

# AVALIAÇÃO DE TÉCNICAS EMPREGADAS NA METODOLOGIA GRAVIMÉTRICA PARA AVALIAR A POROSIDADE NA SOLDAGEM DE LIGAS DE ALUMÍNIO POR PROCESSOS MIG

J.S. Vanderley (1), C.L.M. da Silva (1) e V. A. Ferraresi(1)

(1) Faculdade de Engenharia Mecânica, FEMEC, Universidade Federal de Uberlândia, Av. João Naves de Ávila, 2160, Bloco 1M, Uberlândia MG, cep: 38.400-089.

**Palavras chaves:** Porosidade, Gravimetria e posição Sobrecabeça.

## RESUMO

A transformação tecnológica referente à utilização de materiais com excelentes propriedades mecânicas fazem com que o homem continue modificando e melhorando, equipamentos e máquinas para determinadas funções, a exemplo disso, tem-se o alumínio, que atualmente desempenha certas tarefas, antes ocupadas pelos aços. Essas mudanças continuam ocorrendo principalmente por que o mesmo apresenta uma maior resistência à corrosão e melhor relação resistência versus peso. A descoberta do material alumínio é recente e mais ainda é a forma como o mesmo é trabalhando nas diversas etapas da fabricação, por exemplo, na soldagem. As dificuldades impostas à soldagem de alumínio e suas ligas estão atribuídas principalmente à dificuldade encontrada em se fundir a camada de óxido que se forma na sua superfície, a Alumina, e aos problemas referentes à solidificação gerando descontinuidades no cordão de solda, em específico, a porosidade. A mesma é gerada pela presença de hidrogênio, que na região do arco apresenta diferente solubilidade com a variação térmica da solda. Os problemas da presença de porosidade no cordão de solda estão relacionados ao tamanho e disposição das descontinuidades, desta forma, poros grandes ou mesmo bem concentrados podem levar à perda de resistência mecânica. As porosidades podem ser avaliadas perante ensaios de dois tipos: destrutivos (Inspeção Micrográfica, Macrográfica e Gravimétrica) e não-destrutivos (Ultrassom e Radiografia). Neste trabalho objetivou-se uma avaliação de duas técnicas empregadas na metodologia gravimétrica que garantissem uma melhor avaliação do desempenho dos processos de soldagem em específico o MIG pulsado (MIG-P), bem como a determinação do número de ensaios para que soldas fossem feitas com 95% de confiança. Desta forma, alternativas que favoreceram a formação de porosidades foram estudadas e adaptadas, com isso utilizou-se chapas-teste de liga de alumínio (AA5052) chanfradas cujas configurações foram estudadas por Qites e Scotti (1984) e soldando-se na posição sobrecabeça estudada por Devletian e Wood (1974). A Figura 1 ilustra a chapa-teste utilizada (a) bem como a posição sobrecabeça (b).

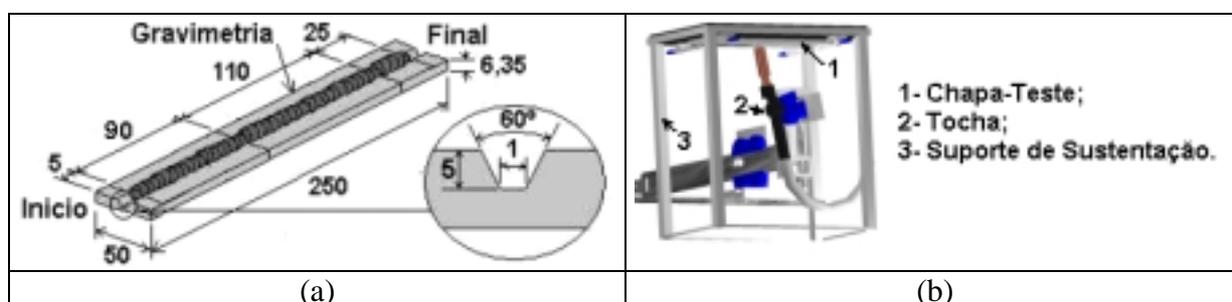


Figura 1 – Representação: (a) da chapa teste utilizada (b) Posição sobrecabeça

As soldagens foram realizadas com arame eletrodo AWS ER 4043 (diâmetro de 1mm) com uma fonte eletrônica especial, porém comercial, ajustada para MIG-P em CC+, com uma

tocha push-pull no sentido empurrando com 10° de inclinação, DBCP de 15 mm e o gás de proteção foi argônio a uma vazão de 15L/min. Os parâmetros ajustados na máquina de solda estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Parâmetros utilizados para a soldagem

Parâmetros MIG-P	Imt 102 (A)
<b>Ip (A)</b>	200
<b>tp (ms)</b>	2,2
<b>Ib (A)</b>	39
<b>tb (ms)</b>	3,5
<b>Va (m/min)</b>	6,4
<b>Vs (mm/min)</b>	349

Depois de concluída as soldas, as chapas testes foram avaliadas quanto a geração de porosidade pela Gravimetria, que é a quantificação simples de porosidade, desenvolvida para estimar o volume de vazios (Vv em %) em amostras de sólido qualquer, sendo estimado pela comparação do valor de densidade medida, comparado com o valor de densidade de referência. A Figura 2 apresenta os resultados referentes aos cálculos desenvolvidos na Gravimetria com método direto desenvolvido por Saperstein et al (1964) e com método indireto segundo Woods (1974).

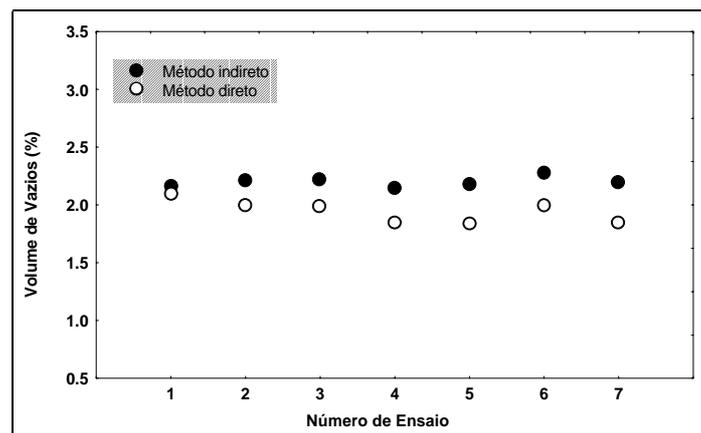


Figura 2 - Valores do Volume de vazios calculados pelos dois métodos (indireto e direto)

Na Figura 2 os valores de Vv em % apresentaram, independente do método, uma tendência linear. O método indireto apresentou um maior Vv do que o método direto. Provavelmente, este fato se deve a alguns problemas encontrados na fabricação da amostra pelo método direto, primeiro devido à ocorrência de um acúmulo de porosidades na raiz do cordão, que ao se usinar para delimitar o cordão o material na região da raiz era eliminado e as porosidades se afluavam, conforme ilustrado na Figura 3-a, não sendo captadas pelo método. Esse acúmulo de porosidade pode ser devido as soldagem neste trabalho serem realizadas na posição sobrecabeça, ou pela rápida solidificação desta região. O segundo problema foi detectado na má fixação do cordão de solda na morça durante a retirada do metal de base, conforme visto na Figura 3-b, podendo acarretar compressão das porosidades. Já com método indireto, ou seja, sobre uma tira do material de base com e sem o cordão de solda isso não ocorreu. Por esses fatos, escolheu-se a metodologia empregada por pelo método indireto.

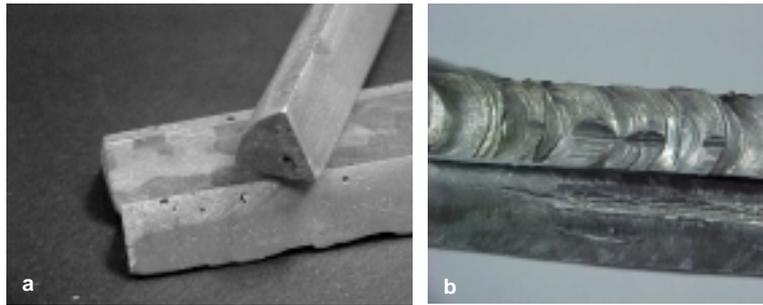


Figura 3 - Problemas da fabricação da amostra: a) poros aflorando b) amassado

Com intuito de reduzir o número de ensaio sob uma margem de confiança 95% e erro (15 %, 10%, 5%), aplicou-se uma metodologia nos resultados desses ensaios calculando-se o número de réplicas em cada método. A Tabela 2 apresenta os valores compilados dos  $V_v$  (%) para cada método facilitando o cálculo do número mínimo de ensaios apresentados na Tabela 3, onde uma significativa redução no número dos ensaios pelo método indireto é possível. Esse fato consolida a escolha de avaliar a geração de porosidade através método indireto e realizar 3 repetições com confiança 95% a um erro de 5%.

Tabela 2 - Valores compilados dos  $V_v$  (%) para cada método

Método	Média	D.P.	Variância	D.P.(%)
Direto - MD ( $V_v$ %)	1,9	0,1	0,02	5,3
Indireto – MI ( $V_v$ %)	2,2	0,04	0,002	1,8

Tabela 3 - Número mínimo de ensaios em função método com confiança 95%

Método	Número de ensaios a ser realizado		
	E=0,15	E=0,10	E=0,05
Direto - MD ( $V_v$ %)	1	2	8
Indireto – MI ( $V_v$ %)	1	1	3

Com os resultados apresentados e discutidos faz-se as seguintes conclusões:

- A determinação numérica dos ensaios para cada repetição constitui um melhor dimensionamento do número de ensaios a serem realizados evitando maiores custos;
- A mudança da metodologia empregada no processamento do cordão de solda serviu para diminuir possíveis erros grosseiros presentes na avaliação da porosidade e com isso tornar os resultados avaliados pela gravimetria mais confiantes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- QUITES, A.M & SCOTTI, A, “Seleção de Parâmetros de Soldagem MAG Evitando Porosidade”, Metalurgia-ABM, vol. 40, nº 319, JUN. 1984.
- SAPERSTEIN, Z.P.; PRESCOTT, G.R. & MONROE, E.W., ”Porosity in aluminum welds”, The Welding Journal Research Supplement, October, 1964
- DEVLETIAN, J.H. & WOOD, W.E., “Factors affecting porosity in aluminum welds – a review”. Welding Research Council, 1974.
- WOODS, R. A., “Porosity and Hydrogen Absorption in Aluminum Welds”, Welding Journal Research Supplement, p. 97s – 108s, mar., 1974.