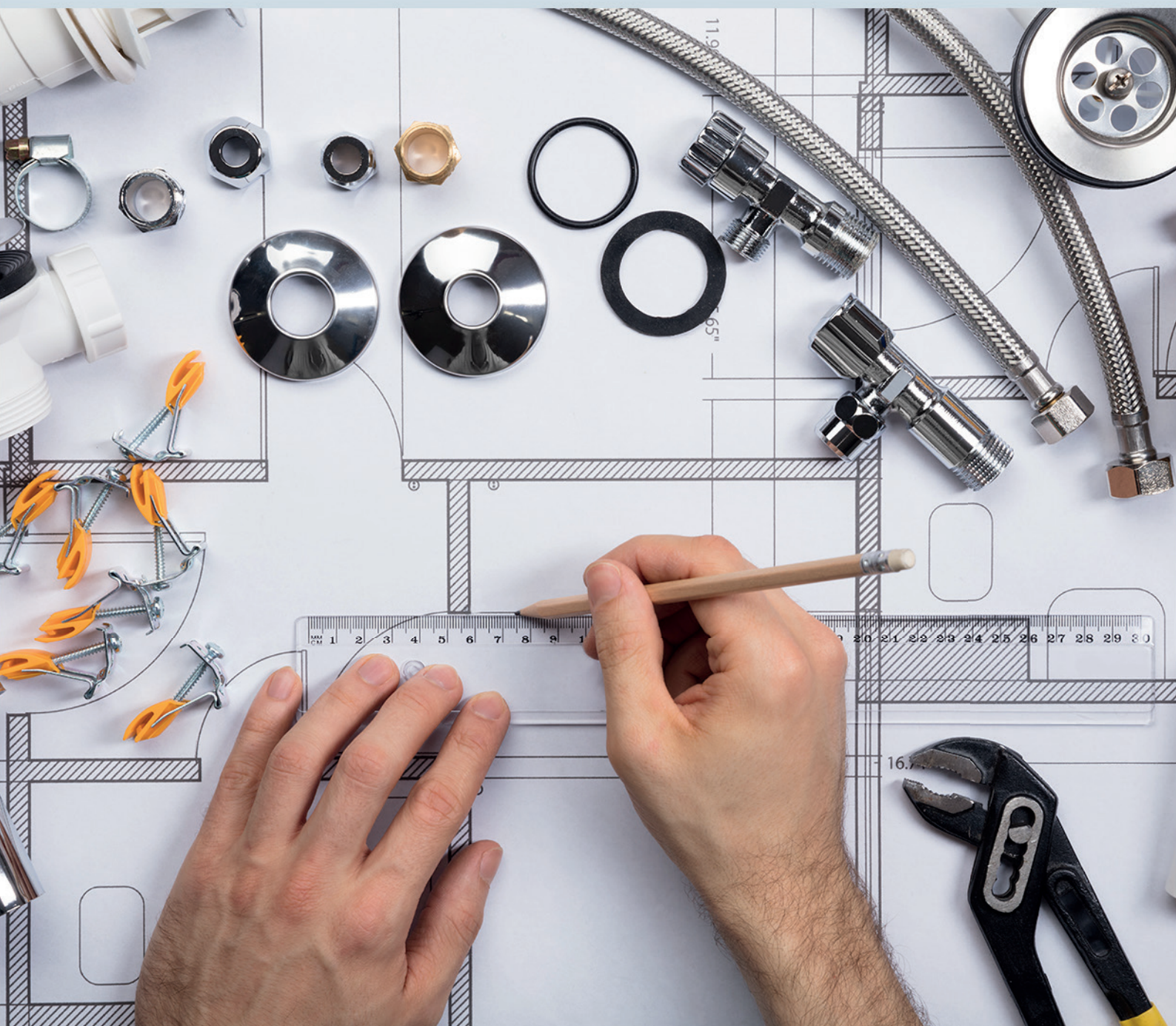


# Ciência e Engenharia de Materiais

2

Marcia Regina Werner Schneider Abdala  
(Organizadora)



**Atena**  
Editora

Ano 2018

**MARCIA REGINA WERNER SCHNEIDER ABDALA**

(Organizadora)

# **Ciência e Engenharia de Materiais**

## **2**

Atena Editora

2018

2018 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Diagramação e Edição de Arte:** Geraldo Alves e Natália Sandrini

**Revisão:** Os autores

#### Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

C569 Ciência e engenharia de materiais 2 [recurso eletrônico] / Marcia Regina Werner Schneider Abdala. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2018. – (Ciência e Engenharia de Materiais; v. 2)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-85107-63-5

DOI 10.22533/at.ed.635183010

1. Engenharia. 2. Materiais I. Abdala, Marcia Regina Werner Schneider. II. Série.

CDD 620.11

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2018

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

Você já percebeu a importância dos materiais na sua vida diária? Os materiais estão provavelmente mais imersos na nossa cultura do que a maioria de nós imagina. Diferentes segmentos como habitação, saúde, transportes, segurança, informação/comunicação, vestuário, entre outros, são influenciados em maior ou menor grau pelos materiais.

De fato a utilização dos materiais sempre foi tão importante que os períodos antigos eram denominados de acordo com os materiais utilizados pela sociedade primitiva, como a Idade da Pedra, Idade do Bronze, Idade do Ferro, etc.

A humanidade está em constante evolução, e os materiais não são exceções. Com o avanço da ciência e da tecnologia a cada dia surgem novos materiais com características específicas que permitem aplicações pormenorizadas e inovação nas mais diferentes áreas.

Todos os dias centenas de pesquisadores estão atentos ao desenvolvimento de novos materiais e ao aprimoramento dos existentes de forma a integrá-los em tecnologias de manufatura economicamente eficientes e ecologicamente seguras.

Estamos entrando em uma nova era caracterizada por novos materiais que podem tornar o futuro mais fácil, seguro e sustentável. O campo da Ciência e Engenharia de Materiais aplicada está seguindo por novos caminhos. A iminente escassez de recursos está exigindo inovações e ideias criativas.

Nesse sentido, este livro evidencia a importância da Ciência e Engenharia de Materiais, apresentando uma coletânea de trabalhos, composta por quatro volumes, que permitem conhecer mais profundamente os diferentes materiais, mediante um exame das relações entre a sua estrutura, as suas propriedades e o seu processamento.

Considerando que a utilização de materiais e os projetos de engenharia mudam continuamente e que o ritmo desta mudança se acelera, não há como prever os avanços de longo prazo nesta área. A busca por novos materiais prossegue continuamente...

Boa leitura!

Marcia Regina Werner Schneider Abdala

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE CARBETO DE VANÁDIO NA MOAGEM E NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO AÇO AISI 52100, PRODUZIDO POR METALURGIA DO PÓ	
<i>Leandra Fernandes de Oliveira</i>	
<i>Bruna Horta Bastos Kuffner</i>	
<i>Daniela Sachs</i>	
<i>Gilbert Silva</i>	
<i>Geovani Rodrigues</i>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>12</b>
INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS DO PROCESSO DE SOLDAGEM INNERSHIELD NAS CARACTERÍSTICAS DA SOLDA DE UM AÇO ESTRUTURAL ASTM – A36	
<i>Waldemir dos Passos Martins</i>	
<i>Paulo Victor Cunha Caetano</i>	
<i>Valdemar Silva Leal</i>	
<i>Valter Alves de Meneses</i>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>25</b>
CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DO AÇO INOXIDÁVEL 17-4 PH NITRETADO UTILIZADO NA INDÚSTRIA DE PETRÓLEO E GÁS	
<i>Ane Caroline Celestino Silva</i>	
<i>Lucas da Silva Vicente</i>	
<i>Christian Egídio da Silva</i>	
<i>Cristina de Carvalho Ares Elisei</i>	
<i>Cirlene Fourquet Bandeira</i>	
<i>Sérgio Roberto Montoro</i>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>32</b>
PROPRIEDADES MECÂNICAS DE UM AÇO BAIXO CARBONO APÓS PROCESSO DE DEFORMAÇÃO PLÁSTICA	
<i>Vanessa Moura de Souza</i>	
<i>Vinicius Martins</i>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>43</b>
COMPORTAMENTO ESTRUTURAL DAS MATRIZES METÁLICAS DO SISTEMA FE-CU-NB OBTIDAS POR Prensagem a quente	
<i>Hellen Cristine Prata de Oliveira</i>	
<i>Marcello Filgueira</i>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>58</b>
ESTUDO DO EFEITO DA VIBRAÇÃO NA SOLIDIFICAÇÃO DA LIGA 356.0	
<i>Laura Ferrazza Kirch</i>	
<i>Amanda Yuki Shimosaka</i>	
<i>Dalmarino Setti</i>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>65</b>
ESTUDO SOBRE O PROCESSO DE SINTERIZAÇÃO DAS MATRIZES METÁLICAS DE FE-CU-25%NB E FE-CU-25%CO DURANTE A Prensagem a quente	
<i>Hellen Cristine Prata de Oliveira</i>	
<i>Adriano Corrêa Batista</i>	
<i>Luis Guerra Rosa</i>	
<i>Paulo Santos Assis</i>	

<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>84</b>
TRANSIÇÃO OBSERVADA ENTRE OS MODOS DE DESGASTE MICRO-ABRASIVO POR “RISCAMENTO” E POR “ROLAMENTO” EM WC-CO P20 E AÇO-FERRAMENTA M2	
<i>Ronaldo Câmara Cozza</i>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>92</b>
ANÁLISE DA DUREZA E MICROESTRUTURA DO AÇO ABNT 1045 APÓS TÊMPERA E REVENIMENTO	
<i>João Paulo Montalván Shica</i> <i>Matheus Henryque Almeida e Silva</i>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>105</b>
ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA PERDA DE RIGIDEZ SOBRE AS FREQUÊNCIAS NATURAIS DE PLACAS DE ALUMÍNIO	
<i>Pietro Olegário da Silva</i> <i>Adriana Amaro Diacenco</i>	
<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>118</b>
ANÁLISE DA MICRODUREZA E CORROSÃO NO PROCESSO DE SOLDAGEM GMAW NA CHAPA DE AÇO DOBRADA TIPO U	
<i>Josemairon Prado Pereira</i> <i>Gilberto de Magalhães Bento Gonçalves</i>	
<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>129</b>
ANÁLISE DO CICLO TÉRMICO DE UM AÇO DE ALTA RESISTÊNCIA BAIXA LIGA UTILIZANDO MÉTODO DIRETO E EQUAÇÕES DE SOLDAGEM	
<i>Thyálita Coêlho Moreira Mousinho</i> <i>Thaís Spíndola Garcêz</i> <i>José Francisco dos Reis Sobrinho</i> <i>Nelson Guedes de Alcântara</i>	
<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>138</b>
MICROFURAÇÃO COM LASER PULSADO ND:YAG EM CHAPAS DE AÇO INOXIDÁVEL AISI 316L	
<i>Dair Ferreira Salgado Junior</i> <i>Vicente Afonso Ventrella</i> <i>Juno Gallego</i>	
<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>153</b>
ESTUDO DO COMPORTAMENTO DE LÂMINAS DE SERRA NO CORTE DA MADEIRA COM APLICAÇÃO DO MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS	
<i>Daniel Villas Bôas</i> <i>Elder Jesus Lima Machado</i> <i>Vanessa Ferreira Neves</i>	
<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>160</b>
O EFEITO DE DIFERENTES TIPOS DE HOMOGENEIZAÇÃO SOBRE O COMPORTAMENTO EM DEFORMAÇÃO A FRIO DAS LIGAS TI-35NB E TI-35NB-0,15SI	
<i>Késia Filadélfia Dionizio Silva Ramos</i> <i>Helton José Rodrigues Cabral</i> <i>Reinan Tiago Fernandes dos Santos</i> <i>Wilton Walter Batista</i>	
<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>173</b>
LIGA DE MAGNÉSIO AZ91D: AVALIAÇÃO DA BIODEGRABILIDADE E DO COMPORTAMENTO MECÂNICO	
<i>Ronaldo Veronês Nascimento</i> <i>Ângela Beatriz Coelho Arnt</i> <i>Marcio Roberto da Rocha</i> <i>Steferson Luiz Stares</i>	

<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>184</b>
INFLUÊNCIA DO PH E DO TEMPO DE IMERSÃO NA SILANIZAÇÃO JUNTO DE TANINOS PARA PROTEÇÃO ANTICORROSIVA DE AÇOS GALVANIZADOS	
<i>Bruno Pienis Garcia</i> <i>Álvaro Meneguzzi</i>	
<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>194</b>
A NEW PROCEDURE TO DETERMINE THE PERMITTIVITY OF RADAR ABSORBING MATERIALS	
<i>Tamara Indrusiak Silva</i> <i>Iaci Miranda Pereira</i> <i>Jorge A. Mitrione Souza</i> <i>Marbey Manhães Mosso</i> <i>Ângelo M. Leite Denadai</i> <i>Jéferson Gomes da Silva</i> <i>Alan Reis de Oliveira</i> <i>Bluma Guenther Soares</i>	
<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>204</b>
DESENVOLVIMENTO DE UM REVESTIMENTO A BASE DE NIÓBIO PARA PROTEÇÃO CONTRA CORROSÃO DE AÇO-CARBONO (SAE 1020)	
<i>Paloma Detlinger</i> <i>Brian Utri</i> <i>Guilherme Arielo Rodrigues Maia</i> <i>Rodrigo Helleis</i> <i>Cynthia Beatriz Fürstenberger</i> <i>Everson do Prado Banczek</i>	
<b>CAPÍTULO 20</b> .....	<b>213</b>
CORROSÃO E BIOCORROSÃO EM AÇO CARBONO	
<i>Diana Magalhães Frazão</i> <i>Ivanilda Ramos de Melo</i> <i>Severino Leopoldino Urtiga Filho</i>	
<b>SOBRE A ORGANIZADORA</b> .....	<b>218</b>

## CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DO AÇO INOXIDÁVEL 17-4 PH NITRETADO UTILIZADO NA INDÚSTRIA DE PETRÓLEO E GÁS

### **Ane Caroline Celestino Silva**

Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza (CEETEPS), Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba (FATEC), Discente do Curso de Tecnologia em Processos Metalúrgicos. Pindamonhangaba – São Paulo.

### **Lucas da Silva Vicente**

Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza (CEETEPS), Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba (FATEC), Discente do Curso de Tecnologia em Processos Metalúrgicos. Pindamonhangaba – São Paulo.

### **Christian Egídio da Silva**

OneSubsea S/A - Depto Desenvolvimento e Qualidade de Fornecedores. Taubaté – São Paulo.

### **Cristina de Carvalho Ares Elisei**

Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza (CEETEPS), Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba (FATEC), Docente do Curso de Tecnologia em Processos Metalúrgicos. Pindamonhangaba – São Paulo.

### **Cirlene Fourquet Bandeira**

Fundação Oswaldo Aranha, Centro Universitário de Volta Redonda(UniFOA), Docente do Mestrado Profissional em Materiais (MEMAT). Volta Redonda – Rio de Janeiro.

### **Sérgio Roberto Montoro**

Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza (CEETEPS), Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba (FATEC), Docente do Curso de Tecnologia em Processos Metalúrgicos. Pindamonhangaba – São Paulo.

Fundação Oswaldo Aranha, Centro Universitário de Volta Redonda(UniFOA), Docente do Mestrado Profissional em Materiais (MEMAT). Volta Redonda – Rio de Janeiro.

**RESUMO:** Neste trabalho será apresentada a caracterização microestrutural do aço inoxidável 17-4 PH martensítico destinado à indústria petroquímica. Este foi endurecido por precipitação, via tratamento térmico de solubilização. Posteriormente, passou pelo processo de tratamento superficial de nitretação líquida, provedor de nitrogênio, elevando a dureza superficial do material e resistência à corrosão. Para a caracterização morfológica utilizou-se técnicas metalográficas, que consiste em etapas de preparação de amostra, onde se realiza lixamento e polimento para a remoção das imperfeições superficiais; ataque químico corrosivo com a finalidade de revelar os microconstituintes do metal e microscopia ótica a fim de examinar a superfície da amostra. **PALAVRAS-CHAVE:** aço inoxidável 17-4 PH, caracterização, petroquímica, metalografia.

**ABSTRACT:** In this work the microstructural characterization of stainless steel 17-4 PH martensitic for the petrochemical industry will be presented. This was hardened by precipitation, via solubilization heat treatment. Subsequently, it underwent the surface treatment process



of liquid nitriding, nitrogen supply, raising the surface hardness of the material and resistance to corrosion. For the morphological characterization, metallographic techniques were used, which consists of stages of sample preparation, where sanding and polishing are carried out to remove surface imperfections; corrosive chemical attack with the purpose of revealing the microconstituents of the metal and optical microscopy in order to examine the surface of the sample.

**KEYWORDS:** stainless steel 17-4 PH, characterization, petrochemical, metallography.

## 1 | INTRODUÇÃO

De acordo com Oliveira *et al* (2013), na indústria petroquímica são utilizados equipamentos metálicos, feitos em aço-carbono de alta liga, estes são fundamentais no auxílio do transporte de petróleo e seus derivados. Esses componentes extraídos do pré-sal contribuem com o aceleração do processo corrosivo nos equipamentos de trabalho tornando-se inevitável a perda e espessura do mesmo. Devido à necessidade de obter-se mais controle da taxa de corrosão nos equipamentos, novas tecnologias são estudadas e desenvolvidas na fabricação de aços inoxidáveis, minimizando custo de manutenção e perda total dos equipamentos.

Os aços inoxidáveis martensíticos segundo Colpaert (2008) são considerados equivalentes aos aços utilizados para tempera e revenimento sendo eles ao carbono ou ligados, contendo a principal diferença no teor de cromo que é o elemento responsável por produzir alta temperabilidade, abaixamento da temperatura de início da formação de martensita e aumentando a resistência do amolecimento no revenimento. O processo de austenitização dos inoxidáveis martensíticos ocorre em temperaturas elevadas (de 925 a 1070°C), para que haja uma completa dissolução dos carbonetos presentes no aço a fim de obtermos uma austenita uniforme.

Através de análises metalográficas no aço podem-se medir características micros e macroestruturais, testar hipóteses e características do material, realizando a investigação de causas estruturais deste comportamento. É importante distinguir o objetivo da avaliação, realizar medidas de uma característica apenas ou determinar hipóteses sobre está característica (COLPAERT, 2008).

O estudo do aço inoxidável 17- 4PH visa caracterizar a morfologia estrutural do material e a uniformidade da camada nitretada aplicada como revestimento contra corrosão e endurecimento superficial.

## 2 | METODOLOGIA

O material estudado é uma peça usinada de secção cilíndrica em aço inoxidável

17-4PH nitretada com 50 mm de diâmetro e 20 mm de espessura, dividido em varias partes para a realização de uma varredura na amostra a fim de identificar se o processo gerou uma uniformidade da camada e se não surgiram defeitos na mesma. Conforme ilustrado na Figura 1.

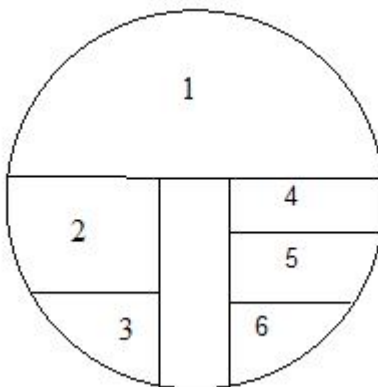


Figura 1 – Esquema do corte das amostras.

Fonte: os autores

Amostra 1 – Foi realizado um corte para analisar todo contorno da amostra. Este teve a finalidade de macrografia para detectar se é possível a visualização da camada macrograficamente e a uniformidade na mesma.

As amostras (2, 3, 4, 5, 6) foram cortadas como ilustra a Figura 1, para a realização de varredura total da peça caracterizando possíveis não uniformidades, defeitos da camada e se haveria diferença na camada da borda ate o centro da amostra.

Os testes foram realizados no Laboratório de Metalografia da FATEC Pindamonhangaba. As amostras foram seccionadas nas direções longitudinais e transversais, em uma maquina de corte metalográfica, CUT OFF 2 Arocor 40 da Arotec com disco de corte abrasivo para materiais duros e refrigeração adequada, em seguida foram realizados embutimentos a quente na PRE 40 Mi, Arotec de 35mm de diâmetro com sistema de aquecimento e refrigeração digital.

O lixamento foi realizado em lixadeira circular automática Aropol 2V da Arotec com refrigeração em água, lixas d'água comuns de carbetto de silício (SiC) granulométricas de 180, 240, 320, 400, 600, 800, 1200, 1500, 2000. O processo de polimento foi realizado em uma politriz Aropol 2V da Arotec com refrigeração em água destilada com abrasivo alumina 1 $\mu$ m (Arotec) e 0,03 $\mu$ m (Pantec). Posteriormente foram lavadas com água destilada, álcool etílico e secadas a ar quente.

O ataque químico para revelação microestrutural foi efetuado com reagente Marble indicada para aços inoxidáveis durante 5s, este reagente tem por objetivo a revelar a camada nitretada além da estrutura da matriz do aço, conforme recomendação do Metals Hand Book, para as análises metalográficas baseado nas normas ASTM E 3-95 6 – “Standard Practice for Preparation of Metallographic Specimens” e ASTM E 407-937 – “Standard Practice for Microetching Metals and Alloys” para a especificação

da microestrutura.

### 3 | RESULTADOS

A composição química e estrutura de um aço são responsáveis pela sua caracterização de suas propriedades, estes podem ser feitos por diversos métodos e técnicas de análise química. Técnicas metalográficas são utilizadas para a caracterização micro e macroestrutural.

Segundo Coalpaert (2008), a maior parte das características estruturais determinantes para o desempenho dos metais esta na faixa de 10 mm até 1 mm, faixa coberta por diversas técnicas metalográficas, sendo assim a importância desta análise para desenvolvimento e controle das características do aço.

O aço inoxidável 17-4PH, possui a família de aços inoxidáveis martensíticos, capaz de oferecer uma ampla gama de propriedades mecânicas elevadas (até 1400 MPa) e boa resistência a corrosão, através de diferentes ciclos de tratamento térmicos. Material muito utilizado nas indústrias de petroquímica, aeronáutica, naval, nuclear, cirúrgica, entre outras. Abaixo na tabela 1 informa-se a composição química do aço.

%	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	Cu	Nb	S	P
Min.	-	-	-	3,00%	15,0%	-	3,00%	5 x C	-	-
Max.	0,07%	0,70%	1,50%	5,00%	17,0%	0,60%	5,00%	0,45	0,030%	0,040%

Tabela 1 – composição química do aço inoxidável 17-4PH.

Fonte: EN 100088-3.

Após o ataque químico, com a análise metalográfica por microscopia óptica conseguiu-se a visualização da superfície do aço e percebeu-se que o ataque realizado foi bem-sucedido, pois o mesmo possibilitou a revelação da estrutura em a morfologia do inox, bem como também o tratamento superficial realizado.

Com a revelação através de ataque químico, observamos que de fato a estrutura do aço é martensítica, como está apresentada na Figura 2, sendo possível identificar que o tratamento superficial realizado através de nitretação que possui três regiões diferentes, conforme apresentado na Figura 3.

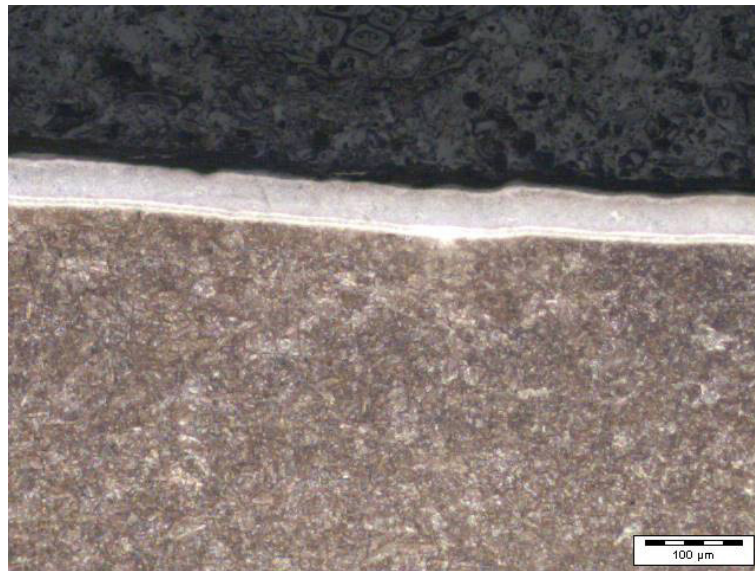


Figura 2 – Revelação microestrutural do inoxidável 17-4 PH, em aplicação de 100X, ataque químico corrosivo Marble.

Fonte: os autores

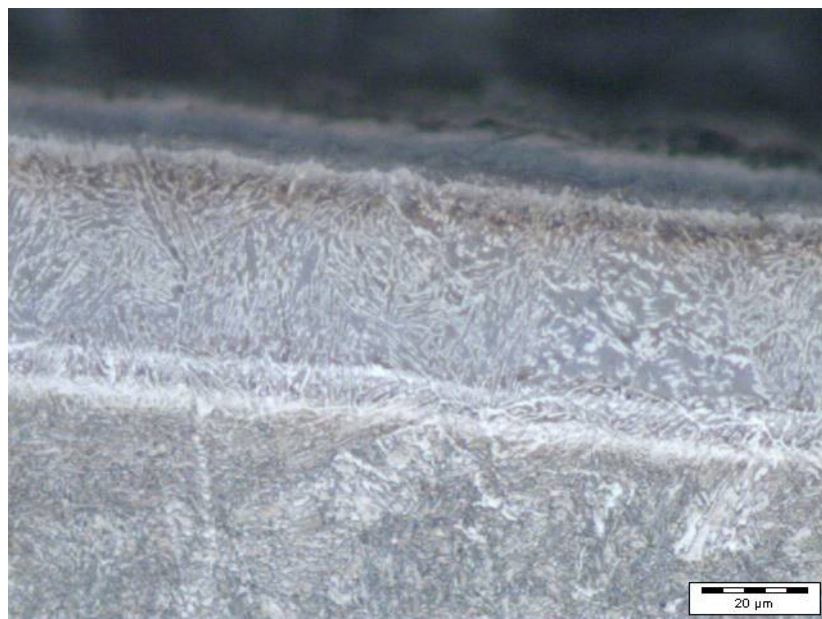


Figura 3 - Micrografia do aço inoxidável 17-4PH, ampliação de 500X, ataque químico corrosivo Marble.

Fonte: os autores

#### 4 | DISCUSSÃO

Os aços inoxidáveis martensíticos podem ser considerados equivalentes aos aços carbono ou ligados, para tempera ou revenimento, com diferença principal no teor de cromo.

Devido ao alto teor de cobre nesta liga de inoxidável 17-4PH, o material apresenta uma excelente resistência corrosão, similar aos aços inoxidáveis austeníticos. A microestrutura deste aço o torna insensível a corrosão intergranular e altamente

resistente a corrosão por fadiga e corrosão sob tensão.

No tratamento de envelhecimento e solubilização, os compostos intermetálicos à base de cobre, níbio, são dissolvidos na matriz austenítica, seguido de um resfriamento brusco para evitar a precipitação destes intermetálicos, formando assim uma martensita de baixa dureza.

Segundo Colpaert (2008), grande parte do endurecimento deste aço ocorre durante o processo de envelhecimento, ocorrendo algumas precipitações na estrutura martensítica em sua microestrutura. Conforme ilustrado na Figura 4.

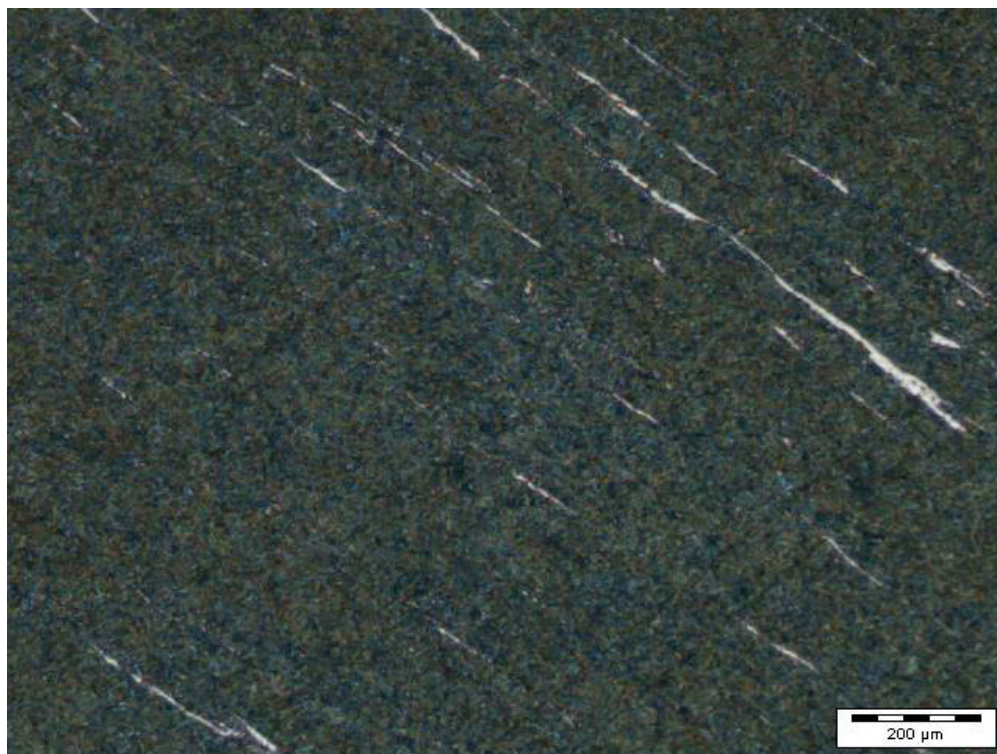


Figura 4 – Precipitados na estrutura martensítica, ampliação de 50X, ataque químico corrosivo Marble.

Fonte: os autores

O tempo e a temperatura do tratamento são de suma importância nos ciclos de envelhecimento, pois os precipitados responsáveis pelo envelhecimento possuem pequenas dimensões sendo pouco eficiente.

## 5 | CONCLUSÃO

A partir do resultado obtido pelo experimento realizado concluiu-se que o reagente de ataque químico corrosivo Marble apresentou bom resultado revelando a microestrutura e morfologia do material estudado.

Após análise das imagens capturadas pelo microscópio óptico foi possível identificar que o processo de tratamento superficial realizado por nitretação líquida gerou uma camada relativamente uniforme, com subcamadas, formada por três

regiões diferentes, com características distintas.

A dureza dessas subcamadas identificadas na superfície de nitretação, podem apresentar diferentes durezas e para analisá-las com mais profundidade deve-se utilizar equipamento de microdureza para caracterizá-las adequadamente. Como este trabalho ainda está em andamento posteriormente as amostras serão submetidas a microdureza, conforme a norma DIN 50 190 – *Hardness depth of heat-treated parts – Determination of the effective depth of carburized and hardened cases*.

## REFERÊNCIAS

AÇOS VILLARES. **Aços Inoxidáveis V630 (17-4PH/ UNS S17400/ WNr. 1.4542)**. catálogo. São Paulo. n.1, 03/2007.

ALVES JR, C. **Nitretação a Plasma- Fundamentos e Aplicações**. 1ª ed. EDUFRN, 2001.

ASM HANDBOOK. Stainless steel casting alloys: Metallographic and microstructures. **Metallography and microstructures**. 5º ed. Editoa Handbook ASM, 1992.

ASTM E 407-93. **Standard Practice for Microetching Metals and Alloys**. USA: ASTM International; 1997.

ASTM E3-95. **Standard Practice for Preparation of Metallographic Specimens**. USA: ASTM International, 1995.

COLPAERT, H. Aços Inoxidáveis. **Metalografia de produtos siderúrgicos comuns**. 4º ed. São Paulo: Editora Blucher, 2008. cap.16. p. 521 – 545.

DIN 50 190. **Hardness depth of heat-treated parts – Determination of the effective depth of carburized and hardened cases**. Germany: DIN, 1979.

SILVA, S. A. Ensaio de Dureza. In: Souza, S.A. **Ensaio Mecânicos de Materiais Metálicos: Fundamentos Teóricos e Práticos**. 5ª ed. São Paulo: Blucher, 1982. cap.4. p. 103-136.

## **SOBRE A ORGANIZADORA:**

**Marcia Regina Werner Schneider Abdala:** Mestre em Engenharia de Materiais pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, Graduada em Engenharia de Materiais pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Possui experiência na área de Educação a mais de 06 anos, atuando na área de gestão acadêmica como coordenadora de curso de Engenharia e Tecnologia. Das diferentes atividades desenvolvidas destaca-se a atuação como professora de ensino superior atuando em várias áreas de graduações; professora de pós-graduação *lato sensu*; avaliadora de artigos e projetos; revisora de revistas científicas; membro de bancas examinadoras de trabalhos de conclusão de cursos de graduação. Atuou como inspetora de Aviação Civil, nas áreas de infraestrutura aeroportuária e segurança operacional em uma instituição federal.

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-85107-63-5

