INFLUÊNCIA DA PREPARAÇÃO SUPERFICIAL NA SOLDAGEM MIG/MAG

Edilon de Oliveira França; Cauã Beserra do Nascimento; *Rener Washington Mariano dos Santos*; Amir Rivaroli Junior; Emerson Augusto Raymundo

Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba – FATEC Pindamonhangaba, Rod. Ver. Abel Fabrício Dias, 4010 - Agua preta, Pindamonhangaba - SP, Brasil. e-mail autor: edilon.franca@cps.sp.gov.br, caua.nasciemnto@cps.sps.gov.br, rener.santos@cps.sp.gov.br, amir.rivaroli@cps.sp.gov.br, emerson.raymundo@cps.sp.gov.br.

Resumo

Este trabalho avaliou a influência da remoção da carepa de laminação sobre a geometria e as propriedades mecânicas de cordões de revestimento depositados em chapas de aço, comparando superfícies lixadas e sem lixamento sob três níveis de corrente e tensão. Foram empregados arame sólido ER70S-6 de 1,2 mm, mistura gasosa de 80% Ar e 20% CO_2, vazão de 15 L/min e velocidade de soldagem de 250 mm/min. As juntas foram avaliadas por inspeção visual, líquido penetrante, macrografia, medição de penetração e diluição com o software ImageJ e ensaio de dureza Rockwell A. As chapas lixadas apresentaram penetração média global de 2,311 mm, contra 1,857 mm nas chapas sem lixamento, correspondendo a aumento aproximado de 24%. A diluição aumentou com o aporte térmico, variando de 28,32% a 41,44% nas chapas lixadas e de 31,24% a 43,57% nas chapas sem lixamento. A dureza foi, em geral, maior no metal de solda e na zona termicamente afetada do que no metal base. Conclui-se que a preparação superficial contribuiu para maior penetração e melhor controle da diluição.

Palavras-chave: Soldagem. MIG/MAG. Preparação superficial. Penetração. Diluição.

Área do Conhecimento: Engenharia Mecânica.

Introdução

A soldagem MIG/MAG, classificada como GMAW, é amplamente empregada devido à produtividade, à alimentação contínua do eletrodo e à facilidade de mecanização. No processo, o arco elétrico funde o metal base e o arame consumível, enquanto o gás de proteção reduz a interação do banho de fusão com a atmosfera. A qualidade do cordão depende da interação entre corrente, tensão, velocidade de alimentação, velocidade de soldagem, proteção gasosa e condições superficiais do material (Pereira, 2025)

A presença de carepa de laminação, óxidos, óleo, umidade e outros contaminantes pode alterar a transferência de calor e a estabilidade do arco. Além disso, parâmetros elétricos inadequados podem favorecer respingos, falta de fusão, falta de penetração e outras descontinuidades. A literatura de soldagem relaciona a estabilidade do arco e a transferência metálica ao controle dos parâmetros elétricos e às condições da superfície da junta (American Welding Society, 2020; Marques; Modenesi; Bracarense, 2011).

A penetração e a diluição são parâmetros relevantes para avaliar o comportamento geométrico e metalúrgico de um cordão. A diluição representa a participação do metal base fundido no metal depositado e pode modificar a composição química e as propriedades da região soldada. Nesse contexto, a comparação entre uma superfície com carepa e uma superfície previamente lixada permite verificar experimentalmente a influência da preparação superficial sobre o desempenho do processo (Nazaré, 2022)

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da preparação superficial do metal base na soldagem MIG/MAG, comparando chapas lixadas e sem lixamento sob diferentes níveis de corrente e tensão, por meio da análise de defeitos superficiais, penetração, diluição e dureza Rockwell A.

Metodologia

Os ensaios foram realizados no laboratório de soldagem da Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba. Para realizar a Soldagem de revestimento na chapa de aço A36, utilizou-se a fonte automática MIG/MAG Lincoln Electric Power Wave S350, com arame sólido ER70S-6 de 1,2 mm e gás de proteção composto por 80% de argônio e 20% de CO_2, com vazão média de 15 L/min. Os cordões foram depositados na posição 1G, com a tocha a 90°, distância bico de contato-peça de 10 mm e velocidade de soldagem de 250 mm/min.

Foram comparadas duas condições superficiais: chapa lixada, com remoção da carepa de laminação, e chapa bruta, sem lixamento. Antes da soldagem, as chapas receberam limpeza mecânica e desengraxe, conforme descrito no trabalho de origem. Para cada condição superficial foram empregados três conjuntos de parâmetros, conforme a Tabela 1.

Tabela 1 - Parâmetros utilizados na soldagem.

Condição	Tensão (V)	Corrente (A)	Vel. arame (m/min)	Vel. soldagem (mm/min)	Heat input (J/mm)	Superfície
CP1A	18	140	3,45	250	599	Lixada
CP2A	22	180	4,40	250	941	Lixada
CP3A	26	220	6,00	250	1359	Lixada
CP1B	18	140	3,45	250	599	Sem lixar
CP2B	22	180	4,40	250	941	Sem lixar
CP3B	26	220	6,00	250	1359	Sem lixar

Fonte: elaborado pelo próprio autor.

Após a soldagem, realizou-se inspeção visual e ensaio por líquido penetrante para identificação de descontinuidades abertas à superfície. Em seguida, as amostras foram cortadas transversalmente em três posições do cordão (início, meio e fim) como esta demostrada na Figura1 e submetidas à preparação para análise macrográfica. As imagens do perfil do cordão foram obtidas com estereoscópio Olympus XZ, com ampliação de 10X, e analisadas no software ImageJ para determinação da penetração e das áreas utilizadas no cálculo da diluição.

A dureza foi determinada pelo método Rockwell A, utilizando penetrador de diamante com cone de 120° e carga de 60 kgf, com três medições em cada uma das regiões: metal base, metal de solda e zona termicamente afetada (ZTA). Os resultados apresentados a seguir correspondem aos valores médios das medições.

Figura 1 Amostra cortada para ser realizado a macrografia.

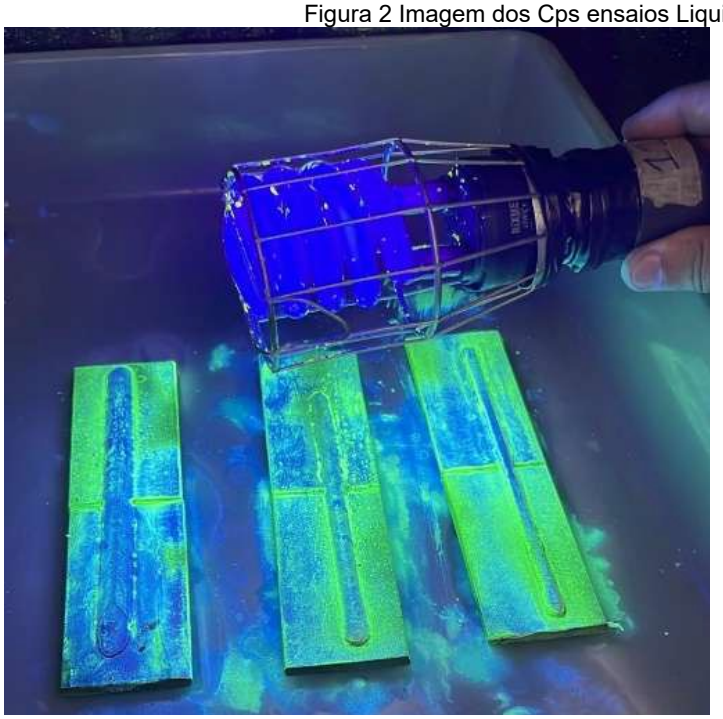


Fonte: elaborado pelo próprio autor

Resultados

Na inspeção visual, a amostra de menor nível de parâmetros não apresentou descontinuidades superficiais relevantes, enquanto as condições de maior corrente e tensão apresentaram respingos ao longo do cordão. O ensaio por líquido penetrante via umida fluorecente que está indicada na Figura 2, não indicou trincas, porosidades abertas ou falta de fusão superficial nas amostras avaliadas, de modo que os depósitos foram considerados satisfatórios quanto às descontinuidades detectáveis pelo método.

Figura 2 Imagem dos Cps ensaios Liquido Penetrante



Fonte: elaborado pelo próprio autor

Após realizado a preparação metalográfica foram adquiridos as imagem do perfil de solda e realizado com o auxílio do programa Imagem J a medição da penetração e medida das áreas superior e inferior da solda de cada condição estuda, o valor da medição da penetração foi inserida na Tabela 2 e o calculo de diluição está descrito na Tabela 3.

Tabela 2 - Penetração média e desvio padrão.

Condição	Superfície	Penetração média (mm)	Desvio padrão (mm)
CP1B	Sem lixar	1,878	0,06
CP2B	Sem lixar	1,549	0,14
CP3B	Sem lixar	2,144	0,48
CP1A	Lixada	2,119	0,36
CP2A	Lixada	2,200	0,16
CP3A	Lixada	2,613	0,30

Fonte: elaborado pelo próprio autor.

A preparação superficial teve efeito claro sobre a penetração. As chapas sem lixamento apresentaram médias entre 1,549 e 2,144 mm, com média global de aproximadamente 1,857 mm. Nas chapas lixadas, os valores ficaram entre 2,119 e 2,613 mm, com média global de aproximadamente 2,311 mm. Assim, a remoção da carepa resultou em aumento médio próximo de 24% na penetração. O maior desvio padrão ocorreu no CP3B (0,48 mm), enquanto os corpos de prova lixados apresentaram maior uniformidade geral.

Tabela 3 - Diluição média e aporte térmico.

Condição	Superfície	Heat input (J/mm)	Diluição média (%)	Desvio padrão (%)
CP1B	Sem lixar	599	31,24	0,51
CP2B	Sem lixar	941	35,65	0,83
CP3B	Sem lixar	1359	43,57	0,74
CP1A	Lixada	599	28,32	0,94
CP2A	Lixada	941	30,20	1,41
CP3A	Lixada	1359	41,44	1,01

Fonte: elaborado pelo próprio autor.

Observou-se aumento progressivo da diluição com a elevação do heat input nas duas condições superficiais. Para as chapas sem lixamento, a diluição passou de 31,24% para 43,57%; nas chapas lixadas, aumentou de 28,32% para 41,44%. Em todos os três níveis de aporte térmico, a superfície lixada apresentou menor diluição que a superfície sem lixamento. O maior valor foi obtido no CP3B (43,57%) e o menor no CP1A (28,32%).

Após realizar o ensio de metalografia foi realizado o ensaio de dureza Rockwell A esta descrita na Tabela 4.

Tabela 4 - Dureza Rockwell A média nas regiões da junta.

Condição	Superfície	Metal base (HRA)	Solda (HRA)	ZTA (HRA)
CP1B	Sem lixar	48,0	53,2	55,0
CP2B	Sem lixar	48,2	52,8	52,8
CP3B	Sem lixar	47,7	49,33	51,3
CP1A	Lixada	48,0	55,0	51,7
CP2A	Lixada	47,8	53,5	52,5
CP3A	Lixada	47,2	48,0	48,7

Fonte: elaborado pelo próprio autor.

Os valores de dureza do metal base permaneceram próximos, entre 47,2 e 48,2 HRA. Na região da solda, os valores foram superiores aos do metal base na maioria das condições, atingindo 55,0 HRA no CP1A. Na ZTA, os valores variaram de 48,7 a 55,0 HRA, sendo o maior valor observado no CP1B. Esse comportamento está associado aos ciclos térmicos da soldagem e às transformações microestruturais que ocorrem na região aquecida.

Discussão

Os resultados mostram que a condição superficial não deve ser tratada apenas como uma etapa de acabamento, mas como uma variável de processo. A maior penetração observada nas chapas lixadas é coerente com a remoção da camada de óxidos da superfície, que pode dificultar a transferência de energia e a interação adequada entre o arco e o metal base. A diferença de aproximadamente 24% entre as médias globais de penetração evidencia que a preparação da superfície pode modificar significativamente a geometria do cordão.

A diluição apresentou relação direta com o aporte térmico. O aumento de corrente e tensão elevou o heat input e, consequentemente, a quantidade de metal base fundido e incorporado ao depósito. Esse comportamento é consistente com os fundamentos de metalurgia da soldagem descritos por França (2025b) e Marques; Modenesi; Bracarense (2011). Embora uma maior diluição possa favorecer a ligação metalúrgica em determinadas aplicações, valores elevados podem alterar a composição e as propriedades do metal depositado, especialmente em revestimentos.

Quanto à dureza, o metal base apresentou menor variação, enquanto solda e ZTA mostraram valores superiores em grande parte das condições. A ZTA é submetida a aquecimento intenso e posterior resfriamento, podendo apresentar modificações microestruturais relevantes. A literatura destaca que a taxa de resfriamento e o ciclo térmico são fatores importantes na formação da microestrutura e nas propriedades locais da junta (Pereira; Oliveira, 2025; Pereira; Oliveira, 2025).

Os respingos observados nas condições CP2 e CP3 também indicam que a elevação dos parâmetros elétricos pode reduzir a estabilidade do arco quando a combinação de corrente, tensão e transferência metálica não é adequadamente ajustada. Entretanto, a ausência de indicações críticas

no líquido penetrante demonstra que os respingos observados não corresponderam, nas condições estudadas, a descontinuidades superficiais relevantes.

Conclusão

A análise experimental demonstrou que a preparação superficial do metal base exerceu influência significativa sobre o comportamento da soldagem MIG/MAG. As chapas lixadas apresentaram maior penetração média, passando de aproximadamente 1,857 mm nas chapas sem lixamento para 2,311 mm, além de menores valores de diluição nos três níveis de heat input avaliados. A diluição aumentou com o aporte térmico em ambas as condições superficiais, confirmando a importância do controle da energia de soldagem. Os resultados de dureza mostraram maiores valores na região da solda e na ZTA em comparação com o metal base na maioria das condições, evidenciando a influência dos ciclos térmicos sobre as propriedades locais. A inspeção visual identificou respingos em condições de maior corrente e tensão, mas o ensaio por líquido penetrante não revelou descontinuidades superficiais críticas. Conclui-se que a remoção da carepa de laminação, associada ao controle adequado dos parâmetros elétricos, contribui para maior penetração, controle da diluição e maior estabilidade do processo, favorecendo a qualidade das juntas soldadas.

Referências

AMERICAN WELDING SOCIETY. *AWS D1.1/D1.1M:* ***Structural Welding Code –Steel***. Miami: AWS, 2020.

AVENTA . **Modos de Transferência do Processo de Soldagem MIG MAG.** Disponível em:

< https://aventa.com.br/novidades/modos-transferencia-mig-mag>.Acessado em 21/04/2026.

CALLISTER, W. D.Jr.; RETHWISCH D. G. **Ciência e engenharia de materiais :uma introdução**. tradução Sergio Murilo Stamile Soares. - 12. ed. - Rio de Janeiro :LTC, 2020.

FRANÇA, E. O.; SANTOS, R. W. M.; FARIA, R. R.; RIBEIRO, M. A. A. P.;CAMARGO, J. R. FRANÇA, M. S. A. S. **ESTUDO DA POLARIDADE DACORRENTE NA GEOMETRIA DA SOLDA COM ELETRODO REVESTIDO E6013,E6010 E7018.** Apresentado XXIX Encontro Latino Americano de Iniciação Científica,XXV Encontro Latino Americano de Pós-Graduação e XV Encontro de Iniciação à

Docência - Universidade do Vale do Paraíba – 2025 a

FRANÇA, E. O.; SANTOS, R. W. M.; SANTOS,J.E.; PINTO, F. E.; CAMARGO, J. R.FRANÇA, M. S. A. S. **O ESTUDO DOS EFEITOS DOS CICLOS TÉRMICOS NO PROCESSO DE SOLDAGEM ELETRODO REVESTIDO E7018 NO AÇO SAE 4140.** Apresentado XXIX Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, XXV Encontro Latino Americano de Pós-Graduação e XV Encontro de Iniciação à Docência -Universidade do Vale do Paraíba – 2025 b

MARQUES, P. V.; MODENESI, P. J.; BRACARENSE, A. Q. **Soldagem:fundamentos e tecnologia**. 3. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2011.

NAZARÉ, V. D. M. **Estudo da Profundidade e Diluição do Aço A36 com a Variação da Inlinação do Ângulo da Tocha no Processo MIG (GMAW)**. 2022.47p.Trabalho de Graduação (Curso de Tecnologia em Processos Metalúrgicos) Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba. Pindamonhangaba. 2022.

PEREIRA, B. C. M.; Oliveira, J. L. **Comparação da Taxa de Deposição com Arame Tubular e Arame Sólido no Processo de Soldagem**. 2025. 38p. Trabalho de Graduação (Curso de Mecânica-Processo de Soldagem). Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba. Pindamonhangaba. 2025.

PEREIRA, L. F. et a**l. Estudo Comparativo dos Modos de Transferência Metálica** RODRIGUES, P. R. P.; PAIVA, M. C.; COSTA, M. F**. Soldagem MIG/MAG Com Arame Tubular em Condições de Campo**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOLDAGEM,2008, São Paulo.p. 45–52. Disponível em: https://repositório.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/336497/Artigo_Soldagem_Arame_Tubular.pdf. Acesso em: 15 maio 2025.

SANTOS, D. G.; SOUZA, J. V**. Estudo da Viabilidade do Uso de uma Fresadorapara Realizar Soldagem por Fricção em Policarbonato**. 2025. 48p. Trabalho de Graduação (Curso de Mecânica-Processo de Soldagem). Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba. Pindamonhangaba. 2025.

SANTOS, J. L. M. REIS, R. E. A. **Estudo do Efeito Térmico de Alívio de Tensão no Comportamento Mecânico da Solda.** 2025. 45p. Trabalho de Graduação Curso de Mecânica – Processos de Soldagem. Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba. Pindamonhangaba. 2025.

SILVA, W. L. C.; SOTERO, E. C. **ESTUDO RECUPERAÇÃO DE DENTES DA COROA DENTADA COM PROCESSO DE SOLDAGEM MIG/MAG**. 2025. 54p.Trabalho de Graduação Curso de mecânica -processos de soldagem. Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba. Pindamonhangaba. 2025.