

# ESTUDO EXPLORATÓRIO DE ATAQUES METALGRÁFICOS PARA AÇOS INOXIDÁVEIS DÚPLEX

Jefferson Silva Pereira dos Santos<sup>1</sup>, Daniella Caluscio dos Santos<sup>2</sup>  
<sup>1,3</sup> Departamento de Engenharia de Materiais, Centro Universitário da FEI  
[jefferson.sps61@gmail.com](mailto:jefferson.sps61@gmail.com); [dcaluscio@fei.edu.br](mailto:dcaluscio@fei.edu.br)

**Resumo:** Este trabalho explora os diferentes ataques metalográficos da literatura, empregados na caracterização microestrutural dos aços inoxidáveis dúplex. A fim de caracterizar a microestrutura e a presença de fases intermetálicas, aplicando microscopia óptica, foi realizada estereologia quantitativa em amostras envelhecidas por meio do software ImageJ. Os resultados são comparados aos valores obtidos a partir de imagens de MEV. O estudo destaca três reagentes, Carpenter, Beraha II e 20% NaOH.

## 1. Introdução

Aços inoxidáveis são considerados dúplex se sua microestrutura apresentar frações volumétricas aproximadamente iguais de ferrita e austenita, combinando as propriedades dos aços inoxidáveis austeníticos e ferríticos [1].

Por conta de sua microestrutura, possuem elevada resistência mecânica e à corrosão. Em contrapartida, são ligas que, quando submetidas a elevadas temperaturas, tem a tendência de formar fases intermetálicas ricas em Cr e Mo, tais como sigma e chi, consideradas deletérias [1].

Dessa forma, a identificação e quantificação das fases intermetálicas é de suma importância, para a garantia de suas excelentes propriedades. Entretanto, devido à excelente resistência à corrosão torna-se difícil atacar as amostras. O objetivo desse trabalho consiste em testar ataques capazes de fornecer contraste entre as fases presentes, favorecendo as medidas de estereologia quantitativa [2].

## 2. Metodologia

Utilizando a liga UNS S31803, de composição química 22,48%Cr - 5,74%Ni - 3,20%Mo - 0,35%Si - 0,162%N solubilizada a 1175°C por 30 min e envelhecida com o objetivo de formar fases intermetálicas com diferentes morfologias. Os tratamentos foram realizados entre 1 min e 360 h a 700°C, 750°C, 800°C, 850°C, 900°C, 950°C.

As amostras foram embutidas em resina termofixa de cura a quente, obtendo os corpos-de-prova para o ensaio metalográfico que foram preparados até acabamento final de 1µm e atacados com diferentes reagentes: Glyceregia, Beraha II, Marble's, 50%KOH, 20% NaOH, Carpenter e o Klemm's I Tint, cujas composições foram encontradas na literatura. Com o objetivo de quantificar suas fases via estereologia quantitativa foi utilizado o software ImageJ. Os resultados foram comparados aos dados obtidos a partir de imagens de elétrons retroespalhados em amostras sem ataque, assim obtendo valores que permitissem uma

comparação. A comparação das médias foi feita por meio de análise por ANOVA.

## 3. Resultados

Exemplos de microestruturas típicas atacadas com diferentes reagentes são apresentadas nas Figuras 1 a 3, onde se observa que a morfologia das fases intermetálicas se altera como aumento na temperatura de tratamento.

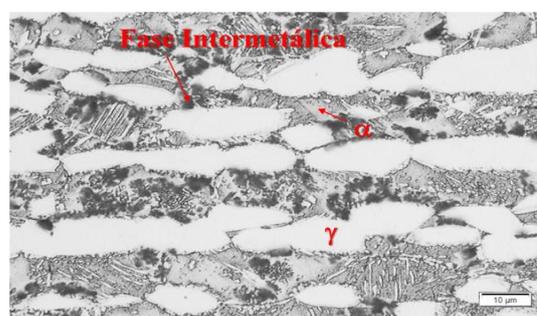


Figura 1 – Amostra envelhecida por 6h a 700°C, reagente 20% NaOH

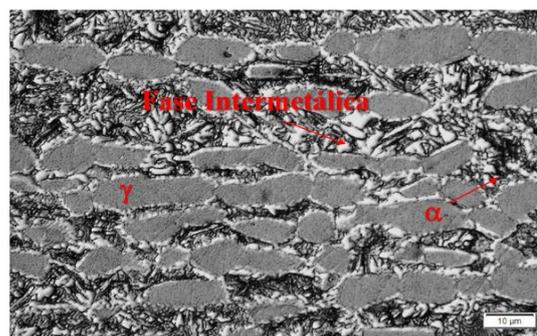


Figura 2 – Amostra envelhecida por 18h a 750°C, reagente Carpenter

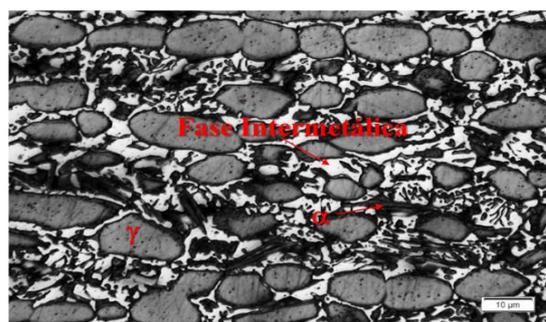


Figura 3 – Amostra envelhecida por 12h a 800°C, reagente Beraha II

Os resultados de estereologia quantitativa nos diferentes ataques são apresentados nas Figuras 4 a 9

juntamente com os dados obtidos a partir das mesmas análises em imagens de elétrons retroespalhados (MEV). A análise dos gráficos aponta que, com o aumento da temperatura de envelhecimento há aumento no desvio das medidas em relação aos resultados encontrados por MEV. Isso indica que, quanto mais maciça a morfologia das fases intermetálicas formadas, maior a dificuldade de ajuste dos limites de detecção do software de análise de imagens, provavelmente relacionada ao ajuste de foco nas imagens de microscopia óptica nas interfaces das fases formadas.

No entanto, dentre os ataques citados os reagentes Carpenter, Beraha II e 20%NaOH foram os que apresentaram menores desvios em relação aos resultados obtidos por MEV. Os três reagentes citados apresentam valores médios equivalentes às médias obtidas por MEV em todas as temperaturas, exceto 950°C (Figura 9).

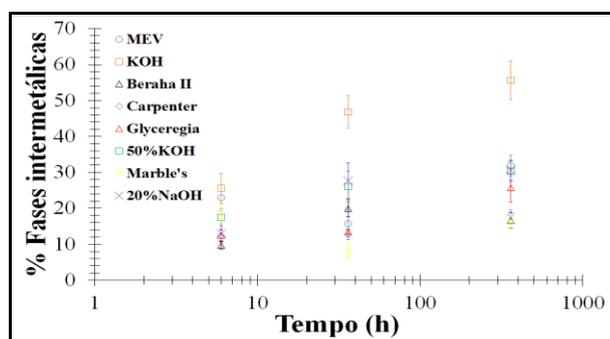


Figura 4 – Análise quantitativa a 700°C.

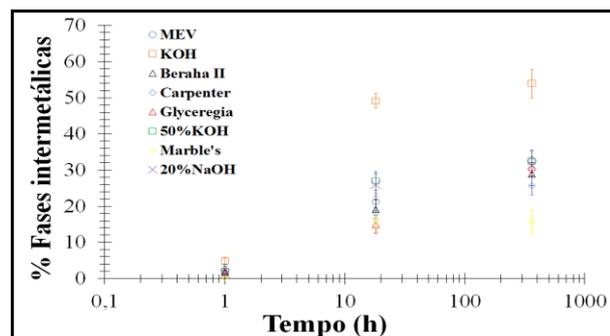


Figura 5 – Análise quantitativa a 750°C.

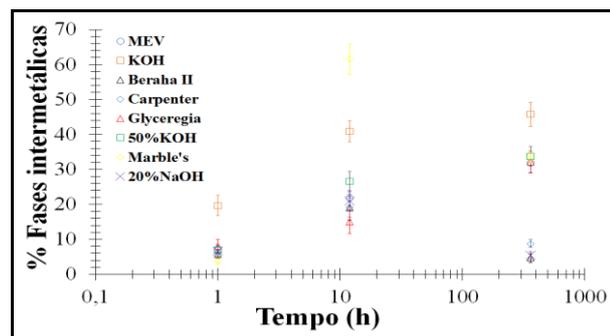


Figura 6 – Análise quantitativa a 800°C.

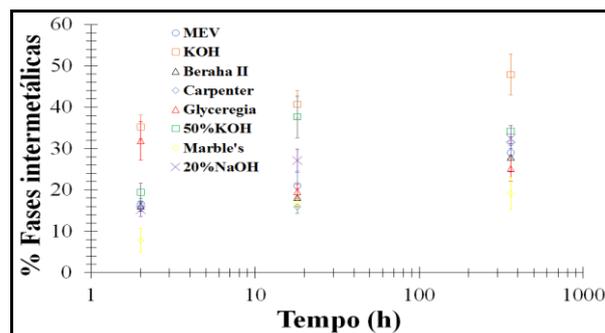


Figura 7 – Análise quantitativa a 800°C.

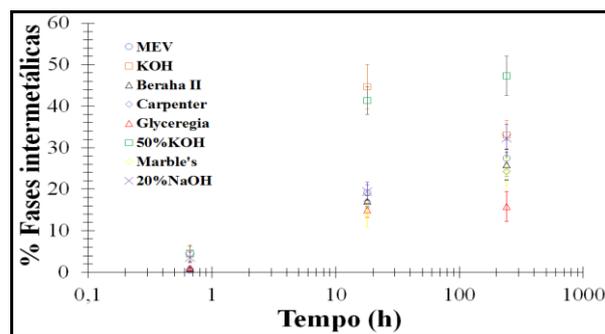


Figura 8 – Análise quantitativa a 900°C.

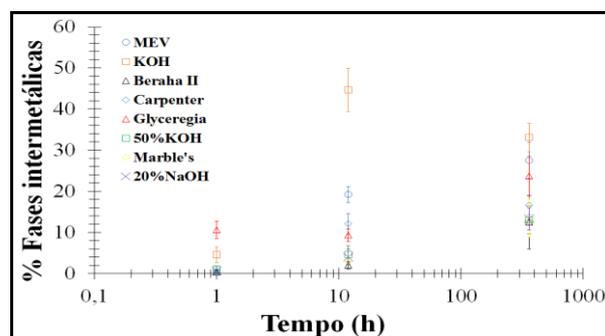


Figura 9 – Análise quantitativa a 950°C.

#### 4. Conclusões

Dentre os ataques testados, os que apresentaram menos desvios em relação aos resultados obtidos por análise de elétrons retroespalhados foram os reagentes de Carpenter, Beraha II e 20%NaOH e, portanto, são os mais indicados para a realização da caracterização microestrutural dos materiais.

#### 5. Referências

- [1] D. C. Santos, **Estudo da formação de sigma e sua influência no potencial de pite em solução de 0,6M cloreto de sódio do aço UNS S31803 envelhecido a 850 e 950°C**, Centro Universitário da FEI, 2010.
- [2] D. C. Santos, **Estudo das transformações de fase isotérmicas do aço UNS S31803 entre 700°C e 900°C**, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, 2013.

#### Agradecimentos

Ao Centro Universitário FEI pela concessão da bolsa de estudos e infraestrutura de laboratórios.

<sup>1</sup> Aluno de IC do Centro Universitário FEI. Projeto com vigência de 10/18 a 09/19.