

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE PROCESSOS GMAW E GMAW-CW COM VARIAÇÕES NA VELOCIDADE DE ALIMENTAÇÃO PARA PREENCHIMENTO DE CHANFRO EM “U”¹

Rodrigo Ramalho Maciel²
Lúcio da Silva Barbosa Filho³
Paulo Dangelo Costa Assunção³
Eduardo de Magalhães Braga⁴

Resumo

Com a necessidade de uma maior deposição de material durante o processo de soldagem *Gas Metal Arc Welding* (GMAW) foi desenvolvido o processo *Gas Metal Arc Welding – Cold Wired* (GMAW-CW), que utiliza dois arames, sendo apenas um dos arames energizado e o outro se utiliza do calor gerado pelo arco voltaico para fundir-se, aumentando significativamente a taxa de deposição. Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de analisar e comparar as características geométricas de soldas geradas pelo processo GMAW-CW e o processo GMAW a partir de observações das variações nos parâmetros de velocidade de alimentação de arame energizado e do arame frio. Foram feitas corridas experimentais em posição plana com uma soldagem automática em corpos de provas com chanfro em “U” para o preenchimento dos mesmos com apenas um passe. Para a variação da velocidade da alimentação do arame energizado foram utilizadas velocidades de 4 m/min, 6 m/min e 8 m/min e para velocidade do arame frio as variações foram 50%, 60% e 70% em relação à velocidade do arame energizado. Foi observado que com o aumento da velocidade de alimentação do arame frio resultou em uma redução nos valores de diluição e penetração e aumento no reforço e na largura do cordão. Devido ao aumento de massa depositada, o chanfro foi mais preenchido no processo GMAW-CW, mantendo um aspecto de sanidade superficial semelhante ao feito no processo GMAW, no entanto com uma maior incidência de respingos.

Palavras-Chave: GMAW; GMAW-CW; Preenchimento.

COMPARATIVE STUDY BETWEEN THE PROCESSES OF WELDING GMAW AND GMAW-CW WITH VARIATIONS IN THE WIRE FEED SPEED TO FILL GROOVE “U”

Abstract

With the need for increased deposition of material during the welding process *Gas Metal Arc Welding* (GMAW), the *Gas Metal Arc Welding - Cold Wired* (GMAW-CW) process was developed, with the use of two wires, being one of them energized and the other melted by the heat generated by the arc, increasing the deposition rate. This work was developed to analyze and compare weld geometric characteristics of GMAW and GMAW-CW process, changing in the parameters of the energized and cold wire feeding speed. Experimental runs were made in a flat position with automatic welding in specimens with groove “U”, filling it with only one pass. For variation of the wire feed speed of energized one were 4 m/min, 6 m/min and 8 m/min and cold wire speed variation were 50%, 60% and 70% relative to the speed of the energized. It was observed that by increasing the speed of cold wire feed resulted in a reduction in the values of dilution and penetration and increased the reinforcement, and the length of the weld. Due to the increase of deposited mass, the chamfer was more fulfilled in GMAW-CW, maintaining a sanity surface quality similar to that done in the GMAW process, however with a higher incidence of spills.

Key words: GMAW; GMAW-CW; Filling.

¹ *Contribuição técnica ao 67º Congresso ABM - Internacional, 31 de julho a 3 de agosto de 2012, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.*

² *Graduando em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Pará (UFPA), Brasil.*

³ *Mestrando Engenharia Mecânica, UFPA, Brasil.*

⁴ *Professor da Faculdade de Engenharia Mecânica, UFPA, Brasil.*

1 INTRODUÇÃO

Com a necessidade cada vez maior de aumentar a produção durante os processos de soldagem, foi proposta a utilização do processo GMAW (*Gas Metal Arc Welding*) com duplo arame ao invés do GMAW convencional. Este processo consiste na utilização de dois arames energizados, gerando a necessidade de duas fontes de soldagem e um sistema de sincronização computadorizado, entretanto há uma maior deposição de massa, garantindo cordões de solda de maiores dimensões e possibilitando maiores velocidades de soldagem.

No duplo arame há um alto rendimento, no entanto exige um nível de equipamentos mais sofisticados e maior consumo energético.⁽¹⁾ Visando estes problemas, foi proposta a utilização do processo GMAW-CW (*Gas Metal Arc Welding – Cold Wired*) que consiste no processo GMAW, com a adição de um arame adicional não energizado, denominado como “frio”, direcionado à poça de fusão.⁽²⁾ Este arame adicional tem como objetivo de aumentar a taxa de deposição e conseqüentemente aumentar as dimensões observadas no cordão.

No processo GMAW-CW, o equipamento utilizado é semelhante ao do processo GMAW, sendo que há a presença de um segundo cabeçote e um suporte na tocha, para que haja a alimentação constante do arame frio. O arame frio se utiliza da energia oferecida na poça de fusão para também fundir-se, logo neste caso apenas uma fonte é necessária, além da facilidade de converter o processo GMAW para o processo GMAW-CW. Há, entretanto certas dificuldades associadas a este novo processo, pois origina uma maior dificuldade de na escolha de parâmetros de velocidade de alimentação de arame, além de limitações geradas na forma de inserção deste arame pelo suporte utilizado durante a realização deste trabalho.

O estudo sobre as influências geradas por este arame adicional nas características geométricas do cordão de solda ainda tem espaço entre as investigações. De forma que neste trabalho o objetivo principal foi de avaliar a influência nas características geométricas do cordão de solda, quando variadas as velocidades de alimentação de arames frio e energizado, afim de que se obtenha uma melhor visualização das limitações e possibilidades proporcionadas por este novo processo.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O metal de base utilizado possuía dimensões de 150 mm x 100 mm x 12,7 mm x 7,5 mm (comprimento x largura x espessura x raio do chanfro) como apresentado na Figura 1. O mesmo foi preparado com o aço SAE 1020 e os arames utilizados durante a soldagem foram da classe AWS ER70S-6.

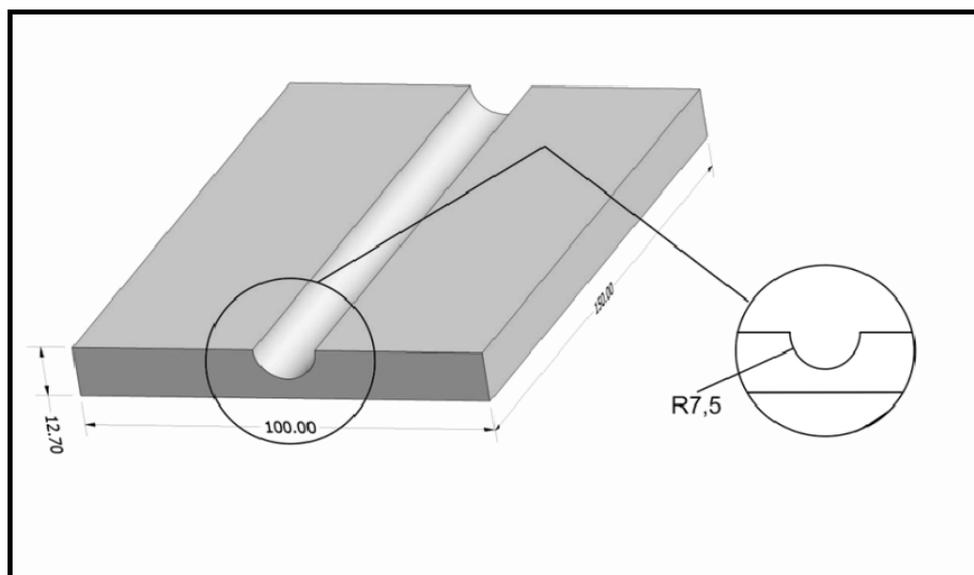


Figura 1. Esquema das dimensões do metal de base, dados em milímetros, com medidas 150 mm x 100 mm x 12,7 mm com raio do chanfro de 7,5 mm.

Para os procedimentos de soldagem, os corpos de prova foram soldados na posição plana, utilizando uma fonte eletrônica inversora chaveada. Para o levantamento dos parâmetros de soldagem a serem considerados constantes durante o experimento, foram realizados ensaios preliminares para avaliar a influência destes sobre os resultados e definir um padrão de configurações a serem utilizadas. Foram mantidos constantes os valores de tensão, *stickout*, velocidade de soldagem e vazão do gás de proteção CO₂ como apresentado na Tabela 1. Sendo os ensaios automatizados para os dois processos avaliados.

Tabela 1. Parâmetros mantidos constantes durante os procedimentos experimentais

Parâmetro	Utilizado
Velocidade de soldagem	15 cm/min
Vazão do gás de proteção (CO ₂ 100%)	15 l/min
Tensão (U)	24 V
Corrente (I)	212 A
Modo operacional	Automático
Diâmetro do arame energizado	1,2 mm
Diâmetro do arame frio	1,0 mm

Para as variáveis de influência foram utilizados dois processos de soldagem (GMAW e GMAW-CW), velocidade de alimentação de arame (4 m/min, 6 m/min e 8 m/min) e velocidade de alimentação de arame frio (50%, 60% e 70% relativos à velocidade de alimentação de arame energizado), logo foram necessários 24 corpos de prova, sendo 2 para cada variação de parâmetros avaliados. Após a soldagem, foram analisadas o aspecto visual superficial das soldas depositadas, retiradas duas amostras de cada corpo de prova, sendo elas lixadas, e atacadas com o reagente nital 2% por 15 segundos, revelando as imagens apresentadas na Tabela 4.

Para o cálculo de reforço, foi adotado que seu valor seria a distância à linha horizontal que passa sobre a superfície do corpo de prova, desconsiderando o chanfro, visto isso, é possível a visualização de valores negativos para peças com reduzido reforço. No cálculo de largura, foi utilizada a distância entre os extremos da seção do cordão de solda.

Para o cálculo de diluição foi utilizado a relação área penetrada no metal de base por área total de cordão de solda, e para o caso experimentado neste trabalho, valores menores de diluição são mais aconselháveis. Os cálculos das variáveis estudadas neste trabalho estão exemplificados pelo esquema da Figura 2.

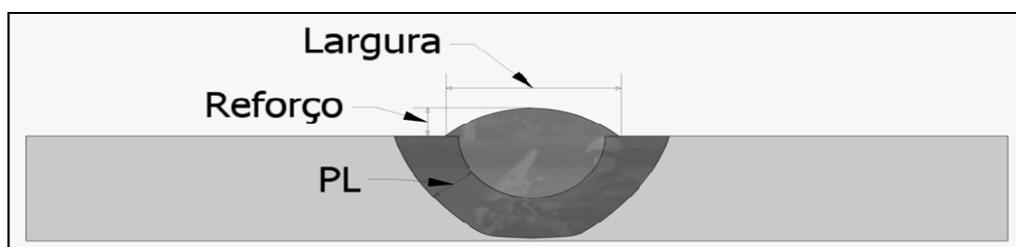


Figura 2. Esquema do perfil geométrico utilizados durante a obtenção de dados (sendo PL - penetração lateral).

Os parâmetros considerados durante o experimento foram classificados como a tabela 2 mostrada.

Tabela 2. Sequência de parâmetros de velocidade de arame energizado e frio utilizados durante o experimento

Parâmetro	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9
Velocidade de alimentação de arame energizado (m/min)	4,0		6,0			8,0			
Velocidade de alimentação de arame frio (m/min)*	2,0	2,4	2,8	3,0	3,6	4,2	4,0	4,8	5,6

* Os valores correspondem às velocidades relativas de alimentação de arame frio (50%, 60% e 70%) em relação às velocidades de alimentação de arame energizado.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após os procedimentos de soldagem, foram avaliadas as características superficiais dos cordões de solda, sendo que para o processo GMAW com velocidades 4 m/min, 6 m/min e 8 m/min representados pelas Figuras 3, 4 e 5 respectivamente, e para o processo GMAW-CW nos parâmetros N4 à N9 representados pelas Figuras 5 a 11 respectivamente.

Para todas as velocidades de alimentação de arame energizado (4 m/min, 6 m/min e 8 m/min), os resultados obtidos no processo GMAW-CW foram semelhantes ao processo GMAW, provavelmente associados aos parâmetros operacionais adequados as velocidades de alimentação aplicadas, sendo sensivelmente mais evidenciada a presença de respingos no primeiro, no entanto devido a utilização do gás de proteção CO₂ o nível de respingos ainda foi considerável.⁽³⁾ Foi observado também que não houve descontinuidade nos cordões de solda. A incidência sensivelmente maior de respingos no processo GMAW-CW, em altas velocidades de alimentação de arame frio, pode ser provocada pela vibração do arame frio quando entra em contato com a poça de fusão,⁽⁴⁾ como pode-se observar nas Figuras 3 a 11.



Figura 3. Aspecto superficial do cordão de solda. Processo GMAW, com velocidade de alimentação de arame de 4 m/min ou V_4 , CO_2 .



Figura 4. Aspecto superficial do cordão de solda. Processo GMAW, com velocidade de alimentação de arame de 6 m/min ou V_6 , CO_2 .



Figura 5. Aspecto superficial do cordão de solda. Processo GMAW, com velocidade de alimentação de arame de 8 m/min ou V_8 , CO_2 .



Figura 6. Aspecto superficial do cordão de solda. Processo GMAW-CW com adição de arame frio, com velocidade de alimentação de arames eletrodo/ frio igual a $v_6/50\%$ m/min.



Figura 7. Aspecto superficial do cordão de solda. Processo GMAW-CW, com velocidade de alimentação de arames eletrodo/ frio igual a $v_6/60\%$ m/min.



Figura 8. Aspecto superficial do cordão de solda. Processo GMAW-CW com adição de arame frio, com velocidade de alimentação de arames eletrodo/ frio igual a v6/70% m/min.



Figura 9. Aspecto superficial do cordão de solda. Processo GMAW-CW com adição de arame frio, com velocidade de alimentação de arames eletrodo/ frio igual a V8/50% m/min.



Figura 10. Aspecto superficial do cordão de solda. Processo GMAW-CW com adição de arame frio, com velocidade de alimentação de arames eletrodo/ frio igual a V8/60% m/min.



Figura 11. Aspecto superficial do cordão de solda. Processo GMAW-CW com adição de arame frio, com velocidade de alimentação de arames eletrodo/ frio igual a V8/70% m/min.

Como previsto foi obtido maiores valores de penetração no processo GMAW em comparação ao processo GMAW-CW, devido ao menor aporte térmico resultado devido a uma maior massa a ser fundida no GMAW-CW. À velocidade de arame energizado ser aumentada foi observado um aumento de penetração lateral na peça, possivelmente sensivelmente auxiliada à maior energia de soldagem promovida pela estabilização de tensão na fonte de soldagem, aumentado a corrente para total fusão do arame frio e do energizado. Foi suposto que o arame não energizado não se manteve em sua posição de inserção ideal, gerando também uma considerável falta de fusão, como pode se observar nas macrografias obtidas nas amostras de velocidade 8 m/min na Tabela 4. Em altas velocidades de

alimentação de arame energizado (8 m/min) as velocidades relativas 50%, 60% e 70% seriam de 4 m/min, 4.8 m/min e 5.6 m/min, propiciando a falta de fusão, além de uma menor energia de soldagem para o mesmo.⁽⁵⁾

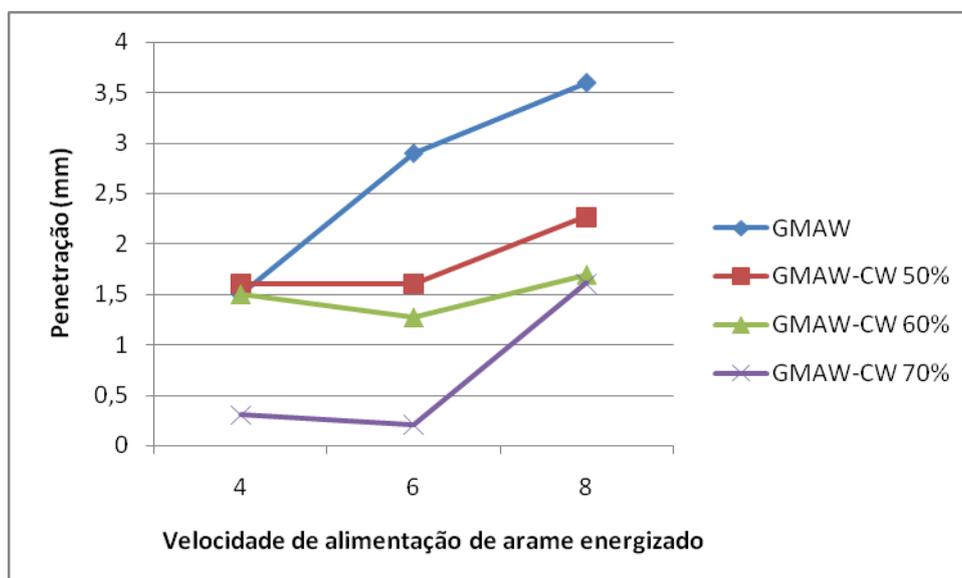


Figura 12. Gráfico comparativo entre os valores de penetração e parâmetros de soldagem utilizados nos processos GMAW-CW e GMAW.

Durante a avaliação geométrica das peças, foi observado que em qualquer velocidade de alimentação de arame frio os valores de reforço no processo GMAW-CW foram maiores que no processo GMAW. Entre as velocidades de alimentação do arame frio, no processo GMAW-CW, foi observado que houve acréscimos nos valores de reforço, visto o maior valor de massa adicionado no sistema. Entretanto entre as velocidades relativas 50% e 60% de arame frio há uma pequena redução seguido de um aumento na velocidade relativa de 70% para os valores de reforço (Figura 13 e Tabela 3). Visto que foi considerado o reforço como o valor acima do plano horizontal sobre o corpo de prova, é possível a existência de valores negativos entre os resultados obtidos.

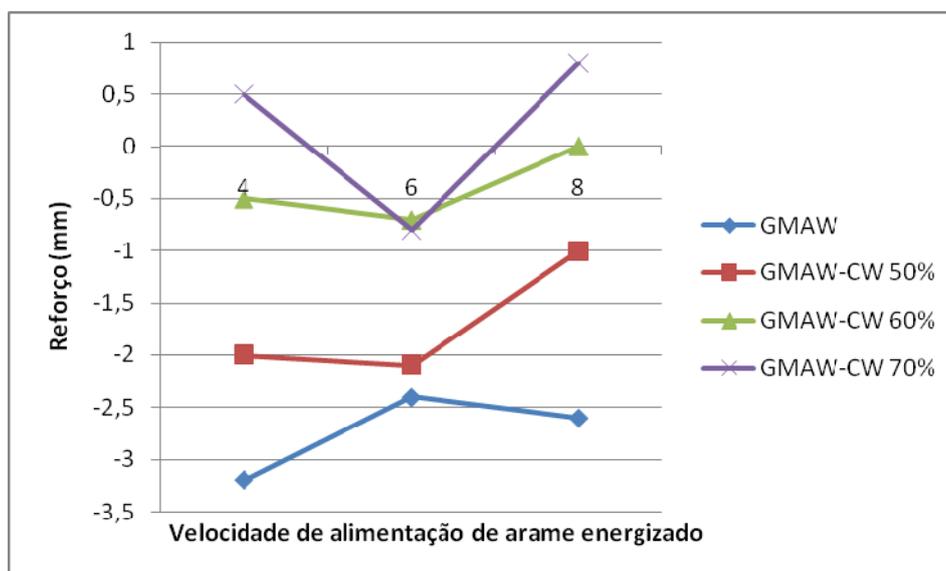


Figura 13. Gráfico comparativo entre os valores de reforço e parâmetros de soldagem utilizados nos processos GMAW-CW e GMAW.

Os dados obtidos para a largura nas amostras mostraram pequenas diferenças entre os processos comparados visto que no presente trabalho o chanfro oferece um valor máximo de largura até o momento de seu total preenchimento. Entretanto, o processo GMAW obteve os menores valores de largura, para quaisquer velocidades de alimentação de arame energizado como apresentado na Figura 14.

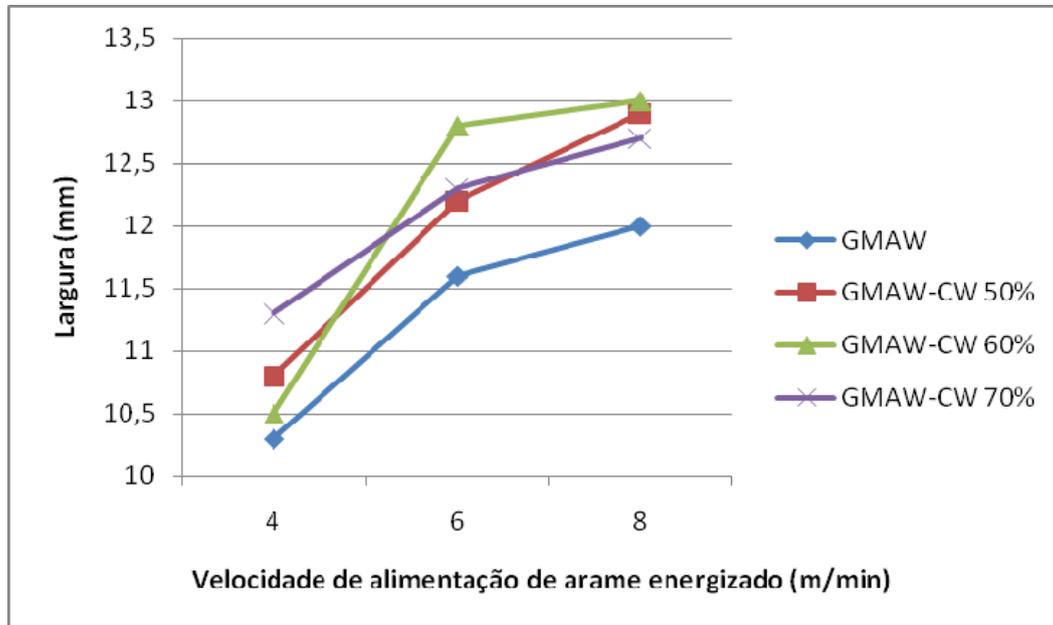


Figura 14. Gráfico comparativo entre os valores de largura e parâmetros de soldagem utilizados nos processos GMAW-CW e GMAW.

Para o tipo de soldagem apresentado neste trabalho, menores valores de diluição são aceitáveis, pois possibilitam um maior preenchimento do chanfro com uma menor utilização de massa ao fazê-lo. Com as velocidades de alimentação de arame frio de 50% e 60% foi obtido menores valores de diluição na peça em comparação ao processo GMAW convencional, chegando a 14% nas velocidades 6 m/min e 8 m/min a 50% e 60% respectivamente. O processo GMAW manteve-se em 39% nas velocidades 4 m/min e 6 m/min, seguido de uma redução na velocidade 8 m/min.

Os maiores valores de diluição observados nas imagens foram representados pelo processo GMAW na velocidade de alimentação de arame de 4 m/min e 6 m/min onde em seu ápice chegou a 39%, sendo estes valores possivelmente originários do maior aporte térmico oferecido pelo processo GMAW em comparação ao processo GMAW-CW, devido a ausência da massa de arame frio adicionada no sistema.

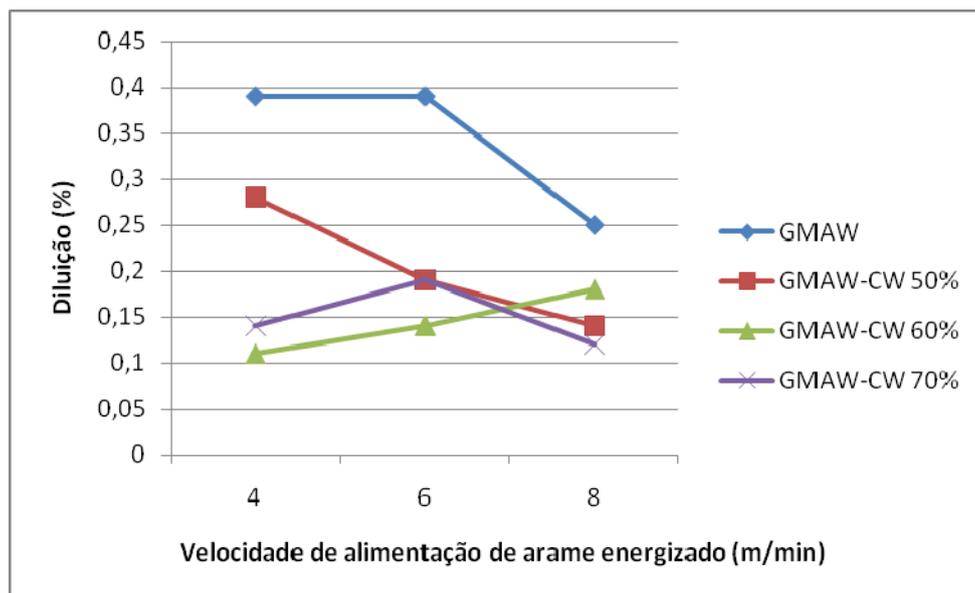
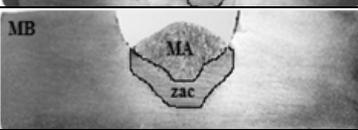
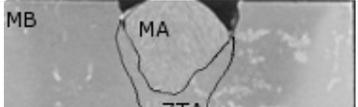


Figura 15. Gráfico comparativo entre os valores de diluição e parâmetros de soldagem utilizados nos processos GMAW-CW e GMAW.

Tabela 3. Valores da largura, reforço, penetração e diluição obtidas após o experimento

Processo de Soldagem	Velocidade de alimentação de arame energizado (m/min)	Velocidade relativa de alimentação de arame frio (%)	Penetração (mm)	Reforço (mm)	Largura (mm)	Diluição (%)
GMAW	4	-	1,5	-3,2	10,3	0,39
	6		2,9	-2,4	11,6	0,39
	8		3,6	-2,6	12	0,25
GMAW-CW	4	50	1,6	-2	10,8	0,28
		60	1,5	-0,5	10,5	0,11
		70	0,3	0,5	11,3	0,14
	6	50	1,6	-2,1	12,2	0,19
		60	1,27	-0,7	12,8	0,14
		70	0,2	-0,8	12,3	0,19
	8	50	2,27	-1	12,9	0,14
		60	1,69	0	13	0,18
		70	1,61	0,8	12,7	0,12

Tabela 4. Macrografias adquiridas após o experimento (sendo: MA – metal de adição; ZAC – Zona Afetada pelo Calor; MB – Metal de Base e ZTA – Zona Termicamente Afetada)

Processo de soldagem	Velocidade de alimentação de arame energizado (m/min)	Velocidade relativa de alimentação de arame frio (%)	Macrografias
GMAW	4	-	
	6		
	8		
GMAW-CW	4	50	
		60	
		70	
	6	50	
		60	
		70	
	8	50	
		60	
		70	

4 CONCLUSÕES

Foi observado em ambos os processos salpicagem, entretanto valores de diluição, largura e reforço para o processo GMAW-CW se apresentaram melhores em comparação ao GMAW. Entre as velocidades de alimentação de arame frio utilizadas, a elevados valores (70% na velocidade de alimentação de arame energizado de 6m/min e em todas as velocidades de alimentação de arame frio na velocidade 8m/min no arame energizado), foi observada falta de fusão nas peças, enquanto que no processo GMAW não foi observado.

Com o aumento da velocidade de alimentação de arame energizado foi observado uma leve redução nos valores de diluição, principalmente quando comparados aos resultados obtidos no processo GMAW. Nos valores de penetração foi observado um contínuo aumento com a redução na velocidade de alimentação de arame frio, resultado este já esperado devido ao menor aporte térmico oferecido pelo processo GMAW-CW. Por fim, os valores de largura se mantiveram semelhantes entre as velocidades de alimentação de arame frio no processo GMAW-CW e se mantiveram maiores em comparação ao processo GMAW.

REFERÊNCIAS

- 1 CABRAL, T. D. **Influência dos Procedimentos e Processos de Soldagem MAG na redução de Deformações em Painéis de Estruturas Navais**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2011.
- 2 SÁBIO, A. D. **Estudo da Viabilidade Operacional do processo de Soldagem MAG com Alimentação Adicional de Arame Frio**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2007
- 3 P. Kah. **Influence of shielding gases in the welding of metals**. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. DOI 10.1007/s00170-012-4111-6. 2012.
- 4 SILVA, F. G. **Estudo da Viabilidade do Processo de Soldagem FCAW com Adição de Arame Frio, Aplicado a Indústria Naval**. Dissertação (Mestrado) – Univercidade Federal do Pará, 2010.
- 5 MODENESI, P. J. **Soldagem I: descontinuidades e inspeção em juntas soldadas**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais, p. 9-10, nov. 2001.