



Franciele Braga Machado Tullio  
Lucio Mauro Braga Machado  
(Organizadores)

# A Aplicação do Conhecimento Científico na Engenharia Civil

3

**Atena**  
Editora  
Ano 2020



Franciele Braga Machado Tullio  
Lucio Mauro Braga Machado  
(Organizadores)

# A Aplicação do Conhecimento Científico na Engenharia Civil

3

  
Ano 2020

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:** Camila Alves de Cremo

**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

Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

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

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

Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros

Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de 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

Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros

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  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
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  
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Fernando José Guedes da Silva Júnior – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco  
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  
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
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 Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
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  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
Prof<sup>a</sup> Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Prof<sup>a</sup> Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas  
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Prof<sup>a</sup> Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília  
Prof<sup>a</sup> Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás  
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases  
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí  
Prof<sup>a</sup> Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé  
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina  
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro  
Prof<sup>a</sup> Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College  
Prof<sup>a</sup> Ma. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará  
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay  
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco

Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
 Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA  
 Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis  
 Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR  
 Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
 Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
 Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
 Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
 Prof. Me. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe  
 Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
 Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná  
 Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos  
 Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior  
 Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo  
 Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
 Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco  
 Prof. Me. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
 Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
 Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
 Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana  
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
A642	<p>A aplicação do conhecimento científico na engenharia civil 3 [recurso eletrônico] / Organizadores Franciele Braga Machado Tullio, Lucio Mauro Braga Machado. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.</p> <p>Formato: PDF            Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.            Modo de acesso: World Wide Web.            Inclui bibliografia            ISBN 978-65-5706-169-5            DOI 10.22533/at.ed.695200907</p> <p>1. Engenharia civil – Pesquisa – Brasil. 2. Construção civil.            I. Tullio, Franciele Braga Machado. II. Machado, Lucio Mauro Braga.</p> <p style="text-align: right;">CDD 338.4769</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

Em “A Aplicação do Conhecimento Científico na Engenharia Civil 3” trazemos vinte e um capítulos que trazem estudos com boas contribuições para a Engenharia Civil.

Temos vários estudos a respeito da utilização da simulação numérica e computacional na resolução de problemas no projeto e execução de estruturas.

O estudo sobre o comportamento de estruturas utilizando determinados materiais proporciona sua validação como alternativa construtiva. Trazemos também análises a respeito de estruturas submetidas a calor intenso, o que permite otimizar os projetos, considerando situações de incêndio.

Tendo em vista a crescente preocupação com o meio ambiente e a escassez de recursos naturais, torna-se imprescindível os estudos que visem soluções ligadas a otimização na utilização de materiais e desenvolvimento de materiais sustentáveis.

A análise de ferramentas computacionais para o desenvolvimento de projetos de engenharia permite realizar comparativos com a finalidade de subsidiar o projetista a optar por ferramentas mais adequadas e seguras, proporcionando uma melhor qualidade em projetos.

Esperamos que esta coletânea seja útil aos seus estudos. Boa leitura!

Franciele Braga Machado Tullio  
Lucio Mauro Braga Machado

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
ANÁLISE DO COMPORTAMENTO MECÂNICO DO CONCRETO COM SUBSTITUIÇÃO DO AGREGADO MIÚDO POR RESÍDUO DA SCHEELITA PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS	
Manoel Domiciano Dantas Filho Dandara Pereira Moura de Assis Hérculys Guimarães Carvalho Larissa Santana Batista Damião Araújo dos Santos Júnior Jéniffer Paloma da Cruz Leal Nayla Kelly Antunes de Oliveira Adriano Lopes Gualberto Filho Wily Santos Machado Carlos Alexandre da Silva Vieira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6952009071</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>15</b>
ANÁLISE COMPARATIVA DA ESTABILIDADE GLOBAL DE EDIFICAÇÕES DE CONCRETO ARMADO	
Maurel Dreyer Roberto Domingos Rios	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6952009072</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>32</b>
ANÁLISE DA ESTABILIDADE GLOBAL EM EDIFÍCIOS ALTOS DE CONCRETO ARMADO COM ESTRUTURAS DE LAJES PLANAS	
Camila de Melo Tavares André Felipe de Oliveira Lopes Hildo Augusto Santiago Filho Giuliana Furtado Franca Bono Gustavo Bono	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6952009073</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>48</b>
ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA SÍLICA ATIVA NO DESEMPENHO DO CONCRETO EM SIMULAÇÃO DA AGRESSIVIDADE MARINHA	
André Luiz Louzeiro Carvalho Luciano Carneiro Reis Leandro Almeida Santos Mauricio Cavalcante Cutrim Fonseca Wesley da Cruz Gomes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6952009074</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>60</b>
ANÁLISE DE MODELOS DE CÁLCULO DE VIGAS DE CONCRETO ARMADO REFORÇADAS AO CISALHAMENTO COM PRFC	
Daniel Marlon Rodrigues Guedes Ailín Fernández Pérez Paulo Fernando Matos de Santana Luiz Gustavo Dantas Gonçalves Guilherme Sales Soares de Azevedo Melo Marcos Honorato de Oliveira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6952009075</b>	

<b>CAPÍTULO 6 .....</b>	<b>77</b>
ANÁLISE DINÂMICA NA FLAMBAGEM DE UMA COLUNA ESBELTA DE CONCRETO ARMADO COM CRITÉRIOS DA NBR 6118/14	
<a href="#">Alexandre de Macêdo Wahrhaftig</a> <a href="#">Kaique Moreira Matos Magalhães</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6952009076</b>	
<b>CAPÍTULO 7 .....</b>	<b>90</b>
ANÁLISE DO COMPORTAMENTO À FLEXÃO DE COMPÓSITOS CIMENTÍCIOS REFORÇADOS COM TECIDOS ESTRUTURAIS DE FIBRAS DE SISAL	
<a href="#">Sande dos Santos Batista</a> <a href="#">Mariana Santos Nunes</a> <a href="#">Adilson Brito de Arruda Filho</a> <a href="#">Paulo Roberto Lopes Lima</a> <a href="#">Ricardo Fernandes Carvalho</a> <a href="#">José Humberto Teixeira dos Santos</a> <a href="#">Sandro Fábio César</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6952009077</b>	
<b>CAPÍTULO 8 .....</b>	<b>99</b>
ANÁLISE ESTRUTURAL E CONSTRUTIVA DA PONTE ESTAIADA DA RODOVIA DO PARQUE – (BR-448)	
<a href="#">Rafael Cariolato Dorneles</a> <a href="#">Paula Manica Lazzari</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6952009078</b>	
<b>CAPÍTULO 9 .....</b>	<b>113</b>
ANÁLISE LINEAR E NÃO LINEAR DE UM EDIFÍCIO DE VINTE PAVIMENTOS EM CONCRETO ARMADO	
<a href="#">Fernanda Fonseca Lima</a> <a href="#">Gabriel Rodrigues Gomes</a> <a href="#">Denilda Silva Costa</a> <a href="#">Leonardo Moreira Santana</a> <a href="#">Jaciera Santos Brandão</a> <a href="#">Marcelo Rassy Teixeira</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.6952009079</b>	
<b>CAPÍTULO 10 .....</b>	<b>125</b>
ANÁLISE LINEAR ELÁSTICA E ANÁLISE NÃO LINEAR FÍSICA DA ESTRUTURA DO EDIFÍCIO DESTINADO À INSTALAÇÃO DE DUAS SEDES ADMINISTRATIVAS DA PREFEITURA DE PARAUAPEBAS APÓS A UTILIZAÇÃO DE REFORÇO PARA REVITALIZAÇÃO DO PRÉDIO	
<a href="#">Denilda Silva Costa</a> <a href="#">Jaciera Santos Brandão</a> <a href="#">Allyson Corrêa Dias</a> <a href="#">Fernanda Fonseca Lima</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.69520090710</b>	
<b>CAPÍTULO 11 .....</b>	<b>138</b>
ANÁLISE NUMÉRICA COMPARATIVA DE MODELOS APLICÁVEIS AO PROJETO DE LAJES DE CONCRETO	
<a href="#">Edmilson Lira Madureira</a> <a href="#">Eduardo Morais de Medeiros</a> <a href="#">Arthur Leandro de Azevedo Silva</a> <a href="#">Gabriel de Bessa Spinola</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.69520090711</b>	

**CAPÍTULO 12 ..... 151**

ANÁLISE NUMÉRICA DO COMPORTAMENTO TERMOMECAÂNICO DE LAJES DE CONCRETO ARMADO EM SITUAÇÃO DE INCÊNDIO

Andreia Romero Fanton  
Luiz Carlos de Almeida  
Leandro Mouta Trautwein

**DOI 10.22533/at.ed.69520090712**

**CAPÍTULO 13 ..... 164**

COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS APROXIMADOS E MÉTODO GERAL DE CÁLCULO DO EFEITO LOCAL DE SEGUNDA ORDEM EM PILARES DE CONCRETO

Wesley de Vasconcelos Rodrigues da Silva  
Maria de Lourdes Teixeira Moreira

**DOI 10.22533/at.ed.69520090713**

**CAPÍTULO 14 ..... 178**

COMPUTER AIDED DESIGN VERSUS BUILDING INFORMATION MODELING: APLICAÇÃO EM PROJETOS DE SISTEMAS PREDIAIS

Jayron Alves Ribeiro Junior  
Thainá Maria da Costa Oliveira  
Moisés de Araujo Santos Jacinto  
Bruna da Costa Silva  
Mariana de Sousa Prazeres  
Paulo Rafael Nunes e Silva Albuquerque  
Leticia Maria Brito Silva  
Camilla Gomes Arraiz  
Marcos Henrique Costa Coelho Filho  
Yara Lopes Machado

**DOI 10.22533/at.ed.69520090714**

**CAPÍTULO 15 ..... 187**

DESLOCAMENTO VERTICAL DE UMA VIGA DE EULER-BERNOULLI: SIMULAÇÕES NUMÉRICAS SOB A HIPÓTESE DO MÓDULO DE ELASTICIDADE PROBABILÍSTICO

Ana Carolina Carius  
Alex Justen Teixeira  
João Vitor Curioni de Miranda  
Leonardo de Souza Corrêa

**DOI 10.22533/at.ed.69520090715**

**CAPÍTULO 16 ..... 204**

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE O MÉTODO DE ENGRESSER-COURBON E MODELOS COMPUTACIONAIS EM PONTES EM VIGAS DE CONCRETO ARMADO

Felipe Gomes da Silva  
Maria de Lourdes Teixeira Moreira

**DOI 10.22533/at.ed.69520090716**

**CAPÍTULO 17 ..... 217**

ESTUDO DE CASO EM BRASÍLIA: EDIFICAÇÃO EM DESACORDO COM NORMAS EXECUTIVAS E DE PROJETO

João da Costa Pantoja  
Bruno Camozzi Fedato Faria  
Nathaly Sarasty Narváez

**DOI 10.22533/at.ed.69520090717**

<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>235</b>
INFLUÊNCIA DO USO DA TECNOLOGIA BIM NA REDUÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NA FASE DE CONCEPÇÃO E PROJETO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO	
Rafael Azevedo Lino	
Orieta Soto Izquierdo	
Iutah Cristal Dezidério de Veras Barbosa	
<b>DOI 10.22533/at.ed.69520090718</b>	
<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>251</b>
ENSAIOS DE PROVA DE CARGA EM ACORDO COM A NBR 9607 (ABNT, 2012): ESTUDO DE CASO	
Clayton Reis de Oliveira	
Armando Lopes Moreno Júnior	
Luis Gustavo Simão de Oliveira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.69520090719</b>	
<b>CAPÍTULO 20</b> .....	<b>269</b>
PERÍCIA EM SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO	
Marcelo de Jesus Rodrigues da Nóbrega	
<b>DOI 10.22533/at.ed.69520090720</b>	
<b>CAPÍTULO 21</b> .....	<b>278</b>
SIMULAÇÃO NUMÉRICA DE VIGAS DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO O MODELO DE DANO PLÁSTICO	
Paulo César de Oliveira Júnior	
Jerfson Moura Lima	
Bruno Rodrigues Amorim	
<b>DOI 10.22533/at.ed.69520090721</b>	
<b>SOBRE OS ORGANIZADORES</b> .....	<b>295</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>296</b>

## PERÍCIA EM SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO

*Data de aceite: 01/06/2020*

### **Marcelo de Jesus Rodrigues da Nóbrega**

Professor da UNIGAMA

Professor Associado do CEFET-RJ

Professor da Universidade Santa Úrsula

Engenheiro da Prefeitura do Rio de Janeiro

Perito Judicial do TJRJ

Pós-Doutor em Engenharia – UERJ

Doutor em Engenharia Mecânica – PUC-Rio

Mestre em Tecnologia – CEFET-RJ

Especialista Engenharia de Meio Ambiente –  
UNIG

Especialista em Gestão Ambiental – UCAM

Especialista em Saneamento –FAVENI

Especialista em Engenharia de Segurança do  
Trabalho – Faculdade Silva e Souza

Especialista em Docência do Ensino Superior --  
Faculdade São Judas Tadeu

Engenheiro Civil e Licenciado em Matemática –  
UNISUAM

Engenheiro Mecânico – CEFET-RJ

engmarcelocefet@terra.com.br

**RESUMO:** Este trabalho trata de uma revisão da literatura sobre tratamento de esgoto sanitário, especificamente no Estado do Rio de Janeiro. É apresentada sua relação com a perícia judicial e quais situações o perito do juízo ou assistência

técnico da parte devem estar atentos. A maior ênfase é dada as questões envolvendo o tratamento de esgoto em residências ou pequenos conjuntos residenciais, bem como os impactos gerados na saúde da população de acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS). O principal sistema abordado é o de fossa-séptica, preconizado pela NBR 7229/1993 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e pela Diretriz do Instituto Estadual do Ambiente do Estado do Rio de Janeiro (INEA) denominada DZ 215/R4. Conclui-se sobre a relevância do projeto, conhecimento de normas técnicas, da legislação local, execução de obras e posterior verificação como essenciais para minimizar os impactos ao meio ambiente e também a população local.

**PALAVRAS-CHAVE:** Saneamento, Esgoto, Perícia Judicial, Legislação.

### 1 | INTRODUÇÃO

O saneamento é uma preocupação mundial por se tratar por um lado de questões ambientais, e por outro por englobar de maneira direta a saúde da população.

As principais questões ambientais envolvidas referem-se ao lançamento de efluentes líquidos não tratados no ambiente

natural, gerando impactos na fauna e flora local. Já os aspectos relacionados a saúde da população, estes estão relacionados com doenças causadas e má qualidade de vida.

Neste sentido, o presente trabalho aborda uma revisão da literatura, em especial, da legislação do Estado do Rio de Janeiro, publicada pelo Instituto do Meio Ambiente (INEA), por meio de diretrizes institucionais e também pela aplicação de normas técnicas relacionadas. É dada ênfase ao tratamento de esgotos em residências e conjuntos habitacionais, face a sua grande presença no Estado do Rio de Janeiro.

A solução do problema desta tipologia de atividade, no caso residencial, passa, em tese, pela melhor qualificação dos profissionais atuantes na área, por uma legislação mais clara e objetiva, além do correto licenciamento ambiental, dentre outros a serem apresentados neste trabalho.

Assim, o objetivo deste trabalho é sistematizar a legislação aplicada ao Estado do Rio de Janeiro para o caso de perícias judiciais em sistemas de tratamento de esgotos de cunho residencial e suas implicações para o perito judicial

Desta forma o trabalho desenvolvido visa, dentre outros aspectos, contribuir para uma reflexão da sociedade e do poder público, face a relevância do tema e seus impactos na saúde e meio ambiente.

O procedimento metodológico foi realizado por meio de pesquisa da bibliografia, usando também sua equação típica para o dimensionamento do sistema em estudo.

## 2 | DESENVOLVIMENTO

No mundo de maneira geral, os sistemas de tratamento de esgotos de origem sanitária são divididos da seguinte maneira:

- Tratamento geral: estações tratamento (ETE) da concessionária
- Tratamento local: fossa séptica, filtros anaeróbios, ETE), etc.

A figura 1 ilustra um tratamento geral e esgoto sanitário, contendo uma ETE da concessionária.

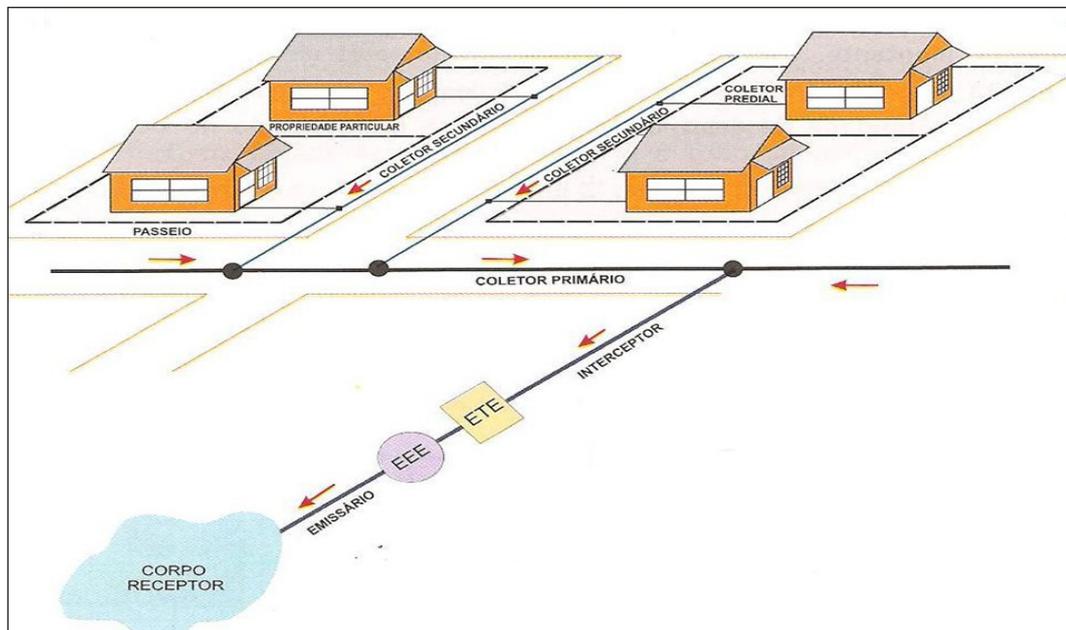


Figura 1: Sistema de coleta convencional de esgoto

Fonte: Vargas (2010)

Verifica-se desta forma que o efluente sanitário gerado pelas residências encaminhado para uma ETE única, com eficiência mínima de 85%, conforme DZ-215/R4 do INEA, sendo explorado mais à frente neste trabalho.

O tratamento local é usualmente feito por sistema de fossa-séptica, conforme mostrado a figura 2.

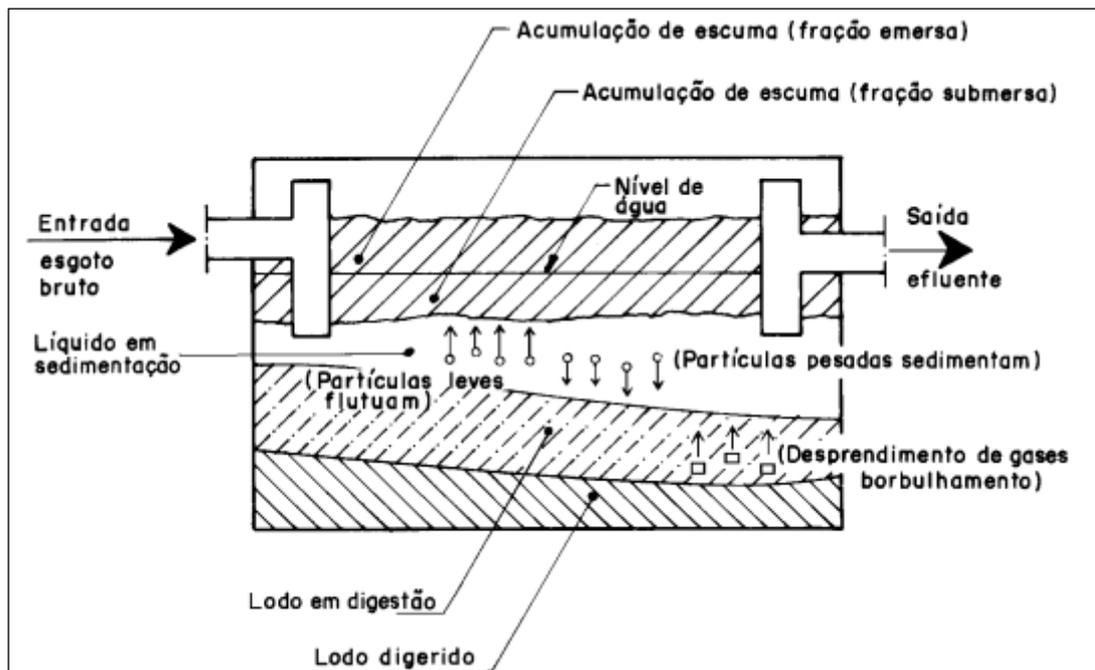


Figura 2 – Princípio básico de funcionamento da fossa-séptica

Fonte: ABNT NBR 7229/1993

De acordo com a figura 2 o esgoto bruto entra a esquerda, onde uma parte mais densa é depositada no fundo da fossa-séptica (matéria orgânica), sendo a fração líquida escoada pela saída da direita. Entre parte líquida e a matéria orgânica há o desprendimento de gases e a presença de líquidos em sedimentação.

A Resolução CONAMA nº 237/1997 dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental em todo território nacional. Nesta resolução verifica-se a necessidade do licenciamento de sistemas de tratamento de esgoto, exceto quanto há legislação específica em contrário

## 2.1 Projeto do Sistema Fossa-Séptica

A DZ-215/R4 do INEA – A Diretriz estabelece o controle de carga orgânica biodegradável em efluentes líquidos de origem sanitária, que estabelece exigências de controle da poluição de águas que resultem na redução de carga orgânica biodegradável de origem sanitária, abrangendo as seguintes atividades e inclui disposições para comunidades de baixa renda:

- Atividades não industriais: loteamentos, edificações residenciais multifamiliares, grupamentos de edificações residenciais multifamiliares, centros comerciais, pequenas e grandes estruturas de apoio e embarcações de pequeno e médio portes, edifícios públicos, estabelecimentos de serviços de saúde, escolas, hotéis e similares, restaurantes, mercados e hipermercados, centro de convenções, portos, aeroportos, autódromos, atividades agropecuárias, canteiros de serviços, sistemas de tratamento de esgotos sanitários e ETEs de Concessionárias de Serviços de Esgotos.
- Esgotos sanitários gerados em indústrias com sistema de tratamento independente.

O projeto do sistema fossa-séptica é precedido da sua real aplicabilidade. Na tabela 1 verifica-se que sua eficiência mínima esperada é de 30%, para uma população contribuinte de até 100 pessoas. A partir de 101 pessoas até 500 deve se empregar também um filtro anaeróbio, aumentando sua eficiência para 65%, neste caso devendo obedecer a NBR 13.969/1997 - Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação, a qual não é objeto deste estudo.

Carga Orgânica Bruta (C) (kg BDO/dia) <sup>(1)</sup>	Número de Funcionários	Eficiência Mínima de Remoção de DBO (%) <sup>(2)</sup>	Exemplo de Tipo de Tecnologia
$C \leq 5$	Até 100	30 <sup>(3)</sup>	Fossa séptica (3)
$5 < C \leq 25$	De 101 a 500	65	Fossa séptica + filtro anaeróbio
$25 < C \leq 80$	De 501 a 1.500	80	Reator de manta de lodo + biofiltro aerado
$C > 80$	Acima de 1.500	85	Lodos ativados

Notas:

1 – Carga orgânica produzida por dia.

2 – Eficiências mínimas do sistema projetado, em termos de remoção de DBO e RNFT (ou SST).

3 – Condição válida considerando-se a possibilidade de infiltração adequada do efluente da fossa séptica no solo ou a existência de rede coletora; caso contrário, deverá ser implantado tratamento complementar através de filtro anaeróbio, ou similar de eficiência equivalente.

Tabela 1: Eficiência e tipo de tratamento mínimo exigido.

Fonte: DZ-215.R-4 /2007

De acordo com a NBR 7229/1993 da ABNT, o volume útil do tanque séptico de ser calculado pela Equação (1):

$$V = 1000 + N(C \times T + K \times Lf) \quad \text{Equação (1)}$$

Sendo:  $V$ : volume útil, em litro;  $N$ : número de pessoas ou unidades de contribuição;  $C$ : contribuição de despejos, em litros/pessoa x dia ou em litros/unidade x dia (Tabela 2);  $T$ : período de detenção, em dias (Tabela 3);  $K$  = taxa de acumulação de lodo digerido em dias, equivalente ao tempo de acumulação de lodo fresco (Tabela 4);  $Lf$  = Contribuição de lodo fresco, em litro/pessoa x dia ou em litro/unidade x dia (Tabela 5)

A Tabela 2 apresenta a contribuição diária de esgoto (C) e de lodo fresco (Lf) por tipo de prédio e de ocupante

Prédio	Unidade	Contribuição (C) e Lodo Fresco (Lf)	
1. Ocupantes permanentes			
- Residência			
Padrão alto	Pessoa	160	1
Padrão médio	Pessoa	130	1
Padrão baixo	Pessoa	100	1
- Hotel (exceto lavanderia e cozinha)	Pessoa	100	1
- Alojamento provisório	Pessoa	80	1

2. Ocupantes temporários			
- Fábrica em geral	Pessoa	70	0,30
- Escritório	Pessoa	50	0,20
- Edifícios públicos ou comerciais	Pessoa	50	0,20
- Escolas (externatos) e locais de longa permanência	Pessoa	50	0,20
- Bares	Pessoa	6	0,10
- Restaurantes e similares	Refeição	25	0,10
- Cinemas, teatros e locais de curta permanência	Lugar	2	0,02
- Sanitários públicos *	Bacia sanitária	480	4,00

\* Apenas de acesso aberto ao público (estação rodoviária, ferroviária, logradouro público, estádio esportivo, etc.)

Tabela 2: Contribuição diária de esgoto (C) e de lodo fresco (Lf) por tipo de prédio e de ocupante

Fonte: ABNT NBR 7229/1993

A Tabela 3 apresenta o período de detenção dos despejos, por faixa de contribuição diária, para a determinação do valor de L

Contribuição Diária (L)	Tempo de Detenção	
	Dias	Horas
Até 1500	1,00	24
De 1501 a 3000	0,92	22
De 3001 a 4500	0,83	20
De 4501 a 6000	0,75	18
De 6001 a 7500	0,67	16
De 7501 a 9000	0,58	14
Mais que 9000	0,50	12

Tabela 3: Período de detenção dos despejos, por faixa de contribuição diária

Fonte: ABNT NBR 7229/1993

A Tabela 4 determina a taxa de acumulação total de lodo (K), em dias, por intervalo entre limpezas e temperatura do mês mais frio.

Intervalo Entre Limpezas (anos)	Valores de K por Faixa de Temperatura Ambiente (t), em °C		
	t ≤ 10	10 ≤ t ≤ 20	t > 20
1	94	65	57
2	134	105	97
3	174	145	137
4	214	185	177
5	254	225	217

Tabela 4: Taxa de acumulação total de lodo (K), em dias, por intervalo entre limpezas e temperatura do mês mais frio

Fonte: ABNT NBR 7229/1993

Os tanques sépticos, sinônimos de fossa-séptica, podem ser cilíndricos ou

retangulares, empregados em situações de maior e menor profundidade, respectivamente. As medidas internas do tanque apresentam valores mínimos preconizados na NBR 7229/1993, profundidade útil com valores mínimos e máximos recomendados (Tabela 4), diâmetro interno mínimo de 1,10 m, largura interna mínima de 0,80 m e relação comprimento/largura (para tanques retangulares) mínima de 2:1 e máxima de 4:1.

Já na Tabela 5 é determinada a profundidade mínima e máxima, por faixa de volume útil

Volume Útil (m <sup>3</sup> )	Profundidade Útil Mínima (m)	Profundidade Útil Máxima (m)
Até 6,0	1,20	2,20
De 6,0 a 10,0	1,50	2,50
Mais que 10,0	1,80	2,80

Tabela 5: Profundidade útil mínima e máxima, por faixa de volume útil

Fonte: NBR 7229/1993

De acordo com CREDER (2012) o projeto de sistemas residências de esgoto sanitário são apresentadas as seguintes normas:

- ABNT NBR 8160. **Sistemas prediais de esgoto sanitário: Projeto e execução.** Rio de Janeiro, 1999.
- ABNT NBR 9649. **Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário.** Rio de Janeiro, 1986.

O correto dimensionamento do sistema de tratamento de esgoto sanitário evitará impactos a saúde da população. Neste sentido a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2018) lançou as *Diretrizes sobre Saneamento e Saúde (Guidelines on Sanitation and Health)* com um conjunto de regras que estimulam práticas ambientalmente corretas para o saneamento e conseqüentemente a promoção da saúde.

SERTÃ JUNIOR (2019) e FIKER (2011) detalham didaticamente os cinco princípios metodológicos dada perícia de engenharia:

O Princípio da Observação devendo ser observados nas diligências aspectos relacionados aos pontos contravertidos da lida, no que refere ao aspecto regulatório e técnico por parte do perito.

No Princípio da Análise devem ser analisados os fatos narrados na petição inicial, contestação, replica e documentos técnicos. No caso de tratamento de esgotos, deve-se verificar as informações da concessionária e o projeto aprovado de esgoto.

Já no Princípio da Interpretação no caso da engenharia é comum a relação de causa versus efeito para configurar a objeto da lide.

No Princípio da Descrição: descrição detalhadamente do ocorrido durante a diligência física (vistoria) e processual.

Por fim, no Princípio da Documentação ao perito cabe verificar toda a documentação

disponível e necessária para elaboração do laudo pericial de engenharia.

### 3 | CONCLUSÃO

Conclui-se com este trabalho que a deficiência no tratamento de efluentes de origem sanitário ainda causa diversos males a sociedade, quer por questões ambientais, quer seja por impactos à saúde pública.

Foram estudados a legislação ambiental para o caso específico do Estado do Rio de Janeiro, no que tange as instalações residências de esgoto, dando também um panorama sobre outros tratamentos de situações diversas.

No que se refere a perícia judicial na área de sistemas de tratamento de esgoto, este trabalho contribui pela sistematização do estudo e aplicação direta pelo perito do juízo. O perito deve estar atendo ao correto sistema a ser utilizado, ao efetivamente em uso e ao projeto aprovado pela concessionária local ou órgão ambiental.

Por fim verifica-se a grande importância da aplicação da NBR 7229/1993 da ABNT em conjunto com DZ-215/R4 do INEA, que possibilitam a minimização dos impactos na sociedade como um todo.

### REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Sistemas prediais de esgoto sanitário: Projeto e execução - ABNT NBR 8160**. Rio de Janeiro, 1999.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário - ABNT NBR 9649**. Rio de Janeiro, 1986.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Projeto, construção e operação de sistemas de fossas sépticos - ABNT NBR 7229**, Rio de Janeiro, 1993.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Tanques sépticos – Unidades de Tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação- ABNT NBR 13969**, Rio de Janeiro, 1997.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997. **Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=237>>. Acesso em: 02 março 2020.

CREDER, HÉLIO. **Instalações hidráulicas e sanitárias**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

FIKER, JOSÉ. **Perícias e Avaliações de Engenharia: Fundamentos Práticos**. São Paulo, LEUD, 2011.

Organização Mundial da Saúde. **Guidelines on Sanitation and Health**. ISBN: 978-92-4-151470-5. 2018

SERTÃ JUNIOR, LUIZ ROBERTO CHARNAUX. **Perícia Judicial: Fundamentos, Ferramentas e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro, Processo, 2019.

VARGAS, GUILHERME MATHIAS. Projeto de um sistema de tratamento de esgoto para canteiro de obras: Um estudo de caso. Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Civil. Unisuam.2015.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Agressividade Marinha 48, 50, 51, 56, 58, 59

Análise Geométrica 114

Análise Não Linear 113, 114, 115, 116, 121, 122, 123, 124, 125, 127, 134, 135, 137

Análise Numérica 138, 149, 151, 163, 294

Argamassa 13, 59, 90, 92, 93, 97, 193

### B

BIM 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 235, 236, 239, 242, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250

### C

CC 23, 27, 28, 33, 65, 81, 93, 95, 109, 116, 120, 122, 140, 141, 142, 143, 154, 156, 160, 161, 162, 169, 187, 189, 190, 200, 201, 280, 288, 289, 290, 292

Cisalhamento 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 73, 74, 75, 76, 128, 134, 136, 146, 241, 292, 293, 294

Coeficiente  $\gamma_z$ , 15

Compósitos 62, 74, 90, 91, 92, 94, 95, 96, 98

Concreto 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 22, 30, 31, 32, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 43, 44, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 86, 87, 88, 89, 103, 104, 105, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 123, 124, 125, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 136, 137, 138, 139, 140, 144, 145, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 172, 173, 177, 178, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 201, 202, 203, 204, 209, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 231, 232, 233, 234, 235, 237, 239, 240, 250, 251, 252, 253, 254, 258, 260, 261, 262, 264, 266, 267, 268, 278, 279, 280, 281, 282, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 290, 293, 294

Concreto Armado 15, 16, 17, 18, 20, 22, 30, 31, 32, 35, 47, 60, 61, 62, 64, 66, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 88, 112, 113, 115, 116, 117, 124, 125, 127, 128, 130, 132, 133, 137, 138, 139, 149, 150, 151, 152, 155, 162, 163, 164, 165, 166, 172, 173, 177, 178, 204, 209, 215, 216, 217, 218, 219, 225, 235, 239, 240, 252, 253, 260, 261, 262, 266, 267, 278, 279, 280, 293, 294

Curvatura 115, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 175, 176, 177

### D

Deslocamento 27, 96, 121, 147, 161, 187, 197, 206

## E

Edifícios 15, 16, 17, 20, 30, 31, 32, 33, 35, 47, 113, 114, 116, 119, 124, 126, 127, 128, 129, 136, 137, 177, 183, 239, 240, 272, 274

Efeito 13, 24, 43, 50, 55, 58, 59, 105, 116, 149, 164, 165, 176, 183, 206, 214, 244, 266, 275

Elementos 15, 16, 17, 18, 19, 23, 30, 34, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 43, 44, 60, 77, 78, 84, 96, 101, 103, 114, 115, 116, 122, 125, 127, 130, 136, 137, 138, 139, 141, 142, 144, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 156, 157, 158, 162, 163, 179, 181, 182, 184, 187, 189, 190, 197, 199, 200, 202, 203, 205, 208, 209, 213, 215, 217, 219, 220, 222, 223, 230, 231, 233, 238, 239, 241, 242, 243, 254, 258, 261, 262, 266, 267, 278, 279, 280, 285, 287, 288, 289, 293

Engesser-Courbon 204, 205, 206, 207, 212, 213, 215

Estabilidade Global 15, 16, 17, 22, 30, 32, 33, 36, 43, 47, 99, 108, 109, 114, 115, 116

Estais 99, 100, 101, 102, 103, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 112

Estocástico 187, 190, 191, 197, 198, 200, 201, 202

Estruturas 15, 16, 17, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 47, 48, 49, 58, 60, 64, 74, 75, 76, 77, 79, 89, 97, 100, 101, 103, 112, 114, 115, 116, 117, 118, 123, 124, 127, 128, 136, 137, 145, 150, 151, 152, 162, 163, 165, 166, 177, 178, 180, 188, 190, 202, 203, 209, 215, 216, 230, 233, 234, 235, 236, 237, 239, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 258, 266, 267, 268, 272, 279, 294

## F

Fibra 60, 61, 62, 63, 65, 74, 75, 76, 90, 91, 92, 93, 94, 97

Fibra de Sisal 90, 91, 92, 97

Fluência 77, 79, 81, 82, 86, 88, 166

Fogo 151, 152, 153, 157, 162

## G

Gestão 3, 150, 178, 179, 183, 186, 269

## L

Lajes 17, 18, 20, 21, 24, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 47, 75, 119, 125, 128, 130, 132, 133, 134, 136, 137, 138, 139, 144, 145, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 155, 156, 158, 159, 160, 161, 162, 206, 207, 208, 209, 218, 220, 228, 243, 258, 260, 261, 262, 264, 265, 266

Lajes Nervuradas 32, 33, 34, 35, 41

## M

Método 5, 9, 20, 29, 52, 62, 64, 67, 68, 69, 72, 79, 84, 104, 114, 116, 127, 130, 138, 139, 143, 144, 149, 150, 156, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 181, 187, 189, 190, 191, 197, 199, 200, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 212, 213, 214, 215,

216, 238, 239, 240, 249, 252, 279, 283, 287, 293

Método Geral 164, 165, 166, 168, 169, 171, 172, 173, 175, 176, 177

Minerais 2, 4, 13, 193

Modelos 21, 22, 24, 25, 26, 28, 29, 60, 61, 62, 63, 64, 66, 67, 68, 70, 73, 74, 75, 107, 115, 116, 138, 144, 145, 146, 149, 150, 151, 153, 155, 185, 188, 204, 209, 212, 213, 214, 215, 216, 220, 235, 239, 248, 278, 279, 280, 281, 285, 286

Módulo de Elasticidade 17, 77, 81, 86, 87, 88, 140, 166, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 201, 202, 203, 282, 286

## P

Parâmetro  $\alpha$  15, 25

Pavimento 1, 2, 3, 4, 13, 14, 21, 23, 27, 28, 38, 117, 118, 119, 130, 131, 132, 244, 261

Pilar de Concreto 164, 233

Placas 93, 96, 97, 138, 140, 144, 145, 146

Pontes 99, 100, 101, 103, 106, 107, 111, 112, 204, 205, 208, 209, 210, 213, 215, 216, 253, 258, 268

Potencial de Corrosão 48, 51, 52, 53, 57, 58

PRFC 60, 61, 62, 64, 65, 66, 67, 69, 73, 75, 76

Probabilidade 53, 187, 196, 197, 198, 235

Projetos 15, 100, 111, 120, 128, 138, 139, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 189, 217, 218, 220, 224, 226, 232, 233, 235, 238, 239, 240, 242, 243, 244, 245, 246, 249, 250, 258

## R

Reforço 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 73, 74, 75, 76, 91, 92, 93, 95, 96, 97, 125, 129, 130, 131, 132, 134, 136, 234, 250, 258, 267, 293

Resíduos 1, 2, 3, 4, 11, 12, 13, 14

Resistência à Compressão 5, 48, 52, 54, 55, 56, 58, 59, 91, 103, 189, 192, 194, 217, 233, 282

Rigidez  $k$  164, 165, 167, 171, 175, 176, 177

## S

Sílica Ativa 48, 50, 51, 54, 55, 56, 58, 59, 92, 105

Simulação 48, 50, 51, 52, 56, 58, 59, 138, 155, 156, 157, 203, 278, 280, 281, 287, 288, 289, 290, 291, 292, 293

Sistemas 14, 15, 16, 17, 27, 32, 33, 37, 41, 44, 50, 75, 78, 88, 99, 143, 169, 178, 179, 180, 183, 184, 185, 197, 235, 237, 270, 272, 275, 276, 294, 295

Solução Analítica 77, 84

## V

Vazios 7, 12, 48, 53, 56, 58, 59, 224, 227

Viga 42, 61, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 70, 73, 103, 187, 188, 189, 190, 191, 197, 198, 200, 201, 202, 203, 206, 208, 213, 214, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 233, 241, 245, 248, 263, 264, 266, 278, 280, 285, 287, 288, 289, 290, 291, 292, 293

 **Atena**  
Editora

**2 0 2 0**