

DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE VOLUMÉTRICA DA LIGA Ti-15%p.Mo-5%p.Nb PARA APLICAÇÕES BIOMÉDICAS

DETERMINATION OF VOLUMETRIC DENSITY OF Ti-15wt.%Mo-5wt.%Nb ALLOY FOR BIOMEDICAL APPLICATION

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DEL MATERIAL Ti-15% p.Mo-5% p.Nb PARA APLICACIONES BIOMÉDICAS

GUILHERME H. DE OLIVEIRA SANTOS¹, JOSÉ ROBERTO SEVERINO

MARTINS JUNIOR²,

¹ Discente do curso técnico em eletrônica integrado ao Ensino Médio, Bolsista PIBIFSP, IFSP, Câmpus Avançado Tupã, guitupa@gmail.com.

² Professor EBTB na disciplina de Física, IFSP, Câmpus Avançado Tupã, jose.martins@ifsp.edu.br.

INTRODUÇÃO

É de conhecimento geral que o corpo humano está propício a sofrer diversas fraturas, seja por desgaste natural, por acidentes (automobilísticos, por exemplo) ou por uma prática desenfreada e sem planejamento de atividades físicas intensas. Tendo isso em vista, o uso de biomateriais nas áreas da saúde é muito corriqueiro. Embora existam outros materiais, como os polímeros ou as cerâmicas, neste projeto, iremos pesquisar os metais e suas ligas, que são utilizados, principalmente, na ortopedia e na odontologia (OREFICE, 2005).

As criações de próteses utilizando os metais devem-se às suas propriedades físicas e químicas. Apesar de apresentarem características em comuns, muitos elementos classificados como metais, apresentam peculiaridades distintas, sendo propício cada um para uma função. Desde 1970, as ligas de titânio foram escolhidas como principais ligas nessa área, virando a mais comum e mais adequada, a liga Ti-6%p.Al-4%p.V. A escolha dessas ligas foi feita baseada em três (3) aspectos essenciais: a biocompatibilidade do elemento, seu Módulo Young, ou módulo de elasticidade, e a sua resistência a corrosão (LEYENS, 2005). No entanto, após diversas pesquisas, foi descoberto que o vanádio apresenta, em sua composição, algumas substâncias citotóxicas e apresenta um histórico de divergência com alguns tecidos do corpo humano. Além disso, o alumínio está

relacionado com algumas desordens neurológicas. Compreendendo as afirmações acima, diversos pesquisadores buscam um substituto similar ou melhor que a Ti-6%p.Al-4%p.V (MARTINS JR, 2014).

Assim, esta pesquisa tem como objetivo propor uma liga alternativa as ligas comerciais existentes, não contendo alumínio e vanádio. Com isso, foi preparada a liga Ti-15%p.Mo-5%p.Nb. Essa liga foi caracterizada pela técnica de densidade onde será possível determinar, de maneira experimental, a composição química da liga e sua densidade.

MATERIAL E MÉTODOS

A liga Ti-15%p.Mo-5%p.Nb foi produzida por meio de fusão em um forno a arco com eletrodo de tungstênio não consumível, onde os metais precursores (Titânio, Molibdênio e Nióbio) foram fundidos em um cadinho de cobre refrigerados à água.

A densidade volumétrica ou massa específica é uma grandeza física que tem como unidade, a partir do Sistema Internacional (SI), kg/m³. No entanto, é muito comum encontrar a densidade representada, também, pela unidade g/cm³. Analisando a unidade, podemos afirmar que densidade é a relação entre massa e o espaço (volume). Vale lembrar que, embora não iremos estudar nessa pesquisa, temos vários outros tipos de densidade (densidade demográfica, por exemplo) (KELLER, 1999). Vale exaltar a forma no qual é representada a densidade teórica que, em ligas metálicas, é feita a partir do número (porcentagem da massa) que antecede o elemento multiplicado com a densidade do mesmo, por fim, é somado todos os materiais que compõe a liga, conforme a equação a seguir:

$$D_t = D_1 \times \% m_1 + D_2 \times \% m_2 + D_3 \times \% m_3 + \dots D_n + \% m_n \quad (1)$$

em que,

D_t – Densidade teórica

D_1 – Densidade do elemento químico 1

D_2 – Densidade do elemento químico 2

D_3 – Densidade do elemento químico 3

D_n – Densidade do enésimo elemento químico

$\%m_1$ – Porcentagem da massa do elemento químico 1

$\%m_2$ – Porcentagem da massa do elemento químico 2

$\%m_3$ – Porcentagem da massa do elemento químico 3

$\%m_n$ – Porcentagem da massa do enésimo elemento químico

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pode-se encontrar a liga estudada, juntamente com outras dezenove ligas comerciais de titânio na TABELA 1 abaixo. É possível notar que, em geral, as ligas calculadas a partir da equação 1 e da densidade dos elementos químicos (IUPAC, 2019), presentes na coluna “Densidade Teórica”, apresentam uma densidade maior do que as densidades que foram obtidas de forma experimental, presentes na coluna “Densidade Experimental”. Isso pode ocorrer, pois as ligas comerciais apresentam uma tolerância em sua composição química em relação à composição nominal, podendo, muitas vezes, existir pequenas diferenças entre os valores (GERHARD, 1993; MARTIN JR, 2014).

TABELA 1 – Densidade de ligas de titânio

Ligas de Titânio*	Densidade Teórica (g/cm ³)	Densidade Experimental (g/cm ³)
Ti-15Mo-5Nb	5,55	-
Ti-7Al-4Mo	4,61	4,48
Ti-6Al-6V-2Sn	4,55	4,54
Ti-8Al-1Mo-1V	4,43	4,37
Ti-6Al-2Nb-1Ta-0,8Mo	4,64	4,48
Ti-5Al-2,5Sn	4,48	4,48
Ti-3Al-2,5V	4,49	4,48
Ti-5Al-3,5Sn-3Zr-1Nb-0,3Si	4,74	4,55
Ti-5Al-6Sn-2Zr-1Mo-0,25Si	4,67	4,51
Ti-6Al-2Sn-6Mo	4,79	4,5
Ti-11,5Mo-6Zr-4,5Sn	5,4	5,06
Ti-3Al-8V-6Cr-4Mo-4Zr	5,05	4,82
Ti-10V-2Fe-3Al	4,68	4,65
Ti-13V-11Cr-3Al	4,95	4,82
Ti-15V-3Cr-3Al-3Sn	4,78	4,7
Ti-8Mo-8V-2Fe-3Al	4,85	4,85
Ti-15Mo-5Zr	5,06	5,06
Ti-15Mo-5Zr-3Al	5,06	5,06
Ti-11,5V-2Al-2Sn-1Zr	4,81	4,81

Ti-12V-2,5Al-2Sn-2Zr	4,73	4,73
----------------------	------	------

*sendo os números referentes a porcentagem em peso

No GRÁFICO 1, foi feita uma comparação com as densidades de algumas ligas de titânio e com a do aço cirúrgico (Aço 316 L) cuja densidade é de 7,95 g/cm³. (OREFICE, 2005).

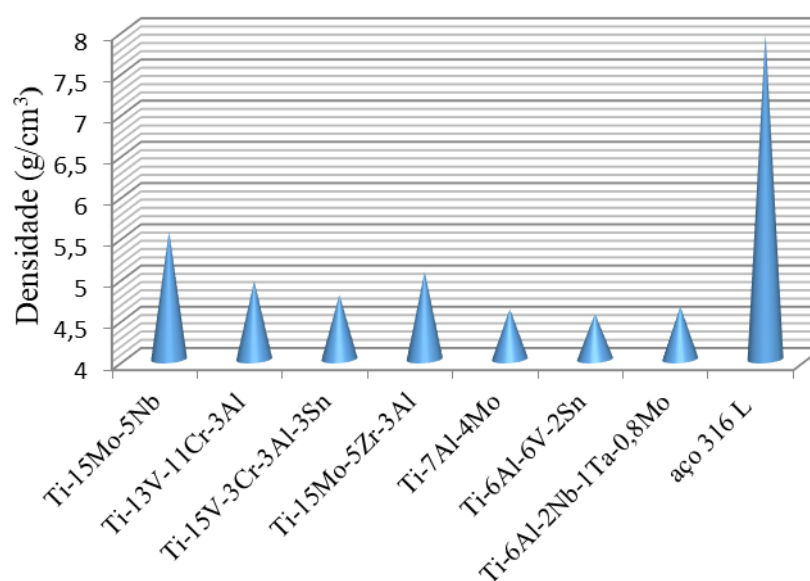


GRÁFICO 1. Gráfico comparativo da densidade

Verifica-se, ao analisar essa figura, que a liga de titânio estudada, Ti-15%p.Mo-5%p.Nb, apresenta uma densidade um pouco maior que as outras ligas comerciais comparadas, porém, muito menor que a do aço 316 L. Além disso, podemos perceber que a liga em questão não apresenta alumínio, diferente de todas as que foram comparadas, e não apresenta vanádio, diferente de três das seis ligas comparadas. Isso é importante, pois, como dito anteriormente, o vanádio pode causar efeitos citotóxicos no corpo humano e o alumínio é associado a algumas desordens neurológicas (OREFICE, 2005).

CONCLUSÕES

Foi produzida uma nova liga de titânio (composição química inédita), sem os elementos alumínio e vanádio. Além disso, possui uma densidade cerca de 40% menor que a do aço 316 L, que é um material já utilizado na ortopedia. Assim, os resultados obtidos até o momento mostram que essa liga é uma promissora candidata a biomaterial, pois em relação a uma prótese com o mesmo formato e dimensões (mesmo volume espacial), apresenta uma massa cerca de 40% menor, proporcionando um maior conforto ao paciente.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto Federal de São Paulo, Campus Avançado de Tupã, a UNESP, Campus de Bauru e as agências de fomento: FAPESP, CNPq e CAPES.

REFERÊNCIAS

GERHARD , W, BOYER. R., COLLINGS, E. W, Materials Properties Handbook: Titanium Alloys, ASM International, 1993.

INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY (IUPAC). IUPAC Periodic Table of the Elements. Disponível em <https://iupac.org/wp-content/uploads/2018/12/IUPAC_Periodic_Table-01Dec18.jpg> Acesso em: 06 jun. 2019.

KELLER, FREDERICK J., GETTYS, W. EDWARD, SKOVE, MALCOLM J, Física volume 1 - São Paulo: Pearson Education do Brasil, 1999.

LEYENS, C., PETERS, M. Titanium and Titanium Alloys: Fundamentals and Applications. New York (USA): Wiley-VCH, 2005.

MARTINS JR, J.R.S. Effect of heat treatments on mechanical and electrochemical properties and cytotoxicity of Ti-15Mo-XNb system alloys. 2014. 167p. Thesis (Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Materiais). UNESP, Bauru, 2014.

OREFICE, R.L. PEREIRA, M.M.; MANSUR, H.S. Biomateriais: Fundamentos Aplicações, 1 Ed. Rio de Janeiro: Cultura Médica, 2005.