

# ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA CORRENTE MÉDIA DE SOLDAGEM NO PROCESSO TIG PULSADO

Anna Louise Voigt, [anna.voigt@grad.ufsc.br](mailto:anna.voigt@grad.ufsc.br)<sup>1</sup>  
Tiago Vieira da Cunha, [t.cunha@ufsc.br](mailto:t.cunha@ufsc.br)<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Santa Catarina, Rua Pres. Prudente de Moraes nº 406, Santo Antônio, Joinville - SC, 89218-000

**Resumo:** *Diversas são as variáveis que caracterizam o processo TIG pulsado. Nos trabalhos encontrados na literatura acerca da utilização da corrente pulsada no processo TIG, pouco se justifica o uso da corrente média como parâmetro de análise. Com base nisso, questiona-se: a corrente média é o parâmetro de análise mais adequado? Com o intuito de fomentar esta discussão, foram realizados ensaios de soldagem com o processo TIG em diferentes condições de pulsação da corrente. Analisaram-se os aspectos geométricos dos cordões resultantes como penetração, largura e área fundida. A penetração se manteve constante nos ensaios com corrente pulsada, porém, em todos os ensaios foram obtidas diferentes medidas de largura e área fundida. Este resultado evidencia a possibilidade da corrente média não ser o melhor parâmetro que caracteriza um cordão de solda quanto ao seu aspecto dimensional.*

**Palavras-chave:** TIG, Pulsado, Corrente média

## 1. INTRODUÇÃO

Equipamentos modernos de soldagem TIG apresentam recursos como o uso de corrente contínua pulsada e de corrente alternada com forma de onda retangular. Esta técnica de soldagem é caracterizada por alternar periodicamente entre um nível alto e baixo de corrente de soldagem pré-determinado. O mais alto, sendo a corrente de pulso, e o mais baixo, a corrente de base. Na forma de onda retangular os dois níveis permanecem por intervalos de tempo denominados tempo de pulso e tempo de base, respectivamente.

Na literatura são encontrados inúmeros trabalhos que abordam os efeitos da pulsação da corrente no processo TIG, sobretudo em baixas frequências. De um modo geral, as vantagens relatadas para este método incluem o maior controle sobre as características dimensionais do cordão de solda (Tseng e Chou, 2001; Tseng e Chou, 2002), maior tolerância às variações na dissipação de calor (Simpson, 1977), menor aporte de calor (Street, 1990; Leitner, Mcelhinney e Pruitt, 1973) e redução de tensões residuais e distorções da peça (Leitner, Mcelhinney e Pruitt, 1973; Suresh et al. 2004). Já do ponto de vista metalúrgico, as vantagens relatadas na literatura referem-se ao refino de grão obtido na zona fundida (Wu, Zheng e Wu, 1998), redução da largura da ZAC (Janaki, Mitra e Shankar, 2003) e controle de segregação (Kishore e Raman, 2003). Contudo, nos trabalhos acerca da utilização da corrente pulsada no processo TIG pouco se justifica o uso da corrente média como parâmetro de análise. Dentre os poucos trabalhos está o de Cassina, Gonzalez e Machado (1994), que aponta como principal vantagem do processo TIG pulsado a possibilidade de obter altos valores de penetração, com muito baixos valores de corrente média. Os autores comparam em seu trabalho características de penetração obtidas por corrente contínua com os obtidos por corrente pulsada. Em sua análise, eles atribuem à corrente média o aumento da penetração, sem levar em consideração os valores propriamente ditos de corrente de pulso e a corrente de base. Segundo Omar (1979) a corrente média é o parâmetro de controle que contempla as variáveis de pulso e que atua sobre a eficiência da fusão e penetração, cuja conclusão valida a análise de Cassina, Gonzalez e Machado (1994). Em contrapartida aos resultados obtidos por Omar (1979), Souza (1991) concluíram ao analisar o efeito da penetração em soldas realizadas com corrente pulsada com as formas de onda retangular, triangular e trapezoidal, que o uso da corrente média como parâmetro pode conduzir uma interpretação errada no processo TIG pulsado.

Neste contexto, a corrente eficaz pouco é utilizada. A corrente eficaz é em sua maioria empregada quando se utiliza corrente alternada, já que em muitos casos a corrente média é igual a zero. Com base nisso, questiona-se: a corrente média é o parâmetro de análise mais adequado? Assim, o presente trabalho tem o intuito de fomentar esta discussão, tendo em vista que, numa soldagem em corrente contínua quanto maior a amplitude de pulsação da corrente, maior será a diferença entre o seu valor médio e eficaz.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Com o intuito de obter dados experimentais a fim de fomentar a discussão proposta, foram realizados cordões de solda sobre chapa (*bead-on-plate*) sem deposição de material com os parâmetros fixos que se encontram em Tab. (1). Para possibilitar a análise da influência dos diferentes parâmetros de pulsação da corrente, fixou-se uma corrente média

(150A) e alterou-se a amplitude da pulsação ( $\Delta I$ ), amplitude esta que corresponde a diferença entre a corrente de pulso e a corrente de base. Conforme o aumento da corrente de pulso e diminuição, na mesma proporção, da corrente de base, a amplitude de pulsação aumentou e a corrente média permaneceu constante. Estabeleceu-se uma corrente média de 150 A para que fosse possível atingir uma amplitude de pulso de tal forma que o valor da corrente eficaz fosse cerca de 50 A maior que o valor da corrente média. As medições da corrente média e corrente eficaz foram feitas com o sistema de aquisição de dados SAP V4.28 acoplado ao equipamento de soldagem. Utilizou-se como metal base barras chatas de aço AISI SAE 1020 com dimensões de 100 mm de largura, 200 mm de comprimento e 6,35 mm de espessura. Antes da realização dos cordões, os corpos de prova foram retificados e limpos com álcool isopropílico.

**Tabela 1. Variáveis fixas de soldagem.**

Condições de Soldagem	
Distância eletrodo-peça (DEP)	2 mm
Ângulo de afiação do eletrodo	60°
Diâmetro do eletrodo	2,4 mm
Tipo do eletrodo	EWTh-2
Avanço do eletrodo*	2 mm
Vazão de gás	12 L/min (Ar)
Tamanho do bocal de gás	Nº 7
Velocidade de soldagem	10 cm/min

Os cordões de solda foram realizados de forma mecanizada, com velocidade constante, de modo que a distância eletrodo peça permanecesse constante e, portanto, não interferisse no aspecto geométrico final dos cordões.

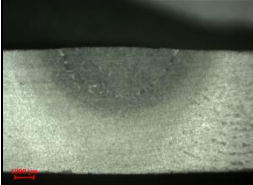
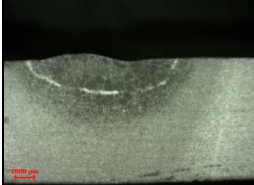
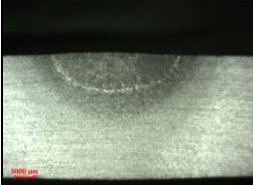
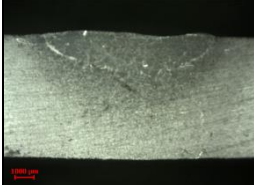
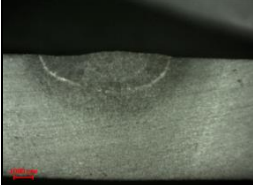
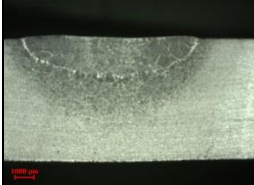
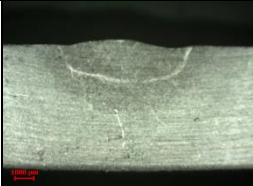
Foi utilizado tempo de pulso e de base igual a 10 ms, o que resultou numa frequência de pulsação de 50 Hz. A escolha destes tempo visa minimizar os efeitos da pulsação térmica e, assim, sua influência sobre a geometria final do cordão. Em Tab. (2) podem ser vistos os parâmetros dos diferentes ensaios realizados, lembrando que o ensaio 1 foi feito com corrente constante.

**Tabela 2. Parâmetros utilizados.**

1	150 A	150 A	0 A	150 A	150 A	150,0 A	150 A
2	95 A	205 A	110 A	150 A	151 A	159,8 A	160 A
3	70 A	230 A	160 A	150 A	151 A	170,0 A	169 A
4	50 A	250 A	200 A	150 A	150 A	180,3 A	179 A
5	35 A	265 A	230 A	150 A	151 A	189,0 A	188 A
6	20 A	280 A	260 A	150 A	145 A	198,5 A	192 A
7	10 A	290 A	280 A	150 A	146 A	205,2 A	197 A

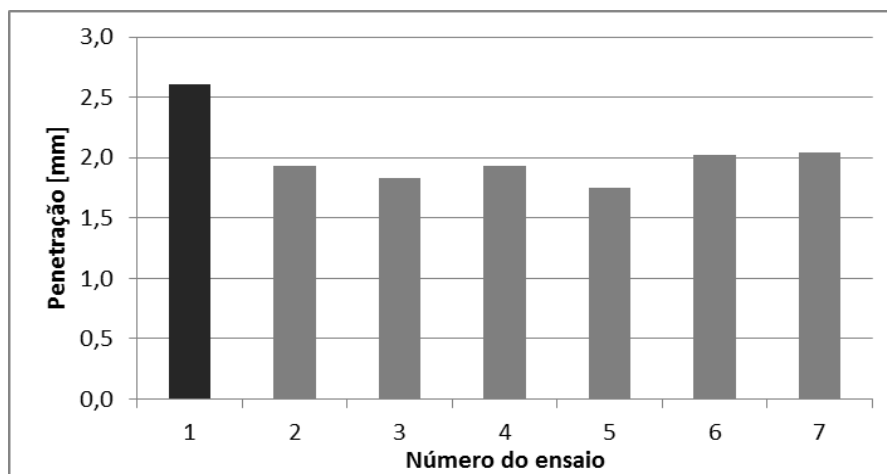
### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

De cada corpo de prova soldado retirou-se duas amostras da seção transversal possibilitando a obtenção das medidas geométricas dos cordões através de uma análise metalográfica (macrografia). As medidas geométricas feitas foram largura do cordão, penetração da solda, e área fundida. Utilizou-se na análise a média das medidas obtidas. A Figura (3) apresenta algumas macrografias realizadas dos cordões bem como suas respectivas medidas médias.

1		P = 2,6 mm L = 6,5 mm A = 12,25 mm <sup>2</sup>	5		P = 1,7 mm L = 8,1 mm A = 10,75 mm <sup>2</sup>
2		P = 1,9 mm L = 6,7 mm A = 8,88 mm <sup>2</sup>	6		P = 2,0 mm L = 9,3 mm A = 12,88 mm <sup>2</sup>
3		P = 1,8 mm L = 6,8 mm A = 8,75 mm <sup>2</sup>	7		P = 2,0 mm L = 9,6 mm A = 14,00 mm <sup>2</sup>
4		P = 1,9 mm L = 7,0 mm A = 10,50 mm <sup>2</sup>			

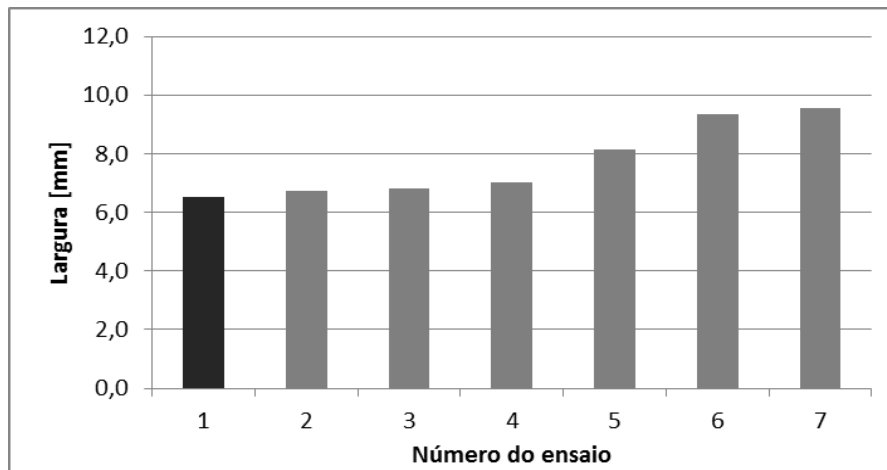
**Figura 1. Macrografias e medidas realizadas.**  
P= Penetração; L= Largura; A= Área fundida

Em Figura (1) acima observa-se que não há significativa variação do valor da penetração nos ensaios com corrente pulsada. No entanto, com corrente constante (ensaio 1) o valor da penetração foi superior aos obtidos com corrente pulsada. Por outro lado, observa-se que o valor da largura do cordão apresentou significativa variação. Isto pode ser visto mais facilmente em Fig. (2), (3) e (4), onde os valores de largura, penetração e área fundida dos cordões foram sintetizados.



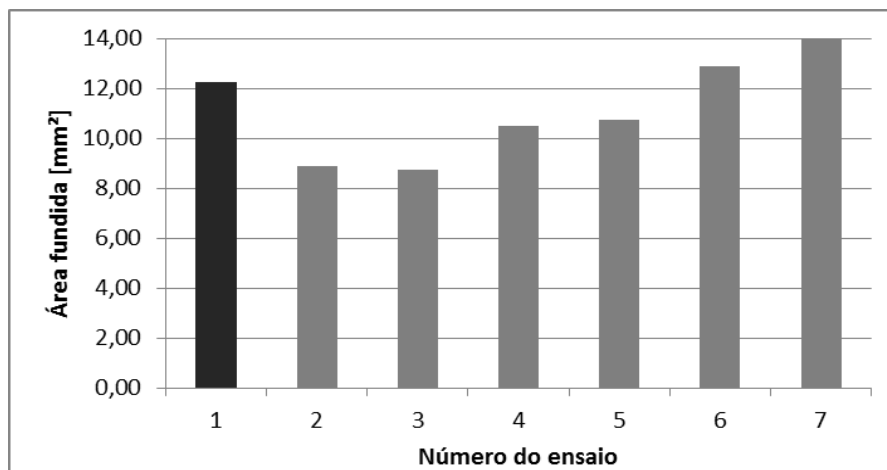
**Figura 2. Penetração obtida nos diferentes ensaios.**

Os valores de largura não foram constantes, como pode ser visto em Fig. (3). Observa-se que a largura aumentou com o aumento da pulsação e ao contrário do obtido na penetração, a largura com corrente pulsada foi superior ao obtido com corrente constante.



**Figura 3. Largura obtida nos diferentes ensaios.**

A área fundida pode ser entendida como uma combinação da penetração e da largura. Por consequência o resultado apresentado em Fig. (4) apresenta maior área fundida no ensaio 1, que corresponde ao de corrente constante, devido à penetração ser superior à obtida nos ensaios de corrente pulsada.



**Figura 4. Área fundida obtida nos diferentes ensaios.**

## 4. CONCLUSÃO

Com base nos ensaios realizados, pode-se concluir que a corrente média pode ser um parâmetro significativo no que diz respeito a penetração na soldagem com corrente pulsada, já que a mesma permaneceu praticamente constante. Contudo, nos resultados obtidos para a largura do cordão, a corrente média, ao que tudo indica, não se apresenta como um bom parâmetro de análise, de modo que outro parâmetro pode ser responsável pelo aumento da largura. Parâmetros como corrente de pulso, corrente de base, corrente eficaz e amplitude de pulso poderiam ser as variáveis determinantes da largura do cordão. Isto, conduz a necessidade de continuidade nos estudos a fim de identificar a influência de outros parâmetros de soldagem e, assim, fomentar uma discussão mais profunda sobre a questão da pulsação no processo TIG.

## 5. REFERÊNCIAS

- Cassina, J. C.; Gonzalez, A. R.; Machado, I. G., 1994, TIG Convencional e Pulsado: Efeito da Corrente e Velocidade de Soldagem sobre a Geometria do Cordão de Solda em Aço AISI 304. Contagem - MG: XX ENTS.
- Janaki, R. G. D.; Mitra, T. K.; Shankar, V., 2003, Microstructural refinement through inoculation of Type 7020 Al-Zn-Mg alloy welds and its effect on hot cracking and tensile property. J Mater Process Technol, 142.
- Kishore Babu, N. K.; Raman, G. S. S., 2006, Influence of current pulsing on microstructure and mechanical properties of Ti-6Al-4V TIG weldments. Science and Technology of Welding and Joining, 11, n. 4.

- Leitner, R. E.; Mcelhinney, G. H.; Pruitt, E. L., 1973, An investigation of pulsed GTA welding variables. *Welding Journal*, 52, n. 9.
- Omar, A., 1979, Pulsed Plasma--Pulsed GTA Arc: a Study of the Process Variables. *Welding Journal*, v. 58, n. 4, p. 97.
- Welding Handbook, 1991, "Welding processes", *Welding Handbook*, 8th ed., Vol. 2, American Welding Society – AWS, Miami, FL.
- Simpson, R. P., 1977, Controlled weld-pool solidification structure and resultant properties with yttrium inoculation of Ti--6Al--6V--2Sn welds. *Welding Journal*, 56, n. 3.
- Souza, L. F. G et al., 1991, Análise dos Parâmetros de Pulso no Processo TIG pulsado. XVII ENTS, pp. 611-628.
- Tseng, K. H.; Chou, C. P., 2001, Effect of pulsed gas tungsten arc welding on angular distortion in austenitic stainless steel. *Journal of material processing technology*, 123.
- Street, J. A., 1990, Pulsed arc welding. 1ª. ed. [S.l.]: Abington publishing.
- Suresh, M. V. et al., 2004, Effect of pulse frequency in gas tungsten arc welding of powder metallurgical preforms. *Science and Technology of Welding and Joining*, 9, n. 4.
- steel weldments. *Science and Technology of Welding and Joining*, 6, n. 3.
- Tseng, K. H.; Chou, C. P., 2002, The effect of pulsed GTA welding on the residual stress of a stainless steel weldment. *Journal of material processing technology*, 123.
- Wu, C. S.; Zheng, W.; Wu, L., 1998 Modelling the transient behaviour of pulsed current tungsten-inert-gas weldpools. *Modelling Simul. Mater. Sci. Eng.*, 7.

## STUDY OF INFLUENCE OF WELDING CURRENT AVERAGE IN PULSED TIG PROCESS

**Anna Louise Voigt, [anna.voigt@grad.ufsc.br](mailto:anna.voigt@grad.ufsc.br)<sup>1</sup>**  
**Tiago Vieira da Cunha, [t.cunha@ufsc.br](mailto:t.cunha@ufsc.br)<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Federal de Santa Catarina, Rua Pres. Prudente de Moraes nº 406, Santo Antônio, Joinville - SC, 89218-000

**Abstract:** *Many variables characterize the pulsed TIG process. Most work published on the use of pulsed current in the TIG process, little is justified using the average current as analysis parameter. Based on that, the question is: is the current average the most appropriate parameter analysis? In order to promote discussion, welding experiments were conducted the TIG process in different conditions of the current pulse. The resulting geometric aspects of beads as depth of penetration, width and welded area were analyzed. Penetration was constant in experiments with pulsed current, however, in all experiments different measures of width and welded area were taken. This result shows possibility of the current average not be the best parameter characterizing a weld bead as to its dimensional aspect.*

**Keywords:** TIG, Pulsed, Average Current