



Seu desafio é nosso

# Utilização de Nióbio em Biomateriais e produção de próteses ortopédicas com as ligas Nióbio-Titânio

CTMM – Centro de Tecnologia em Metalurgia e Materiais

LPM- Laboratório de Processos Metalúrgicos



Número Atômico	
Abundância (mg/kg)	5.65x 10 <sup>2</sup>
Estado de oxidação	2, 3
Massa Atômica	47.867 (1)
Configuração Eletrônica	[Ar]3d <sup>2</sup> 4s <sup>2</sup>
Ponto de Fusão (°C)	1668
Ponto de Ebulição (°C)	3287
Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	4.54
Símbolo	Ti

Número Atômico	
Abundância (mg/kg)	20
Estado de oxidação	3, 4, 5
Massa Atômica	92.906 38 (2)
Configuração Eletrônica	[Kr] 4d <sup>4</sup> 5s <sup>1</sup>
Ponto de Fusão (°C)	2477
Ponto de Ebulição (°C)	4742
Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	8.57
Símbolo	Nb

Daniel Leal Bayerlein  
Pesquisador

# Quem somos!

- IPT é uma empresa pertencente ao Governo de São Paulo;
- Números do IPT:
  - 120 anos;
  - 37 laboratórios;
  - + 1,000 profissionais;
  - + 2,800 artigos publicados em 2017;
  - 40% do faturamento em projetos de inovação;
  - Localização: dentro da Universidade de São Paulo na cidade de São Paulo.

# onde estamos

## Campus São Paulo

103,5 mil m<sup>2</sup>  
de área construída

## Interior



### Franca

Lab. de Calçados  
e Produtos de Proteção

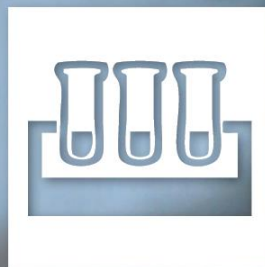
### S. José dos Campos

Lab. de Estruturas Leves

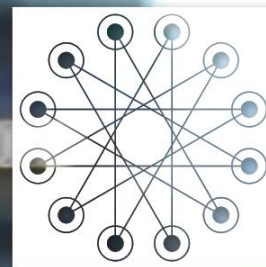
# dados rápidos



120 anos  
de existência



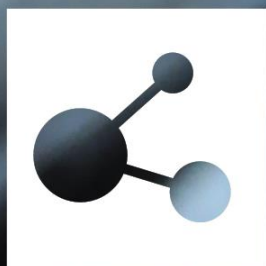
37  
laboratórios



12 centros  
tecnológicos



>1000  
funcionários



>2900 clientes  
atendidos\*

\* em 2018



>20500  
documentos  
técnicos  
emitidos\*



>4000 notícias  
veiculadas na  
mídia\*



40 % da  
receita com  
projetos de  
inovação

# Utilização de nióbio como biomaterial

## Vantagens do Nb

- Liga mais usada é a Ti6Al4V. Estudos indicam problemas com a biocompatibilidade ;
- Diminui módulo de elasticidade e portanto efeito *stress shield*;
- Estudos indicam Nb ser bioinerte;
- Brasil é o maior produtor mundial.

# Utilização de nióbio como biomaterial

## Estudos no Brasil

- Liga TiNbSn na UNESP Botucatu - SP
- Liga TiNb na UFMT - MT
- Liga TiNbZr no IPEN - SP
- Liga TiMoNb na UNESP Bauru - SP
- Liga TiNb na UFRGS - RS
- Liga TiNbAl na UENF - RJ
- Ligas TiNb e TiNbZr no IME - RJ
- Liga TiNbSn na UNICAMP - SP
- Liga TiNb na UFCG - PB
- Liga TiNbSn na UFS – SE
- Ligas NbTi e TiNbZr no IPT - SP

# Obtenção de próteses ortopédicas de ligas Nb-47Ti e Ti-13Nb-13Zr por Impressão 3D

Patrocinadores





# Obtenção de próteses ortopédicas de ligas Nb-47Ti e Ti-13Nb-13Zr por Impressão 3D

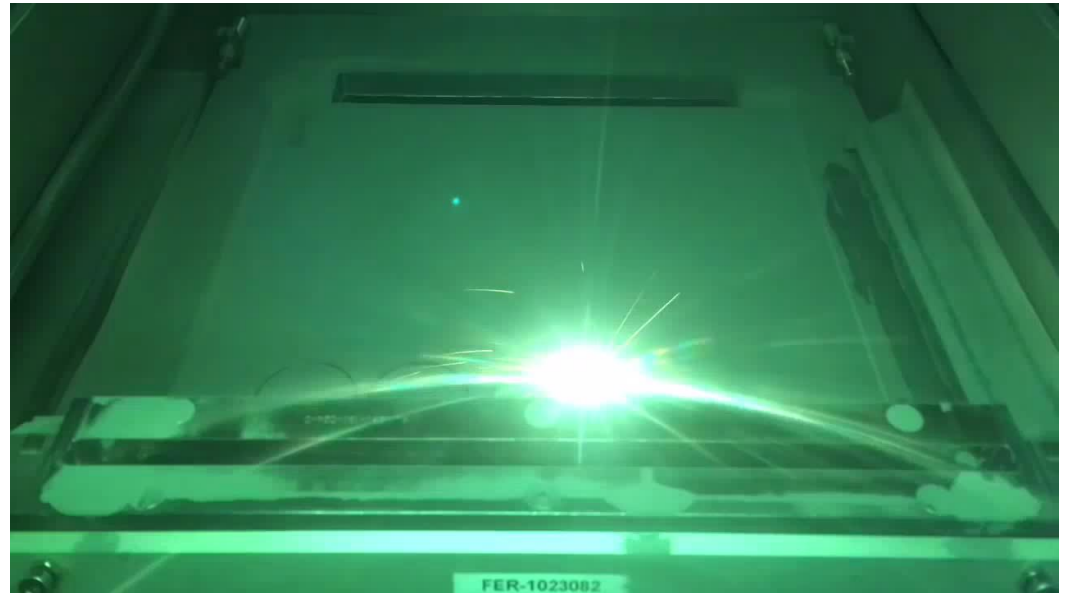
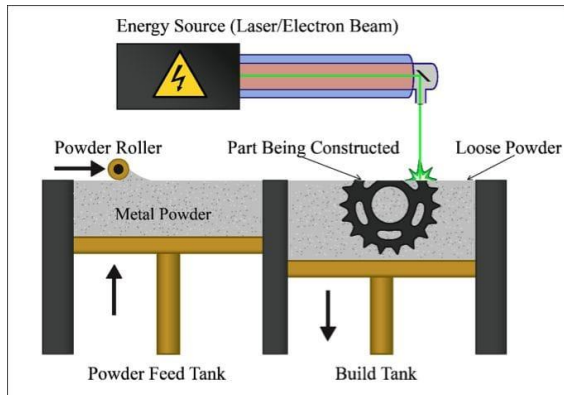
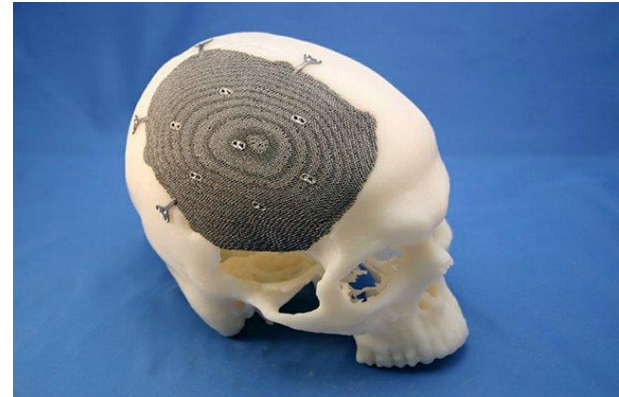
## Principais objetivos:

- Obtenção de lingotes das ligas Ti-13%Nb-13%Zr e Nb-47%Ti.
- Obtenção de pós das ligas Ti-13%Nb-13%Zr e Nb-47%Ti.
- Confeção de um conjunto de dez protótipos de próteses ortopédicas destinadas à realização de ensaios clínicos em pacientes da AACD (uma das parceiras no projeto)
  - Técnica de manufatura aditiva denominada fusão seletiva a laser.
- Obs.: A realização e o acompanhamento dos ensaios clínicos não estão contemplados nesse projeto.

# Manufatura Aditiva ou Impressão 3D

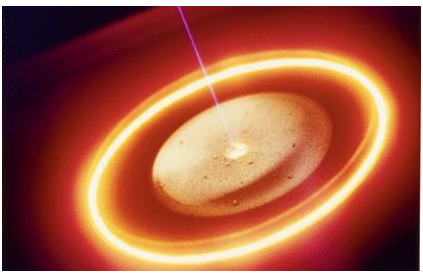
## Principais vantagens:

- Liberdade de forma;
- Possibilidade de personalização;
- Diminui desperdício de matéria prima;
- Possibilita alta densificação;
- Possibilita produção de porosidade controlada localizada

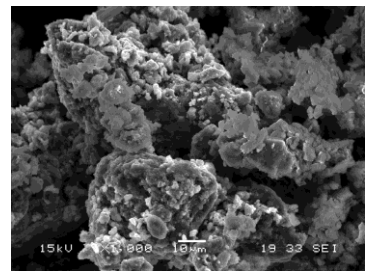


# Obtenção de próteses ortopédicas de ligas Nb-47Ti e Ti-13Nb-13Zr por Impressão 3D

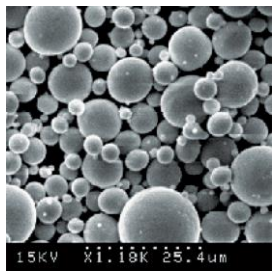
Desenvolvimento das ligas



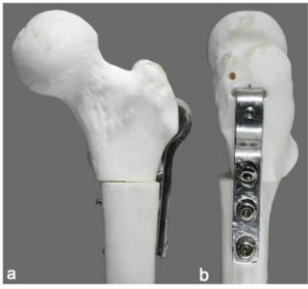
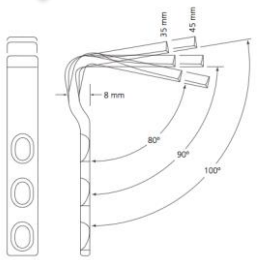
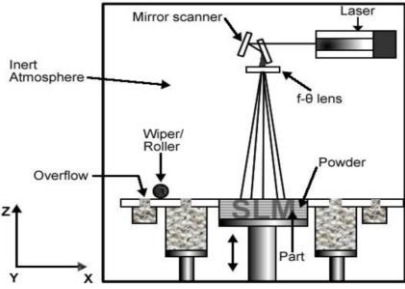
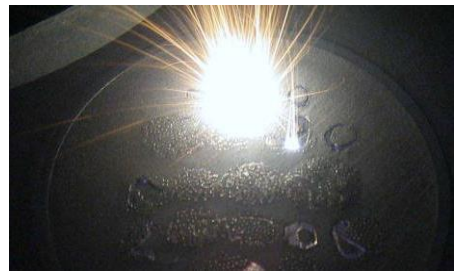
Obtenção dos pós da ligas



Esferoidização dos pós



Fusão seletiva a laser

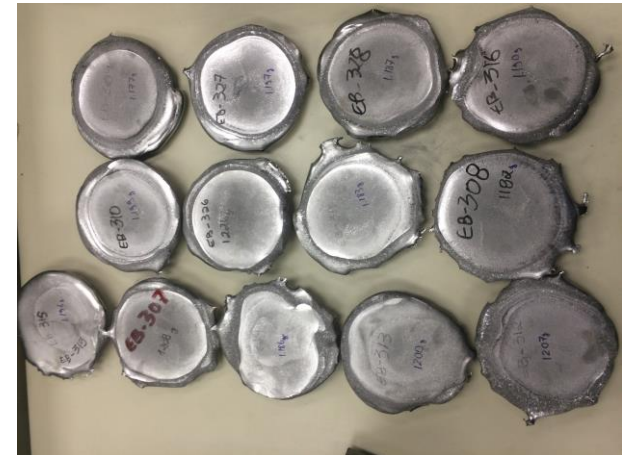


# Obtenção de próteses ortopédicas de ligas Nb-47Ti e Ti-13Nb-13Zr por Impressão 3D

## Desenvolvimento das ligas

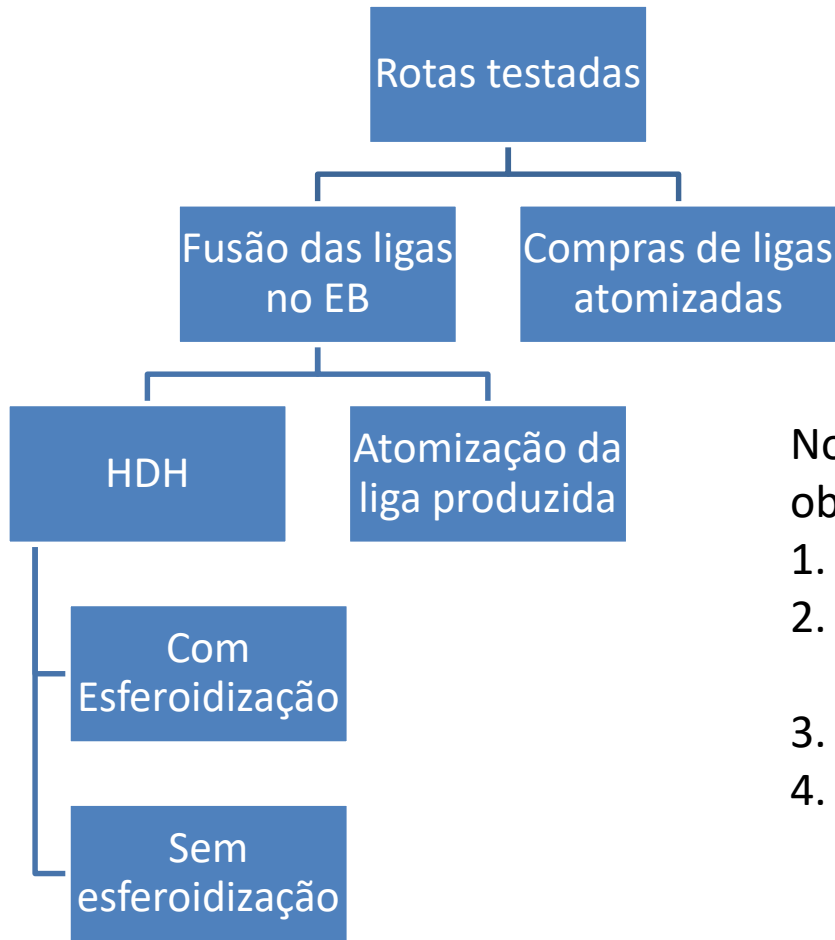


Matéria prima:  
Nióbio metálico, titânio  
metálico e zircônio  
metálico



# Obtenção de próteses ortopédicas de ligas Nb-47Ti e Ti-13Nb-13Zr por Impressão 3D

## Rotas de produção dos pós das ligas

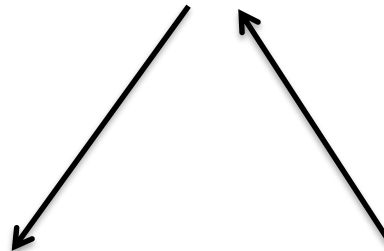
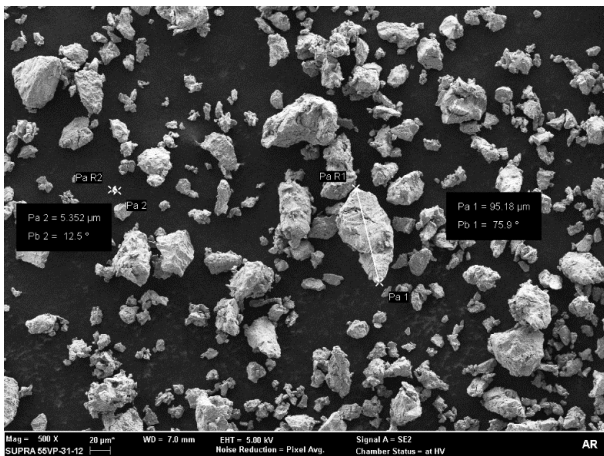


No projeto teremos 4 rotas para obtenção de pós:

1. Aquisição do pó no mercado;
2. Fusão das ligas e serviço de atomização destas ligas
3. Fusão e HDH das ligas
4. Fusão, HDH e esferoidização das ligas

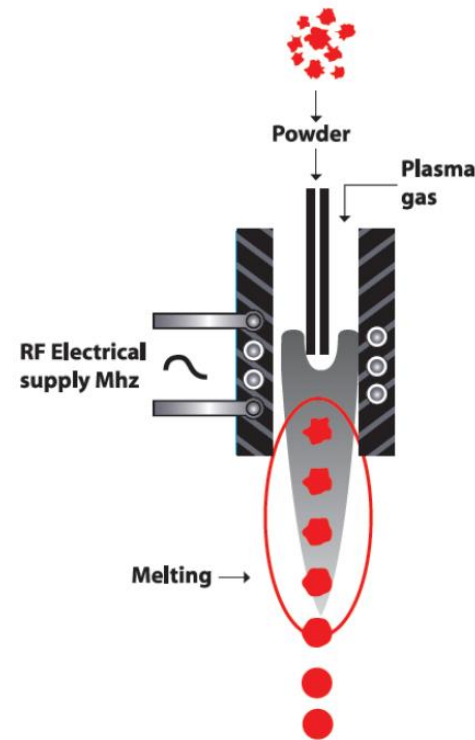
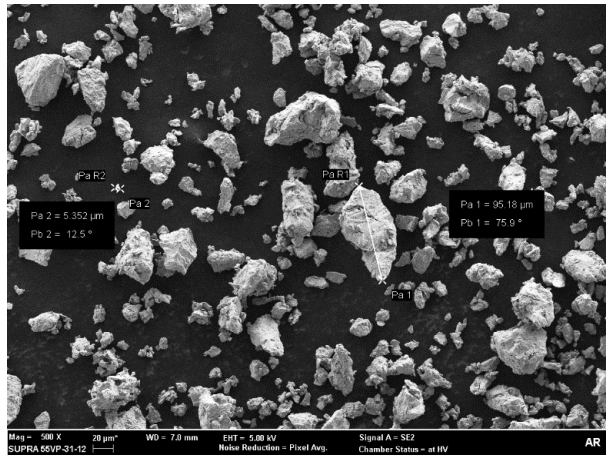
# Obtenção de próteses ortopédicas de ligas Nb-47Ti e Ti-13Nb-13Zr por Impressão 3D

## Rotas de produção dos pós das ligas: – Processo Hidretação/Dehidretação HDH



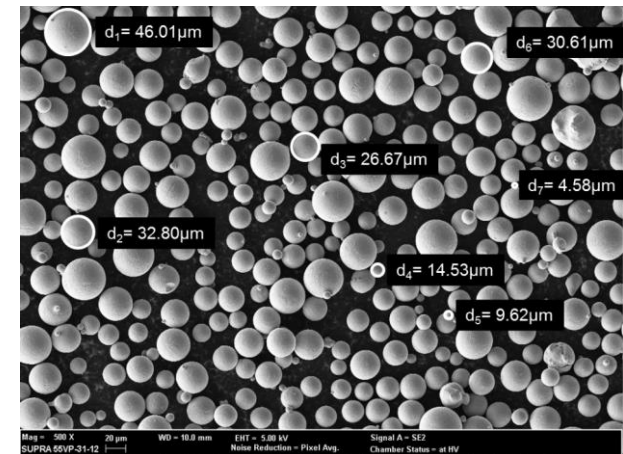
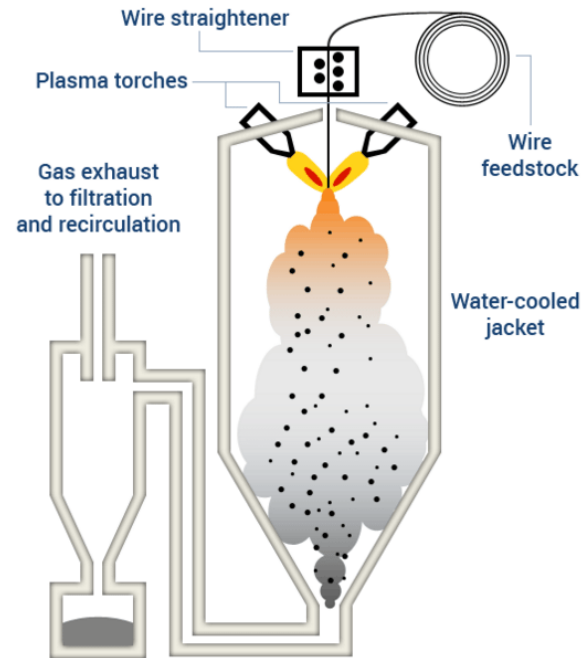
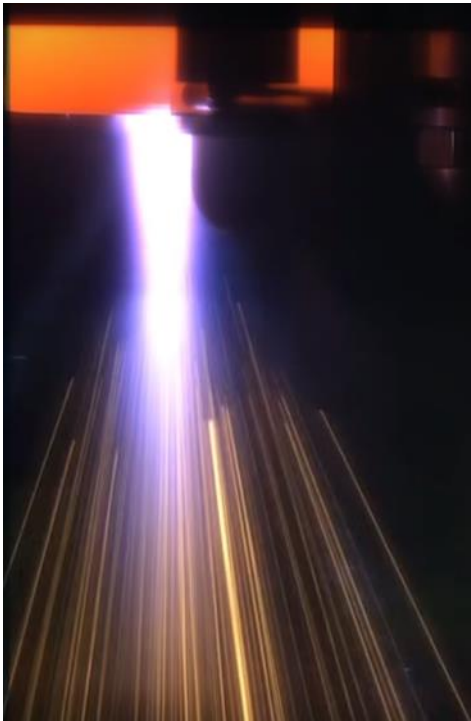
# Obtenção de próteses ortopédicas de ligas Nb-47Ti e Ti-13Nb-13Zr por Impressão 3D

## Rotas de produção dos pós das ligas – Processo HDH + esferoidização



# Obtenção de próteses ortopédicas de ligas Nb-47Ti e Ti-13Nb-13Zr por Impressão 3D

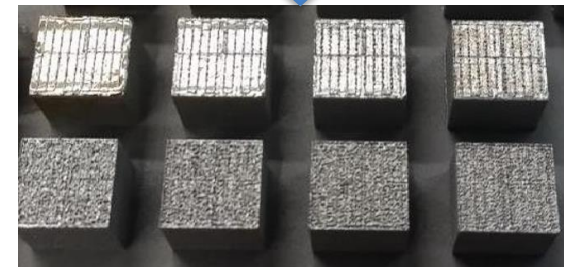
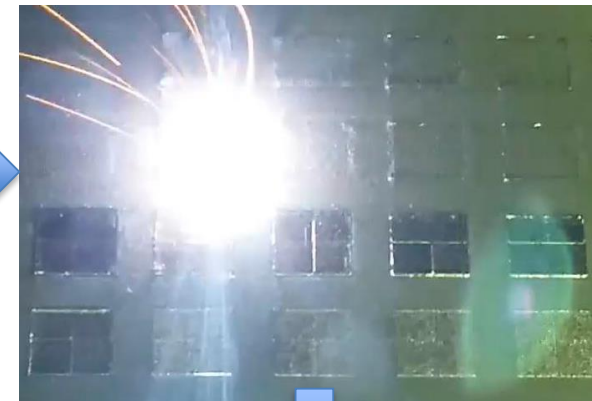
## Rotas de produção dos pós das ligas – Processo Atomização a Plasma





# Obtenção de próteses ortopédicas de ligas Nb-47Ti e Ti-13Nb-13Zr por Impressão 3D

## Impressão 3D

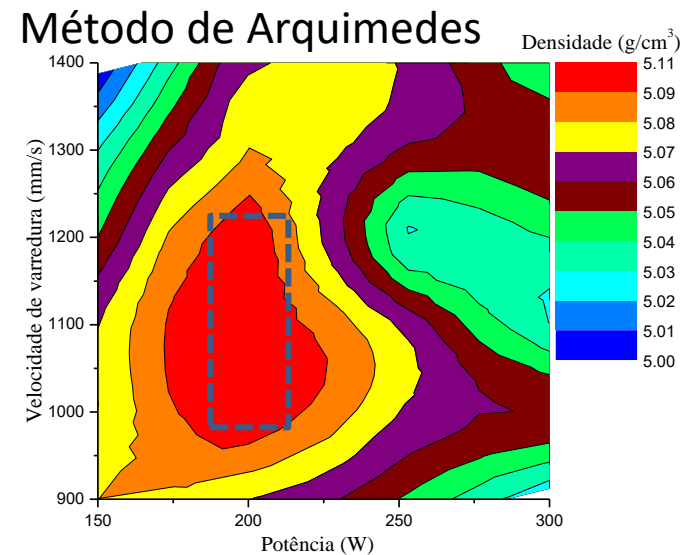
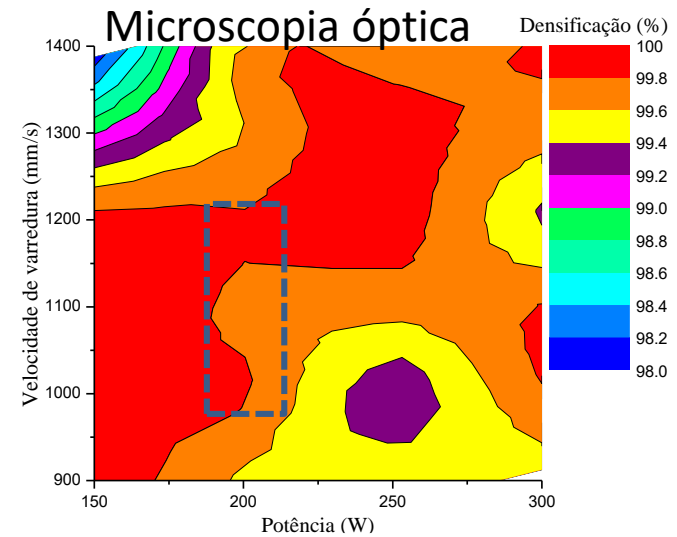
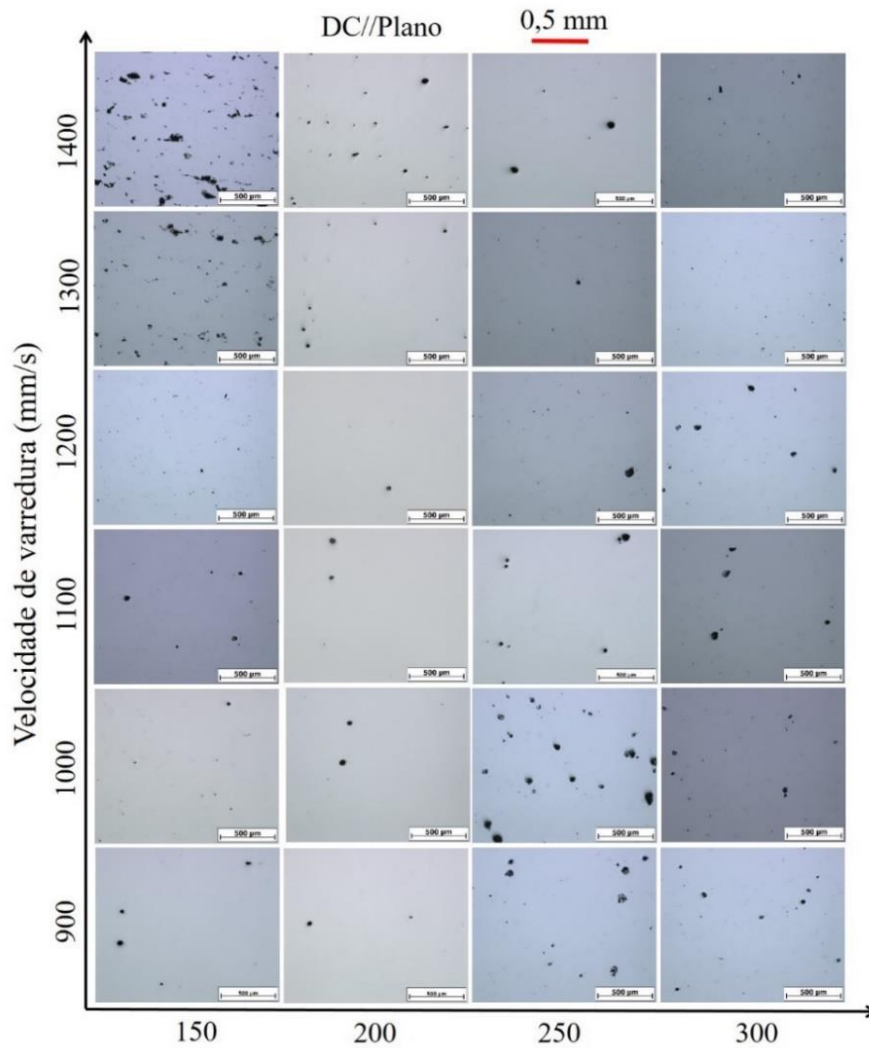


Equipamento de fusão seletiva a laser (SLM) da Concept-LASER (modelo m2) disponível no ISI Laser/Joinville/SC.

Peças de NbTi obtidas por SLM a partir de pó.

# Obtenção de próteses ortopédicas de ligas Nb-47Ti e Ti-13Nb-13Zr por Impressão 3D

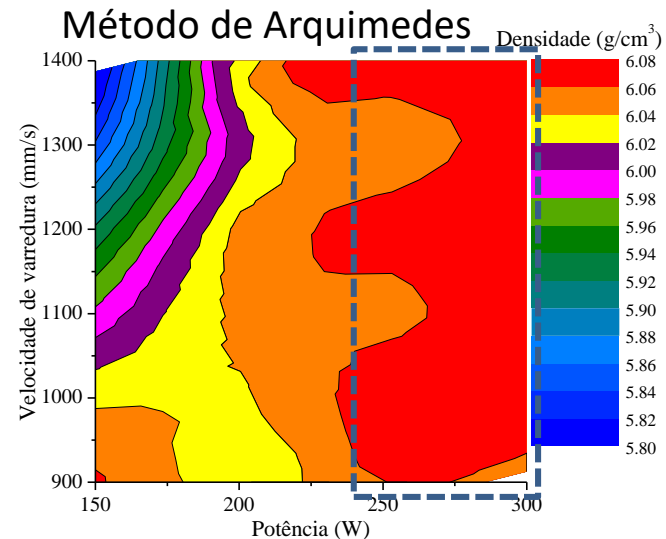
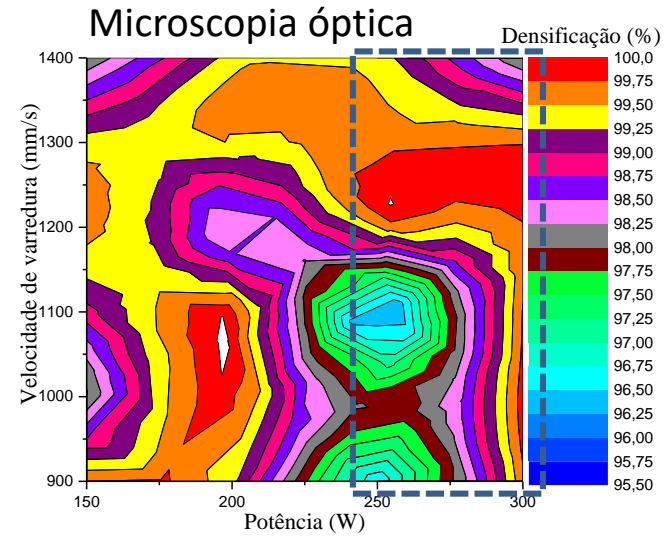
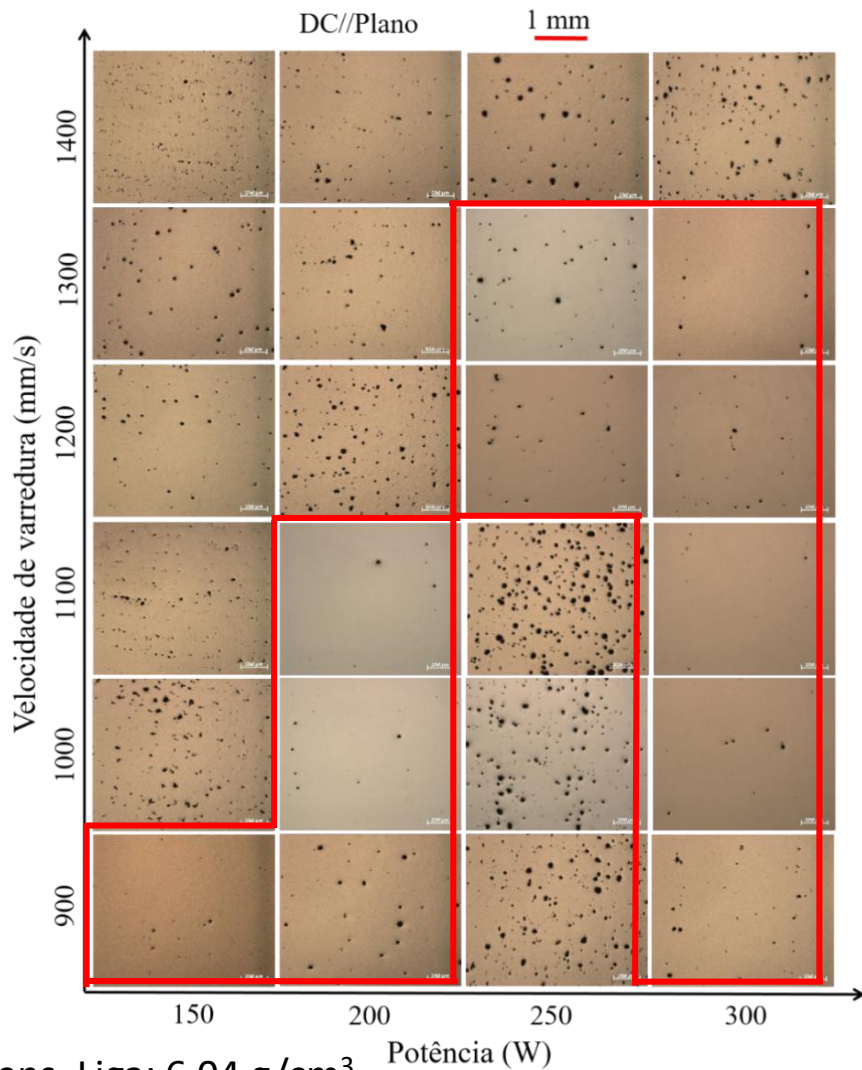
## Rotas de produção dos pós das ligas Liga Ti13Nb13Zr FSL



Dens. Liga: 5,04 g/cm<sup>3</sup> Potência (W)

# Obtenção de próteses ortopédicas de ligas Nb-47Ti e Ti-13Nb-13Zr por Impressão 3D

## Rotas de produção dos pós das ligas Liga Nb47Ti FSL

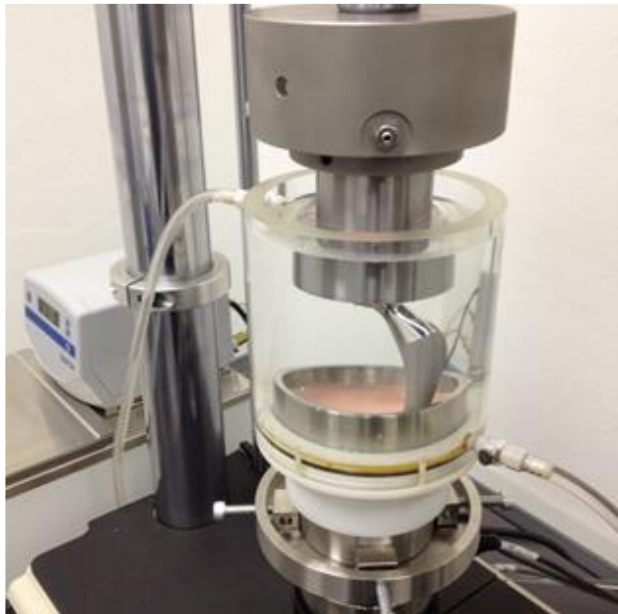


Dens. Liga: 6,04 g/cm<sup>3</sup>

# Obtenção de próteses ortopédicas de ligas Nb-47Ti e Ti-13Nb-13Zr por Impressão 3D

## Rotas de produção dos pós das ligas

- Ensaio de fadiga em líquido sinovial
- Citotoxicidade
- Ensaio de corrosão
- Ensaio mecânicos normalizados
- Ensaio Clínicos após projeto (AACD) em até 2 anos



Fadiga em líquido sinovial



MEV-FEG

# Seu desafio é nosso.

**Laboratório de Processos Metalúrgicos**

**CTMM - Centro de Tecnologia em Metalurgia e Materiais**

Daniel Leal Bayerlein

Pesquisador no LPM

daniellb@ipt.br

+55 11 3767-4685