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

# Resultados preliminares da determinação experimental da seção isotérmica a 1400 °C do sistema Al-Nb-Ta

Caio Simão de Barros[1]; Jéssica Vicente Luiz[1]; Vitória de Melo Silveira[1]; Carlos Angelo Nunes[1]; Gilberto Carvalho Coelho[1]

[1]Universidade de São Paulo – Escola de Engenharia de Lorena – Departamento de Engenharia de Materiais

## Introdução e Objetivo

Ligas de alta entropia contendo Al e metais refratários são materiais estruturais promissores para aplicações aeronáuticas, sendo complementares às superligas à base de níquel, devido ao seu desempenho e propriedades específicas interessantes em temperaturas elevadas. O desenvolvimento dessas ligas depende da criação de **bases de dados termodinâmicos**, que se baseiam no estudo experimental de sistemas de ordem inferior (binários e ternários). Nesse contexto, nosso grupo de pesquisa tem estudado subssistemas que compõem o **sistema multicomponente Al-Cr-Nb-Ta-Ti-V-Zr**. Dentre eles, **Al-Nb-Ta** é um sistema ternário para o qual existem poucas informações disponíveis na literatura. A Fig. 1 traz os diagramas de fase binários limítrofes, calculados a partir das respectivas bases de dados mais recentes reportadas [1-3]. O objetivo deste trabalho é investigar experimentalmente o **equilíbrio de fases** a **1400 °C** do sistema Al-Nb-Ta, por meio da **caracterização microestrutural** de amostras tratadas termicamente.

| Phase | Pearson Symbol | Space Group | Prototype | Strukturbericht |
|---|---|---|---|---|
| $\alpha$-(Al) | cF4 | *Fm3m* | Cu | A1 |
| $\varepsilon$-(Nb,Ta)$Al_3$ | tI8 | *I4/mmm* | $TiAl_3$ | $D0_{22}$ |
| $Ta_{39}Al_{69}$ | cF432 | *F43m* | $Ta_{39}Al_{69}$ | - |
| $\varphi$-$Ta_{48}Al_{38}$ | mP86 | $P2_1/c$ | - | - |
| $\sigma$-(Nb,Ta)$_2$Al | tP30 | $P4_2/mnm$ | CrFe | $D8_b$ |
| $Nb_3Al$ | cP8 | *Pm3n* | $Cr_3Si$ | A15 |
| $\beta$-(Nb,Ta) | cI2 | *Im3m* | W | A2 |

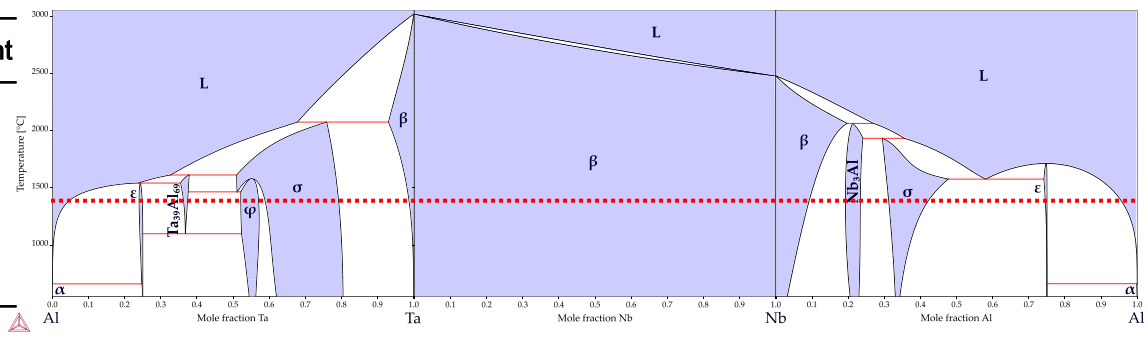



Fig. 1 – Diagramas de fases binários calculados: (a) Al-Ta [1]; (b) Ta-Nb [2]; (c) Nb-Al [3]

## Metodologia

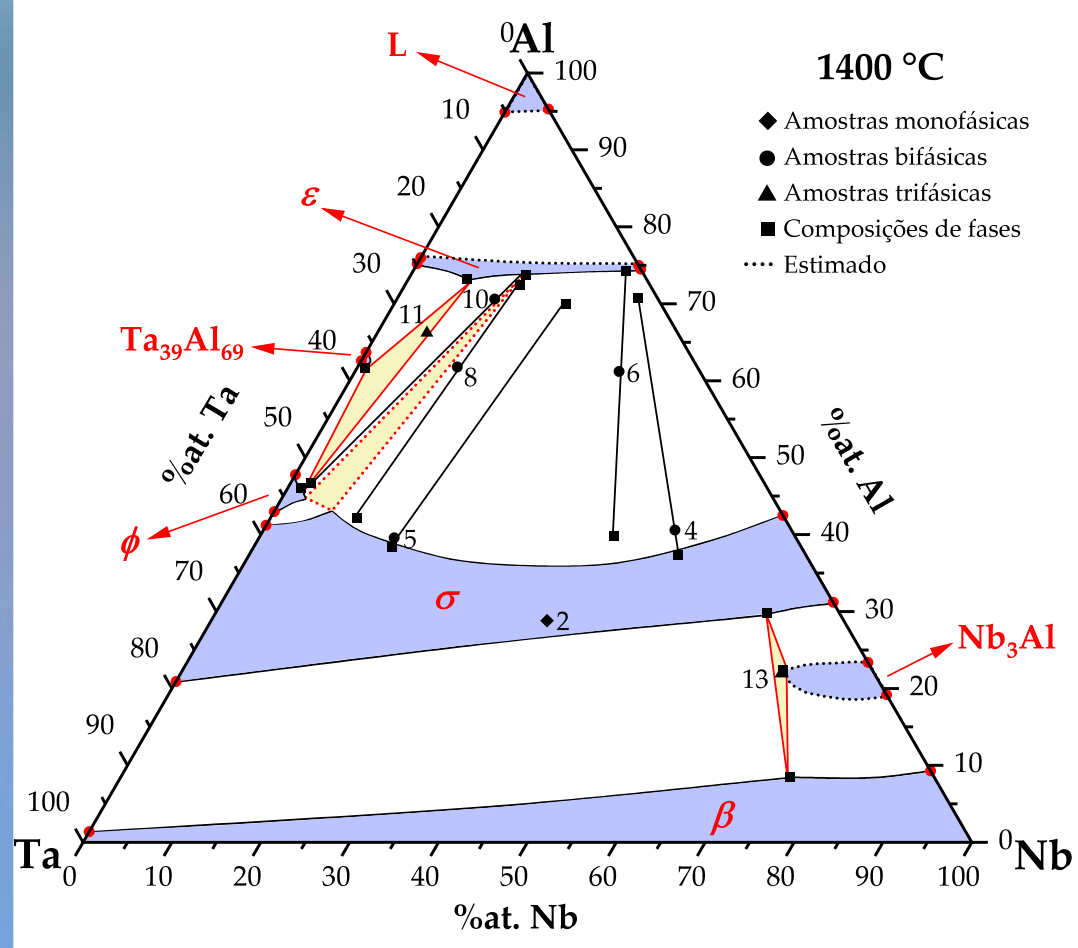
**Fusão a arco**
- Metais de alta pureza (>99,8 %p)
- Atmosfera: Argônio (99,999 %p)
- Eletrodo não-consumível de W
- Cadinho de Cu refrigerado a água

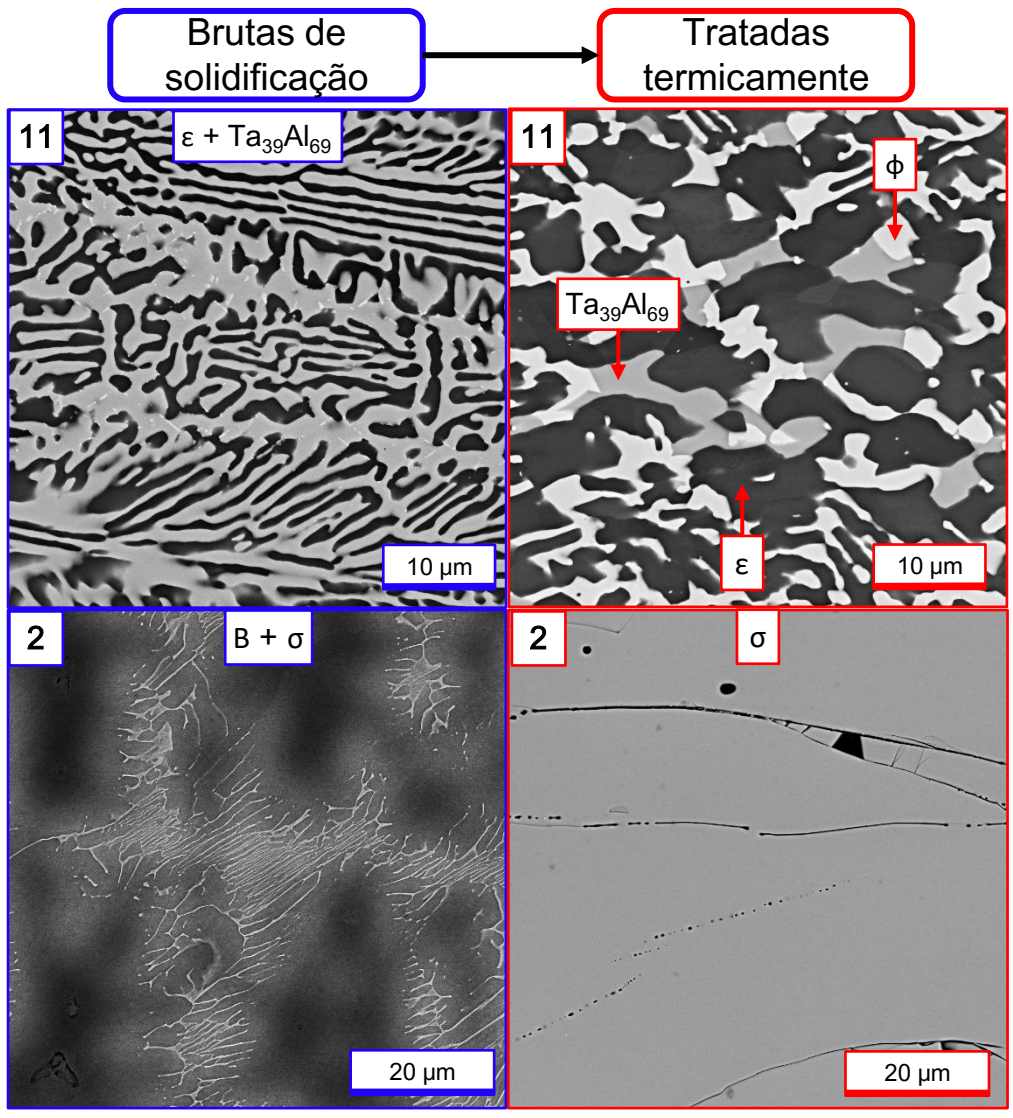
**Tratamento térmico**
- Forno resistivo de alta temperatura (W)
- Atmosfera: Argônio (3 bar; 99,999 %p)
- 1400 °C / 4 horas

**Preparação de amostras**
- Embutimento a quente (resina epóxi)
- Lixamento (lixas abrasivas de SiC)
- Polimento (sílica coloidal 0,05 µm)

**Caracterização**
- **MEV**-FEG: TESCAN Mira4
- **EDS**: EDAX Octane
- **DRX**: PANALYTICAL Empyrean
  → Cu-Ka, 10-90° (2θ), 0,02°, 200 s

## Resultados e Discussão




## Conclusões

- Primeira proposta de seção isotérmica experimental a 1400 °C deste sistema;
- Não foram observadas fases ternárias;
- Novas amostras serão necessárias para determinação mais precisa de campos bifásicos e trifásicos.

## Referências

[1] WITUSIEWICZ, V. T. et al. Experimental study and thermodynamic re-assessment of the binary Al-Ta system. Intermetallics, v. 18, p. 92-106, 2010.
[2] XIONG, W. et al. Thermodynamic assessment of the Mo–Nb–Ta system. Calphad, v. 28, p. 133-140, 2004.
[3] FIORANI, J. M. et al. New approach to the compound energy formalism (NACEF) Part II. Thermodynamic modelling of the Al–Nb system supported by first-principles calculations. Calphad, v. 80, art. 102522, 2023.

## Agradecimentos

FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
- #2023/18091-4
- #2025/14879-1
- #2025/23401-8

CAPES – Código de Financiamento 001

EEL-USP PPGEM – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais

USP – Universidade de São Paulo

CNPq