



**A Interface  
Essencial  
da Engenharia  
de Produção no  
Mundo Corporativo 3**

---

**Cleverson Flôr da Rosa  
João Dallamuta  
(Organizadores)**

---

Cleverson Flôr da Rosa  
João Dallamuta  
(Organizadores)

# A Interface Essencial da Engenharia de Produção no Mundo Corporativo 3

Atena Editora  
2019

2019 by Atena Editora  
Copyright © Atena Editora  
Copyright do Texto © 2019 Os Autores  
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora  
Editora Executiva: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Antonella Carvalho de Oliveira  
Diagramação: Natália Sandrini  
Edição de Arte: Lorena Prestes  
Revisão: Os Autores

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

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

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  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

#### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista  
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
l61	<p>A interface essencial da engenharia de produção no mundo corporativo 3 [recurso eletrônico] / Organizadores Cleverson Flôr da Rosa, João Dallamuta. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (A Interface Essencial da Engenharia de Produção no Mundo Corporativo; v. 3)</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader. Modo de acesso: World Wide Web. Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-457-3 DOI 10.22533/at.ed.573190907</p> <p>1. Administração de produção. 2. Engenharia de produção. 3. Gestão da produção. I. Rosa, Cleverson Flôr da. II. Dallamuta, João. III. Série.</p> <p style="text-align: right;">CDD 658.5</p>
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior   CRB6/2422</b>	

Atena Editora  
Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
contato@atenaeditora.com.br

## APRESENTAÇÃO

Esta obra, organizada em múltiplos volumes, é composta por pesquisas realizadas por professores de cursos de engenharia e gestão. Optamos por uma abordagem multidisciplinar por acreditarmos que esta é a realidade da pesquisa em nossos dias.

A engenharia de produção é um ramo da engenharia industrial que estuda a tecnologia de processos de produção de natureza industriais, mas que acabam por serem estendidos a outras áreas como serviços e gestão pública. Dada a sua natureza orientada a resolução problemas, a engenharia de produção é fortemente baseada em situações práticas do setor produtivo, característica esta que exploramos nesta obra.

Todos os trabalhos com discussões de resultados e contribuições genuínas em suas áreas de conhecimento. Os organizadores gostariam de agradecer aos autores e editores pelo espírito de parceria e confiança.

Boa leitura

Cleverson Flor da Rosa

João Dallamuta

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
A EDUCAÇÃO EMPREENDEDORA COMO FORMA DE DESENVOLVIMENTO DO EMPREENDEDOR	
Mário Fernando de Mello Luciano de Los Santos Nunes Daian Augusto Pilan Nunes Henrique Zago Cervo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5731909071</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>17</b>
A GESTÃO DA INOVAÇÃO NA ERA DA TRANSFORMAÇÃO DIGITAL (INDÚSTRIA 4.0)	
Ricardo Alexandre Diogo Armando Kolbe Junior Neri dos Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5731909072</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>33</b>
A IMPORTÂNCIA DO PCNA NO DESEMPENHO DE GRADUANDOS DE ENGENHARIA QUÍMICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ	
Shirley Cristina Cabral Nascimento Laíz Rayanna de Oliveira Gama Edward de Souza Pampolha Júnior Alexandre Guimarães Rodrigues	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5731909073</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>45</b>
A PERCEPÇÃO DA QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL: DETERMINANTES UTILIZADOS PELOS USUÁRIOS DE HABITAÇÕES UNIFAMILIARES POPULARES	
Marcelo Alexandre Siqueira De Luca Fabiano Barreto Romanel	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5731909074</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>56</b>
A QUALIDADE EM SERVIÇOS A FAVOR DA VANTAGEM COMPETITIVA: PRINCIPAIS DETERMINANTES PARA OS PROCESSOS PRIMÁRIOS DE SERVIÇO (PPS)	
Marcelo Alexandre Siqueira De Luca Fabiano Barreto Romanel	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5731909075</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>69</b>
ANÁLISE DA CORROSÃO SOBRE TENSÃO NO AÇO INOXIDÁVEL AUSTENÍTICO 304	
Edilange Moreira da Costa Claudio Roberto Silva Junior Gustavo Henrique Andrade Sousa José Ribamar Santos Moraes Filho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5731909076</b>	

<b>CAPÍTULO 7 .....</b>	<b>78</b>
ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE A EFICIÊNCIA E EFICÁCIA DO TRANSPORTE COLETIVO DE PASSAGEIROS POR ÔNIBUS NO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO	
Aldo Eliades Fernández Pérez Hugo Miguel Varela Repolho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5731909077</b>	
<b>CAPÍTULO 8 .....</b>	<b>92</b>
ANÁLISE DE IMPLEMENTAÇÃO DA NORMA INTERNACIONAL DE SEGURANÇA DE ALIMENTOS FSSC 22000: UMA INOVAÇÃO CULTURAL	
Gustavo Henrique Marques Tanatiana Ferreira Guelbert Marcelo Guelbert	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5731909078</b>	
<b>CAPÍTULO 9 .....</b>	<b>104</b>
ANÁLISE DE <i>LAYOUT</i> DOS ALMOXARIFADOS EM UMA ENCARROÇADORA DE ÔNIBUS	
Thales Henrique Kascher Santos Leandro Reis Muniz	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5731909079</b>	
<b>CAPÍTULO 10 .....</b>	<b>120</b>
APLICAÇÃO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DE QUALIDADE EM UMA INDÚSTRIA DO RAMO TÊXTIL DO SERTÃO BAIANO	
Nathaly Silva de Santana Rafael de Azevedo Palhares Arthur Arcelino de Brito Alessandro Jackson Teixeira de Lima Mariana Simião Brasil de Oliveira João Marcos Ferreira de Souza Jonhatan Magno Norte da Silva Victor Hugo Arcelino de Brito Diego de Melo Cavalcanti Ozeas Ferreira da Silva Geyne Lohana Gonçalves Bezerra Diego da Silva Lima Jaine da Cruz Silva Débora Justino dos Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.57319090710</b>	
<b>CAPÍTULO 11 .....</b>	<b>131</b>
APLICAÇÃO DO MAPA DE PROCESSO EM UMA AGROINDÚSTRIA DO SUDOESTE GOIANO PARA MELHORIA DO PROCESSO DE SALSICHAS	
Darlan Marques da Silva Lalesca Silva Santos Ana Maiara Rodrigues Pereira Ana Luiza Soares Nascimento Gabriel Ribeiro dos Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.57319090711</b>	

**CAPÍTULO 12 ..... 144**

APLICAÇÃO DO *POKA YOKE* PARA MELHORIA DE QUALIDADE NA SEGURANÇA DO TRABALHO:  
UMA REVISÃO DA BIBLIOGRAFIA

Edilange Moreira da Costa  
Claudio Roberto Silva Junior  
Gustavo Henrique Andrade Sousa  
José Ribamar Santos Moraes Filho

**DOI 10.22533/at.ed.57319090712**

**CAPÍTULO 13 ..... 154**

APLICAÇÃO DO *SOFTWARE* WRc STOAT EM ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS  
RESIDUÁRIAS DE INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS

Karla Yumi Shingo  
Rafael Montanhini Soares de Oliveira.  
Isabela Bruna de Tavares Machado Bolonhesi  
Thiago Augusto de Moraes  
Tanatiana Ferreira Guelbert

**DOI 10.22533/at.ed.57319090713**

**CAPÍTULO 14 ..... 167**

COMPORTAMENTO MECÂNICO DE COMPÓSITOS VERDES DE MATRIZ EPÓXI/POLIÉSTER  
REFORÇADOS COM LUFFA CYLINDRICA

Bruno Dorneles de Castro  
Claudia Victoria Campos Rubio  
Julia Amaral dos Santos  
Luciano Machado Gomes Vieira  
Juan Carlos Campos Rubio

**DOI 10.22533/at.ed.57319090714**

**CAPÍTULO 15 ..... 180**

CRIAÇÃO DE UM MAKERSPACE PARA ENGENHEIROS EM FORMAÇÃO: RELAÇÃO CUSTO X  
BENEFÍCIO

Lucas Davis Ribeiro de Paula  
Danielle Saranh Galdino Duarte Garcia  
Raquel Ferreira de Souza

**DOI 10.22533/at.ed.57319090715**

**CAPÍTULO 16 ..... 194**

DIAGNÓSTICO DA GESTÃO DE ESTOQUES NO ALMOXARIFADO DE UMA INSTITUIÇÃO DE  
ENSINO SUPERIOR

Gisleangela Strohschein  
Laura Visintainer Lerman  
Raquel de Abreu Pereira Uhr  
Natália Eloísa Sander

**DOI 10.22533/at.ed.57319090716**

**CAPÍTULO 17 ..... 206**

ESTUDO DE UM DESSALINIZADOR SOLAR DE ÁGUA VISANDO APLICAÇÕES NA ÁREA DE TECNOLOGIA SOCIAL

Mickael Gomes Viana  
Priscylla Ferreira Dos Santos  
Isaú de Souza Alves Junior  
Simone Aparecida de Lima Scaramussa  
Jorge Vieira Dos Santos Junior  
Paulo Mário Machado Araujo

**DOI 10.22533/at.ed.57319090717**

**CAPÍTULO 18 ..... 215**

ANÁLISE QUANTITATIVA DA PERDA DE MASSA POR OXIDAÇÃO EM BARRAS DE AÇO CARBONO CA-50: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA PARA A CONTEXTUALIZAÇÃO DO ESTUDO DA CORROSÃO EM CURSOS DE ENGENHARIA CIVIL/IFS

Francisco Luiz Campos Lopes  
Michael Douglas Santos Monteiro  
Henrique Carvalho Santos Melo  
Luan Martins Siqueira  
Francisco Luiz Gumes Lopes

**DOI 10.22533/at.ed.57319090718**

**CAPÍTULO 19 ..... 228**

INFRAESTRUTURA CRÍTICA (IEC) NA GESTÃO DE RISCOS: PLANEJAMENTO DE ROTAS ALTERNATIVAS DE EVACUAÇÃO EM SITUAÇÃO DE DESASTRES NATURAIS POR INUNDAÇÕES UTILIZANDO O MODELO DE TRÁFEGO MATSim

Estela da Silva Boiani  
Magda Camargo Lange Ramos  
Graziela Grandó Bresolin  
Júlio César Farias Zilli  
Luana Barcelos da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.57319090719**

**CAPÍTULO 20 ..... 242**

PROPOSTA DE GERENCIAMENTO VISUAL E METODOLOGIA DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS QRQC APLICADAS NA LOGÍSTICA: ESTUDO DE CASO NA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA

Eduardo Villalba  
Alexandre Tadeu Simon  
Renan Stenico de Campos

**DOI 10.22533/at.ed.57319090720**

**CAPÍTULO 21 ..... 256**

UMA ANÁLISE DAS BARREIRAS NA APLICAÇÃO DO LEAN HEALTHCARE EM UM CENTRO DE MATERIAIS E ESTERILIZAÇÃO – CME

Andréia Harter

**DOI 10.22533/at.ed.57319090721**

**CAPÍTULO 22 ..... 268**

GERENCIAMENTO DE PROJETOS NO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS (PDP) APLICADO NA CONSTRUÇÃO DE UMA AERONAVE PARA COMPETIÇÃO DO AERODESIGN

Edilange Moreira da Costa  
Claudio Roberto Silva Junior  
Gustavo Henrique Andrade Sousa  
José Ribamar Santos Moraes Filho

**DOI 10.22533/at.ed.57319090722**

**SOBRE OS ORGANIZADORES..... 279**

## ANÁLISE QUANTITATIVA DA PERDA DE MASSA POR OXIDAÇÃO EM BARRAS DE AÇO CARBONO CA-50: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA PARA A CONTEXTUALIZAÇÃO DO ESTUDO DA CORROSÃO EM CURSOS DE ENGENHARIA CIVIL/IFS

### **Francisco Luiz Campos Lopes**

Instituto federal de Sergipe campus Aracaju,  
coordenação de engenharia civil  
Aracaju - Sergipe

### **Michael Douglas Santos Monteiro**

Instituto federal de Sergipe campus Aracaju,  
coordenação de licenciatura em química  
Aracaju - Sergipe

### **Henrique Carvalho Santos Melo**

Instituto federal de Sergipe campus Aracaju,  
coordenação de engenharia civil  
Aracaju - Sergipe

### **Luan Martins Siqueira**

Instituto federal de Sergipe campus Aracaju,  
coordenação de engenharia civil  
Aracaju - Sergipe

### **Francisco Luiz Gumes Lopes**

Instituto federal de Sergipe campus Aracaju,  
coordenação de licenciatura em química  
Aracaju – Sergipe

**RESUMO** : A patologia da corrosão em armaduras de aço é um dos principais fatores que causam a perda de desempenho estrutural nas construções de concreto armado. Algumas dessas problemáticas afetam a sociedade de forma drástica. É necessário que os profissionais detenham o conhecimento fundamental em relação a essa área de atuação. A pesquisa objetivou desenvolver uma proposta

metodológica para contextualizar a patologia da corrosão em armaduras de concreto armado, de forma a possibilitar a compreensão e interpretação dos cálculos eletroquímicos regidos pelas Leis de Faraday. Aplicou-se um questionário de conhecimentos prévios a discentes do curso de engenharia civil do Campus Aracaju/IFS a fim de se obter uma visão macro da compreensão dos mesmos a respeito da ocorrência da corrosão em elementos estruturais. Para o desenvolvimento da parte experimental, foi escolhido o ensaio de corrosão acelerada por imersão modificada (CAIM). O ensaio permitiu uma análise rápida do processo corrosivo, possibilitando a avaliação visual da intensidade de corrosão ao longo do tempo, que caracteriza a dinâmica desse processo, e a compreensão dos processos que ocorrem nas armaduras de concreto armado, permitindo o cálculo e a comprovação da deterioração do processo corrosivo em barras de aço carbono CA-50. Esta proposta metodológica permitirá agregar ao discente e ao docente de cursos de engenharia civil uma formação mais sólida e abrangente a respeito dos processos corrosivos, mediante a experimentação.

**PALAVRAS-CHAVE:** Patologia das construções; Corrosão em aço carbono; Ensaio CAIM.

**ABSTRACT:** The pathology of corrosion in steel

reinforcement is one of the main factors that cause the loss of structural performance in the constructions of reinforced concrete. Some of these issues affect society in a drastic way. It is necessary that the professionals have the fundamental knowledge in relation to this area of activity. The research aimed to develop a methodological proposal to contextualize the corrosion pathology in reinforced concrete reinforcement, in order to allow the understanding and interpretation of the electrochemical calculations governed by Faraday Laws. A prior knowledge questionnaire was applied to students of the civil engineering course of Campus Aracaju/IFS in order to obtain a macro view of their understanding of the occurrence of corrosion in structural elements. For the development of the experimental part, the modified Immersion Accelerated Corrosion Test (CAIM) was chosen. The test allowed a rapid analysis of the corrosive process, allowing the visual evaluation of the corrosion intensity over time, which characterizes the dynamics of this process, and the understanding of the processes that occur in reinforced concrete reinforcement, allowing the calculation and proof of the deterioration of the corrosion process on CA-50 carbon steel bars. This methodological proposal will allow a more solid and comprehensive training on corrosive processes to be added to the student and teacher of civil engineering courses through experimentation.

**KEYWORDS:** Pathology of buildings; Corrosion in carbon steel; CAIM test.

## 1 | INTRODUÇÃO

A patologia da corrosão em armaduras de aço é um dos principais fatores que causam a perda de desempenho estrutural nas construções de concreto armado. A perda de seção e massa sofrida pelo aço e o efeito dos óxidos expansivos resulta no comprometimento do tempo de vida útil da estrutura. Já, desde 1978, Andrade e Gonzalez constataram que os custos econômicos diretos da corrosão eram estimados em 1,25 e 3,5% do produto interno bruto de um país desenvolvido. Helene, em 1993, concluiu que 52% das manifestações patológicas registradas em estruturas eram oriundas de processos corrosivos do aço carbono.

Dessa forma, é imprescindível manter a durabilidade do concreto para suas diversas aplicações nas construções. Algumas dessas problemáticas afetam a sociedade de forma drástica, tal como em Sergipe, onde a patologia da corrosão é bastante presente pelo fato de sua geografia litorânea.

Segundo laudos técnicos do CREA-SE e da Defesa Civil do estado, a queda da peça metálica do Shopping Jardins em Aracaju (2016), que resultou na morte de um estudante, o desabamento da ponte José Américo de Almeida em Pedra Branca (2015), a ruína da caixa d'água em Dores (2017), que levou duas crianças de 6 anos a óbito, e o desabamento do camarote da Odonto Fantasy em Aracaju (2017) foram provocados pela corrosão de suas estruturas, resultado da falta de manutenção.

O colapso da ponte Riccardo Morandi em Gênova, Itália (2018), é o exemplo mais marcante que ressalta a necessidade do estudo, prevenção e combate da patologia da corrosão estrutural, o incidente levou 43 pessoas a óbito. De acordo com os laudos

técnicos, o menosprezo da concessionária, responsável pela ponte, em relação às manutenções resultou na tragédia.

Mesmo que seja impossível, com as tecnologias atuais, impedir totalmente a penetração de agentes agressivos à estrutura, faz-se de imensa importância a manutenção das estruturas ao longo do tempo para que, com as ações corretas, reduza-se cada vez mais a quantidade de problemas relacionada à patologia em estudo.

É necessário que os profissionais da construção civil apresentem o conhecimento fundamental em relação a essa área de atuação. No entanto, o curso engenharia civil do Campus Aracaju/IFS, aborda essa temática somente na disciplina de patologia das construções, obrigatória no currículo.

Na referida disciplina, abordam-se estudos de casos da patologia da corrosão. O discente, porém, fica sem os conteúdos necessários básicos na área de eletroquímica, tais como a representação das celas eletroquímicas, identificação dos eletrodos e potenciais de oxidação, leis da eletrólise, além de não ter nenhuma experiência prática sobre o processo corrosivo, não obtendo assim, a capacitação necessária para interpretar as informações obtidas pelos aparelhos, tornando-se refém de artigos com casos semelhantes estudados.

Diante disso, o projeto objetivou desenvolver uma proposta metodológica experimental para contextualizar a patologia da corrosão em armaduras de concreto armado, de forma a possibilitar a compreensão e interpretação dos cálculos eletroquímicos regidos pelas Leis de Faraday e disponibilizá-la para os discentes dos cursos de Engenharia Civil do Campus Aracaju/IFS.

## 2 | METODOLOGIA

### 2.1 Questionário de Conhecimentos Prévios

Para se obter uma visão macro da compreensão dos discentes de engenharia civil sobre a corrosão em elementos estruturais, aplicou-se um questionário de conhecimentos prévios (QCP), com cinco perguntas objetivas, a 11 alunos e ao docente da matéria de patologia das construções (Tabela 1).

01	Qual a importância do estudo da patologia da corrosão nos cursos de engenharia civil?
02	Somente com o estudo da disciplina de patologia das construções é possível adquirir o conhecimento necessário para a identificação e análise de processos corrosivos em estruturas?
03	A utilização de experimentos com ensaios destrutivos agregaria conhecimentos para sua formação?
04	O estudo da eletroquímica é necessário para a análise de dados na patologia de corrosão em estruturas?

05	O PPC (projeto Pedagógico Curricular) do curso de engenharia civil no IFS/ <i>Campus</i> Aracaju, proporciona subsídios necessários para o formando atuar na área de patologias das construções como engenheiro?
----	--

Tabela 1. Questionário de Conhecimentos Prévios.

## 2.2 Descrição da metodologia experimental

De forma a possibilitar a execução de uma atividade experimental atrativa, de fácil compreensão e que proporcione a abordagem de conteúdos básicos utilizados na eletroquímica, utilizou-se o ensaio de corrosão acelerada por imersão modificada (CAIM).

O ensaio permite uma análise rápida do processo corrosivo e possibilita a avaliação visual da intensidade de corrosão ao longo do tempo (Torres, 2006).

Assim, possibilita de forma concreta e efetiva a avaliação dos efeitos da corrosão em armaduras de aço, através do ensaio gravimétrico da mesma.

### 2.2.1 Preparação dos Corpos de Prova

Cortou-se um vergalhão de 1 metro em 4 pedaços de 20 cm, simulando um ambiente semelhante às construções efetivadas em diversos locais.

Usou se barras CA-50 de diâmetro de 12,5 mm. As barras devem passar por uma limpeza mecânica realizada com escovas de aço e por uma limpeza química, normatizada pela ASTM G1-90, onde mergulham-se as barras por 10 a 15 minutos na solução CLARK (20 g de trióxido de antimônio, 50 g cloreto estanhoso e 1 L de HCl).

Durante este procedimento é importante ressaltar o quão é importante a aferição da massa inicial de cada barra e seus respectivos diâmetros efetivos para a realização do ensaio gravimétrico e a avaliação da perda de seção, de forma a obter resultados precisos. Deve-se etiquetar cada barra para sua identificação, de forma a não prejudicar a realização da prática e a compreensão dos fatos ocorridos.

### 2.2.2 Sistema para realização do ensaio CAIM

Os materiais que devem ser utilizados precisam oferecer um suporte seguro e que permita a visualização dos processos. Deve-se operar o ensaio com um aquário ou béquer que permita a imersão de 2/3 da barra na solução salina. No ensaio realizado foi utilizado um béquer de 3,5L.

Para permitir uma simulação de um ambiente altamente agressivo preparou-se uma solução salina com 4,76% de cloreto de sódio (50g de NaCl P.A para 1L de água destilada). No processo, para permitir ao estudante observar a patologia em um tempo reduzido, utilizou-se a impressão de corrente. Deve-se usar uma fonte de alimentação de tensão, no ensaio foi utilizada a Hikari HF-3003 Skmki88.

As barras foram ligadas ao pólo positivo da fonte onde ocorrerá a oxidação

(ânodo), e no pólo negativo, onde ocorre a redução, conecta-se uma placa de aço galvanizado (cátodo). A figura 1 mostra a disposição do sistema montado.

Nesta etapa do experimento deve-se contextualizar os conteúdos básicos da eletroquímica, tais como a montagem das celas eletroquímicas, identificação dos pólos, dos potenciais de redução e das reações que ocorrem.

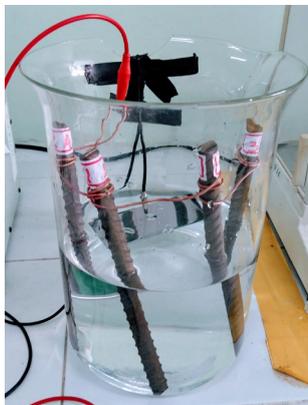


Figura 1 – Representação do sistema montado

Fonte: Autoria própria

Na seqüência, de forma a contextualizar para o discente o processo que ocorrerá com a aplicação da densidade de corrente de corrosão ( $I_{app}$ ), deve-se abordar as Leis de Faraday, comprovando-a mediante o cálculo da perda de massa nas barras de aço.

A densidade de corrente de corrosão é uma unidade que relaciona a corrente elétrica impressa nas barras, pela a área de aço submetida à indução, representada por  $A/cm^2$ .

No ensaio utilizou-se uma tensão de 4,7V e uma amperagem de 3,34A. O ensaio pode ter sua duração definida pelo professor a depender do seu objetivo. Para resultados mais expressivos, as barras foram submetidas à aceleração por 5 horas.

### *2.2.3 Realização do ensaio gravimétrico e de perda de seção*

Baseando-se nos estudos de Cascudo (1997), realizou-se o método gravimétrico que é utilizado em laboratórios visando quantificar a deterioração a partir da determinação da perda de massa dos metais, após a decorrência de um tempo definido de propagação do fenômeno da corrosão.

Finalizada a impressão de corrente, as barras passam novamente por uma limpeza química e pesagem da massa para a análise da perda de massa e seção. Deve-se calcular somente a perda de massa e seção sofrida pela parte imersa da barra, isto é, considera-se apenas a parte imersa como afetada pela corrosão, faz-se então a proporção da massa oriunda dos 2/3 da barra, antes e depois do ensaio, e assim aplica-se para determinação do diâmetro efetivo.

#### 2.2.4 Análise visual durante o ensaio

O tempo que uma estrutura pode resistir às ações das condições propostas são critérios fundamentais para a compreensão da atuação da dinâmica do processo corrosivo nas armaduras de uma construção. Realizou-se uma análise qualitativa, com base em análises visuais, de como as barras se comportaram durante o processo corrosivo.

Esta etapa do experimento permite aos discentes a visualização detalhada de como o processo corrosivo afeta as estruturas metálicas.

No experimento realizado, após os 5 primeiros minutos do ensaio, foi observado que a solução obteve cor alaranjada, por haver pequenas partículas que se desprendem da superfície da barra, dando cor à solução (figura 2).

Após 30 minutos a solução obtém cor acinzentada, o fluxo de partículas sólidas na solução se torna mais intenso e surgem, em certas áreas, pequenas escamas formados por produtos de corrosão, que aos poucos se desprendem da superfície da barra, liberando partículas maiores de coloração escura (figura 3).

Ressalta-se a necessidade de estimular os discentes a relatarem o maior número de observações visualizadas, de forma a compararem com as descrições teóricas disponibilizadas na literatura.



Figura 2- Solução com 5 minutos

Fonte: Autoria própria



Figura 3- Solução com 30 minutos

Fonte: Autoria própria

Com 1 hora de ensaio já se pode tornar perceptível o aumento do volume da barra devido aos óxidos expansivos. Uma película branca surge na superfície da barra, devido ao depósito de sais e, no fundo do béquer, ocorre um depósito dos produtos de corrosão (figura 4).

Após 2 horas, a barra apresenta uma película formada pelos produtos de corrosão. O deslocamento da película libera grande quantidade de resíduos (figura 5).



Figura 4. Solução com 1h  
Fonte: Autoria própria



Figura 5. Solução com 2h  
Fonte: Autoria própria

Com 3 horas de ensaio o depósito de produtos de corrosão no fundo do béquer se torna maior, a película de corrosão não deslaca e torna-se mais espessa (figura 6). Transcorridas 4 horas de ensaio a película formada se apresenta mais coesa (figura 7).



Figura 6. Solução com 3h  
Fonte: Autoria própria



Figura 7. Solução com 4h  
Fonte: Autoria própria

### 2.2.5 Resultado do ensaio gravimétrico e da perda de seção

Na seqüência do experimento, os discentes devem elaborar uma tabela com a perda de massa, tal como a Tabela 2 e uma com relação a diminuição do diâmetro, Tabela 3.

Barra	Massa da barra (g) (antes)	Massa da barra (g) (depois)	Perda de massa (g)	Percentual da perda de massa (%)
1	108,94	102,15	6,79	6,23
2	106,79	104,13	2,66	2,49
3	103,91	101,81	2,10	2,02
4	109,32	102,16	7,16	6,55
TOTAL	428,96	410,25	18,71	4,36

Tabela 2: Perda de massa sofrida

Com os resultados gravimétricos, deve-se fazer o cálculo da taxa de corrosão, conforme mostra a Equação (1). A taxa de corrosão oferece uma análise da intensidade da corrosão. No ensaio obteve-se uma taxa de corrosão igual a 21,26 mg/cm<sup>2</sup> por hora.

$$T_{corr} = (W_i - W_f) / (A \cdot t) \quad (1)$$

Em que:

$W_f$ : Massa final

[g]

$W_i$ : Massa inicial

[g]

A: Área submetida à corrosão

[cm<sup>2</sup>]

t: Tempo

[s]

Barra	Diâmetro efetivo (mm) (antes)	Diâmetro efetivo (mm) (depois)	Perda de seção (%)
1	12,44	12,04	3,21
2	12,42	12,26	1,29
3	12,43	12,30	1,04
4	12,34	11,93	3,32

Tabela 3: Perda de diâmetro

### 2.2.6 Análise da perda de massa teórica de Ferro usando a lei de Faraday

Segundo Ahmad (2009), a massa de ferro produzida por unidade de área da superfície da barra de aço devido à aplicação de corrente, sob certo tempo, pode ser determinada usando Equação (2), baseada na lei de Faraday:

$$W_{th} = (W_M \cdot I_{app} \cdot T) \cdot F^{-1} \quad (2)$$

Em que:

$W_{th}$ : Massa teórica de ferro produzida por unidade de área da superfície

[g /cm<sup>2</sup>]

$W_M$ : Massa entre a massa atômica do ferro e a valência do mesmo

[28g]

$I_{app}$ : Densidade de corrente aplicada

[A/cm<sup>2</sup>]

T: Tempo de aplicação da corrente

[s]

F: Constante de Faraday

[96480 A.s]

Nesta etapa, é importante que o docente contextualize os processos de eletrólise e enfatize a aplicação das Leis de Faraday.

A aplicação das Leis de Faraday para o ensaio forneceu uma perda de massa de ferro de 17,44 g, com uma taxa de corrosão de 19,81 mg/cm<sup>2</sup> por hora. Como a perda de massa de ferro obtida no ensaio foi de 18,71 g, obteve-se uma diferença de 1,27g da projeção teórica para a perda de massa real, ou seja, um erro de apenas 6,78%.

### 2.2.7 Densidade de corrente de corrosão ( $I_{corr}$ )

De forma congruente, utilizando os estudos de Ahmad (2009), pode-se afirmar que a densidade de corrente de corrosão equivalente ( $I_{corr}$ ) pode ser determinada assumindo que a perda de massa teórica e a perda de massa real de ferro são iguais, considerando a teórica como sendo a verdadeira. A partir da Equação (3) temos uma densidade de corrente de corrosão ( $I_{corr}$ ) igual a 18,956 mA/cm<sup>2</sup>:

$$I_{corr} = [(W_{th}) \cdot F] / (\pi \cdot D \cdot L \cdot W_M \cdot T) \quad (3)$$

Em que:

$W_{th}$  : Massa teórica de ferro produzida por unidade de área da superfície

[g /cm<sup>2</sup>]

$W_M$  : Massa entre a massa atômica do ferro e a valência do mesmo

[28g]

$I_{corr}$  : Densidade de corrente de corrosão induzida equivalente

[A/cm<sup>2</sup>]

T: Tempo de aplicação da corrente

[s]

F: Constante de Faraday

[96480 A.s]

D: Diâmetro da barra

[cm]

L: Comprimento da barra

[cm]

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tonche (2014), Araujo (2015) e Marques et. al. (2008), demonstraram que as compreensões dos conteúdos e suas aplicabilidades são necessárias para criar uma conexão entre teoria e prática, além de reduzir um grande obstáculo que é a abstração de conceitos passados em sala de aula, inviabilizando uma relação entre o conhecimento e a compreensão do mesmo.

A análise do QCP permitiu verificar que todos os discentes classificaram o estudo da patologia da corrosão como muito importante. Mais da metade, 58%, afirmaram que somente possuíam conhecimentos para a identificação da patologia, não sendo possível identificar e analisar os processos corrosivos em estruturas e 25% relataram que não se consideravam aptos para opinar sobre a patologia. Foi possível inferir que os discentes possuem apenas uma compreensão básica e fraca do assunto sem o devido aprofundamento.

Para 67% dos estudantes, a utilização de experimentos com ensaios destrutivos agregaria conhecimentos para sua formação, possibilitando uma melhor visualização dos efeitos da patologia, enquanto que 25% admitiram a importância, porém, assinalaram não possuem os conhecimentos necessários para realização de ensaios na área de patologia. Verifica-se que os alunos possuem interesse na metodologia experimental para uma melhor compreensão das patologias. O docente da matéria ao responder essa pergunta ressaltou a falta de tempo na disciplina, dificultando a introdução de atividades práticas.

A maioria dos alunos, 92%, considerou necessário o ensino da eletroquímica para a análise de dados na patologia de corrosão em estruturas, mostrando que os mesmos associam o processo corrosivo a um processo eletroquímico.

Em relação ao PPC do curso de engenharia civil no IFS/*Campus* Aracaju, 58% dos discentes afirmaram que o mesmo proporciona subsídios necessários para o formando atuar na área de patologias das construções como engenheiro, porém, ressaltando a necessidade de maior aprofundamento no assunto. Este resultado mostra a lacuna presente no curso, com isso o engenheiro fica dependente de especialistas e estudos de casos para obter um referencial teórico e prático de estudo.

O ensaio CAIM correspondeu a uma simulação de uma corrosão uniforme e constante, sendo gerada apenas pelo fenômeno eletroquímico, onde não ocorre a influência do pH. Os dados experimentais e teóricos divergiram entre si com variações menores que 7%, indicando que o referencial teórico para a corrosão pode ser utilizado para uma projeção do processo, onde suas variáveis possam ser correlacionadas com a realidade.

Após a realização do ensaio, foi constatado que a parte das barras que não foi imersa na solução não apresentou perda de massa ou seção. Esse fato foi devido à oxigenação da solução, que fez com que somente as partes submersas da barra sofressem com o processo corrosivo, tornando perceptível a ação do oxigênio no

processo corrosivo para os estudantes.

As barras (ânodo) estavam dispostas com diferentes distâncias da placa de aço galvanizado (cátodo), as que estavam mais próximas tiveram maior perda de massa, pois apresentavam menor resistência para a migração de íons devido à distância entre os pólos (figura 8), possibilitando ao aluno perceber a influência do cobrimento do concreto sobre o aço durante o processo corrosivo, tal como a distância entre as armaduras na estrutura.

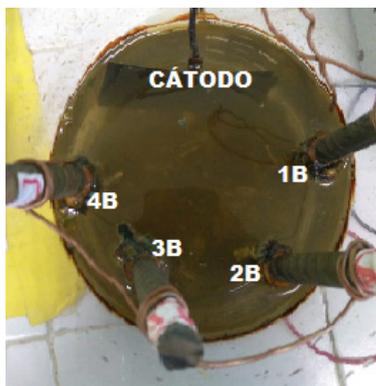


Figura 10. Disposição das barras no béquer durante ensaio

Fonte: A autoria própria

Conforme apresentado por Dominguez (1975) e Amaral (1996), para a melhoria da qualidade do ensino, é de fundamental importância a adoção de uma metodologia de ensino que privilegie a experimentação como uma forma de aquisição de dados da realidade.

Outro fator de fundamental relevância para a compreensão dos fenômenos eletroquímicos é a abordagem da relação entre a densidade de corrente de corrosão aplicada ( $I_{app}$ ) e a densidade de corrosão induzida equivalente ( $I_{corr}$ ). A  $I_{app}$  não é totalmente eficiente em ocasionar a perda de massa igual à  $I_{corr}$ , baseada na lei de Faraday. Ressalta-se para os estudantes que o tempo necessário, para uma mesma taxa de corrosão, é menor se calculada com a  $I_{corr}$ , pois a  $I_{app}$  demanda de certo tempo para que haja a despassivação da barra de aço, assim  $I_{corr} < I_{app}$ .

A tabela 4 permite a visualização das divergências dos resultados obtidos no ensaio com os resultados obtidos teoricamente:

	Resultado do ensaio	Resultado teórico	Divergência (%)
Perda de massa (g)	18,71	17,44	6,78
Densidade de corrente (mA/cm <sup>2</sup> )	18,96	18,95	0,053

Taxa de corrosão (mg/cm <sup>2</sup> por hora)	21,26	19,81	6,82
---	-------	-------	------

Tabela 4: Divergência entre os resultados obtidos

## 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A patologia da corrosão em armaduras de aço é um dos principais fatores que causam a perda de desempenho estrutural nas construções de concreto armado. É necessário a aplicação de ações concretas para que se prolongue a vida útil das armaduras de aço atacadas pela patologia em estudo.

É necessário que os profissionais da construção civil apresentem um conhecimento mínimo em relação a essa área de atuação. Foi verificado que os discentes do curso de engenharia civil do Campus Aracaju/IFS não possuem conhecimento suficiente para identificar e analisar os processos corrosivos em estruturas, que a utilização de experimentos com ensaios destrutivos agregaria conhecimentos para sua formação e que o estudo da eletroquímica possibilita a análise de dados na patologia de corrosão em estruturas.

Portanto, a proposta metodológica apresentada possibilita a análise e a compreensão de processos eletroquímicos que ocorrem nas estruturas de concreto armado. Viabiliza o estudo das celas eletroquímicas com visualização e comprovação da corrosão em barras de aço carbono CA-50 de maneira eficiente, com a possibilidade efetiva de cálculos e comparações com as Leis de Faraday.

Esta proposta metodológica permitirá agregar ao discente uma formação mais sólida e abrangente a respeito dos processos corrosivos e dos estudos de patologias ocasionadas pela corrosão, minimizando o hiato entre a real necessidade da compreensão desses fenômenos e o que de fato está proposto no projeto pedagógico do curso de engenharia civil do Campus Aracaju/IFS.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, C.; GONZALEZ, J. A. **Quantitative Measurements of Corrosion Rate of Reinforcing Steel Embed in Concrete Using Polarization Resistance Measurements.** *Werddstoffe und korrosion*, Vol. 29, 1978. p.515-519.

ARAUJO, Ronaldo Marcos de Lima. **PRÁTICAS PEDAGÓGICAS E ENSINO INTEGRADO.** *Revista Educação em Questão*, Natal, v. 52, n. 38, p. 61-80, maio/ago. 2015.

BROWN, Lawrence S.; THOMAS, Holme A. *Química Geral Aplicada à Engenharia.* 1 ed. São Paulo: Cengage Learning, 2012. 652p.

Camarote desaba durante show de Ivete Sangalo e 26 pessoas foram encaminhadas a hospitais. Acessado em 22/10/2018. Disponível em: <https://g1.globo.com/se/sergipe/noticia/camarote-desaba-durante-show-de-ivete-sangalo-em-aracaju.ghtml>

CASCUDO, O.; HELENE, P. R. L. **Resistência à corrosão no concreto dos tipos de armaduras brasileiras para concreto armado.** São Paulo: BT/PCC/272,2001.

**Corrosão precoce de estrutura levou à queda da caixa d'água em Dores (SE).** Acessado em 22/10/2018. Disponível em: [http://www.f5news.com.br/cotidiano/corrosao-precoce-de-estrutura-levou-a-queda-da-caixa-d%E2%80%99a-gua-em-dores-se\\_42975/](http://www.f5news.com.br/cotidiano/corrosao-precoce-de-estrutura-levou-a-queda-da-caixa-d%E2%80%99a-gua-em-dores-se_42975/)

GIULLIANO POLITO. **CORROSÃO EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO: CAUSAS, MECANISMOS, PREVENÇÃO E RECUPERAÇÃO.** Belo Horizonte, 2006. 185 p. TCC (especialista em avaliação e perícia) - Universidade Federal de Minas Gerais.

HELENE, P.R.L. **Contribuição ao estudo da corrosão em armaduras de concreto armado.** São Paulo, 1993. 231 p. Tese (Livre Docência) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

**Laudo do Crea-SE aponta que corrosão provocada pela falta de manutenção causou queda de peça metálica no Shopping Jardins.** Acessado em 22/10/2018. Disponível em: <http://www.crea-se.org.br/laudo-do-crea-se-aponta-que-corrosao-provocada-pela-falta-de-manutencao-causou-queda-de-peca-metalica-no-shopping-jardins/>

MARQUES, André L.; ALVES, Aline J. V.; SILVA, Ana Flávia G. M. da; MORAIS, Lorraine M.; GUIMARÃES, Pâmella G.; LIMA, Jocasta M.; RIBEIRO, Fernanda B.; SANTOS, Leidimar A. M.; MEDEIROS, Eliziane S.; FRANCO, Vânia A.. **A IMPORTÂNCIA DE AULAS PRÁTICAS NO ENSINO DE QUÍMICA PARA MELHOR COMPREENSÃO E ABSTRAÇÃO DE CONCEITOS QUÍMICOS.** UFPR, 2008.

MERÇON, F.; GUIMARÃES, P.I.C. e MAINIER, F.B. **Corrosão: um exemplo usual de fenômeno químico.** Química Nova na Escola, n. 19, p. 11-14, 2004.

**Ponte desaba e rompe tubulação de água em Pedra Branca, SE.** Acessado em 22/10/2018. Disponível em: <http://g1.globo.com/se/sergipe/noticia/2015/05/ponte-desaba-e-rompe-tubulacao-de-agua-em-pedra-branca-se.html>

**Projetista da ponte que desabou na Itália alertou sobre risco de corrosão em 1979.** Acessado em 22/10/2018. Disponível em: <https://g1.globo.com/mundo/noticia/2018/08/19/projetista-da-ponte-que-desabou-na-italia-alertou-sobre-risco-de-corrosao-em-1979.ghtml>

SANTOS, W.L.P. e SCHNETZLER, R.P. **Educação em química: compromisso com a cidadania.** 2. ed. Ijuí: Editora Unijuí, 2000.

TONCHE, Josiane Cipriano Da Silva. **O DESINTERESSE DOS ALUNOS DAS SÉRIES INICIAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL PELA EDUCAÇÃO ESCOLAR: CAUSAS E POSSÍVEIS INTERVENÇÕES.** Universidade Federal Do Paraná Setor De Educação. Curitiba, 2014.

TORRES, A. S.; **Avaliação da sensibilidade do ensaio CAIM - Corrosão acelerada por imersão modificada - frente ao processo de corrosão em armaduras de concreto armado.** UFRGS, escola de engenharia, programa de pós graduação em engenharia. Porto Alegre, Junho de 2006.

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-457-3

