

# Obtenção da velocidade laminar de chama do gás do gás natural, propano e etanol em combustão com oxigênio

**Bolsista:** Alen Matheus Souza Maciel

**Orientador:** Wladimir Mattos da Costa Dourado

**Período:** Agosto de 2019 a Julho de 2020

# Objetivos

- Obtenção da velocidade laminar de chama para misturas de metano/ar com diferentes razões de equivalências.
- Aplicação da metodologia *direct shadowgraph* para obter a área da face da chama produzida pelo queimador McKenna.
- Adequação da bancada disponível para obtenção dos dados.

# Introdução

- A literatura aberta não disponibiliza todas as informações necessárias para projeto e análise de motores foguetes, tal como velocidade laminar de chama com reagentes que tem oxigênio como oxidante. A velocidade laminar de chama é um parâmetro necessário para o projeto de câmaras de combustão e também para validar o mecanismo de cinética química, de acordo com Francisco.

# Materiais e Métodos

- Ajustes na disposição dos componentes da bancada de ensaios que compõe o sistema de geração de chama, sistema de obtenção de dados e os equipamentos para aplicação da metodologia *direct shadowgraph*.
- Testes da bancada após o término dos ajustes.
- Ensaios com diferentes  $\phi$  para a mistura de metano e ar atmosférico, para obter principalmente os dados da temperatura do sistema de arrefecimento e da vazão de água.

# Materiais e Métodos

## Bancada de ensaio



# Materiais e Métodos

## Velocidade Laminar de Chama

- A velocidade laminar de chama é determinada pela vazão mássica da mistura entre combustível e comburente em relação a área do queimador e a densidade da mistura do combustível e comburente de forma estequiométrica.

$$S_l = \frac{\dot{m}_{mix}}{A_{quei} \times \rho_{mix_{st}}} [m/s]$$

# Materiais e Métodos

## Razão de Equivalência

- A razão de equivalência de uma mistura indica a quantidade de combustível presente nos reagentes, em relação à quantidade de combustível necessário para obter-se uma mistura estequiométrica.

$$\phi = \frac{f}{f_{st}} = \frac{\left(\frac{m_{comb}}{m_{ar}}\right)}{\left(\frac{m_{com}}{m_{ar}}\right)_{st}}$$

# Materiais e Métodos

## Perda de calor

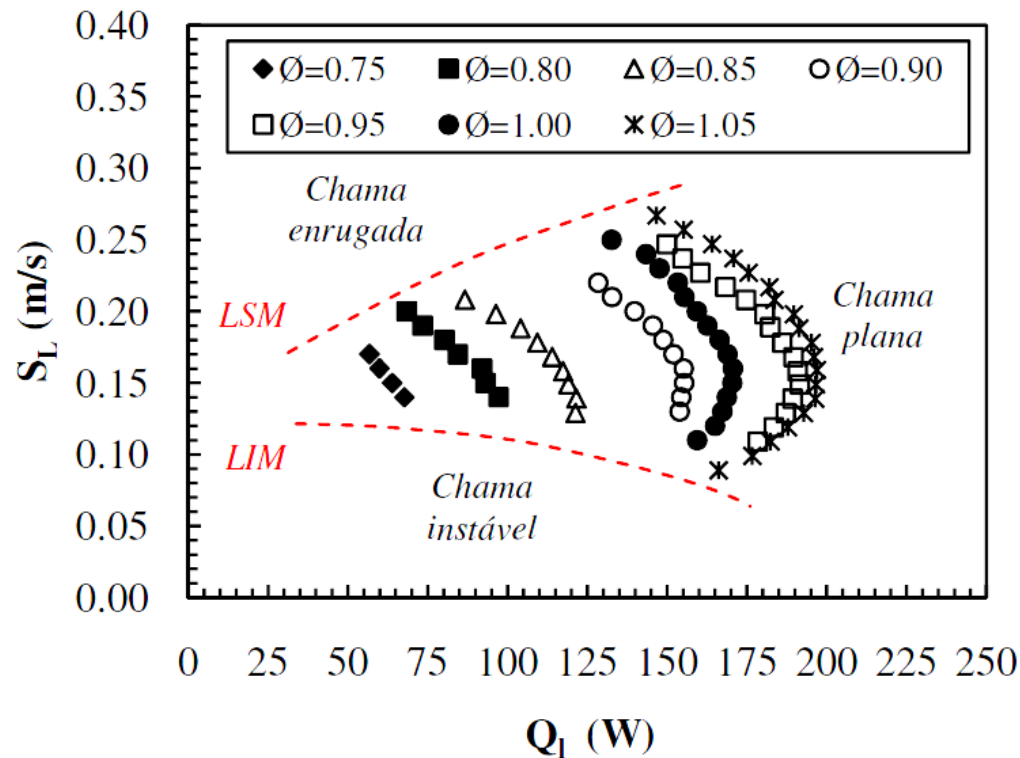
- Medição da energia transferida da chama para a água de arrefecimento consiste na vazão mássica da água, coeficiente calorífico de pressão constante da água e variação da temperatura.

$$W = \dot{m}_{\text{água}} \times C_p \times \Delta T [W]$$



# Materiais e Métodos

Medição da energia transferida da chama para a água de arrefecimento para o metano pré-misturado com ar ( $0,75 < \phi < 1,05$ ) de acordo com Francisco.



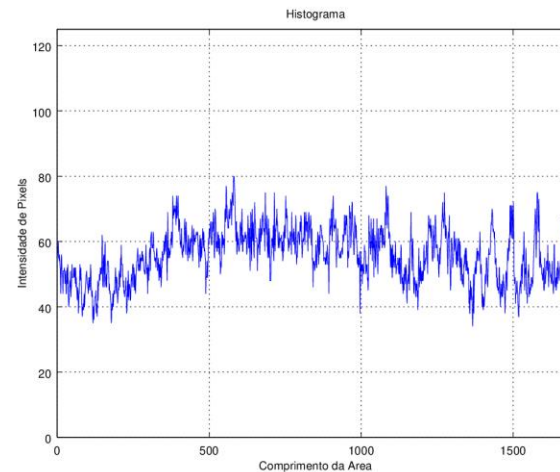
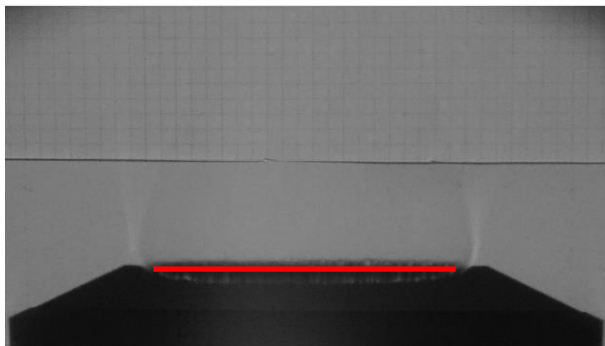
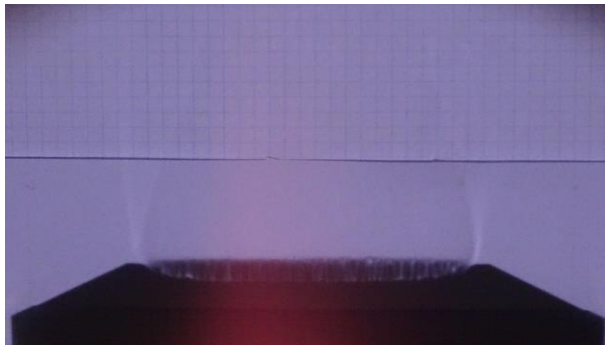
# Materiais e Métodos

## Metodologia *direct shadowgraph*

- Este método consiste na captura da sombra de um meio translúcido para a obtenção de dados. Para produzi-lo é necessário uma fonte luz, um meio translúcido e uma superfície adequada sobre a qual a sombra produzida será projetada.

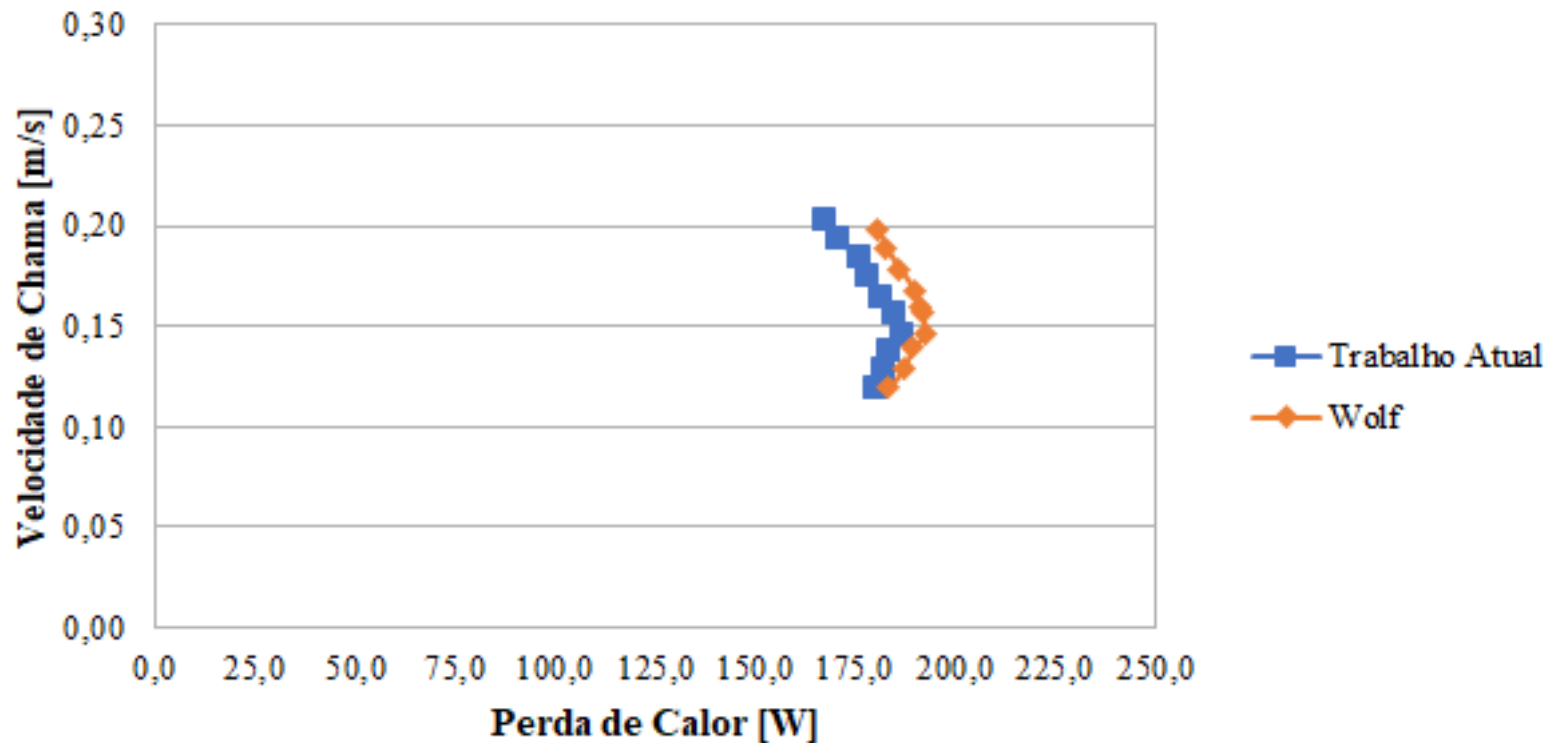
# Materiais e Métodos

Imagem superior à esquerda é a foto durante o ensaio. Imagem Inferior à esquerda é resultado da imagem convertida para preto e branco. Imagem à direita é o histograma da intensidade de pixels.



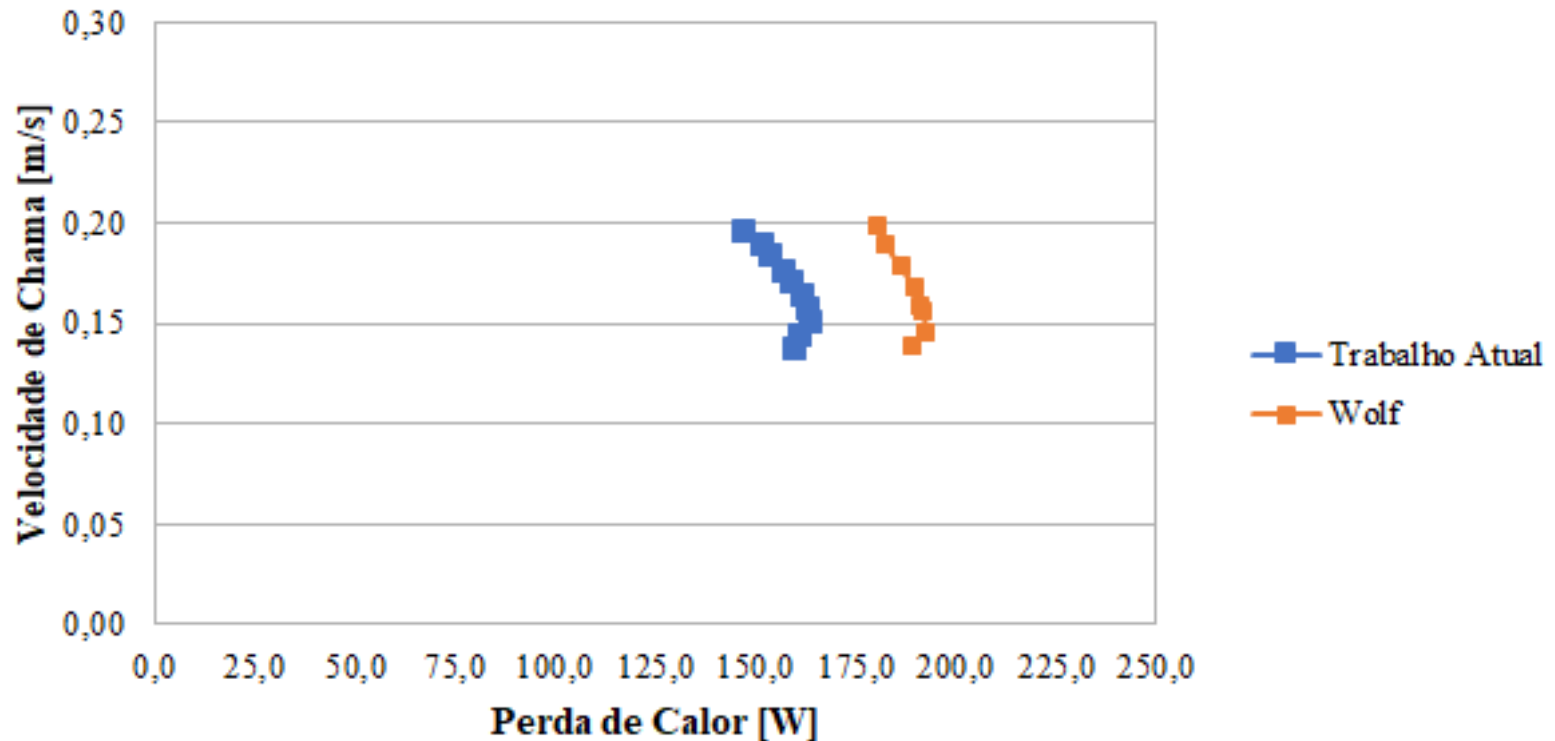
# Resultados

## Comparação dos dados com o $\phi=1$



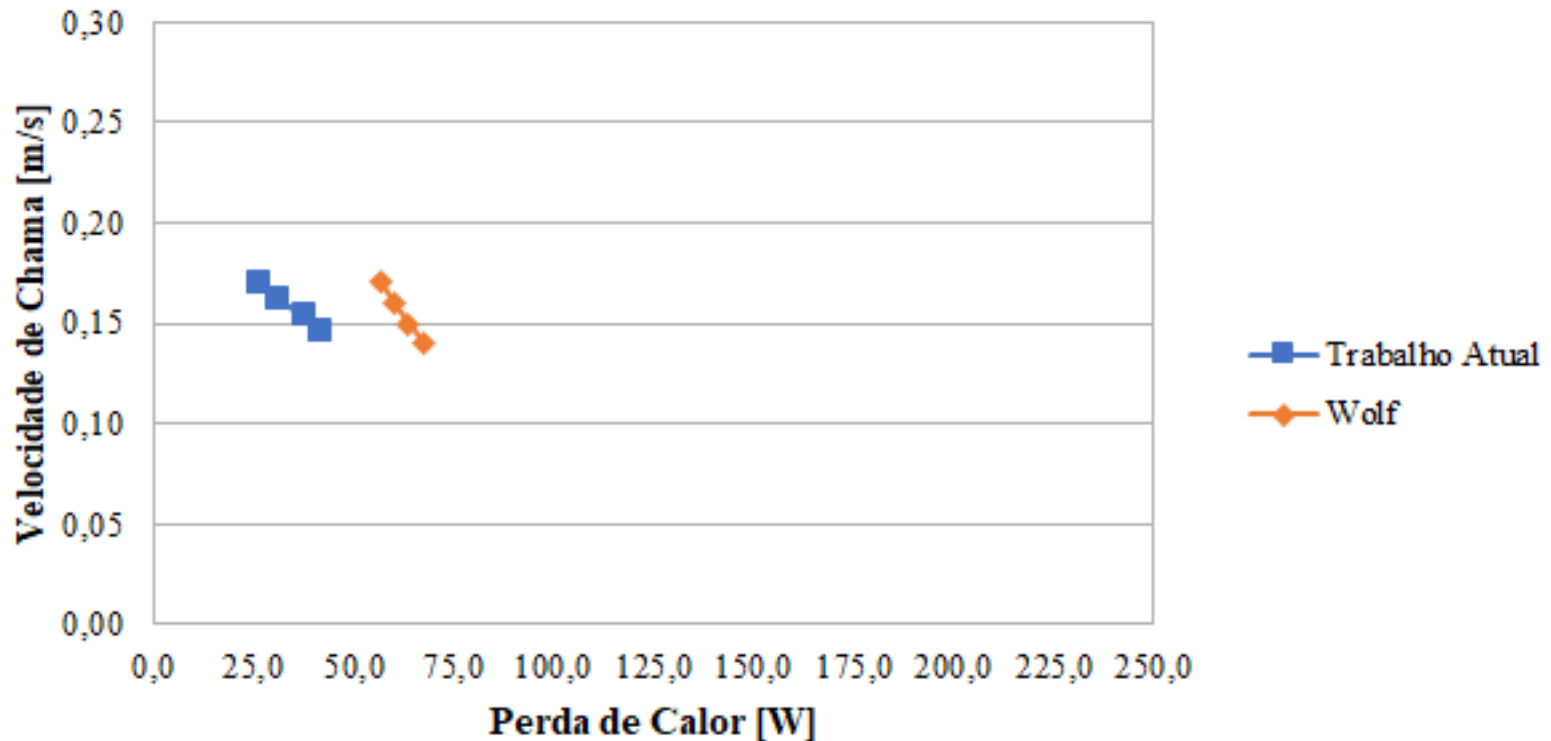
# Resultados

## Comparação dos dados com o $\phi=0,95$



# Resultados

## Comparação dos dados com o $\phi=0,75$



# Conclusões

- Dados como temperatura do sistema de arrefecimento, vazão mássica e as imagens coletadas no experimento é o alicerce para os cálculos e também são os mais afetados pelo ambiente e falta de aferição da bancada.
- Suspeita-se que as divergências de resultados foram ocasionados pelo medidor defeituoso de vazão da água de arrefecimento e também erro durante algum o cálculo.

# Conclusões

- Após a correção das divergências, deve-se produzir ensaios com oxigênio puro como oxidante. Em seguida, utilizar outros combustíveis como propano e etanol.
- Para a utilização do etanol, será necessário desenvolver um sistema de evaporação, pois o queimador McKenna opera somente com substâncias gasosas e o etanol se encontra em estado líquido em temperatura ambiente.



# Agradecimentos

- Sinceros agradecimentos ao Dr. Wladimyr junto ao CNPq, PIBIC e IAE pela oportunidade de continuar este trabalho.
- Também agradeço todo pessoal do Laboratório de Propulsão Líquida que sempre auxiliou quando necessário.



# Desenvolvimento de Novas Ligas de Cobre para Motor Foguete a Propelente Líquido

Bolsista: Anderson Almeida Da Silva

Orientador: Vinicius André Rodrigues Henriques

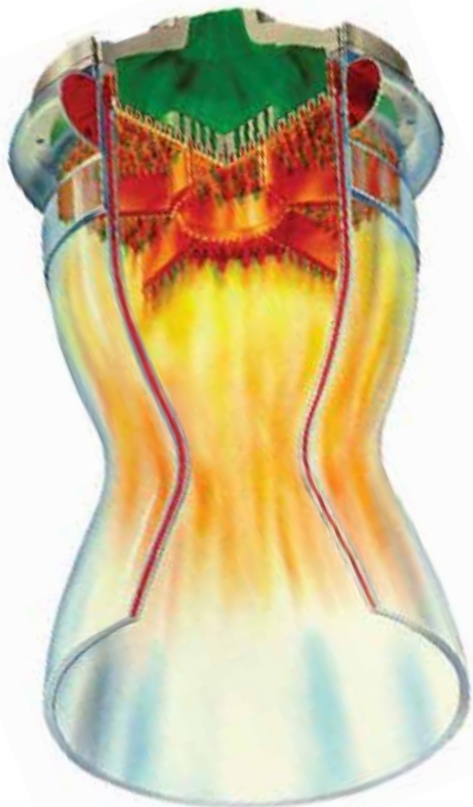
Período: Agosto de 2019 a Agosto de 2020

# Objetivos

- Melhorar as propriedades mecânicas sem perder a condutividade térmica
- ligas de cobre, capazes de suportar as temperaturas dos gases quentes do motor e de atuarem no seu arrefecimento

# Introdução

- Motor foguete



# Introdução

## Motores nacionais IAE



# Materiais e Métodos

- Foram utilizados pós oriundas da Divisão de Materiais (AMR/IAE).
- GRCop – 84 & ANZIRC
- GLIDECOP & Cu-Mo

# Materiais e Métodos

MASTERSIZER 3000



Balança de precisão



Misturador rotativo jarro  
em “Y”

# Materiais e Métodos

Prensa uniaxial CARVER



Prensa isostática a frio Paul  
Weber KP100E



Sinterização em forno cilíndrico  
sob atmosfera de argônio



# Materiais e Métodos

Densidade (Arquimedes)



Preparação  
metalográfica



Microdurometro  
EMCOTEST

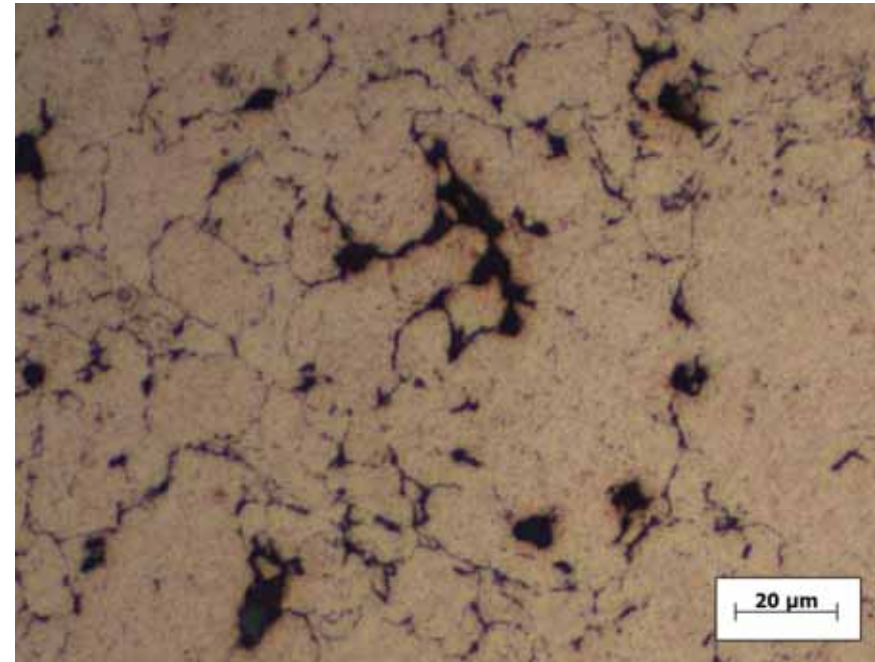
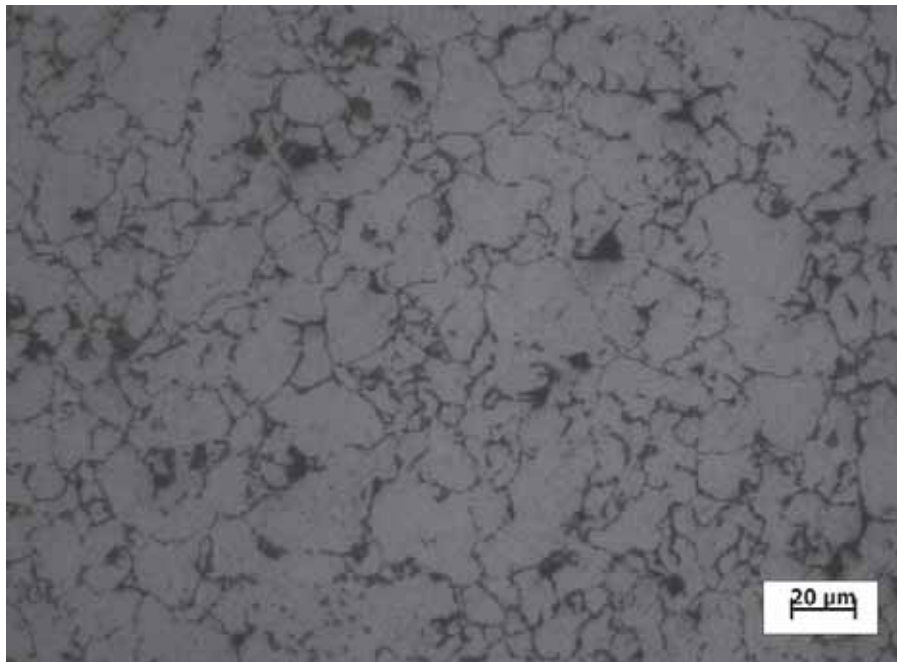
# Resultados

- Tamanho médio de partículas.

Cu	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Mo
38,00 μm	2,03 μm	19,30 μm

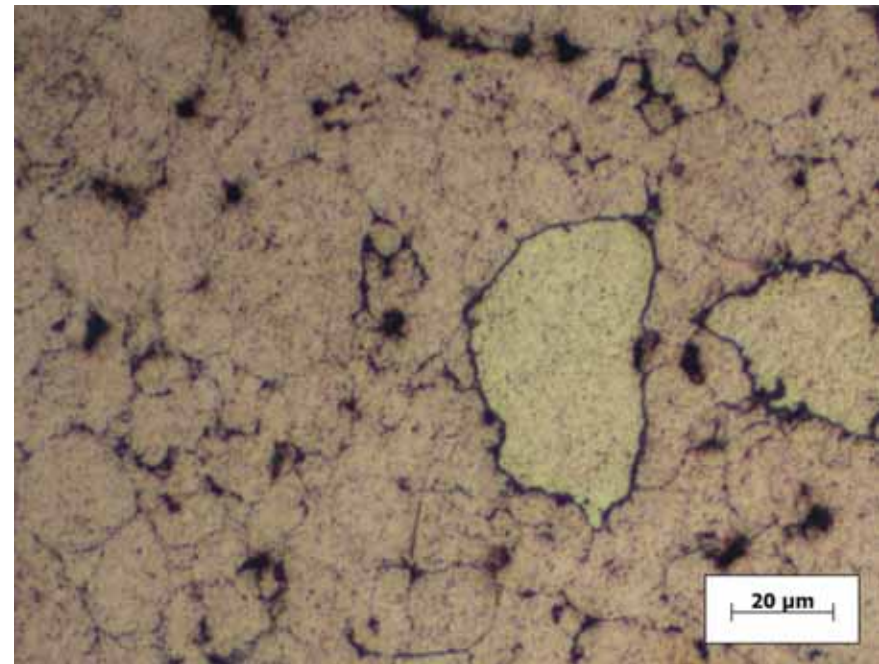
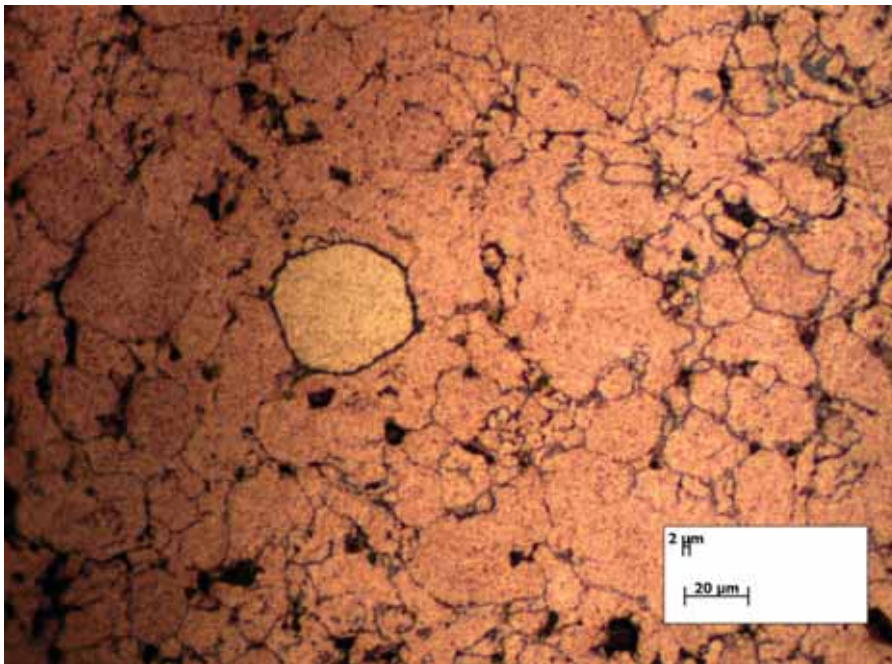
# Resultados

- Microestrutura da liga GLIDECOP – 0,30% e 1,1% sinterizadas a 900° C.



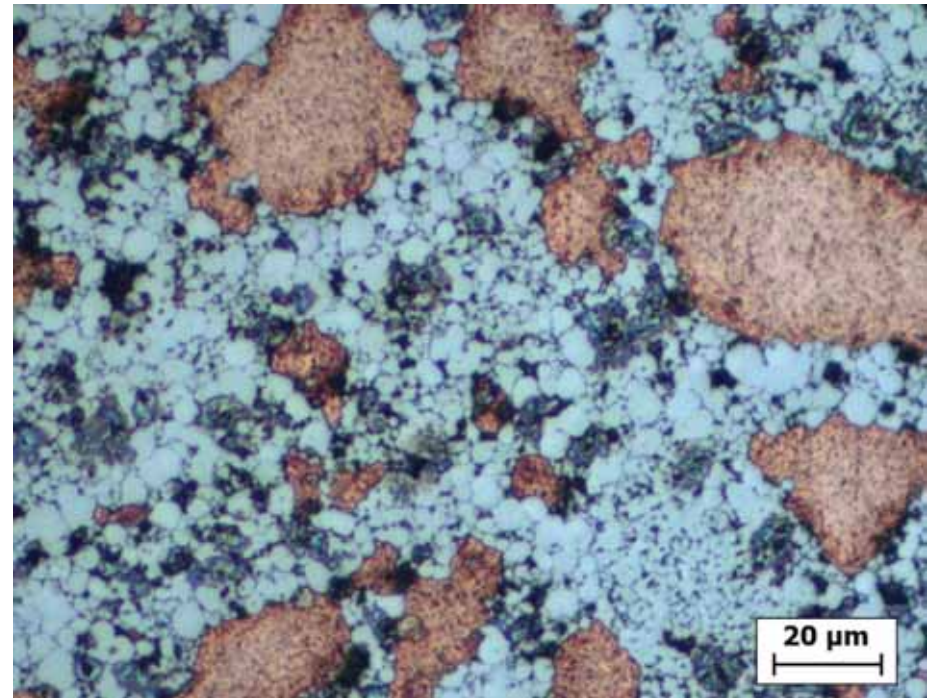
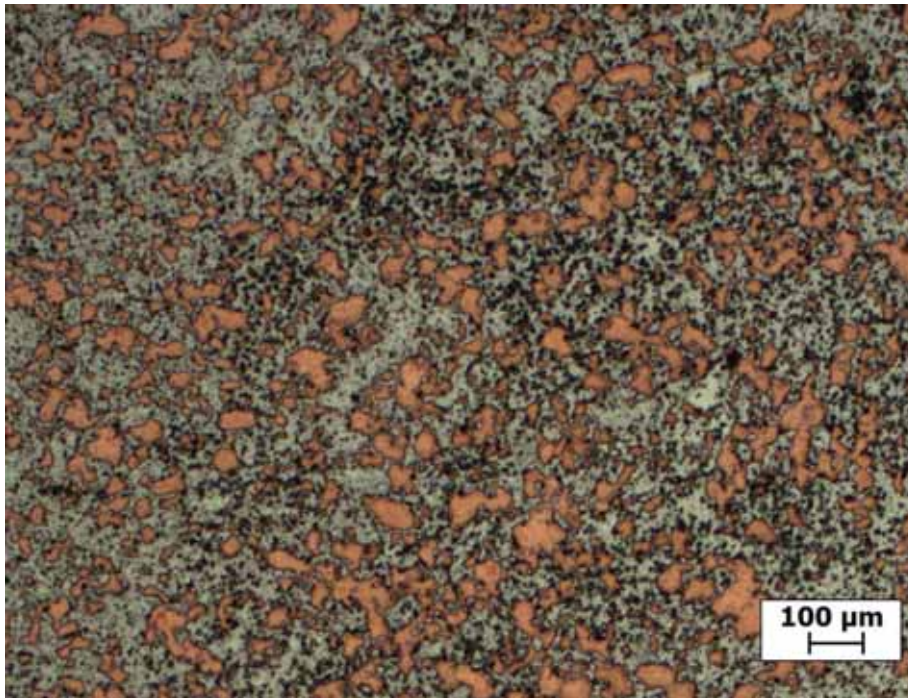
# Resultados

- Microestrutura da liga GLIDECOP – 0,30 e 1,1 % sinterizadas a 700° C.

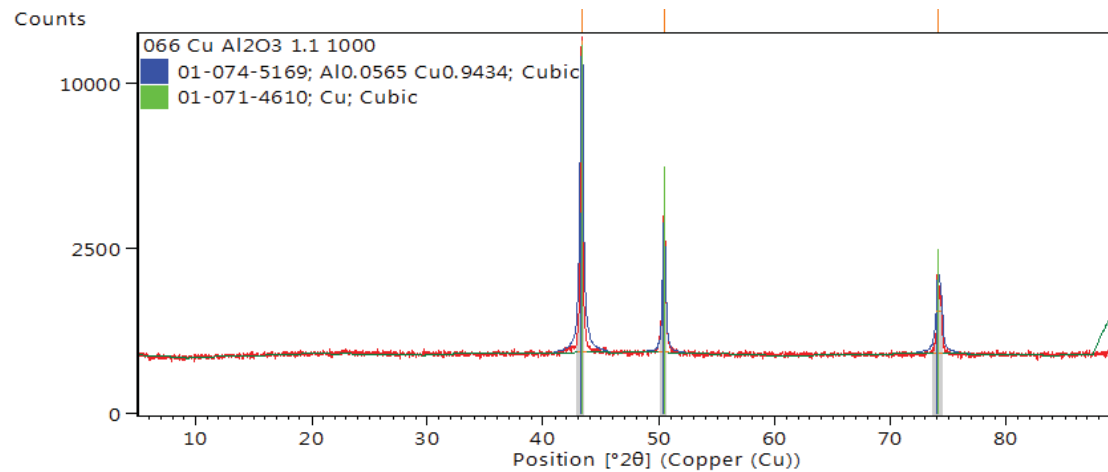
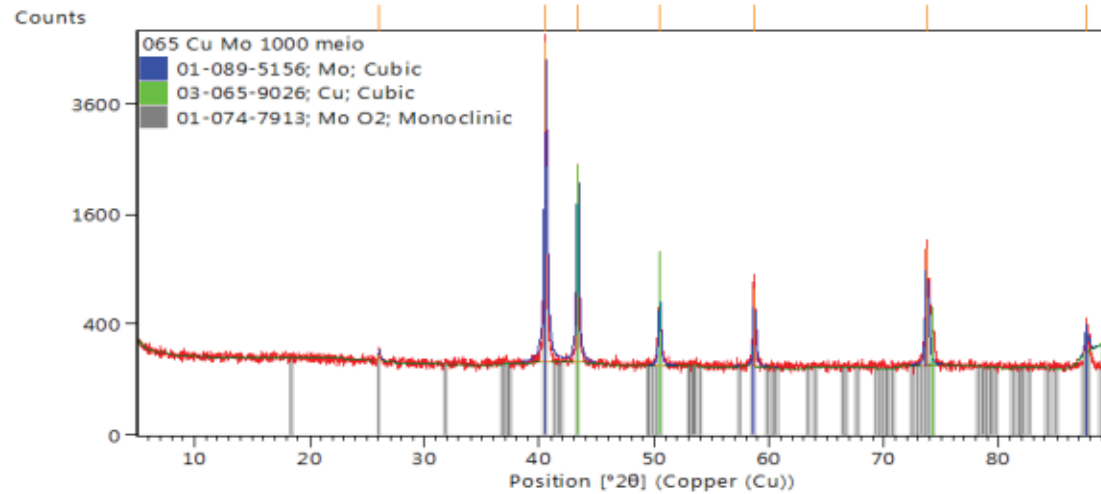


# Resultados

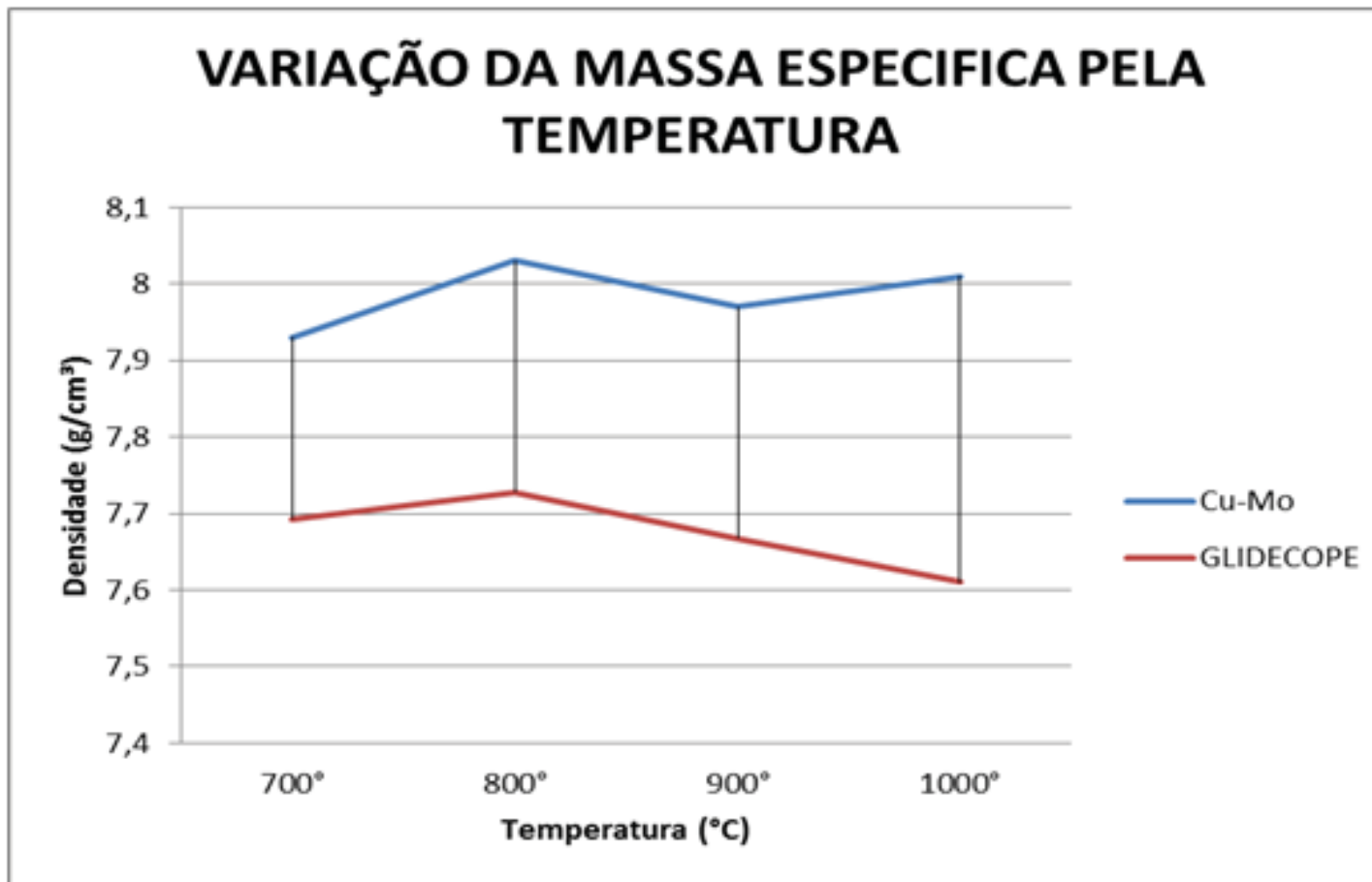
- Microestrutura da liga Cu-Mo 50x e 500x, sinterizada a 900° C.



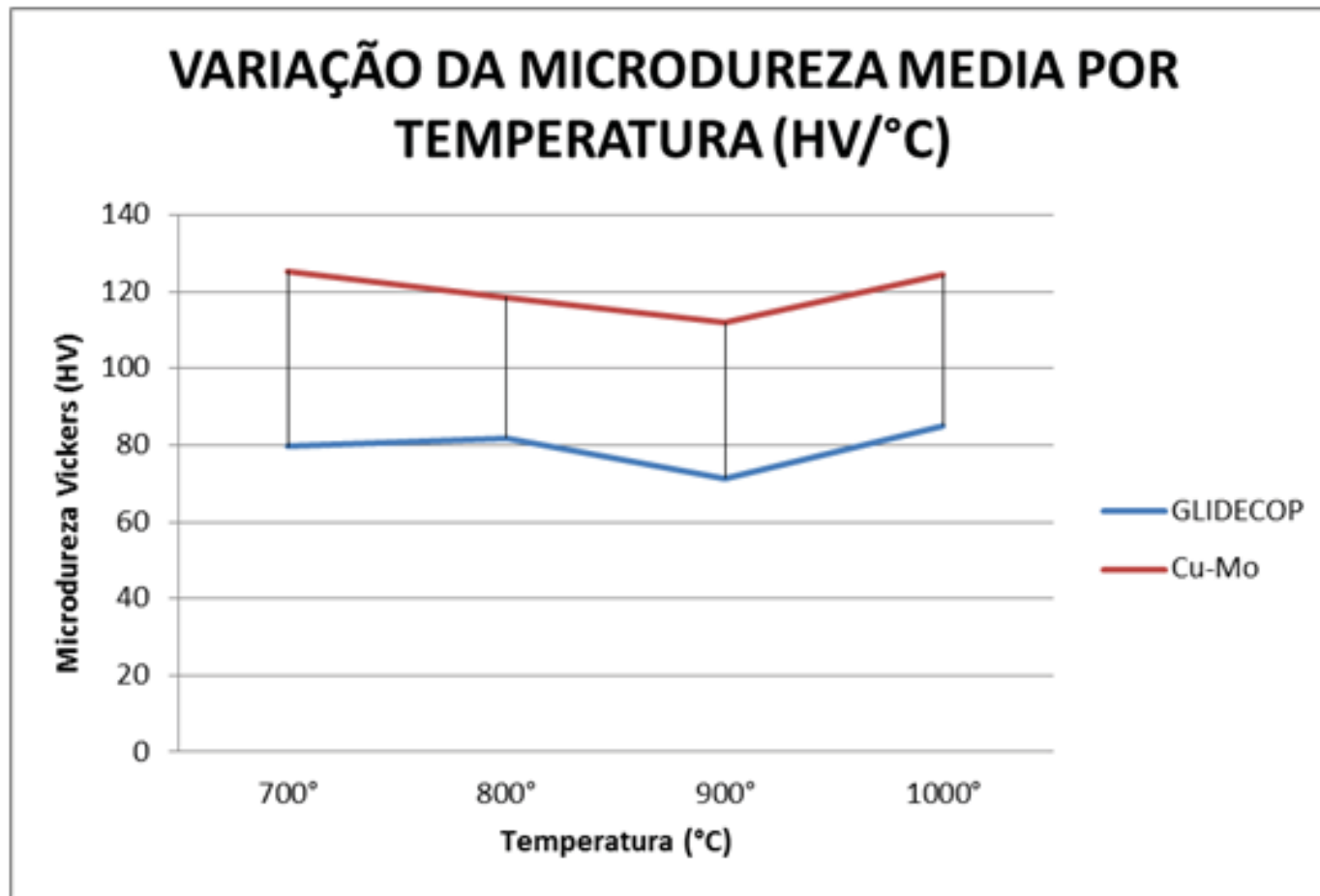
# Resultados



# Resultados



# Resultados





# Conclusões

- Os resultados foram muito afetados pela utilização de baixa temperatura de sinterização e atmosfera do forno. O laboratório encontra-se com problemas no sistema de refrigeração, o que impede a utilização dos fornos de alta temperatura e alto vácuo.

# Conclusões

- Para o teor de alumina utilizado não houve o aumento no endurecimento das amostras sinterizadas da liga GLIDECOP. Este fato pode estar ligado ao tamanho não muito reduzido das partículas de alumina e à sua dispersão na matriz de cobre (formação de aglomerados). Novas composições com maiores teores de alumina devem ser estudados.

# Conclusões

- A liga Cu-Mo parece ter um bom potencial para sua elaboração por metalurgia do pó em razão da baixa porosidade e maiores valores de dureza. Espera-se densificações superiores ao se elevar a temperatura de sinterização com a formação de fase líquida de cobre.

# Prêmios e Publicações

- Este trabalho e resultados serão apresentados no Encontro de Iniciação Científica e Tecnológica do IAE (XVI ENICT) em agosto de 2020.

# Agradecimentos

- Agradeço a todos os colaboradores do IAE, da divisão de materiais (AMR), em especial os técnicos e Pesquisadores do GPM.
- Também agradeço ao meu orientador, Vinicius, pela oportunidade, pelo aprendizado e também pelo incentivo ao projeto apesar das inúmeras adversidades.

# **Estudo do tratamento térmico de envelhecimento em aço maraging para aplicação aeroespacial**

Bolsista: Carolina Gomes de Souza

Orientador: 2° Ten Alegretti

Período: 2019 / 2020

# Objetivos

- Analisar as propriedades mecânicas de nove condições de envelhecimento do aço maraging 300.
- Análise mecânica (ensaios de tração / dureza) e análise da microestrutura (MO / MEV) das amostras envelhecidas.

# Introdução

- Consiste em uma classe especial de aço, por possuir ultra-alta resistência e baixo percentual de carbono;
- Maraging = Martensite (Martensita, microestrutura do material) e Aging (Envelhecimento, tratamento térmico aplicado no material);
- Boa ductilidade e tenacidade, aliada à resistência mecânica;



# Materiais e Métodos

## *Materiais:*

- Chapa laminada de Maraging Classe 300;
- Baquelite;
- Lixas;
- Pasta de diamante e;
- Solução coloidal de sílica.

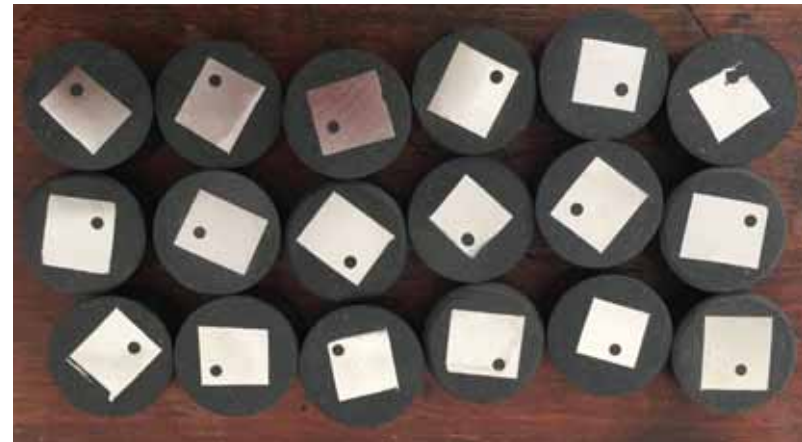


Figura 1: Amostras embutidas.

# Materiais e Métodos

## *Tratamento térmico de envelhecimento:*

- 27 corpos de provas foram colocados em três muflas;
- Temperaturas diferentes: 450 °C, 480 °C e 500 °C;
- Tempos de envelhecimento: 2 h, 3 h e 5 h.

# Materiais e Métodos

## *Ensaio de tração:*

- Norma ASTM E8;



### Média x Especificação E8

B = 30,25mm [30 (1,25)]

C = 10,19mm [10 (0,375)]

L = 100,11mm [100 (4)]

T = 3,41mm [max 6]

W = 6,13mm [6 (1)]

Figura 2: Dimensões dos corpos de prova.

# Materiais e Métodos

## *Ensaio de dureza:*

49 medidas de dureza possibilitando a formação de uma mapa de dureza;

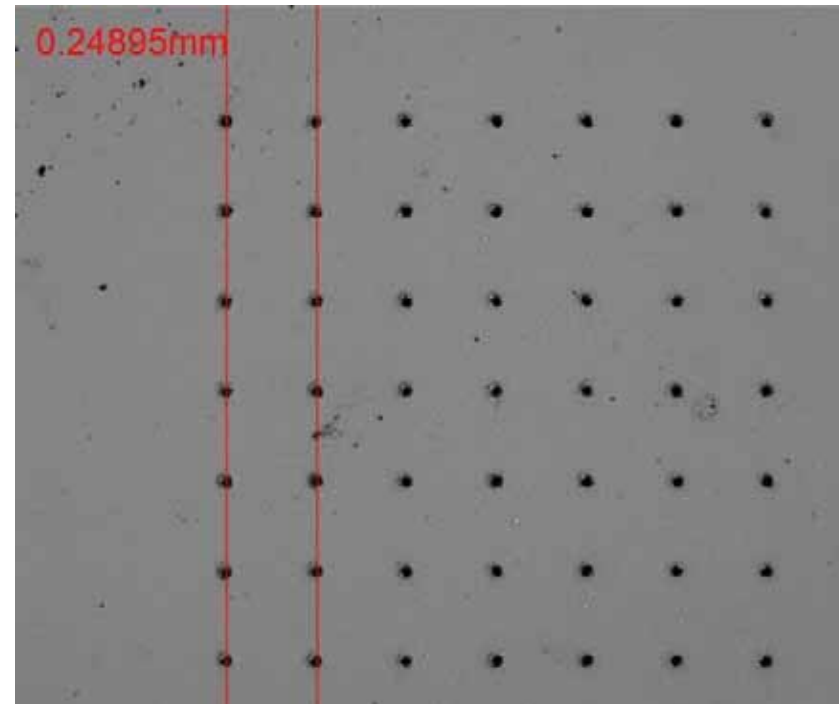


Figura 3: Mapa de dureza

# Materiais e Métodos

## *Microscopia Óptica:*

- 9 corpos de provas com cada condição estabelecida

<b>Condição</b>	450°C/ 2h	450°C/ 3h	450°C/ 5h	480°C/ 2h	480°C/ 3h	480°C/ 5h	500°C/ 2h	500°C/ 3h	500°C/ 5h
<b>Tempo</b>	25s	23s	22s	16s	16s	12s	7s	6s	5s

Figura 4: Tempo de ataque químico do aço maraging envelhecido.

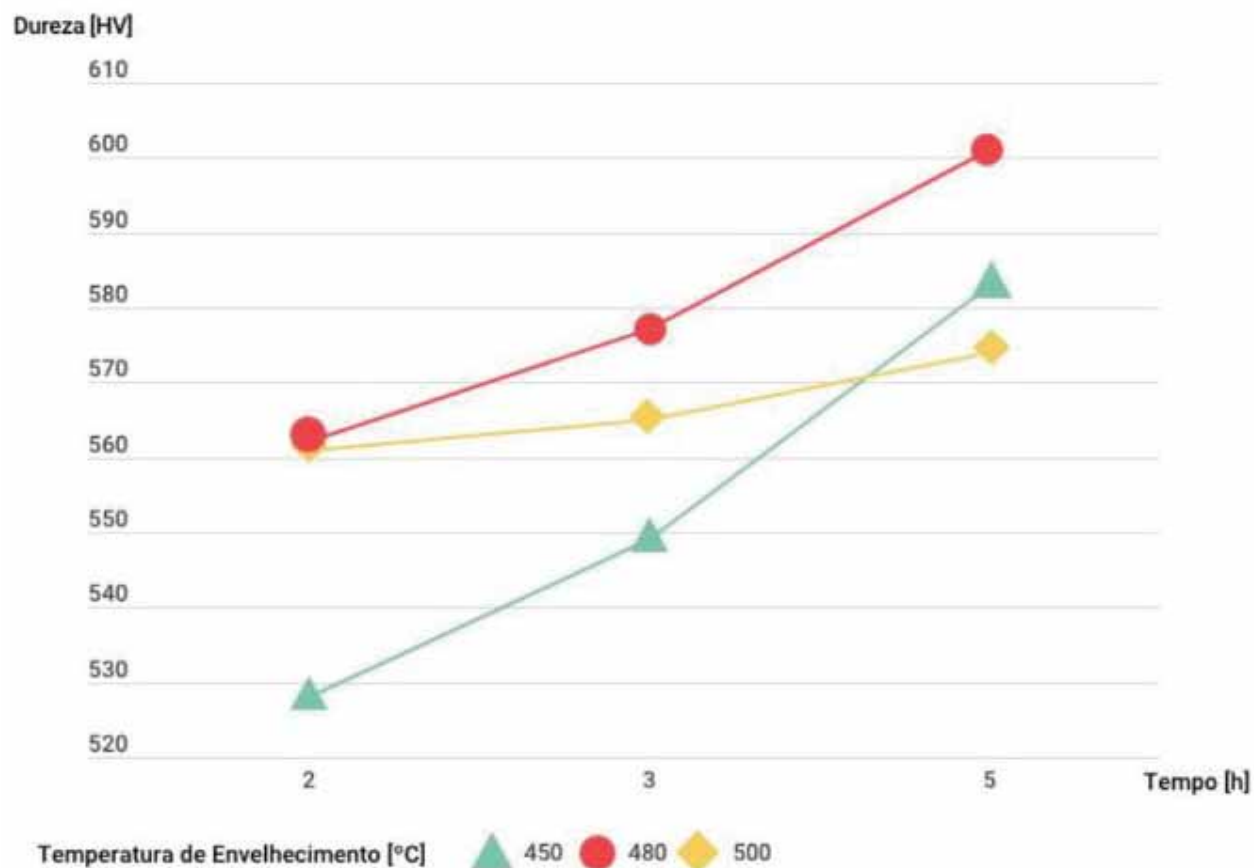
# Resultados

## *Ensaio de tração:*

Tempo (horas)	Temperatura (°C)	Limite de escoamento (MPa)	Tensão de ruptura (MPa)
2	450	1581,60 ± 41,13	1181,45 ± 31,55
3	450	1716,75 ± 105,54	1317,67 ± 37,14
5	450	1730,46 ± 167,30	1360,54 ± 21,73
2	480	1631,36 ± 84,24	1244,4 ± 30,06
3	480	1497,68 ± 306,35	1414,24 ± 46,89
5	480	1478,87 ± 210,22	1475,45 ± 100,51
2	500	1451,00 ± 267,56	1343,06 ± 53,32
3	500	1409,00 ± 286,74	1446,95 ± 12,62
5	500	1205,71 ± 173,18	1427,78 ± 26,26

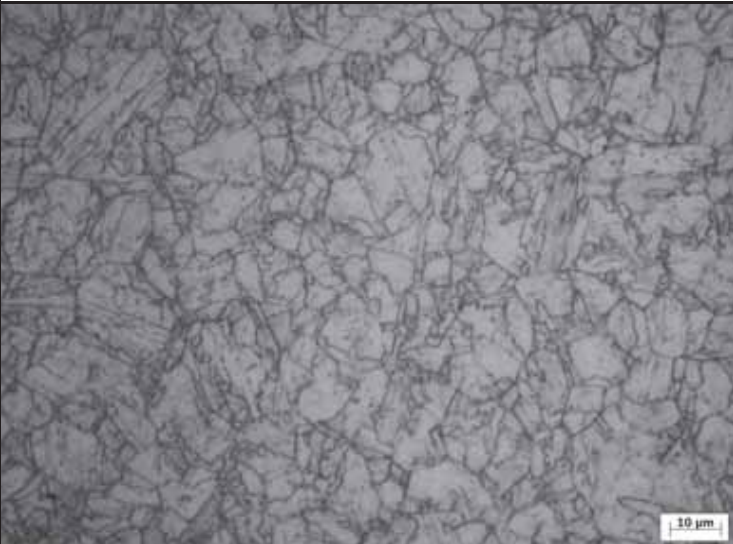
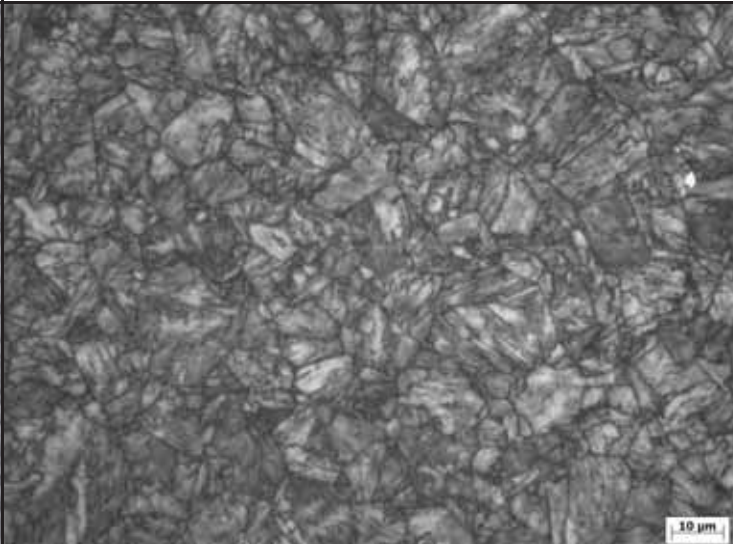
# Resultados

***Ensaio de dureza:***



# Resultados

## *Microscopía Óptica:*

Condição	450 °C por 2h	500 °C por 5h
Aumento 1000x		



# Conclusões

- Parâmetros de tempo e temperatura afetam significativamente as propriedades mecânicas;
- Grande desvio padrão nas tensões de escoamento;
- Baixa variação da dureza na mesma amostra;
- A temperatura de 480 °C por 5h é o melhor parâmetro para obter a maior resistência e dureza.

# Prêmios e Publicações

Publicação do artigo “Investigação das propriedades mecânicas do Aço Maraging 300 (18Ni300) para uso automotivo” na SAE BRASIL.

# Agradecimentos

Ao meu orientador, Prof. Dr. Tiago Alegretti Zucarelli;

À UNIFESP pela formação acadêmica;

Ao Departamento de Materiais do Instituto de Aeronáutico e Espaço (IAE) pela infraestrutura de laboratórios;

À CNPq pela concessão da bolsa de Iniciação Científica.

Síntese e caracterização de vidros borossilicatos sinterizados contendo fibras de alumina para aplicações aeroespaciais.

Bolsista: Cesar Matheus Martins

Orientador: Frank Ferrer Sene

Período: Agosto de 2019 a Julho de 2020

# Objetivos

- Obtenção de um compósito do tipo vitro-cerâmica capaz de absorver radiação eletromagnética e com propriedades mecânicas aprimoradas de forma que seja atrativo para aplicações aeroespaciais.

# Introdução

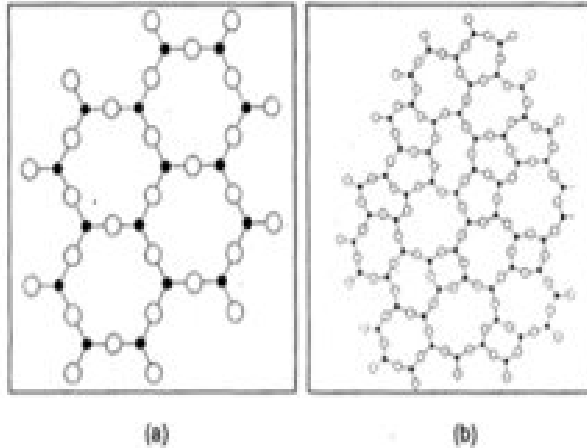


Figura 1 – Estrutura molecular planar idealizada para a) um material cristalino e b) um material no estado vítreo [2].

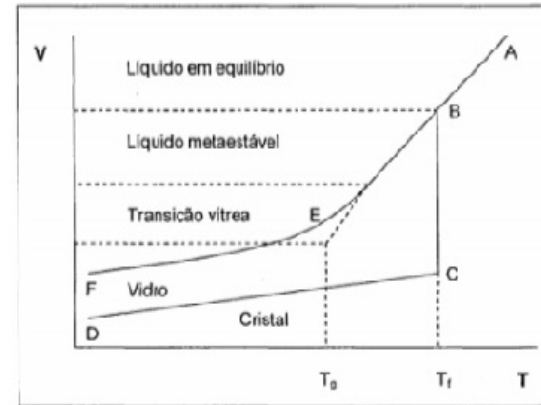


Figura 2 – Volume específico em função da temperatura para um vidro e um cristal obtido por resfriamento de um líquido [2].

- Os vidros borossilicatos apresentam estrutura molecular contendo simultaneamente, silício e boro como elemento formador de rede vítrea na forma de óxidos, podendo ser combinados com o chumbo que aumenta o coeficiente de absorção a radiação e fibra de alumina melhorando as propriedades mecânicas

# Materiais e Métodos

- **Preparação do vidro**
  - $2.H_3BO_3 \rightarrow B_2O_3 + 3.H_2O$
  - **Pesagem** dos pós precursores
  - **Mistura e homogeneização** dos pós pesados
  - Fusão a **1200°C** em um cadinho de **mulita-zircônia**
  - **Frita** e despejo em molde de aço

# Materiais e Métodos

- **Preparação do vidro**

Retirando o cadinho contendo o líquido aquecido



Vertendo o líquido em molde pré aquecido



Vertendo em um recipiente com água para produzir frita

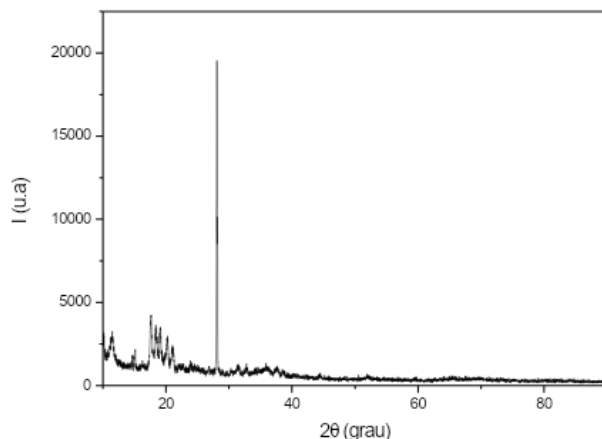




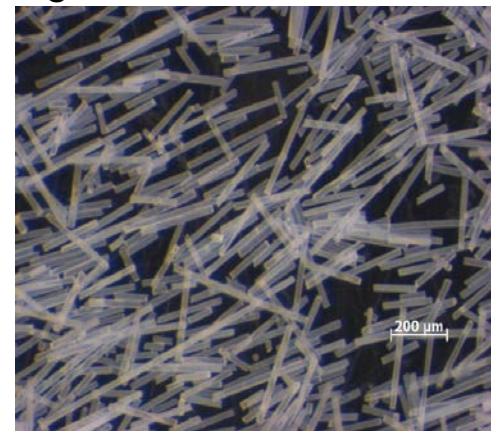
# Materiais e Métodos

- **Preparação dos vidros sinterizados e do compósito vidro-cerâmica**
  - **Refinamento** do pó do vidro
  - **Confecção** de pastilhas sem (A1) e com fibra (A2) de alumina
  - Compactação das pastilhas com **2 Ton/cm<sup>2</sup>** por **15 segundos**
  - Sinterização das pastilhas a **540°C** por **30 minutos**

Difratograma do Boro Puro



Micrografia das fibras de alumina

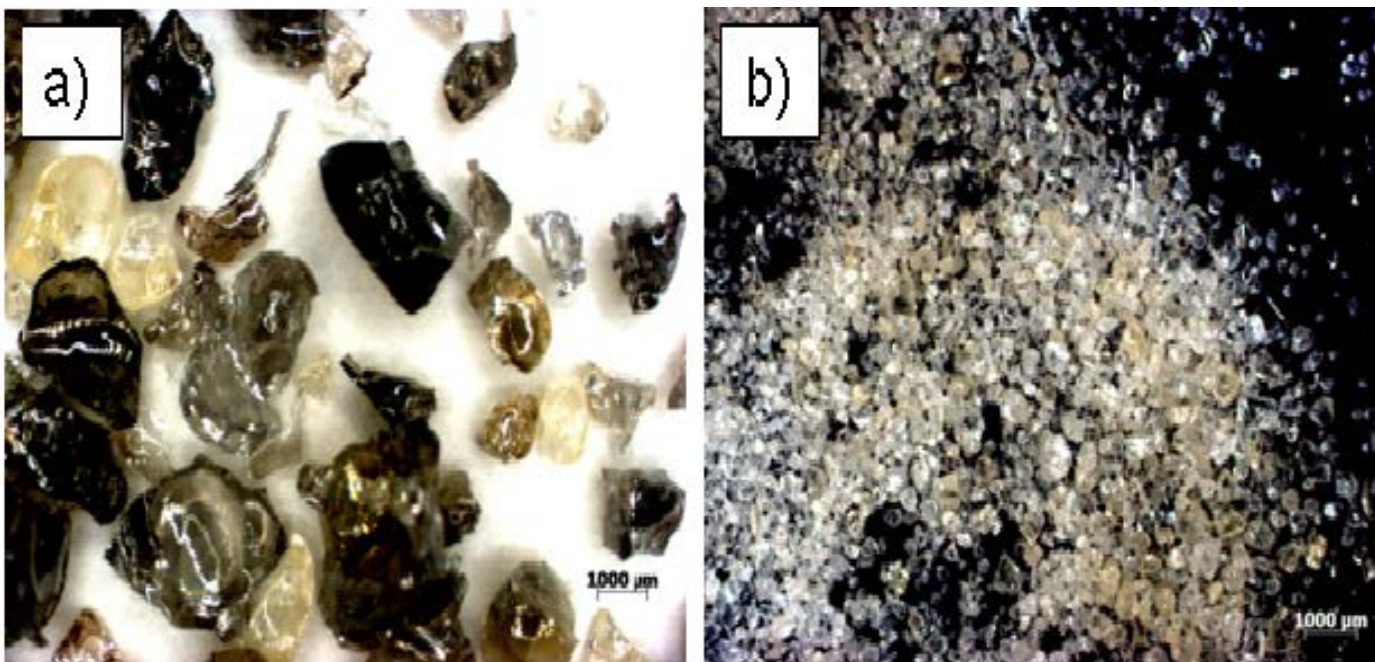


# Materiais e Métodos

- **Caracterização das amostras**
  - DRX
  - DTP
  - DSC
  - Microscopia ótica dos vidros sinterizados

# Resultados

Vidro borossilicato obtido após frita e moagem



# Resultados

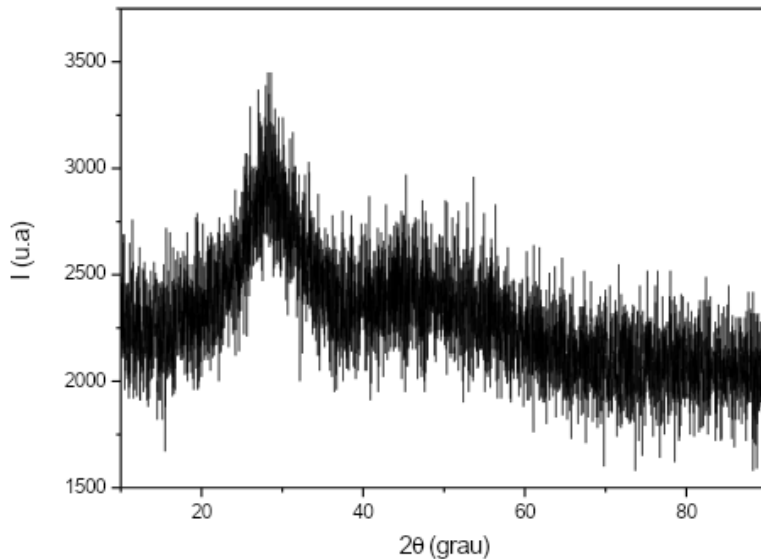
DTP dos vidros A1 e A2      Densidade das amostras de vidro A2 sinterizadas

Amostra	$d_{10}$ ( $\mu\text{m}$ )	$d_{50}$ ( $\mu\text{m}$ )	$D_{90}$ ( $\mu\text{m}$ )
A2-1	4,1	22,2	56,1
A2-2	4,3	21,7	55,6

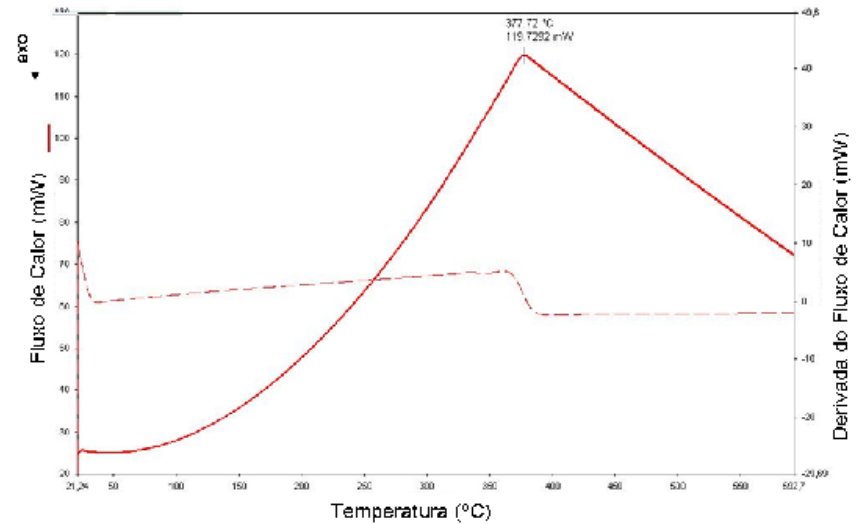
Amostra	T( $^{\circ}\text{C}$ )	m(g)	d(cm)	h(cm)	d(g/cm <sup>3</sup> )	d relativa
1	550	2,195	1,705	0,19	5,06	0,93
2	550	2,204	1,688	0,19	5,24	0,97
3	550	0,510	0,865	0,17	5,20	0,96
4	530	0,431	0,901	0,16	4,32	0,80

# Resultados

Difratograma após frita do vidro A2

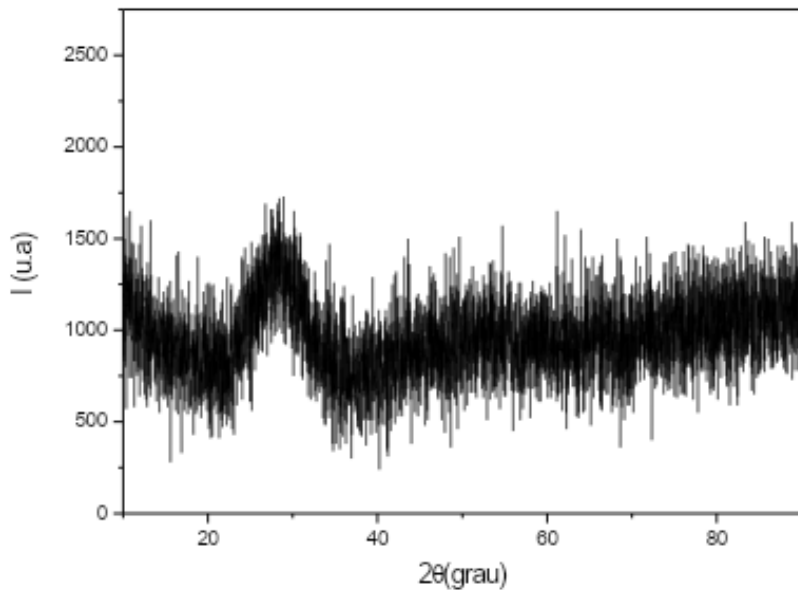


DSC obtido de uma amostra do vidro A2

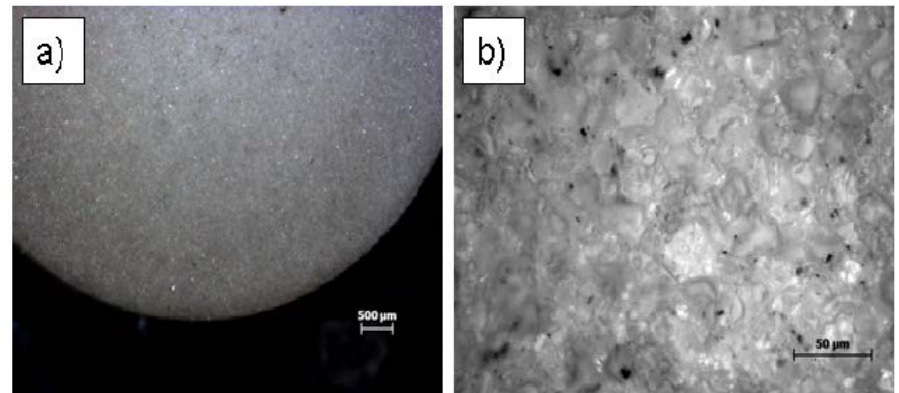


# Resultados

Difratograma para o vidro A2 sinterizado



Micrografia obtidas do vidro A2 sinterizado



# Resultados

Amostras do vidro A2 sinterizadas



# Conclusões

- A metodologia empregada na moagem dos pós e a temperatura de sinterização utilizada permitiram obter um material na composição desejada, sem apresentar indícios de cristalização e com porosidade reduzida, tornando este, um material adequado para as aplicações propostas neste trabalho. Os resultados preliminares da sinterização do compósito vidro-cerâmica são promissores, porém resultados conclusivos serão obtidos somente na próxima etapa deste trabalho.



# Próximas Etapas

- **Serão feitas medidas de absorção de radiação (gama e nêutrons) no IEAV**
- **Determinação da camada semi-redutora do material para cada tipo de radiação.**
- Implementar metodologia de moagem e seleção de pó para reduzir o tamanho médio dos pós obtidos.
- Caracterização microestrutural dos vidros sinterizados e dos compósitos vidro-cerâmica por MEV.
- Síntese de compósitos variando o teor de fibras de alumina.
- Análises mais detalhadas por DSC em temperatura até 1200°C.

# Agradecimentos

Ao orientador Doutor Frank Ferrer Sene pelos ensinamentos, ao Doutor Francisco Cristóvão Lourenço de Melo pelas respeitosas discussões e ao Hélio Calixto e Anselmo de Oliveira Campos por todo suporte técnico à pesquisa.

# **Simulação computacional da dinâmica vertical de veículos em deslocamento sobre pista de rolamento**

Bolsista: Guilherme Otavio Costa David

Orientador: Carlos d' Andrade Souto

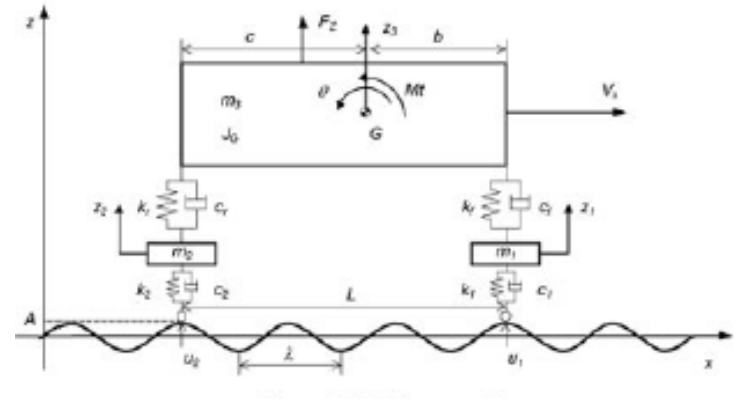
Período: Agosto de 2019 a Julho de 2020

# Objetivos

- a) Elaborar modelos de alguns graus de liberdade de veículos em deslocamento sobre pista de rolamento por meio do software de computação científica Octave.
- b) Estimar a resposta dinâmica à excitações transientes causadas por irregularidades da pista.
- c) Estimar a resposta dinâmica à excitações aleatórias causadas por irregularidades da pista.
- d) Avaliar a influência dos parâmetros de projeto da suspensão (rigidez e amortecimento) na resposta dinâmica por meio de uma análise de sensibilidade.

# Introdução

## Modelo matemático

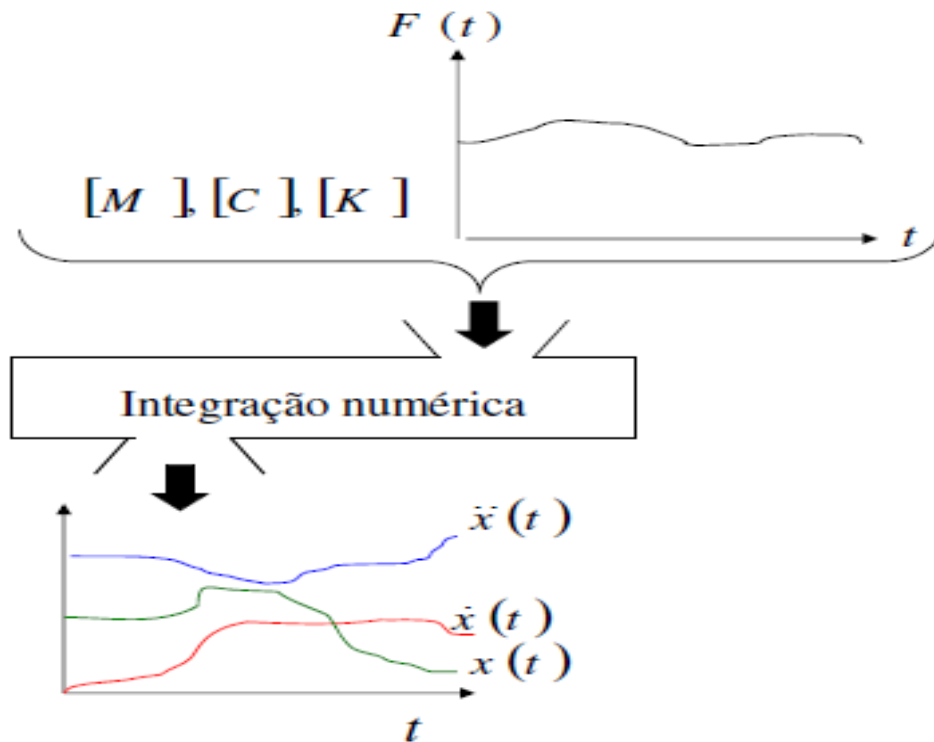


A equação de um sistema mecânico com N graus de liberdade:

$$[M] \{\ddot{x}(t)\} + [C] \{\dot{x}(t)\} + [K] \{x(t)\} = \{F(t)\}$$

# Materiais e Métodos

Método de resolução: integração numérica



# Resultados

## Caso estudado

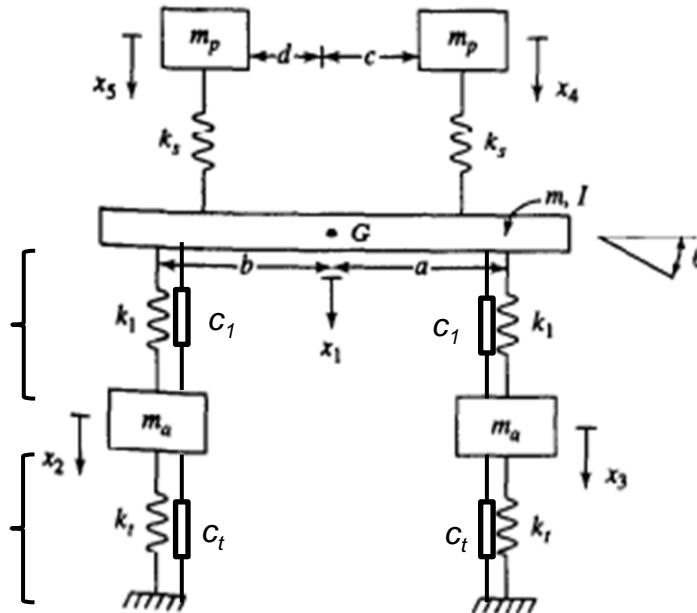
amortecimentos nos pneus  
 $c_t = 700 \text{ Kg.s}^{-1}$

amortecimentos na suspensão  
 $c_1 = 2000 \text{ Kg.s}^{-1}$

suspensão

rodas

pneus



$m = 1000 \text{ kg}$   
 $m_a = 150 \text{ kg}$   
 $m_p = 60 \text{ kg}$

$I = 360 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$   
 $k_1 = 1.2 \times 10^5 \text{ N/m}$   
 $k_s = 2 \times 10^5 \text{ N/m}$

$k_t = 8 \times 10^4 \text{ N/m}$   
 $a = 1.8 \text{ m}$   
 $b = 2.0 \text{ m}$

$c = 60 \text{ cm}$   
 $d = 40 \text{ cm}$

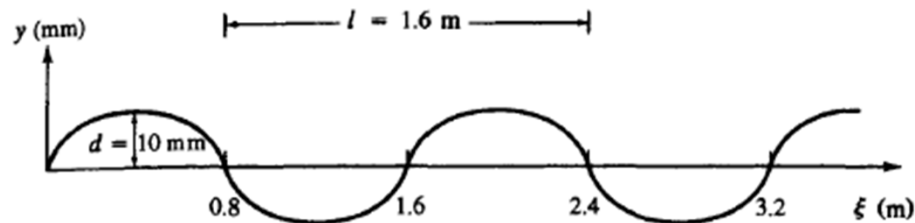
## Forças aplicadas pelos pneus às rodas

$$f_{x_2}(t) = c_t(\dot{y} - \dot{x}_2) + k_t(y - x_2)$$

$$f_{x_3}(t) = c_t(\dot{y} - \dot{x}_3) + k_t(y - x_3)$$

# Resultados

Perfil de pista



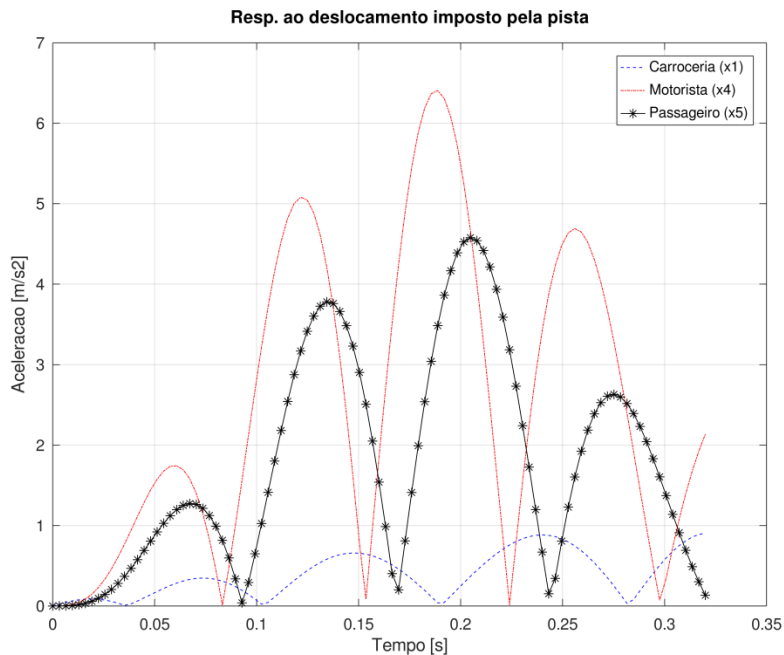
Perfil de pista (deslocamento)  $\Rightarrow$  Forças aplicadas às rodas  
 $y(t)=0,010 \text{ sen}(1,25\pi vt)$

Deslocamento sobre a pista com velocidade de 36 Km/h  
( $v=10 \text{ m/s}$ )

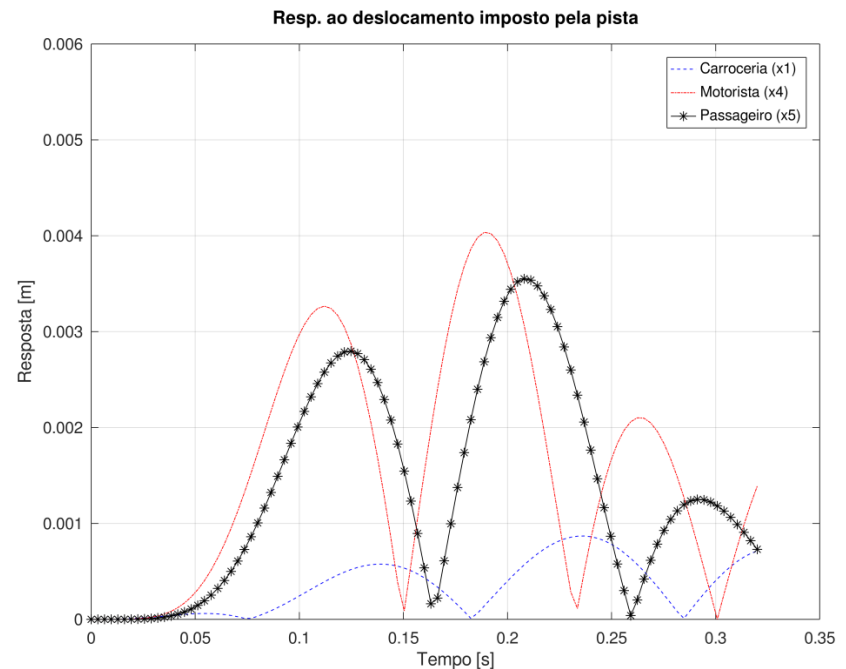


# Resultados

## Resposta dinâmica: aceleração



## Resposta dinâmica: deslocamento



# Conclusões

O projeto teve seu andamento prejudicado pela pandemia de covid-19. Parte dos objetivos foram atingidos (a e b).

# Prêmios e Publicações

- Futuramente pretende-se publicar resultados em congressos ou periódicos.

# Agradecimentos

Agradeço primeiro a Deus por ter me mantido na trilha certa durante este projeto de pesquisa com saúde e forças para chegar até o final. Deixo um agradecimento especial ao meu orientador pelo incentivo e pela dedicação do seu escasso tempo ao meu projeto de pesquisa. Também quero agradecer ao IAE (Instituto de Aeronáutica e Espaço pela oportunidade, sou muito grato a tudo que foi me proporcionado nesse período.

Agradeço ao CNPq pela bolsa concedida.



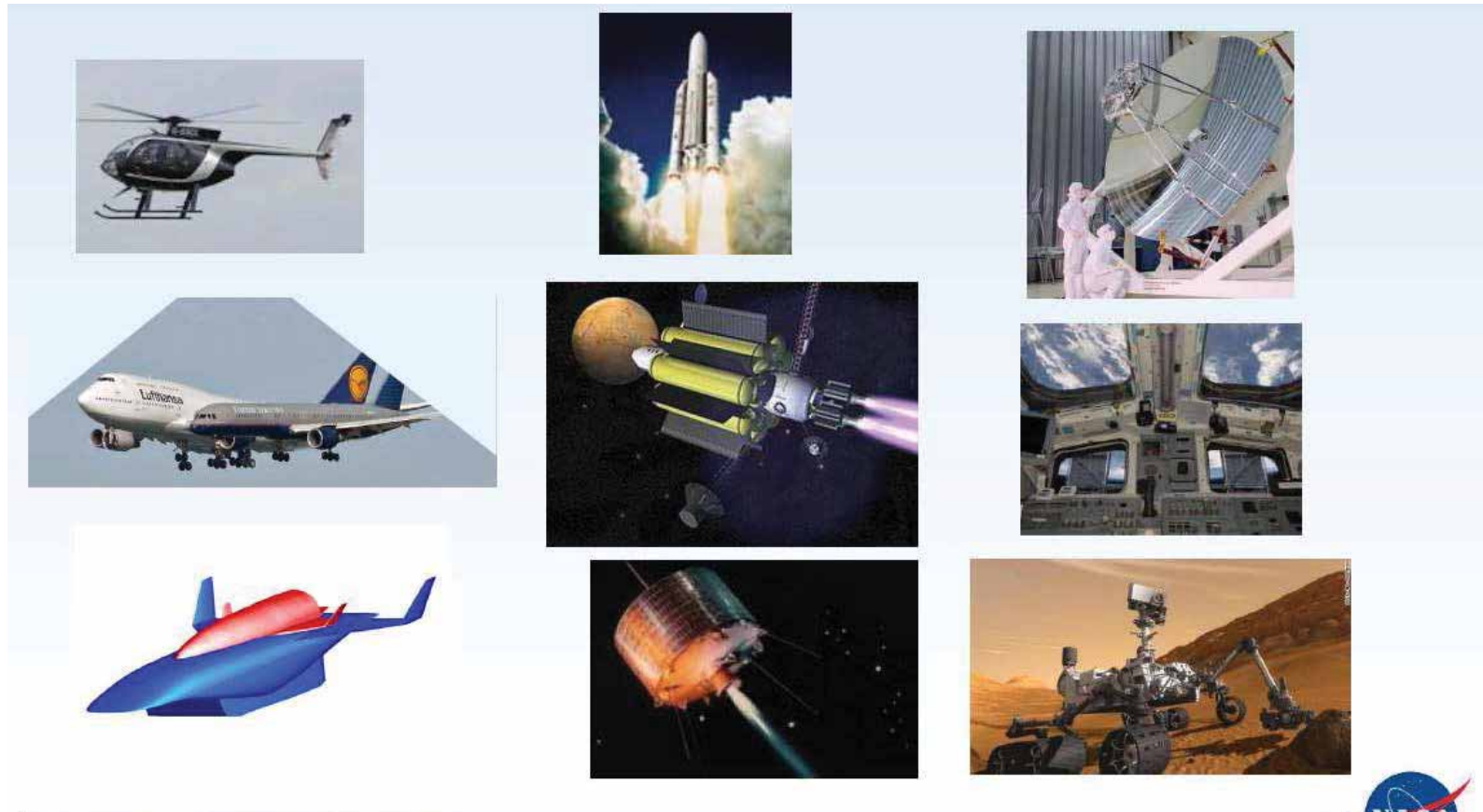
# Caracterização Micro Estrutural de Cerâmicas à Base de Alumina e Zircônia para Aplicações Aeroespaciais

Bolsista: Gustavo Santos Souza

Orientador: Dr. Christian Frederico de Ávila Von Dollinger

Período: Agosto de 2019 a Julho de 2020

Motivação do trabalho:  
Materiais cerâmicos têm vasta aplicação no setor aeroespacial.



Glenn Research Center at Lewis Field

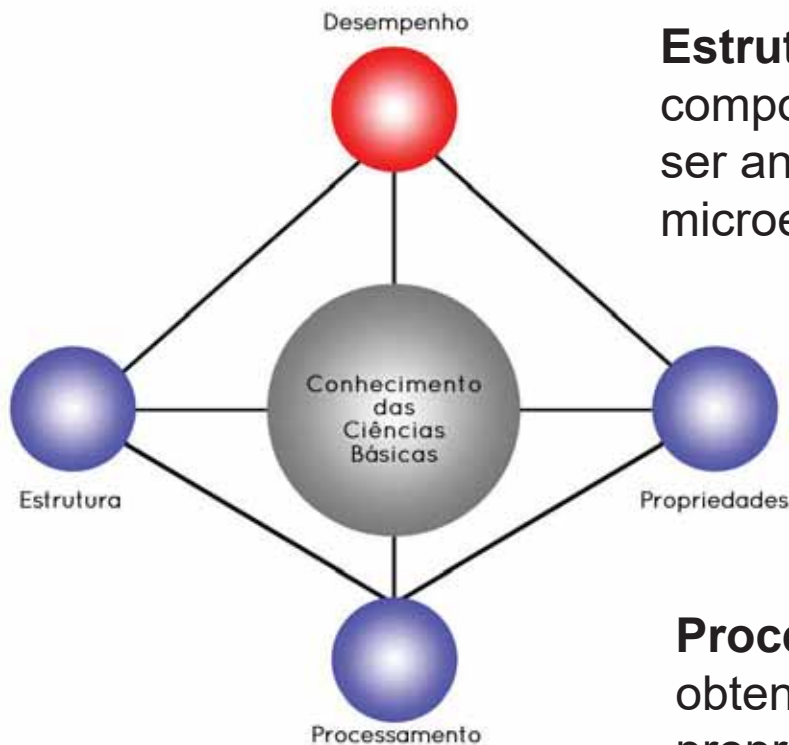
Fonte: <https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20150010712.pdf>



# Objetivos

- Desenvolver habilidades na preparação ceramográfica;
- Caracterizar materiais cerâmicos aplicáveis ao setor aeroespacial como alumina e zircônia-nióbia;
- Determinação do tamanho de grão de materiais cerâmicos.

# Introdução



**Estrutura:** associada ao arranjo dos componentes do material em estudo, pode ser analisada em diferentes escalas microestrutura e macroestrutura;

**Propriedades:** tipo e intensidade da resposta a um estímulo que é imposto ao material: mecânicas, elétricas, térmicas, magnéticas, ópticas, de degradação (corrosão, oxidação, desgaste);

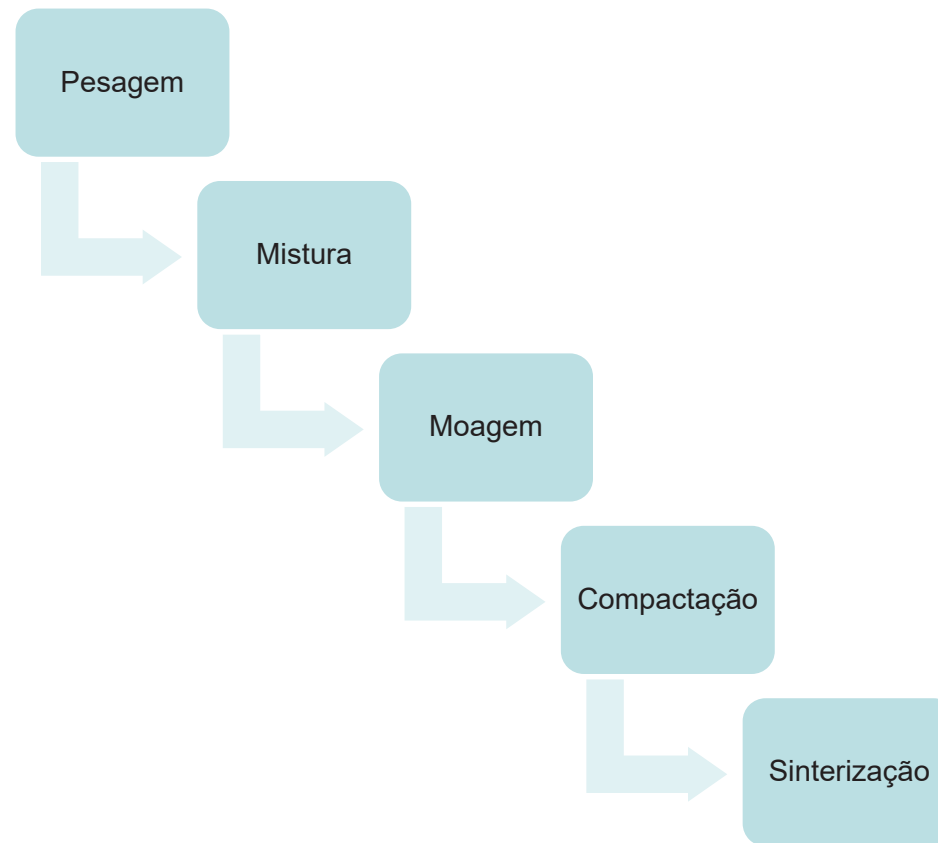
**Processamento:** conjunto de técnicas para obtenção de materiais com formas e propriedades específicas.

[http://www.pmt.usp.br/pmt5783/01%20Ciencia%20dos%20Materiais\\_Apresentacao.pdf](http://www.pmt.usp.br/pmt5783/01%20Ciencia%20dos%20Materiais_Apresentacao.pdf)



# Introdução

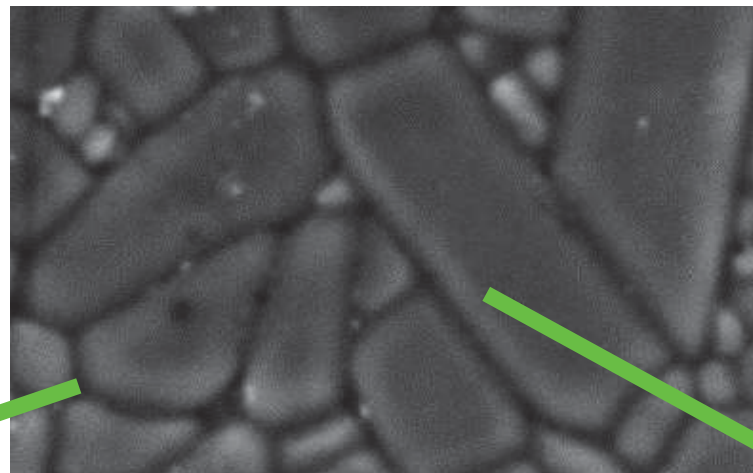
## Processamento de Material Cerâmico



# Introdução



Fonte: <https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20150010712.pdf>



**GE Passport Engine Exhaust Nozzle**  
Fonte: <https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20150010712.pdf>

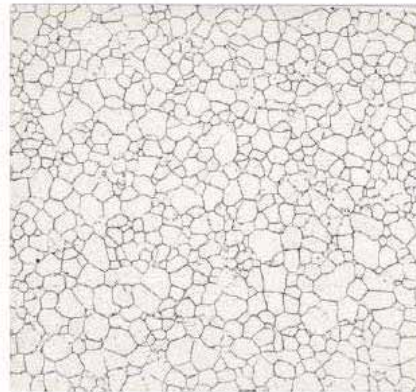
Contorno de  
Grão

Grão

# Introdução

**Grão** (do termo latino granu) é um cristal isolado na matéria em estado sólido. O tamanho do **grão** é um fator importante para avaliar as propriedades mecânicas de um material policristalino, em especial a dureza, a resistência à corrosão e o limite de escoamento.

- Quanto menor o tamanho de grão, maior tende a ser a resistência mecânica para um mesmo material.
- Existe uma relação matemática entre o tamanho de grão ( $d$ ) e a resistência mecânica ( $\sigma_y$ ) (relação de Hall-Petch)









$$\sigma_y = \sigma_0 + \frac{k_y}{\sqrt{d}}$$

$\sigma_0$  e  $k_y$  são constantes

# Introdução

## Alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )

- Isolamento Elétrico 
- Resistência à Compressão 
- Dureza 
- Moderada Condutividade Térmica
- Resistência à Corrosão e Desgaste 
- Massa Específica 
- Temperatura Operacional 

# Introdução

Zircônia Estabilizada com Nióbia ( $ZrO_2-Nb_2O_5$ )

- Resistência à Propagação de Trincas ↑
- Elevada Expansão Térmica
- Condutividade Térmica ↓
- Resistência Mecânica ↑
- Tenacidade à Fratura ↑
- Temperatura ↑
- Estabilidade Térmica e Química

# Introdução



# Materiais e Métodos



corte



embutimento



lixamento



Ataque térmico



polimento

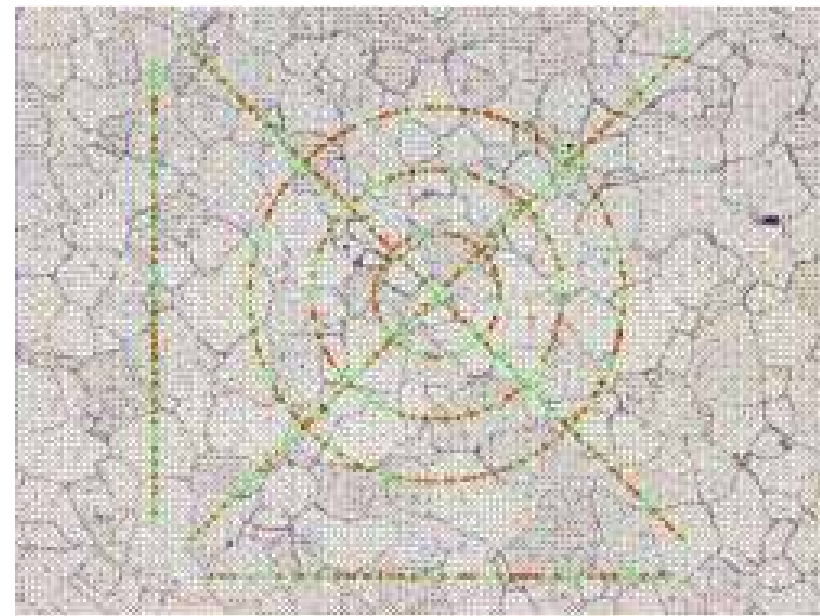
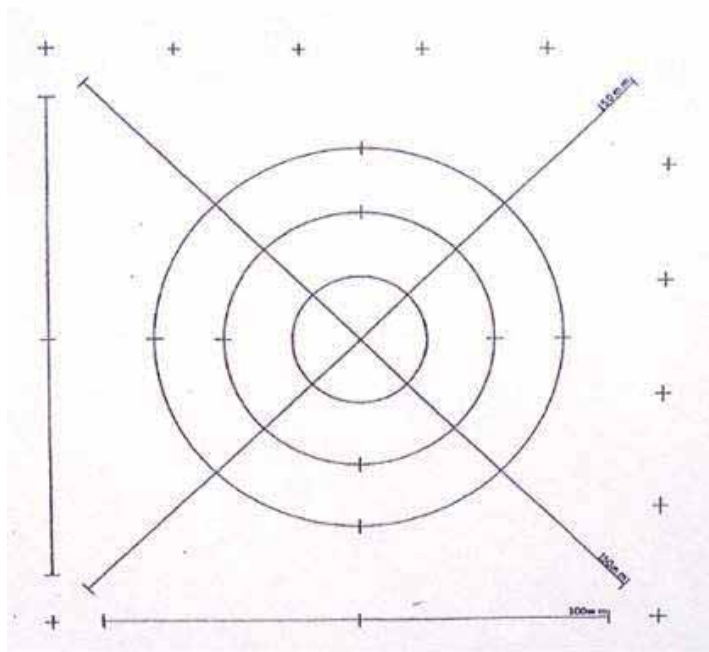
# Materiais e Métodos





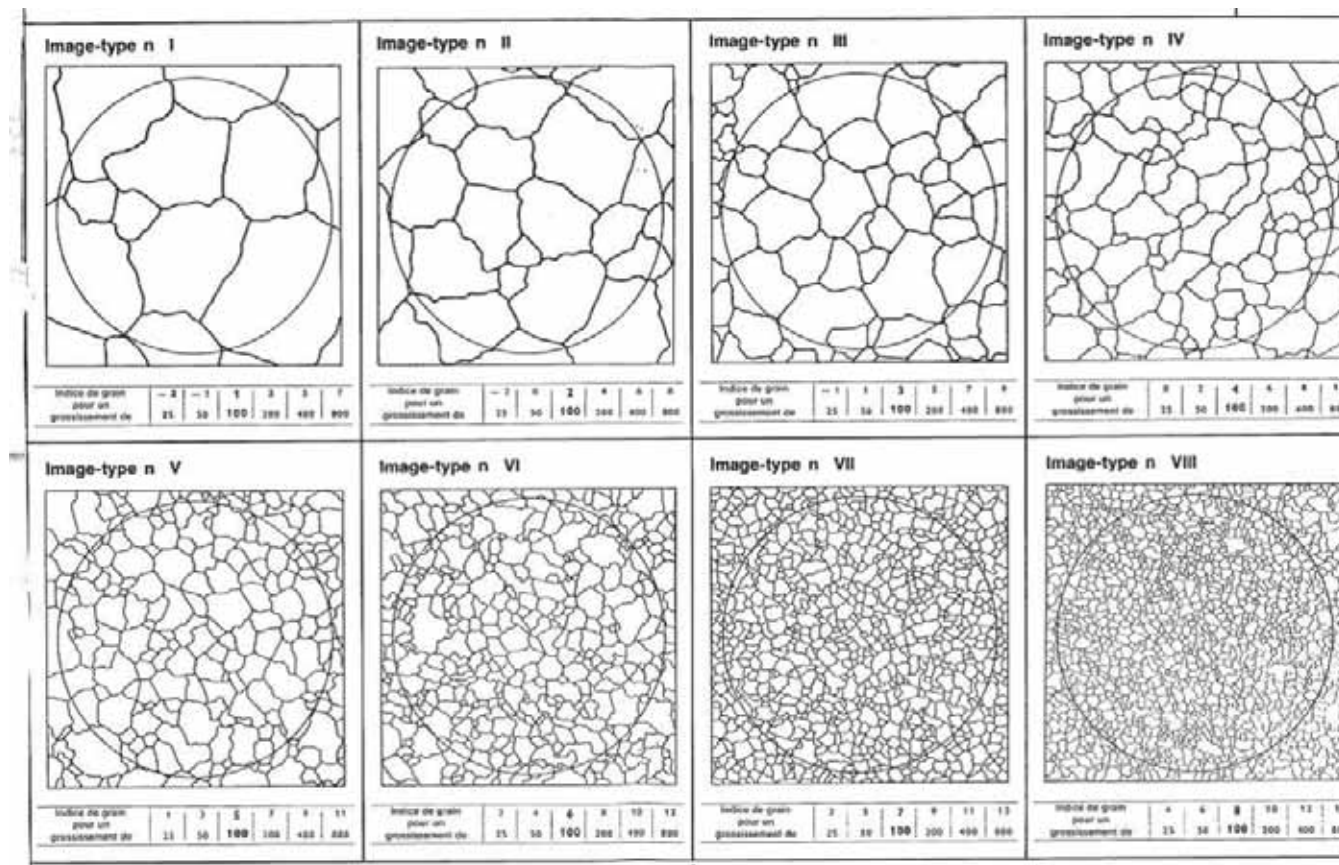
# Materiais e Métodos

## TG - MÉTODO DOS INTERCEPTOS/ASTM E112

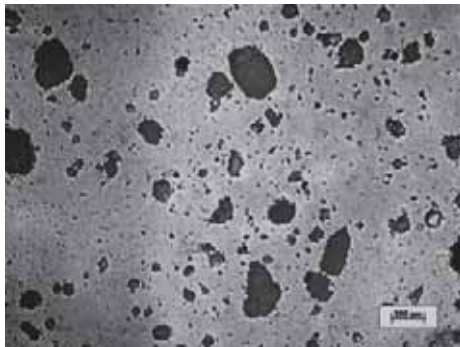
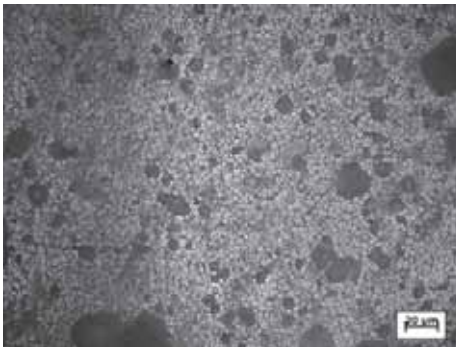
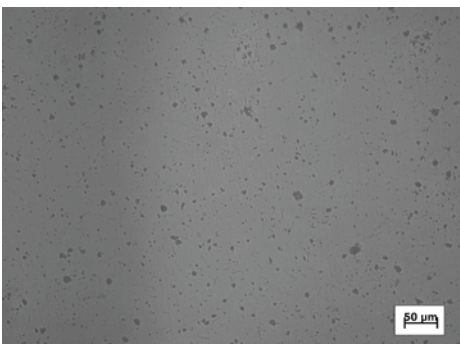
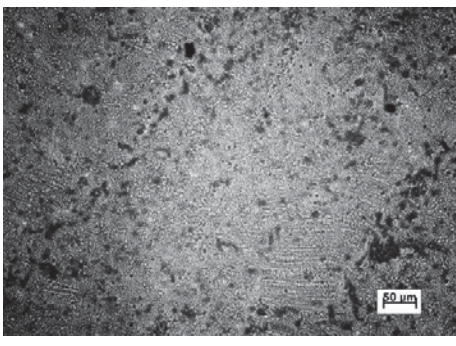


# Materiais e Métodos

## TG - MÉTODO COMPARATIVO/BS EN ISO 643:2003



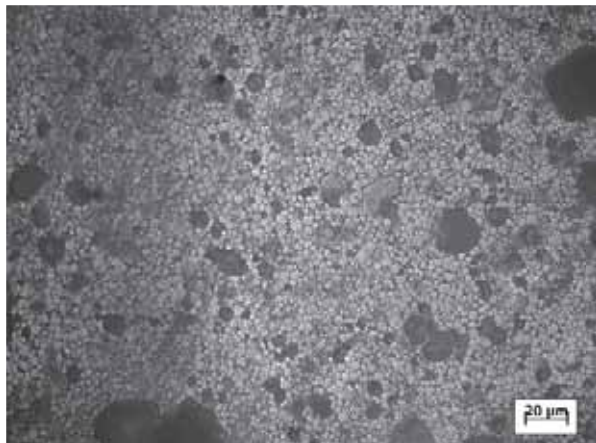
# Resultados

MICROSCOPIA ÓPTICA	SEM ATAQUE TÉRMICO	COM ATAQUE TÉRMICO
$ZrO_2-Nb_2O_5$		
$Al_2O_3$		

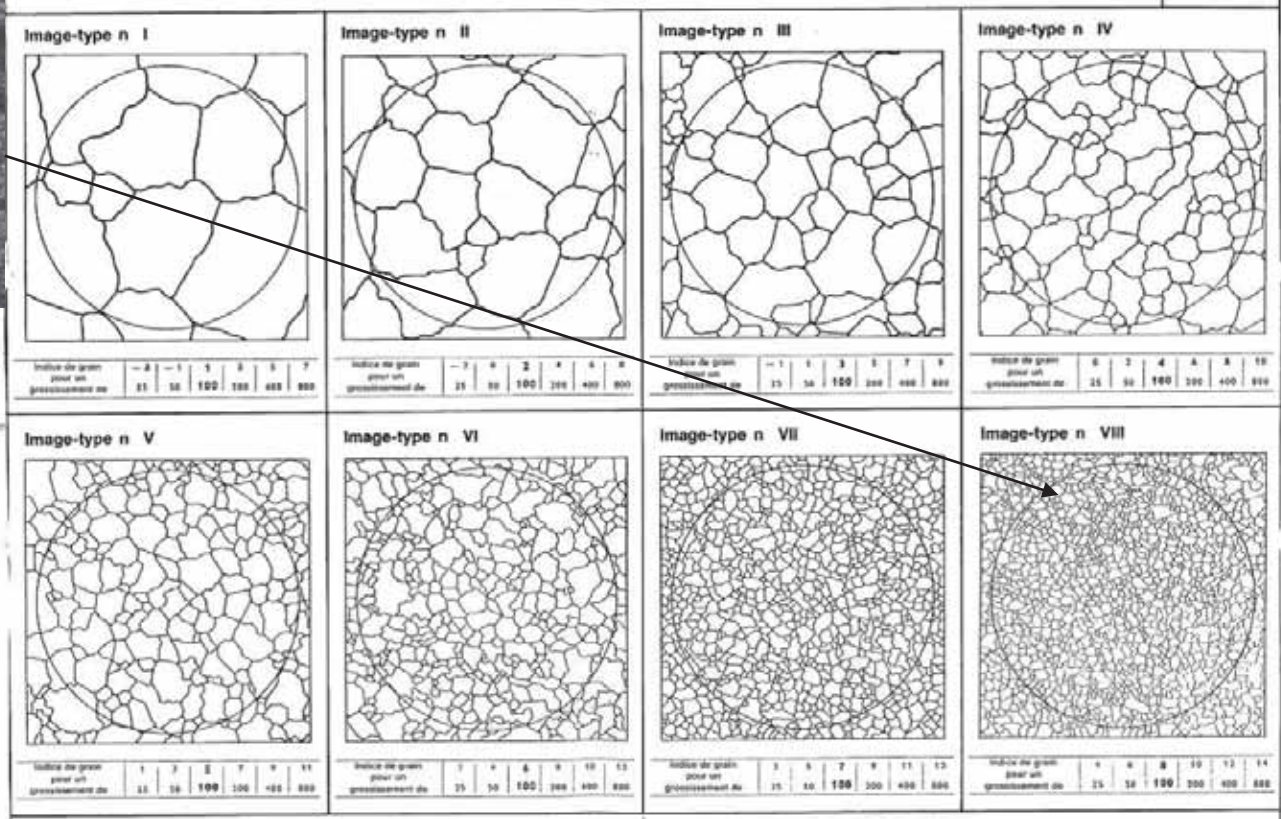
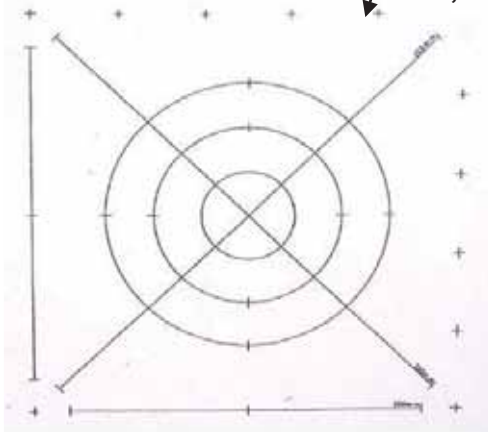
# Resultados

ZrO<sub>2</sub>-Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

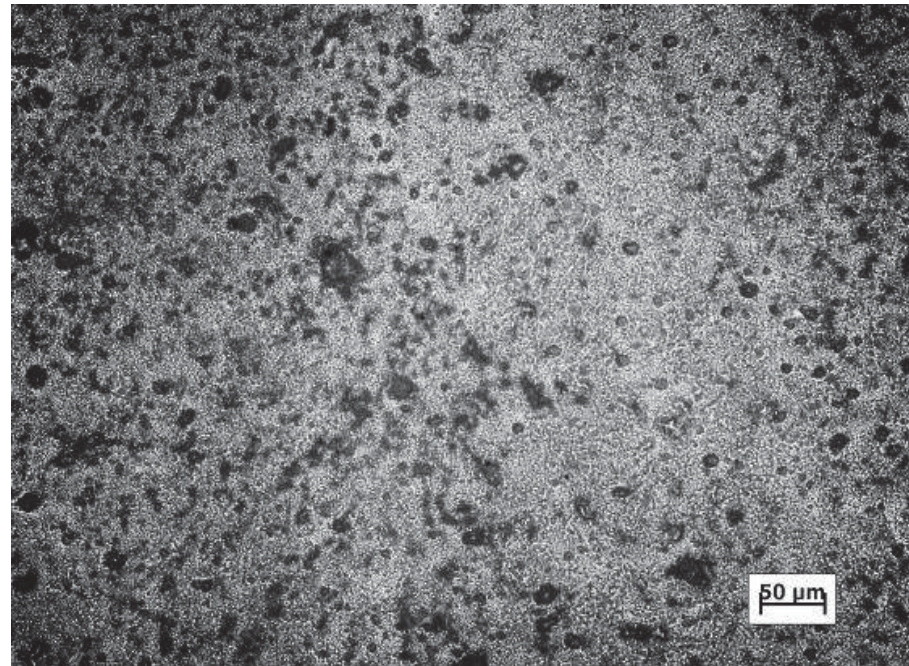
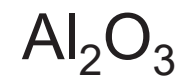
Entre 10 e 12.



12,6 ± 0,5



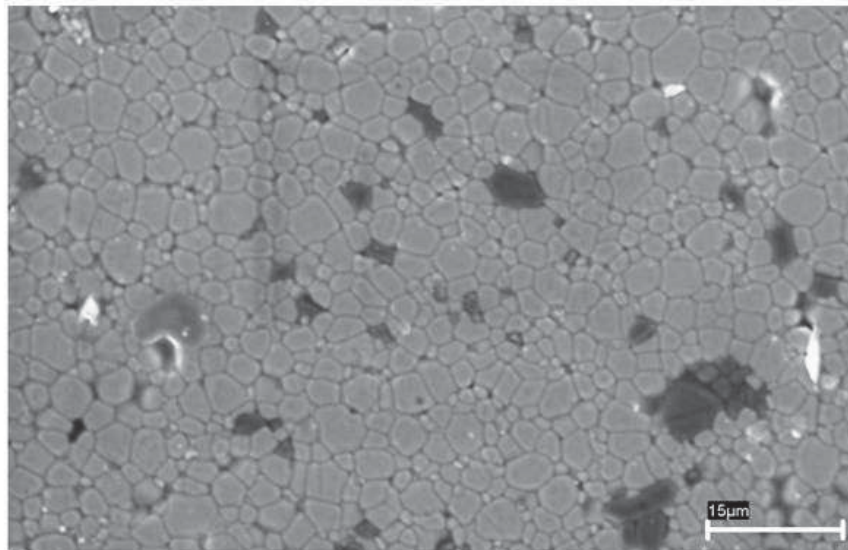
# Resultados



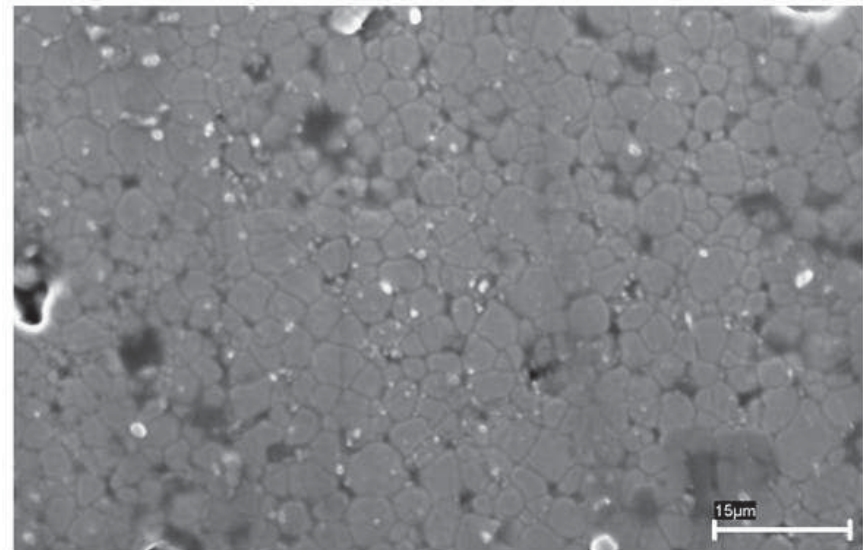
- Intercepto:  $14 \pm 0,6$ ;
- Comparativo:  $>14$ .

# Resultados

## Microscopia Eletrônica de Varredura $\text{ZrO}_2\text{-Nb}_2\text{O}_5$



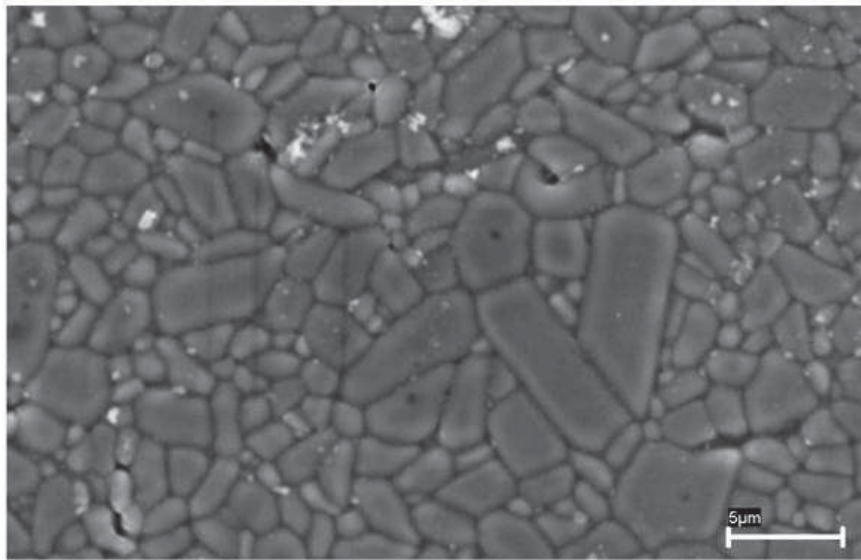
4000X



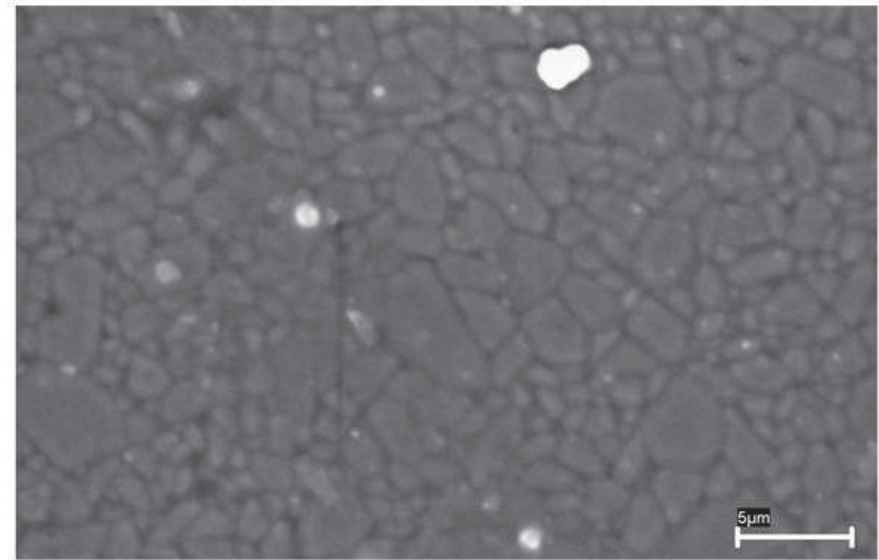
4000X

# Resultados

## Microscopia Eletrônica de Varredura $\text{Al}_2\text{O}_3$



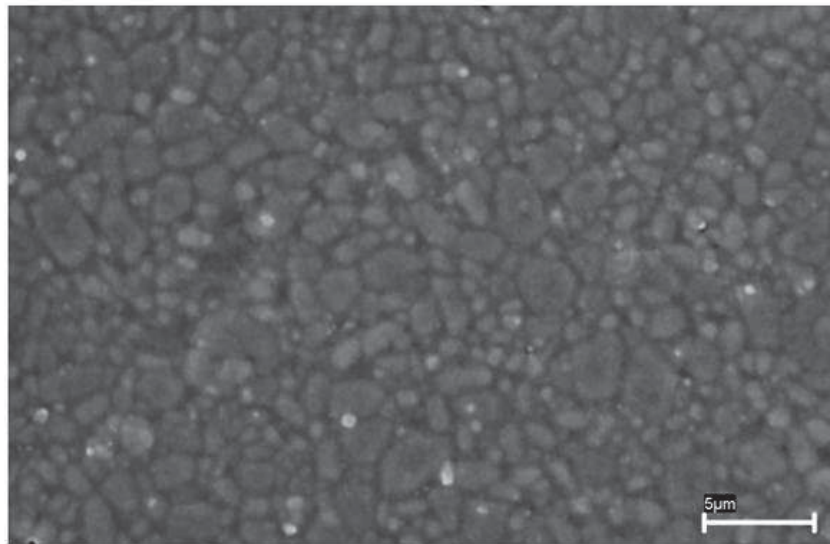
10000X



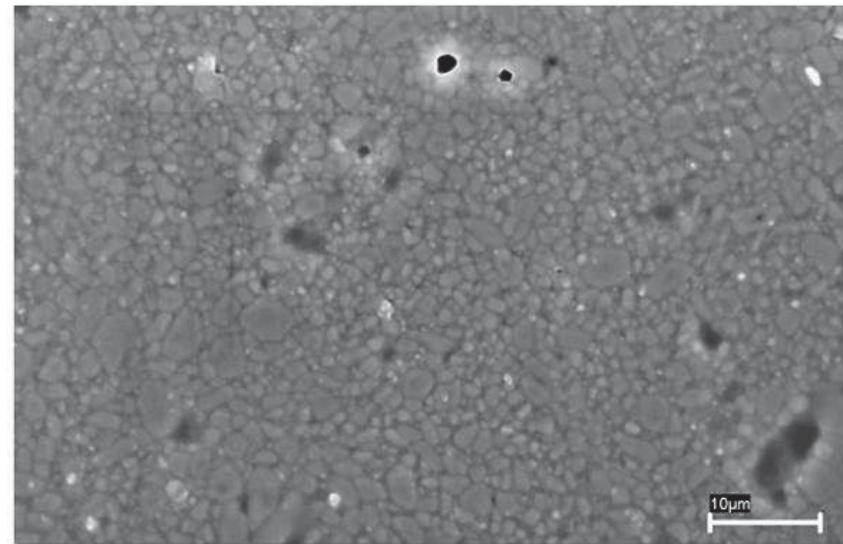
10000X

# Resultados

## Microscopia Eletrônica de Varredura $\text{Al}_2\text{O}_3$



10000X



10000X



# Conclusões

- Preparo de amostras para a ceramografia é trabalhoso, requer tempo e cuidado. Não utilizar lixas d'água com granulometria muito grosseiras maior que 400grit para minimizar o arrancamento de material;
- No polimento é importante utilizar pastas diamantadas com diferentes granulometrias para melhorar seu acabamento;
- Método comparativo para determinação do tamanho de grão é eficiente embora o método de contagem de interceptos seja mais preciso;

# Conclusões

- Método automático de determinação dos interceptos depende fortemente da preparação, superfície bem polida e com ataque térmico realizado de modo a evidenciar claramente os contornos de grão. Depende também dos algoritmos de tratamento de imagens. No presente trabalho ele se mostrou menos confiável que a determinação manual;
- Algumas das metas do projeto tiveram de ser alterados pela impossibilidade de acesso e utilização dos laboratórios de processamento e caracterização.

# Agradecimentos



# Síntese e caracterização de eletrodos leves flexíveis para aplicação em armazenamento de energia

Bolsista: Lucas Silva Vaz

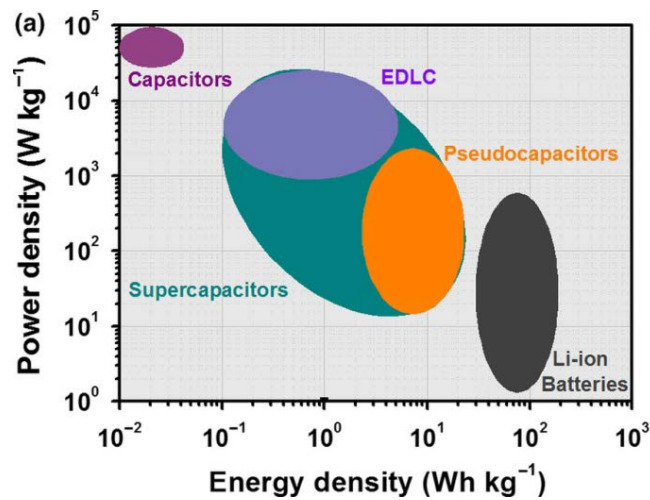
Orientador: Emerson S. Gonçalves

Período: Agosto/2019 à Julho/2020

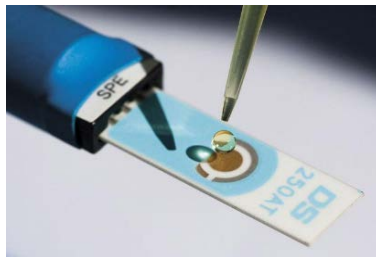
# Objetivos

- Obtenção de eletrodos leves flexíveis;
- Polipirrol (PPy) depositado eletroquimicamente sobre superfície de fibra de carbono estrutural;
- Avaliação do desempenho eletroquímico.

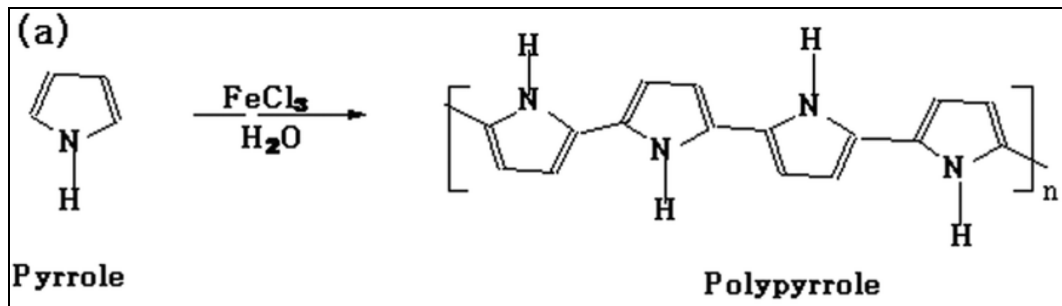
# Introdução



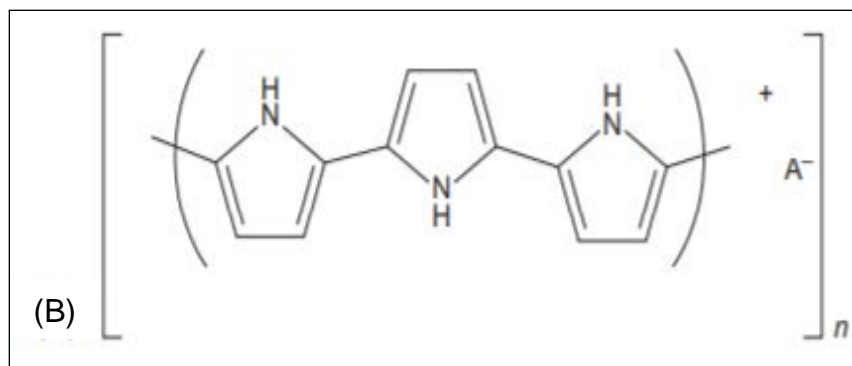
Fonte: Jiang, 2019



# Introdução



Fonte: Khan, 2016



Fonte: Olatunji, 2016

# Materiais e Métodos



## Caracterizações Morfológicas, Estruturais e de Composição

- Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)
- Difração de Raio-X (DRX)
- Espectroscopia Raman

## Caracterizações Eletroquímicas

- Voltametria Cíclica  
*-0,2 a 1,2V (vs. Ag/AgCl) a 10mV.s<sup>-1</sup>*
- Espectroscopia de Impedância Eletroquímica  
*Frequência: 10 mHz a 1,0 MHz*  
*Amplitude: 10mV*



# Materiais e Métodos

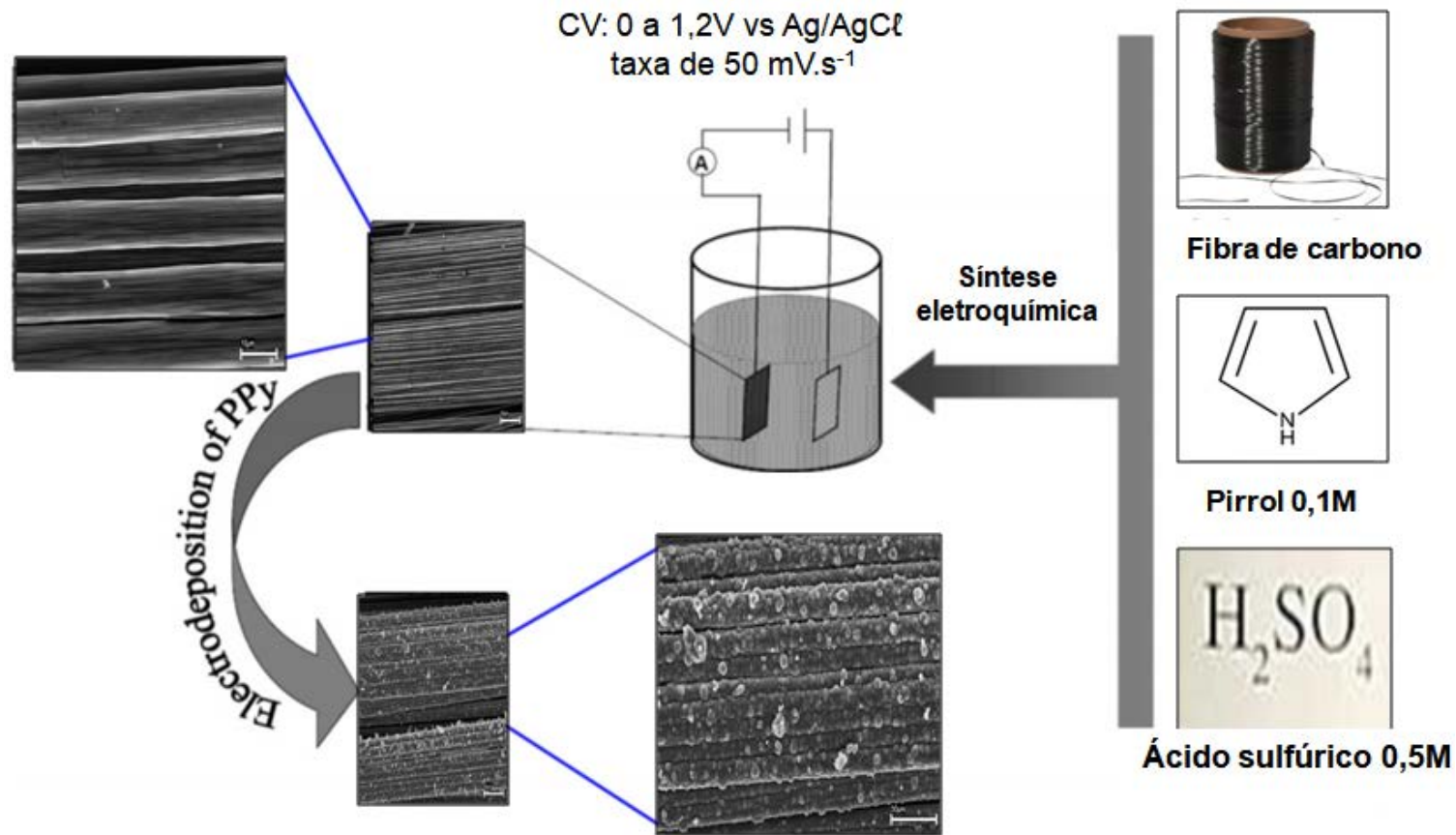
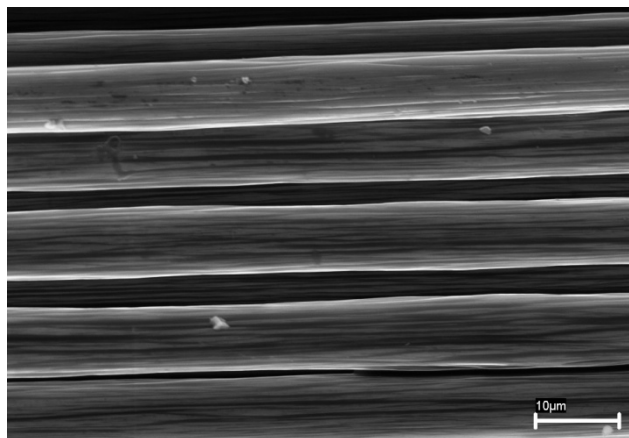
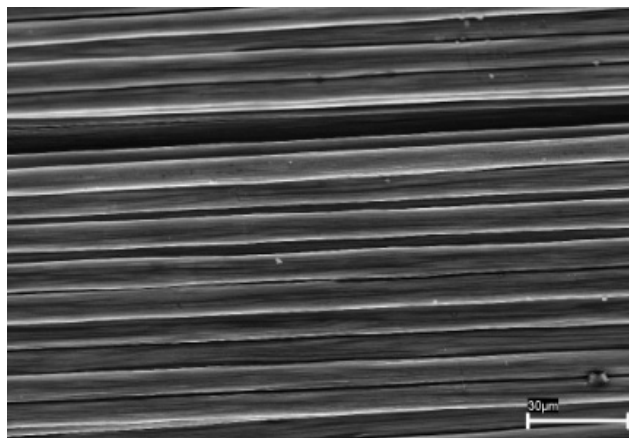


Ilustração esquemática do processo de fabricação de eletrodo PPy/FC.

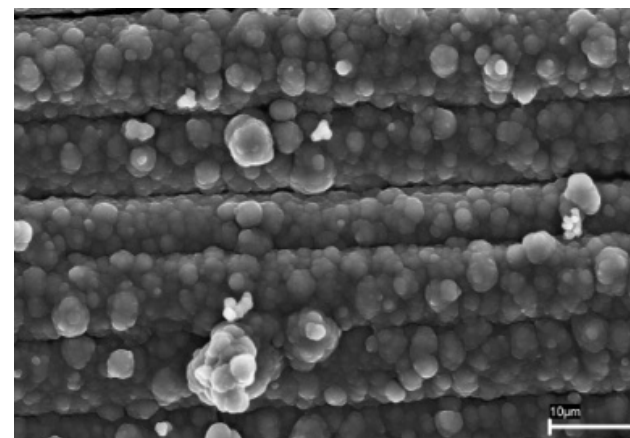
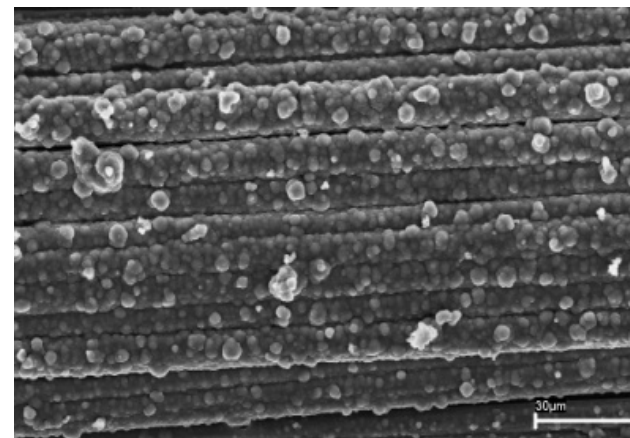
# Resultados

MEV

Fibra de carbono

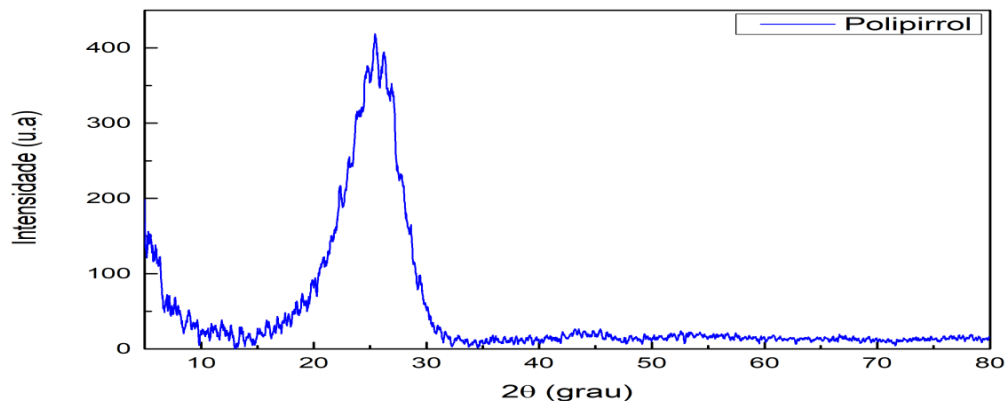
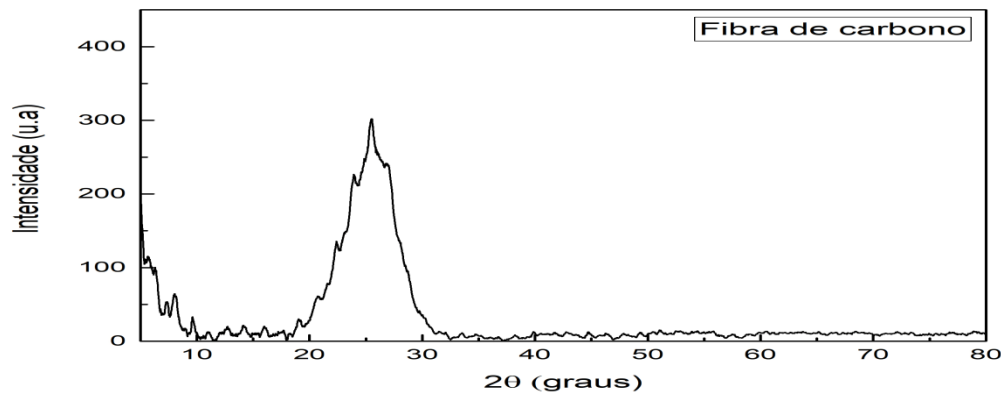


Polipirrol



# Resultados

## Difração de Raio-X



# Resultados

## RAMAN

**Banda D: 1355 cm<sup>-1</sup>**

- defeituosos de borda

**Banda G: 1585 cm<sup>-1</sup>**

- ligação C-C de átomos sp<sup>2</sup>

**1590 cm<sup>-1</sup>**

- alongamento do anel aromático  
C = C

**1320 e 1380 cm<sup>-1</sup>**

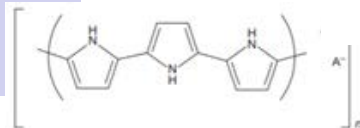
- alongamento do anel do Pirrol

**1050 e 1080 cm<sup>-1</sup>**

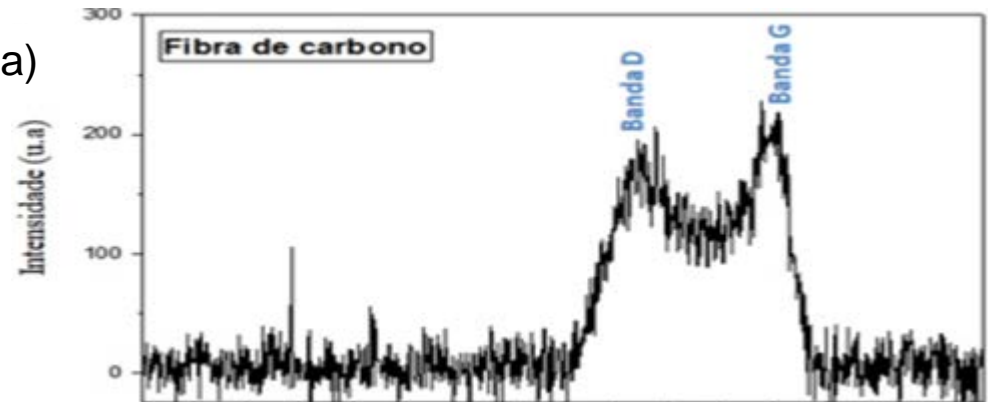
- deformação no plano C-H

**940 e 990 cm<sup>-1</sup>**

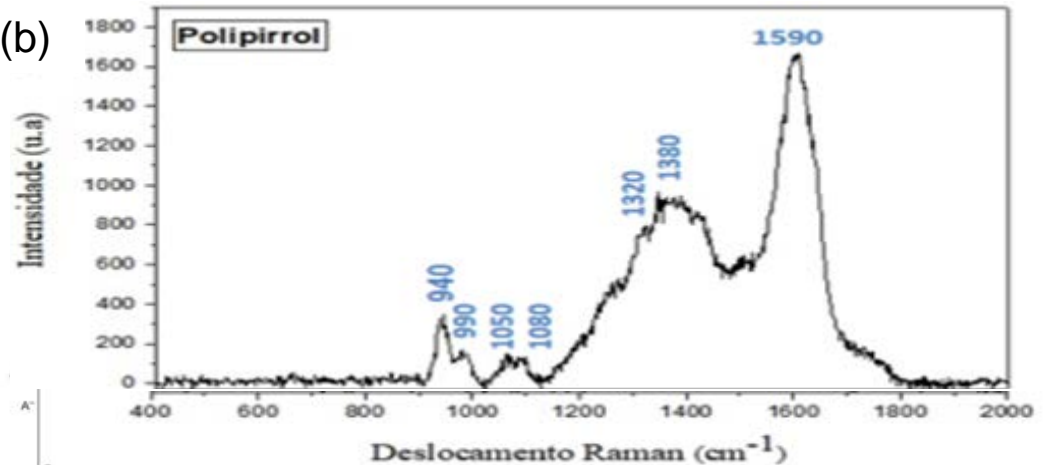
- di-cátions (bipolaron) e cátions (polarons)



(a)

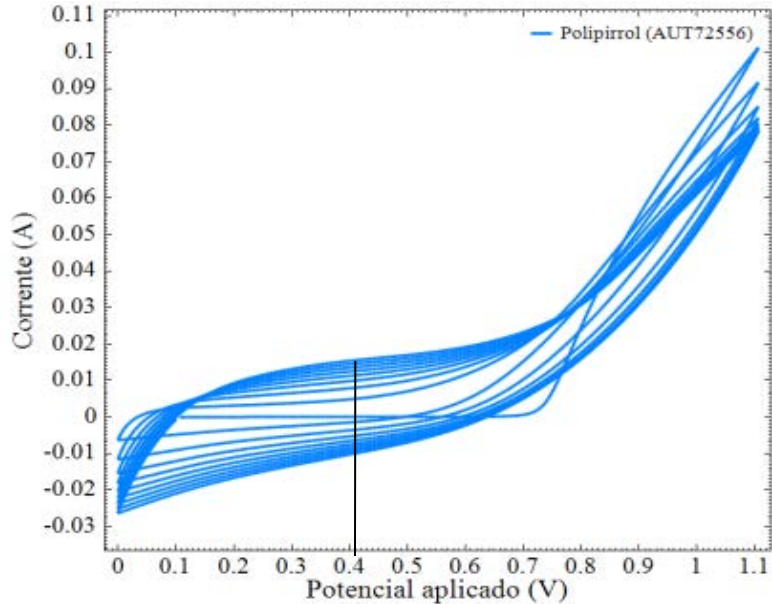


(b)

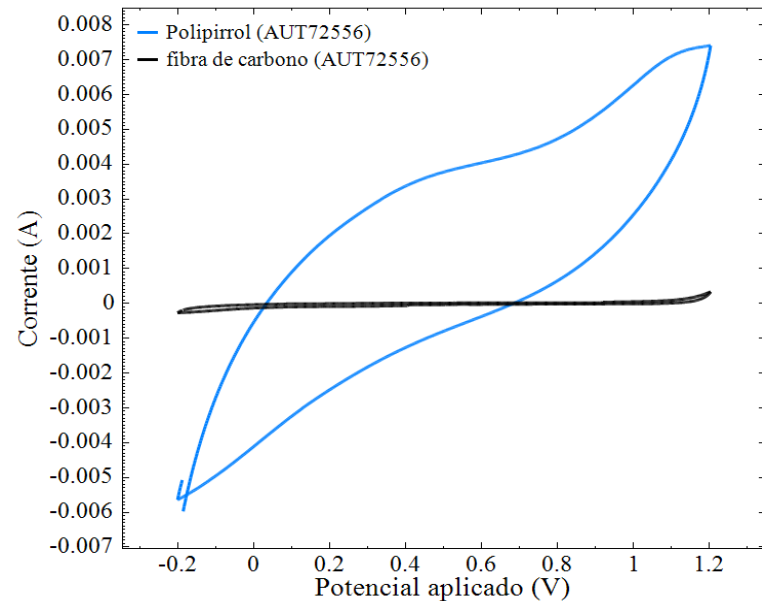


# Resultados

## Voltametria Cíclica



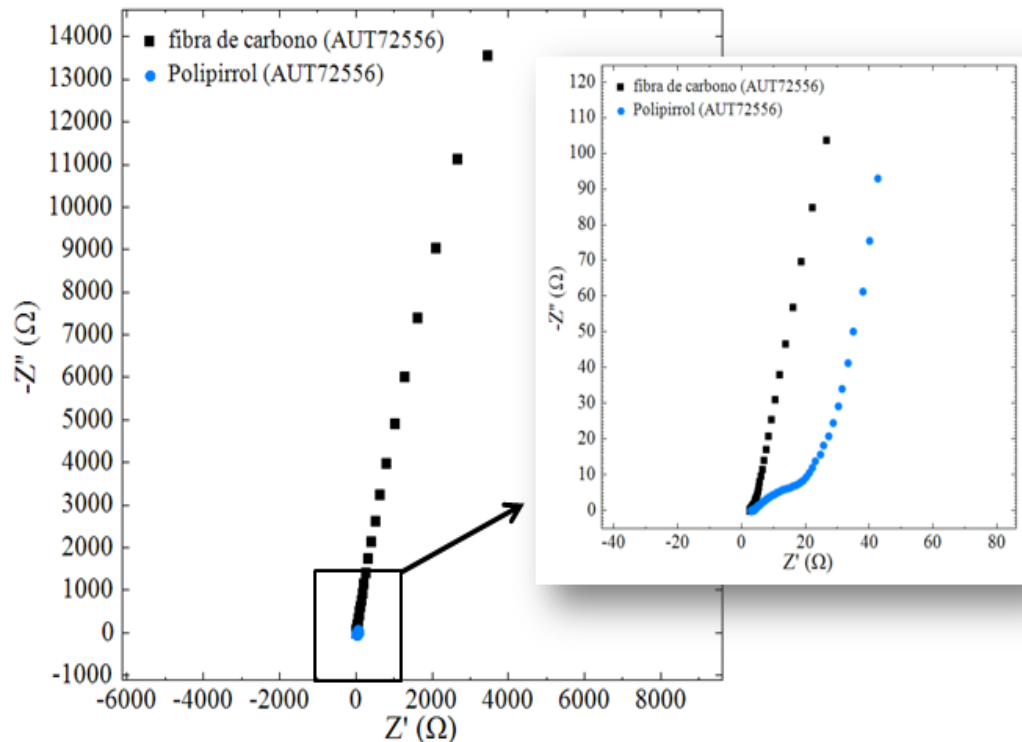
Voltamograma de oxidação



Voltamograma de polipirrol e fibra de carbono

# Resultados

## Espectroscopia de Impedância Eletroquímica



Diagramas de Nyquist

# Conclusões

- O eletrodo leve flexível de fibra de carbono revestido com PPy é um material encorajador para as aplicações em armazenamento de energia;
- Abordagem fácil para preparar eletrodos de alto desempenho para supercapacitores e baterias foi bem estudada;
- O eletrodo de fibra de carbono revestido com PPy exibiu desempenho eletroquímico bem mais pronunciado do que o eletrodo de fibra de carbono puro;
- Excelente interação fibra-polímero e morfologia de grande área superficial.

# Prêmios e Publicações

- Trabalho aceito na 43<sup>o</sup> RASBQ  
Reunião Anual da Sociedade Brasileira de  
Química – Maceió 2020.



# Agradecimentos



- Ao Orientador Emerson Sarmiento Gonçalves
  - Aos Técnicos das análises
- Ao Grupo de Materiais Eletroativos (GMAE/LCFQ)

# Caracterização mecânica e metalúrgica do aço Maraging 300 para aplicação aeroespacial

Bolsista: Rafael Pereira Carniato

Orientador: 2º Ten Alegretti

Período: 08/2019 a 12/2019

# Objetivos

- Caracterização do maraging 300 nos quesitos mecânicos e metalúrgicos.
- Investigar o efeito da dupla solubilização nas propriedades mecânicas do material.

# Introdução

- Desenvolvido no final da década de 50, o maraging ainda é fonte de estudos e desenvolvimento, com intuito de melhorar propriedades e reduzir custos.
- Atualmente contamos com grande variedade de aços maraging, sendo sua principal característica a elevada propriedade mecânica, o que desperta interesse e atenção do setor aeroespacial.
- O presente estudo visa caracterizar especificamente o maraging 300 pertencente ao IAE, como forma de gerar embasamento para futuras pesquisas que visem a aplicação do material.

# Materiais e Métodos

- Chapa laminada de maraging 300, fornecido pelo IAE, na espessura de 3,3 mm.
- Tratamentos térmicos:
  - conforme recebido (apenas uma solubilização);
  - duplamente solubilizado.
- A segunda solubilização foi realizada a 850 °C por 1 h e 30 min, sendo realizada em um forno mufla de resistência elétrica, com as amostras inseridas após aquecimento e suspensas, para evitar o contato com a soleira do forno. O esfriamento ocorreu por convecção natural em ambiente fechado.

# Materiais e Métodos

- **Preparo das Amostras**

- Para os ensaios de Dureza, MO, MEV e DRX, foram preparadas amostras a partir do seguinte procedimento:
- Embutimento;
- Lixamento em lixas de 80, 120, 240, 400 e 600 mesh/pol<sup>2</sup>;
- Polimento de 3  $\mu$ , 1  $\mu$  (pasta diamantada) e sílica coloidal;
- Ataque químico (Somente para MO e MEV).

# Materiais e Métodos

- **Análise química**
- Utilizado o método de combustão direta para determinação de carbono (C) e enxofre (S), gravimetria para silício (Si) e demais elementos por espectrometria de absorção atômica.

# Materiais e Métodos

- **Ensaio de Tração**

- Foram preparadas 6 amostras, sendo 3 conforme recebidas (RT1, RT2, RT3) e 3 duplamente solubilizadas (ST1, ST2, ST3).
- As amostras foram preparadas de acordo com a ASTM E8 – Subsize Specimen.
- A máquina utilizada para o ensaio foi a Zwick 1474 com célula de carga de 100 kN e extensômetros ópticos, o software de análise é o testXpert versão 12.0 da divisão de química do IAE. As condições de ensaio foram: velocidade de ensaio = 3 mm/min, temperatura ambiente = 23 °C e umidade relativa = 43 %.



# Materiais e Métodos

- **Ensaio de Dureza**
- Preparado 2 amostras (RD1 – conforme recebido e SD1 – duplamente solubilizado) para ensaio de microdureza Vickers (HV).
- Foram realizadas 49 medições, com carga de 0,3 kg e os valores de dureza obtidos através do método de comparação de diagonais. A máquina utilizada foi a Emco-test DuraScan e o software Ecos Workflow v2.13.0, da divisão de mecânica do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA).

# Materiais e Métodos

- **Ensaio de Dureza**

Figura 1a : Medição nas duas regiões

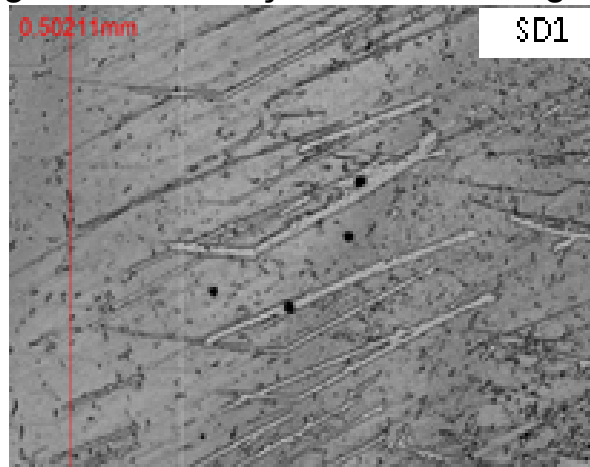
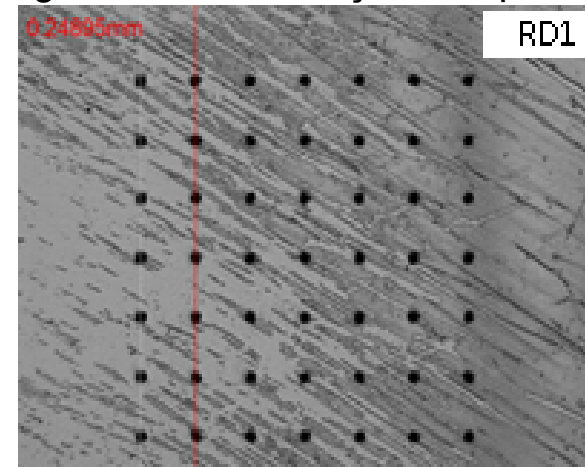


Figura 1b : Distribuição dos pontos



- Com intuito de evidenciar a anomalia foram realizadas medições em ambas regiões.

# Materiais e Métodos

- **Microscopia Óptica (MO)**

Tabela 1: Parâmetros do ataque químico MO

<b>Amostra</b>	RM1	SM1	RM2	SM2	SD1
<b>Reagente</b>	Nital 10 %	Nital 10 %	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> + H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> + H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Água Régia
<b>Tempo de ataque</b>	12 min 8 s	13 min 20 s	15 min 43 s	16 min 18 s	12 s

- O microscópio utilizado foi o Zeiss AxioCam Imager 2, da divisão de materiais do IAE.

# Materiais e Métodos

- **Microscopia Eletrônica por Varredura (MEV)**

Tabela 2: Parâmetros do ataque químico MEV

<b>Amostras</b>	RM1	SM1	SD1	SD1
<b>Reagente</b>	Nital 10 %	Nital 10 %	Água Régia	Água Régia
<b>Tempo de ataque</b>	53 min	53 min	12 s	12 s

- O microscópio utilizado foi o Leo 435 VP, da divisão de materiais do IAE.

# Materiais e Métodos

- **Difração por Raio X (DRX)**
- As amostras utilizadas para microscopia óptica foram reutilizadas para realização do ensaio de DRX, sendo utilizado 2 amostras (RM1 e SM1).

# Resultados

- **Análise Química**

Tabela 3: Análise química

<b>Elemento</b>	<b>Amostra (%)</b>	<b>Composição (%) AMS 6514</b>
<b>C</b>	<0,0040	0,03 máx
<b>S</b>	<0,0016	0,01 máx
<b>Si</b>	0,03	0,10 máx
<b>Mn</b>	<0,01	0,10 máx
<b>Ni</b>	18,65	18,00 – 19,00
<b>Co</b>	8,48	8,50 – 9,50
<b>Mo</b>	4,58	4,60 – 5,20
<b>Al</b>	0,10	0,05 – 0,15
<b>Ti</b>	0,56	0,50 – 0,80

# Resultados

- **Ensaio de Tração**

Tabela 4: Resultado médio das duas condições

	<b>Conforme recebido</b>	<b>Duplamente solubilizado</b>	<b>Varição</b>
	Média	Média	Média
<b>Tensão Máxima [MPa]</b>	965,69 ± 4,55	983,23 ± 5,87	+1,82%
<b>Tensão Ruptura [MPa]</b>	575,37 ± 21,18	569,05 ± 5,74	-1,10%
<b>Tensão escoamento [MPa]</b>	872,47 ± 19,63	779,59 ± 28,74	-10,64%
<b>Lo [mm]</b>	23,98 ± 0,58	24,36 ± 1,12	+1,58%
<b>ε total [%]</b>	13,67 ± 0,47	13,67 ± 0,47	0%
<b>Módulo Elasticidade [GPa]</b>	226,60 ± 48,32	184,86 ± 43,26	-18,42%

- Foi utilizado garras mecânicas as quais podem ter ocasionado o “escorregamento” do corpo de prova durante o ensaio, de modo que o valor de escoamento obtido pode estar influenciado por esse fenômeno.

# Resultados

- **Ensaio de Dureza**

Tabela 5: Média de dureza em cada amostra

<b>Amostras</b>	<b>HV</b>
<b>RD1</b>	330
<b>SD1</b>	340

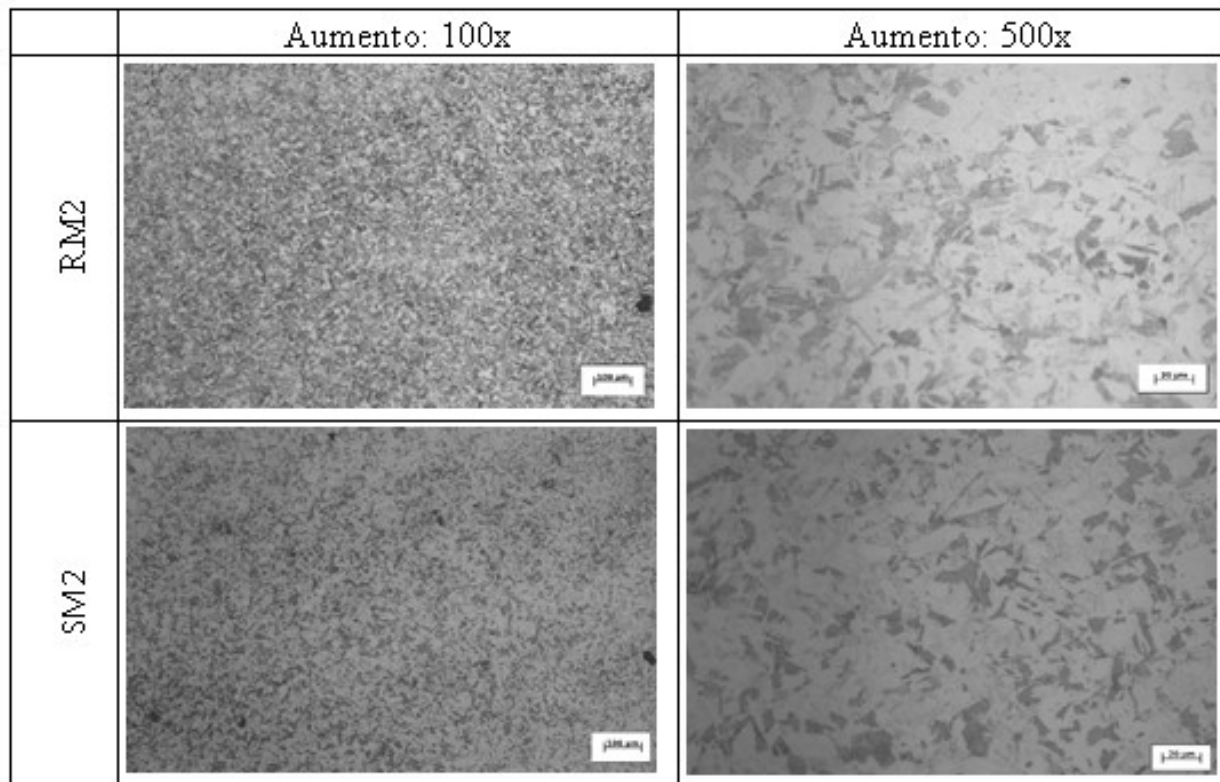
- As amostras duplamente solubilizadas apresentaram dureza média 2,92 % maior.
- A pequena variação impede concluir algum efeito importante no aumento ou diminuição da dureza média do material.



# Resultados

- **Microscopia Óptica (MO)**

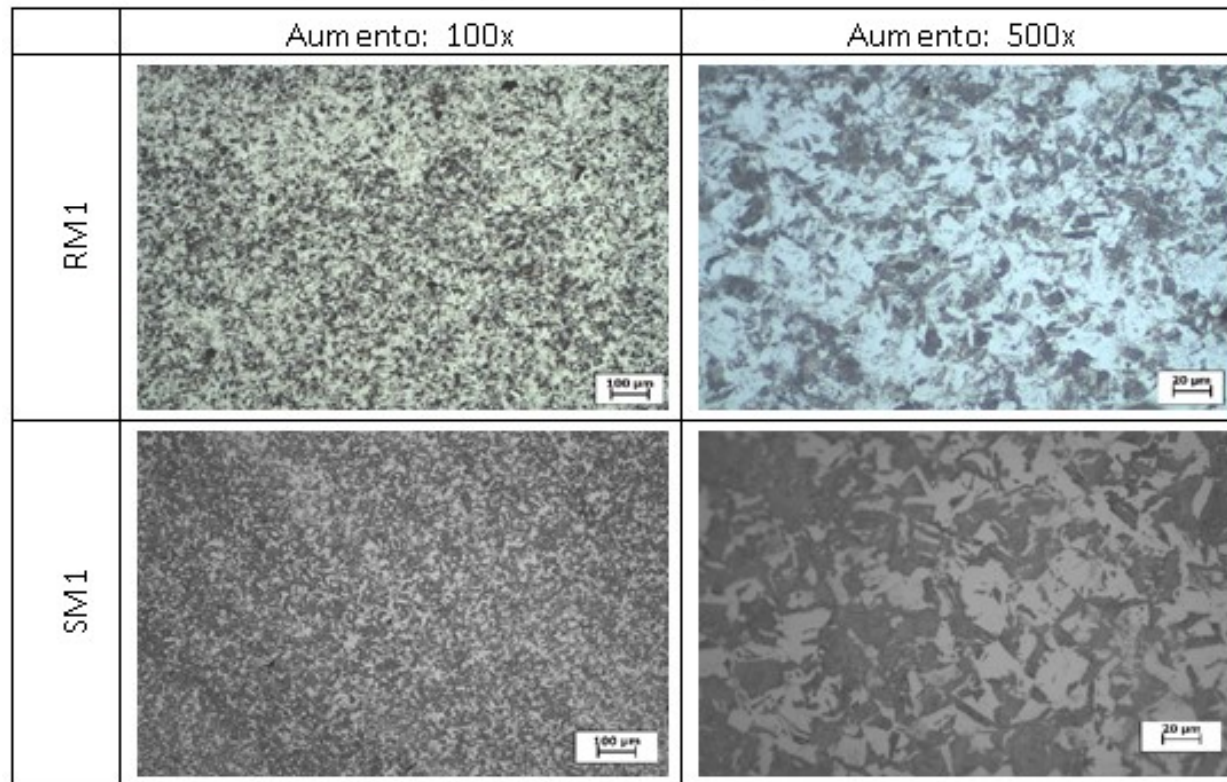
Quadro 1: Imagens MO com reagente  $H_3PO_4+H_2O_2$



# Resultados

- **Microscopia Óptica (MO)**

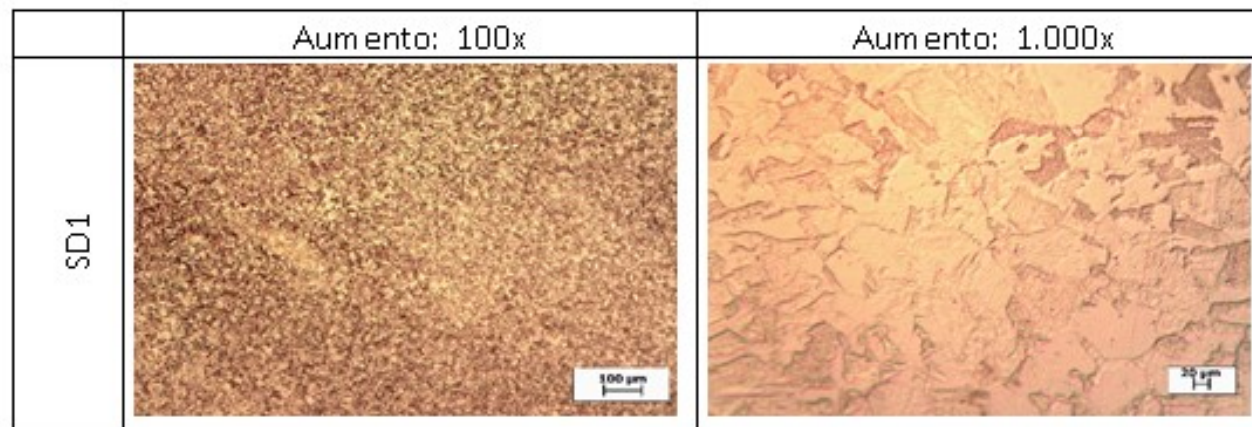
Quadro 2: Imagens MO com reagente Nital 10 %



# Resultados

- **Microscopia Óptica (MO)**

Quadro 3: Imagens MO com reagente Água Régia



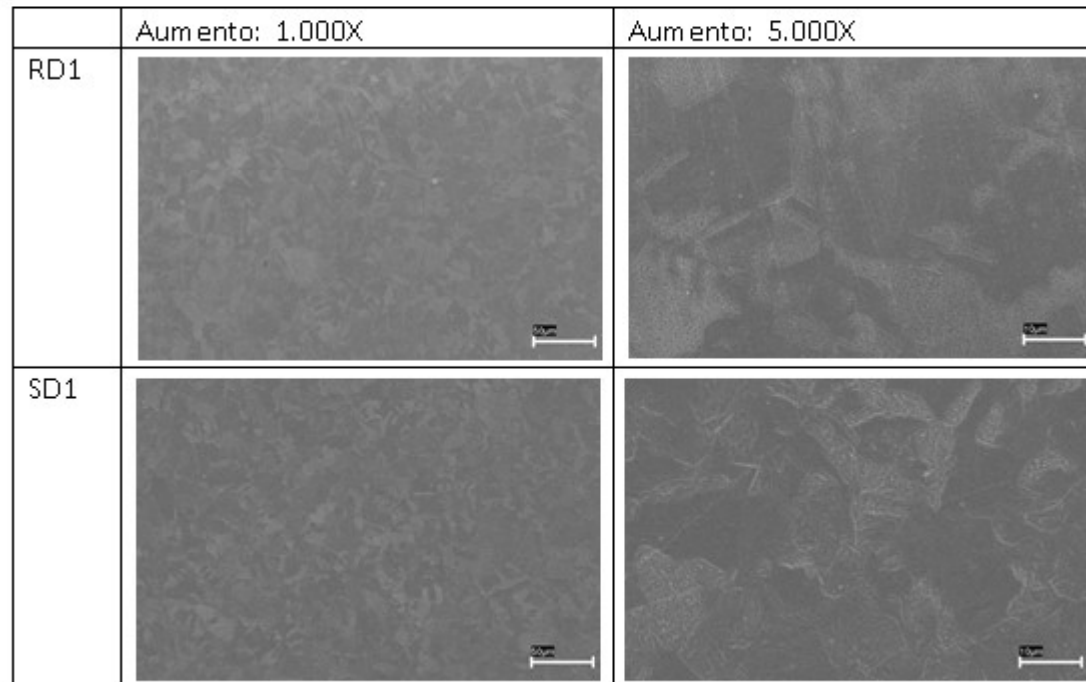
# Resultados

- **Microscopia Óptica (MO)**
- Nos Quadros 1, 2 e 3 é possível constatar que todos os reagentes empregados revelaram a estrutura do material, variando apenas o tempo de ataque. O reagente Nital 10 % gerou um resultado nítido, já o reagente Água Régia, apresentou resultado mais satisfatório com tempo de ataque substancialmente inferior e uma boa definição, o outro reagente empregado,  $\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2$ , apresentou a pior definição e o maior tempo de ataque.
- Analisado a microestrutura das amostras RM2 / SM2 e RM1 / RM2, observa-se que não houve diferença microestrutural significativa entre as condições conforme recebido e duplamente solubilizada.

# Resultados

- **Microscopia Eletrônica por Varredura (MEV)**

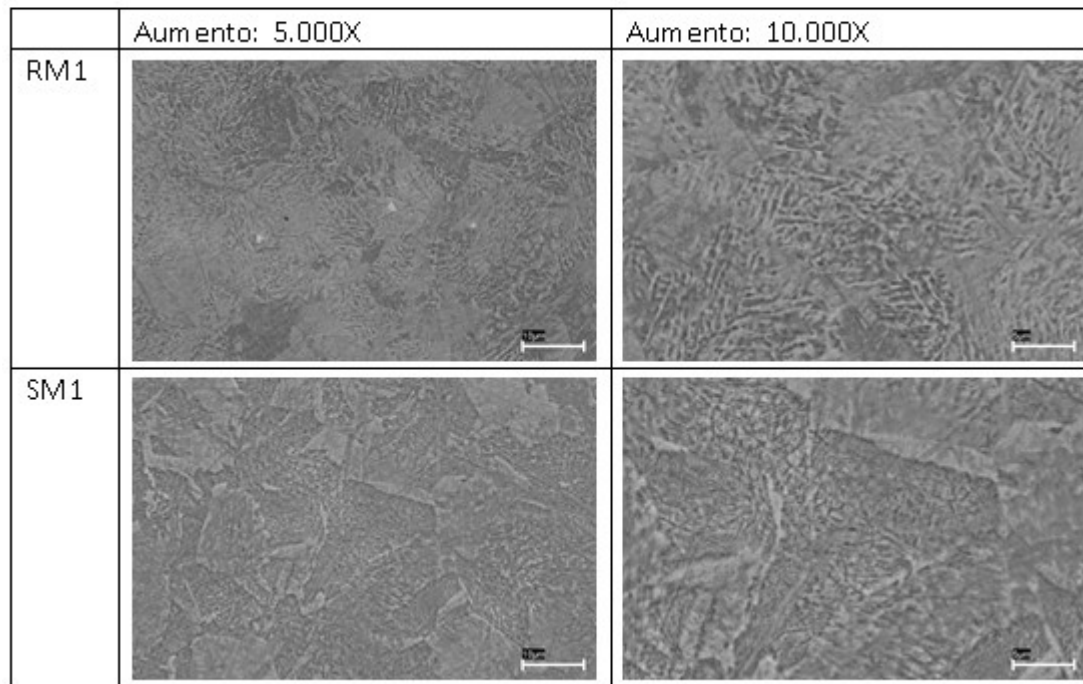
Quadro 4: Imagens MEV com reagente Água Régia



# Resultados

- **Microscopia Eletrônica por Varredura (MEV)**

Quadro 5: Imagens MEV com reagente Nital 10 %



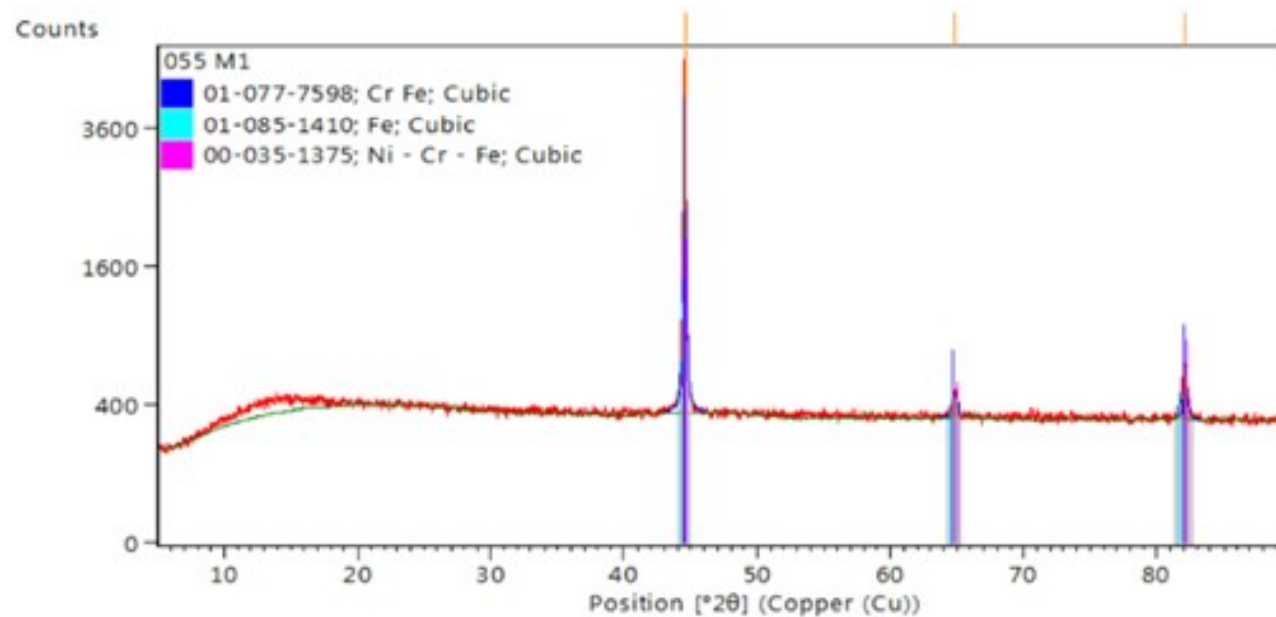
# Resultados

- **Microscopia Eletrônica por Varredura (MEV)**
- Conforme observado nos Quadros 4 e 5, o ensaio reforça a conclusão que houve pouca variação microestrutural do material após um novo tratamento de solubilização nas condições determinadas.

# Resultados

- Difração por Raio X (DRX)

Figura 2: Fases da amostra SM1

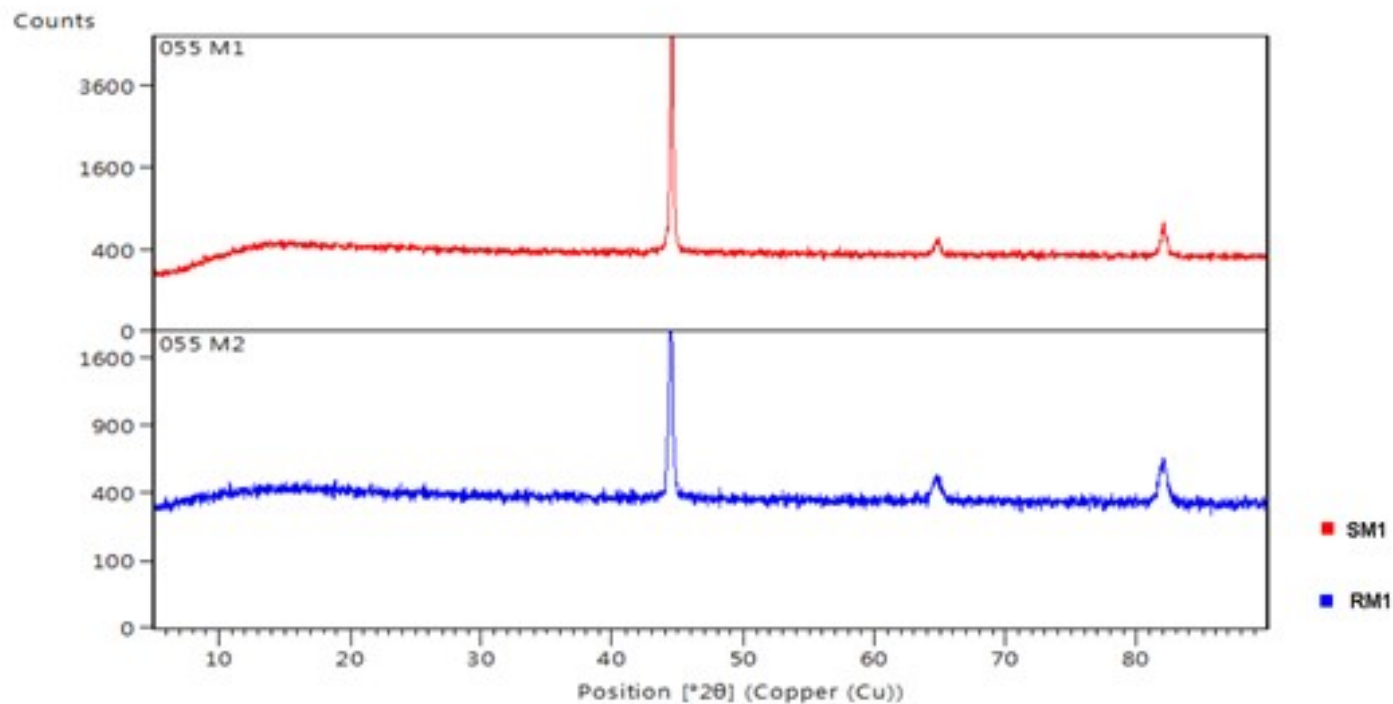




# Resultados

- Difração por Raio X (DRX)

Figura 3 : Comparação das amostras SM1 e RM1



# Resultados

- **Difração por Raio X (DRX)**
- Ao compararmos o resultado das duas condições, Figura 2 e Figura 3, podemos perceber que as fases presentes na amostra SM1(M1) são as mesmas da RM1(M2), sendo as fases observadas: Cr-Fe; Fe; Ni-Cr-Fe, sendo possível constatar que a dupla normalização não gerou o surgimento de nenhuma nova fase.

# Conclusões

- As condições de tratamento térmico (solubilização e dupla solubilização) apresentadas não surtiram variação expressiva nas propriedades mecânicas e metalúrgicas do material.
- Não é possível garantir que a dupla solubilização apresente impacto significativo nas propriedades mecânicas do material.
- Gerando, aparentemente, apenas aumento de custo e tempo de processamento.

# Prêmios e Publicações

- Congresso SAE Brasil 2020.

# Agradecimentos

- CNPq pela concessão da bolsa de Iniciação Científica.
- Aos funcionários do IAE (AME e AMR) e do ITA, que se dispuseram prontamente para ajudar na pesquisa.
- Agradeço ao Orientador 2ºTen Tiago Alegretti por todo apoio e incentivo.