

## Mestrado em Engenharia de Materiais

### Programa de Disciplinas

| <b>Disciplina:</b> RED114-Corrosão e Proteção dos Metais                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                     |                                         |                          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------|--------------------------|
| <b>Carga Horária:</b> 45 horas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <b>Créditos:</b> 03 |                                         | <b>Caráter:</b> Optativa |
| <b>Professores:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                     |                                         |                          |
| I. Luiz Cláudio Cândido                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                     |                                         |                          |
| <b>Ementa:</b> Princípios básicos de corrosão. Estudo de diferentes tipos de corrosão. Corrosão sob tensão. Fundamentos dos Processos de Controle de corrosão. Estudo da corrosão em alguns meios típicos. Eletropolimento. Fundamentos de impedância eletroquímica. Seleção de materiais. Projetos adequados para minimizar o fenômeno de corrosão. |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                     |                                         |                          |
| Ítem                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Sub-ítem                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Prof.               | Ref.                                    | Horas                    |
| Princípios Básicos de Corrosão                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Definição. Fatores econômicos. Classificação dos processos de corrosão. Dupla camada elétrica. Potencial do eletrodo. Equação de Nernst. Sobrepotencial. Polarização (por ativação, por concentração, por resistência e por cristalização). Lei de Tafel. Curvas de polarização (galvanostáticas, potencioestáticas e potenciodinâmicas). Passivação. Propriedades dos filmes passivos. Diagrama de Pourbaix (potencial eletroquímico x pH) | I                   | 1, 2, 6-12, 14, 16,17, 20-22, 24-26, 28 | 04                       |
| Estudo de Diferentes Tipos de Corrosão                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Corrosão galvânica; corrosão por fresta (crevice) e por pites; corrosão intergranular; corrosão eletrolítica; corrosão seletiva, corrosão fragilizante (corrosão sob tensão; corrosão fadiga, fragilização pelo hidrogênio) e outros.                                                                                                                                                                                                       | I                   | 1-3, 6-15, 19,22, 26, 28-31             | 06                       |

| <b>Disciplina: RED114 – Corrosão e Proteção de Metais</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |              |                                    |              |
|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|------------------------------------|--------------|
| <b>Ítem</b>                                               | <b>Sub-ítem</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | <b>Prof.</b> | <b>Ref.</b>                        | <b>Horas</b> |
| Corrosão sob Tensão (CST)                                 | Revisão de alguns conceitos de Mecânica de Fratura; CST (definição; características); o papel do filme superficial na CST; a importância dos íons Cl na formação do filme superficial; mecanismos de CST para alguns sistemas metal(liga)/meio. Técnicas experimentais para avaliar CST (ensaio com deformação constante do eletrodo; ensaios com velocidade de deformação constante, com baixa e alta taxa de deformação do eletrodo; ensaios de carga constante). | I            | 1-3, 13, 15, 19, 22, 30,31         | 04           |
| Fundamentos dos Processos de Controle de Corrosão         | Proteção catódica; proteção anódica; inibidores; revestimentos metálicos (anódicos e catódicos); revestimentos não-metálicos orgânicos (tintas e polímeros); revestimentos não-metálicos inorgânicos (esmaltes, vidros, porcelanas, cimentos. Óxidos, etc...)                                                                                                                                                                                                       | I            | 1,2, 4, 6-12, 14, 18,20, 23, 26-28 | 06           |
| Estudo da Corrosão em Alguns Meios Típicos                | Corrosão atmosférica; corrosão pela água (de distribuição e para sistema de circulação fechado); corrosão pelo solo; corrosão em concreto; corrosão microbiana; oxidação em temperaturas elevadas.                                                                                                                                                                                                                                                                  | I            | 1,2, 7-9, 14,20                    | 06           |

| <b>Disciplina: RED114 - Corrosão e Proteção de Metais</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |              |             |              |
|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-------------|--------------|
| <b>Ítem</b>                                               | <b>Sub-ítem</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <b>Prof.</b> | <b>Ref.</b> | <b>Horas</b> |
| Eletropolimento                                           | Polimentos químicos e eletroquímicos; película de Jaquêt.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | I            | 06          | 02           |
| Fundamentos de Impedância Eletroquímica                   | Diagramas de Nyquist; efeitos da temperatura, concentração de soluções e deformação na evolução de diagramas de impedância.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | I            | 2,5         | 02           |
| Seleção de Materiais                                      | Seleção de diferentes materiais, com intuito de minimizar o fenômeno de corrosão.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | I            | 1,2, 28     | 02           |
| Projetos adequados para Minimizar o Fenômeno de Corrosão  | São estabelecidos e analisados diferentes projetos de disposição de materiais com objetivo de minimização do fenômeno de corrosão.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | I            | 1,2,9, 28   | 02           |
| Fundamentos de patologia em estruturas metálicas          | São abordados alguns problemas relacionados com o fenômeno de corrosão no sistema construtivo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | I            | 32          | 04           |
| Aulas Práticas de Laboratório de Corrosão                 | Deslocamento de íons previsto na série de f.e.m. e formação de pilhas eletroquímicas. Pilha de aeração diferencial; observar áreas anódicas e catódicas.<br>Pilha de deformação diferencial; observar áreas anódicas e catódicas. Medidas de potenciais do eletrodo (de corrosão). Passivação do ferro pelo ácido nítrico. Previsão do comportamento do metal pelo diagrama de Pourbaix. Ataque intergranular no aço inoxidável, do tipo ABNT 304 (18-8) sensibilizado. Corrosão sob tensão em corpos-de-prova de aço inoxidável austenítico em soluções cloretadas. Ensaio de polarização: potenciostático e potenciodinâmico. Aplicação da técnica de proteção catódica. | I            |             | 07           |

## Referências Bibliográficas

| Disciplina: RED114-Corrosão e Proteção dos Metais |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.                                                | Chawla, S. L., Gupta, R. K. – <b>Materials Selection for corrosion control</b> . ASM International, 1995, 508p.                                                                                                                                                                                                               |
| 2.                                                | Jones, D. A. – <b>Principles and Prevntion of Corrosion</b> – Macmillan Publishing Company, New York, 1992, 568p.                                                                                                                                                                                                             |
| 3.                                                | Jones, R. H. – <b>Stress-Corrosion Cracking-Materials Performance and Evaluation</b> – AWSM international (Ohio), 1992, 448p.                                                                                                                                                                                                 |
| 4.                                                | Harvey, P. H. – <b>Galvanic Corrosion</b> – STP 978 – ASTM (American Society for Testing and Materials), 1988, 358p.                                                                                                                                                                                                          |
| 5.                                                | Dutra, A. ; Nunes L. P. – <b>Proteção Catódica-Técnica de Combate à Corrosão</b> – Ed. Técnica Ltda, RJ, 1987. 208p.                                                                                                                                                                                                          |
| 6.                                                | Greef, R.; Peat, R.; Peter L. M.; Pletcher, D.; Robson, J. – <b>Instrumental Methods in Electrochemisty</b> - Ellis Horwood Limited-Halsted Press: John Wiley & Sons – New York, 1985, 443p.                                                                                                                                  |
| 7.                                                | West, J. M. – <b>Electrodeposition and Corrosion Processes</b> – Van Nostrad Reinhold Company Ltd, London, 1971, 206p.                                                                                                                                                                                                        |
| 8.                                                | Fontana, M. G. ; Green, N. D. – <b>Corrosion Engineering</b> -, McGrawHill Book Co., New York, 1967, 391p.                                                                                                                                                                                                                    |
| 9.                                                | Gentili, V. – <b>Corrosão</b> - , Editores Almeida Neves Ltda, RJ, 1996, 453p.                                                                                                                                                                                                                                                |
| 10.                                               | Da Silva, P. F. – <b>Corrosão e Proteção das Superfícies Metálicas</b> – Imprensa Universitária da UFMG, 1981, 357p.                                                                                                                                                                                                          |
| 11.                                               | Parkins, R. N. – <b>Corrosion Processes</b> – Applied Science Publishers LTD, London/New York, 1982, 317p.                                                                                                                                                                                                                    |
| 12.                                               | Cebtre Français de La Corrosion – <b>Corrosion et Protection des Metaux</b> – du Ministère de la Recherche et de l'Industrie (les Houches), Textes coordonnés par Béranger, G. et Dabosi, F., 1981, 377p.                                                                                                                     |
| 13.                                               | Evans, U. R. – <b>An Introduction to Metallic Corrosion</b> – Edward Arnold, Thomson Litho Ltd (Eass Kilbride – Scotland), 1981, 3ª ed., 1979, 424p.                                                                                                                                                                          |
| 14.                                               | ASTM Committee G-1 on Corrosion of Metals in cooperation with the National Association of Corrosion Engineers TPC Committee T-3E on Stress Corrosion Craking of Metallic Materials – <b>Stress Corrosion Cracking – The Slow Strain-Rate Technique</b> – ASTM Special Technical Publication 665, Toronton/Canadá, 1977, 442p. |
| 15.                                               | Uhlig, H. H. – <b>Corrosion and Corrosion Control</b> – John Wiley & sons, INC, USA/Canadá, 1971, 419p.                                                                                                                                                                                                                       |
| 16.                                               | Logan, H. L. – <b>The Stress Corrosion Cracking of Metals</b> – John Wiley & Sons, Inc., New York, 1966,306p.                                                                                                                                                                                                                 |
| 17.                                               | Pourbaix, M. – <b>Atlas D'Équilibres Electrochimiques</b> – Gauthier-Villars & Co., Éditeur – Imprimeur – Libraire, Cebelcolor, 1963, 645. (Atlas of Electrochemical Equilibria in Aqueous Solutions)                                                                                                                         |
| 18.                                               | Pourbaix, M. – <b>Thermodynamics of Dilute Aqueous Solutions With Applications to Eletrochemistry and Corrosion</b> – 136p.                                                                                                                                                                                                   |
| 19.                                               | Putilova, I. N.; Balezin, S. A.; Barannik, V. P. – <b>Corrosion Inhibitors</b> – Pergamon Press, New York, 1960, 195p.                                                                                                                                                                                                        |
| 20.                                               | ASTM Special Technical Publication 518 – <b>Stress Corrosion Cracking of Metals – Metals - A State of the Art</b> – (Symposion in Detroit, 1971, ASTM, Philadelphia, 1972, 166p.                                                                                                                                              |

## Referências Bibliográficas

| Disciplina: RED114-Corrosão e Proteção dos Metais |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 21                                                | NACE-Nation Association of Corrosion Engineers – <b>Forms of Corrosion – Recognition and Prevention</b> – C. P. Dillon Editor, An Official NACE Publication, 1982                                                                                                                                                                                             |
| 22                                                | Baboian, R. (edited) – <b>Electrochemical Techniques for Corrosion Engineering</b> – Nation Association of Corrosion Engineers (NACE), 1986                                                                                                                                                                                                                   |
| 23                                                | NACE-Book of Standards, Recommended Practices, Vol. 1, 1992 – <b>Test Methods and Material Requirements</b> – Vol. 2, 1992                                                                                                                                                                                                                                    |
| 24                                                | Instalações e Engenharia de Corrosão Ltda-IEC – <b>Proteção Catódica</b> – RJ, 1977, 177p.                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 25                                                | Pourbaix, M. – <b>Lecture on Electrochemical Corrosion</b> – Belgian Center for Corrosion Study-CEBELCOR, 1967, 211p.                                                                                                                                                                                                                                         |
| 26                                                | Pourbaix, M. – <b>Lecciones de Corrosion Electroquímica</b> – CEBELCOLOR, Bruxelas, 1987, 387p.                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 27                                                | Trethewey, K. R.; ChamberlainChamberlain, j. – <b>Corrosion for Students of Science and Engineering</b> – Longman Scientific & Technical, 1988, 382p.                                                                                                                                                                                                         |
| 28                                                | Nunes, L. P.; Lobo A. C. – <b>Pintura Industrial na Proteção Anticorrosiva</b> – Livros Técnicos e Científicos Editora, 1994, 250p.                                                                                                                                                                                                                           |
| 29                                                | Henthorne, M. – <b>Chemical Engineering</b> – 1971, 12 capítulos sobre técnicas de corrosão e proteção de metais.                                                                                                                                                                                                                                             |
| 30                                                | Cândido, L. C. – <b>Corrosão sob Tensão de Aços Inoxidáveis duplex, em Soluções Aquosas contendo Cloretos, na Temperatura de Ebulição, através de Diferentes Técnicas Experimentais</b> – Tese de Doutorado. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Minas da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1996, 203p.                 |
| 31                                                | Cândido, L. C. – <b>Comportamento do Aço Inoxidável ABNT 304 à Corrosão sob Tensão, em Soluções Aquosas Neutras de NaCl à Temperatura de Ebulição, Utilizando a Técnica de Carga Constante</b> – Tese de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Materiais da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1987, 159p. |
| 32                                                | Cândido, L. C. – <b>Fundamentos de Patologia em Estruturas Metálicas</b> – Notas de aulas da disciplina “Corrosão e Proteção de Metais (MET227)”, 2000.                                                                                                                                                                                                       |