

## AVALIAÇÃO MICROESTRUTURAL DE NOVAS LIGAS DE TITÂNIO DO SISTEMA Ti-Nb-Fe-Sn (TNFS) PARA APLICAÇÕES BIOMÉDICAS.

Mariana Roveri Dal Bó\*, Rubens Caram.

### Resumo

As ligas de titânio do tipo  $\beta$  são as mais utilizadas na fabricação de dispositivos biomédicos em função de suas propriedades mecânicas e alta biocompatibilidade. Nesse estudo, Sn foi adicionado à liga Ti-Nb-Fe visando obter módulo de elasticidade reduzido. As ligas resultantes foram submetidas a diversas condições de processamento e caracterizadas em relação à microestrutura e à propriedades mecânicas.

### Palavras-chave:

Ligas de Titânio, Transformação de Fase, Biomateriais.

### Introdução

As ligas de titânio do tipo  $\beta$  se destacam na fabricação de dispositivos biomédicos em função de sua boa conformabilidade a frio, elevada resistência mecânica específica e alta resistência à corrosão em meio fisiológico<sup>1, 2</sup>. Nessas ligas, a estabilidade da fase  $\beta$  (CCC) pode ser prevista com auxílio do mapa Bo x Md, onde Bo é a medida da força de ligação entre o titânio e outro metal e Md é o nível de energia do orbital "d" do elemento de liga<sup>3</sup>.

Em relação ao Ti, o Sn pode suprimir a precipitação da fase  $\omega$  contendo a fase  $\beta$  em sua forma metaestável e também, limita a formação da martensita ortorrômbica<sup>4</sup>. O objetivo deste trabalho é investigar novas composições no sistema Ti-Nb-Fe-Sn.

### Resultados e Discussão

As amostras apresentadas na tabela 1 foram inicialmente submetidas à solubilização a 800°C por 30 min e em seguida, resfriadas em água ou em forno. O segundo tratamento térmico aplicado às amostras é conhecido como "step-quenching" e envolve a solubilização (800°C) seguida pelo envelhecimento isotérmico executado diretamente após a solubilização, O tempo de isoterma direta foi de 3 h e realizados às temperaturas de 350°C, 450°C e 550°C.

Tabela 1. Análise de Fluorescência das ligas trabalhadas.

Liga	Ti	Nb	Fe	Sn
Ti-19Nb-2,5Fe-3Sn	Bal.	18,3 ± 0,1	2,55 ± 0,08	2,7 ± 0,1
Ti-19Nb-2,5Fe-6Sn	Bal.	18,6 ± 0,5	2,6 ± 0,1	5,8 ± 0,2
Ti-27Nb-1,5Fe-3Sn	Bal.	25,5 ± 0,2	1,7 ± 0,1	3,0 ± 0,1
Ti-27Nb-1,5Fe-6Sn	Bal.	25,5 ± 0,2	1,59 ± 0,06	6,0 ± 0,2

No resfriamento em forno, todas as ligas apresentaram a precipitação da fase  $\alpha$ . A menor fração volumétrica ocorreu com a composição com maior porcentagem de Nb e Sn, apresentada na Figura 1.

As ligas apresentaram redução nos valores de dureza e módulo conforme o aumento do teor de Sn adicionado, como pode ser observado na Figura 2. Porém o tratamento térmico *step quench* não otimizou a

precipitação da fase  $\alpha$ , uma vez que a dureza atingida foi similar às resfriadas em água.

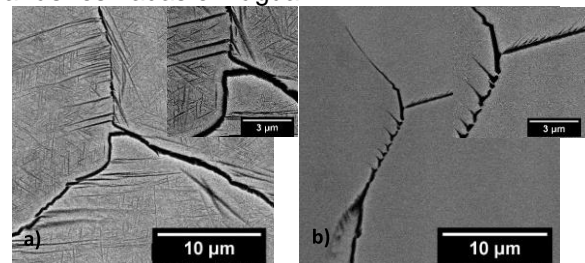


Figura 1. Formação de alfa apresentadas pelas ligas Ti-19Nb-2,5Fe-3Sn (a) e Ti-27Nb-1,5Fe-6Sn (b) resfriadas em forno.

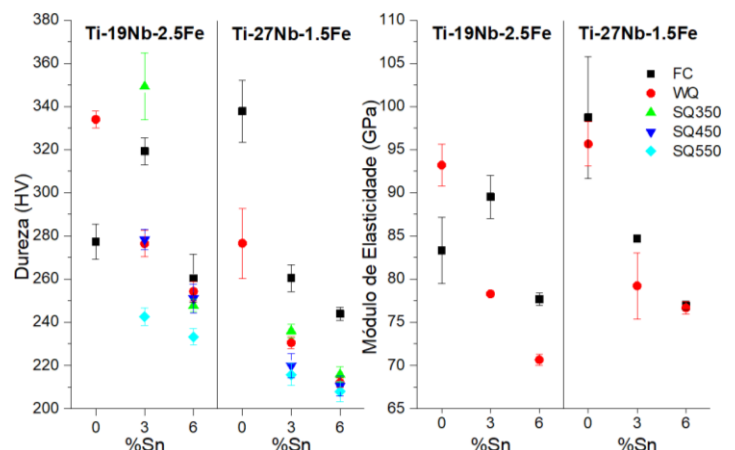


Figura 2. Dureza Vickers e módulo de elasticidade das ligas estudadas sob diversas condições.

### Conclusões

A adição de estanho ocasionou a supressão das fases  $\omega$  e martensíticas em todas as ligas estudadas, obtendo-se um módulo de elasticidade reduzido.

### Agradecimentos

A realização deste trabalho foi possível graças ao Pibic-Cnpq, à Unicamp, à Faculdade de Engenharia Mecânica e à equipe do Laboratório de Metalurgia Física da Unicamp.

<sup>1</sup> Lopes, E. S. N. *Unicamp*, 2013.

<sup>2</sup> Niinomi, M.; Nakai, M.; Hieda, J. *Acta Biomater*, 2012, v. 8, 3888–3903.

<sup>3</sup> Moffat, D. L.; Kattner, U. R., *Metall. Transactions A*, 1988, v. 19A, 1988–2389.

<sup>4</sup> Moraes, P. E. L.; Contieri, R. J.; Lopes, E. S. N.; Robin, A.; Caram, R., *Mater. Charact*, 2014, v. 96, 273–281.