cbecimat26
26° Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais
22 a 26 de novembro de 2026
Costão do Santinho
Florianópolis-SC

Integração de Simulação Computacional e Ensaios Termomecânicos via Gleeble na Investigação da Liga Fe-5Ni-1.5Mo-0.6C.

Jhonatan Peres de Sousa[1], João Carlos Ferreira[1], Emilly Gabrielly Salgado[2], Sebastião Raimundo de Jesus Belém Leitão Filho[1], Cristhian Ricardo Loayza Loayza[2], Isaac Araújo Furtado[2], Marcelly Cristiny Nunes de Carvalho[2], Rute Sayuri Kano[2], Aloisio Nelmo Klein[3], Samuel Filgueiras Rodrigues[1,2].
1. Universidade Federal do Piauí, Programa de Pós Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais - (PPGCM/UFPI),
2. Instituto Federal do Maranhão, Laboratório de Ensaios Mecânicos e Termomecânicos (LabEnsaios/IFMA),
3. Universidade Federal de Santa Catarina, Labotarório de Materiais (LabMat/UFSC).

Introdução



Figura 1. Metalurgia do Pó, etapas do processo, aplicação e motivação do trabalho.

Objetivos

- Investigar o comportamento termomecânico da liga entre 950 e 1150 °C e taxas de deformação de 0,01 a 10 s^{-1};
- Identificar a janela de processamento ideal para a nova liga;
- Analisar, por simulações computacionais, a distribuição das variáveis do processo e sua relação com a microestrutura;
- Avaliar as alterações microestruturais associadas às condições favoráveis de processamento.

Metodologia

Tabela 1. Matriz (% em massa) da liga Fe-5Ni-1,5Mo-0,6C.

Elemento	Fe	Ni	Mo	C	Lubrificante
Observação	AHC 100.29	CNPC	HC STARK	3 um	Kenolub
Percentual	X	5	1,5	0,6	0,6
Peso (gramas)	1858	100	30	12	12

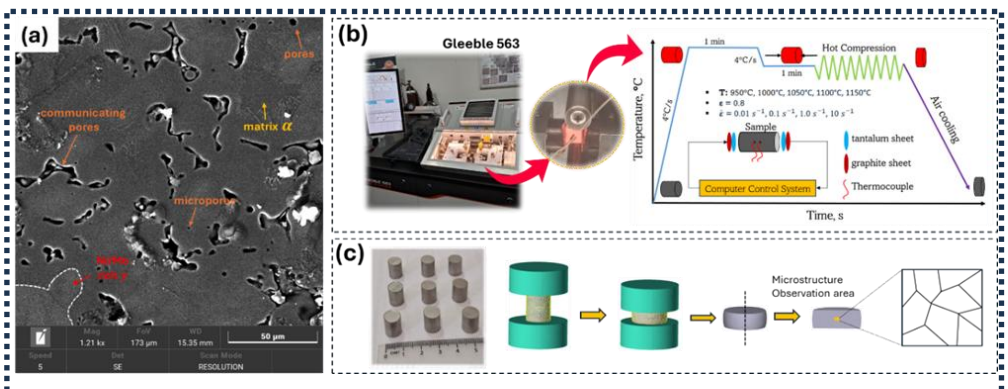
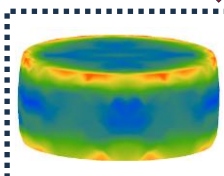


Figura 2: Caracterização microestrutural da liga Fe-5Ni-1.5Mo-0.6C fabricada por metalurgia do pó e procedimento experimental para o processamento termomecânico de compressão a quente: (a) microestrutura da liga na condição de recebimento, destacando os poros, microporos, poros comunicantes, a fase α e a fase γ enriquecida com Ni/Mo; (b) simulador termomecânico Gleeble 563® e o esquema do ciclo termomecânico empregado nos testes de compressão a quente; e (c) corpos de prova, esquema de deformação por simulação computacional e região para análise microestrutural.



As simulações computacionais foram realizadas utilizando o Software QForm UK® (versão 11.1.0).

Resultados e Discussão

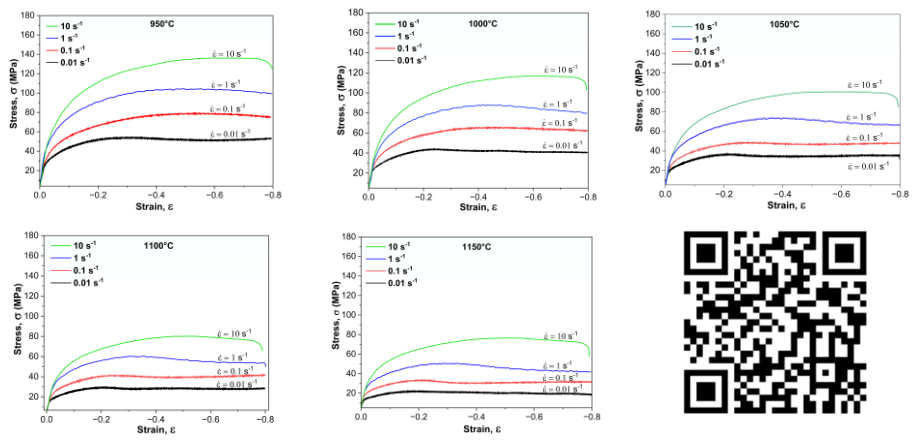


Figura 3. Comportamento σ x ε em diferentes condições.

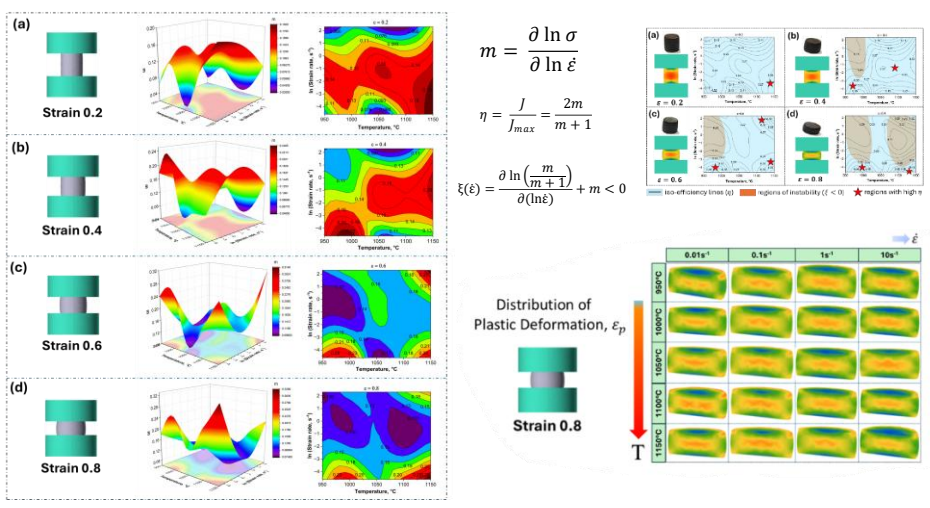


Figura 4. Evolução de m para diferentes deformações, mapa de processamento contendo η, regiões com $\xi < 0$ e simulações computacionais demonstrando a distribuição da ε_p.

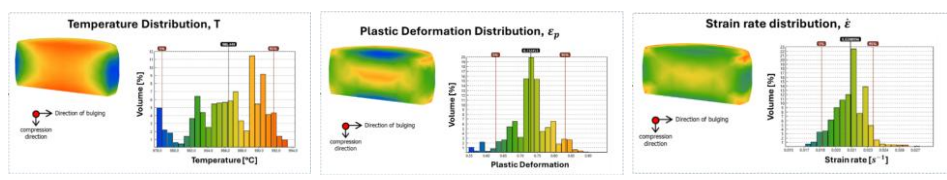


Figura 5. Distribuição de T, ε_p e $\dot{\varepsilon}$ para testes em 1000°C, $\varepsilon = 0.8$ e $\dot{\varepsilon} = 0.01s^{-1}$.

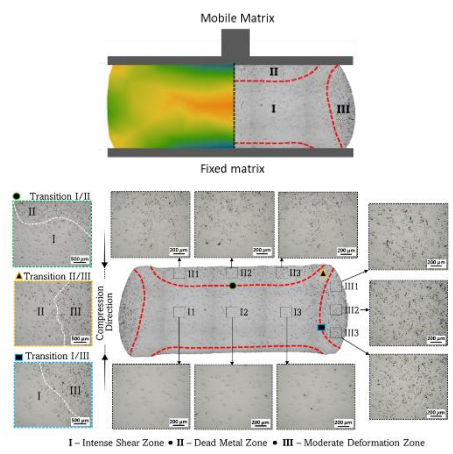


Figura 6. Zonas I, II e III de deformação e regiões de transição.

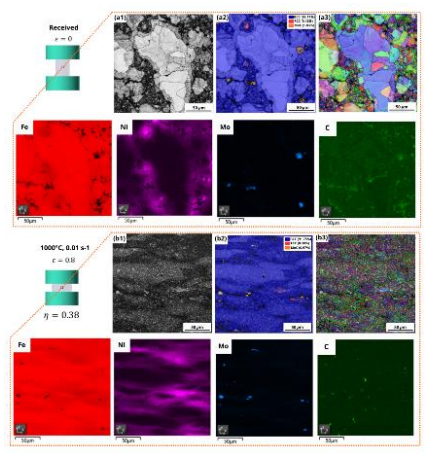


Figura 7. EBSD e EDS da amostra sem deformação e deformada a 1000°C, $\varepsilon = 0.8$ e $\dot{\varepsilon} = 0.01s^{-1}$.

Conclusões

- As simulações computacionais realizadas são compatíveis com as simulações físicas e análises microestruturais, e indicam uma distribuição mais homogênea da taxa de deformação nos testes realizados a $0.01s^{-1}$, condição mais adequada para ocorrência de mudanças microestruturais.
- O comportamento microestrutural observado em $0.01\,s^{-1}$ a 1000°C corrobora com os valores de η encontrados e indicam que um processo de recristalização dinâmica foi concluído nessa condição.

Referências & Agradecimentos

[1] A. Fayanás et al., "Correlation between microstructure and erosion-corrosion behavior of a nickel-aluminum bronze produced by continuous casting and powder metallurgy," Journal of Materials Research and Technology, vol. 36, pp. 3818–3830, May 2025.
[2] L. Lu et al., "Ultra-high strength and toughness of a novel hot-work tool steel achieved through a powder metallurgy approach," Journal of Materials Research and Technology, vol. 42, pp. 3496–3511, May 2026.
[3] Z. Peng, J. Zou, Y. Wang, L. Zhou, and Y. Tang, "Effects of solution temperatures on creep resistance in a powder metallurgy nickel-based superalloy," Mater. Today Commun., vol. 28, p. 102573, Sep. 2021.

UFPI 1971
INSTITUTO FEDERAL Maranhão
LABENSAIOS
UFSC
FAPEPI
GLEEBLE A VPG Brand