

**CT -25 ESTUDO DA TAXA DE FUSÃO DE ARAMES DE AÇO
CARBONO NO PROCESSO MIG/MAG**⁽¹⁾ **Túlio Fernandes dos Santos**⁽²⁾ **Moisés Alves de Oliveira**⁽³⁾ **Jair Carlos Dutra****RESUMO**

A taxa de fusão na soldagem MIG é geralmente apresentada como função da corrente e do diâmetro do arame. Os critérios para execução de ensaios que determinam esta função devem estar claros para adequado aproveitamento dos resultados. Foram conduzidos experimentos com arames de aço, onde a resistência elétrica do arame-eletrodo foi mantida constante, o que condicionou diferentes alturas da tocha para cada diâmetro de arame e modo de transferência. Através da análise da corrente e da velocidade de arame, identificou-se que, para as condições ensaiadas, a relação entre taxa de fusão e corrente de soldagem não é afetada pela variação do diâmetro do arame no regime de transferência por curto circuito, já no regime de transferência por spray houve alteração da relação. Os resultados obtidos, permitiram estabelecer equações para o comando sinérgico de fontes de soldagem operando com processo MIG convencional.

Palavras Chave: MIG convencional, Taxa de fusão, Diâmetro do arame.

ABSTRACT

The melting rate in GMAW is presented usually as function of both welding current and wire diameter. The criteria used to experimental determination of this function must be clearly defined for an appropriate exploitation of the results. Experiments with mild steel wire has been conducted with constant electric resistance through the appropriated choice of different tip-to-work distances (stick-outs) depending of the wire diameter and metal transfer mode. Through a current and wire speed analysis, it was identified that the relationship between melting rate and welding current was not affected by the wire diameter variation in short-circuit transfer, already in spray transfer mode there was alteration of the relationship. The results allowed establish equations for synergic welding sources for conventional GMAW.

Key words: GMAW, melting rate, diameter of electrode

(1) Eng. Mecânico, Professor da PUCPR (tsantos@rla01.pucpr.br)
Dep. Eng. Mec., Rua Imaculada conceição 1155, CEP 80215-901, Curitiba-PR

(2) Moisés Alves de Oliveira – Doutorando da UFSC (moises@labsolda.ufsc.br)
Labsolda, Campus Universitário UFSC, Trindade, Florianópolis-SC

(3) Dr. Eng. Jair Carlos Dutra, Professor da UFSC (jdutra@imc-soldagem.com.br)
Dep. Eng. Mec., Campus Universitário, CP 476, CEP 88040-900, Trindade, Florianópolis-SC

1. INTRODUÇÃO

O estudo da taxa de fusão do arame-eletrodo na soldagem MIG é de fundamental importância para análises das condições de soldagem, envolvendo, em especial, considerações quanto aos aspectos de produtividade, o que condiciona a seleção de consumíveis e os respectivos parâmetros de soldagem.

Algumas análises envolvendo este tema enfocam geralmente a relação entre a velocidade do arame e a corrente de soldagem, como apresentado no Welding Handbook ⁽¹⁾, e não a quantidade de material depositado, merecendo algumas análises complementares para que tais informações sejam tomadas como base para seleção de condições de soldagem.

Uma importante dúvida de diversos profissionais ligados à soldagem é de fato qual diâmetro de eletrodo gera maior deposição, sendo comum encontrar-se profissionais que julgam que arames de menor diâmetro resultam em maiores taxas de deposição.

O objetivo deste trabalho é buscar esclarecer esta dúvida mediante ensaios de soldagem, realizados conforme alguns critérios predefinidos, de forma a contribuir para com os processos de seleção de parâmetros de soldagem.

Inicialmente procurou-se estabelecer um critério que permitisse uma avaliação da influência do diâmetro do eletrodo, porém considerando outros fatores determinantes da taxa de fusão, como o comprimento do eletrodo. Estas análises tiveram como base a relação entre a velocidade de arame e a corrente, apresentada no Welding Handbook ⁽¹⁾, tal que:

$$Va = aI + bLI^2 \quad [1]$$

onde:

- Va é a velocidade do arame,
- a é uma constante de proporcionalidade relativa ao aquecimento do anodo ou catodo, estando condicionada à polaridade entre outros fatores,
- b é uma constante de proporcionalidade relativa ao aquecimento devido à resistência elétrica,
- L é o comprimento do eletrodo,
- I é a corrente de soldagem.

O produto $b \cdot L$, apresentado na equação, caracteriza fundamentalmente a parcela da taxa de fusão decorrente do aquecimento por efeito joule produzido pela resistência elétrica do arame-eletrodo, sendo que esta pode ser expressa por:

$$R = \rho \times \frac{L}{\left(\frac{\pi \times d_e^2}{4} \right)} \quad [2]$$

onde:

R é a resistência elétrica do arame-eletrodo,

ρ é a resistividade do material,

L é o comprimento do eletrodo,

d_e é o diâmetro do eletrodo.

Esta equação, apresenta a resistência elétrica como resultado da combinação do diâmetro e comprimento do eletrodo, sendo que este último pode ser estabelecido conforme exigências das condições de soldagem, ou mesmo da habilidade do soldador. Com base nestas considerações optou-se por fixar como critério deste trabalho a relação L/d_e^2 para que o efeito da variação destes fatores não afetasse a resistência elétrica do arame-eletrodo.

2. MÉTODOS E MATERIAIS

Nos experimentos foram utilizadas chapas aço 1045 espessura de 1” e dimensões de 400 x 300 mm, arame ER 70S6 de 0,8 , 1,0 e 1,2 mm de diâmetro e gás de proteção Argônio com 18% de CO₂, com vazão de 15 l/min.

A máquina de solda utilizada foi uma fonte de soldagem multiprocessado transistorizada com sistema de alimentação composto por cabeçote de alimentação, equipado com roletes em V e tocha refrigerada, com 2 m de comprimento e bocal de 15 mm.

Para a movimentação da tocha foi utilizado um sistema com motor de passo, que possibilitou a execução dos ensaios nas diversas velocidades de soldagem estabelecidas.

Para monitoração da soldagem, utilizou-se um sistema de aquisição portátil, equipado com sensores de corrente, tensão, velocidade de arame e vazão de gás.

O sistema de aquisição, operando com microcomputador Pentium 100 MHz, efetuou aquisições de sinais, a uma velocidade de 5 kHz, utilizando software, para gerar oscilogramas das variáveis medidas, sendo esta aquisição realizada após ser detectada visualmente a estabilização do processo.

Foi elaborado o projeto de experimentos estabelecendo-se:

- Três diâmetros de arame 0,8 ; 1,0 ; 1,2 mm;
- Fixada relação $L/d_e^2=10$;
- Velocidades de soldagem escalonadas conforme o diâmetro do arame e velocidade do arame ;
- Velocidades de arame escalonadas com diferença de 2 m/min;
- Comprimento de arco, para as condições de regime de spray, de 5 mm.

As combinações de parâmetros e variáveis estão apresentadas na tabela 1 – Conjunto de experimentos.

Com base nos oscilogramas obtidos em cada ensaio, foi identificada a corrente eficaz de soldagem correspondente a cada velocidade de arame, possibilitando estabelecer a relação entre corrente de soldagem e a taxa de fusão.

Os resultados foram apresentados considerando-se objetivamente a taxa de fusão de arame e não apenas a velocidade do arame, de forma a facilitar as análises envolvendo questões de produção.

3. RESULTADOS

Os experimentos forneceram os resultados conforme tabela 2 – Resultados dos experimentos, onde está identificado também o regime de transferência obtido em cada ensaio.

Para maior clareza os resultados foram apresentados no gráfico da Figura 1, onde se observa um bom alinhamento de pontos em especial para baixos níveis de corrente. Os resultados foram separados conforme o tipo de transferência metálica, por curto circuito ou spray, o que resultou respectivamente nos gráficos das figuras 2 e 3.

Para as condições ensaiadas, os resultados relativos à transferência por curto circuito, apresentados no gráfico 2, demonstram que a relação entre taxa de fusão e corrente eficaz, não foi influenciada pela variação do diâmetro do arame-eletrodo. Esta relação pode ser expressa pela equação abaixo, obtida por regressão múltipla, apresentando um $R^2 = 0,99972$.

$$TF = 0,133 + 0,00545 \times I + 0,00004 \times I^2 \quad [3]$$

onde TF é a taxa de fusão (kg/h) e I é a corrente eficaz (A).

Os resultados relativos à condição de transferência por spray, apresentados na figura 3, mostram que para as condições ensaiadas, para uma mesma taxa de fusão, os arames de menor diâmetro demandam menores níveis de corrente.

4. CONCLUSÕES

Os resultados apresentados demonstram que, para as condições ensaiadas, a taxa de fusão na soldagem MIG em regime de transferência por curto circuito não sofre influência da variação do diâmetro do arame.

Os resultados obtidos em regime de transferência por spray, demonstram que para as condições ensaiadas o diâmetro do arame influencia a relação entre taxa de fusão e corrente de soldagem, estando relacionado a outro fator que não a resistência elétrica do arame-eletrodo.

Faz-se necessário um novo estudo para identificação dos possíveis fatores que aliados à variação do diâmetro do arame estejam influenciando a relação entre taxa de fusão e corrente de soldagem no regime de spray.

5. AGRADECIMENTOS

À PUCPR, que possibilitou a realização de experimentos em seus laboratórios.

À IMC de Florianópolis e ao LABSOLDA da UFSC, que forneceram a orientação e o apoio técnico para adequação de experimentos, máquinas, equipamentos e softwares

6. REFERÊNCIAS

- 1 **Welding Handbook**, Vol. 2 (Welding Processes), 8th ed. 1991. Miami, Fla.: American Welding Society, p. 117-120.

Nº do experimento	Diâmetro do Arame (mm)	Velocidade de Soldagem (cm/min)	Velocidade de alimentação (m/min)	Distância bico de contato-peça (mm)	Comprimento do Arame-Eletrodo (mm)
1	0.8	20	2	8	6.4
2	0.8	25	4	8	6.4
3	0.8	30	6	8	6.4
4	0.8	35	8	8	6.4
5	0.8	40	10	11	6.4
6	0.8	45	12	11	6.4
7	0.8	50	14	11	6.4
8	0.8	55	16	11	6.4
9	1	25	2	12	10
10	1	30	4	12	10
11	1	35	6	12	10
12	1	40	8	12	10
13	1	45	10	15	10
14	1	50	12	15	10
15	1	55	14	15	10
16	1	60	16	15	10
17	1.2	30	2	17	14.4
18	1.2	35	4	17	14.4
19	1.2	40	6	17	14.4
20	1.2	45	8	17	14.4
21	1.2	50	10	19	14.4
22	1.2	55	12	19	14.4
23	1.2	60	14	19	14.4
24	1.2	65	16	19	14.4

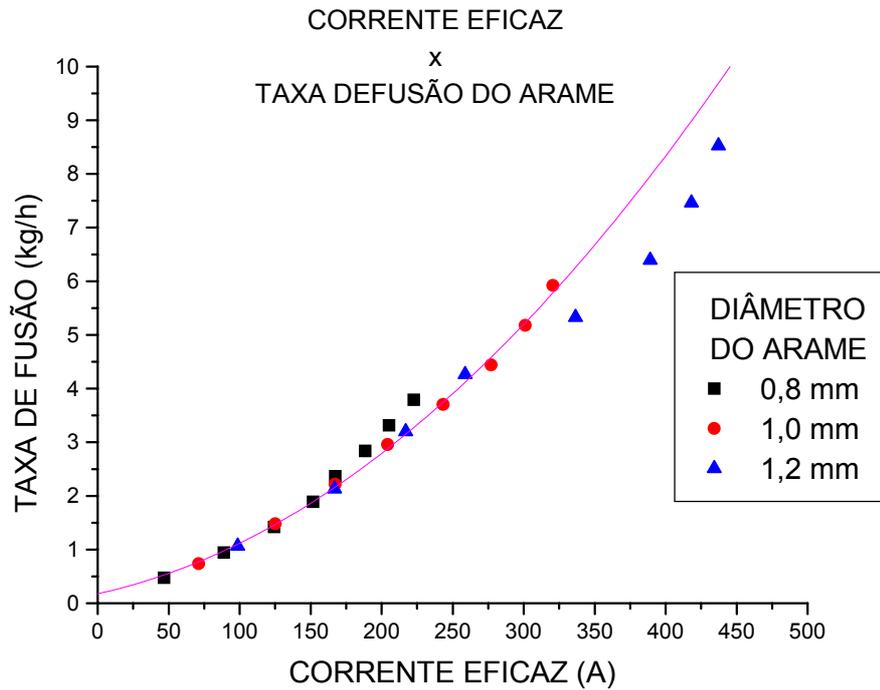


Fig. 1 Corrente Eficaz x Taxa de Fusão

Tabela 2 - Resultados dos experimentos				
Nº do experimento	Diâmetro do Arame (mm)	Corrente Eficaz (A)	Taxa de fusão (kg/h)	Regime de Transferência
1	0,8	47	0,47	Curto Circuito
2	0,8	89	0,95	Curto Circuito
3	0,8	124	1,42	Curto Circuito
4	0,8	152	1,89	Curto Circuito
5	0,8	167	2,37	Spray
6	0,8	188	2,84	Spray
7	0,8	205	3,32	Spray
8	0,8	223	3,79	Spray
9	1	71	0,74	Curto Circuito
10	1	125	1,48	Curto Circuito
11	1	167	2,22	Curto Circuito
12	1	204	2,96	Curto Circuito
13	1	243	3,70	Spray
14	1	277	4,44	Spray
15	1	301	5,18	Spray
16	1	321	5,92	Spray
17	1,2	99	1,07	Curto Circuito
18	1,2	167	2,13	Curto Circuito
19	1,2	217	3,20	Curto Circuito
20	1,2	259	4,26	Curto Circuito
21	1,2	337	5,33	Spray
22	1,2	389	6,39	Spray
23	1,2	418	7,46	Spray
24	1,2	437	8,52	Spray

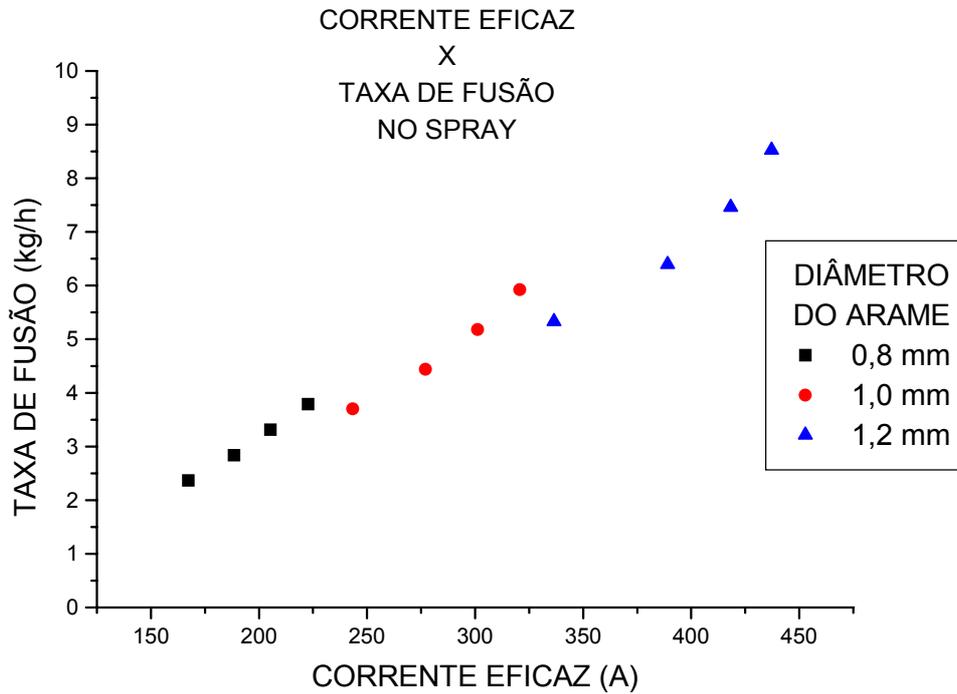


Fig. 3- Corrente Eficaz x Taxa de Fusão no Spray

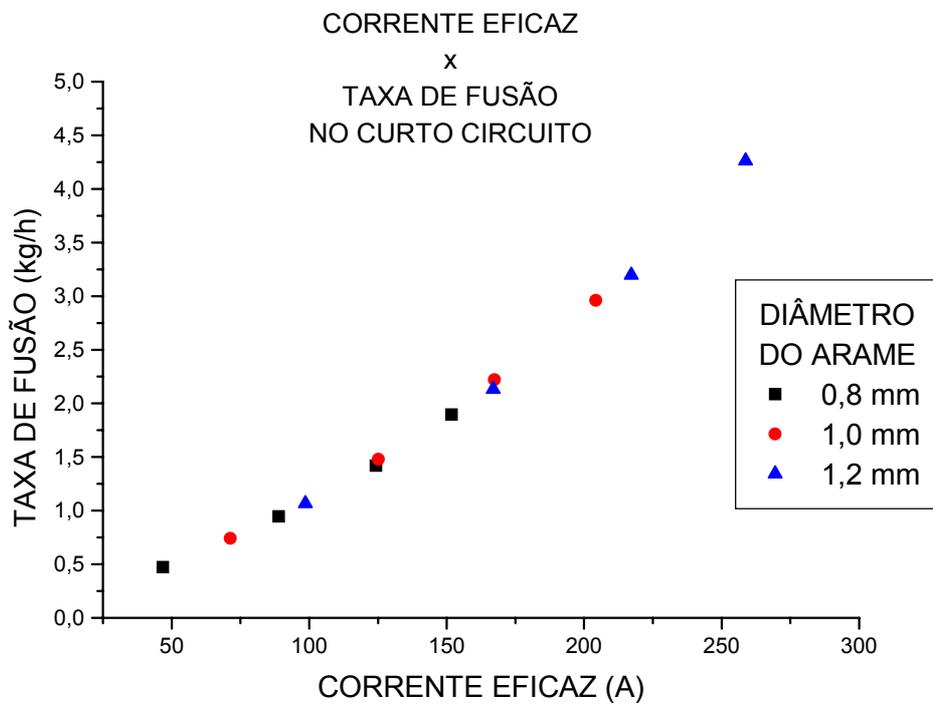


Fig. 2- Corrente Eficaz x Taxa de fusão no curto circuito