



Influência da posição de soldagem na geometria do cordão de solda utilizando o processo de TIG – Pulsado

Pedro Henrique Sales da Costa¹, Lázaro Batista Candido², Celina Leal Mendes da Silva³

¹Tecnologia em Fabricação Mecânica - IFRN. Bolsistas do CNPq. e-mail: salespedro88@hotmail.com

²Tecnologia em Fabricação Mecânica - IFRN. e-mail: lazaro.batista@live.com

³Professora do DIACIN - IFRN. e-mail: celoca23@yahoo.com.br

Resumo: Este trabalho constitui-se em parte integrante de uma linha de pesquisa que busca avaliar o comportamento dos parâmetros geométricos do cordão de solda, nos processos a arco voltaico, soldando fora da posição plana em diversas condições de soldagem. Diante disso, o mesmo utilizou o processo TIG na técnica Pulsada para avaliar a influência da posição de soldagem na geometria do cordão de solda. As soldagens, de simples deposição nas três posições (plana, horizontal e sobre cabeça), em corpos de prova de alumínio, para evitar distribuição térmica diferenciada entre soldagens, todos os corpos de provas para cada ensaio apresentaram as mesmas dimensões. Os ensaios foram realizados em uma bancada automatizada, empregando-se uma fonte de soldagem eletrônica. Os parâmetros de soldagem foram coletados por um sistema de aquisição e processamento de dados denominado SAP. Os resultados foram avaliados pelo método estatístico de análise de variância (ANOVA) e indicaram que a posição de soldagem influencia na geometria da solda.

Palavras-chave: Alumínio, Posição de soldagem, TIG

1. INTRODUÇÃO

O alumínio é um metal não-ferroso que, depois do aço, é o mais usado na indústria atualmente. Tornando-se sua utilização economicamente viável, em 1892, quando se descobriu finalmente, o processo para separar o alumínio da alumina (um composto de alumínio e oxigênio) (CESMAC, 2011). Devido o fato de possuir características como leveza, resistência a corrosão, ótima usinabilidade, ele vem sendo muito utilizado tanto em produtos de baixo valor tecnológico como os de altos valores (indústria aeroespacial). Contudo, devido esse metal possuir uma camada superficial de óxidos tenaz, aderente, impermeável, fundindo-se à 2052°C (cerca de três vezes a temperatura de fusão do alumínio) (ALCAN, 2003), o processo de soldagem neste material se torna difícil, sendo necessário escolher com critério o tipo de processo de soldagem, entre estes temos o TIG.

O processo TIG pode ser utilizado em todas as posições de soldagem, porém ajustes no procedimento e na técnica podem ser necessários. Nas posições de soldagem, onde a gravidade torna o controle da poça de solda mais difícil, níveis de correntes um pouco mais baixos são preferíveis. Na posição vertical a soldagem deve ser conduzida de baixo para cima para evitar que o metal escorra antes de solidificar-se (ALCAN, 2003). Já na posição plana é onde se obtém a maior deposição do material (quando não é autógeno) devido à força gravitacional atuar de forma positiva no processo, na literatura é dito que vários fatores alteram a geometria do cordão de solda. Como exemplo o pré-aquecimento usado no material de base, reduzindo assim a taxa de condutividade do calor no material base e diminuindo também a taxa de resfriamento do mesmo não influenciando as propriedades e características na geometria do cordão de solda (LIMA, 2004).

Por isso, resolveu-se avaliar a influência da posição de soldagem nos parâmetros geométricos do cordão de solda. Soldando a liga AA5052 com o processo TIG autógeno (eliminando a influência do tipo de transferência metálica). Como fixar os demais parâmetros de soldagem podendo assim se certificar que as mudanças encontradas foram frutos das mudanças das posições.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para atingir os objetivos, foi proposta uma metodologia baseada na análise comparativa do efeito da posição de soldagem na geometria da solda. As posições escolhidas foram plana, horizontal e sobre cabeça razão pela qual a bancada para realização dos testes teve um suporte de fixação para estas posições (FERNANDES, 2010). Esta bancada (Figura 1), totalmente automatizada (para garantir repetibilidades) é composta pelos seguintes componentes.

- ☛ Fonte eletrônica (Figura 1-a), ajustável no processo TIG;
- ☛ Tocha de soldagem do tipo convencional;
- ☛ Equipamento de soldagem automatizado (Figura 1-b), que é comandada por um programa computacional, que sincroniza os movimentos da tocha de soldagem com o acionamento da fonte eletrônica de soldagem. As posições delimitadas (abertura e fechamento do arco resultado no comprimento do cordão igual comprimento de 140 mm) e a velocidade de soldagem ajustada no programa definem o comprimento de cada cordão, garantindo-se a realização dos testes com cordões de solda com comprimentos desejados e sempre iguais;
- ☛ Dispositivo de fixação (Figura 1-c) da placa-teste, adaptável a essa mesa;
- ☛ Sistema de Aquisição Portátil (Figura 1-d), para trabalhar a uma frequência de 10 kHz por canal e em 12 bits em um tempo de 5 s, adquirindo os valores médios de corrente (I_m), tensão (U) (teve-se o cuidado de realizar as aquisições num mesmo trecho do cordão de solda).



Figura 1. Bancada de soldagem. (a) Fonte eletrônica. (b) Equipamento de soldagem automatizado. (c) Dispositivo de fixação. (d) Sistema de Aquisição Portátil.

As soldagens foram realizadas em corrente alternada com pulsação de pico de 155 A em um tempo de 17 ms enquanto a base foi de 175, a tocha foi posicionada de forma perpendicular ao cordão e solda. Os corpos de prova foram de liga de alumínio AA5052, de dimensões 200 x 19,35 x 3,2mm. Utilizou-se o arame de tungstênio puro, de 2,4 mm de diâmetro, e afiação de 45°, sendo afiado para cada corpo de prova e a uma distância bico de contato-peça (DBCP) igual a 3,2 mm. Para esse eletrodo foi utilizado um bocal de número 8. O gás utilizado como proteção foi argônio, a uma vazão 18 l/min.

A Tabela 1 mostra os fatores e níveis do planejamento experimental. Foram realizadas 3 combinações de parâmetros, cada uma com 3 repetições, totalizando 9 testes. Onde $I_{M,efic}$ é a Corrente Média Eficaz e V_s é a Velocidade de soldagem.

Tabela 1 - Fatores e níveis para o planejamento experimental

Variáveis	Nível 1	Nível 2	Nível 3
Posição de soldagem	Plana (PL)	Horizontal (HO)	Sobrecabeça (SC)
Cond. Sol. $I_{M,efic}/V_s$ (A.cm/min)	155/75	155/75	155/75

Depois de concluída a etapa da soldagem, iniciou o preparo para realização da macrografia. Primeiramente cortando e descartados as extremidades dos corpos de prova (CP) através da serra manual, para possibilitar que o mesmo coubesse na máquina de corte automático. Em seguida na máquina, foram realizados dois cortes a uma distância de 45 mm do centro do cordão, esses pontos foram escolhidos por estarem na parte estável do cordão de solda. Para efetuar as medições de Largura (L) e Penetração (P) foram usadas as faces das sessões 1, 2 e 3 conforme mostrado na Figura 2.

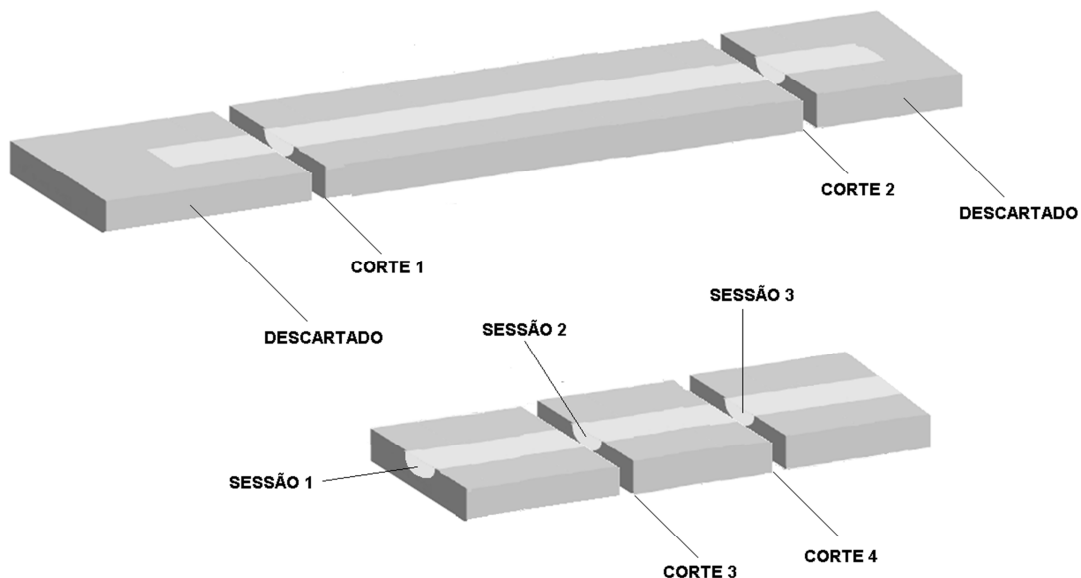


Figura 2. Cortes do corpo de prova para realização da medição da geometria da soldagem



As faces das sessões foram embutidas a frio em uma única amostra para cada ensaio. O lixamento com as granulometrias 220, 320, 400, 600, 1000, e 1200 Mesh, depois o polimento com alumina de 1 μ m. Seguido pelo o ataque com o reagente de 15 ml HCl, 25ml HNO₃, 10 ml HF e 50 ml H₂O, sendo as amostras imersas na solução por um tempo de 32 segundos. O conjunto analisador de imagem óptico computadorizado de modelo Pantec XJL-03, foi utilizado para as devidas medições.

Todos os resultados obtidos da geometria da solda foram submetidos ao tratamento estatístico de análise de variância, adotando-se um índice de significância (α) de 5,0% (COSTA NETO, 1997).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 apresenta os valores monitorados da corrente eficaz e a tensão eficaz, assim como as medias desses. Como as medias estão próximas podemos escrever que houve êxito da repetibilidade dos mesmos.

Tabela 2 – Resultados dos parâmetros monitorados

Posição e Repetição	Monitorados			
	$I_{efic}(A)$	$I_{efic.m}$	$U_{efic}(V)$	$U_{efcim}(V)$
PL1	155		12,8	
PL2	155	155	12,1	12,0
PL3	155		13,2	
HO1	154		14,0	
HO2	154	154	12,7	13,2
HO3	154		13,0	
SC1	154		13,0	
SC2	154	154	13,4	13,4
SC3	154		13,9	

Observação: PL – plana; HO – horizontal; SC - sob cabeça.

Os valores dos parâmetros geométricos medidos estão apresentados na Tabela 3. Avaliando os resultados dessas grandezas nota-se que os valores vão diminuindo da posição plana para a sob cabeça. Sendo o valor intermediário da posição Horizontal com a média da largura igual 5,30 e a media da penetração igual 1,30. A Tabela 4 apresenta os resultados da análise de variância (ANOVA) dessas grandezas. O resultado do nível de significância da grandeza largura indica que há influencia da posição de soldagem. O Gráfico 3 ilustra claramente essa influencia.

Tabela 3. Resultados dos valores da Largura e Penetração do cordão de solda.

Posições de soldagem	Nº de ensaios	Largura (mm)	Largura média (mm)	Penetração (mm)	Penetração média (mm)
Plana (PL)	PL 1	5,46	5,44	1,52	1,51
	PL 2	5,43		1,51	
	PL 3	5,42		1,51	
Horizontal (HO)	HO 1	5,30	5,30	1,27	1,30
	HO 2	5,32		1,38	
	HO 3	5,29		1,26	
Sobre cabeça (SC)	SC 1	4,18	4,19	0,98	0,98
	SC 2	4,17		0,96	
	SC 3	4,23		1,00	

Tabela 4 - Resultados da análise de variância (níveis de significância $\alpha = \%$)

Variável Dependente	Nível de significância
Largura	0,0600
Penetração	0,1620

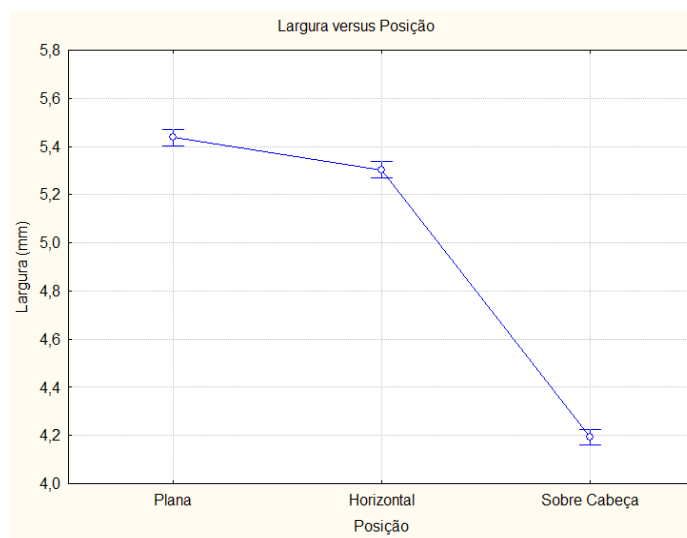


Gráfico 1. Influência da Largura na geometria do cordão de solda nas três posições de soldagem.

Os resultados da análise de variância (Tabela 04) apontam influência da posição de soldagem sobre a penetração, onde a análise de variância ($\alpha = 0,1620$) foi significativa, Ilustrado no Gráfico 2.

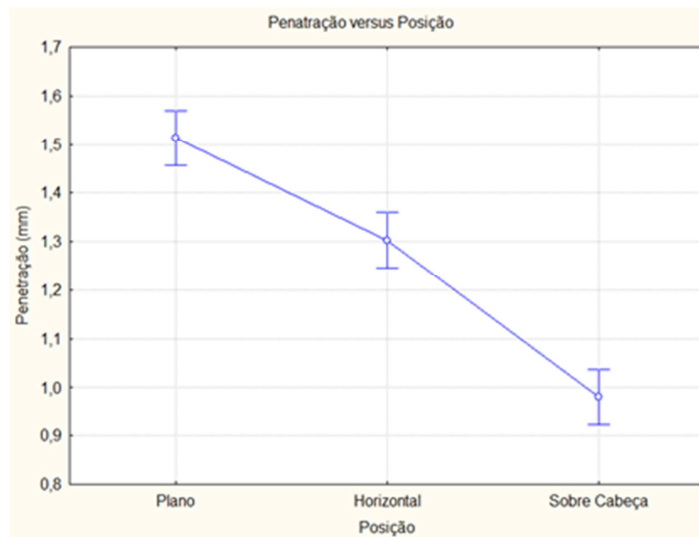


Gráfico 2. Influência da penetração na geometria do cordão de solda nas três posições de soldagem.

Na Figura 5 ilustra o resultado de uma sessão do cordão em cada posição de soldagem, percebendo-se claramente a variação de Penetração e Largura com a mudança de posição. Na posição plana se encontra os maiores valores medidos em ambos os casos, acredita-se, embora não tenha transferência de metal, existir a influência da força da gravidade. Isso fica claro de se visualizar conforme os valores mostrados na Tabela 3.

Segundo (MONDENESI, 2008) também afirma que Dentre as diferentes posições de soldagem, usualmente a posição plana é a que possibilita uma maior facilidade de execução e uma maior produtividade. Para as outras posições, a força da gravidade tende a dificultar o controle da poça de fusão e a transferência do metal de adição para a poça.



Figura 5. Macrografia dos ensaios PL3, HO2, SC3. x32 .

E em seguida, o gráfico da Gráfico 3 mostra a comparação da linha de tendência de Largura e Penetração nas três posições. Percebendo-se claramente uma redução nos dois parâmetros com a mesma tendência.

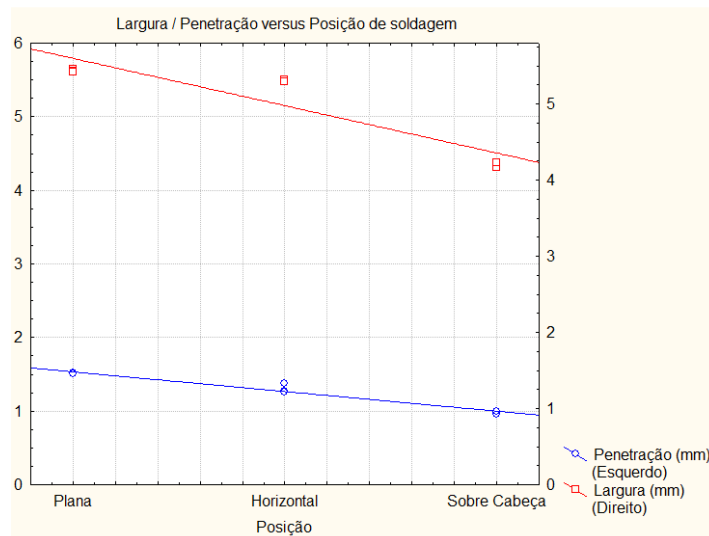


Gráfico 3. Linha de tendência dos valores de largura e penetração nas três posições de soldagem.

6. CONCLUSÕES

Nas condições estabelecidas neste trabalho, pode-se afirmar que: Na posição plana apresentou os maiores valores para a largura e profundidade, como já se esperava, devido à força da gravidade atuar de forma positiva no processo. E no entanto, na posição sobre cabeça, apresentou os menores valores tanto para a largura como para a profundidade, devido neste caso a força da gravidade atuar de forma negativa no processo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a disponibilidade do Laboratório de Soldagem do Instituto Federal do Rio Grande do Norte (LABSOL), Laboratório de Caracterização de Materiais da Universidade Federal do Rio Grande do Norte e o apoio financeiro concedido pelo CNPq.

REFERÊNCIAS

ALCAN Alumínio do Brasil S/A. Manual de soldagem, São Paulo, SP, 133p, 1993.

Centro de estudos superiores de Maceió – CESMAC. **Material didático, aula - 10 - materiais - alumínio** p.106 - 112. Acesso em 10 de Agosto de 2011.

Disponível em: www.ebah.com.br/content/ABAAerXwAC/aula-10-materiais

COSTA NETO, P. L. O., Estatística, Editora Edgard Blucher Ltda, São Paulo, 1997.

FERNANDES, R. F., BATISTA, L. B, MENDES DA SILVA, C. L. **Desenvolvimento de Dispositivo para Soldagem nas Posições Horizontal e Sobre cabeça**. CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO IFRN, 7o, 2010, Mossoró - RN, 2010. p.380-384.



Lima, E.G.; Et Al. **Estudo Da Influência Dos Parâmetros De Soldagem Do Processo Eletrodo Tubular Na Dureza Da ZTA De Um Aço CrMo**, Disponível em http://www.unilestemg.br/revistaonline/volumes/02/downloads/artigo_11.pdf

MODENESI, P. J. **Terminologia Usual de Soldagem e Símbolos de Soldagem**. Belo Horizonte: s.n., Julho de 2008.