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

Revisão Sistemática sobre Implantes em Ligas de Titânio e Tântalo Produzidos por Manufatura Aditiva Aplicados à Revisão de Artroplastias

LIMA, D. F.[1]; Moura, D. A [3] ;Santos, C. T. Dos [1] Caminha, I. M. V [1]; Oliveira, I. S. [1]; Sénéchal, NVL[2]; J. O'Connor[1]; W. G. Fernandes[1]; J. M. Garcia[1]; Forte Neto, F. S [2] ;Monteiro, M. J [1]

1. Instituto Nacional de Tecnologia (INT); 2. UFRJ[2]; 3. INMETRO[3]

Introdução

As cirurgias de revisão de artroplastia de quadril e joelho envolvem perda óssea e exigem elevada estabilidade biomecânica e resistência mecânica, o que tem impulsionado o desenvolvimento de implantes metálicos porosos fabricados por manufatura aditiva (MA). Nesse contexto, a liga de Titânio (Ti6Al4V) e o Tântalo (Ta) destacam-se por suas propriedades mecânicas e biológicas.

Objetivos

Analisar, por meio de revisão sistemática de artigos e patentes e de análise bibliométrica, o estado da arte e as principais tendências no uso de Ti6Al4V e Ta em componentes fabricados por MA em cirurgias complexas de quadril e joelho.

Metodologia

Realização de revisão sistemática conforme as diretrizes PRISMA (Fig.1), nas bases *Scopus e Engineering Village* (*Compendex*). Descritores de MA, ligas Ti6Al4V e Ta, pós-processamento e implantes personalizados foram combinados por operadores booleanos (AND/OR). A triagem (Títulos → Resumos → Leitura crítica) selecionou estudos experimentais, computacionais, clínicos e de revisão. Complementarmente, levantaram-se patentes (*Derwent* e *Orbit*) e realizou-se análise bibliométrica utilizando o software VOSviewer.

107	82	57	2020-2025
registros (Scopus)	estudos incluídos	patentes analisadas	período da busca

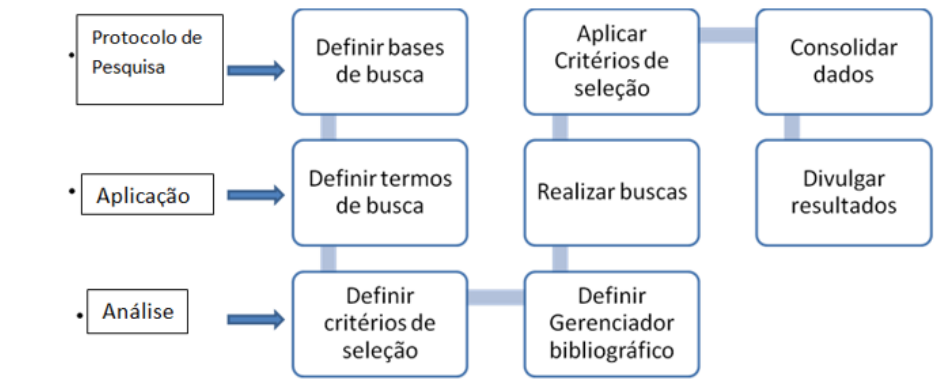

Figura 1. Fluxograma das etapas da revisão sistemática (Protocolo, aplicação e análise).

Resultados e Discussão

Os resultados dos estudos realizados convergem para estruturas trabeculares interconectadas, inspiradas no osso trabecular e produzidas por LPBF. As faixas mais recorrentes são poros de 300-600 µm e porosidade de 50-75%, que aproximam o módulo elástico do implante ao do osso e reduzem o efeito de *stress shielding* (Fig. 2; Tabela 1). Geometrias TPMS (*gyroid*, *diamond*) despontam como tendência, ainda pouco presentes nos estudos clínicos.

Resultados e Discussão



Figura 2. Estruturas porosas biomiméticas de DMIs fabricados por MA via LPBF, com poros de 300–600 µm para otimizar a osseointegração em cirurgias ortopédicas de revisão.

Tabela 1. Análise entre componentes de DMIs porosos de Ti6Al4V e Ta

Aspecto	Liga de Titânio Ti6Al4V	Tântalo Ta
Uso clínico	Amplo	Mais específico
Aplicação	Primárias e revisões complexas	Revisões complexas severas
Porosidade típica	60-75%	70-80%
Módulo rigidez	Ajustável pela porosidade	Naturalmente proximo ao osso
Osseointegração	Muito boa	Excelente
Custo	Menor	Elevado

As 57 patentes, majoritariamente chinesas, indicam a transposição dessas tecnologias: predomínio do Ta em componentes acetabulares e de joelho, poros de 300-800 µm, porosidade > 50-75%, estruturas TPMS *gyroid*, soluções híbridas Ta/Ti e personalização anatômica.

Na análise bibliométrica há um núcleo consolidado de estudos clínicos e termos emergentes ligados à MA, ao Ta poroso e à biomecânica; a China lidera a produção recente. As publicações crescem desde 2021-2022, com pico em 2024, > 80% são artigos originais (Fig. 3) e o *Journal of Arthroplasty* (16,3%) lidera, seguido do *Arthroplasty Today* (12,2%).

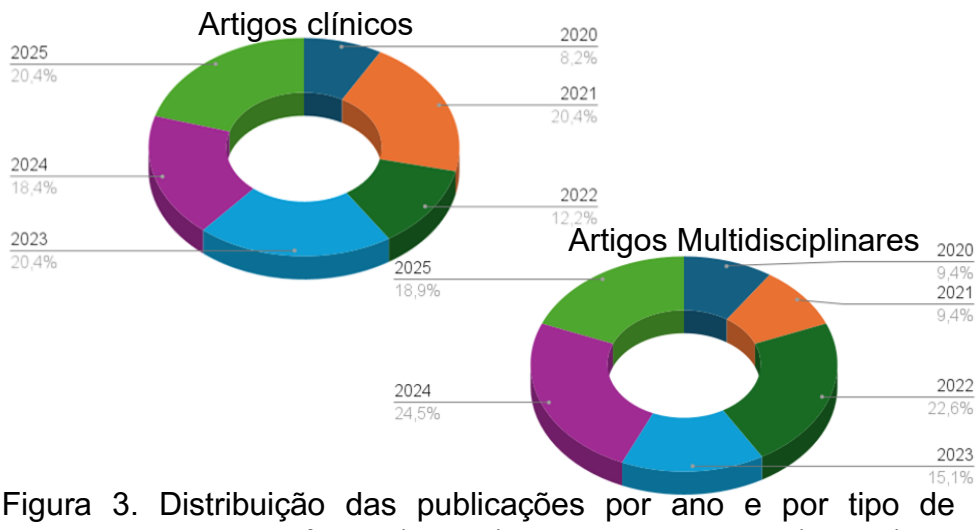

Figura 3. Distribuição das publicações por ano e por tipo de documento, artigos clínicos (n = 49) e multidisciplinares (n = 53).

Conclusões

A MA tem contribuído ao desenvolvimento de componentes de DMIs porosos personalizados para a ortopedia. Contudo, a heterogeneidade dos estudos e a escassez de evidências clínicas de meio e longo prazo exigem padronização metodológica e investigações mais robustas.

Referências

1. PAGE, M. J. et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, v. 372, 2021.
2.VAN ECK, N. J. et al. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, v. 84, n. 2, p. 523–538, 2010.
3.YAN, X.-Y. et al. Tendências globais em pesquisa sobre interação miRNA-microbioma de 2011 a 2021: uma análise bibliométrica. *Frontiers in Pharmacology*, v. 13, 2022.