



Franciele Braga Machado Tullio
Lucio Mauro Braga Machado
(Organizadores)

A Aplicação do Conhecimento Científico na Engenharia Civil

4

Atena
Editora
Ano 2020



Franciele Braga Machado Tullio
Lucio Mauro Braga Machado
(Organizadores)

A Aplicação do Conhecimento Científico na Engenharia Civil

4

Atena
Editora
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^a Dr^a 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^a Dr^a 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^a Dr^a Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Prof^a Dr^a 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^a Dr^a Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof^a Dr^a Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof^a Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Prof^a 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^a Dr^a Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof^a Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Prof^a 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^a 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^a Dr^a 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^a Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof^a 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

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
A642	<p>A aplicação do conhecimento científico na engenharia civil 4 [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 978-65-5706-171-8 DOI 10.22533/at.ed.718200907</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>
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
 Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “Aplicação do Conhecimento Científico na Engenharia Civil 4” conta vinte e um capítulos sobre estudos realizados nas diversas áreas da engenharia civil.

A crescente preocupação com o meio ambiente e a escassez de recursos naturais exige a busca por novas alternativas no uso de materiais de construção. A presente obra oferece vários estudos em que resíduos de diferentes materiais sejam utilizados na construção civil.

Em consonância com o meio ambiente, apresentamos estudos sobre obras de saneamento, com a finalidade de promover a saúde e melhoria na qualidade de vida de uma determinada população.

São apresentadas pesquisas sobre patologias na construção civil e obras de pavimentação, o que permite o desenvolvimento de planos de manutenção e prevenção de novas patologias.

Por fim, apresentamos estudos sobre o comportamento estrutural em determinadas obras, e pesquisas sobre as diferentes demandas que a engenharia civil nos proporciona.

Desejamos que esta obra desperte ao leitor para a aplicação e desenvolvimento de novas pesquisas, com o objetivo de enriquecer ainda mais os estudos nas diversas atuações da engenharia civil. Boa leitura!

Franciele Braga Machado Tullio
Lucio Mauro Braga Machado

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA DA UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO DE CORTE DE MÁRMORE E GRANITO PARA PRODUÇÃO DE ARGAMASSA AUTONIVELANTE	
Augusto Felipe Chiella Vinícius Felipe Chiella Nathália Cortes Tosi Juliana Alves de Lima Senisse Niemczewski	
DOI 10.22533/at.ed.7182009071	
CAPÍTULO 2	17
ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA DA UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO DE PÓ DE VIDRO COMO UMA ADIÇÃO MINERAL EM CONCRETOS DE ALTA RESISTÊNCIA, EM CONJUNTO AO EMPREGO DE MICROSSÍLICA	
Vinícius Felipe Chiella Augusto Felipe Chiella Nathália Cortes Tosi Juliana Alves de Lima Senisse Niemczewski	
DOI 10.22533/at.ed.7182009072	
CAPÍTULO 3	35
ESTUDO COMPARATIVO ENTRE BLOCOS DE CONCRETO COMUNS E BLOCOS DE CONCRETO COM ADIÇÃO DE FIBRAS DE CELULOSE PROVENIENTE DE PAPEL RECICLADO	
Mariana de Sousa Prazeres Eduardo Aurélio Barros Aguiar	
DOI 10.22533/at.ed.7182009073	
CAPÍTULO 4	49
ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICA DO EMPREGO DE RESÍDUO CERÂMICO COMO AGREGADO MIÚDO EM ARGAMASSAS DE ASSENTAMENTO	
Nathália Cortes Tosi Augusto Felipe Chiella Vinícius Felipe Chiella Juliana Alves de Lima Senisse Niemczewski	
DOI 10.22533/at.ed.7182009074	
CAPÍTULO 5	61
USO DE LA CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA (CBC) COMO REMPLAZO PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND – CASO COLOMBIA	
Juan Pablo Izquierdo Jimenez Maria Juliana Alvarez Arias Manuel Alejandro Rojas Manzano	
DOI 10.22533/at.ed.7182009075	
CAPÍTULO 6	79
ESTUDO DO DESEMPENHO DE ARGAMASSAS COM RESÍDUO LIGNOCELULÓSICO COMO SUBSTITUTO PARCIAL DO CIMENTO	
Bruna Ferraz Carvalho Dantas Carlos Fernando de Araújo Calado Aires Camões	
DOI 10.22533/at.ed.7182009076	

CAPÍTULO 7 97

ESTUDO DO USO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO (RCD) DE MACEIÓ, COMO AGREGADO RECICLADO EM ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO E ASSENTAMENTO

Raone Bruno de Oliveira Silva
Renato Antônio Santos Rolim
Marcos André Melo Teixeira
Pedro Gustavo dos Santos Barros

DOI 10.22533/at.ed.7182009077

CAPÍTULO 8 114

AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DE ARGAMASSAS COM ADIÇÃO DE REJEITO DE MINÉRIO DE COBRE DA PROVÍNCIA MINERAL DE CARAJÁS

Vinicius Lemos Pereira
Douglas Martins Sousa
Alan Monteiro Borges
Lygia Maria Policarpio Ferreira

DOI 10.22533/at.ed.7182009078

CAPÍTULO 9 124

GERAÇÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL EM JOÃO PESSOA: ESTUDO COMPARATIVO DO FLUXO DE ENTRADA NA USIBEN ENTRE OS PERÍODOS 2009/2010 E 2015/2018

Ubiratan Henrique Oliveira Pimentel
Gilson Barbosa Athayde Junior
Cristine Helena Limeira Pimentel
Samyr Sampaio Freire

DOI 10.22533/at.ed.7182009079

CAPÍTULO 10 133

DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO NA MICROBACIA DO ARROIO BARRAÇÃO, MUNICÍPIO DE GUAPORÉ-RS

Fernando Frigo Miglioni

DOI 10.22533/at.ed.71820090710

CAPÍTULO 11 138

ANÁLISE DE ESTUDO DO RECALQUE DE EDIFICAÇÃO SITUADA EM ZONA SUL DA CIDADE DE QUITO - EQUADOR

Alexis Enríquez León

DOI 10.22533/at.ed.71820090711

CAPÍTULO 12 149

PATOLOGIA EM LAJES MACIÇAS DE EDIFÍCIO EMPRESARIAL

Bruno Matos de Farias
Ronaldo Garcia da Costa
Rebecca Alves da Silva
José Ricardo Cardoso Domingues

DOI 10.22533/at.ed.71820090712

CAPÍTULO 13 164

LEVANTAMENTO DE PATOLOGIAS EM PAVIMENTOS FLEXÍVEIS DE VIAS URBANAS DE MACAPÁ-AP

Beatriz da Silva de Brito
Alinne Emely dos Santos Duarte
Paulo Victor Prazeres Sacramento
Ruan Fabrício Gonçalves Moraes
Orivaldo de Azevedo Souza Junior

DOI 10.22533/at.ed.71820090713

CAPÍTULO 14 179

AVALIAÇÃO OBJETIVA E SUBJETIVA EM SUPERFÍCIE DE PAVIMENTO FLEXÍVEL EM TRECHO URBANO – ANÁLISE DA DISTÂNCIA ENTRE ESTAÇÕES DE AVALIAÇÃO EM SUBTRECHOS HOMOGÊNEOS

Gustavo da Silva Schiavon

DOI 10.22533/at.ed.71820090714

CAPÍTULO 15 193

IMPACTO NO NÍVEL DE SOLICITAÇÕES DOS PILARES POR DIFERENTES MODELOS DE ANÁLISE ESTRUTURAL

Ray Calazans dos Santos Silva

Luan Reginato

Danilo Pereira dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.71820090715

CAPÍTULO 16 209

SAPATAS: COMPARAÇÃO ENTRE O MÉTODO DE CÁLCULO ANALÍTICO POR MEIO DAS BIELAS-TIRANTES E O MEF (2D)

Denise Itajahy Sasaki Gomes Venturi

Matheus Rangel Venturi

DOI 10.22533/at.ed.71820090716

CAPÍTULO 17 224

VIGAS DE PONTES PROTENDIDAS ENTRE 20 E 40 METROS

Leonardo Lunkes Wagner

Denizard Batista de Freitas

DOI 10.22533/at.ed.71820090717

CAPÍTULO 18 238

PLANO DE MOBILIDADE URBANA – PMU: UMA BREVE ANÁLISE DA LEI 12.587/2012

Rodrigo Marques do Nascimento

Fábio Mendes Ramos

Daniel Martins Nunes

DOI 10.22533/at.ed.71820090718

CAPÍTULO 19 248

NOVO LABORATÓRIO DO CURSO DE EDIFICAÇÕES DO IFPA

Luciano Costa de Farias

Marcelo Martins Farias

Wellen Patrícia Farias dos Reis

Celestina de Lima Rezende Farias

Cleydimara Aquino de Brito

DOI 10.22533/at.ed.71820090719

CAPÍTULO 20 256

A QUALIFICAÇÃO DO PROFISSIONAL DE ENGENHARIA CIVIL NO MERCADO ATUAL E O SEU IMPACTO DE CUSTO PARA UMA EMPRESA FORMAL

Rafaela Cardoso Galace

Flávia Aparecida Reitz Cardoso

DOI 10.22533/at.ed.71820090720

CAPÍTULO 21	267
ANÁLISE OBSERVACIONAL GEOLÓGICA-GEOTÉCNICA DE UM TRECHO DA RODOVIA DO CAFÉ Amanda Fernandes de Oliveira Leonardo Cesar de Souza Sowinski Gabrielly De Souza dos Santos Alex Sandro da Costa Mariana Alher Fernandes DOI 10.22533/at.ed.71820090721	
SOBRE OS ORGANIZADORES	280
ÍNDICE REMISSIVO	281

IMPACTO NO NÍVEL DE SOLICITAÇÕES DOS PILARES POR DIFERENTES MODELOS DE ANÁLISE ESTRUTURAL

Data de aceite: 01/06/2020

Data de submissão: 30/03/2020

Ray Calazans dos Santos Silva

Departamento de Engenharia de Estruturas –
EESC/USP
São Carlos – SP
<http://lattes.cnpq.br/5372629655559184>

Luan Reginato

Departamento de Engenharia de Estruturas –
EESC/USP
São Carlos – SP
<http://lattes.cnpq.br/2208311458254148>

Danilo Pereira dos Santos

Departamento de Engenharia de Estruturas –
EESC/USP
São Carlos – SP
<http://lattes.cnpq.br/4502949034201551>

RESUMO: A análise estrutural é a etapa do projeto em que são determinadas as solicitações atuantes nos elementos estruturais. Quando uma estrutura é solicitada por ações horizontais, os elementos de maior importância e responsável por resistir a estas solicitações são os pilares, pórticos ou sistemas de contraventamento. Dentre os modelos mais populares no meio técnico, tem-se os de viga

contínua, pórtico por pavimentos isolados, pórtico plano e pórtico espacial. Cada modelo tem características distintas e, diante disso, os projetistas devem conhecer as imprecisões de cada tipo de análise. Sendo assim, o presente trabalho tem como objetivo a comparação entre os níveis de solicitação dos pilares para um edifício padrão, tendo variado o seu número de pavimentos e modelo de cálculo. As ações verticais foram aplicadas como recomenda a ABNT NBR 6120:1980, o desaprumo verificado pela ABNT NBR 6118:2014 e as ações horizontais provindas do vento pela ABNT NBR 6123:1988. Concluiu-se que o modelo de viga contínua conduz a resultados contra segurança especialmente no tratamento dos pilares internos, além disso, a não consideração de esforços horizontais e a influência dos pórticos adjacentes por determinados modelos provocou uma divergência nos resultados em relação ao pórtico de pavimentos isolados. Por fim, salienta-se a relativa convergência entre os resultados encontrados nos modelos de pórticos plano e espacial.

PALAVRA-CHAVE: Análise estrutural. Pilar. Viga contínua. Pórtico plano. Pavimentos isolados. Pórtico espacial.

IMPACT ON THE LEVEL OF INTERNAL FORCES OF THE COLUMNS BY DIFFERENT MODELS OF STRUCTURAL ANALYSIS

ABSTRACT: Structural analysis is the stage of the project in which the internal forces on the structural elements are determined. When there are horizontal forces in the structure, the elements of major importance and responsible for resisting these demands are the columns, frames or bracing systems. Among the most popular models in the technical literature, there are those of continuous beam, isolated floors, plane frame and space frame. Each model has distinct characteristics and, on the other hand, designers must know the inaccuracies of each type of analysis. Therefore, the present paper has as objective the comparison between the levels of internal forces of the columns for a standard building, having varied its number of floors and calculation model. Vertical forces were applied as recommended by ABNT NBR 6120:1980, the plumb verified by ABNT NBR 6118:2014 and the horizontal forces coming from the wind by ABNT NBR 6123:1988. It was concluded that the continuous beam model has results against safety, especially in the treatment of internal columns, in addition, the failure to consider horizontal forces and the influence of adjacent frames by certain models caused a divergence in the results in relation to the pavements isolated. Finally, we highlight the relative convergence between the results found in the plane and space frames models.

KEYWORDS: Structural analysis, Column, Continuous beam models, Isolated floor, 2D frame, 3D frame.

1 | INTRODUÇÃO

É comum referir-se à etapa de análise estrutural como o cálculo dos esforços atuantes na estrutura, entretanto esta compreensão pode ser entendida como uma metonímia, ou seja, aproxima-se a estrutura real pelo que na verdade é o seu modelo mecânico. Desta forma, a análise estrutural é feita a partir de idealizações mais próximas ou mais distantes da realidade, consistindo na investigação de um modelo matemático com maior ou menor robustez.

Esta distinção, não obstante a sua obviedade, necessita de ser frisada, pois a sua incompreensão conduz a graves erros de engenharia que, na melhor das hipóteses, acarreta prejuízos no tocante ao desempenho estrutural. E, nos casos mais severos, pode significar o colapso estrutural, como o ocorrido no Real Class, edifício de 35 pavimentos situado na cidade de Belém que, ainda em construção, deixou três vítimas fatais ao sucumbir diante de solicitações horizontais devidas ao vento que não estavam presentes no modelo de cálculo avaliado, conforme destacado por Ribeiro e Oliveira (2018).

Portanto, especial atenção deve ser dada ao modelo matemático empregado que, de acordo com Corrêa (1991), é fruto não só do arranjo estrutural proposto como também das idealizações do material e da cinemática dos elementos estruturais, das condições de contorno e das ações. Um problema clássico que ilustra este desafio é a interseção de

duas vigas em um ponto não apoiado, usualmente o modelo mecânico adotado assume que a viga de menor inércia apoiar-se-á sobre a de maior, entretanto um outro modelo, mais refinado, considerará a compatibilização das flechas. Os dois modelos conduzem a uma solução e o engenheiro deve estar apto a definir o nível de aproximação desejado.

Assim, é necessário que o projetista conheça as hipóteses associadas a cada modelo e os erros que cada uma delas incorporam à solução do problema analisado. Ainda sobre a ruína do Real Class, conforme registrado nos autos do processo, a defesa salienta que foi empregado o modelo de cálculo de pórtico por pavimentos e que não há comprovação de que este modelo coloque em risco a estrutura. Tal declaração depõe contra o engenheiro projetista, na medida em que torna claro o fato de que o modelo foi empregado sem que se soubesse as hipóteses simplificadoras associadas a ele, a saber, a não consideração das ações horizontais.

Diante disso, este trabalho demonstra, por meio de uma aplicação, o impacto que as simplificações advindas das hipóteses de viga contínua, pavimentos isolados e pórticos planos têm sobre a determinação dos esforços de um pilar típico de uma edificação de múltiplos pavimentos. Salienta-se que tais valores são comparados com a referência estabelecida por um modelo de pórtico espacial. E, como os modelos de viga contínua e pavimentos isolados não avaliam a participação das ações horizontais, seja por vento ou desaprumo, estes modelos serão restritos à avaliação da edificação com apenas 3 pavimentos, enquanto o modelo de pórtico plano também será avaliado para 11 pavimentos.

Os cálculos realizados neste trabalho consideraram as ações verticais por meio das prescrições da ABNT NBR 6120:1980 e as ações horizontais (vento) pela ABNT NBR 6123:1988. Os modelos mecânicos de viga contínua, pórtico plano foram calculados manualmente e por meio da análise matricial de estruturas através do software FTool v.3.01, respectivamente, enquanto os modelos de pavimentos isolados e pórtico espacial foram calculados por meio do AltoQi Eberick v. 8.

2 | MÉTODOS DE ANÁLISE AVALIADOS

Faz-se distinção entre duas abordagens, a primeira delas corresponde ao grupo composto pela viga contínua e modelo de pavimentos isolados, enquanto o segundo é representado pelos pórticos plano e espacial. A principal diferença é a não consideração das ações horizontais por parte do primeiro grupo. Assim, nesta seção serão feitas revisões teóricas a respeito destes modelos de análise para que sejam evidenciadas as diferenças entre eles.

2.1 Viga contínua

Neste modelo, os elementos estruturais são considerados de forma isolada para facilitar o processo manual de cálculo, no entanto os elementos são dependentes entre si

na transferência dos esforços. Kimura (2018) sugere que esta análise seja feita seguindo as seguintes etapas: i) os esforços e flechas das lajes são calculados a partir de tabelas baseado em diversos métodos aproximados, como as tabelas de Marcus e Czerny; ii) as cargas das lajes são transferidas para as vigas através das áreas de influência pelo método das charneiras plásticas (Figura 1.a); iii) os esforços e flechas nas vigas são calculadas com o modelo de viga contínua apoiada em pilares, sendo estes simulados por apoios simples (Figura 1.b); iv) a reação vertical obtida nos apoios é transferido para os pilares como cargas concentradas (Figura 1.c).

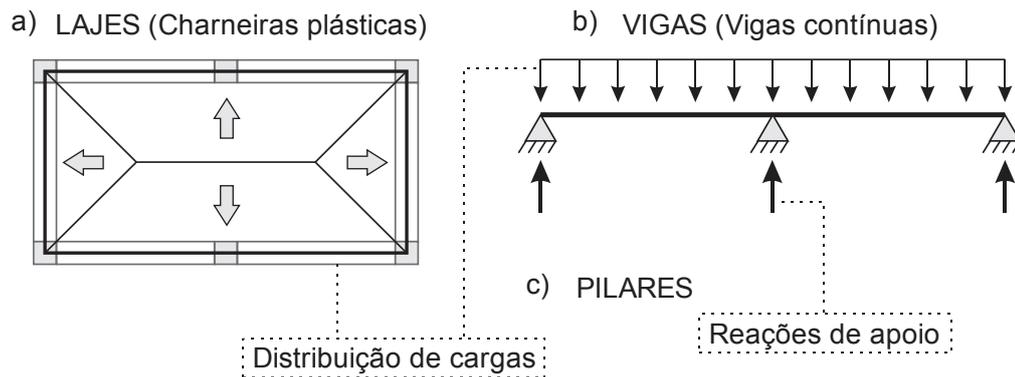


Figura 1 – Transferência de cargas entre os elementos. Fonte: Adaptado de Kimura (2018)

Em relação aos apoios para as vigas, Fontes (2005) destaca que podem ser considerados apoios simples, engastes ou apoios semirrígidos dependendo a rigidez e a precisão a ser implementada no modelo. Com a finalidade de aproximar o modelo à realidade, a NBR 6118 (ABNT, 2014) no item 14.6.6.1 faz as seguintes considerações:

- Não podem ser considerados momentos positivos menores que os que se obteriam se houvesse engastamento perfeito da viga nos apoios internos;
- quando a viga for solidária com o pilar intermediário e a largura do apoio, medida na direção do eixo da viga, for maior que a quarta parte da altura do pilar, não pode ser considerado o momento negativo de valor absoluto menor do que o de engastamento perfeito nesse apoio;
- quando não for realizado o cálculo exato da influência da solidariedade dos pilares com a viga, deve ser considerado, nos apoios extremos, momento fletor igual ao momento de engastamento perfeito multiplicado pelos coeficientes estabelecidos na Tabela 1:

Localização	Viga	Tramo superior do pilar	Tramo inferior do pilar
Coefficiente	$\frac{r_{inf} + r_{sup}}{r_{vig} + r_{inf} + r_{sup}}$	$\frac{r_{sup}}{r_{vig} + r_{inf} + r_{sup}}$	$\frac{r_{inf}}{r_{vig} + r_{inf} + r_{sup}}$

Tabela 1 – Coeficientes para solidarização dos pilares com a viga

Sendo $r_i = \frac{I_i}{l_i}$, onde r_i é a rigidez, I_i o momento de inércia e l_i o vão teórico do elemento i no nó considerado, conforme ilustrado na Figura 2.

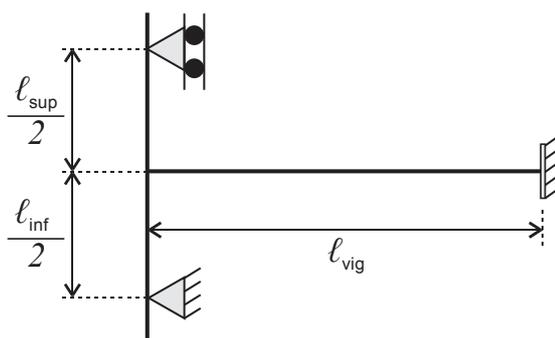


Figura 2 – Aproximação em apoios extremos

A partir dessas considerações, pode-se realizar a compatibilização de momentos na ligação do pilar com a viga ou sobrepor os diagramas considerando os momentos mais desfavoráveis para o dimensionamento.

Acrescenta-se que este modelo só incorpora as ações das cargas verticais e não leva em consideração os efeitos provocados por ações horizontais no edifício. Vale destacar que este modelo é muito utilizado para verificação manual dos resultados devido a sua simplicidade (KIMURA, 2018).

2.2 Pavimentos isolados

Conforme discutido na introdução deste trabalho, o modelo de pavimentos isolados foi aquele utilizado na análise do edifício Real Class, realizado por meio do AltoQI Eberick v. 6. O engenheiro projetista, conforme autos do processo, sustentou que esta opção estava pré-configurada no software de modo que ele apenas confirmou a caixa de mensagem que informava que os cálculos haviam sido efetuados com sucesso.

Ainda que os desenvolvedores deste software de análise e dimensionamento não sejam responsáveis solidários pela imperícia no uso das ferramentas por eles disponibilizadas, a partir da versão Eberick v.10 a opção de análise por meio do método dos pavimentos isolados só pode ser feita após a desconsideração do efeito do vento, das imperfeições globais e da não-linearidade geométrica, como indicado por Kirsten (2016).

A ideia por detrás do modelo de pavimentos isolados, como o próprio nome supõe,

é tratar a edificação de forma segmentada. Desta forma, inicia-se o cálculo da estrutura a partir do último pavimento, de forma isolada, considerando que seus pilares estão engastados. Na sequência, as reações calculadas no último pavimento são utilizadas como carregamento dos pilares do pavimento seguinte, que são representados com suas extremidades livres. Tal processo se dá de forma sucessiva até que a edificação seja calculada do último ao primeiro pavimento. A Figura 3 ilustra esta estratégia de cálculo.

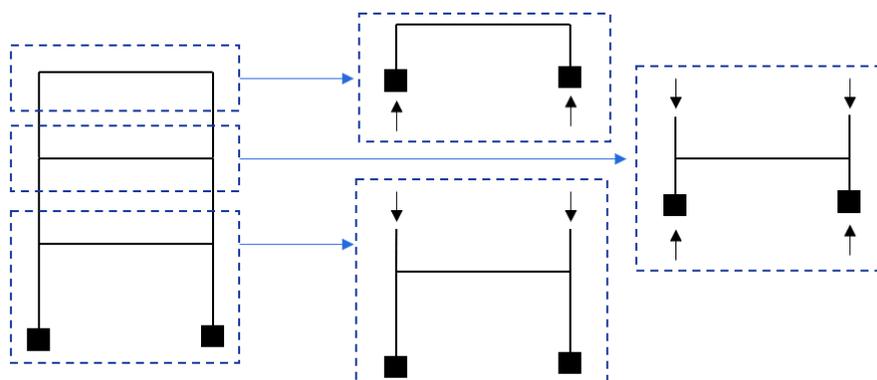


Figura 3 – Representação esquemática do modelo de pavimentos isolados.

Esta metodologia de cálculo é pertinente quando os esforços horizontais podem ser desprezíveis, pois representa um avanço no que diz respeito ao modelo de vigas contínuas na medida em que a rigidez da ligação viga/pilar pode ser melhor analisada. Além disso, quando tal método se popularizou, o fato de ser a solução de menor custo computacional dentre os modelos aplicados a estruturas aporticadas, tornava tal aplicação mais atraente.

Entretanto, a aplicação deste modelo requer cautela. Kirsten (2016) realizou um exercício interessante, ao comparar a solução por meio da técnica de pavimentos isolados e de pórticos espaciais aplicada a dois modelos tridimensionais nos quais os nós dos pilares eram rotulados. O resultado procurado foi o deslocamento horizontal na direção de menor inércia da edificação, tal valor foi de 1 cm para o modelo calculado por pavimentos isolados e de 10 cm para o modelo de pórtico espacial.

Ainda neste sentido, em seu trabalho Ribeiro e Oliveira (2018) modelaram numericamente o edifício Real Class, no intuito de avaliar a sua estabilidade global. Para isto lançaram mão do coeficiente γ_z e encontraram que este resultou em 1,7 para a estrutura dimensionada por meio da técnica de pavimentos isolados.

É evidente que não se quer com isto invalidar um modelo de cálculo, ao invés disso, se está a deixar evidente as suas limitações no tocante aos cálculos de estabilidade e à consideração de esforços horizontais, para que tal metodologia esteja restrita aos casos em que o projetista de fato julgar adequado.

2.3 Pórtico Plano

O modelo de pórtico plano representa um avanço em relação à análise por pavimentos isolados, uma vez que guarda a grande vantagem da melhor aproximação para a ligação viga/pilar, quando em comparação às vigas contínuas, mas descarta a simplificação de que o cálculo seja feito por etapas, pavimento por pavimento. Ao invés disso, toda a estrutura é contabilizada de forma monolítica, de modo que as ações horizontais podem ser acrescentadas à análise do pórtico.

Algumas adaptações foram propostas ao modelo de pórtico plano no intuito de aproximar tal representação das estruturas de concreto. Neste sentido pode-se destacar a adoção de trechos rígidos, úteis para a representação da mudança de eixo entre pilares, ou até de paredes estruturais com aberturas. A Figura 4 apresenta esta implementação.

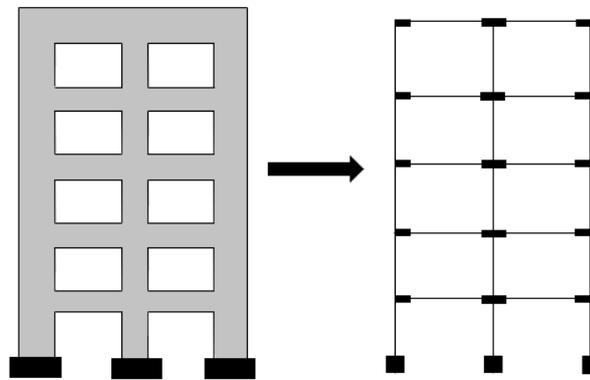


Figura 4 – Melhoria aplicada a pórticos planos: trechos rígidos.

Entretanto, ainda o aperfeiçoamento dos trechos rígidos não seja implementado, os modelos de pórticos planos se popularizaram, sobretudo para a avaliação dos esforços provocados pelo vento e verificação da estabilidade global.

Neste modelo os elementos estruturais são dotados de três graus de liberdade por nó, dois translacionais e um rotacional. Dessa forma, sua análise pode ser realizada em qualquer software dedicado à análise bidimensional de estruturas reticuladas.

Com a adoção de pórticos planos é possível a composição de carregamentos verticais e horizontais simultâneos, além disso também pode ser avaliada a contribuição de todos os pórticos alinhados frente às solicitações horizontais por meio de barras rígidas ligando tais estruturas em substituição das lajes dos pavimentos, como demonstrado na Figura 5.

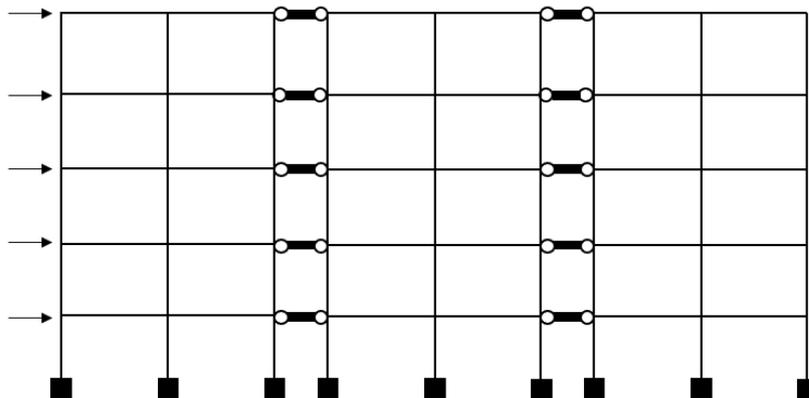


Figura 5 – Associação de pórticos planos por meio de barras rígidas biarticuladas.

A principal desvantagem desta abordagem é que ela só é válida para estruturas simétricas. Edificações com geometrias mais complexas necessitam de uma análise mais acurada, preferencialmente a partir da análise por pórtico espacial.

2.4 Pórtico Espacial

O pórtico espacial, conforme exposto por Kimura (2018), é o estado da prática em muitos escritórios de cálculo, seja para avaliação de estruturas de grande porte seja para as de pequeno. Diferentes abordagens podem ser realizadas para este modelo, a mais comum dentre elas é a adoção da hipótese do diafragma rígido, neste caso, as lajes são tomadas como indeformáveis em seu plano. Quando este for o caso, o modelo é inteiramente constituído de “barras gerais”, isto é, elementos de viga dotados de 6 graus de liberdade por nó, 3 translacionais e 3 rotacionais.

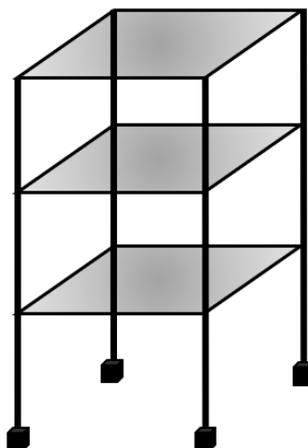


Figura 6 – Representação de um pórtico espacial.

Para o tratamento da hipótese de diafragma rígido é possível a adoção de um ponto no plano do pavimento, de localização arbitrária, cujos graus de liberdade são acoplados

aos demais nós do mesmo pavimento, de modo que os deslocamentos contidos no plano se mantêm relacionados. Outras estratégias também são aplicadas, como o enrijecimento lateral das vigas, adoção de elementos rígidos e até a restrição direta nos graus de liberdade da matriz de rigidez do sistema (CORRÊA, 1991; KIMURA, 2018).

3 | EDIFICAÇÃO AVALIADA

Neste estudo foi considerado um edifício residencial de múltiplos pavimentos em concreto armado adaptado de Araújo (2014), composto por: um térreo, uma cobertura e pavimentos-tipo variando de 1 a 9, totalizando um edifício variando de 3 a 10 pavimentos. O pavimento térreo tem altura de piso a piso de 3,80 m e os demais pavimentos de 2,80 m. Acrescenta-se que cada pavimento possui uma disposição simétrica dos elementos da estrutura.

A Figura 7 ilustra a planta de fôrma do lançamento estrutural, tendo vigas de 20x40 e 20x60 cm e pilares com 20x50 e 20x70 cm.

Peso específico do tijolo furado	13 kN/m ³
Cargas Acidentais (Q)	
Descrição	Carga
Dormitórios, sala, copa, cozinha e banheiro	1,5 kN/m ²
Despensa, área de serviço e lavanderia	2,0 kN/m ²
Escada sem acesso ao público	2,5 kN/m ²
Casa de Máquinas	7,5 kN/m ²

Tabela 2 - Resumo das cargas adotadas

As ações horizontais provenientes do vento e desaprumo foram consideradas pela NBR 6123 (ABNT, 1988) e NBR 6118 (ABNT, 2014), respectivamente.

Para o vento, a força a ser aplicada na estrutura é dada pela Equação 1, denominada força de arrasto.

$$F_a = C_a \cdot q \cdot A \quad \text{Equação 1}$$

Onde C_a é o coeficiente de arrasto determinado pela Tabela 10 da respectiva norma, onde foi considerado o edifício com seção constante ao longo da altura e vento de baixa turbulência. Destaca-se que para análise de cada direção do vento é considerado valores diferentes para o coeficiente de arrasto, assim como para cada redução da altura total do edifício; A é a área de influencia do pavimento, obtida pelo produto da altura de piso a piso com a largura do edifício perpendicular à ação do vento; q é a pressão dinâmica do vento dado pela Equação 2.

$$q = 0,613 \cdot V_k^2 \quad \text{Equação 2}$$

Sendo V_k a velocidade característica do vento, determinada pela Equação 3.

$$V_k = S_1 \cdot S_2 \cdot S_3 \cdot V_0 \quad \text{Equação 3}$$

Os valores de S_1 , S_2 , S_3 e V_0 são descritos na Tabela 3.

	Descrição	Valor adotado
V_0	Velocidade básica do vento: Adotado para a cidade de Aracaju/SE com valor determinado através do mapa de isopletras.	30 m/s
S_1	Fator topográfico: Adotado um terreno situado em um local plano.	1,0

S_2	Fator que leva em consideração a rugosidade do terreno, dimensões da edificação e altura da incidência do vento: Para a rugosidade foi adotado a categoria IV (Terrenos cobertos por obstáculos numerosos e pouco espaçados), para as dimensões da edificação foi adotado Classe A quando a máxima dimensão da edificação for menor que 20 m e Classe B quando for maior, e a altura de incidência do vento é analisado em cada altura do pavimento (z).	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Classe A: } 0,86 \left(\frac{z}{10} \right)^{0,120} \\ \text{Classe B: } 0,833 \left(\frac{z}{10} \right)^{0,125} \end{array} \right.$
S_3	Fator que leva em consideração o uso da edificação e sua vida útil: o valor adotado foi para edificações para hotéis e residências	1,0

Tabela 3 – Valores estatísticos adotados para o cálculo da velocidade característica do vento

Para o desaprumo, a NBR 6118 (ABNT, 2014) sugere a adoção de um ângulo θ_a simulando a falta de verticalidade da estrutura, em função do número n de prumadas de pilares, dado pela Equação 4.

$$q_a = q_1 \sqrt{\frac{1 + 1/n}{2}} \quad \text{Equação 4}$$

Onde:

$$q_1 = \frac{1}{100\sqrt{H}} \quad \text{Equação 5}$$

Sendo H a altura total do edifício e θ , não deve ser menor que 1/300 e não maior que 1/200.

A NBR 6118 (ABNT, 2014) permite a desconsideração do desaprumo quando esta for menor que 30% da força da ação do vento.

Neste estudo, a força equivalente provinda do desaprumo foi cerca de 20% da força de vento, com isso, considerou-se apenas as ações de vento.

4 | RESULTADOS

A comparação realizada entre os quatro modelos não esteve restrita às definições mecânicas, de modo que o processo também considerou as prescrições normativas, aplicando as combinações críticas apropriadas a cada um deles.

Desta forma, inicialmente foram avaliadas todas as combinações possíveis. Esta avaliação conduziu os modelos de pórtico plano e pórtico espacial à combinação crítica de $1,4G + 1,4V + 0,7Q$, em que G representa as cargas permanentes, V as ações variáveis principais (ação do vento) e Q as ações variáveis secundárias (sobrecargas). Nos modelos de viga contínua e pavimentos isolados, como as solicitações horizontais não são consideradas, a combinação crítica diferiu da anterior, tendo sido caracterizada por $1,4G + 1,4Q$, em que Q é a única ação variável avaliada e faz referência à sobrecarga.

As análises apresentadas nos itens seguintes são divididas em dois grupos, no primeiro deles os modelos de viga contínua e pavimentos isolados são introduzidos às análises, na avaliação de 3 pavimentos, para os quais o efeito da força do vento tem

a sua importância diminuída. Por último, se encontram os modelos que consideram as cargas verticais e horizontais em conjunto, ou seja, pórtico plano e pórtico espacial. Nesta seção foram variados o número de pavimentos no intuito de observar o impacto desta modificação entre estes resultados.

4.1 Modelo com 3 pavimentos

Para os modelos de viga contínua e pavimentos isolados não foi realizada uma variação do número de pavimentos, ao invés disso, analisou-se apenas uma única edificação de três pavimentos. O momento máximo de cada pilar associado aos dois modelos de cálculo é apresentado nos diagramas das Figura 8 e Figura 9.

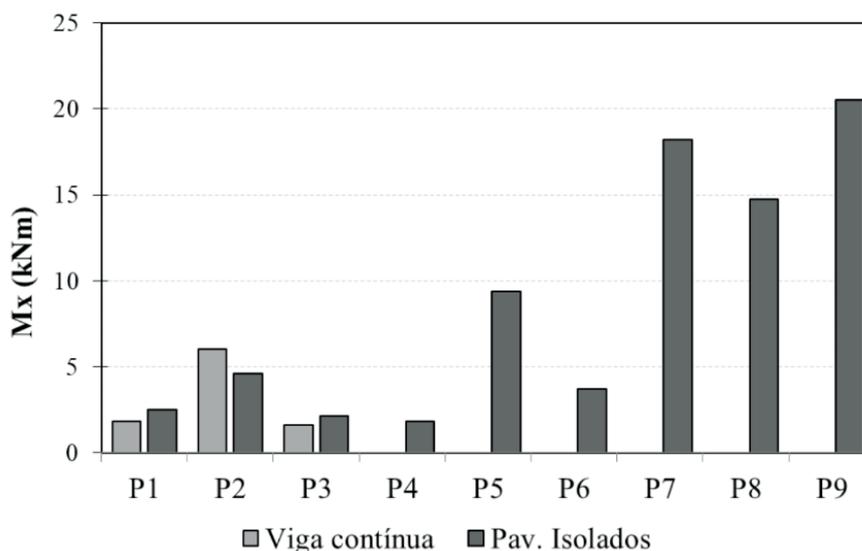


Figura 8 – Comparação entre os momentos máximos em torno de X para o edifício de três pavimentos com os modelos de viga contínua e pavimentos isolados.

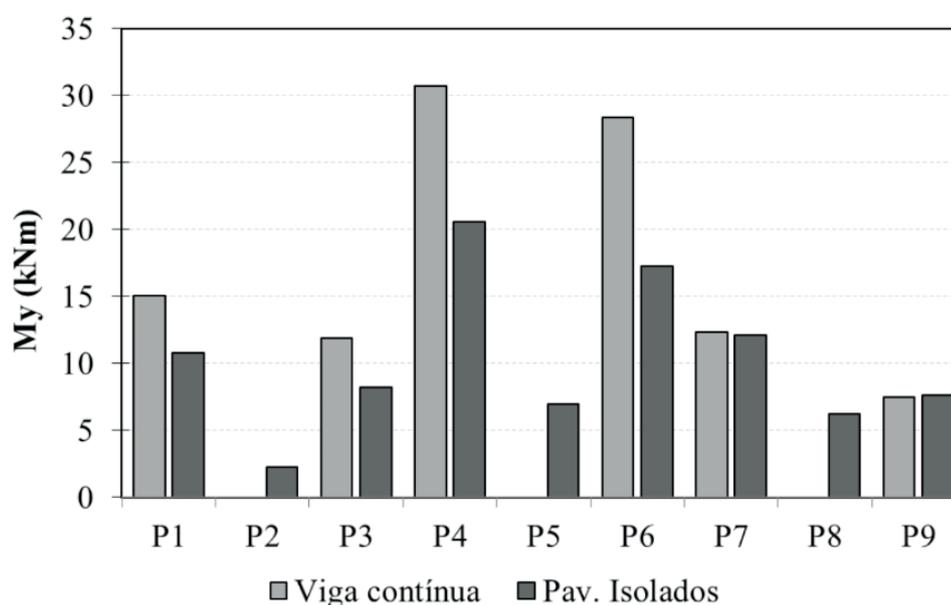


Figura 9 - Comparação entre os momentos máximos em torno de Y para o edifício de três pavimentos com os modelos de viga contínua e pavimentos isolados.

4.2 Modelo até 10 pavimentos

A avaliação variando o número de pavimentos para os pórticos planos e espacial foi organizado sob a forma de diagramas no intuito de representar o aumento da solicitação em cada pilar para edificações de diferentes números de pavimentos. A Figura 10 e a Figura 11 apresentam estes resultados.

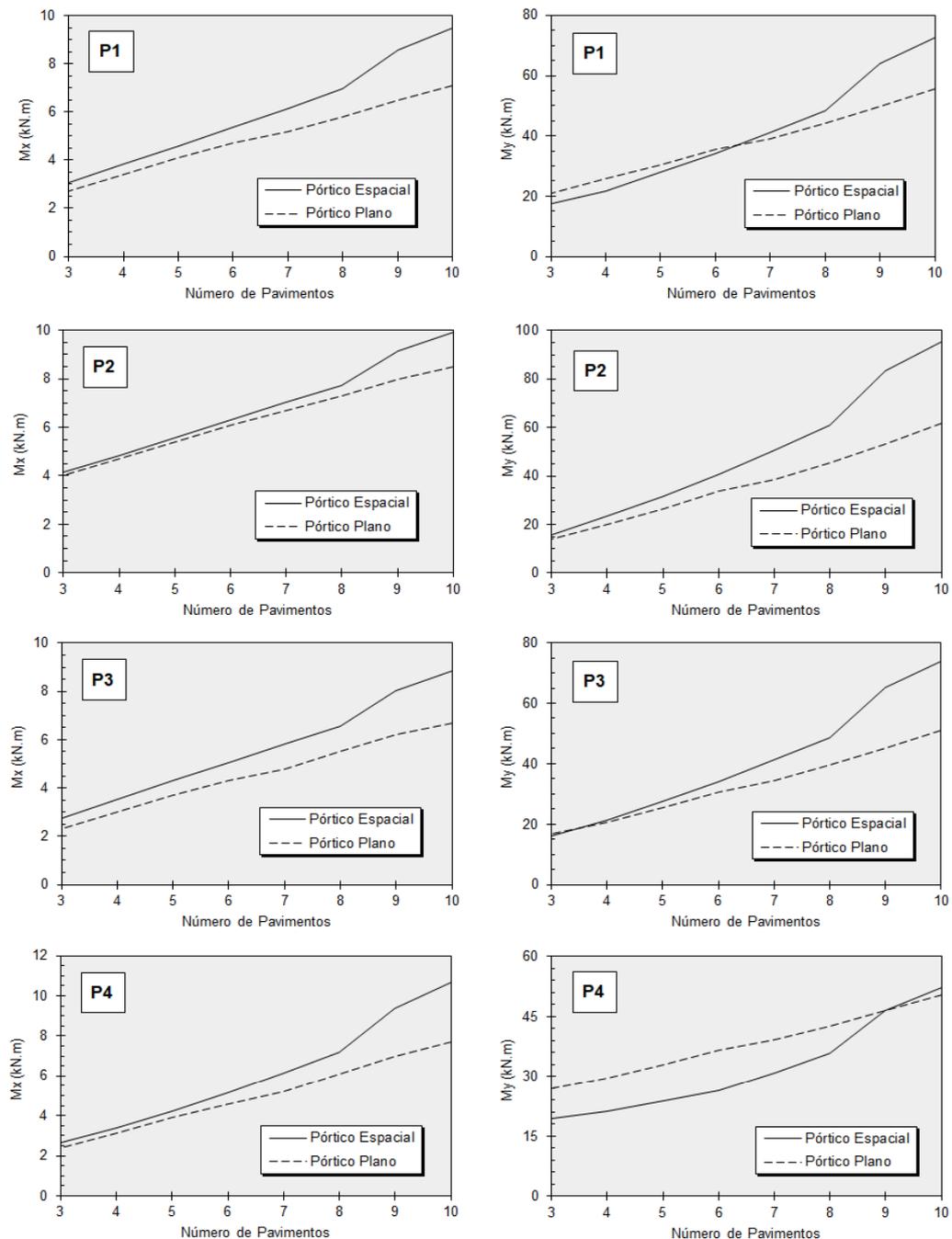


Figura 10 - Comparação entre os momentos máximos nos pilares variando o número de pavimentos do edifício para os modelos de pórtico espacial e pórtico plano.

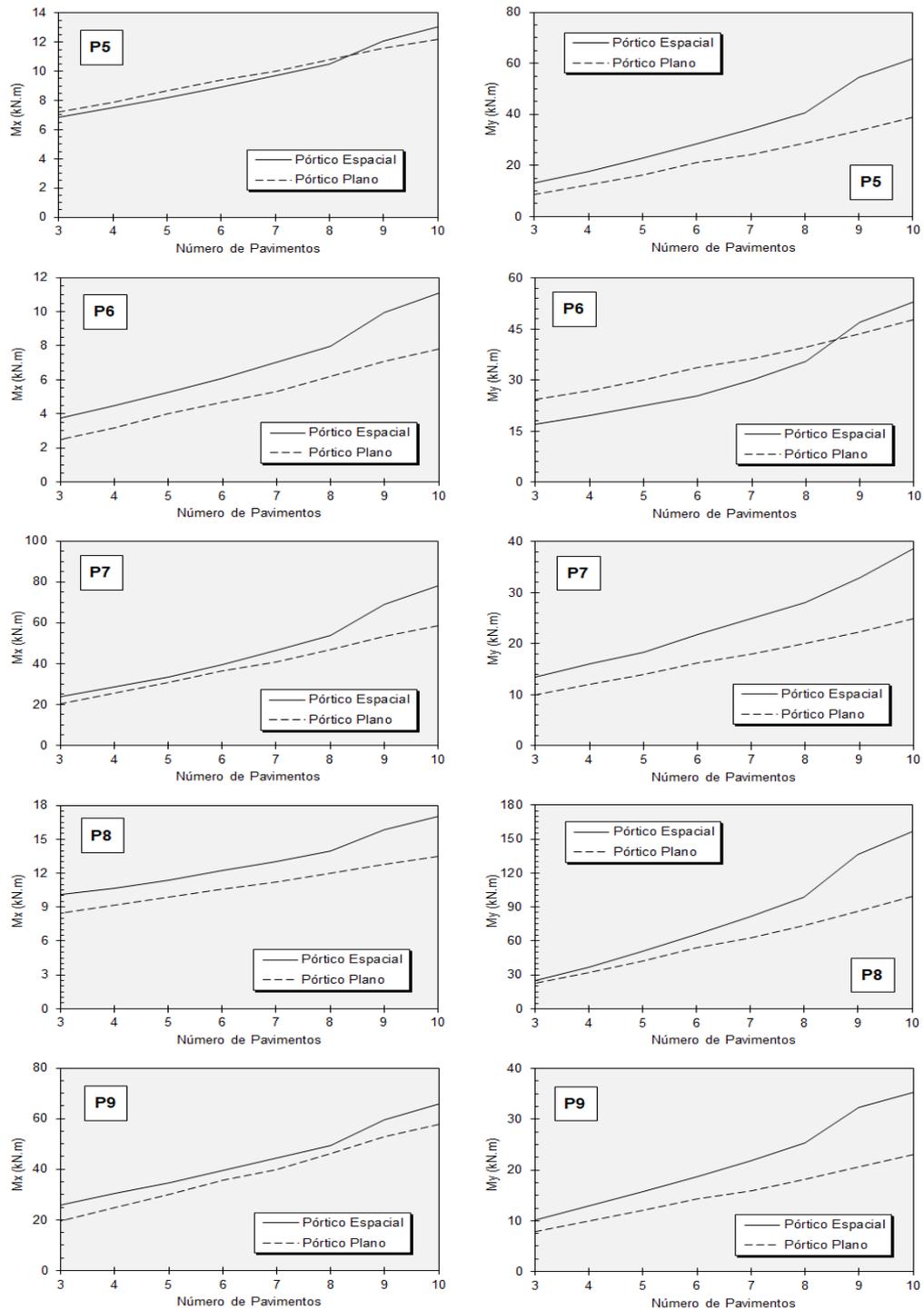


Figura 11 - Comparação entre os momentos máximos nos pilares variando o número de pavimentos do edifício para os modelos de pórtico espacial e pórtico plano

5 | CONCLUSÃO

No intuito de avaliar o impacto que a metodologia de cálculo possui sobre os resultados auferidos, neste trabalho foram aplicados os métodos da viga contínua, pavimentos isolados, pórtico plano e pórtico espacial a uma estrutura típica de concreto armado, tendo sido variados o seu número de pavimentos, com o propósito de investigar a alteração dos momentos fletores máximos identificados nos pilares em cada modelo. Salienta-se que o carregamento da estrutura se deu em obediência às normas brasileiras.

A partir dessas análises foi possível sublinhar as observações que abaixo se seguem.

- Os modelos de viga contínua e pavimentos isolados, como já se supunha no início destas avaliações, apresentam solicitações muito inferiores àquelas identificadas nos modelos de pórtico plano e pórtico espacial. Deste modo, tal limitação deve ser utilizada como critério quando da adoção destes modelos de cálculo.
- Os modelos de viga contínua, em relação ao pórtico espacial, apresentaram resultados ainda mais discrepantes na avaliação dos pilares internos. Isto se justifica, pois, este modelo não contabiliza a rigidez dos pilares nos nós internos das suas vigas.
- Em geral, a solução em pórticos planos apresentou resultados relativamente próximos aos obtidos através do pórtico espacial. Tal relação foi especialmente identificada para as edificações de até 8 pavimentos, cuja maior diferença esteve pouco abaixo dos 26%.
- O pórtico espacial, conforme referenciado na literatura, é o que se tem de mais avançado no estado da prática para as edificações usuais. Entretanto, recomenda-se para trabalhos futuros, que os seus resultados sejam comparados à modelos espaciais que considerem as não linearidades física e geométrica inerentes a uma edificação de grande porte em concreto armado.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6123**: Forças devidas ao vento em edificações. Rio de Janeiro, 1988.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR6118**: Projeto de estruturas em concreto armado - Procedimento. Rio de Janeiro. 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR6120**: Cargas para o Cálculo de Estruturas de Edificações. Rio de Janeiro, 1980.
- BRASIL. Tribunal de Justiça do Estado do Pará. **8ª Vara Criminal de Belém**. Número do processo: 0008206-71.2011.8.14.0401. 2011.
- CORRÊA, Márcio Roberto Silva. **Aperfeiçoamento de modelos usualmente empregados no projeto de sistemas estruturais de edifícios**. 342 p. Tese Doutorado- Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 1991.
- FONTES, Fernando Fernandes. **Análise estrutural de elementos lineares segundo a NBR 6118:2003**. 120p. Dissertação de mestrado – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 2005.
- KIMURA, Alio. **Informática aplicada a estruturas de concreto armado**. 2 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2018.
- KIRSTEN, A. Comparativo entre os modelos “Pórtico espacial” e “Pavimentos isolados” na análise de estruturas. **AltoQi Base de Conhecimento**. 8 de março de 2016. Disponível em: <<http://faq.altoqi.com.br/content/243/1637/pt-br/comparativo-entre-os-modelos-“pórtico-espacial”-e-“pavimentos-isolados”-na-análise-de-estruturas.html>>. Acesso em: 02/05/2019.
- OLIVEIRA, D. R. C. D.; RIBEIRO, R. J. D. C. The Collapse of Real Class building. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, Volume 11, nº 2, p. 357-388. 2018.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Adição Mineral 1, 2, 3, 4, 7, 12, 14, 15, 17, 18, 19, 22, 31

Adiciones Minerales 62

Agregado Cerâmico 49, 53, 55, 57, 58

Análise Estrutural 193, 194, 208, 217

Argamassa 1, 2, 3, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 25, 26, 30, 33, 46, 49, 51, 57, 58, 59, 81, 85, 86, 90, 95, 96, 97, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 111, 112, 113, 114, 115, 117, 121, 123, 149, 153, 157, 158, 159, 160

Argamassa de Assentamento 49, 113

Argamassas 1, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 21, 25, 49, 50, 51, 53, 54, 55, 56, 58, 59, 60, 79, 80, 82, 83, 95, 96, 97, 99, 100, 101, 103, 104, 105, 106, 111, 112, 114, 115, 116, 118, 123, 130, 132

Autonivelante 1, 2, 3, 4, 9, 15, 16

Avaliação Funcional 165

B

Baixo Custo 59, 114, 115, 239, 261

Bioetanol 64, 79, 80, 81, 95

C

Canalização 133, 136

Cimento 61, 62, 63, 67, 68, 69, 70, 71, 74, 75, 76

Colombia 61, 62, 63, 64, 65, 66, 69, 74, 75, 76

Concreto 15, 17, 18, 19, 20, 29, 32, 33, 34, 35, 37, 38, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 59, 60, 61, 62, 67, 68, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 79, 80, 81, 82, 95, 96, 100, 101, 105, 108, 116, 123, 128, 129, 130, 139, 140, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 159, 161, 162, 163, 169, 199, 201, 202, 207, 208, 210, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 233, 236, 237, 269

Construção 1, 2, 3, 16, 36, 38, 46, 47, 48, 49, 50, 59, 60, 79, 80, 86, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 107, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 122, 124, 125, 126, 130, 131, 132, 139, 141, 144, 145, 147, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 157, 161, 162, 163, 164, 177, 179, 185, 194, 210, 237, 243, 246, 247, 248, 250, 255, 256, 257, 259, 260, 261, 264, 265

Contrapiso 2, 3, 15, 104

D

Demolição 49, 52, 59, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 107, 111, 112, 113, 124, 126, 132

Dimensionamento 133, 134, 135, 136, 137, 152, 197, 210, 213, 217, 221, 224, 225, 226, 229, 230, 231, 235, 237

Drenagem em Pavimentos 165

E

Edifício Empresarial 149, 150

Elementos Finitos 209, 210, 213, 216, 217, 219, 221, 222, 223

Esgotamento Sanitário 133, 134, 135, 137

F

Fundações 147, 209, 210, 211, 213, 223

G

Granito (RCMG) 1, 2

L

Laje Maciça 150, 152, 153, 154

Lignina 80, 81, 82, 83, 96

M

Macapá 164, 165, 170, 171, 174, 175, 177, 178

P

Patologia 33, 149, 150, 151, 162, 163, 167, 178

Pavimentos 74, 130, 151, 164, 165, 166, 167, 169, 170, 171, 175, 178, 180, 191, 192, 193, 194, 195, 197, 198, 199, 201, 204, 205, 206, 207, 208

Pavimentos Isolados 193, 195, 197, 198, 199, 204, 205, 207, 208

Pilar 156, 193, 195, 196, 197, 198, 199, 205, 206, 214, 215

Pórtico Plano 193, 195, 199, 204, 205, 206, 207, 208

R

Recalque 138, 142, 145

Reciclagem de RCD, 49

Redes Coletoras 133, 136

Rejeito de Cobre 114, 115, 116, 117, 119, 123

Resíduo 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 29, 31, 32, 36, 37, 38, 49, 50, 51, 52, 53, 58, 59, 60, 79, 80, 81, 82, 83, 90, 91, 93, 94, 95, 97, 98, 100, 102, 103, 114, 115, 132

Resíduo de Corte 1, 2, 3, 4, 15

Resíduo Reciclado 2

Resistência Mecânica 12, 14, 15, 17, 49, 51, 54, 55, 56, 57, 105, 115, 116, 120

Risco 138, 139, 147, 195, 226, 251, 255

S

Saneamento 107, 133, 134, 135, 137, 178, 182, 240, 279

Sapatas 209, 210, 211, 212, 213, 214, 216, 223

Solo 69, 71, 123, 135, 138, 139, 141, 143, 146, 147, 166, 168, 209, 210, 211, 212, 214, 215, 217, 220, 221, 222, 240, 267, 268, 269, 272, 273, 274, 276, 277, 279

Subsistência 138, 147

Sustentabilidade 80, 115, 240

T

Teoria da Elasticidade 209

V

Vigas 156, 157, 195, 196, 198, 199, 201, 208, 224, 225, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236

 **Atena**
Editora

2 0 2 0