

COBEF2017-0513 - DIFERENÇAS NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DAS ZONAS TERMICAMENTE AFETADAS (ZTA) EM CHAPAS DE AÇO-CARBONO ASTM A36, SOLDADAS COM CORRENTE CONTÍNUA E COM CORRENTE PULSADA

Alido Ronchi, djalidoronchi@gmail.com¹
Fernando Gruber Colaço, fernandogruber@ifsc.edu.br
Jean Senise Pimenta, jean.pimenta@ifsc.edu.br¹
Marlon Vito Fontanive, marlonf@ifsc.edu.br¹
Paulo Ricardo Borgmann Sembariski, paulo117usidea@outlook.com.br¹
Priscila Eduarda Kraft Lopes, priscila.kraft@gmail.com¹

¹Instituto Federal de Santa Catarina – Geraldo Werninghaus, Rua dos imigrantes, 341 - Rau, Jaraguá do Sul - SC, 89254-340.

Resumo: Neste trabalho foi verificado o efeito da soldagem com corrente contínua e pulsada na microestrutura e as propriedades mecânicas do aço ASTM A36. Para a deposição dos cordões foi utilizada uma fonte GMAW multiprocesso sinérgica, operando em corrente contínua e pulsada denominada Sigma 500. As variáveis utilizadas foram o tipo de corrente com valores de 190 A e 270 A para corrente contínua e corrente média pulsada, a variação da corrente pulsada foi de 25%. As soldas foram realizadas com arame sólido AWS E70S-6, diâmetro de 1,2 mm e mistura gasosa de 75%Ar/CO₂, utilizando dois níveis de tensão de 19 V e 32 V, para corrente contínua, e partir destas o equipamento determinou tensões equivalentes para corrente pulsada, suficientes para fundir a quantidade de arame provida das correntes utilizadas. As chapas para o depósito foram de aço ASTM A36 com dimensões: 4,76 mm de espessura, 350 mm de largura e comprimento de 500 mm. A velocidade de soldagem, o ângulo da tocha e a DBCP foram controladas por um manipulador de soldagem. Foram caracterizadas a microestrutura, o perfil de dureza e a morfologia dos cordões. Além disso, foram realizados ensaios de tração e dobramento para análise das características mecânicas das soldas conforme as normas NBR 7438 e NBR 6892. Os resultados obtidos apresentaram uma microestrutura com maior refino de grão para as soldas realizadas com corrente pulsada e menores energias de soldagem, obtendo uma transferência metálica do tipo curto circuito. Para maiores energias de soldagem foi possível observar um crescimento de grão, devido ao calor gerado pela transferência pulverizada tanto na corrente contínua quando pulsada.

Palavras-chave: Soldagem, aço ASTM A36, corrente pulsada, corrente contínua.

1. INTRODUÇÃO

Após a revolução industrial, o setor metal mecânico foi beneficiado por um grande crescimento na demanda de materiais. Com o aumento da produção, fizeram-se necessários estudos mais aprofundados na estrutura dos materiais, para se obter uma melhora na qualidade dos ofertados, tornando-se necessário o desenvolvimento de diversos métodos de verificação da qualidade destes. Acompanhando esta tendência, novos métodos de manipulação dos metais foram descobertos para resolver dilemas da indústria em crescimento, conformação, fundição, processos de união. Dentro deste último grupo se encontram os métodos de soldagem.

Soldagem por fusão e soldagem por pressão, dois grupos que abrangem dezenas de métodos de união física dos metais. GTAW (*Gas-Shielded Tungsten Arc Welding*) - soldagem a arco de tungstênio com proteção gasosa, GMAW (*Gas Metal Arc Welding*) - soldagem por arco elétrico com gás de proteção, SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) - soldagem a arco elétrico com eletrodo revestido, PAW (*Plasma Arc Welding*) - processo de soldagem a arco com plasma, entre outros, são os mais conhecidos processos por fusão.

No processo de soldagem Mig/Mag, também conhecido como processo GMAW, um eletrodo nu é aplicado sobre metais sólidos envolto em uma atmosfera de gás, ou gases, ionizados. É descarregado então uma determinada tensão e corrente para a abertura de um arco elétrico entre as peças e o eletrodo, ocasionando a fusão dos metais. Este processo foi utilizado no desenvolvimento deste artigo.

O processo GMAW foi selecionado para o desenvolvimento deste artigo por sua versatilidade, fácil manuseio e aplicação e ainda uma grande facilidade em automatização.

Para a determinação das propriedades mecânicas dos materiais, são utilizados testes destrutivos e não destrutivos, com finalidades específicas. Dentro dos diversos ensaios destrutivos, estão os ensaios de microdureza Vickers, tração e dobramento, utilizados neste artigo.

Com a utilização destes processos, é possível determinar com precisão as propriedades específicas de cada material gerando um produto com maior qualidade e permitindo maior confiança na execução de projetos.

Os aços são amplamente usados na indústria por sua vida útil elevada, e propriedades mecânicas bem definidas. Foram selecionadas chapas de aço ASTM A36 por ser um aço bastante utilizado na indústria e por possuir propriedades que abrangem com satisfação as várias áreas de utilização dentro da indústria metal mecânica.

Os eletrodos no processo GMAW, são em geral, eletrodos nus, com núcleos metálicos (arame sólido ou com núcleo em fluxo) ou eletrodos tubulares. O arame selecionado foi o eletrodo AWS E70S-6, este possui níveis elevados de silício e manganês para utilização em materiais de base ligeiramente contaminados, possui mais fluidez de poça, uma excelente ação molhante, é aplicado tipicamente em reparos em uma variedade de aço leve e de baixa liga, tubo e tubulação de pequeno diâmetro, aplicações em chapa metálica, soldagem da tubulação de passagem da raiz e pode ser aplicado em todas as posições de soldagem.

Na indústria em geral, quando determinado equipamento, ou determinada peça de um equipamento sofre uma fratura, esta pode ser substituída ou reparada, como a substituição na maioria dos casos custa tempo e dinheiro, uma manutenção corretiva se torna a melhor alternativa. Porém, em alguns casos, as variações nas propriedades mecânicas da peça são ignoradas, erro que pode provocar acidentes, custando mais tempo, mais dinheiro e até mesmo levando a uma lesão à trabalhadores.

O objetivo deste artigo é determinar as propriedades de juntas de aço baixo carbono soldadas no processo GMAW com um eletrodo comumente utilizado na indústria, utilizando ensaios de tração, dobramento e micro dureza. O processo de soldagem será conduzido em quatro experimentos, variando a tensão, a corrente, comparando ainda corrente contínua com corrente alternada a 25%. Para o depósito dos cordões foi utilizado um equipamento de soldagem sinérgica denominada SUMIG SIGMA 500, operando em corrente contínua e pulsada.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Processo de soldagem

Para realização dos experimentos foram utilizadas duas chapas de aço carbono ASTM A36, chanfradas em I, de 4,7625 mm de espessura nas dimensões: 180 mm x 120 mm, para cada experimento de soldagem. Foi realizada a limpeza mecânica das superfícies dos corpos de prova com uma escova. Foram realizados quatro experimentos de soldagem utilizando uma fonte eletrônica multi-processo SUMIG SIGMA 500. O eletrodo empregado foi o AWS ER70S-6 de 1,2 mm de diâmetro. O gás de proteção utilizado nas soldagens foi o Ar-25%CO₂. As soldagens foram efetuadas automaticamente na posição plana (flat). As velocidades de soldagem foram de 33,4 cm/min e de 80 cm/min. A distância do bico de contato com a peça foi de 20 mm, foram mantidas tensões de soldagem em 19 a 32 Volts, corrente entre 190 e 270 Amperes, respeitando sempre a energia de soldagem em 108 Joules. Os valores acima descritos de tensão do foram determinados para emprego em corrente contínua, na soldagem por corrente pulsada, o equipamento determinou a tensão para que a energia de soldagem fosse equivalente.

A Tabela 1, apresenta a forma empregada para a execução da soldagem.

Tabela 1. Execução da soldagem.

Experimento	1	2	3	4
Tensão (V)	19	24	32	26,8
Corrente de Base (A)	-	142,5	-	202,5
Corrente Média (A)	190	190	270	270
Corrente de Pico (A)	-	237,5	-	337,5
DBCP (mm)	20	20	20	20
Velocidade de soldagem (cm/min)	33,4	33,4	80	80
Tipo de corrente	Contínua	Pulsada	Contínua	Pulsada

Para obtenção dos dados, foi utilizado o cálculo da energia de soldagem, onde a energia é introduzida no metal de base por unidade de comprimento do cordão de solda. O conceito da energia de soldagem é muito importante no estudo dos aspectos térmicos de soldagem. A energia pode ser calculada pela equação abaixo:

$$E = \frac{n.V.I}{v}$$

Onde:

E = energia de soldagem (J/m);
n = eficiência térmica do processo (%);
V = tensão no arco (V);
I = corrente de soldagem (A);
v = velocidade de soldagem (m/min).

2.2. Preparação dos corpos de prova

Os corpos de prova para ensaio de tração e ensaio de dobra foram obtidos por processo de eletroerosão, onde foram dimensionados respectivamente pela norma ABNT NBR ISO 6892-1 e norma ABNT NBR ISO 7438. Para o ensaio de tração e ensaio de dobra, foram fabricados três corpos de prova para cada parâmetro utilizado.

Os corpos de prova utilizados para a metalografia e para o ensaio de microdureza Vickers, foram obtidos através do processo de corte com serra manual. Para a metalografia e microdureza Vickers, foram fabricados um corpo de prova para cada parâmetro.

Cada parâmetro obteve uma classificação que foi adotado como “CP 1, CP 2, CP 3 e CP 4”, conforme a Tabela 2 abaixo:

Tabela 1. Classificação de parâmetros dos corpos de prova.

Corpo de Prova (CP)	Parâmetro utilizado
CP 1	19V – 190A – 20mm – 33,4cm/min – continua
CP 2	24V – 190A – 20mm – 33,4cm/min – pulsada
CP 3	32V – 270A – 20mm – 80cm/min – continua
CP 4	26,8V – 270A – 20mm – 80cm/min – pulsada

2.3 Ensaio de tração

O ensaio consistiu em submeter o corpo de prova a uma força axial até seu rompimento. O corpo de prova foi preso por duas garras que aplicaram a força axialmente. Para este ensaio, utilizamos a máquina de ensaio de tração EMIC modelo DL10000, a qual pode alcançar a força máxima de 100kN. O acionamento do equipamento é eletromecânico por motor de velocidade variável e fuso de esfera. O controle do equipamento foi feito pelo software VirMq em conjunto com o software TESC, responsáveis por gerar o gráfico da curva tensão-deformação. Os gráficos são gerados conforme os dados do corpo de prova introduzidos na inicialização do software.

2.4 Ensaio de dobramento

O ensaio mecânico de dobramento, forneceu uma indicação quantitativa da ductilidade do material, ou seja, o grau de deformação que o corpo de prova suportou até o ângulo do ensaio a ser obtido. O corpo de prova, assentado em dois apoios afastados a uma distância 70mm especificada pela norma ABNT NBR ISO 7438, foi submetido a uma força de dobra perpendicular através de um dispositivo chamado cutelo. O ângulo de dobra foi de 90°. A máquina utilizada, EMIC modelo DL10000, possui ferramentas que possibilitam o ensaio dobramento com ângulos de 45°, 60°, 90° e 180°.

2.5 Metalografia

A metalografia pode ser definida como o estudo da estrutura interna dos metais e ligas metálicas e de suas constituições. Com a metalografia, analisamos a forma de grãos e a distribuição destes na ZTA.

Para obtenção do exame metalográfico, o corpo de prova passou pelo processo de corte, remoção de rebarba, embutimento à quente, lixamento, polimento, ataque químico e análise micrográfica.

O processo de corte foi realizado por serra manual durante a etapa de preparação dos corpos de prova e em seguida, foi realizada a remoção de rebarbas com lixa d’água de granulometria 80 geradas pelo corte impreciso da serra manual.

O embutimento em resina termo endurecida (baquelite) foi realizado com prensa embutidora metalográfica Fortel EFD30, onde, a pressão é controlada por manômetro e teve variações de 150kgf/cm² a 200kgf/cm², e a temperatura de embutimento de 250°C. O tempo de embutimento para cada amostra 20 minutos, incluindo a etapa de refrigeração por serpentina.

O lixamento iniciou com lixa d’água com granulometria 150, continuando com as lixas 220, 320, 400, 600, 800 e 1200, e em seguida foi realizado o processo de polimento com pano de polimento e óxido de alumina em suspensão. O processo foi realizado com a politriz lixadeira Fortel PFL a 250rpm para o processo de lixamento e 600rpm para polimento.

As amostras foram atacadas pelo método de imersão de aproximadamente 15 segundos em Nital 2%. O composto de Nital 2% é a combinação de 2ml ácido nítrico (HNO_3) adicionados a 98ml álcool etílico ($\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$). A limpeza após o ataque foi realizada com auxílio de um secador, algodão e álcool etílico.

As análises das microestruturas foram obtidas com o microscópio óptico com lentes de aumento de 200X e 400X.

2.6 Ensaio de microdureza

A microdureza Vickers é um método de classificação de dureza. O penetrador é praticamente indeformável, ampliando a capacidade de ensaios para diversos tipos de materiais e espessuras. Para este ensaio, os corpos de prova foram os mesmos da metalografia, pois para microdureza a amostra deve ser atacada. O equipamento utilizado foi FM-800 da Future Tech (Equilam). Foram medidas três durezas no material de base, na zona termicamente afetada e na solda, com uma carga de 200gf aplicada durante 10 segundos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Soldagem

A Figura 1 apresenta o aspecto da superfície (à esquerda) e do perfil (à direita) do cordão de solda dos corpos de prova denominados CP 1, é possível perceber porosidade e inclusões no cordão de solda.

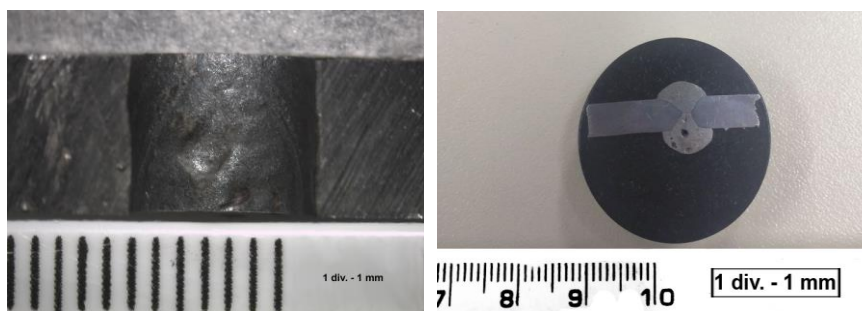


Figura 1. Detalhe superfície e perfil do cordão de solda do CP 1.

A Figura 2 apresenta o aspecto da superfície (à esquerda) e do perfil (à direita) do cordão de solda dos corpos de prova denominados CP 2, nenhum defeito oriundo do processo de soldagem foi detectado.

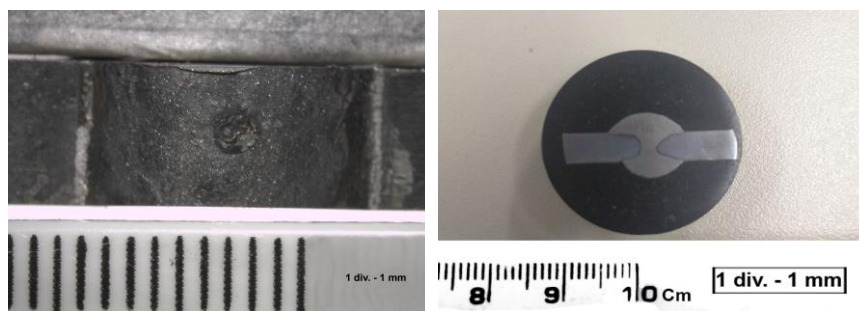


Figura 2. Detalhe superfície e perfil do cordão de solda do CP 2.

A Figura 3 apresenta o aspecto da superfície (à esquerda) e do perfil (à direita) do cordão de solda dos corpos de prova denominados CP 3, nenhum defeito oriundo do processo de soldagem foi detectado.

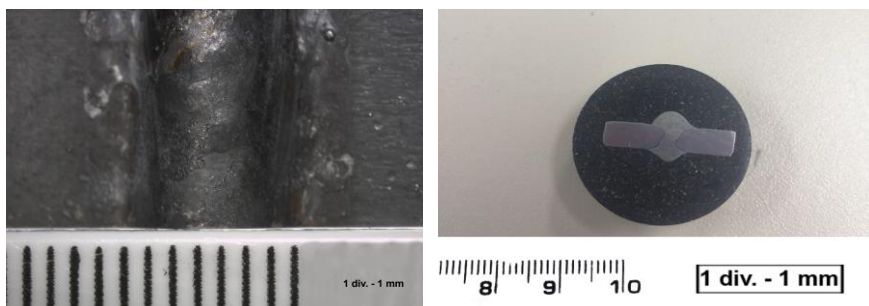


Figura 3. Detalhe superfície e perfil do cordão de solda do corpo de prova 3.

A Figura 4 apresenta o aspecto da superfície (à esquerda) e do perfil (à direita) do cordão de solda dos corpos de prova denominados CP 4, é possível perceber porosidade no cordão de solda.

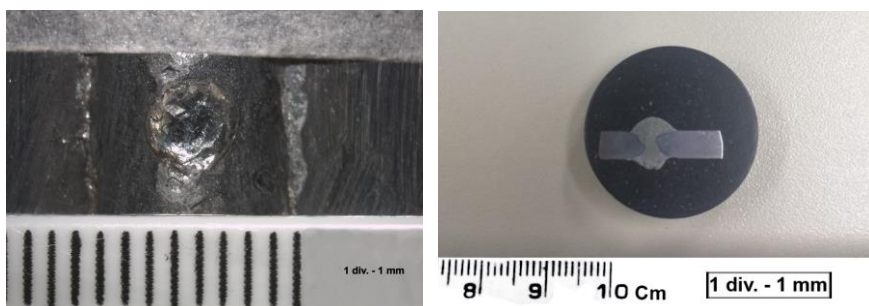


Figura 4. Detalhe superfície e perfil do cordão de solda do corpo de prova 4.

3.2 Tração

Os corpos de prova de classificação CP 1 suportaram uma tensão média de 250MPa. A curva tensão deformação está demonstrada na Figura 6. É possível observar que a reta elástica está mais inclinada que os ensaios dos CP's 2, 3 e 4 (indicando uma maior deformação na região elástica), assim como a região plástica do ensaio gerou uma deformação menor que os ensaios que seguem, este resultado pode ter sido gerado pela presença de porosidades na região da solda, acarretada por uma possível ventilação durante a execução da soldagem. O rompimento ocorreu na região da solda e foi verificado porosidade nesta região conforme mostra a Figura 7.

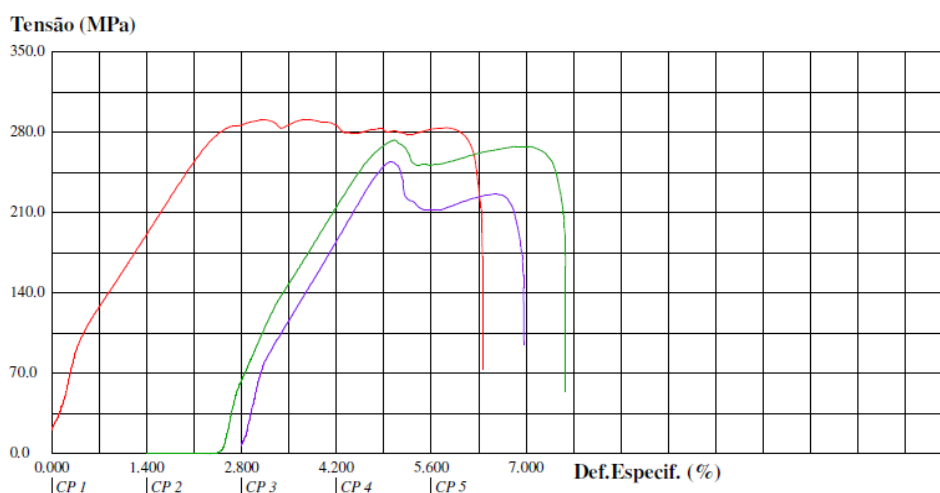


Figura 5. Gráfico tensão deformação dos ensaios realizados CP 1.

A Figura 6 demonstra os resultados do ensaio de tração nos corpos de prova denominados CP 1, é possível perceber uma grande quantidade de porosidade presente na região da solda, possivelmente ocasionada por alguma ventilação ambiente.



Figura 6. Imagens detalhadas do rompimento do ensaio de tração CP 1.

Os corpos de prova de classificação CP 2, suportaram uma tensão média de 380MPa (Figura 7). No gráfico da Figura 7 é possível identificar as regiões denominadas região elástica, região plástica, e zona de escorregamento de grãos com facilidade, fato que é característico de materiais dúcteis.

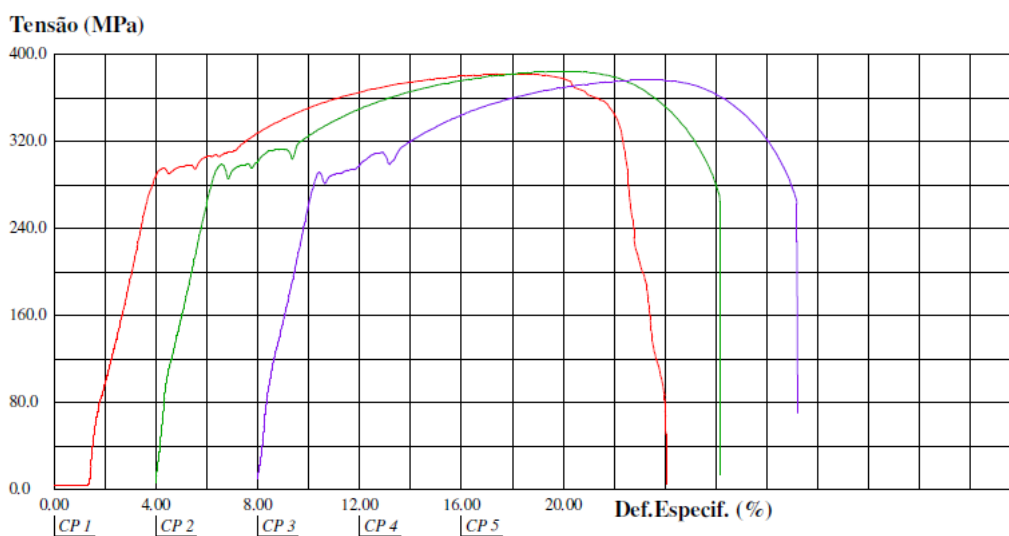


Figura 7. Gráfico tensão deformação dos ensaios realizados CP 2

Durante os ensaios de tração, foi verificado que o rompimento aconteceu na região da solda, foi possível observar durante a inspeção visual, porosidade na região da solda em alguns corpos de prova, conforme a Figura 8, possivelmente provenientes de alguma ventilação ambiente.

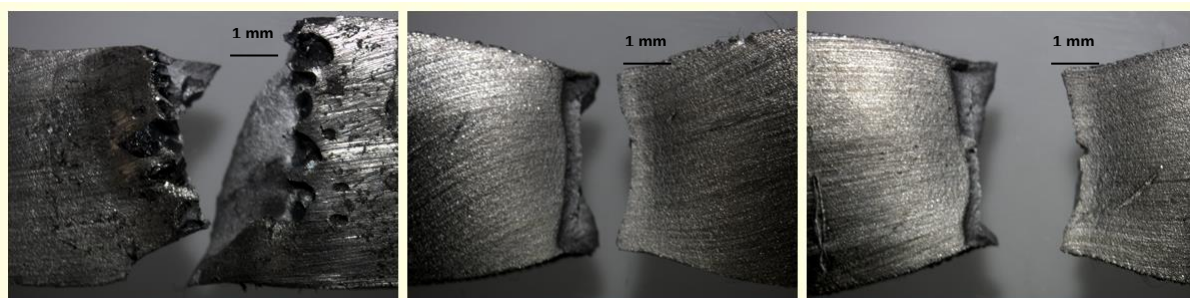


Figura 8. Imagens detalhadas do rompimento do ensaio de tração CP 2 porosidade na solda.

A Figura 9 demonstra o gráfico gerado pela máquina utilizada para executar os ensaios de tração, é possível perceber em todos os ensaios as três regiões característica deste ensaio bem definidas (região elástica, região plástica e região de escorregamento de grãos). Os corpos de prova de classificação CP 3 suportaram uma tensão média de 400 MPa. Podemos verificar na Figura 10 o rompimento na zona termicamente afetada.

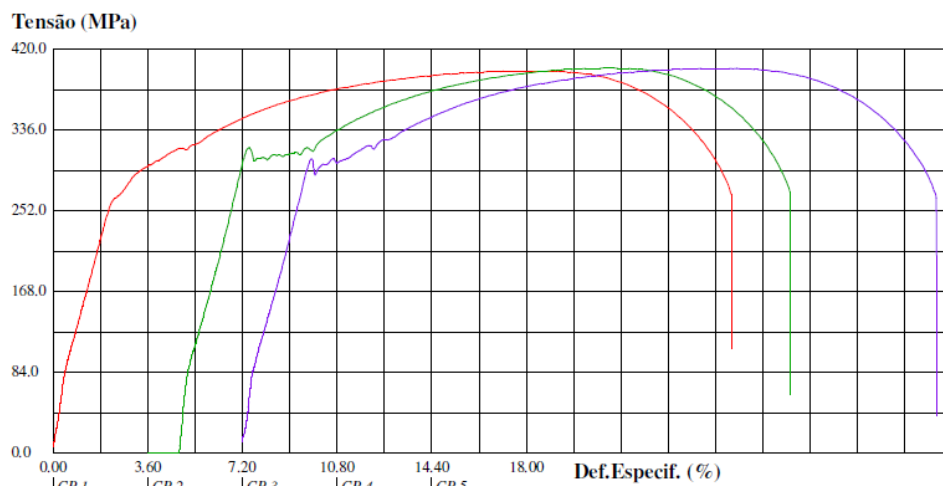


Figura 9. Gráfico tensão deformação dos ensaios realizados CP 3

Na Figura 10, nota-se na região do rompimento uma deformação plástica característica de materiais dúcteis, gerando uma estricção antes do rompimento do corpo de prova.

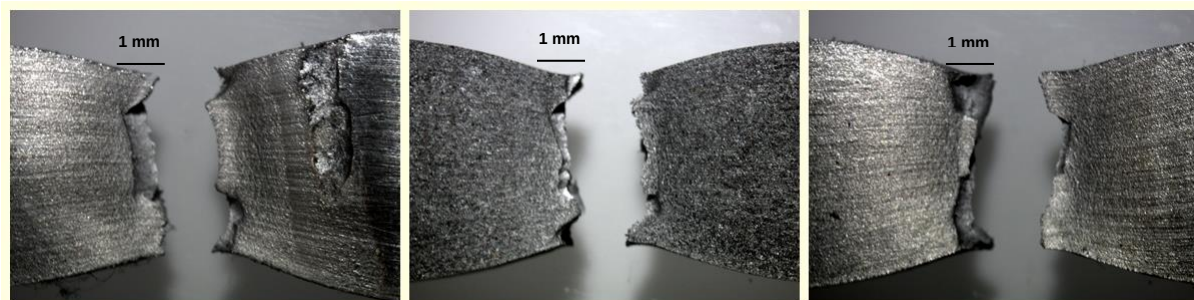


Figura 10. Imagens detalhadas do rompimento do ensaio de tração CP 3.

Os corpos de prova de classificação CP 4 suportaram uma tensão média de 400 Mpa (Figura 11). O rompimento aconteceu na zona termicamente afetada. Durante a verificação visual, nenhuma anomalia foi detectada nos corpos de prova, descartando a presença de porosidades ou trincas superficiais. A Figura 11 apresenta o gráfico gerado durante os ensaios dos corpos de prova denominados CP 4, o rompimento aconteceu na região da zona termicamente afetada conforme apresentado na Figura 12.

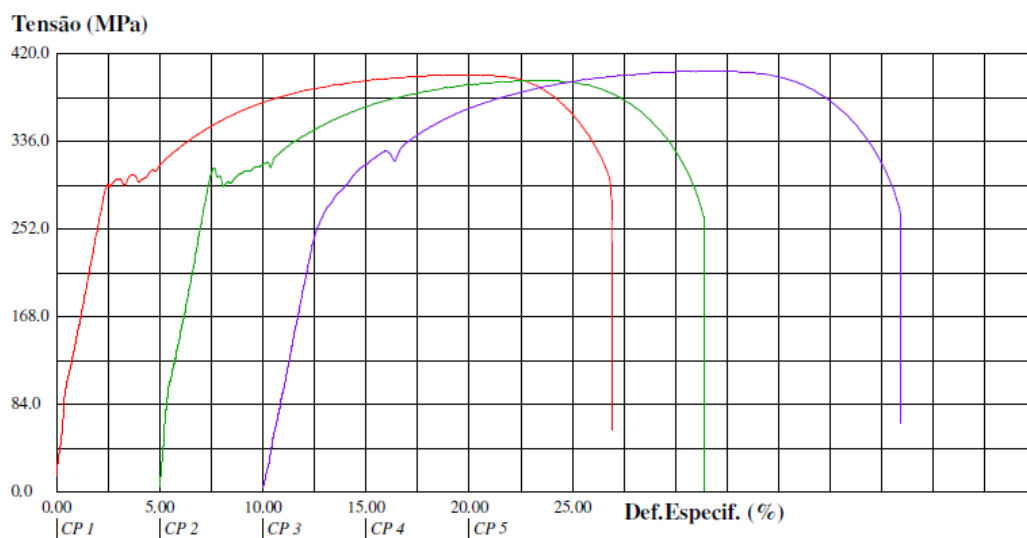


Figura 11. Gráfico tensão deformação dos ensaios realizados CP 4

Na figura 12, é possível perceber uma deformação plástica característica de materiais dúcteis, denominada deformação fibrosa, gerando uma estricção durante o ensaio.

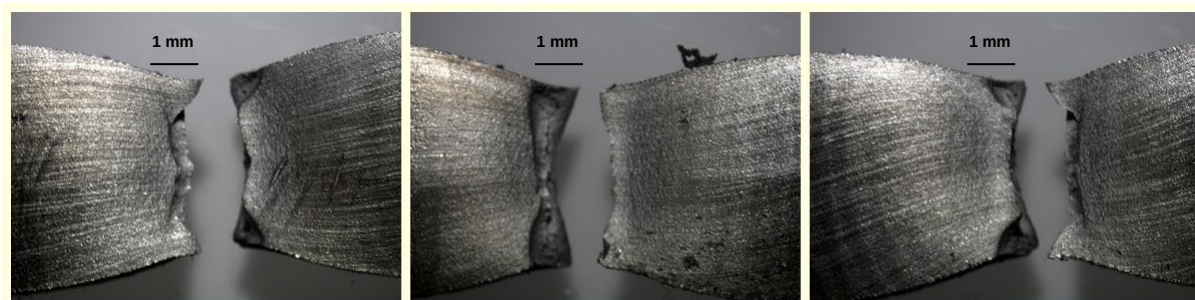


Figura 12. Imagens detalhadas do rompimento do ensaio de tração CP 4.

3.2 Dobramento

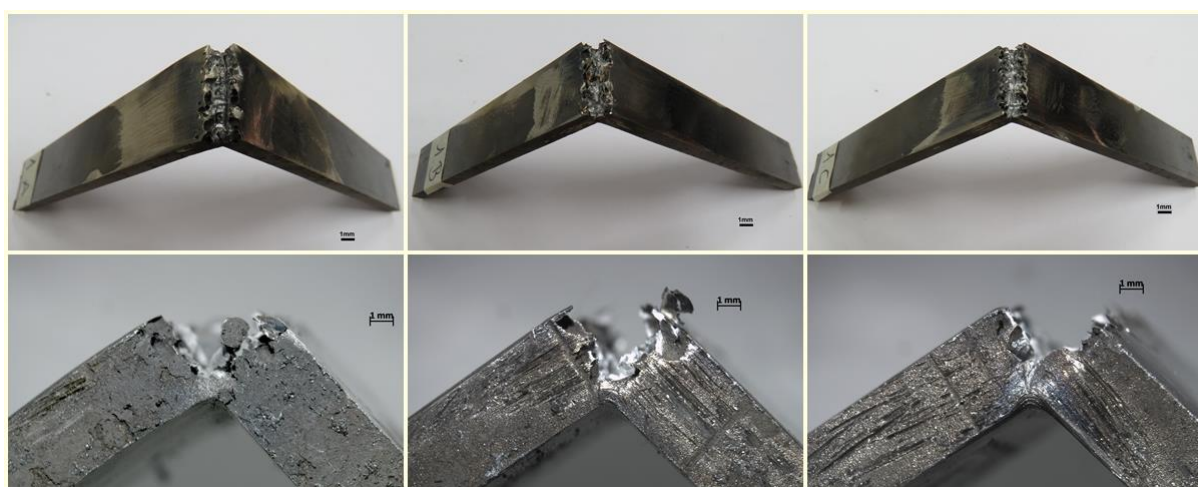


Figura 13. Ensaio de dobramento aplicado no CP 1.

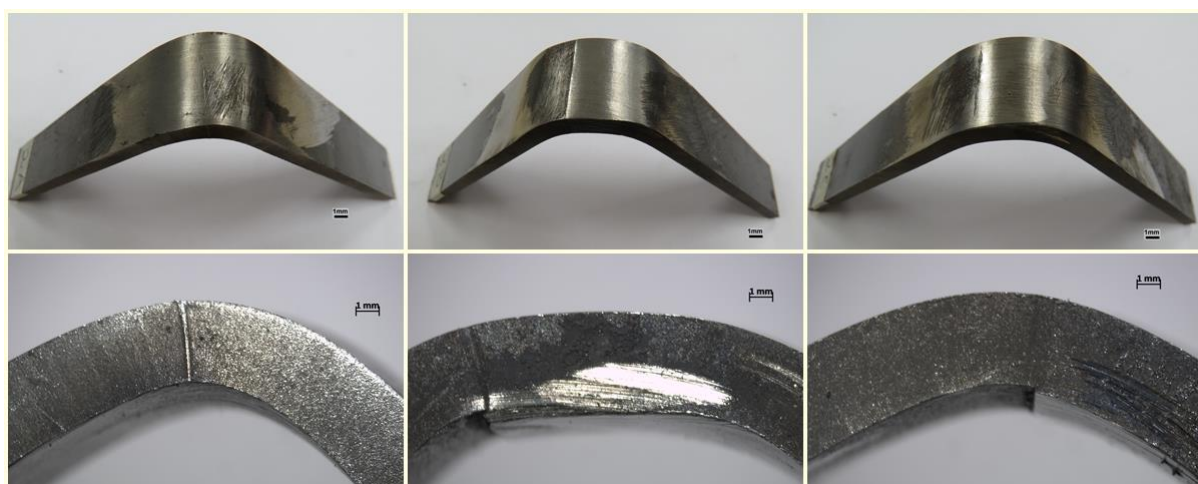


Figura 14. Ensaio de dobramento aplicado no CP 2.

Os corpos de prova 1 (Figura 13) não alcançaram o ângulo de 90° neste ensaio por decorrência da porosidade existente na região da solda possivelmente causada por alguma ventilação ambiente durante a execução da soldagem, gerando um rompimento parcial na região da solda, os corpos de prova 2 (Figura 14) trincaram antes de atingir o ângulo de 90°, devido a possíveis trincas internas (não detectadas na inspeção visual) decorrentes do processo de soldagem.



Figura 15. Ensaio de dobramento aplicado no CP 3.



Figura 16. Ensaio de dobramento aplicado no CP 4.

O CP 3 (Figura 15) e CP 4 (Figura 16) alcançaram o ângulo de 90° neste ensaio, durante inspeção visual após o ensaio, não foram detectadas trincas nos corpos de prova ensaiados.

3.3 Metalografia

Conforme análise, verifica-se a formação de dendritas (Figura 17) na região da ZTA. O que determina um resfriamento rápido da região fundida.

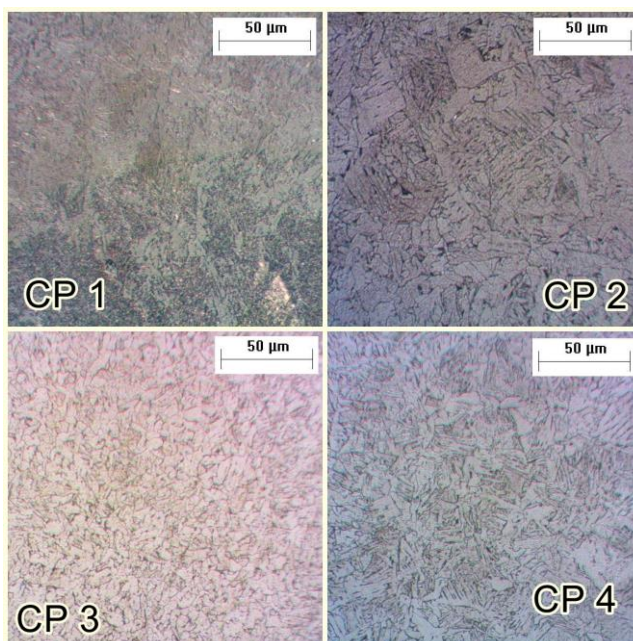


Figura 17. Análise metalográfica na zona termicamente afetada com aumento de 200x

3.4 Dureza

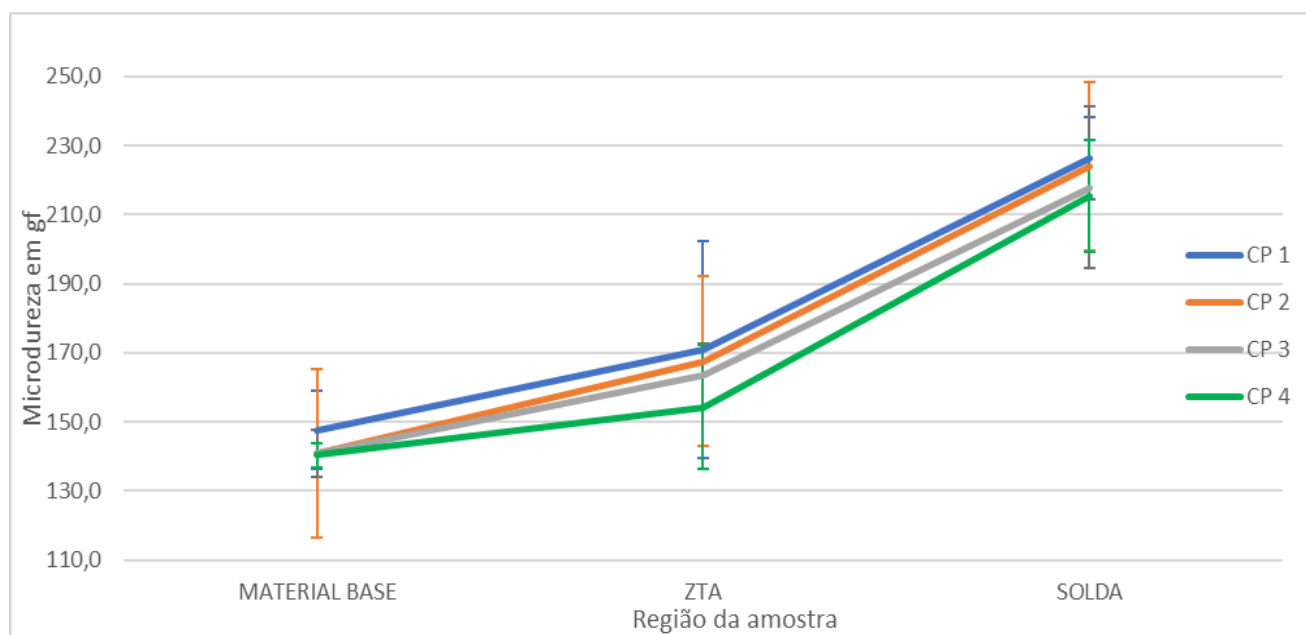


Figura 18. Gráfico representando durezas

Através da análise dos dados obtidos no ensaio (Figura 19), pôde-se verificar que o processo realizado com menor corrente e menor velocidade de soldagem resultou em um maior valor de microdureza na zona termicamente afetada.

A Tabela 3, apresenta todos os valores obtidos no ensaio de microdureza Vickers, suas respectivas médias, desvios padrão e variâncias. O resultado do desvio padrão se mostrou elevado, possivelmente por se tratar de um ensaio extremamente sensível, de possíveis inclusões na região da solda e de alterações ocasionadas pelo calor na zona termicamente afetada.

Tabela 3. Análise de microdureza Vickers

Análise de microdureza Vickers 200gf 10s								Médias			
	MATERIAL BASE								MATERIAL BASE	ZTA	SOLDA
CP 1	157,7	135,5	135,6	148,6	152,4	164,4	139,2	CP 1	147,6	170,8	226,5
CP 2	136,3	148,2	139,5	133,7	143,3	152,7	132,3	CP 2	140,9	167,5	223,9
CP 3	141,5	139,9	153,3	135,1	142,2	131,4	142,4	CP 3	140,8	163,6	217,8
CP 4	137,8	145,5	140	143,5	137,6	135,7	142,3	CP 4	140,3	154,3	215,3
	ZTA								Desvio padrão amostral		
CP 1	170	150,3	183,3	236	159,9	148,3	148,1	CP 1	11,3	31,5	11,9
CP 2	185,5	164,4	171,3	158,6	160,4	170,3	162,3	CP 2	7,6	9,2	24,2
CP 3	150,2	154,6	163,5	178,8	163,5	167	167,4	CP 3	6,9	9,3	23,4
CP 4	148,7	135,9	143,3	187,8	167,7	143,6	153,1	CP 4	3,6	17,8	16,3
	SOLDA								Variância		
CP 1	220,8	221,8	219,8	222,2	250,7	233,4	216,6	CP 1	128,2	994,8	141,5
CP 2	203,8	201,5	202	238,4	217,5	239,7	264,4	CP 2	57,9	85,4	587,7
CP 3	196,6	181,9	230,7	215,2	253,8	219,6	226,7	CP 3	47,2	86,3	548,3
CP 4	191,8	211,3	209,5	229,8	214,9	242,3	207,8	CP 4	12,7	318,1	266,3

4. CONCLUSÕES

Após a realização de todos os testes acima descritos, observou-se que com uma menor corrente e uma menor velocidade de solda (CP 1 e CP 2), um maior endurecimento na solda e na ZTA, tanto na solda realizada em corrente contínua, quanto na solda realizada em corrente pulsada, causando uma menor resistência à tração e à dobra, além de gerar alta porosidade na região soldada, no qual o CP 1 foi o mais afetado, conforme mostrado nas figuras 2 e 7. Enquanto, os experimentos onde foram utilizados maior corrente e maior velocidade de solda (experimentos 3 e 4), apresenta-se um maior refino de grãos, fazendo com que a ZTA possua uma maior tenacidade. Este resultado permitiu que os CP's submetidos ao ensaio de tração, obtivessem maior resistência à tração, alcançando mais de 400Mpa de resistência à tração e dobras sem trincas em ensaio de dobramento.

Foi possível perceber que não houve interferência em relação ao tipo de corrente empregada no processo. Acredita-se que uma maior corrente acompanhada de maior velocidade de soldagem foi o fator determinante para um maior refino de grão, considerando que nos CP 1 e CP 2, onde foram empregados menores valores de corrente e velocidade, resultou em menor aquecimento da peça, causando uma têmpera que elevou o grau de dureza, reduzindo assim sua resistência à tração. Em compensação, nos CP 3 e CP 4 com maior valor de corrente, obteve-se um fenômeno similar ao da normalização, o qual causou um maior refino de grão, que por sua vez, gerou uma maior resistência à tração que por consequência, reduziu o grau de dureza dos CP's.

Os resultados indicam ainda que a propriedade mecânica dureza possui uma correlação negativa alta com a propriedade mecânica resistência à tração, dentro dos padrões ensaiados, portanto, com o aumento da dureza, houve redução da resistência à tração (experimentos 1 e 2, e com a redução da dureza, houve aumento da resistência à tração (experimentos 3 e 4).

É possível, portanto, determinar que, para fins em que o objetivo seja alcançar uma resistência à tração elevada, indica-se o uso de corrente elevada, contudo, se o objetivo for uma dureza elevada, recomenda-se um menor valor de corrente. Tendo em vista os valores utilizados neste experimento.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto Federal de Santa Catarina pelo material fornecido e laboratórios que estiveram à disposição para a realização deste.

6. REFERÊNCIAS

- Souza, A.S., 1996, “Ensaio Mecânicos de Materiais Metálicos”, 5 edição, São Paulo, Brasil, pp. 10-55, pp. 138-193.
- Colpaert, H., 1974, “Metalografia dos Produtos Siderúrgicos Comuns”, 4 edição, São Paulo, Brasil, pp. 26-29, pp. 68 81.
- Mansur, T.R., Filho, N.A., Gomes, P.T.V., Rabello, E.G., Silva, L.L., Scoralick, A., Santos, M.C.V. e Bracarense, A.Q., 2011, “Estudo das tensões residuais em juntas soldadas de materiais dissimilares e determinação dos limites de resistência à fadiga dos metais de base”, Soldagem Insp., Vol. 16, São Paulo, Brasil, pp. 274-284.
- Oliveira, A.S.C.M, Takano, E.H. e Brunetti, C., Drozda, F.O., 2012, “Desafios na proteção de equipamentos: “Re-inventando” revestimentos soldados”, Soldagem Insp., Vol 17, São Paulo, Brasil, pp. 229-235.
- Farias, J.P., Miranda, H.C., Motta, M.F., Paiva, F.D.Q. e Pessoa, E.F., 2005 “Efeito da Soldagem MIG/MAG em Corrente Alternada sobre a Geometria da Solda”, Soldagem Insp., Vol 10, São Paulo, Brasil, pp. 173-181.
- Souza, K.J., Pinha, I. e Rabelo, B., 1996, “Artificial Welding”, Welding Journal, Vol. 124, pp. 980-983, USA.
- Silva, R.J., 1995, “Efeito dos parâmetros de soldagem na Formação do Cordão”, Dissertação (Mestrado), pp. 132, São Paulo, Brasil.
- Wertli, A.G., Reymont, B., 1980, “Dispositivo numa usina de fundição de lingotes para o avanço do lingote fundido”, Revista da Propriedade Industrial, Vol. 527, pp. 17, Rio de Janeiro, Brasil.
- Modenesi, J.P., Costa, M.C.M.S., Santana, I.J. e Berganholi, J.P.P., 2011, “Estudo de alguns parâmetros básicos da soldagem GMAW com transferência por curto-circuito”, Soldagem Insp., pp. 12-21, São Paulo, Brasil.

7. DIREITOS AUTORAIS

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

COBEF2017-0513 - DIFFERENCES IN THE MECHANICAL PROPERTIES OF THERMICALLY AFFECTED ZONES (TAZ) IN ASTM A36 CARBON STEEL PLATES, WELDED WITH CONTINUOUS CURRENT AND WITH PULSED CURRENT

Abstract: On this work It was verified the effect of welding with continuous and pulsed current on the microstructure and on mechanical properties of the ASTM A36 steel. For the deposition of the beads, was used a synergic multiprocess GMAW source called Sigma 500, operating in direct and pulsed current. The variables were the current type and values of 190 A and 270 A for continuous and medium pulsed current, the variation of pulsed current was 25%. The welds were made with solid wire AWS-6 E70S, with diameter of 1.2 mm and mixed gas of Ar 75% / CO₂ 25%, using two voltage levels of 19 V and 32 V for DC. The equivalent pulsed voltage was determined by the equipment, sufficient to melt the required amount of wire provided with the currents used. The plates for the welding of ASTM A36 steel has the dimensions: 4.76 mm thickness, 350 mm width and 500 mm length. The torch angle, welding speed and DBCP were controlled by a welding manipulator. The microstructure, the profile of hardness and morphology of the beads, were characterized. In addition, tensile test and bending test were performed to analyze the mechanical properties of the welds according to the NBR 7438 and NBR 6892. The results showed a microstructure with higher grain refining for the welds made with pulsed current and lower welding energy, obtaining a metal transfer short circuit type. With more weld energy was possible to observe a grain growth due to the heat generated by the spray transfer both when pulsed DC.

Key-words: Welding, ASTM A36 steel, pulsed current, direct current.