



21-25
AGOSTO DE 2016
FORTALEZA - CEARÁ

ESTUDO DA UNIFORMIDADE DO METAL DE SOLDA DEPOSITADO PELO PROCESSO MIG/MAG DUPLO ARAME

Marcelo Degani Prata, marcelodegani22@gmail.com¹

Marcelo Ferreira Motta, marcelof@ufc.br¹

Igor Paulino Fernandes, igor.engmet@outlook.com¹

Hélio Cordeiro de Miranda, hmiranda@ufc.br¹

Cleiton Carvalho e Silva, cleitonufc@yahoo.com.br¹

¹ Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Campus do Pici – Bloco 1080. CEP: 60440-552, Fortaleza. LPTS –Laboratório de Pesquisa e Tecnologia de Soldagem

Resumo: O processo de soldagem MIG/MAG Duplo Arame tem grande importância para a indústria. Ele permite aumentar a eficiência de uma linha de produção, principalmente a produtividade, pois dois eletrodos são depositados ao mesmo tempo de forma independente. O processo pode ser empregado em soldagens de união ou de revestimento. Outra potencialidade do processo é a possibilidade de empregar eletrodos distintos, tanto em geometria, quanto em composição química, depositados simultaneamente sobre a mesma poça fundida. No entanto, há ainda nestas aplicações dúvidas acerca da uniformidade do metal fundido. O objetivo desse trabalho foi analisar essa homogeneidade. Para isso foram empregados eletrodos de aço carbono ferrítico (AWS 5.18 ER80S-D2) e aço inoxidável austenítico (AWS 5.9 ER 307) depositados sobre a mesma poça fundida. Foram mantidos fixos os parâmetros velocidade de soldagem e a quantidade total de material depositado na poça de fusão. Foram variados os parâmetros de velocidade de alimentação do eletrodo e posição da tocha de soldagem. A zona fundida foi analisada por meio de várias técnicas: análise geométrica, diluição e microdureza. Verificou-se uma poça de fusão onde a microestrutura predominante é martensita. Realizados os ensaios, foi possível perceber que a zona fundida é homogênea. Os resultados da microdureza na zona fundida foram compatíveis com a microestrutura encontrada.

Palavras-chave: Soldagem, MIG/MAG, Duplo Arame, Homogeneidade

1. INTRODUÇÃO

O processo MIG/MAG Duplo Arame com potenciais isolados (MIG/MAG-DAPI) se diferencia do MIG/MAG, basicamente, pela presença de dois eletrodos consumíveis gerando dois arcos elétricos independentes que se fundem em uma única poça fundida. Os eletrodos são isolados eletricamente um do outro (MOTTA, 2002). Dentre as características principais da versão com duplo arame pode ser mencionada a possibilidade de atingir elevadas taxas de fusão absolutas, através da utilização de altas densidades de corrente, redução do aporte térmico sobre a peça, em virtude das soldagens com velocidades de deslocamento bem superiores que o MIG/MAG com único arame (GROETELAARS et al., 2005; MOTTA 2002; UHEYAMA et al. 2004). O processo de soldagem MIG/MAG com Duplo Arame é empregado em diversas aplicações de enchimento de juntas e de revestimentos com propósito principal de aumento de produtividade, pois possibilita elevar a taxa de deposição de material em relação ao processo com um arame e assim empregar altas velocidades de soldagem. Outra potencialidade do processo, pouco explorada, é a possibilidade de empregar arames eletrodos com dimensões e composições químicas distintas, depositados simultaneamente em uma mesma poça fundida. Nesta situação, o objetivo é obter um metal de solda com composição química que confira à junta soldada propriedades mecânicas e ou químicas adequadas às aplicações diversas como, por exemplo, que requeiram resistências mecânica, ao desgaste ou à corrosão. Entretanto, nessas aplicações, é importante que se faça a caracterização metalúrgica e mecânica de todo o metal de solda, verificando, por exemplo, microestrutura obtida, perfis de microdureza e também de composição química, com intuito de avaliar a homogeneidade do depósito.

Nesse contexto, o presente trabalho propõe empregar o processo MIG/MAG com Duplo Arame com dois eletrodos de materiais distintos; um eletrodo de aço inoxidável austenítico (ER307) e outro de aço carbono ferrítico (ER 70S-6 revestido com cobre), com o intuito de caracterizar o metal de solda obtido, levantando informações de microestrutura e de microdureza.

1.1. Objetivos

Esse trabalho tem como objetivo avaliar a geometria e realizar caracterizações mecânica e metalúrgica do metal de solda formado pelo processo MIG/MAG Duplo Arame, utilizando aço carbono ferrítico e aço inoxidável austenítico como materiais de adição, com o intuito de verificar a homogeneidade do metal de solda na poça de fusão.

2. METODOLOGIA

O trabalho foi realizado no Laboratório de Pesquisa e Tecnologia em Soldagem da Universidade Federal do Ceará. A seguir serão apresentados os materiais, a metodologia e os equipamentos utilizados no desenvolvimento do trabalho.

2.1. Equipamentos

Serão descritos os equipamentos utilizados nas diferentes etapas do trabalho, são elas: realização das soldagens; preparação das amostras para realização das medições de geometria de junta e microscopia óptica e por fim levantamento da microdureza.

2.1.1. Realização da Soldagem

Para a realização das soldagens foi utilizada uma fonte de soldagem MIG/MAG com Duplo Arame da IMC Soldagem, uma mesa de deslocamento de eixos x-y para deslocamento da tocha e um sistema de aquisição de dados para o duplo arame SAP-4.

2.1.2. Preparação e Caracterização da Geometria das Amostras Soldadas

Depois de soldadas, todas as amostras foram lixadas e polidas. Equipamentos utilizados foram: lixadeira rotativa; politriz; soprador térmico e máquina fotográfica digital. As amostras soldadas foram fotografadas e suas geometrias de juntas medidas. Para a caracterização das microestruturas as amostras polidas foram atacadas durante 40 segundos com o reagente químico Vilella (5 ml de HCL + 1 g de ácido pícrico em 100 ml de álcool etílico (95%)). E em seguida as amostras foram observadas no microscópio ótico ZEISS Observer.Z1m.

2.1.3. Análise de Microdureza.

Por fim, as seções transversais das soldas foram submetidas aos ensaios de microdureza no microdurômetro da Shimadzu.

2.2. Material de Consumo

Os consumíveis empregados no trabalho foram:

- Eletrodo de Aço Carbono: o eletrodo utilizado foi o ER 70S-6 revestido com cobre, e de acordo com a norma AWS A5.18, tem a seguinte composição química, em porcentagem de peso: Carbono: 0,08 % ; Silício: 0,9 % ; Manganês: 1,5 %.
- Eletrodo de Aço Inoxidável: foi utilizado o eletrodo revestido ER307, de acordo com a norma AWS A5.9 tem a seguinte composição química em porcentagem de peso: Carbono: 0,08 % ; Manganês: 7 % ; Níquel: 9 % ; Cromo: 19,2 % ; Silício: 0,9 %.
- O metal de base é um aço ASTM A36, de acordo com a norma ASTM-A36, tem a seguinte composição química em peso: Carbono: 0,26 % ; Silício: 0,28 % ; Fósforo: 0,04 % ; Cobre: 0,2% ; Enxofre: 0,05 %.
- O gás de proteção foi o Argônio com 25% de CO₂ com 35 l/min de vazão.

2.3. Métodos

2.3.1. Determinação das Condições Estáveis de Soldagem

O estudo foi realizado variando-se as proporções de cada arame, porém mantendo-se a soma das duas velocidades de arames sempre constante. Optou-se por trabalhar com a fonte no modo tensão constante e transferência por curto circuito. Para se determinar a condição mais estável de soldagem a ser utilizada nos ensaios, para cada velocidade de

alimentação selecionada, o procedimento consistiu em: uma vez selecionada a velocidade de alimentação de arame, variou-se a tensão de soldagem até que, por meio das aquisições e tratamento de sinais, se identificasse a combinação de parâmetro (velocidade de alimentação e tensão de soldagem) que resultasse em menores valores de desvio padrão de tensão. Em cada solda feita, a aquisição dos dados só começava depois que o arco era estabilizado. Cada aquisição teve a duração de cinco segundos. Parâmetros que são fixos em todas as condições de soldagem: DBCP (distância do bico de contato para a peça) = 20 mm e velocidade de soldagem = 350 mm/min.

A Tabela 1 indica as condições de soldagem mais estáveis encontradas para a realização dos ensaios.

Tabela 1 – Parâmetros escolhidos para a soldagem

Velocidade de Alimentação	Aço Carbono	Aço Inox
4 m/min	U=19 v	U=19 v
5 m/min	U=21 v	U=20 v
6 m/min	U=24 v	U=22 v

2.3.2. Estudo dos Efeitos da Posição e Proporção dos Eletrodos nas Propriedades Mecânicas e Metalúrgicas do Metal de Solda

As soldas foram feitas mantendo constante a quantidade total de arame depositado no metal de solda, assim a velocidade de alimentação total era sempre 10 m/min. Os arames variaram entre 4 m/min e 6 m/min. Os ensaios foram divididos em duas investigações. Na parte ‘a’, o eletrodo de aço carbono se manteve à frente do aço inoxidável e o objetivo era observar as condições geradas com os eletrodos na posição um atrás do outro (configuração Tandem), os dois lado a lado e a 45°. Na parte ‘b’ foi realizada uma alternância na disposição dos eletrodos. Foram realizados ensaios ora com o eletrodo de aço inoxidável a frente, ora com o de aço carbono. Dessa forma houve, uma alternância na disposição dos eletrodos na soldagem na configuração Tandem. O objetivo era verificar se essa inversão dos materiais implicaria em alguma alteração na geometria e na microdureza dos metais de solda. A Figura 01 faz uma ilustração do posicionamentos dos eletrodos.

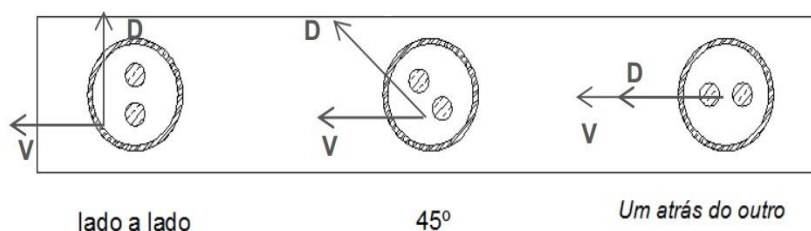


Figura 1 - Posicionamento dos Eletrodos. Onde: V - direção velocidade de soldagem; D - direção da posição dos eletrodos.

A Tabela 2 apresenta as combinações dos ensaios realizados na parte ‘a’ descrita. O estudo foi feito com um arranjo fatorial completo, sendo as variáveis de entrada: a proporção e a posição dos eletrodos, divididos em 3 níveis. Cada cordão de solda foi feito duas vezes com o mesmo parâmetro, e são apresentados na mesma Tab. 2.

Tabela 2 - Tipos de Proporção e Posição dos Eletrodos

Variáveis de entrada		Níveis
Proporção		1 – 40% Aço Carbono / 60% Aço Inox
		2 – 50% Aço Carbono / 50% Aço Inox
		3 – 60% Aço Carbono / 40% Aço Inox
Posição		1 – Lado a Lado
		2 – Um de frente para o outro
		3 – Posição a 45°
Ensaio	Proporção	Posição
1	1	1
2	2	1
3	3	1
4	1	2
5	2	2
6	3	2
7	1	3

8	2	3
9	3	3

A Tabela 03 apresenta as condições exploradas na parte 'b', na qual se estudou as diferentes proporções de arames variando a disposição em Tandem. Na Tabela 03, é possível observar que os ensaios 4,5 e 6 são os mesmos da parte 'a', com o aço carbono na frente do aço inox.

Tabela 03 - Posicionamento dos eletrodos um de frente para o outro (configuração Tandem)

Fatores		Níveis
Proporção		1 – 40% Aço Carbono / 60% Aço Inox
		2 – 50% Aço Carbono / 50% Aço Inox
		3 – 60% Aço Carbono / 40% Aço Inox
Disposição em tandem dos eletrodos		1 – Aço Carbono na frente / Aço Inox atrás
		2 – Aço Inox na frente / Aço Carbono atrás
Ensaio	Proporção	Posição
4	1	1
5	2	1
6	3	1
10	1	2
11	2	2
12	3	2

2.3.3. Ensaios de Microdureza Vickers

Os ensaios foram realizados no Laboratório de Caracterização de Materiais da UFC com um microdurômetro. A carga aplicada foi de 0,1 kgf (980,7 mN) com tempo de penetração de 10 segundos. Seguindo a norma ASTM E-384. Os ensaios foram feitos em 3 colunas, com seis linhas cada. Uma linha na ZAC, duas linhas na ZF localizada no metal base e três linhas na ZF do reforço. A Figura 02 mostra as regiões onde foram feitos os ensaios nos cordões de solda.

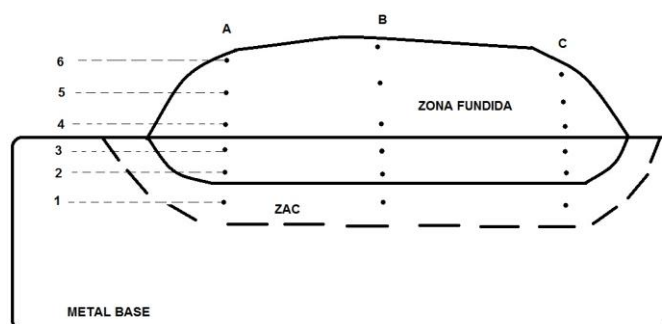


Figura 02- Regiões onde foram feitos testes de microdureza

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Determinação da Energia de Soldagem

A Equação (1) indica como foi calculada a energia de soldagem:

$$E = \frac{(U1 \times I1) + (U2 \times I2)}{V_s} \quad (1)$$

Onde: U1 = Tensão da fonte 01 (Aço Inox) (volts) ; I1 = Corrente da fonte 01 (Aço Inox) (amperes) ; U2 = Tensão da fonte 02 (Aço Carbono) (volts) ; I2 = Corrente da fonte 02 (Aço Carbono) (amperes) ; Vs = Velocidade de soldagem (mm/s).

Os valores das energias são apresentados na Tab. 04. É possível perceber que a energia teve pouca variação nas condições de soldagem, o que mostra que a energia imposta, bem como o volume de material depositado foi semelhante em todas as condições ensaiadas, o que permitirá a comparação dos resultados bem como a discussão confiável dos mesmos.

Tabela 04 - Valores da Energia de Soldagem

Peça	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Energia (kJ/mm)	1,06	1,18	1,16	1,1	1,11	1,17	1,07	1,07	1,16	1,07	1,13	1,16

3.2. Geometria dos Cordões de Solda da Parte “A”

As medidas realizadas em todos os cordões de solda da parte “A” estão apresentadas na Tab. 05. Foi medido: reforço, largura, ângulo de molhamento, diluição e penetração média. A posição um atrás do outro obteve menores valores de diluição, pois nessa posição apenas um dos arcos, o correspondente ao do primeiro arame, incide sobre o metal de base, enquanto que o arco do segundo arame incide sobre metal depositado pelo arco da frente, desse modo, a parcela de energia direcionada para fundir o metal de base é menor do que nas demais posições (lado a lado e 45°), nas quais os arcos incidem sobre o substrato.

A posição lado a lado tem as maiores larguras, menores ângulos de molhamento e menores reforços, pois, nesse caso, os dois arcos são abertos sobre o metal de base, acredita-se que a pressão do arco e o movimento resultante da transferência metálica das gotas também contribuam para molhabilidade da poça, resultando em cordões mais largos.

3.2.1. Análise de Variância para os Valores da Geometria da Parte “A”

Uma análise de variância foi aplicada aos valores medidos da geometria dos cordões de solda, apresentados na Tab. 05. Os índices de significância estão apresentados na Tab. 06, referentes aos ensaios da parte ‘a’. Valores inferiores a 0,05 significam efeitos significativos do fator considerado na variável de resposta. A Figura 03 mostra os gráficos dos valores que foram estatisticamente significantes com a variação as posições dos eletrodos. A Figura 04 mostra os dos valores que foram estatisticamente significantes com a variação da proporção dos eletrodos.

Tabela 05- Valores Dimensionais dos Cordões de Solda Parte A

Peça	Reforço (mm)	Largura (mm)	Ângulo (graus)	Área Total (mm ²)	Área Metal Base (mm ²)	Diluição (%)	Média Penetração
1	3,85	13,75	39	39,8	9,15	22,9	1,1
1B	3,64	14,53	34	43,6	12	27,5	1,39
2	3,5	14,95	38	44,1	13,6	30,8	1,46
2B	3,77	14,61	37	42,8	10,2	23,8	1,2
3	3,59	14,47	33,7	45,2	12,9	28,5	1,33
3B	3,48	15,76	33	43,7	11,7	26,7	1,11
4	4,09	9,9	63,3	32,8	5,77	17,5	1,35
4B	4,43	10,1	61	35,81	5,11	14,2	1,24
5	4,34	10,27	74	38,3	5,7	14,8	1,52
5B	4,19	11,67	77	39,66	4,96	12,5	1,1
6	4,08	10,72	59	39,6	9,02	22,7	1,82
6B	3,94	10,95	61	38,65	8,85	22,9	2,12
7	4,06	12,32	56	41	8,77	21,3	0,99
7B	3,96	13,94	55	43,08	9,68	22,4	1,15
8	3,96	12,86	39	42,8	10,2	23,8	1,32
8B	3,92	13,64	38	45,5	11,8	25,9	1,44
9	4,03	12,69	59	43,7	10,8	24,7	1,28
9B	3,52	14,65	40	46,2	14,9	32,2	1,43

Tabela 06 - Análise das dimensões geométricas da parte A variando a proporção e posição dos eletrodos

	Quando valor for menor que 0,05 a variável é estatisticamente significativa				
	Reforço	Largura	Ângulo	Diluição	Média Penetração
Posição	0,001686	0,000031	0,000006	0,000805	0,045531
Proporção	0,112835	0,264813	0,396288	0,024963	0,036842

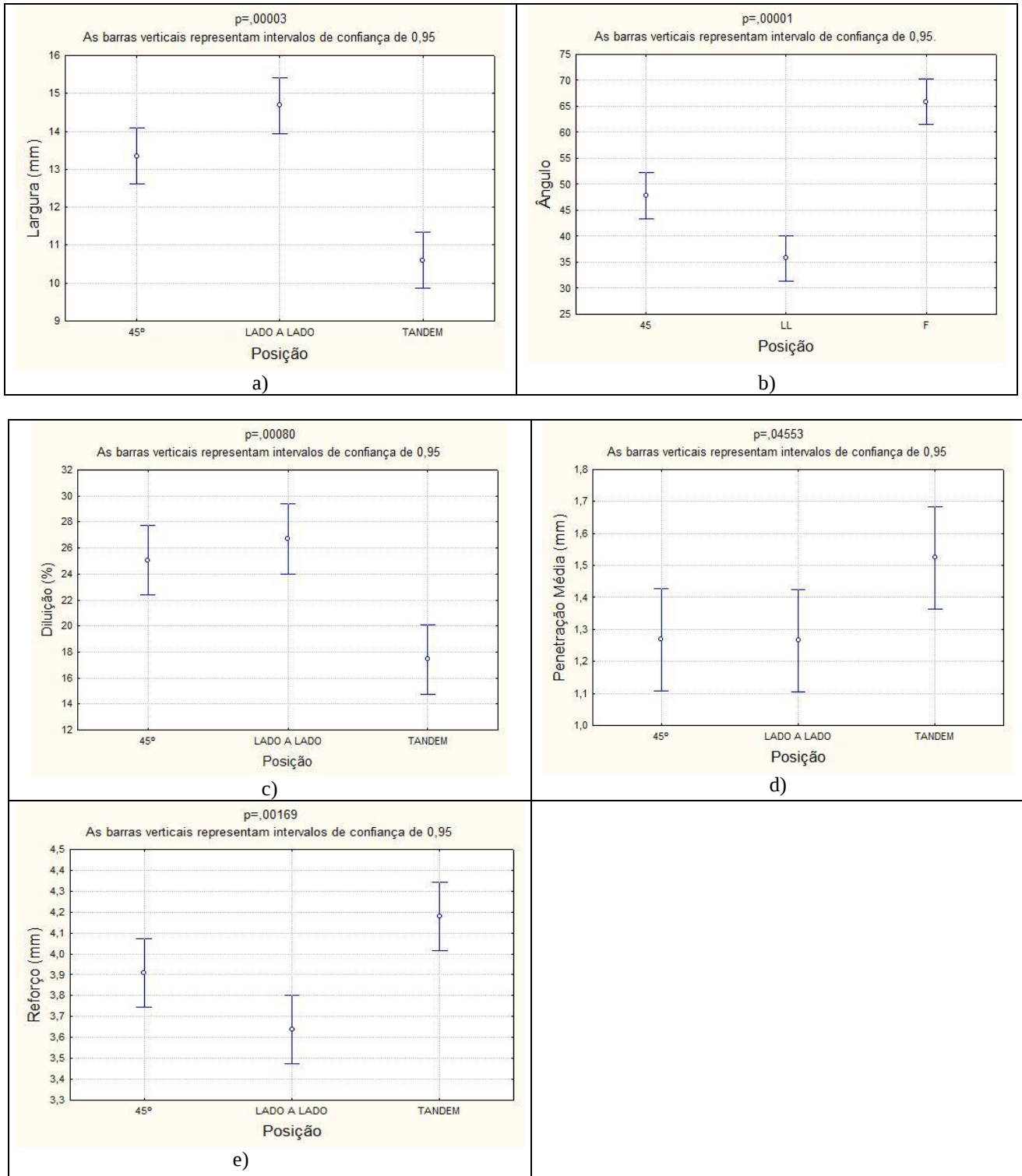


Figura 03 – Gráficos da Análise de Variância para. a) Largura. b) Ângulo. c) Diluição. d) Penetração. e) Reforço

Observando os gráficos da análise de variância, para as variáveis reforço, largura e ângulo, percebe-se que para a soldagem com os eletrodos posicionados lado a lado, os cordões de solda apresentaram menor reforço, maior largura e menor o ângulo de molhamento, em relação às condições a 45° e “Tandem”. Com os arcos posicionado a 45° e lado a lado, ambos tendem a abrir mais diretamente sobre o metal base, ao contrário da configuração Tandem, na qual o arco a frente tende a abrir no metal base e o posterior, incide predominantemente sobre a poça fundida, que tende causar o efeito almofada. Desta forma, na condição lado a lado, os cordões tendem a ser mais largos, menos convexas, (menor ângulo de molhamento) e apresentarem maior diluição em relação ao posicionamento 45° e Tandem, nessa ordem. O mesmo efeito estatisticamente significativo não foi observado para largura, reforço e ângulo de molhamento, ao analisar

o efeito do fator proporção relativa dos eletrodos. Resultado já esperado, pois a quantidade final de material depositado na poça é sempre o mesmo. Quanto a proporção, os efeitos foram estatisticamente significativos para a diluição e penetração. Ambas aumentaram com o crescimento do percentual de aço carbono na mistura, como pode ser observado nos gráficos da Fig. 4a) e Fig 4b).

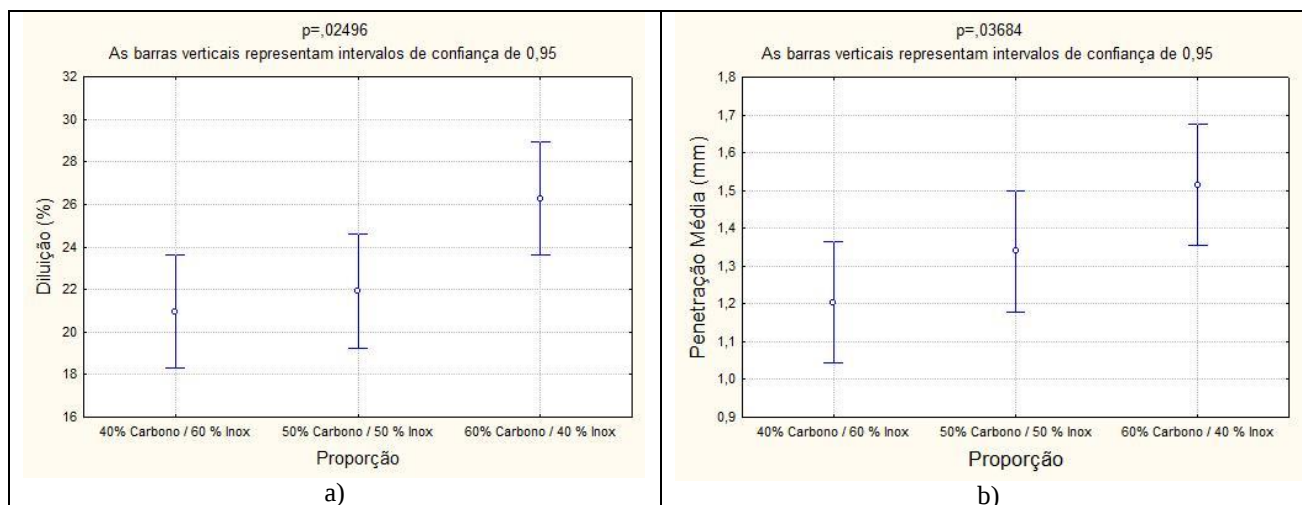


Figura 04 – Gráfico das Análises de Variância para: a) Diluição e b) Penetração.

Esse comportamento pode estar associado à uma maior fluidez da poça fundida para proporções maiores de aço carbono, relativamente ao aço inoxidável. Uma poça fundida mais fluida poderia, quando sob a ação dos arcos voltaicos, ser projetada mais facilmente para a região posterior dos arcos, facilitando assim uma ação mais efetiva dos arcos voltaicos sobre o metal base, resultando em maiores valores de diluição e penetração. Percentuais maiores de aço inoxidável na mistura, poderiam estar resultando em uma poça mais viscosa, com menor fluidez, permanecendo sob os arcos e minimizando os efeitos destes sobre o metal base.

3.3. Análise Geométrica da Parte B

As fotos da Fig 05 apresentam os cordões de solda realizados com o eletrodo de aço inoxidável posicionado a frente (parte 'b'). Como pode ser observado nas fotos da Fig. 06, cordões de solda mais uniformes foram obtidos com os eletrodos de aço carbono a frente. As condições de soldagem eram as mesmas, invertia-se apenas a disposição dos eletrodos. Observou-se durante as soldagem que quando o aço inoxidável estava à frente, não ocorria a formação de uma poça com dimensões estáveis. Percebia-se claramente a menor molhabilidade da poça fundida e a dificuldade para a formação de um cordão de solda uniforme. Devido a essa não uniformidade dos cordões de solda, não foi possível avaliar e comparar quantitativamente a geometria dos cordões de solda da parte b do trabalho. Portanto não é possível realizar as medidas geométricas e, conseqüentemente, a análise de variância para a parte 'b'.



Figura 05 – Cordões de Solda da Parte B, com Aço Inox na Frente do Aço Carbono

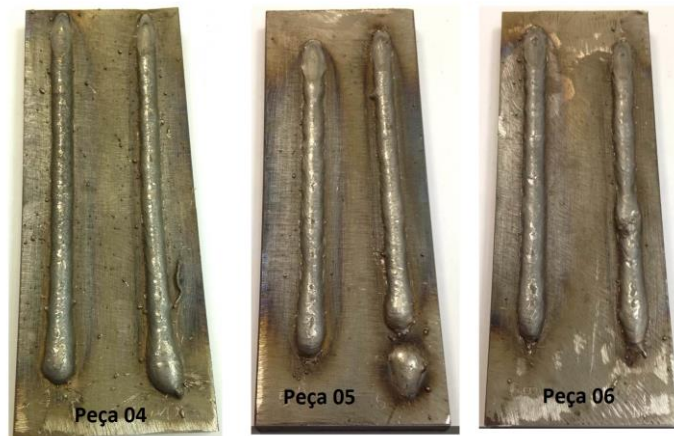


Figura 06 - Cordões de Solda da Parte A, com Aço Carbono na Frente do Aço Inox.

3.4. Caracterização Metalúrgica

A mistura de um eletrodo de aço carbono ferrítico, não temperável, com um eletrodo de aço inoxidável austenítico, também não temperável resultou em uma nova liga, com estrutura martensítica, de elevada dureza. A Figura 07 mostra a microestrutura da zona fundida, onde pode se constatar a microestrutura martensítica predominado em toda a seção. Os motivos para o acontecimento são listados abaixo:

- O Aço Inoxidável 307 não é temperável, pois níquel estabiliza a austenita na temperatura ambiente, evitando a transformação $\alpha \rightarrow \gamma$, que possibilita a transformação martensítica.
- O Aço Carbono tem baixo carbono e nenhum elemento de liga, de forma que a sua temperabilidade é muito baixa.
- Na mistura o níquel presente não é suficiente para estabilizar a austenita e a presença do próprio níquel mais o cromo em teores elevados (tanto de níquel como de cromo) produz um aço de elevada temperabilidade, pois o níquel e o cromo deslocam a curva do TTT e TRC desse novo aço para a direita.

Como consequência: em todas as condições de soldagem foi encontrado, predominantemente, martensita.



Figura 07 - Martensita gerada na ZF da Peça 04. Zoom de 100x

3.5. Análise da Microdureza

Foi feito o ensaio de microdureza nas peças 1, 2 e 3, pois essas apresentavam uma condição na qual os eletrodos estavam posicionados lado a lado. Escolheu-se a posição lado a lado para a realização dos ensaios de microdureza por se considerar que essa é mais crítica para se obter a homogeneização da zona fundida. A Tabela 07 mostra os resultados dos ensaios de microdureza e a Fig. 08 mostra os gráficos da microdureza. Percebe-se um aumento significativo da dureza do ponto 1 para o 2, mantendo-se, a partir daí constante com valores na faixa de 400 HV, indicativos de uma fase de elevada dureza e que se estende ao longo da seção do cordão de solda.

Tabela 07 - Resultados dos Ensaios de Microdureza

	PEÇA 01					PEÇA 02				PEÇA 03		
	Linha	A (HV)	B (HV)	C (HV)		A (HV)	B (HV)	C (HV)		A (HV)	B (HV)	C (HV)
ZAC	1	249	201	320		217	199	247		221	192	183
ZF	2	312	380	344		425	429	423		457	428	388
	3	365	361	360		416	469	424		414	443	444
	4	390	390	422		313	432	470		451	428	429
	5	391	409	399		409	433	447		434	427	388
	6	287	417	360		434	434	427		439	466	387

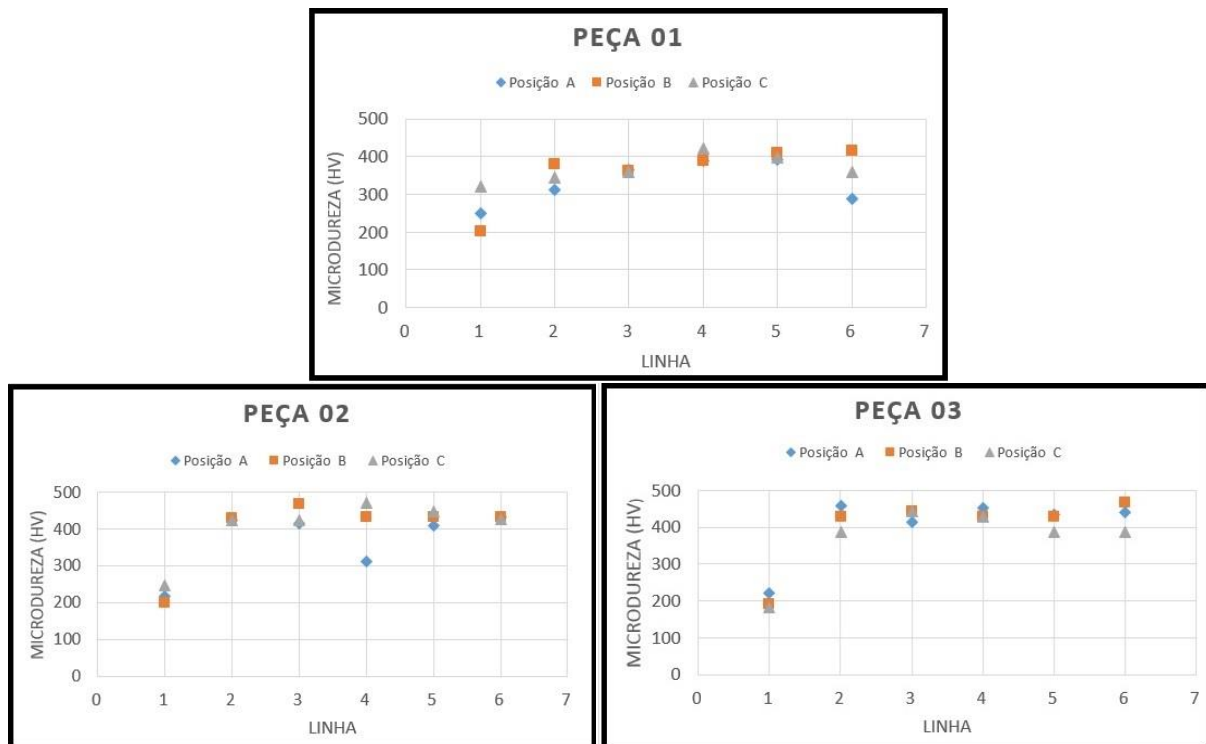


Figura 08 – Gráficos com os resultados dos ensaios de microdureza nas peças 01, 02 e 03.

Apesar de todas as microestruturas terem sido martensita, a peça 01 teve níveis de microdureza um pouco menores que as peças 02 e 03. A condição de soldagem da peça 01 foi a posição lado a lado com 40% de aço carbono e 60% de aço inoxidável. Essa menor dureza identificada pode estar relacionada a quantidade de carbono presente no cordão de solda. A quantidade de carbono presente no eletrodo de aço inoxidável e no eletrodo de aço carbono é a mesma, 0,08%. Porém o metal base tem maior quantidade de carbono, 0,26%. É sabido que a dureza da martensita está diretamente relacionada com a quantidade de carbono presente. Percebe-se que a peça 01 teve menor diluição se comparada com as peças 02 e 03. Logo, a peça 01, que teve menor diluição, misturou-se menos com o metal base e, consequentemente, a quantidade de carbono permaneceu baixa, gerando uma peça com microdureza menor.

4. CONCLUSÃO

Com base nos resultados dos ensaios e dos testes realizados na zona fundida do processo MIG/MAG duplo arame, na soldagem com eletrodos de aço inoxidável ER 307 e aço carbono ER 70S-6 é possível concluir que:

- ✓ A posição dos eletrodos (Tandem, 45° e lado a lado) influenciam os valores geométricos da largura, reforço e ângulo de molhamento, diluição e penetração.
 - a) A posição lado a lado gera um cordão de solda com maior largura, menor reforço e menor ângulo de molhamento.
 - b) A posição Tandem gera um metal de solda com menor largura, porém o reforço e o ângulo de molhamento são maiores.
 - c) Para as variáveis de diluição e penetração foi constatado que a posição lado a lado gera uma maior diluição e posição Tandem gera uma maior penetração.

- ✓ A proporção não influencia a geometria do cordão de solda quando a energia e o volume de material depositado são mantidos constantes. Porém para maiores volumes de aço carbono depositados na poça de fusão, a penetração e a diluição são maiores, provavelmente devido a maior fluidez do aço carbono.
- ✓ A mistura de um aço inoxidável austenítico com um aço carbono ferrítico forma um aço liga martensítico.
- ✓ A microdureza foi menor na peça 01, pois continha menores quantidades de carbono.
- ✓ A zona fundida pode ser considerada homogênea com a mistura dos eletrodos dissimilares, considerando a microestrutura e microdureza encontradas.

5. REFERÊNCIAS

- ASTM E 384-99: Standard Test Method for Microindentation Hardness of Materials. United States, 2002.
- GROETELAARS, P. J.; Influência da variação de parâmetros de soldagem sobre a transferência metálica e perfil do cordão de solda no processo MIG/MAG duplo arame. Dissertação de Mestrado, UFU, Uberlândia, 2005.
- MOTTA, M. F. Aplicação do Processo MIG/MAG Pulsado com Duplo Arame e Potenciais Isolados em Operações de Revestimento. Tese de Doutorado, UFSC, Florianópolis, SC, 2002.
- UEYAMA T.; OHNAWA T.; TANAKA M.; NAKATA K.; Effects of torch configuration and welding current on weld bead formation in high speed tandem pulsed gas metal arc welding of steel sheets. Science and Technology of Welding and Joining. Vol. 10, nº6. 2005.

6. RESPONSABILIDADE AUTURAL

Os autores Marcelo Degani Prata, Marcelo Ferreira Motta, Igor Paulino Fernandes, Hélio Cordeiro de Miranda e Cleiton Carvalho e Silva são os únicos responsáveis pelo conteúdo desse trabalho.

STUDY OF WELD METAL UNIFORMITY DEPOSITED THE PROCESS MIG / MAG DOUBLE WIRE

Marcelo Degani Prata, marcelodegani22@gmail.com¹

Marcelo Ferreira Motta, marcelof@ufc.br¹

Igor Paulino Fernandes, igor.engmet@outlook.com¹

Hélio Cordeiro de Miranda, hmiranda@ufc.br¹

Cleiton Carvalho e Silva, cleitonufc@yahoo.com.br¹

¹ Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Campus do Pici –Bloco 1080. CEP: 60440-552, Fortaleza. LPTS – Laboratório de Pesquisa e Tecnologia em Soldagem.

Abstract: The welding process MIG / MAG double wire is of great importance for the industry. It allows increasing efficiency of a production line, particularly the productivity, when two electrodes are deposited at the same time independently. The process can be used in weldments joining or coating. Another potentiality of the process is the possibility to employ separate electrodes, both in geometry and in chemical composition, deposited simultaneously on the same weld pool. However, there are still applications in these questions about uniformity of the weld pool. The objective of this study was to analyze this homogeneity. To this were steel used electrodes ferritic carbon (AWS 5:18 ER80S-D2) and austenitic stainless steel (AWS 5.9 ER 307) deposited on the same weld pool. They were kept fixed speed welding parameters and the total amount of material deposited in the weld pool. They were varied the electrode feed speed parameters and welding torch position. The fused zone was analyzed using several techniques: geometric analysis, dilution and microhardness. There was a weld pool where the predominant microstructure is martensitic. Conducted the tests, it was revealed that the weld zone is homogeneous. The microhardness of the weld pool results were found compatible with the microstructure

Keywords: MIG/MAG, Double Wire, Weld, Homogeneous