

**FRANCIELE BRAGA MACHADO TULLIO  
LUCIO MAURO BRAGA MACHADO  
(ORGANIZADORES)**



**RESULTADOS DAS PESQUISAS  
E INOVAÇÕES NA ÁREA  
DAS ENGENHARIAS**

**FRANCIELE BRAGA MACHADO TULLIO  
LUCIO MAURO BRAGA MACHADO  
(ORGANIZADORES)**



**RESULTADOS DAS PESQUISAS  
E INOVAÇÕES NA ÁREA  
DAS ENGENHARIAS**

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

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

**Diagramação:** Geraldo Alves

**Edição de Arte:** Lorena Prestes

**Revisão:** Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

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**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense

Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá

Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima

Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie di Maria Ausiliatrice

Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense

Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão

Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador

Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

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

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná

Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

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

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília  
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
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. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
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. Msc. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Profª Msc. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Msc. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Profª Msc. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Msc. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
Prof. Msc. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
Prof<sup>a</sup> Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Msc. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco  
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Msc. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Prof<sup>a</sup> Msc. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Msc. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof. Msc. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Msc. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof<sup>a</sup> Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof<sup>a</sup> Msc. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

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

R436 Resultados das pesquisas e inovações na área das engenharias [recurso eletrônico] / Organizadores Franciele Braga Machado Tullio, Lucio Mauro Braga Machado. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-86002-21-8

DOI 10.22533/at.ed.218200303

1. Engenharia – Pesquisa – Brasil. 2. Inovações tecnológicas.  
3. Tecnologia. I. Tullio, Franciele Braga Machado. II. Machado, Lucio Mauro Braga.

CDD 658.5

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

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

## APRESENTAÇÃO

A obra “Resultados das Pesquisas e Inovações na Área das Engenharias” contempla dezoito capítulos em que os autores abordam as mais recentes pesquisas e inovações aplicadas nas mais diversas áreas da engenharia.

A constante transformação que a sociedade vem sofrendo é produto de um trabalho de desenvolvimento de pesquisas e tecnologia que aplicadas se tornam inovação.

O estudo sobre materiais e seu comportamento auxiliam na compreensão sobre seu uso em estruturas e eventualmente podem determinar o aparecimento ou não de patologias.

As pesquisas sobre a utilização de ferramentas computacionais permitem o aprimoramento da gestão de diversas atividades e processos de produção.

São abordadas também nessa obra as pesquisas sobre a forma de ensinar, utilizando as tecnologias em favor do processo de ensino e aprendizagem.

Diante disso, esperamos que esta obra instigue o leitor a desenvolver ainda mais pesquisas, auxiliando na constante transformação tecnológica que o mundo vem sofrendo, visando a melhoria da qualidade de vida na sociedade. Boa leitura!

Franciele Braga Machado Tullio

Lucio Mauro Braga Machado

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DE JUNTAS SOLDADAS DISSIMILARES NA PROPAGAÇÃO DE TRINCAS	
Daniel Nicolau Lima Alves Marcelo Cavalcanti Rodrigues José Gonçalves de Almeida	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2182003031</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>13</b>
ANÁLISE DE ÍONS DE CLORETO E SUA INFLUÊNCIA NO PROCESSO DE ENVELHECIMENTO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO	
Ana Paula dos Santos Pereira Danielle Cristina dos Santos Lisboa Lucas Nadler Rocha Alberto Nunes Rangel Claudemir Gomes de Santana Renata Medeiros Lobo Müller	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2182003032</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>25</b>
ANÁLISE DO SISTEMA CONSTRUTIVO E SEUS MATERIAIS CONSTITUINTES COM ENFÂSE NO AÇO COMO SOLUÇÃO PARA REFORÇOS ESTRUTURAIS	
Marcos Bressan Guimarães Vinícius Marcelo de Oliveira Maicá Diorges Carlos Lopes Rafael Aésio de Oliveira Zaltron Arthur Baggio Pietczak Bianca Milena Girardi Bruna Carolina Jachinski	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2182003033</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>38</b>
UTILIZAÇÃO DE SIG NA GESTÃO DOS IMPACTOS DA ÁGUA RESIDUAL DA ETE NO MUNICÍPIO DE CANDEIAS – BAHIA	
Gisa Maria Gomes de Barros Almeida. Helder Guimarães Aragão. Rodrigo Alves Santos.	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2182003034</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>47</b>
AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS DE INSTABILIDADE GLOBAL EM EDIFÍCIOS DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS EM CONCRETO ARMADO COM INCLUSÃO DE NÚCLEOS RÍGIDOS	
Thadeu Ribas Lugarini Ana Carolina Virmond Portela Giovannetti	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2182003035</b>	

<b>CAPÍTULO 6 .....</b>	<b>58</b>
<b>APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS BIM NO ORÇAMENTO DE OBRA - ESTUDO DE CASO: EDIFÍCIO DASOS</b>	
Susan Pessini Sato	
Leonardo Padoan dos Santos	
Bruno Pscheidt Cenovicz	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2182003036</b>	
<b>CAPÍTULO 7 .....</b>	<b>69</b>
<b>LOW-COST SUNLIGHT CONCENTRATORS TO IMPROVE HEAT TRANSFER DURING WATER SOLAR DISINFECTION</b>	
Bruno Ramos Brum	
Rossean Golin	
Zoraidy Marques de Lima	
Danila Soares Caixeta	
Eduardo Beraldo de Moraes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2182003037</b>	
<b>CAPÍTULO 8 .....</b>	<b>81</b>
<b>ESTUDOCOMPARATIVOUSANDODIFERENTESRESINASPARADETERMINAÇÃO DE ISÓTOPOS DE TÓRIO</b>	
Mychelle Munyck Linhares Rosa	
Maria Helena Tirollo Taddei	
Luan Teixeira Vieira Cheberle	
Paulo Sergio Cardoso da Silva	
Vera Akiko Maihara	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2182003038</b>	
<b>CAPÍTULO 9 .....</b>	<b>88</b>
<b>DESENVOLVIMENTO EM LABORATÓRIO DE UM TUBO DE VENTURI ACOPLADO A UM RESERVATÓRIO PARA MEDIÇÃO DE PRESSÃO, VELOCIDADE E VAZÃO DE FLUIDOS</b>	
Joilson Bentes da Silva filho	
Adalberto Gomes de Miranda	
José Costa de Macêdo Neto	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2182003039</b>	
<b>CAPÍTULO 10 .....</b>	<b>96</b>
<b>PROPOSTADEDESIGNDOCOMPONENTETANQUEMODULARDECOMBUSTÍVEL PARA AERONAVE AS 350 ESQUILO</b>	
Abilio Augusto Corrêa	
Daniel Brogini de Assis	
<b>DOI 10.22533/at.ed.21820030310</b>	
<b>CAPÍTULO 11 .....</b>	<b>107</b>
<b>OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE UMA MICROEMPRESA DE DOCES ARTESANAIS DA AMAZÔNIA UTILIZANDO O PDCA</b>	
Karla Josiane de Lima Baia	
Rita de Cássia Ferreira Xavier	
Maria Beatriz Costa de Souza	
David Barbosa de Alencar	
<b>DOI 10.22533/at.ed.21820030311</b>	

<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>118</b>
AUDITORIA INTERNA COMO PROVIMENTO À GESTÃO DA QUALIDADE: ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA TÊXTIL	
Phelippe Moura da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.21820030312</b>	
<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>125</b>
APLICAÇÕES DE REDES DE SENSORES SEM FIO	
Arthur M. Barbosa	
Paulo Fernandes da Silva Júnior	
Ewaldo Eder Carvalho Santana	
Marcos Erike Silva Santos	
Elder Eldervitch Carneiro de Oliveira	
Pedro Carlos de Assis Júnior	
Marcelo da Silva Vieira	
Rodrigo César Fonseca da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.21820030313</b>	
<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>145</b>
A IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA FÉRREO “CAXIAS DO SUL – PORTO DO RIO GRANDE”: UM ESTUDO DE PERSPECTIVA ECONÔMICO-LOGÍSTICO NO ESCOAMENTO DE CARGAS	
Giovanni Luigi Ferreira Schiavon	
Helenton Carlos da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.21820030314</b>	
<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>155</b>
CONTROLE DE SISTEMAS LINEARES BASEADOS EM LMIS	
Ana Flávia de Sousa Freitas	
Amanda Viera da Silva	
Wallysonn Alves de Souza	
Rafael Pimenta Alves	
<b>DOI 10.22533/at.ed.21820030315</b>	
<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>162</b>
APOIO À DECISÃO ASSOCIANDO A COMPOSIÇÃO PROBABILÍSTICA DE PREFERÊNCIAS AO MONTE CARLO AHP (CPP-MCAHP)	
Luiz Octávio Gavião	
Annibal Parracho Sant’Anna	
Gilson Brito Alves Lima	
Pauli Adriano de Almada Garcia	
Sergio Kostin	
<b>DOI 10.22533/at.ed.21820030316</b>	
<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>178</b>
EVOLUÇÃO DAS PESQUISAS CIENTÍFICAS ACERCA DA APLICABILIDADE DAS METODOLOGIAS ATIVAS DE APRENDIZAGEM NO CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO: UMA ANÁLISE NOS PERIÓDICOS INDEXADOS PELA SCOPUS	
Lucas Capita Quarto	
Sônia Maria da Fonseca Souza	
Cristina de Fátima de Oliveira Brum Augusto de Souza	

Fabio Luiz Fully Teixeira  
Fernanda Castro Manhães

**DOI 10.22533/at.ed.21820030317**

**CAPÍTULO 18 ..... 192**

PROJETO DE DESIGN DE MASCOTE PARA JOGO MOBILE

Cristina Trentini  
Airam Teresa Zago Romcy Sausen  
Paulo Sérgio Sausen  
Maurício De Campos  
Fabiane Volkmer Grossmann

**DOI 10.22533/at.ed.21820030318**

**SOBRE OS ORGANIZADORES..... 198**

**ÍNDICE REMISSIVO ..... 199**

## PROPOSTA DE DESIGN DO COMPONENTE TANQUE MODULAR DE COMBUSTÍVEL PARA AERONAVE AS 350 ESQUILO

Data de aceite: 27/02/2020

Data de submissão: 25/01/2020

### Abilio Augusto Corrêa

Faculdade de Tecnologia de São José dos Campos - Professor Jessen Vidal  
São José dos Campos-SP

### Daniel Brogini de Assis

Faculdade de Tecnologia de São José dos Campos - Professor Jessen Vidal  
São José dos Campos-SP

<http://lattes.cnpq.br/9331363411080970>

**RESUMO:** O Helicóptero é atualmente consolidado como a máquina indispensável às atividades de aviação, segurança pública e defesa civil. Contudo todos os fabricantes de helicópteros possuem uma preocupação em comum: a contaminação de combustível dos tanques por microrganismos. Baseado nisso, este trabalho tem por finalidade propor o design de um tanque auxiliar de combustível para aeronave modelo AS 350 esquilo visando à solução do problema gerado pelo subabastecimento que é recorrente em condições de uso em operações deixando o ambiente propenso a proliferação de microrganismos. O projeto consiste na bipartição do tanque de combustível de 540 L, para um de 240 L e o outro de 300 L, de forma a trabalhar sempre com uma das células cheia.

Para a construção e validação do design do componente foram realizadas pesquisas baseadas no manual de manutenção e sítio do fabricante e utilizados recursos gráficos a realização de análises e simulações em *SolidWorks*<sup>®</sup>.

**PALAVRAS-CHAVE:** Contaminação de combustível, Bipartição do Tanque, Subabastecimento.

### DESIGN PROPOSAL OF THE MODULAR FUEL TANK COMPONENT FOR THE AS 350 SQUIRREL AIRCRAFT

**ABSTRACT:** The Helicopter is currently consolidated as the machine indispensable to the aviation activities, public safety and civil defense. However, all helicopter manufacturers have a common concern: the contamination of fuel from tanks by microorganisms. Based in this work has the purpose of proposing the design of an auxiliary fuel tank for aircraft model AS 350 squirrel aiming at the solution of the problem generated by the subsupply that is recurring under conditions of use in operations leaving the environment prone to the proliferation of microorganisms. The project consists of the bipartition of the fuel tank of 540 L, for one of 240 L and the other of 300 L, so always work with one of the cells filled. For the construction and validation of the component design, searches

were carried out based on the manufacturer's maintenance manual and site, graphic resources were used to perform analyzes and simulations in SolidWorks®.

**KEYWORDS:** Fuel Contamination, Tank Bipartition, Under-Supply

## 1 | INTRODUÇÃO.

O Helicóptero é atualmente consolidado como uma máquina indispensável às atividades de Segurança Pública e Defesa Civil de uma maneira globalizada, possuindo diversas versões e modelos.

O AS350 Esquilo mono turbina leve, fabricado pela Empresa AIRBUS HELICOPTERS e sendo sua representante a HELIBRAS- Helicópteros do Brasil é uma das aeronaves mais utilizada, pois é de multimissão, ou seja, pode ser configurada para atender diversas tarefas, tais como: transporte pessoal, taxi aéreo e VIP na versão civil e transporte de tropa e resgate aero médico, pessoal, transporte de cargas, patrulhamento aéreo, combate a incêndio, salvamento aquático, terrestre, e correlatos na versão militar, comprovando sua capacidade de se ambientar a diversos tipos de missões em ambientes operacionais. Apesar de seu design permanecer o mesmo desde sua criação e certificação na década de 70, os sistemas embarcados (aviônicos), acessórios, grupo motopropulsor evoluíram ao longo dos anos [1].

Ao passar do tempo muita tecnologia na área aeronáutica foi desenvolvida, mas a contaminação de combustível por microrganismos ainda é um problema frequentemente relatado nas oficinas de manutenção.

O modelo AS350 esquilo possui uma célula de combustível de 540 L, para um total de 3 horas e 30 minutos de autonomia de voo, porém para um voo operacional de curta distância, isto é, "voos curtos ou policial", o seu tanque passa a operar com capacidade de combustível reduzida à 50% do total sendo de 270 L, por um período de tempo muito grande chegando a trabalhar por meses sem encher por completo.

O período de tempo de subabastecimento e as condições meteorológicas acarretam no reservatório de combustível a formação de vapores e condensação, devido a gradiente de temperatura ser muito grande dependendo das condições climáticas do dia podendo proliferar fungos e bactérias provenientes de água gerada pela vaporização do combustível e, conseqüentemente, da condensação que ficou depositada na parte superior interna do tanque Figura 1. Embora o procedimento de drenar uma amostra de combustível da aeronave antes do pré-voo diário seja cumprido conforme determinação do fabricante do modelo, o residual da condensação que fica na parte superior do tanque não sai, se efetuar um reabastecimento, e este, uma quantidade inferior a 100%, não atinge esta região para fazer a lavagem e a decantação da camada de umidade que se formou na parte superior interna do reservatório, ocasionando a contaminação.

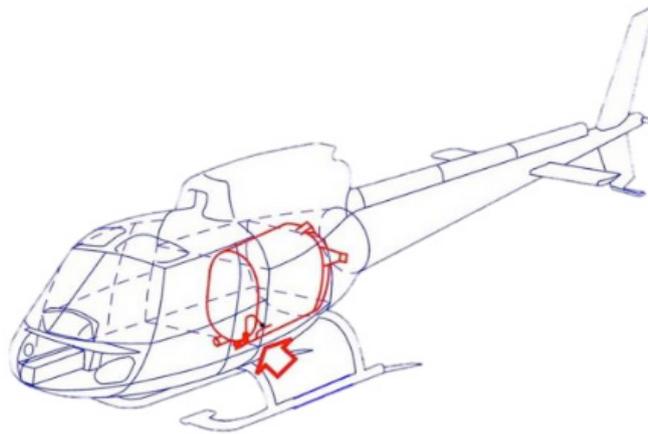


Figura 1: Tanque de combustível de 540L da aeronave AS350

Portanto, o objetivo deste trabalho é propor uma melhoria no *design* dos sistemas de combustível para os helicópteros modelo Esquilo AS350 que atuam em condições consideradas como de alto risco de contaminação e em diversas áreas nas Secretarias de Segurança Pública dos Estados Brasileiros. Neste projeto, o operador poderá escolher a substituição do tanque de combustível atual por novos modelos de tanques modulares, bem como para integrar em novos modelos ou projetos de outros helicópteros que operaram em missões de segurança pública. Com esta proposta pode-se melhorar a eficácia na prevenção de contaminação do combustível do tanque das aeronaves, contribuindo com possível mudança no roteiro de manutenção destinada para parte de combustível e sistemas, podendo ser modificada a classificação de risco dada pelo fabricante, culminando com a formalização de projeto de fabricação.

## 2 | AERONAVE AS350

As atuações das aeronaves de segurança pública possuem condições especiais de operação com pousos e decolagens em áreas não homologadas, embarque e desembarque de pessoas com os motores em funcionamento e voo abaixo da altura mínima para a operação com (VFR) Regras de Voo Visual regulamentadas pela RBHA 91 Subparte K [2] e pelo DECEA AIC 06/06 [2].

Atualmente o Grupamento de Radiopatrulha Aérea do Estado de São Paulo (GRPAe) conta com 23 helicópteros do modelo AS 350 Esquilo com motor turbomeca modelo Arriel 1D1, e está dividido em 10 bases operacionais em pontos estratégicos cobrindo o estado de São Paulo como um todo.

A Base de Radiopatrulha Aérea de SJC (BRPAe-SJC) situada em São José dos Campos conta com 2 desses modelos (AS350B2 – Figura 2).



Figura 2: Duas Aeronaves AS350 em operação e manutenção na BRPAe SJC.

## 2.1 Tanque de Combustível

O Tanque de combustível dos modelos AS 350 Esquilo tem a capacidade para 540 L ou 437 kg de querosene de aviação que garantem uma autonomia de aproximadamente 660 km ou 3 horas e 30 minutos de voo. Este reservatório está localizado no meio da estrutura central da aeronave e sob o piso da caixa de transmissão principal (CTP). A Figura 3 mostra o berço do reservatório e as barras de reforço estrutural em X em ambos os lados. Este reforço na lateral esquerda também é o alvo de estudo para modificação para poder receber um tanque modular auxiliar.



Figura 3: Estrutura compartimento do tanque.

Existem também tanques auxiliares já certificados que podem ser instalados nesse modelo de aeronave, podendo ser instalado no compartimento de carga lateral (Figura 4.a) ou em bolsa na cabine de passageiros (Figura 4.b) para aumentar a autonomia operacional, mas estes tanques suprem uma necessidade específica e não seriam adequados para o uso em missões de Segurança Pública e Defesa Civil

além de não serem a solução do problema de contaminação [3].

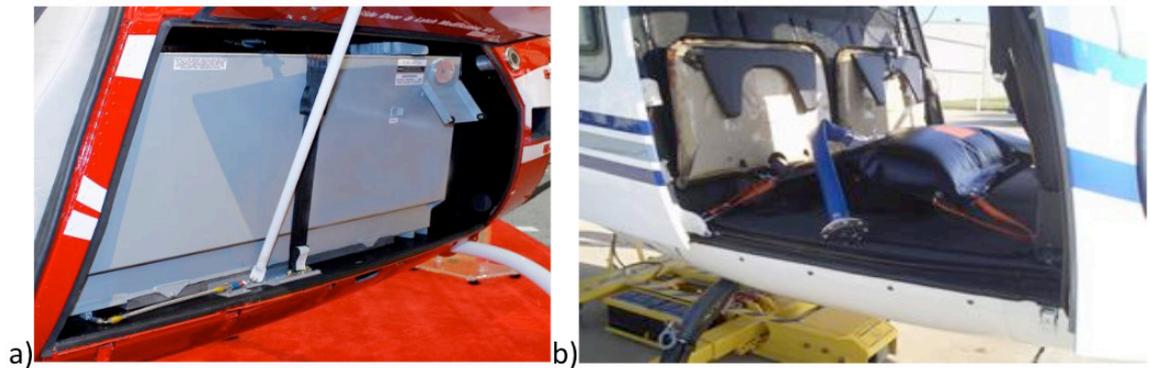


Figura 4: a) Tanque auxiliar lateral [4a] e b) Tanque auxiliar de bolsa [4b]

Como as aeronaves que operam em missões de segurança pública realizam voos curtos essas aquisições seriam inviáveis economicamente e operacionalmente. Porém, além das limitações operacionais com estes modelos de tanque instalados afetaria a missão e haveria também questões quando a segurança por se tratar de uma aeronave policial podendo ser alvo de disparos de armas de fogo. A porta do bagageiro (Figura 4.a) necessitaria de blindagem que aumentaria o custo e o peso aumentando o limite de CG lateral. O tanque auxiliar lateral sendo sua estrutura de alumínio poderia não ser adequado devido as atuais exigências de resistência a impactos, sobretudo na região do bagageiro. Para uma configuração de resgate este local é destinado a equipamentos como bolsas de soro, coletes e colares cervicais e equipamentos de segurança como capacetes, talas e outros, não havendo espaço disponível para este tanque.

Os órgãos reguladores de aviação planejam exigir que os helicópteros recém-construídos tenham tanques de combustível resistentes a impactos para reduzir os riscos de vazamentos e incêndios em caso de acidentes aeronáuticos [5].

## 2.2 Contaminação

A contaminação dentro de um tanque de combustível pode ocorrer de diversas formas e com diferentes agentes contaminantes que na maioria das vezes é fácil de detectar durante os processos de manutenção, inspeção e preparação para o primeiro voo do dia, (pré-voo). Microrganismos estão presentes em todos os combustíveis, entretanto, as condições favoráveis para o seu desenvolvimento (umidade, alimento e altas temperaturas) não são monitorados. Estes micróbios vivem na água e se alimentam de hidrocarbonetos do combustível e tendem a crescer na interface entre a água e o combustível ou em áreas como as partes superiores dos reservatórios onde ocorre condensação. Além de água e carbono, outros elementos como nitrogênio, oxigênio, fósforo e enxofre são contribuintes para o desenvolvimento das colônias

de microrganismos e fungos. Como o crescimento microbiológico é rápido, algumas espécies podem dobrar de tamanho em 20 minutos. Os tipos de microrganismos já encontrados em tanques: *Hormoconis resinae* (*Cladosporium resinae*); *Pseudomonas aeruginosa*; *Aerobacter aerogenes*; *Sphaerotilus natans*; *Clostridium*, *Bacillus*.

O material microbiológico quando suspenso em combustível (Figura 5) podem aderir a outras superfícies do sistema e o aumento da concentração de ácidos pode causar problemas de corrosão muito grave, tais como: danos nos revestimentos internos e componentes como tubulações, filtros e a unidade controladora de combustível (FCU). A FCU uma vez afetada pelos resíduos provenientes do material biológico pode ocasionar o apagamento do motor em voo, além de mudar as propriedades elétricas fornecendo leitura errada na quantidade de combustível podendo afetar a segurança de voo. Ao ser detectado geralmente numa grande inspeção, as ações corretivas podem prolongar o tempo de uma inspeção programada da aeronave gerando um custo maior nas intervenções decorrentes da substituição de mais componentes e da hora homem empregada no serviço. Assim, a descontaminação do sistema de combustível implica em tempos longos de aeronave no solo e muitas horas de trabalho de manutenção.

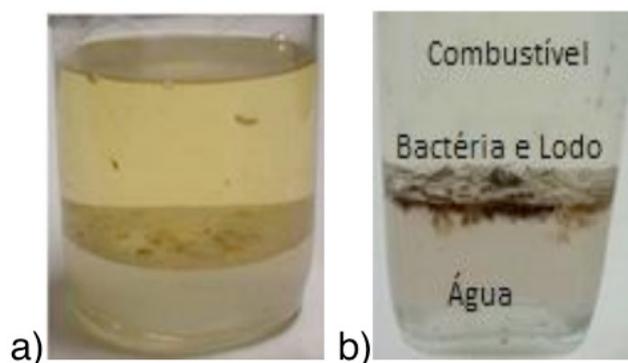


Figura 5: a) Amostra de material biológico em suspensão no combustível e b) Amostras de combustíveis altamente contaminados.

### 2.3 Fatores de Alto Risco e Ação Preventiva

Segundo informações da Airbus Helicopters [6], as áreas sombreadas no mapa (Figura 6.a) são as zonas climáticas que possui o maior risco para o desenvolvimento de contaminação microbiológica.

A Base de Radiopatrulha Aérea de Praia Grande (BRPAe PGD), destacada no litoral sul do Estado de São Paulo, armazena combustível em caminhão tanque de abastecimento (CTA), para reabastecimento contínuo da aeronave em operação diária, porém a região onde a base está localizado é considerada crítica conforme as informações do fabricante do modelo em uso, pois é considerada uma área favorável a proliferação de micro organismos que irão contribuir para formação de colônias e fungos. (Figura 6.b). Os helicópteros são utilizados na maior parte para voos de

emergência onde a questão do peso da aeronave é primordial, portanto, ficam no pátio dispostas para decolagem com o tanque subabastecido em aproximadamente 50 % a 60 % da capacidade, sendo expostas ao tempo cuja temperatura em dias de calor na região sudeste chega de 38 a 40°C marcados no termômetro da aeronave e passa dos 40°C em determinados pontos no interior da aeronave quando medidos com indicadores de temperatura eletrônicos.

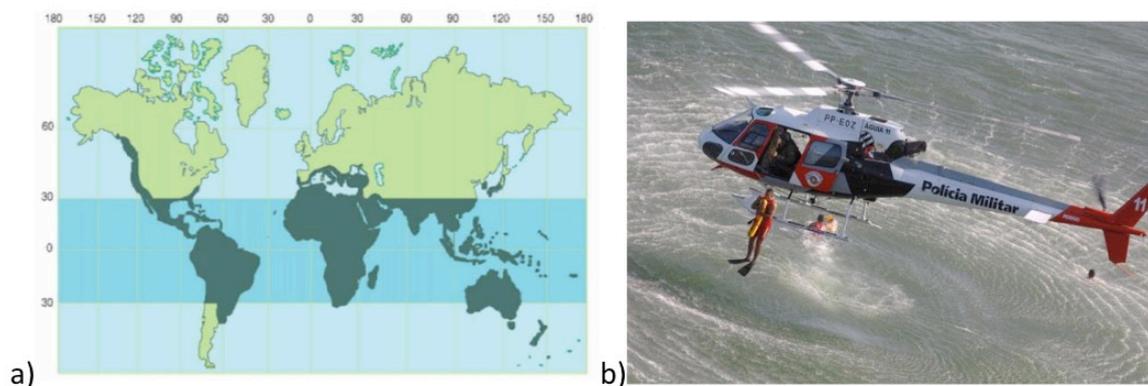


Figura 6: a) Zonas climáticas de alto risco (faixa escura) e b) Helicóptero AS350 sobrevoando o mar durante a Operação Verão, lançamento de guarda vida na água.

Os fatores de risco estão inseridos na documentação de manutenção de aeronaves da Airbus Helicopters [7], e os mais importantes são: a) estagnação de água livre dentro do sistema de combustível; b) condições climáticas (as áreas consideradas tropicais são de maior risco); c) operações de voo: voos de baixa altitude, voos de curta distância, voos sobre o mar, voos com destinos que passam sobre grandes variações climáticas; e d) tanques subutilizados de combustível. Atentando para as informações do fabricante, todos os helicópteros Esquilo que operam na Polícia Militar do Estado de São Paulo se enquadram nos subitens “b”, “c” e “d”.

Dentre as práticas de manutenção gerais a serem realizadas para retardar o desenvolvimento microbológico em sistemas de combustível podem-se destacar: o uso de ferramentas visuais para a detecção precoce de contaminação microbológica, a definição de uma programação periódica por análise da amostra de combustível, encher totalmente os tanques de combustível especialmente em altas condições de risco para reduzir ou eliminar a condensação da umidade do ar e a limpeza do sistema de combustível.

### 3 | DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

O projeto atentarás as observações e as recomendações de segurança para modificações contidas nas diretrizes para o Desenvolvimento de Aeronaves Civis, mas para que essa modificação ocorra, precisará passar antes, por um processo

de aprovação da ANAC e assim sendo aprovado, poderá receber um Certificado Suplementar de Tipo (CST) para ser aplicado em qualquer aeronave dos modelos previstos no mesmo processo ou, caso seja uma grande modificação ou grande reparo solicitado para a aplicação apenas em uma aeronave como relatado, a autorização será realizada por meio de um Formulário SEGV00 001. O processo de aprovação de modificações a um Certificado de Tipo envolvem as mesmas considerações de segurança e confiabilidade contidas nos requisitos do Regulamento Brasileiro de Aviação Civil (RBACs). Nesse processo de aprovação, será verificado o cumprimento apenas daqueles requisitos afetados pela modificação e assegurado que todas as documentações da aeronave, reflitam as suas novas características de emprego e manutenção. [5]

Segundo o capítulo 6 da norma *Aerospace Recommended Practice* (ARP) ARP4754A [6] que integra uma das partes do conjunto de medidas criado pela *Society of Automotive Engineers* (SAE), descreve como as diretrizes podem ser aplicadas quando houver uma modificação de um item da aeronave. Um dos objetivos dos processos de avaliação de desenvolvimento e segurança é manter ou melhorar o nível de segurança existente fornecido pela base de certificação original. Assim, uma modificação precisa ser controlada de maneira que seus efeitos sejam conhecidos, totalmente validados e verificados.

Para o desenvolvimento do projeto “Tanque Modular de Combustível para Helicópteros” esta sendo necessário analisar uma forma construtiva e eficiente para garantir que havendo mudanças na estrutura da aeronave não comprometa a sua aeronavegabilidade e que não haja problemas de acoplamento de os componentes.

O projeto propõe para o novo tanque o mesmo design do original já utilizado no helicóptero Figura 7. Um novo tanque da aeronave AS350 seria construído em dois módulos acoplados e que seriam interligados para a transferência de combustível de um módulo para o outro quando necessário. O componente terá uma parte fixa na estrutura Figura 8.a e uma parte móvel Figura 8.b. Estes módulos serão projetados de modo que os componentes de conexão e interligações não precisem de modificações, apenas na parte superior e na lateral para receber a conexão da válvula de transferência e da válvula atmosférica. A Figura 8.c apresenta os dois módulos acoplada.



Figura 7 : Tanque original do helicóptero Esquilo AS350

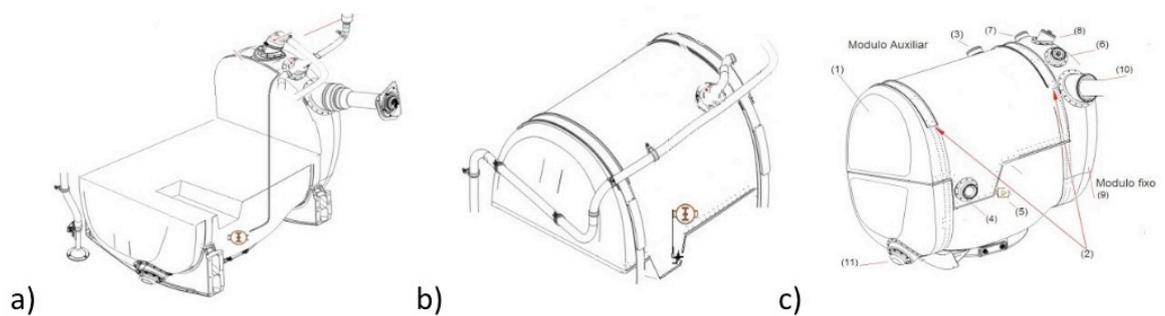


Figura 8 : a) Modulo fixo, b) Modulo auxiliar e c) Conjunto completo da nova concepção do tanque.

A Tabela 1 apresenta as características e custo do tanque original comparados ao novo design proposto. O peso do novo modelo de tanque vai ficar cerca de 9 kg mais pesado devido o acréscimo de material de fibra de plástico reforçada atribuído à concepção modular. O preço aumentaria cerca de R\$ 600,00, devido o layout de módulo.

Dados	Parâmetro	Características Tanque original (Helibrás)	Características Tanque modular (estimado)
Capacidade total do tanque	L / US gal	552 / 145.84	552 / 145.84
Capacidade reabastecimento	de L / US gal	540 / 142.67	540 / 142.67
Capacidade de expansão	L / US gal	12 / 3,17	12 / 3,17
Capacidade inutilizável	L / US gal	1,2 L / 0,317	1,2 / 0,317
Capacidade do modulo auxiliar	L / US gal	-	240 / 63,40
Capacidade do modulo fixo	L / US gal	-	300 / 79,26
Peso (não equipado)	kg / Lb	21 / 46,26	30 / 65,90
Material do tanque	-	Fibra de plástico reforçada (FRP) [manual AS350]	Fibra de plástico reforçada (FRP)

Valor de custo	R\$	18.437,32	19.000,00
----------------	-----	-----------	-----------

Tabela 1: Comparação entre as características do tanque original e do tanque modular

## 4 | CONCLUSÃO

A proposta “Tanque Modular” é como alternativa para solução do problema de contaminação nas aeronaves modelo AS350 esquilo que operam em condições que propiciam esse nível de alto risco, além de ser uma alternativa de redução de custos com manutenções para os operadores que possuem helicópteros neste modelo em pleno emprego de missões atípicas. O desenvolvimento deste novo componente trará outros benefícios diretos ao fabricante da aeronave como destaques que irão diferenciar o seu novo produto com relação aos de outros fabricantes na hora da escolha e compra feito pelo cliente, e aos operadores uma inspeção de maior período com relação a contaminação e proliferação de colônias de microorganismos. O tanque modular auxiliar pode dar ao fabricante condições de explorar positivamente esse diferencial garantindo a redução de custos em manutenção que teriam menos horas de inspeções e de troca de componentes devido ao seu tipo de concepção e operação da aeronave sem precisar de modificação de motorização ou reajustes em rotações dos rotores e potencia, onde a modificação ficaria apenas em parte do alojamento do reservatório e do mesmo propriamente dito. Assim essa proposta para a concepção de um novo design de um tanque de combustível modular esta sendo entendida como totalmente viável com embasamentos que permitam a continuação de estudos para sua execução.

## REFERÊNCIAS

[6] **ARP475Aa**. Disponível em <http://standards.sae.org/arp4754a>. Acesso em: 25/08/2017.

[7] AUTORES, VÁRIOS. **Aircraft Maintenance Manual AS350 Esquilo revisão 00600. orion 350 b2/b3. Marignane**: Airbus Helicopter, 2016.

[8] AUTORES, VÁRIOS **CAD 3D SOLIDWORKS. Manual do Instrutor de Ensino do Software Solidworks**. *Brasil*: Paris: Dassault Systèmes solidworks corp. 2016.

[5] **Certificação de Tipo**. Disponível em <http://www.anac.gov.br/aceso-a-informacao/carta-de-servicos-ao-cidadao/organizacao-de-producao-aeronautica/certificacao-de-tipo>. Acesso em: 23/09/2017.

[1] Helibras, **História da Helibras**. Disponível em [www.helibras.com.br/website/po/ref/hist%c3%b3ria\\_90.html](http://www.helibras.com.br/website/po/ref/hist%c3%b3ria_90.html). Acesso em: 10/05/2017.

[3] **IAC 06/06**. Disponível em [www.pilotopolicial.com.br/Documentos/Legislacao/Portaria/AIC06-06](http://www.pilotopolicial.com.br/Documentos/Legislacao/Portaria/AIC06-06). Acesso em: 18/08/2017.

[2]**RBHA 91**. Disponível em [www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbha/rbha-091/@@display-file/arquivo\\_norma/rbha091](http://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbha/rbha-091/@@display-file/arquivo_norma/rbha091). Acesso em: 21/08/2017.

[4b] **Tanque auxiliar de bolsa**. Disponível em <http://www.turtlepac.com/photo-gallery/aircraft-ferry-tanks/>. Acesso em: 14/07/2017.

[4a] **Tanque auxiliar lateral**. Disponível em <http://www.helihub.com/wordpress/wp-content/uploads/dart-as350-auxtank-150x150>. Acesso em: 14/07/2017.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

AHP estocástico 162

Aluminized tetra pak package 69

Análise 1, 2, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 20, 24, 25, 26, 27, 29, 37, 42, 43, 44, 45, 48, 49, 56, 57, 64, 81, 102, 109, 110, 113, 118, 122, 123, 134, 155, 156, 160, 162, 163, 173, 177, 178, 181, 182, 183, 185, 189, 190, 191, 193

Auditoria 118, 119, 121, 122, 123, 124

Auditoria interna da qualidade 118, 119, 121

### B

Bim 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68

Bipartição do tanque 96

### C

Campo de deformação 1, 8, 9, 10

Campo de tensão 1, 10

Carro de competição 126, 134, 141

Colunas manométricas 88, 93, 94

Comparação 49, 55, 58, 61, 64, 65, 105, 132, 148, 149, 164, 171, 174, 193

Concreto 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 29, 37, 47, 48, 49, 52, 56, 57, 62

Contaminação de combustível 96, 97

Controle de sistemas lineares 155, 160

Corrosão 3, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 21, 23, 24, 101

Cpp-mcahp 162, 163, 165, 166, 168, 174

### D

Dados geoespaciais 38, 40

Desigualdades matriciais lineares 155, 156

Desvios de trinca 1

Drinking water 69, 70, 78, 79, 80, 86

Durabilidade 13, 14, 15, 18, 19, 22, 23

### E

Edifícios de concreto armado 47, 57

Efluente 38, 39, 43, 44

Eletrodeposição 81

Envelhecimento 13, 14, 19, 22, 24

Equação de bernoulli 88, 90, 93, 95

Escherichia coli 69, 70, 71, 72, 79

Estruturas metálicas 5, 26, 32, 33, 37

Ete 38, 39, 40, 43, 44, 45

## F

Fabricação artesanal 107

Foil from beverage can 69

## G

Gerenciamento da produção 107

## I

Instabilidade global 47, 56

Isótopos de tório 81

## J

Juntas soldadas dissimilares 1, 2

## L

Lmis 155

## M

Microprecipitação 81

Mirror 69, 71, 72, 74, 77, 78

Monte carlo 162, 163, 164, 168, 175, 176, 177

## N

Núcleos rígidos 47, 49, 51, 55, 56

## O

Orçamento 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 198

Otimização de processos 107

## P

Pseudomonas aeruginosa 69, 70, 71, 72, 79, 101

## Q

Qgis 38, 39, 41, 42, 43, 44, 45

Qualidade 16, 23, 39, 40, 41, 45, 67, 108, 111, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 146, 181, 182, 186

Qualidade ambiental urbana 125, 126

Quantitativos 58, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 67, 68, 184

## R

Redes de sensores sem fio 125, 126, 127, 143

Reforço estrutural 25, 26, 27, 29, 32, 37, 99

## S

Sig 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 197

Sistema bola-viga 155, 156, 158, 160

Sodis 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80

Subabastecimento 96, 97

## T

Tubo de venturi 88, 92, 93, 95

 **Atena**  
Editora

**2 0 2 0**