

INFLUÊNCIA DA APLICAÇÃO DO PRIMER NAVAL EM CHAPAS METÁLICAS DE AÇO CARBONO EM PROCESSOS DE SOLDAGEM MAG EM CURTO CIRCUITO

Milena Rios Henrique, milena-rios@hotmail.com¹

Gabriela Garcia, gabigarcias@hotmail.com¹

Tiago Vieira da Cunha, t.cunha@ufsc.br¹

¹Universidade Federal de Santa Catarina, Rua Doutor João Colin nº 2700, Bairro Santo Antônio, 89.218- 035

Resumo: A aplicação de primer naval em chapas metálicas é uma das primeiras etapas no processo de construção de embarcações em estaleiros. Porém, quando as chapas são soldadas, a camada de primer presente no metal interfere na qualidade da solda. Sendo assim o presente artigo tem como objetivo analisar o efeito que o primer aplicado nas chapas metálicas provoca no processo de soldagem. Para isto foram usadas chapas de aço carbono ASTM A 569 como corpos de prova. Em cada chapa foi atribuído um número de 0 a 6, totalizando sete chapas, referente ao número de camadas de primer aplicadas. Com a finalidade de analisar a interferência da espessura de tinta no processo de soldagem, foi realizado nas chapas uma soldagem MAG, iniciando em uma região sem e passando por uma região com primer. Foi possível assim, através de inspeção visual, avaliar os cordões de solda de acordo com a variação de camadas pintadas do primer naval. A partir deste processo, conclui-se que com uma espessura de até 0,1227 mm de primer a soldagem ocorre de maneira satisfatória. Além disso foram gerados gráficos de tensão e corrente que atuaram durante o processo e que também foram analisados para contribuição no resultado final do estudo.

Palavras-chave: primer naval, MAG, aço carbono ASTM A 569^a

1. INTRODUÇÃO

Atualmente a soldagem é o processo mais utilizado para união de chapas metálicas na construção naval devido a vantagens como a alta produtividade, larga faixa de aplicabilidades e fácil automatização quando comparada a outros métodos de união (Fonseca, 2002). A soldagem a arco elétrico é uma das principais técnicas utilizadas nos estaleiros para união de chapas. No entanto ao chegar aos estaleiros as chapas metálicas são pintadas com um primer com a finalidade de não oxidarem, antecedendo entre outros processos, a soldagem. Entretanto a presença deste primer pode interferir negativamente no resultado final do cordão de solda. O correto seria a remoção deste primer antes da realização do processo de união, porém adicionar mais uma etapa de trabalho diminui a produtividade e aumenta o custo de fabricação.

Em estudo de caso em um estaleiro carioca, Vasconcelos (2014) analisou o processo de soldagem com eletrodo revestido (SMAW) em painéis navais. Ele constatou o fato da soldagem ocorrer em cima de tinta primer e realizou ensaios metalógrafos para analisar as interferências desse processo. Ele concluiu que a presença do primer na hora da soldagem gerou porosidade no cordão de solda e muitos respingos, além de ter constatado a liberação de gás tóxico devido a reação do arco elétrico com o primer.

Azevedo et al (2016) concluiu que a presença do primer na soldagem por fricção não tem um efeito final prejudicial no comportamento mecânico do aço para as aplicações de construção naval analisadas em seu trabalho. Entretanto ele verificou, por meio de ensaios de micro dureza, o aumento de dureza do material e regiões com concentração de tensão devido à existência de primer durante a soldagem, além de encontrar, em ensaios metalográficos, zinco advindo do primer no cordão de solda.

Em trabalho realizado para diminuir os defeitos causados pelo primer durante a soldagem Okita et al (2015) buscou encontrar os melhores parâmetros para soldar placas de aço de construção naval (NK A36) com solda a laser. Ele conseguiu obter resultados satisfatórios, onde a quantidade de gases e vapores metálicos resultantes da evaporação do primer foi reduzida acentuadamente na soldagem, porém este resultado é válido somente para soldagem a laser, que tem como característica a baixa fusão do metal de base nos parâmetros estudados.

Visto que na indústria naval é comum a necessidade de soldar chapas metálicas já pintadas com primer, o presente artigo busca estudar o efeito provocado na soldagem MAG de chapas de aço carbono ASTM A 569 pintadas com diferentes camadas de primer, analisando a espessura limite para que o processo de soldagem ocorra de maneira satisfatória.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização dos ensaios foi montada a seguinte bancada de trabalho:

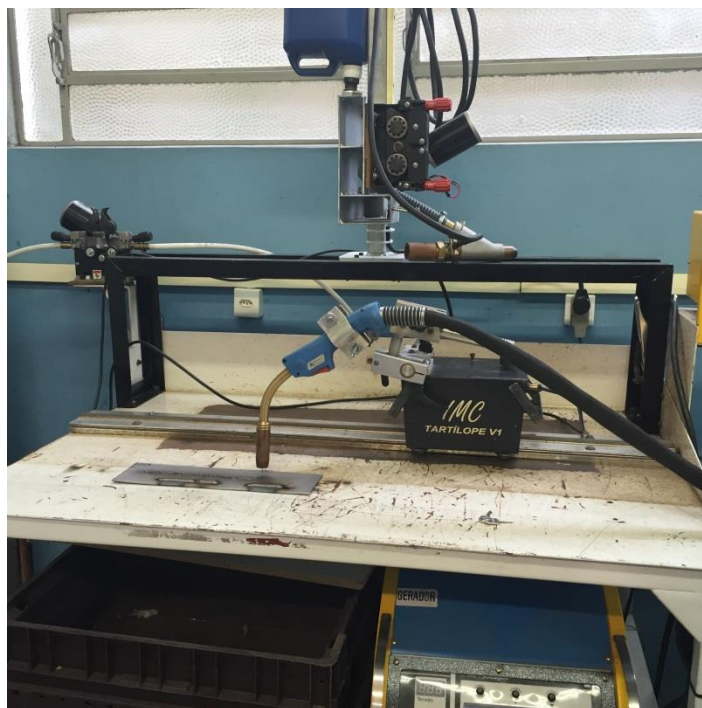


Figura 1. Bancada de trabalho para soldagem

No método empregado para a realização do ensaio utilizou-se 7 chapas de aço carbono ASTM A 569, com 1080 x 3450 mm. Cada corpo de prova foi numerado de acordo com a quantidade de camadas de primer aplicadas, iniciando em 0 (nenhuma camada de primer), até a placa 6 (seis camadas de primer).

As chapas foram divididas em três regiões, para melhor visualização da transição no processo de soldagem, sendo que na central o primer foi pintado com a utilização de um pincel. Nas placas com duas ou mais camadas, o primer foi aplicado após a secagem da camada anterior, e assim sucessivamente, até o corpo de prova 6, com seis camadas de primer naval.

Após o processo de pintura das chapas, foram realizadas medições da variação da espessura conforme o aumento das camadas pintadas. A medição foi feita utilizando um micrômetro e a partir de três pontos distintos calculou-se a média da espessura de cada placa nas regiões com e sem a aplicação de primer. O resultado do processo de medição está apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Espessura da camada de primer

Espessura da chapa com o primer (mm)		Espessura da chapa sem o primer (mm)			Espessura da camada de primer (mm)
Nº placa	Média				
1	2,8437				0,0784
2	2,8880				0,1227
3	2,9203		2,7653		0,1550
4	2,9893				0,2240
5	3,0227				0,2574
6	3,0587				0,2884

Para a realização do ensaio de soldagem das placas, foi montada a bancada composta pela pistola de soldagem, tracionador de arame, unidade refrigeradora, tartilope e a fonte de soldagem. Ajustou-se a pistola de soldagem no

suporte do tartilope para que essa tivesse uma boa fixação, a fim de que efeitos de vibração não influenciassem significativamente no processo, e a mesma conseguisse se deslocar em um trajeto de linha reta.

O processo empregado na soldagem foi MAG por curto circuito com gás de proteção de argônio com 15% de CO₂. Os parâmetros utilizados estão apresentados na Tabela 2 e foram definidos de modo a se obter uma transferência metálica regular visando o melhor funcionamento do processo.

Tabela 2. Parâmetros utilizados para a realização da soldagem.

Parâmetros de soldagem				
Tensão média	Corrente média	Velocidade de soldagem	Velocidade de arame	Gás
(V)	(A)	(mm/s)	(m/min)	(l/min)
17	121	30	4,9	15

O processo de soldagem foi iniciado posicionando a placa sobre a bancada, em seguida a fonte foi ligada, o gás de proteção liberado, o tartilope foi acionado dando início ao trajeto em linha reta e por fim o arco voltaico foi aberto por toque. O processo de soldagem iniciou-se na região sem primer, passando pela camada de primer até que o cordão atingisse o comprimento de 0,22 m, onde se se fechou o arco. Este processo foi realizado sucessivamente até a placa número 6.

Para obtenção dos resultados presentes neste artigo, foram realizadas análises visual e gráfica do processo de soldagem dos corpos de prova. Na seção subsequente deste trabalho serão discutidos estes dois métodos de análise.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

No aspecto visual, o foco de estudo do presente trabalho será analisar a variação na largura do cordão de solda em todos os corpos de prova, da placa 0 a 6, quando a soldagem é realizada nos locais denominados SP, IP e MP sendo respectivamente, a região da placa sem a aplicação de primer, no início e no meio da camada de primer.

Ao analisar as variações no diâmetro do cordão de solda, estamos também verificando a ocorrência de um aumento ou redução no reforço do mesmo.

A seguir serão apresentadas as imagens dos corpos de prova após a realização do processo de soldagem.



Figura 6. Placa 0

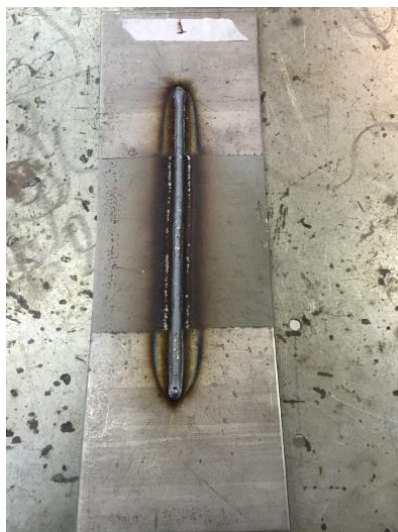


Figura 7. Placa 1



Figura 8. Placa 2



Figura 9. Placa 3



Figura 10. Placa 4

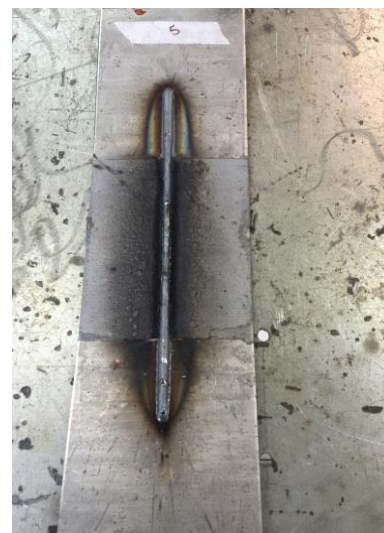


Figura 11. Placa 5



Figura 12. Placa 6

Posteriormente à realização do processo de soldagem foram medidos os diâmetros do cordão de solda em cada corpo de prova em três posições distintas, como mencionado no início desta seção. Com a utilização do programa ImageJ foram obtidos os valores apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Número de camadas de primer x espessura do cordão de solda

Nº de camadas x Espessura do cordão de solda		Espessura do cordão de solda (mm)		
		SP	IP	MP
Nº de camadas	0	5,75	5,35	S/M
	1	6,65	6,50	6,35
	2	6,40	6,30	5,55
	3	6,60	5,75	4,90
	4	6,95	6,60	5,20
	5	6,60	5,25	3,95
	6	6,70	6,55	4,35

Para melhor visualização dos resultados, foi gerado a partir da Tabela 3, um gráfico que apresenta o comportamento das três regiões analisadas, SP, IP e MP, relacionando o número de camadas de primer com a espessura do cordão de solda obtido. As curvas representativas de cada região têm início no corpo de prova 1 (aplicação de uma camada de primer), visto que para a placa 0, na região MP, o diâmetro foi identificado como S/M, ou seja, sem medição realizada. A fim de evitar incertezas geradas pela análise da placa 0, o gráfico apresentado a seguir tem início no corpo de prova 1.

Abaixo é apresentada a figura referente às curvas das regiões estudadas.

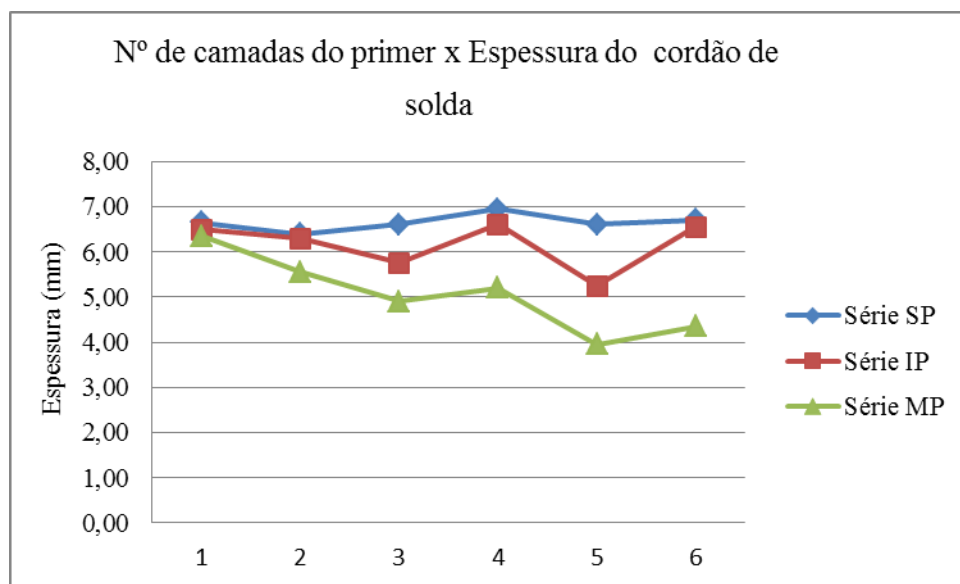


Figura 13 – Análise da variação da espessura do cordão de solda em função da quantidade de camadas de primer aplicadas

Como referido anteriormente nesta seção, a variação na espessura do cordão de solda, gerou uma alteração (aumento ou redução) na altura do reforço obtido. Na tabela abaixo avaliaremos para cada corpo de prova, nas regiões já trabalhadas, a variação da altura do reforço no cordão de solda em relação à quantidade de camadas de primer aplicadas à placa.

Tabela 4. Reforço do cordão de solda

Reforço do cordão de solda (mm)			
Placa	SP	IP	MP
0	2,70	2,60	S/M
1	2,95	2,90	3,10
2	2,75	2,85	3,30
3	2,55	2,80	3,35
4	2,40	2,75	3,40
5	2,55	2,75	3,40
6	2,35	2,45	3,55

Analisando a Tabela 4, podemos confirmar o resultado previsto pela análise visual. Visto que a taxa de deposição de material é constante, conforme o diâmetro do cordão de solda estreita, o reforço, por sua vez, aumenta.

Pela análise visual do processo, também foi possível observar que o tempo de soldagem média foi de 45 s. Como as chapas foram divididas em três regiões aproximadamente iguais, pode-se assumir que para o intervalo $15 < t < 30$ s a soldagem estava ocorrendo na região MP (região com aplicação de primer) dos corpos de prova.

Durante a execução do processo ocorreu uma liberação excessiva fumaça enquanto a soldagem estava sendo realizada na região MP.

Outro fato relevante é que durante a soldagem da placa 5 o aporte de calor da tocha iniciou uma chama na região do primer.

Na análise gráfica foi utilizado o software SapV4.29. Por meio deste recurso é possível obter os gráficos tensão x tempo e corrente x tempo. Para cada corpo de prova foram gerados dois gráficos, que serão apresentados em subintervalos dentro de $15 < t < 30$ s.

Para a placa 0 em $20,55 < t < 21$ s, foram obtidos:

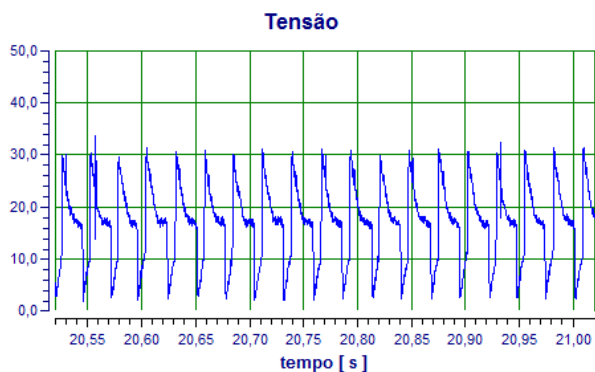


Figura 14. Gráfico tensão x tempo (placa 0)

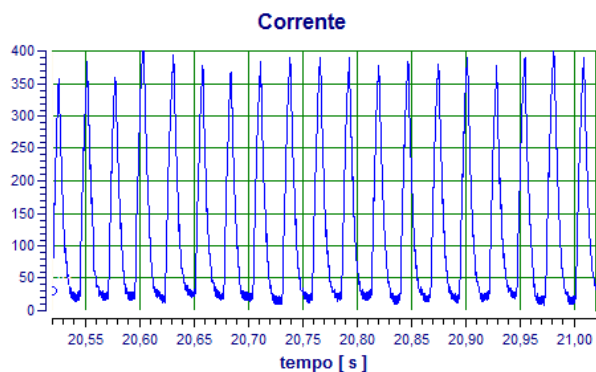


Figura 15. Gráfico corrente x tempo (placa 1)

Para a placa 1 em $15,10 < t < 15,30$ s, foram obtidos:

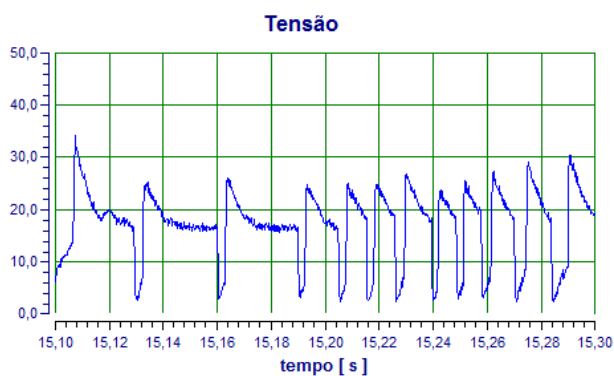


Figura 16. Gráfico tensão x tempo (placa 1)

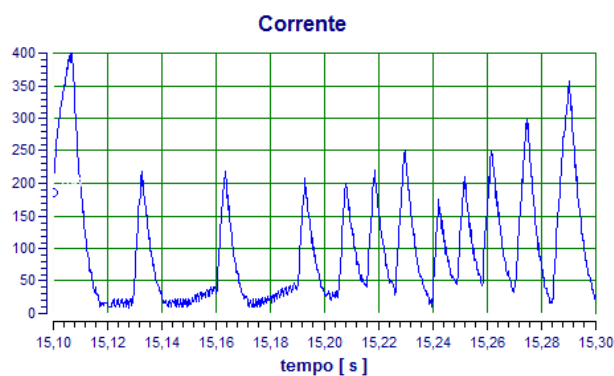


Figura 17. Gráfico corrente x tempo (placa 1)

Para a placa 2 em $21,56 < t < 21,74$ s, foram obtidos:

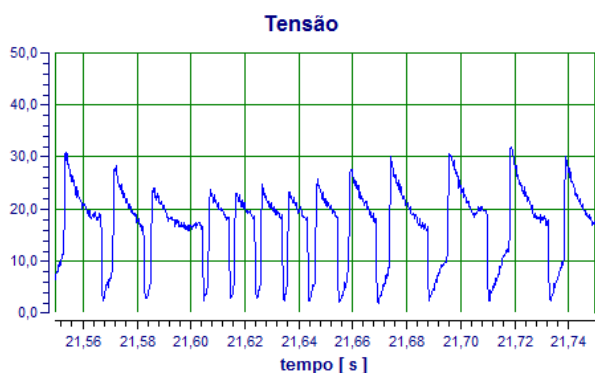


Figura 18. Gráfico tensão x tempo (placa 2)

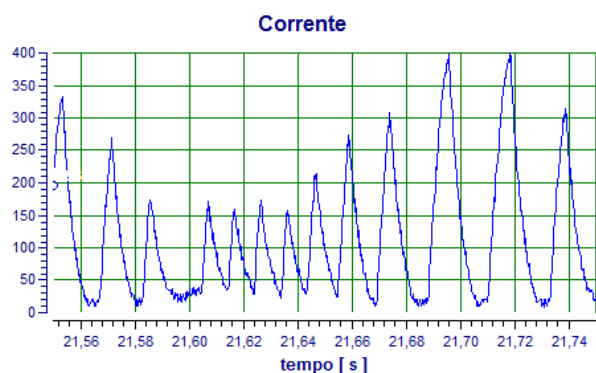


Figura 19. Gráfico corrente x tempo (placa 2)

Para a placa 3 em $18 < t < 18,20$ s, foram obtidos:

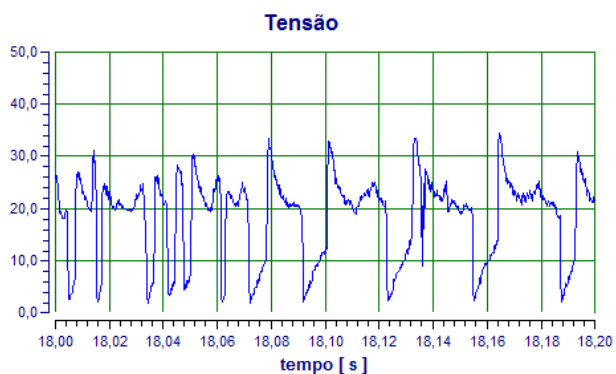


Figura 20. Gráfico tensão x tempo (placa 3)

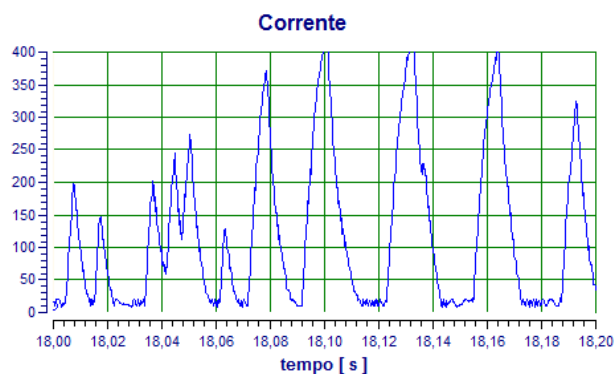


Figura 21. Gráfico corrente x tempo (placa 3)

Para a placa 4 em $16,50 < t < 16,70$ s, foram obtidos:

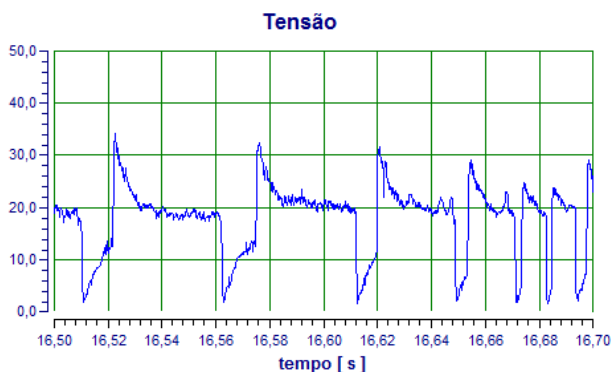


Figura 22. Gráfico tensão x tempo (placa 4)

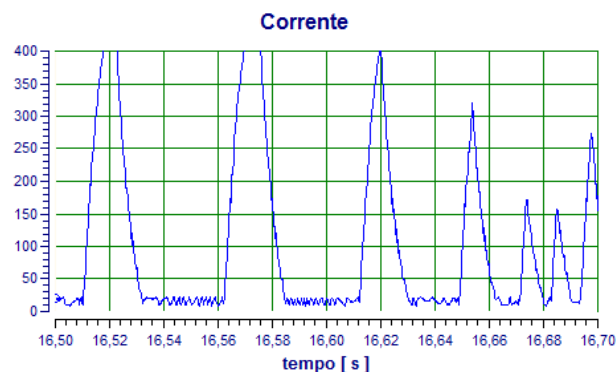


Figura 23. Gráfico corrente x tempo (placa 4)

Para a placa 5 em $22,56 < t < 22,74$ s, foram obtidos:

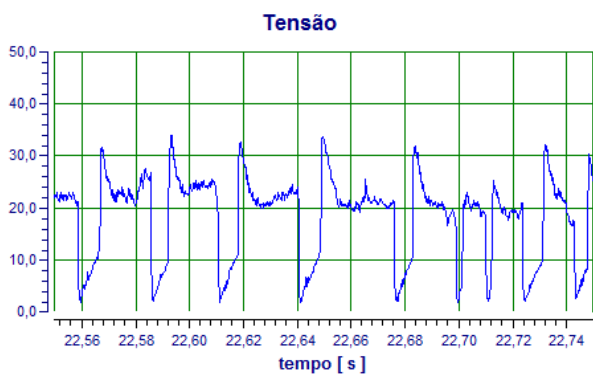


Figura 24. Gráfico tensão x tempo (placa 5)

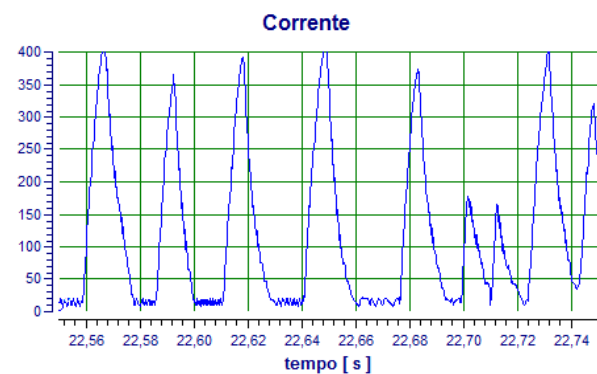


Figura 25. Gráfico corrente x tempo (placa 5)

Para a placa 6 em $17,16 < t < 17,34$ s, foram obtidos:

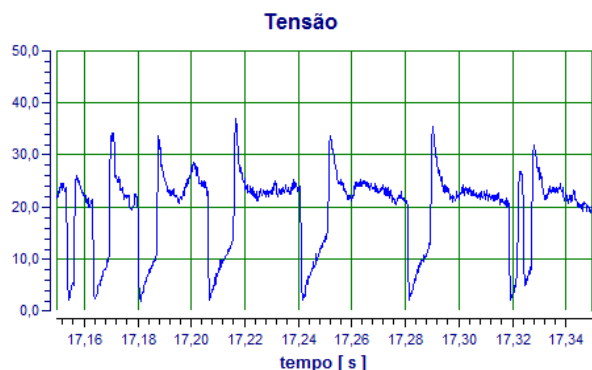


Figura 26. Gráfico tensão x tempo (placa 6)

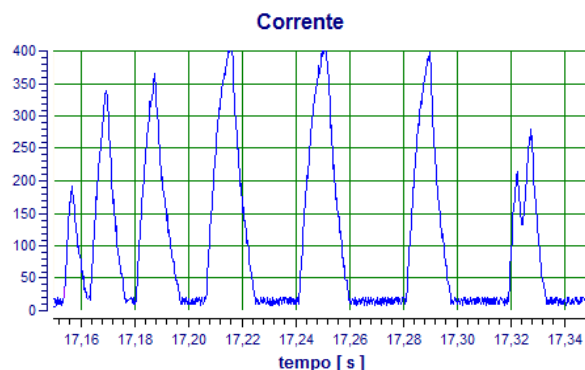


Figura 27. Gráfico corrente x tempo (placa 6)

A partir dos gráficos expostos acima, podemos analisar que o corpo de prova 0 foi o que apresentou a maior estabilidade de arco, visto que não houve aplicação de primer nesta chapa. No entanto, a partir do corpo de prova 1, pode-se verificar o início de arcos instáveis, majoritariamente na região MP. A instabilidade do arco está diretamente relacionada com a espessura da camada de primer aplicada, visto que quanto maior a segunda, maior e mais frequentemente o arco se tornará instável.

Também pôde ser observado que a partir da placa 4 houve tempos de curtos circuitos mais duradouros no processo de soldagem, ocasionando maiores tempos para formação da gota e consequente transferência para a poça de fusão.

Para uma completa análise dos resultados obtidos, foi gerado a partir dos dados fornecidos pelo software SapV4.29, um histograma sobreposto do processo de soldagem de todos os corpos de prova em questão.

A Figura 28 apresenta o histograma das 7 placas, adquirido no tempo em que a soldagem acontecia em cima da zona MP. O histograma é obtido pelo agrupamento em intervalos de tempo de arco aberto. Assim é possível obter informações sobre o caráter de repetitividade dos fenômenos da transferência metálica. Observa-se no histograma que as placas 1 e 2 possuem um processo muito mais estável, pois concentram os períodos de arco aproximadamente na mesma faixa. Percebe-se ainda que conforme o número de camadas das placas foi aumentando, o histograma apresentou maior aleatoriedade dos períodos de arco, demonstrando assim a instabilidade dos processos.

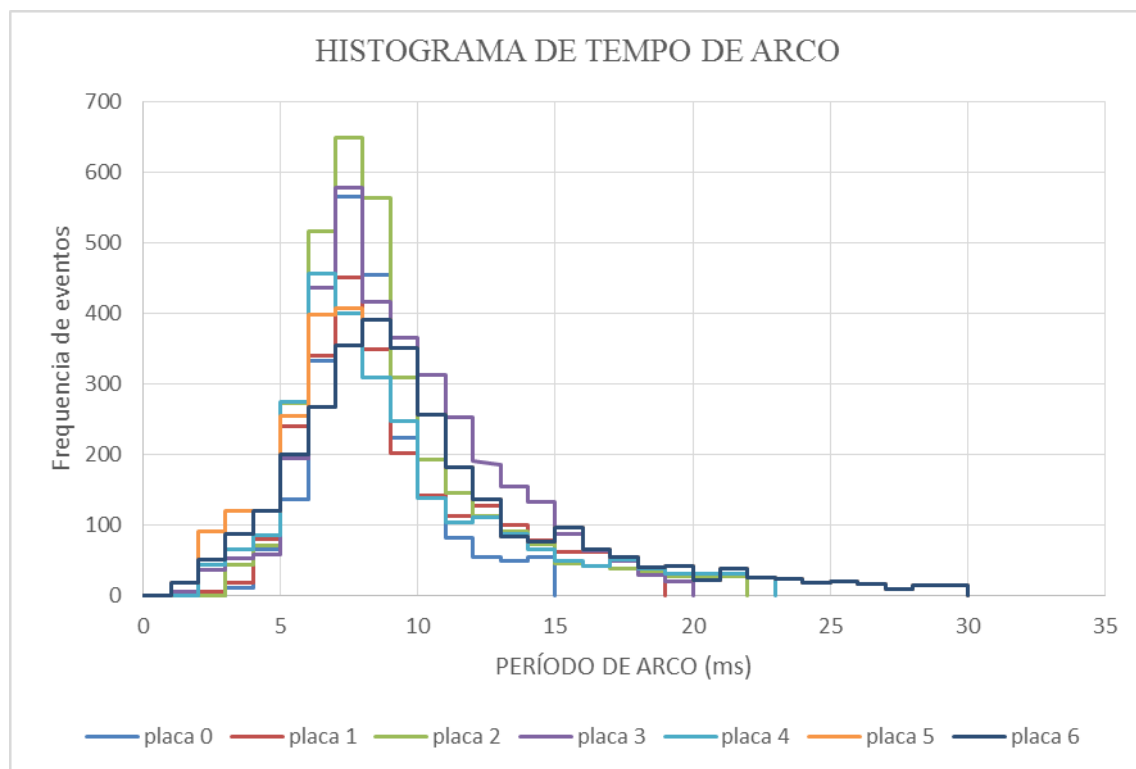


Figura 28. Histograma de tempo de arco das placas de 0 a 6

Para uma melhor visualização do que já foi discutido na Figura 28, gerou-se o gráfico apresentado na Figura 29. Este contém as situações extremas analisadas neste artigo, em que o corpo de prova ou não sofreu a aplicação de primer ou apresentou as 6 camadas do mesmo.

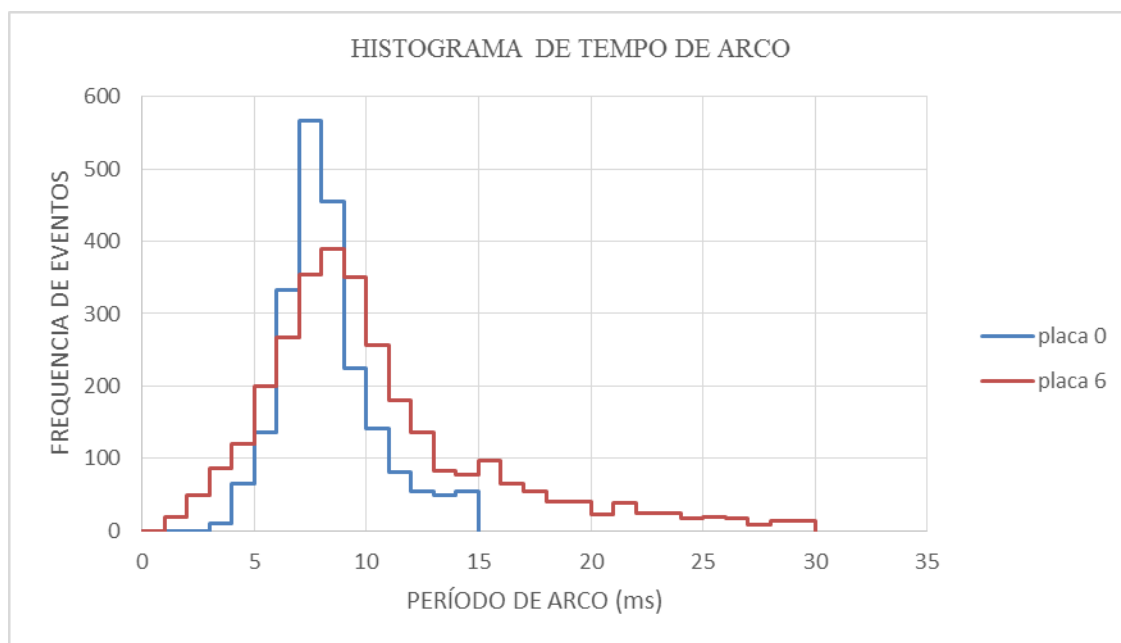


Figura 29. Histograma de tempo de arco para as placas 0 e 6

4. CONCLUSÕES

Com base nos resultados experimentais obtidos foi possível concluir que:

- A presença de primer na superfície da peça causa a instabilidade do processo de soldagem nas condições avaliadas;
- A espessura limite da camada de primer para que o processo de soldagem ocorra com um índice de estabilidade minimamente adequado foi de 0,1227 mm nos parâmetros utilizados;
- Apenas os corpos de prova 1 e 2 poderiam ser utilizados sem perda de resultados para a sua aplicação;

5. AGRADECIMENTOS

Ao Laboratório de Tecnologia da Soldagem (LTS) da UFSC Joinville pela infraestrutura oferecida e utilização dos equipamentos

Ao Henrique Ferreira de Mello, o nosso muito obrigado, por sua disponibilidade em nos ajudar na execução da parte prática deste trabalho.

6. REFERÊNCIAS

- Azevedo, José et al. Friction Stir Welding of Shipbuilding Steel with Primer. *Soldagem & Inspeção*, v. 21, n. 1, p. 16-29, 2016
- Fonseca, Maurílio M., *Arte Naval*. Rio de Janeiro - RJ: Serviço de Documentação da Marinha: 2002. Vol. I e II
- Okita, Daiki et al. Weld Defect Prevention for Fillet Welded Joints on Steel Plates Coated with Shop Primer using Hot-wire Laser Welding. v. 33, n. 2, p. 98s-101s, 2015.
- Vasconcelos, Alexandre Maioli. "Análise da sequência de soldagem em painéis típicos navais." 2014. 145p. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Naval e Oceânica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

7. DIREITOS AUTORAIS

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

INFLUENCE OF NAVAL PRIMER APPLICATION ON METAL CARBON STEEL SHEETS IN MAG WELDING PROCESSES IN SHORT CIRCUIT

Milena Rios Henrique, milena-rios@hotmail.com¹

Gabriela Garcia, gabigarcias@hotmail.com¹

Tiago Vieira da Cunha, t.cunha@ufsc.br¹

¹Universidade Federal de Santa Catarina, Rua Doutor João Colin nº 2700, Bairro Santo Antônio, 89.218- 035

Abstract: *The application of naval primer in metal sheets is one of the first stages in the process of shipbuilding in shipyards. However, when the sheets are welded, the primer layer present in the metal interferes in the quality's weld. Therefore, the purpose of this article is to analyze the effect that the primer applied to the sheets metal causes in the welding process. For this experiment were used ASTM A 569 carbon steel sheets as tests specimens. To each plate were assigned a number from 0 to 6, totalizing seven plates, reference to the number of primer layers that were applied. For the purpose to analyze the ink thickness influence in the welding process, was performed in the sheets a MAG welding, initializing in a zone without primer and passing to an applied one. After the experiment, it was possible, through visual inspection, to evaluate the welding seams according to the variation of naval primer layers applied. From this process, it was concluded that with a naval primer's thickness up to 0,1227 mm, the process welding occurs in a satisfactory way. Besides that, were created graphics of voltage and current that acted during the process. Those graphics were analyzed too, in order to know their contributions in the final results.*

Keywords: primer naval, MAG, carbon steel ASTM A 569^a