

Thiago Tadao Alves Kurimoto, Prof. Dr. Mario Gazziro  
 thiago.kurimoto@ufabc.edu.br, mario.gazziro@ufabc.edu.br

## INTRODUÇÃO

As técnicas tradicionais de estudo da transferência de calor em juntas soldadas, como ensaios experimentais em corpos de prova reais, são dispendiosas e demoradas. Tais técnicas podem ser de difícil acesso para quem visa estudar o comportamento de juntas complexas [1]. O estudo da transferência de calor dentro dos processos de soldagem é crucial para o controle das características físico-químicas tanto do material base quanto do cordão de solda, o que garante a obtenção de juntas com propriedades adequadas [2]. A simulação numérica computacional surge como uma alternativa promissora para o estudo da transferência de calor em juntas soldadas. A simulação permite analisar o comportamento do processo em detalhes e identificar os parâmetros que mais influenciam a qualidade da junta [3][4].

## OBJETIVOS

O presente projeto tem como objetivo desenvolver um modelo de simulação computacional para utilização didática no estudo da transferência de calor e suas implicações em juntas soldadas.

## METODOLOGIA

Utilizado o software *Abaqus FEA® Learning Edition* para a modelagem 3D e geração da malha de elementos finitos das seções individuais do corpo de prova - cordão de solda e metal base (Figura 2). Utilizado as propriedades mecânicas e térmicas do aço AISI 1050 (Tabela 1). Consideramos o processo de soldagem por fusão GMAW para estimar o coeficiente de eficiência (Tabela 2). O script em *Python* automatiza a simulação de um processo de soldagem com ativação e desativação progressiva de fontes de calor no *Abaqus FEA®*. Os dados gerados na simulação são comparados com o diagrama de ferro-carbono para estimar as transformações de fase (Figura 3).

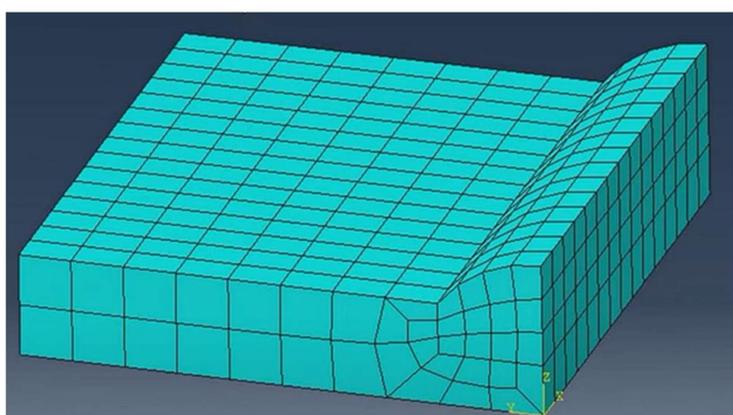


FIGURA 2: Malha 3D - Peça única  
 FONTE: Autor, 2024.

Tabela 1: AISI 1050  
 FONTE: Autor, 2024.

Material	Condutividade (W/m.°C)	Densidade (kg/m³)	Calor específico (J/kg.°C)
AISI 1050	54	7833	465

Tabela 2: Dados reais para cálculo  
 FONTE: Autor, 2024.

Espessura (mm)	Tensão (V)	Corrente (A)	Eficiência (η)
10	30	200	0,8

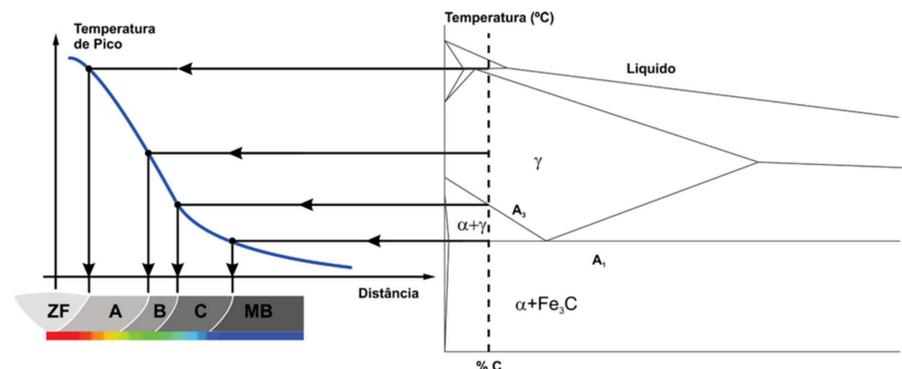


FIGURA 3: Estrutura da ZAC de um aço de baixo carbono (esquemática).  
 ZF – Zona fundida. A – Região de crescimento de grão.  
 B – Região de refino de grão. C – Região intercrítica.  
 FONTE: Autor, 2024.

## RESULTADOS

A simulação demonstra a concentração de calor na região da solda, atingindo altas temperaturas. A visualização da ZTA permite compreender sua formação e influência nas propriedades da junta (Figura 4). Os resultados são consistentes com a literatura, o que permite validar o modelo. A ferramenta didática facilita a compreensão dos fenômenos físicos da soldagem.

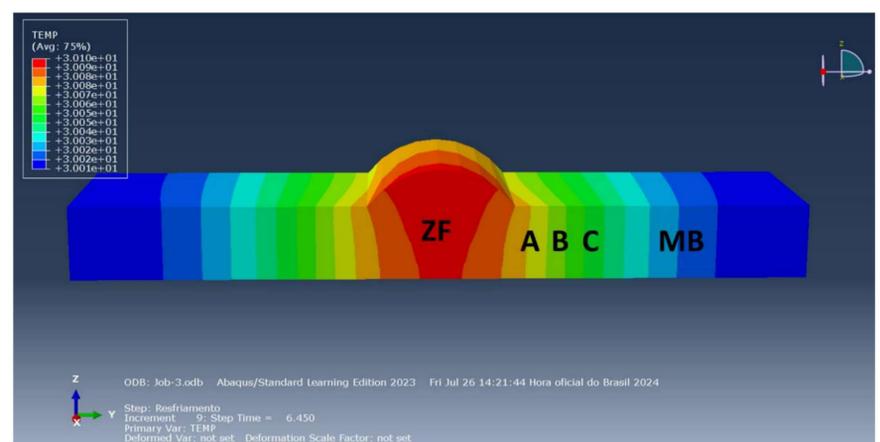


FIGURA 4: Simulação - Estrutura da ZAC  
 FONTE: Autor, 2024.

## DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

A simulação computacional utilizando o *Abaqus FEA®* e o script em *Python*, permitiu visualizar e analisar de forma abrangente a transferência de calor durante o processo de soldagem, demonstrando a sua influência direta na formação da ZTA. A identificação precisa das regiões de temperatura crítica, em conjunto com a análise do histórico térmico em pontos específicos da ZTA, fornece subsídios para a compreensão das transformações que ocorrem durante o processo de soldagem. É importante reconhecer que o modelo utilizado é simplificado e possui caráter introdutório e didático, sendo necessário a utilização de modelos mais complexos para análises aprofundadas.

## REFERÊNCIAS

- Nart, E., & Celik, Y. A practical approach for simulating submerged arc welding process using FE method. *Journal of Constructional Steel Research*, 84, 2013, pgs 62–71.
- KOU, Sindo. *Welding metallurgy*. 2º ed. New Jersey. John Wiley & Sons, Inc. 2003.
- Wen, S. W., Hilton, P., & Farrugia, D. C. J. (2001). Finite element modelling of a submerged arc welding process. *Journal of Materials Processing Technology*, 119(1-3), 2001, pgs 203–209.
- GRONG, O. *Metallurgical Modelling of Welding*, The Institute of Materials, Londres, 1997.