

## Avaliação Microestrutural de Novas Ligas de Titânio do Sistema Ti-Nb-Fe (TNF) para Aplicações Biomédicas.

**Mariana Roveri Dal Bó\*, Camilo Salvador, 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, Nb e Fe foram adicionados ao Ti visando obter a total estabilização da fase  $\beta$ . As ligas resultantes foram submetidas a diversas condições de processamento e caracterizadas em relação à microestrutura e ao módulo módulo de elasticidade.

### 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>. A estabilidade da fase  $\beta$  (CCC) pode ser prevista com auxílio do mapa  $Bo \times Md$ , 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 Ti, o Fe é classificado como um elemento  $\beta$  estabilizador. A adição de Fe ao Ti já foi previamente investigada e foi confirmada sua eficiência na estabilização da fase  $\beta$ <sup>4</sup>. O objetivo deste trabalho é investigar novas composições no sistema Ti-Nb-Fe.

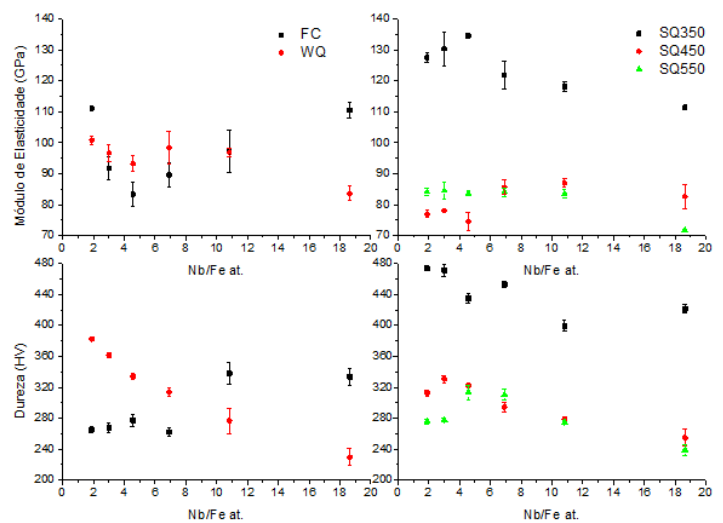
### Resultados e Discussão

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-queenching" e envolve a solubilização (900°C) seguida pelo envelhecimento isotérmico executado diretamente após a solubilização, O tempo de isoterma direta foi de 30 min e realizados às temperaturas de 350°C, 450°C e 550°C.

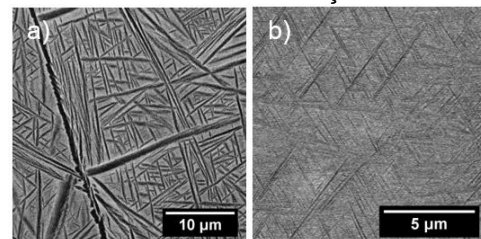
**Tabela 1.** Análise de Fluorescência das ligas trabalhadas.

Liga	Nb/Fe at.	Ti	Nb	Fe
<b>Ti-31Nb-1,0Fe</b>	18,64	Bal.	29,9 ± 0,2	1,10 ± 0,04
<b>Ti-27Nb-1,5Fe</b>	10,82	Bal.	26,7 ± 0,5	1,4 ± 0,03
<b>Ti-23Nb-2,0Fe</b>	6,91	Bal.	22,8 ± 0,4	2,24 ± 0,09
<b>Ti-19Nb-2,5Fe</b>	4,57	Bal.	18,3 ± 0,2	2,69 ± 0,04
<b>Ti-15Nb-3,0Fe</b>	3,00	Bal.	14,8 ± 0,2	3,02 ± 0,04
<b>Ti-11Nb-3,5Fe</b>	1,89	Bal.	11,0 ± 0,1	3,68 ± 0,05

Analisando as figuras 1 e 2, percebe-se que o crescimento mais fino e menos intenso das agulhas da fase  $\alpha$  resulta em redução do módulo de elasticidade, sem alterar a dureza da liga Ti-19Nb-2,5Fe.



**Figura 1.** Dureza Vickers e módulo de elasticidade das ligas estudadas sob diversas condições.



**Figura 2.** Efeitos da solubilização a 900°C na microestrutura da Ti-19Nb-2,5Fe: (a) resfriamento em forno e (b) envelhecimento a 450°C.

### Conclusões

As condições de tratamento térmico influenciam a formação e o crescimento das fases na microestrutura da liga Ti-19Nb-2,5Fe. Ao observar a variação das microestruturas, nota-se a alteração de dureza e módulo, que exibem tendências semelhantes.

### 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> Lee, C. M.; Ho, W. F.; Ju, C. P.; Chern Lin, J. H. J. *Mater. Sci. Mater. Med.*, 2002, v. 13, 695–700.