@gmail.com³

Lima JR, Diniz Ramos de, diniz.junior@caruaru.edu.br¹

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco – IFPE, Estr. do Alto do Moura, s/n – Alto do Moura, Caruaru – PE, 55040-120.

²Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, R. Aprígio Veloso, 882 – Bodocongó, Campina Grande – PB, 58429-900.

³Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, Av. Professor Moraes Rego, 1235 – Cidade Universitária, Recife – PE, 50670-901.

Resumo: Instalações metálicas enterradas e submersas, tais como oleodutos, gasodutos, adutoras, navios, plataformas de petróleo, tanques de armazenamento, dentre outras, tem sido cada vez mais utilizadas. Com esse cenário é necessário a implantação de novos terminais e oleodutos para o transporte do petróleo dos poços para as refinarias bem como distribuição do mesmo. Na fabricação de tanques de armazenamento de petróleo e seus derivados o aço ASTM A-36 é bastante utilizado. Com a possibilidade de acidentes como, por exemplo, uma ruptura, já que a maioria destes tanques armazenam produtos que são prejudiciais ao meio ambiente e saúde, se faz necessários estudos que colaborem com a melhoria na qualidade das juntas soldadas para a fabricação destas estruturas. Na atualidade notam-se muitas pesquisas e desenvolvimento de novas técnicas de soldagem com a finalidade de adotar métodos mais adequados para aplicações específicas. Esse estudo mostra as características microestruturais e mecânicas de uma junta soldada bastante utilizada na fabricação de componentes utilizados na indústria de petróleo e gás. O metal de base utilizado foi o aço estrutural de classificação ASTM A-36 em geometria de chapas de 150,0 mm x 150,0 mm x 19,0 mm, aplicadas em chanfro em K. A solda foi multipasses de topo na posição horizontal e o procedimento de soldagem seguiu EPS (Especificação do Procedimento de Soldagem) de uma empresa que fabrica tanques de armazenamento em refinarias. Para realização da pesquisa foram realizados três tipos de ensaios destrutivos: tração, microdureza Vickers e metalografia. Os resultados indicaram a heterogeneidade devido as diferentes microestruturas presentes no metal de solda e na zona termicamente afetada que tiveram forte influência no perfil de microdureza.

Palavras-chave: Características microestruturais e mecânicas. Indústria de petróleo. Tanques de armazenamento. EPS (Especificação do Procedimento de Soldagem). Aço ASTM A-36.

1. INTRODUÇÃO

Dentro das refinarias os tanques de armazenamento desempenham um papel fundamental, pois armazenam matéria prima para abastecimento das unidades, produtos intermediários entre os processos e produtos finais para distribuição.

Entende-se por tanques de armazenamento equipamentos de caldeiraria pesada, sujeitos à pressão aproximadamente atmosférica e destinados principalmente, ao armazenamento de petróleo e seus derivados. Podem ser fabricados por processo de soldagem em chapas de aço carbono. Sua geometria é normalmente cilíndrica, com apoio vertical e não enterrados. São equipamentos tipicamente encontrados em refinarias, terminais, oleodutos, bases de distribuição e parques industriais [1,2].

O aço estrutural ASTM A-36 é vastamente empregado nos tanques de armazenamento de petróleo e seus derivados, no presente trabalho foram analisadas juntas soldadas usadas em tanques de armazenamento que utilizam em sua constituição primária cerca de 0,25% de carbono. Quando resfriado lentamente a microestrutura do aço apresentará, em temperatura ambiente, ferrita, perlita e cementita. A ferrita formada pela difusão, morfológicamente varia com a taxa de resfriamento, em resfriamento lento apresenta a forma equiaxial e em resfriamentos mais severos obtém a forma de agulhas, definida como ferrita acicular.

Para a análise das microestruturas existente nas juntas soldadas, tornou-se necessário um estudo de caracterização microestrutural objetivando a aquisição de imagens do MB, da ZTA e do MS, no conjunto soldado. Ensaio de microdureza Vickers foram executados no CP para fazer uma melhor comparação entre as regiões estudado.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 METODOLOGIA DO TRABALHO

A etapa inicial da caracterização da junta soldada correspondeu a retirada dos corpos de prova onde o mesmo foi cortado em serra de fita com sistema de refrigeração, para não haver mudanças na microestrutura da junta soldada. A figura 1 apresenta as secções após o corte em serra de fita.

As microestruturas foram investigadas por microscopia ótica (MO), com aumentos de 100x, 200x e 500x. As regiões observadas foram o metal de base, zona termicamente afetada e zona fundida. Para revelação da microestrutura foi utilizado ataque químico com Nital 2% (2 mL de ácido nítrico em 98 mL de água) por 10 segundos. Após análise da microscopia ótica foi realizado ensaio de microdureza do corpo de prova, pois esta etapa utiliza os mesmos procedimentos aplicados no corpo de prova para análise microscópica.

Para realização do ensaio de tração foi utilizada uma máquina de ensaios da marca EMIC modelo DL10000 com capacidade de carga de 10 toneladas. Os corpos de prova utilizados neste ensaio foram confeccionados em formato cilíndrico respeitando as orientações da norma ASTM E8 [3].



Figura 1- Material para confecção de corpos de prova após corte em serra de fita.

2.2 MATERIAL

Chapas de aço de classificação ASTM A-36 foram utilizadas como metal de base para confecção das juntas soldadas.

O processo de soldagem utilizado foi arame tubular (FCAW) com arame AWS E71T-1, diâmetro de 1,2 milímetros e gás de proteção CO₂.

A composição química do metal de base e do arame tubular utilizado para obtenção da junta soldada foram obtidos através de catálogo e está apresentado na tabela 1.

Tabela 1- Composição química em % do aço ASTM A-36 e arame tubular fornecidos por catálogo de fabricante.

	% C (máx.)	% Mn	% P (máx.)	% S	% Si
ASTM A-36	0,25	0,80 – 1,20	0,04	0,05	0,40
AWS E71T-1	0,03	1,40	<0,025	<0,025	0,06

2.3 PREPARAÇÃO METALOGRÁFICA

A fabricação do corpo de prova para a observação em microscópio seguiu procedimentos metalográficos sendo iniciado com o corte das juntas soldadas na região perpendicular ao cordão de solda em uma serra de fita refrigerada. Em sequência o material cortado foi levado para uma cortadora metalográfica para normalização das dimensões. Vale salientar que todos os cortes foram feitos com a utilização de refrigeração. Ao final do procedimento de corte e normalização das dimensões o corpo de prova foi embutido a frio para execução dos lixamentos com o uso de lixas de granulometrias na sequência de 180, 220, 360, 400, 600 e 1200. Após o lixamento foi executado polimento utilizando pastas abrasivas de alumina com granulometria e sequência de 1 μm e $\frac{1}{4}$ μm . Os processos de lixamento e polimento do corpo de prova foram realizados através de uma lixadeira/politriz como mostra a figura 2.

Em seguida foi realizado um ataque químico por imersão com Nital 2% com duração de 10 segundos para a observação microestrutural do metal de base, zona termicamente afetada e zona fundida em microscópio ótico com aumentos de 100X, 200X e 500X.

A figura 3 apresenta a amostra após o ataque químico com Nital 10% com duração de 10 segundos para a realização da macrografia.



Figura 2- Lixadeira/Politriz.

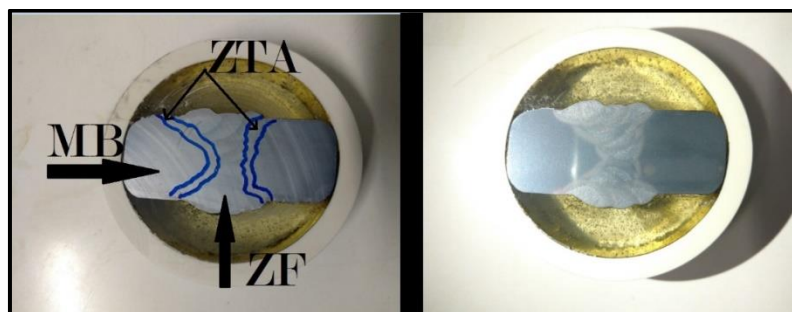


Figura 3- Macrografia do corpo de prova onde visivelmente pode-se observar o metal de base (MB), a zona termicamente afetada (ZTA) e a zona fundida (ZF).

2.4 AMOSTRAS PARA O ENSAIO DE MICRODUREZA VICKERS

No ensaio de microdureza as medições foram realizadas utilizando um microdurômetro da marca INSIZE, mostrado na figura 4, preparado para medir microdureza Vickers com seleção de carga para 0,3 Kgf e tempo de permanência de 15 segundos. O penetrador utilizado neste ensaio foi o piramidal de diamante com base quadrada e ângulo de 136°, e distanciamento entre indentações de no mínimo 2,5 vezes a diagonal do prisma formado pela penetração do penetrador seguindo orientação da norma ASTM E384. A recomendação mínima da distância entre indentações sugerida pela Norma ASTM E384 é apresentado na Figura 5 [4]. As indentações realizadas pelo microdurômetro e a medições das suas diagonais podem ser observadas na Figura 6.



Figura 4- Microdurômetro INSIZE.

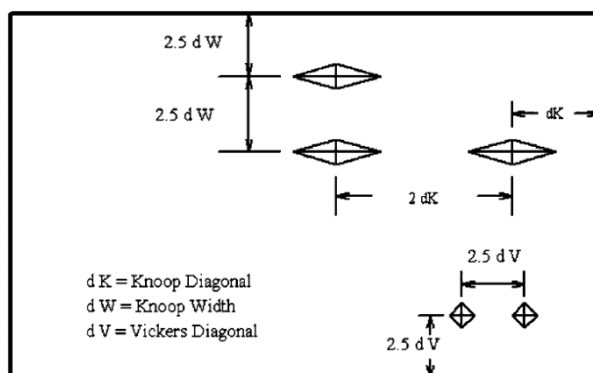


Figura 5- Espaçamento mínimo entre indentações segundo a Norma ASTM E384.

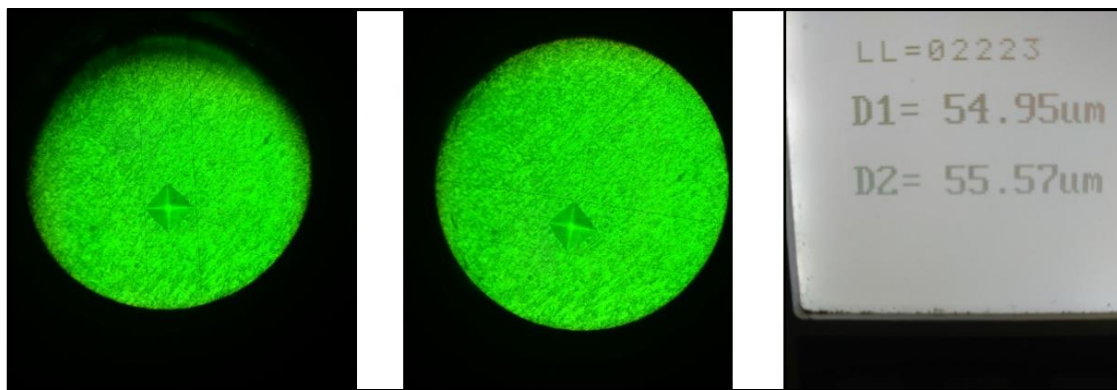


Figura 6- Indentações e medições de suas diagonais obtidas pelo microdurômetro.

2.5 AMOSTRAS PARA O ENSAIO DE TRAÇÃO

Para a confecção dos corpos de prova para realização do ensaio de tração a junta soldada foi cortada no sentido transversal do cordão de solda. Em seguida, as seções retiradas da junta soldada foram pré-usinadas em um torno mecânico convencional e logo em seguida em torno CNC (Comando Numérico Computadorizado).

A figura 7 apresenta o formato e dimensões dos corpos de prova utilizado no ensaio de tração.

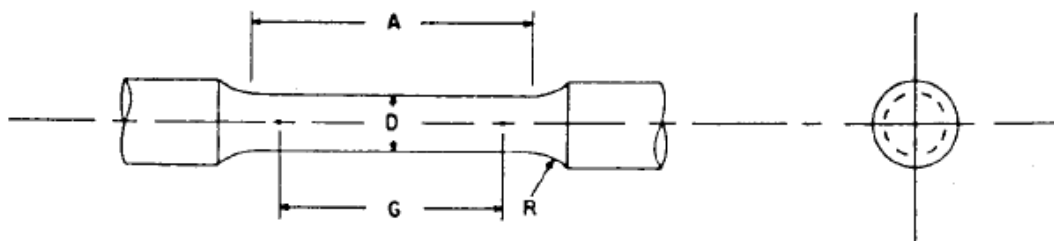


Figura 7- Formato e dimensões dos corpos de prova segundo a Norma ASTM E8 para realização do ensaio de tração.

Os ensaios de tração foram executados em corpos de prova de tração transversal, onde o eixo longitudinal do corpo de prova é perpendicular ao eixo longitudinal do cordão de solda em temperatura ambiente e com taxa de deformação de 1,0 mm/min.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 MICROGRAFIA DO METAL DE BASE

O fenômeno conhecido como bandejamento foi observado no metal de base como apresentado na Figura 8. Para as microestruturas este fenômeno representa uma forte influência, mas principalmente para as propriedades mecânicas, pois de acordo com a posição de solicitação as propriedades mecânicas variam, assim os materiais podem apresentar um comportamento de caráter anisotrópico.

Já a figura 9 apresenta as microestruturas encontradas nessa região, foram elas ferrita primária (PF) e Perlita (FC(P)).

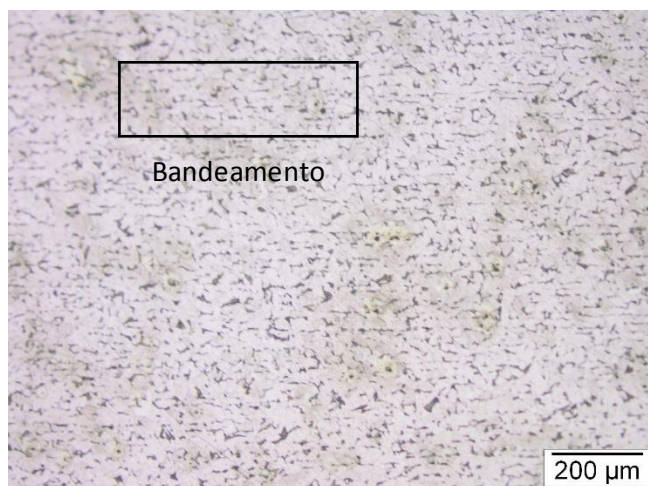


Figura 8 - Micrografia com aumento de 100X do aço ASTM A-36 utilizado como metal de base para confecção da junta soldada.

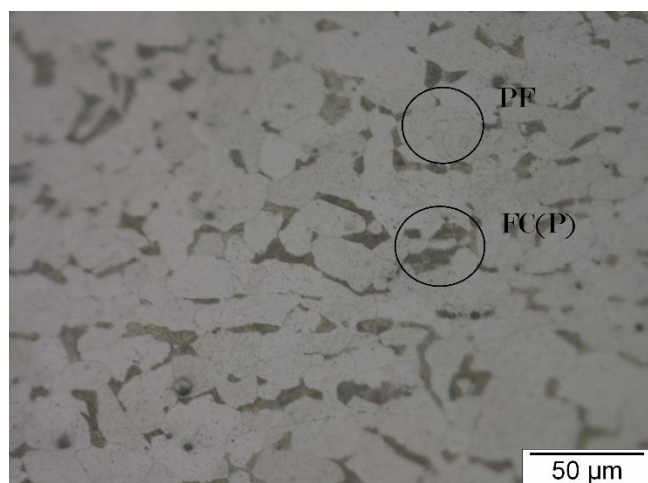


Figura 9- Micrografia com aumento de 500X do aço ASTM A-36 utilizado como metal de base para confecção da junta soldada. Ataque Nital 2% .

3.2 MICROGRAFIA DA ZONA TERMICAMENTE AFETADA

A região da zona termicamente afetada da junta soldada que usou o processo FCAW é apresentado na Figura 10. As microestruturas que foram encontradas nesta região foram: Ferrita com segunda fase não-alinhada (FS(NA)) e Ferrita de contorno de grão (PF(G)).

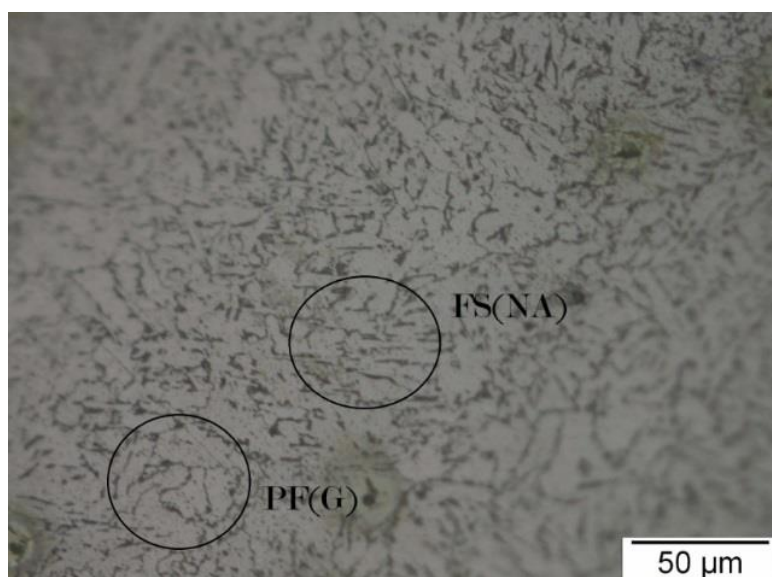


Figura 10 - Zona termicamente afetada obtida pelo processo FCAW com aumento de 500X.

3.3 MICROGRAFIA DA ZONA FUNDIDA

A Figura 11 apresenta as microestruturas encontradas na região da zona fundida. As microestruturas dessa região foram: ferrita acicular (AF), ferrita com segunda fase alinhada (FS(A)) e ferrita de contorno de grão (PF(G)).

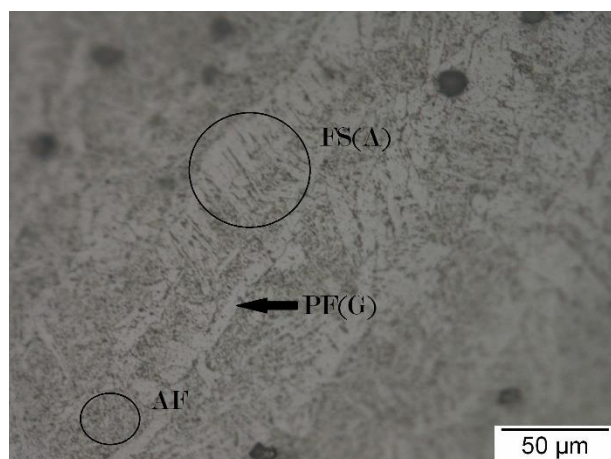


Figura 11- Micrografia com aumento de 500X na zona fundida

3.4 MICRODUREZA VICKERS

No ensaio de microdureza foi observado que ao decorrer do avanço do perfil houve um aumento na dureza devido ao surgimento de diferentes fases até atingir seu valor máximo na Zona Fundida devido a presença de ferrita acicular.

A junta soldada obtida pelo processo de soldagem FCAW apresentou o valor de dureza no intervalo de 157HV a 225HV. Os valores de dureza deste ensaio são consequência das fases e dos tamanhos de grãos formados nas juntas soldadas, a Tabela 2 apresenta os valores obtidos no ensaio.

Tabela 2- Valores das medições do ensaio de microdureza nas três regiões ensaiadas.

Ensaio de dureza	Metal de Base	Zona Termicamente Afetada	Zona Fundida
Ensaio 1	157HV	182HV	226HV
Ensaio 2	151HV	180HV	227HV
Ensaio 3	164HV	197HV	222HV
Média	157HV	187HV	225HV

3.5 ENSAIO DE TRAÇÃO

A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos através da média dos três corpos de prova utilizados no ensaio de tração.

Tabela 3- Médias dos resultados obtido no ensaio de tração.

Limite de Resistência (MPa)	Limite de Escoamento (MPa)	Alongamento (mm)
411,10 ± 4,2	271,43 ± 8,0	21,22 ± 0,7

Os resultados apresentados na Tabela 3 foram considerados todos válidos já que todos os corpos de prova romperam fora da região da solda e confirmam as exigências mínimas especificadas pela norma ASTM A-36.

4. CONCLUSÃO

Através das micrografias foi observado a heterogeneidade devido as diferentes microestruturas presentes no metal de solda e ZTA, com maior incidência de ferrita de contorno de grão (PF(G)), ferrita com segunda fase alinhada (FS(A)), ferrita com segunda fase não alinhada (FS(NA)) e ferrita acicular (AF). Estes constituintes são de extrema importância nas propriedades mecânicas das juntas soldadas, pois tem forte influência na tenacidade e resistência mecânica dos materiais.

5. REFERÊNCIA

1. BARROS, S. M., Tanques de Armazenamento. Rio de Janeiro, 2003.
2. PETROBRAS N-0270, Projeto de Tanque de Armazenamento Atmosférico, rev. D, 2008.
3. ASTM E8/E8M-11. Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials. **American Society for Testing Materials**, New York, 2011.
4. ASTM A 384. **Standard Test Method for Microindentation Hardness of Materials**: Annual Book of ASTM Standards. USA: [s.n.]. 2011.
5. ASTM A36/A36, **Standard Specification for Carbon Structural Steel**, 2008.
6. COLPAERT, Hubertus. **Metalografia dos Produtos Siderurgicos Comuns**. 4ª ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2008.
7. Asselli, A. A. C., Gallego, J., **Efeitos da Energia de Soldagem sobre a Microestrutura do Metal de Solda Depositado por Arco Submerso**, 14º CREEM. FEMEC/UFU, Uberlândia-MG, 2007.
8. CAMPOS, Paulo Tancredo. **Caracterização mecânica e microestrutural de juntas soldadas pelos processos MIG/MAG (GMAW) e arame tubular (FCAW)**. 2005. 75f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação Engenharia Mecânica. Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Curitiba, 2005.

6. RESPONSABILIDADE AUTURAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

MICROSTRUCTURAL CHARACTERIZATION AND MECHANICS OF A JOINT WELDED USED IN THE MANUFACTURING OF COMPONENT OF THE OIL AND GAS INDUSTRY

Almeida, Maria Ariele do Nascimento Silva, mariariele314@gmail.com¹

Souza, Lucas Ferreira de, lucasferreiras@live.com¹

Silva, Veralúcia Severina da, veralucia.silva842yahoo.com.br²

França, Fábio José Carvalho, fabio.franca@caruaru.ifpe.edu.br¹

Urtiga Filho, Severino Leopoldino, Severino.urtiga@gmail.com³

Lima JR, Diniz Ramos de, diniz.junior@caruaru.edu.br¹

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco – IFPE, Estr. do Alto do Moura, s/n – Alto do Moura, Caruaru – PE, 55040-120.

²Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, R. Aprígio Veloso, 882 – Bodocongó, Campina Grande – PB, 58429-900.

³Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, Av. Professor Moraes Rego, 1235 – Cidade Universitária, Recife – PE, 50670-901.

Abstract: Buried or submerged metal installations such as oil and gas, pipelines, ships, oil platforms, storage tanks, among others, has been increasingly used. With this scenario the deployment of new terminals and pipelines to transport oil from wells to refineries and distribution of the same is necessary. In the manufacture of oil storage tanks and derivatives steel ASTM A-36 is widely used. With the possibility of accidents such as a breakdown, since most of these tanks storing products that are harmful to the environment and health, it is necessary studies that contribute to improving the quality of welded joints for the manufacture of these structures. At present notice is a lot of research and development of new welding techniques in order to adopt more appropriate methods for specific applications. This study shows the microstructural and mechanical characteristics of a welded joint widely used in the manufacture of components used in the oil and gas industry. The base metal used was a structural steel ASTM A-36 plates geometry of 150.0 mm x 150.0 mm x 19.0 mm and applied in bevel K. The weld was top multipass in the horizontal position and the welding procedure followed Welding Procedure Specification of a company that manufactures storage tanks in refineries. To conduct the survey were three types of destructive tests: strength, Vickers hardness and metallography. The results indicated the heterogeneity due to different microstructures present in the weld metal and heat affected zone had a strong influence on the microhardness profile.

Keywords: Microstructural and mechanical properties. Oil industry. Storage tanks. Welding Procedure Specification. Steel ASTM A-36.