

# SIMULAÇÃO, ANÁLISE DE PROPRIEDADES MECÂNICAS E CARACTERIZAÇÃO MICROESTRUTURAL DE JUNTAS SOLDADAS PELO PROCESSO “GMAW” ROBOTIZADO

Felipe Kiyoshi Kobashigawa<sup>1</sup>, Dr. Maurício David das Neves<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Engenharia Mecânica, Centro Universitário FEI

<sup>2</sup> Engenharia de Materiais, Centro Universitário FEI

felipekiyoshi94@hotmail.com, mdmneves@gmail.com

**Resumo:** A simulação de soldagem pelo método de elementos finitos é uma ótima alternativa para prever fenômenos complexos de juntas soldadas, permitindo a otimização de processos de soldagem, diminuição dos custos de um projeto e outras vantagens. Esse trabalho tem como objetivo relacionar as propriedades mecânicas e as características microestruturais das amostras soldadas, com a intensidade de tensões residuais e a distribuição de temperaturas obtidas por simulação usando métodos de elementos finitos (MEF).

## 1. Introdução

As juntas soldadas estão sujeitas a tensões residuais e deformações não desejadas oriundas do processo, que podem impactar significativamente no desempenho e integridade da estrutura, e muitas vezes, somadas a outros efeitos de carregamentos, geometria, material e condições de serviço podem levar componentes a falhas prematuras e até mesmo catastróficas (GOES, 2010 e DONATO, 2008).

As informações obtidas em simulações são de extrema importância, pois permitem que, alterações sejam realizadas em projetos sem a fabricação de inúmeros protótipos físicos para testes, reduzindo dessa forma os custos e auxiliando na tomada de decisões ou a substituição de rotas de fabricação. A simulação em soldagem não é algo trivial, assim sua comparação com testes experimentais pode auxiliar a validação do método de simulação.

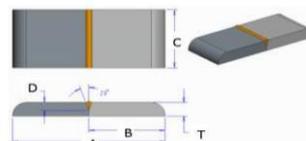
Um importante e complexo fator durante o processo de solda é o fenômeno térmico. Segundo HANSEN [3], a modelagem do movimento da fonte de calor é a tarefa central na análise de soldagem. A forma de poça de solda é dependente da fonte de calor, além de ser de extrema importância para a análise de deformação e como consequência nas tensões da estrutura.

## 2. Metodologia

Neste trabalho foram empregados chapas de aço-carbono SAE 1022 microligado ao nióbio, titânio e vanádio, com carbono equivalente (CE) máximo de 0,5. Este material é utilizado em carcaças estampadas de eixos automotivos.

As amostras usadas neste estudo foram soldadas por um processo robotizado GMAW (Gas Metal Arc Welding) na posição 1G (posição plana), com atmosfera de gás ativo na composição de 80% de argônio e 20% de CO<sub>2</sub> e vazão de 20 a 30 litros/minuto. Neste caso da proteção ser com gás ativo o processo é denominado por MAG – Metal Active Gas. As juntas foram soldadas

com o perfil de topo com material de base de espessura 9,5 mm, conforme mostra a figura 1.



Dimensões em milímetros das amostras

A = 114,0 mm  
B = 57,0 mm  
C = 50,0 mm  
D = 5,0 a 6,7 mm  
T = 9,5 mm

Figure 1 - Perfil das juntas soldadas. Fonte: Autor.

As condições de soldagem adotadas para a realização das soldas estão descritas na tabela 1.

Amostra	Tensão (V)	Corrente (A)	Velocidade (mm/s)	Eficiência	Fonte de Calor (J)
1.4	35,5	403	11,2	0,9	1149,63
2.2	35,5	400	10,5	0,9	1217,14
3.4	36,7	400	13,7	0,9	964,38
4.3	35,5	390	8	0,9	1557,56

Tabela 1 - Condições de soldagem. Fonte: Autor.

A primeira etapa dos ensaios foi a realização da análise de Tensões Residuais por Difração de Raios X. O espaçamento entre medições foi de 2 mm até a distância de 22 mm do centro do cordão.

Conforme a norma ASTM A370, foram usinados quatro corpos de provas do tipo reduzido (sub-size) para cada amostra soldada para a realização dos Ensaios de Tração.

Durante o corte das amostras para o Ensaio de Tração, foi feito o corte de uma amostra a mais para as análises metalográficas. Após o corte das amostras para os ensaios, foi realizado a macrografia das amostras conforme norma ASTM E3-11.

Após a etapa de polimento foram feitas as análises de micrografia com aumentos de 50, 100, 200 e 500 vezes através de um microscópio óptico Zeiss.

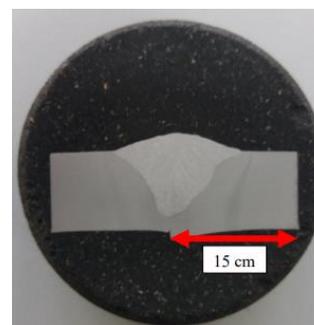


Figure 2 - Embutimento para os ensaios. Fonte: Autor.

Para o ensaio de microdureza, foi traçado três linhas a partir da superfície superior da amostra soldada. As distâncias entre as linhas foram de 0,5 mm.

Considerando que o perfil de dureza da amostra é simétrico em relação ao centro do cordão, foi realizado a medição de dureza a cada 0,5 mm somente para um dos lados da peça até a distância de 12 mm do centro do cordão de solda com a carga de 100 gramas (HV 0,1).

### 3. Resultados

O gráfico 1 mostra o resultado da análise de Tensões Residuais da amostra 2.2.

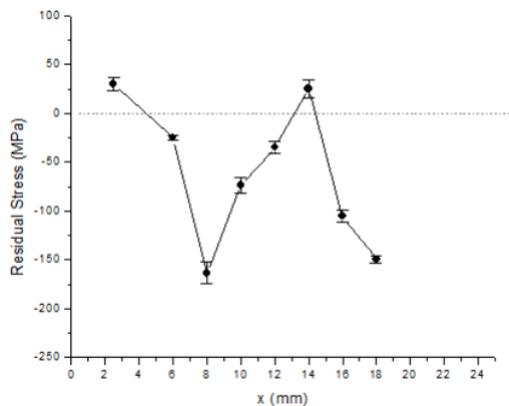


Gráfico 1 - Perfil das Tensões Residuais. Fonte: Autor.

O gráfico 2 mostra o resultado do ensaio de tração dos quatro corpos de prova da amostra 3.4.

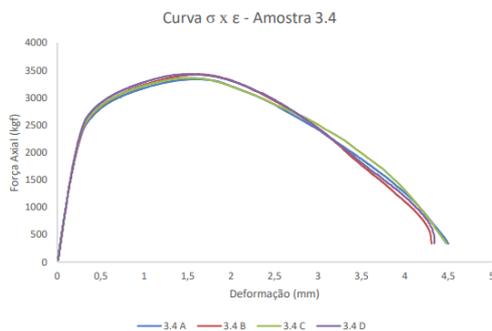


Gráfico 2 - Curva Tensão-Deformação. Fonte: Autor

A figura 3 mostra a transição da região da zona fundida (ZF) com a zona afetada pelo calor (ZAC) da parte esquerda amostra 2.2 com aumento de 500 vezes. A parte superior a direita mostra a ZF e a parte inferior esquerda mostra a ZAC.

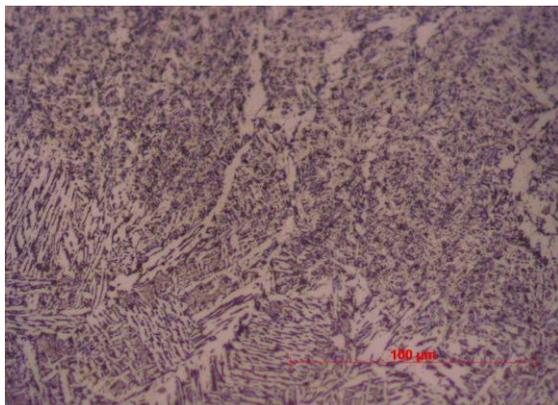


Figure 3 - Zona de transição entre ZF e ZAC. Fonte: Autor.

O gráfico 3 mostra o perfil de dureza das amostras 2.2 e 4.3.

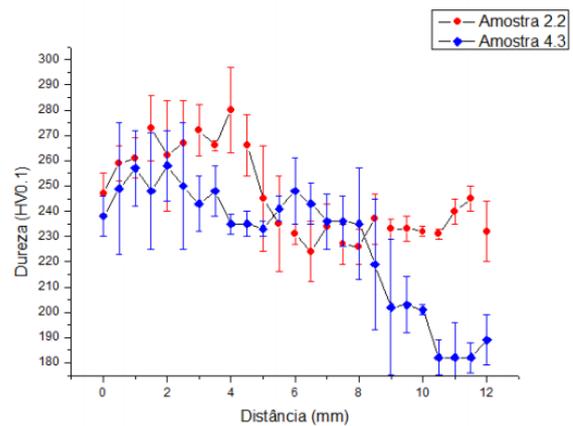


Gráfico 3 – Perfil de dureza. Fonte: Autor.

### 4. Referências

- [1] DONATO, G. H. B., Tese de Doutorado - USP, 2008.
- [2] GOES, K. C. Dissertação de Mestrado – USP, 2010.
- [3] HANSEN, J. L., Ph.D. thesis, Technical University of Denmark, 2003.

### 5. Conclusões

Pode-se concluir que os resultados dos ensaios estão de acordo com o esperado e os resultados contidos na literatura. Após os resultados das simulações, poderá ser feito uma conclusão abrangente relacionando as propriedades mecânicas e microestruturais obtidas nos ensaios mecânicos com os resultados das simulações por MEF.

### Agradecimentos

Ao professor Maurício David Martins das Neves por dispor parte de seu tempo para a minha orientação, à empresa Meritor do Brasil Sistemas Automotivos LTDA, ao IPEN pela realização dos ensaios de Difração de Raios X e ao Centro Universitário FEI pelo uso do Laboratório de Materiais.

<sup>1</sup> Aluno de IC do CNPq. Projeto com vigência de 08/18 a 10/19.