

AVALIAÇÃO DA CORROSÃO DO AÇO INOXIDÁVEL AISI 304 NITRETADO A GÁS¹

Guilherme Vieira Braga Lemos²
Vinicius Waechter Dias²
Bill Paiva dos Santos³
Diego Belato Rosado⁴
Tiago Lemos Menezes⁵
Célia de Fraga Malfatti⁶

Resumo

A nitretação é um processo de endurecimento superficial de metais e ligas usado principalmente para obter superfícies de alta dureza, melhorar a vida em fadiga, aumentar a resistência ao desgaste, proporcionando maior controle dimensional. Contudo, para alguns materiais como o aço inoxidável, por exemplo, esse processo pode comprometer a resistência à corrosão. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo a avaliação da resistência à corrosão de um aço inoxidável austenítico AISI 304 após Nitretação Gasosa com Amônia. A variação na resistência à corrosão foi verificada a partir do ensaio de polarização potenciodinâmica em NaCl 0,6 M. As amostras também foram avaliadas por Microscopia Eletrônica de Varredura. Os resultados obtidos mostraram que para a temperatura e tempo empregados no processo de nitretação gasosa com Amônia foi possível atingir dureza esperada. Além disso, foi observada a diminuição da resistência à corrosão.

Palavras-chave: Corrosão; Aço inoxidável AISI 304; Nitretação a gás.

CORROSION EVALUATION OF AISI 304 STAINLESS STEEL GAS NITRETED

Abstract

The gas nitriding process is a superficial hardening process applied to metals and alloys aiming to achieve high surface hardness, improvement on fatigue performance, increase wear resistance while providing a better dimensional control. However in some materials, such as stainless steel, these processes can corrupt the corrosion resistance. In this context, the present work aims to evaluate the corrosion resistance of a stainless steel AISI 304 after Gas Nitriding with Ammonia. The variation in corrosion resistance was observed from the potentiodynamic polarization test in NaCl 0.6 M. The samples were also evaluated by Scanning Electron Microscopy. The results shown that, for the time and temperature applied to the process of Gas Nitriding with Ammonia, it was possible to reach the expected hardness. It was also observed a reduction on corrosion resistance.

Key words: Corrosion; Stainless steel AISI 304; Gas nitriding.

¹ Contribuição técnica ao 67^o Congresso ABM - Internacional, 31 de julho a 3 de agosto de 2012, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

² Mestrandos do Laboratório de Transformação Mecânica (LdTM), PPGE3M, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Brasil. lemos_gl@yahoo.com.br

³ Graduando do Laboratório de Metalurgia Física (Lamef), UFRGS, Brasil.

⁴ Doutorando do Laboratório de Metalurgia Física (Lamef), UFRGS, Brasil.

⁵ Doutorando do Laboratório de Corrosão (Lacor), PPGE3M, UFRGS, Brasil.

⁶ Prof. Dra. Eng.^a do PPGE3M – UFRGS e pesquisadora do Laboratório de Pesquisa em Corrosão (LAPEC) da Escola de Engenharia da UFRGS, Brasil. celia.malfatti@ufrgs.br

1 INTRODUÇÃO

Observa-se cada vez mais, o surgimento de diversas técnicas de endurecimento superficial e a grande maioria delas objetivando sempre uma camada superficial mais dura, aumentando a resistência ao desgaste, comportamento em fadiga (devido à combinação de uma superfície dura e um núcleo tenaz) e resistência à corrosão em alguns casos. ⁽¹⁾ É o caso da Nitretação Gasosa com Amônia, que aplicada em aços inoxidáveis objetiva principalmente um aumento da resistência ao desgaste, mas em certas circunstâncias pode afetar negativamente a resistência a corrosão.

O fenômeno da corrosão é muito estudado porque atinge uma imensa variedade de condições em que pode ocorrer e também um grande número de formas em que aparece. Estima-se que o custo com o combate à corrosão gire em torno de 5% do PIB (produto interno bruto) de uma nação, sendo que este número tende a aumentar com o aumento do nível de industrialização.

Existem diversos tipos de corrosão, mas geralmente se dividem em dois grandes grupos: um ataque localizado preferencial ou a degradação generalizada do material. ^(2, 3, 4,5)

Através de uma combinação de fatores como, por exemplo, o meio no qual vai ser utilizado o equipamento e o tipo de material (geralmente metais) surgem condições favoráveis ao aparecimento da corrosão e posterior perda de outras determinadas propriedades. Então, para um aço inoxidável AISI 304, tratado termicamente em faixa de temperatura e tempo críticos, foram realizados ensaios de corrosão objetivando principalmente analisar o comprometimento da resistência a corrosão.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O componente mostrado na Figura 1 é o chamado eixo de articulação e é uma aplicação prática da nitretação gasosa em aço inoxidável austenítico AISI 304. Portanto, para reproduzir de modo similar o mesmo componente, foram fabricados corpos de prova em menor escala (20x10) (Figura 2).

Os corpos de prova foram fabricados a partir do corte de uma barra por eletroerosão objetivando um melhor acabamento.

As amostras foram preparadas (lixadas - sequencialmente por lixas de diferentes granulometrias, tais como, 220 *mesh*, 320 *mesh*, 400 *mesh* e 600 *mesh* - e polidas) de acordo com os princípios básicos de metalografia.

Por fim, este material foi tratado termicamente (nitretação a gás com Amônia) em fornos poço com os mesmos parâmetros de processo que o original (iguais condições de temperatura, tempo e dissociação de amônia). A espessura de camada obtida foi de 0,025 mm (aproximadamente).



Figura 1. Eixo de articulação de aço AISI 304.

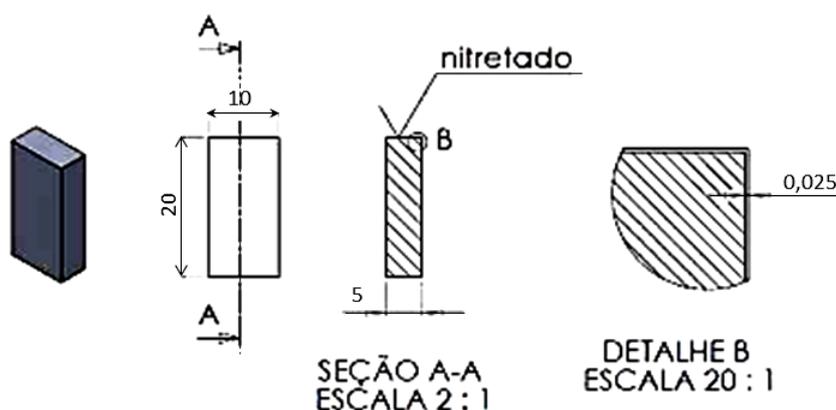


Figura 2. Dimensões dos corpos de prova.

A composição química, bem como as propriedades mecânicas do material é mostrada na Tabela 1, disponibilizada pelo fornecedor do material e refere-se à qualidade de um aço inoxidável austenítico AISI 304.

Tabela 1. Composição química (% em peso) para o aço inox AISI 304 e suas propriedades mecânicas.

Composição Química % em Peso									
C	SI	MN	P	S	CR	NI	MO	CU	AL
0.0300	0.4900	1.8400	0.0450	0.0250	18.3000	8.3000	0.3900	0.5600	0.0030
N									
0.0778									
Propriedades Mecânicas									
Dureza	Limite Resistência	Limite Escoamento	Alongamento	Estricção	Tam. Grão Austenítico	Grau de Esferoidização			
HB	MPa	MPa	%	%	ASTM	%			
168	560	265	62	72					

O tratamento térmico teve duração total de 11 h e 30 min., sendo que o tempo efetivo em temperatura de tratamento (540°C) foi de 5 h e 10 min. Foram

necessárias 3 h para o aquecimento do forno e cerca de 3 h e 20 min para o seu resfriamento posterior ao tratamento, com auxílio de uma atmosfera de N₂ (Figura 3).

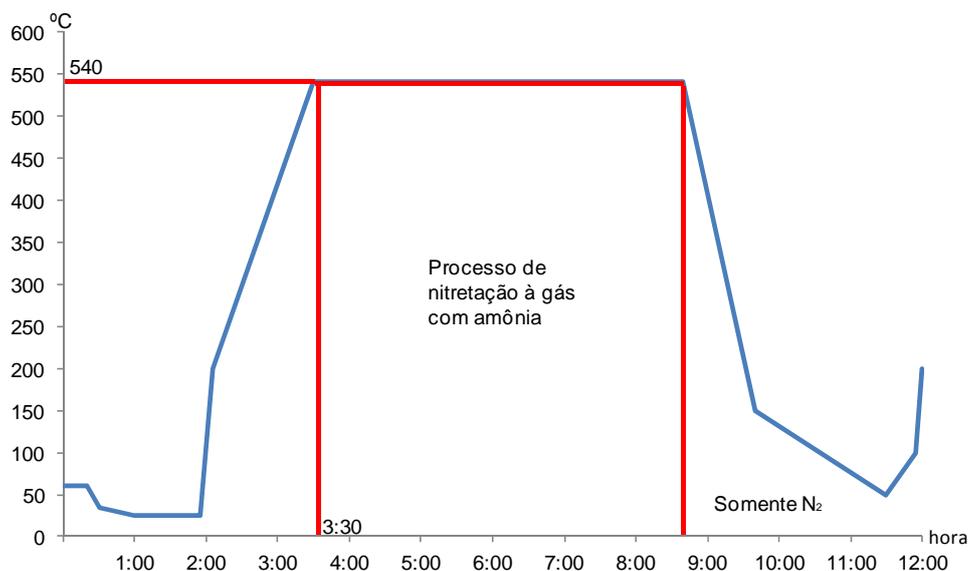


Figura 3. Tratamento térmico de nitretação gasosa com amônia.

Para os ensaios de corrosão dos corpos de prova foi montada uma célula: com eletrodo de trabalho (peça a ser analisada), eletrodo de referência (neste caso foi o eletrodo de calomelano saturado) e contra-eletrodo (fio de platina). As curvas de polarização foram obtidas variando-se o potencial de 400 mV abaixo do potencial de circuito aberto até 600 mV acima deste com velocidade de varredura de 1 mV. s⁻¹ em uma solução de NaCl 0,6 M. O equipamento empregado para essa análise foi um potenciostato da marca Autolab PGSTAT 302. Os dados foram simulados a partir do *software* GPES.

A caracterização do tipo de corrosão predominante, após os ensaios de polarização, foi realizada através de análises de microscopia eletrônica de varredura (MEV) no equipamento Shimadzu modelo Superscan-SSX 550.

Os ensaios e perfis de dureza foram realizados em um microdurômetro Vickers, modelo 5114 da marca Buehler, utilizando carga de 5 kg. Foram realizadas dez medições da superfície em direção ao núcleo.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O eixo analisado obteve uma dureza superficial de 1.100 HV e uma profundidade de camada de 0,025 mm (Figura 3). Também foi possível notar um pico de dureza para a posição de medição 4, onde provavelmente este valor é fruto de alguma microestrutura logo abaixo da camada nitretada. Desta maneira, através de uma análise destes resultados, nota-se um considerável aumento na dureza superficial levando em conta que a dureza superficial inicial, que de acordo com o certificado de qualidade da empresa, era de aproximadamente 166 HV.

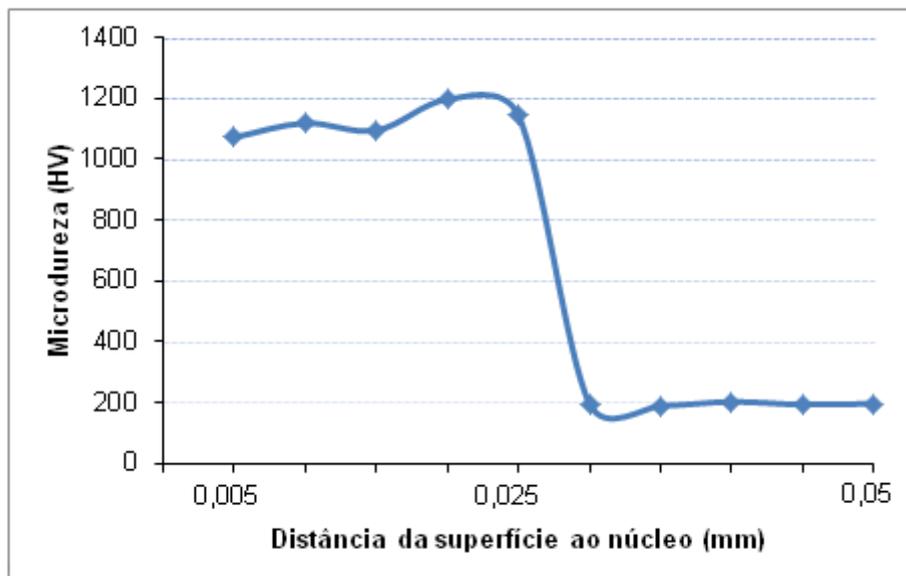


Figura 4. Perfil de dureza HV5.

A Figura 5 mostra as curvas de polarização obtidas para as amostras analisadas. É possível observar que a amostra de aço nitretado desenvolveu valores de densidades de corrente superiores ao aço não nitretado, tendo também apresentado potencial de corrosão descolado, levemente, no sentido de potenciais mais ativos. Estes resultados indicam a diminuição da resistência à corrosão do aço inoxidável AISI 304 nitretado, comparativamente ao aço inoxidável AISI 304 não nitretado.

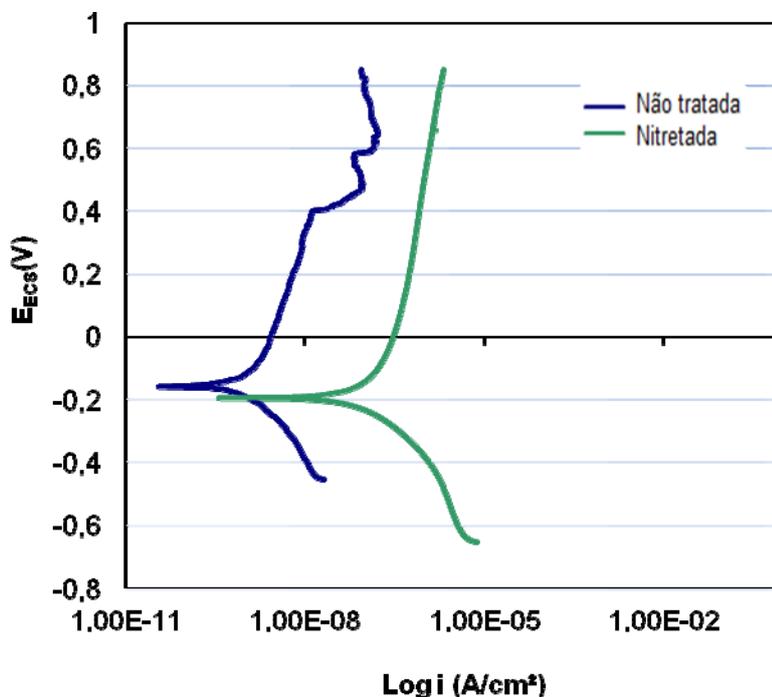


Figura 5. Comparação das curvas de polarização de um aço inox 304 sem tratamento térmico e um nitretado.

As análises com MEV (microscopia eletrônica de varredura (Figuras 6 a 9) serviram para visualização da camada nitretada, zona de difusão, núcleo e algumas

características associadas à corrosão do material analisado). Em todas as análises nota-se a presença de pites ou pequenos defeitos superficiais (em alguns casos originados antes mesmo dos ensaios de corrosão pela maneira a qual foram preparadas as amostras) que podem comprometer a vida útil do material em condições reais de serviço.

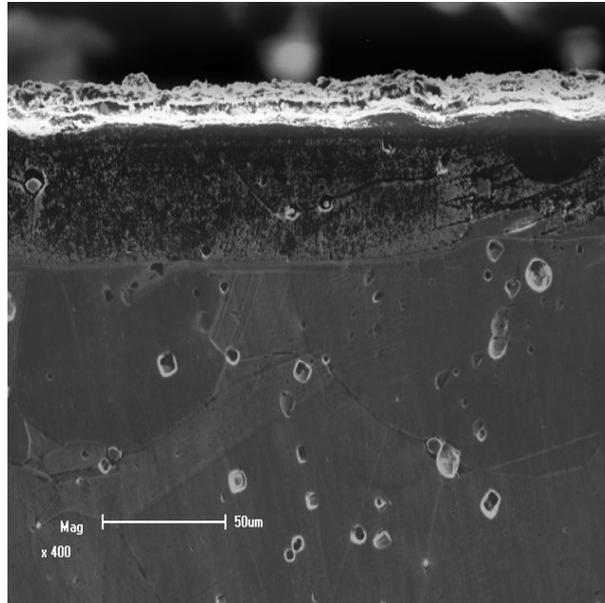


Figura 6. Corte transversal da amostra antes dos ensaios de corrosão. Camada branca, zona de difusão, núcleo e alguns defeitos devido ao preparo.

A Figura 7 mostra características particulares de acordo com a microestrutura dos aços inoxidáveis austeníticos, que consiste basicamente em grãos equiaxiais de austenita com maclas de recozimento. ⁽³⁾ Algumas fases prejudiciais podem se formar nestes aços por segregação durante a solidificação e assim afetar negativamente propriedades como resistência a corrosão.

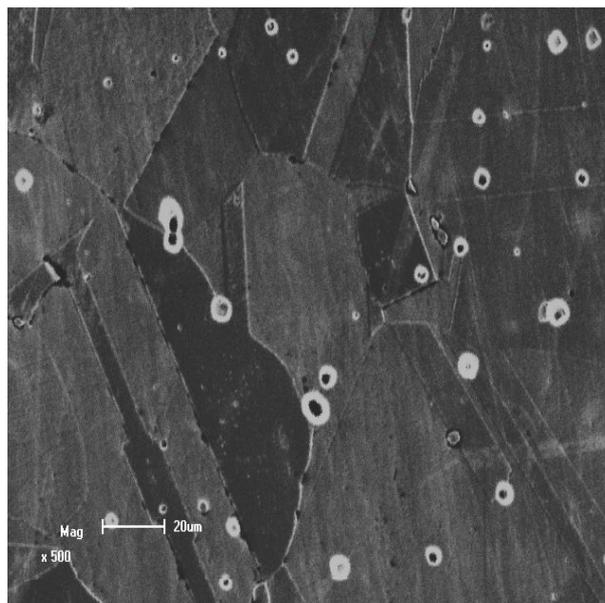


Figura 7. Corte transversal da amostra antes dos ensaios de corrosão. Maclas de recozimento no núcleo e alguns defeitos oriundos do preparo.

Com respeito à caracterização do tipo de corrosão predominante, é possível perceber aspectos particulares para amostras que não sofreram tratamento térmico e também para amostras nitretadas. Ambos os resultados mostram a predominância da corrosão por pites (Figuras 8 e 9), porém foi possível constatar um ataque mais intenso para a amostra nitretada (Figura 9).

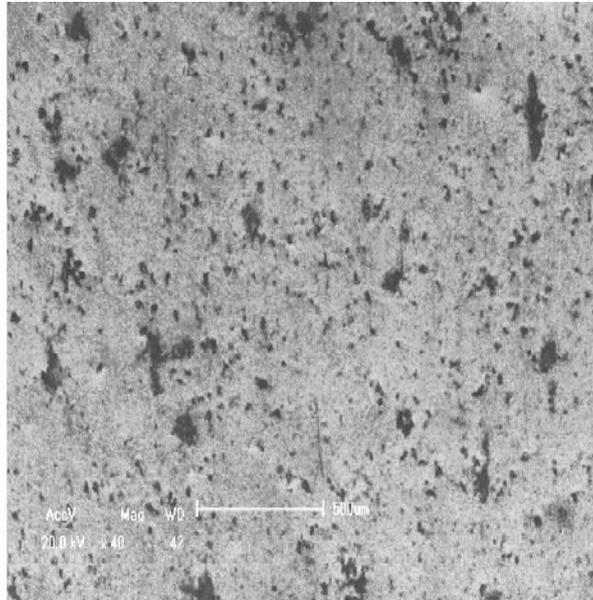


Figura 8. Imagem obtida no MEV para a amostra não nitretada após ensaio de polarização potenciodinâmica.

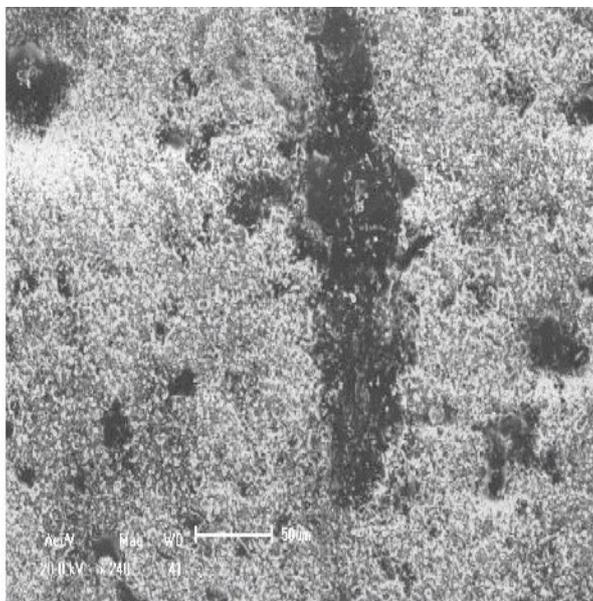


Figura 9. Imagem obtida no MEV para a amostra nitretada após ensaio de polarização potenciodinâmica.

Ainda, acredita-se que o tratamento térmico nestas condições permite a formação de pequenas partículas de precipitado de carboneto de cromo (Cr_{23}C_6) por reação entre o cromo e carbono no aço inoxidável. Essas partículas se formam ao longo das fronteiras de grãos. Tanto o cromo quanto o carbono acabam se difundindo para os

limites de grãos para formar os precipitados, o que deixa uma região empobrecida nesse elemento na zona adjacente ao contorno de grão. Por consequência disso à região do contorno de grão torna-se altamente suscetível à corrosão. ⁽⁶⁾

Como o aço inoxidável AISI 304 apresentou 0,03%C, de acordo com os dados fornecidos pelo fabricante e a análise mostrada na Figura 6, o fenômeno da sensitização propriamente dito também deve ocorrer somando-se ao fato que já constatado neste trabalho (corrosão por pites).

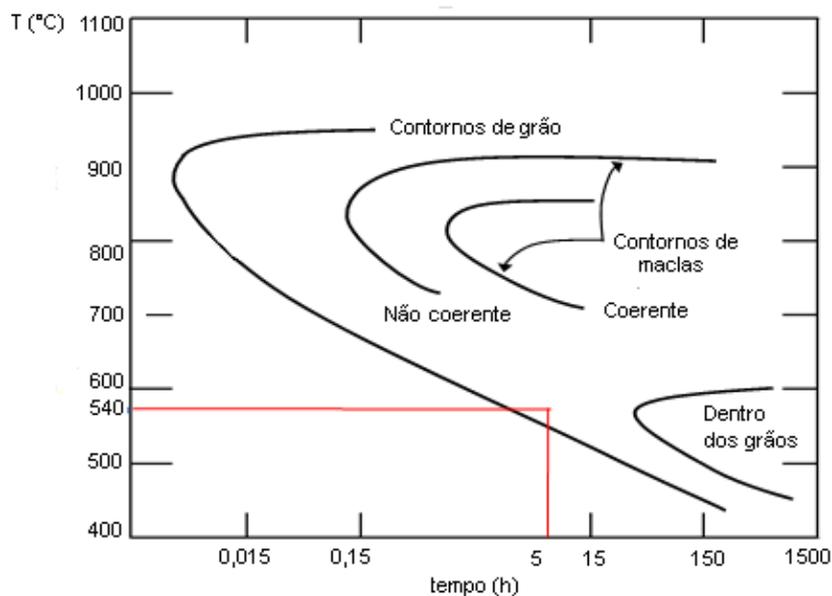


Figura 10. Diagrama TTT para precipitação de carbonetos com temperatura e tempo de processo (adaptado de Krauss 1990).

4 CONCLUSÕES

- O processo de nitretação empregado permitiu aumentar a dureza superficial da amostra de 166 HV para 1.100 HV;
- Contudo, os ensaios de polarização potenciodinâmica mostraram que a corrosão mais severa foi observada para o aço inoxidável AISI 304 nitretado, comparativamente aquele que não sofreu nitretação;
- Através da microscopia eletrônica de varredura foi possível caracterizar a predominância da corrosão por pites que se comportou de maneira mais agressiva para as amostras tratadas termicamente (nitretadas).

REFERÊNCIAS

- 1 METALS HANDBOOK. **Heat Treating**. Materials Park, Ohio: ASM International, 1994.
- 2 GENTIL, V. **Corrosão**. 4^o ed. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2003.
- 3 KRAUSS, G. **Steels: Heat Treatment and Processing Principles**. Materials Park, Ohio: ASM International, c1990.
- 4 METALS HANDBOOK. **Corrosion**. 9^o ed. P. 547-554, 1987.
- 5 CALLISTER, WILLIAM Dom, JR. **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução**. Rio de Janeiro: LTC, c2002.
- 6 CORRÊA, M. B. **Avaliação da Susceptibilidade a Sensitização de Juntas Soldadas do Aço AISI 317L**. Trabalho de Diplomação em Engenharia. UFRGS, Porto Alegre, 2007.