



Franciele Braga Machado Tullio
Lucio Mauro Braga Machado
(Organizadores)

A Aplicação do Conhecimento Científico na Engenharia Civil

2

Atena
Editora
Ano 2020



Franciele Braga Machado Tullio
Lucio Mauro Braga Machado
(Organizadores)

A Aplicação do Conhecimento Científico na Engenharia Civil

2

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 2 [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 978-65-5706-170-1 DOI 10.22533/at.ed.701200907</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 2” contempla vinte e três capítulos com pesquisas relacionadas a temas da engenharia civil.

O desenvolvimento de novos materiais e a utilização de novas tecnologias na sua composição permitem um grande avanço na área, gerando alternativas de execução e muitas vezes evitando patologias nas edificações.

O estudo sobre o comportamento de materiais utilizados na construção civil permite o aperfeiçoamento de sistemas construtivos já existentes e proporciona uma otimização na execução de projetos.

O livro aborda também artigos que avaliam desempenho de solos, seu comportamento junto a estruturas de edificações e obras de pavimentação.

Esperamos que esta obra proporcione uma leitura agradável e contribua para a geração de novas pesquisas na área da engenharia civil, contribuindo para o desenvolvimento tecnológico.

Franciele Braga Machado Tullio

Lucio Mauro Braga Machado

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
ADERÊNCIA DO CHAPISCO COM ADIÇÃO DE CAL	
André Miranda dos Santos Ângelo Just da Costa e Silva João Manoel de Freitas Mota	
DOI 10.22533/at.ed.7012009071	
CAPÍTULO 2	13
AVALIAÇÃO DA ABSORÇÃO CAPILAR EM ARGAMASSAS ESTABILIZADAS DE REVESTIMENTOS SUBSTITUINDO AGREGADOS NATURAIS POR AGREGADOS ARTIFICIAIS	
Valéria Costa de Oliveira Emílio Gabriel Freire dos Santos Leandro de Souza Carvalho Rafael Alves de Oliveira Fernanda dos Santos Gentil Ieda Maria Fagundes Zanolla	
DOI 10.22533/at.ed.7012009072	
CAPÍTULO 3	30
AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO PIGMENTO NA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO E TRAÇÃO DE CONCRETOS DE ALTO DESEMPENHO	
Amanda Vieira Noletto Dalmo Gabriel da Silva Santana Beatriz Santos Neri Maria Carolina de Paula Estevam D'Oliveira Salmo Moreira Sidel	
DOI 10.22533/at.ed.7012009073	
CAPÍTULO 4	38
AVALIAÇÃO DO ATAQUE DE ÍONS CLORETO EM ESTRUTURAS DE CONCRETO, CONTENDO OU NÃO ADIÇÕES MINERAIS	
Rayssa Valéria da Silva Fuad Carlos Zarzar Júnior José Wertson Gonçalo Pereira Gênova Gabriela Oliveira de Paula Rocha Leonardo José Silva do Vale João Gabriel Souza dos Reis Igor Albuquerque da Rosa Teixeira Pedro Daltro Macedo de Alencar José Flávio Batista Vilela Carlos Fernando Gomes do Nascimento	
DOI 10.22533/at.ed.7012009074	
CAPÍTULO 5	51
AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DA ADIÇÃO DE METACAULIM NO CONCRETO FRENTE À PENETRAÇÃO DE ÍONS CLORETO	
Jefferson Thales Siqueira Gomes Emerson José da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.7012009075	

CAPÍTULO 6	68
COMPÓSITOS CIMENTÍCIOS REFORÇADOS COM FIBRAS DE CELULOSE: UMA REVISÃO	
Marllon Victor Soares Cabral Humberto Mycael Mota Santos	
DOI 10.22533/at.ed.7012009076	
CAPÍTULO 7	81
EFEITO DA SÍLICA ATIVA EM SUSPENSÃO NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO CONCRETO	
Albert Luiz Follmann Bruno Teles Cordeiro Fernando Pelisser Artur Spat Ruviano	
DOI 10.22533/at.ed.7012009077	
CAPÍTULO 8	95
ESTUDO DAS PROPRIEDADES DE UM CONCRETO COM 20MPA NO ESTADO FRESCO, MISTURADO À MÃO E NA BETONEIRA, COM E SEM A SUBSTITUIÇÃO DA AREIA NATURAL POR AREIA BRITADA	
Gabriel Rigaud Figueirôa Lyra Anderson José Silva André Vinícius Melo Couto André William Barbosa Brito Sócrates Ildefonso Farias da Silva Simone Perruci Galvão	
DOI 10.22533/at.ed.7012009078	
CAPÍTULO 9	105
INFLUÊNCIA DO PROCEDIMENTO DE MISTURA DOS ADITIVOS NAS PROPRIEDADES DAS ARGAMASSAS ESTABILIZADAS	
Juliana Pippi Antoniazzi Luciano Vargas Vaz Gihad Mohamad Raquel Petry Brondani Schmidt Bernardete Trindade	
DOI 10.22533/at.ed.7012009079	
CAPÍTULO 10	114
VIABILIDADE TÉCNICA DO USO DE DETERGENTE DOMÉSTICO COMO ADITIVO PLASTIFICANTE EM ARGAMASSA CIMENTÍCEA	
Jessica Maria de Oliveira Galeno Ataídes Oliveira Galvão Junior Marcos Vinícios Aguiar Mohana Mylena Veras Cavalcante	
DOI 10.22533/at.ed.70120090710	
CAPÍTULO 11	128
AVALIAÇÃO DO ATRITO DE INTERFACE ENTRE BLOCOS DE EPS E DIFERENTE SOLOS E GEOSSINTÉTICOS ATRAVÉS DO CISALHAMENTO DIRETO	
Arthur Ivo Zuquim	
DOI 10.22533/at.ed.70120090711	

CAPÍTULO 12	143
CONTRIBUIÇÃO DA RIGIDEZ TORSIONAL DE VIGAS NO CÁLCULO DE MOMENTOS FLETORES EM LAJES MACIÇAS DE CONCRETO ARMADO	
Jonas Pereira Falcão	
Francisco dos Santos Rocha	
DOI 10.22533/at.ed.70120090712	
CAPÍTULO 13	159
DETERMINAÇÃO DA RIGIDEZ EXPERIMENTAL DE VIGOTA TRELIÇADA OBJETIVANDO O DIMENSIONAMENTO DE ESCORAS DE LAJES	
Rebeca Alexandra de Moraes Candido	
Tiago Duarte de Lima	
Adão Marques Batista	
DOI 10.22533/at.ed.70120090713	
CAPÍTULO 14	170
EFEITOS DA TEMPERATURA NAS DEFORMAÇÕES POR FLUÊNCIA DO CONCRETO	
Edmilson Lira Madureira	
Brenda Vieira Costa Fontes	
Juliana Caroline Neves de Araújo	
DOI 10.22533/at.ed.70120090714	
CAPÍTULO 15	186
ESTABILIDADE ELÁSTICA EM PILARES METÁLICOS SUBMETIDOS À ATUAÇÃO CONJUNTA DO CARREGAMENTO VERTICAL E DO VENTO	
Wesley Imperiano Gomes de Melo	
Normando Perazzo Barbosa	
DOI 10.22533/at.ed.70120090715	
CAPÍTULO 16	205
INFLUÊNCIA DO GRAUTE NA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DA ALVENARIA ESTRUTURAL DE BLOCOS CERÂMICOS	
Rafael Azevedo Lino	
Orieta Soto Izquierdo	
Indara Soto Izquierdo	
Márcio Roberto Silva Corrêa	
DOI 10.22533/at.ed.70120090716	
CAPÍTULO 17	222
INSPEÇÃO PRELIMINAR E MONITORAMENTO DE EDIFICAÇÃO EM CONCRETO ARMADO: ESTUDO DE CASO EM BRASÍLIA	
Matheus Nunes Reis	
Jorge Antonio da Cunha Oliveira	
Jocinez Nogueira Lima	
DOI 10.22533/at.ed.70120090717	
CAPÍTULO 18	237
O CÁLCULO CORRETO DOS EFEITOS DE SEGUNDA ORDEM EM ESTRUTURAS DE EDIFÍCIO DE CONCRETO ARMADO	
Antonio Oscar Cavalcanti da Fonte	
Felipe Luna Freire da Fonte	
Ennes do Rio Abreu	
DOI 10.22533/at.ed.70120090718	

CAPÍTULO 19	251
REFORÇO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO COM PRF: UM ESTUDO DE CASO	
Elisson Bilheiro Ferreira Filho	
Ruan Richelly Santos	
Letícia Ikeda Castrillon Fernandez	
Diôgo Silva de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.70120090719	
CAPÍTULO 20	270
CAPACIDADE DE ANCORAGEM DE CONECTORES COM CABEÇA EM CONEXÕES VIGA-PILAR DE CONCRETO ARMADO	
Nataniel Wontoon Barbosa Lima	
Ana Paula Bona Barros Medeiros	
Guilherme Oití Berbert-Born	
João Gabriel Pacheco Monteiro	
Marcos Honorato de Oliveira	
Maurício Ferreira de Pina	
DOI 10.22533/at.ed.70120090720	
CAPÍTULO 21	285
ESTUDO DA DOSAGEM DE CONCRETO AUTOADENSÁVEL REFORÇADO COM FIBRAS ADOTANDO O MÉTODO DO EMPACOTAMENTO COMPRESSÍVEL (MEC)	
Matheus Galvão Cardoso	
Rodrigo de Melo Lameiras	
DOI 10.22533/at.ed.70120090721	
CAPÍTULO 22	301
IDENTIFICAÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM FACHADAS DE EDIFICAÇÕES HISTÓRICAS	
Tauhana Eineck	
Diogo Rodrigues	
Patrícia Dalla Lana Michel	
DOI 10.22533/at.ed.70120090722	
CAPÍTULO 23	305
UMA ABORDAGEM SOBRE A CARACTERIZAÇÃO DOS SOLOS LATERÍTICOS APLICADOS À PAVIMENTAÇÃO	
Lettycia Pinheiro da Silva	
Lázaro Fernandes Pereira	
Beatriz Almeida Nascimento	
Lívia Ramos Lima	
Roseli Oliveira Guedes Martins	
DOI 10.22533/at.ed.70120090723	
SOBRE OS ORGANIZADORES	307
ÍNDICE REMISSIVO	308

DETERMINAÇÃO DA RIGIDEZ EXPERIMENTAL DE VIGOTA TRELIÇADA OBJETIVANDO O DIMENSIONAMENTO DE ESCORAS DE LAJES

Data de aceite: 01/06/2020

Data da submissão: 21/03/2020

Rebeca Alexandra de Moraes Candido

Universidade São Francisco

Cidade: São Paulo

Link: <http://lattes.cnpq.br/7131972774358541>

Tiago Duarte de Lima

Universidade São Francisco

Cidade: São Paulo

Link: <http://lattes.cnpq.br/3745069682573452>

Adão Marques Batista

Professor Doutor, Departamento de Engenharia Civil – USF e Fatec

Campus USF, Laboratório de Materiais de construção civil – Bragança Paulista – SP

Cidade: São Paulo

Link: <http://lattes.cnpq.br/8867223794945538>

RESUMO: Na área da construção civil, a escolha de um bom sistema de estrutura de laje é muito importante. Os escoramentos que fazem parte desse sistema são considerados elementos secundários, porém são de suma importância e o conhecimento deste assunto objetiva custos mais baixos na construção. Entretanto, há poucos estudos, originando uma literatura escassa e de pouco conteúdo para se

consultar. O objetivo deste estudo foi analisar a otimização do espaçamento entre as escoras de lajes treliçadas pré-moldadas usadas em edifícios e residências, de um modo prático. A verificação da rigidez dos elementos, propiciam assim a determinação dos espaçamentos adequados entre as guias de apoio. Dessa maneira, foram realizados ensaios de flexão para a determinação da rigidez, e com os resultados coletados é possível comparar com os valores teóricos e os resultados encontrados na literatura. Notou-se que os resultados encontrados foram próximos daqueles medidos e os recomendados pelos fabricantes de lajes pré-moldadas, que indicam um espaçamento de 1,20m entre as guias de apoio, sendo que, o valor encontrado em laboratório foi de 1,40m. Dessa maneira verificou-se que as recomendações práticas das empresas construtoras estão um pouco abaixo do limite. Portanto, é possível recomendar espaçamentos um pouco mais longos entre os apoios das escoras em comparação aos valores práticos utilizados na atualidade, e conseqüentemente, obtendo uma certa melhoria e economia das construções.

PALAVRAS-CHAVE: rigidez experimental, escoramento, laje pré-moldada

DETERMINATION OF THE EXPERIMENTAL RIGIDITY OF PREMOLDADE SLABS WITH THE AIM OF CALCULATING SCAFFOLDING

ABSTRACT: In the area of construction, choosing a good slab structure system is very important. The props that are part of this system are considered secondary elements, but are of paramount importance and knowledge of this subject aims lower costs in construction. However, there are few studies, resulting in a scarce literature with little content to consult. The objective of this study was to analyze the optimization of the spacing between the precast truss slabs used in buildings and homes in a practical way. Checking the rigidity of the elements thus provides the determination of adequate spacing between the support guides. Thus, flexural tests were performed to determine the stiffness, and with the collected results it is possible to compare with the theoretical values and the results found in the literature. It was noted that the results were close to those measured and those recommended by manufacturers of precast slabs, which indicate a spacing of 1.20m between the support guides, and the value found in the laboratory was 1.40m. Thus it was found that the practical recommendations of construction companies are slightly below the limit. Therefore, it is possible to recommend slightly longer spacing between the support struts compared to the practical values used today, and consequently, obtaining some improvement and economy of the buildings.

KEYWORDS: Experimental rigidity, shoring, prefabricated slab

1 | INTRODUÇÃO

As fôrmas são equipamentos provisórios responsáveis pela dimensão e geometria de um determinado elemento estrutural de concreto armado moldado na obra, sejam eles vigas, pilares ou lajes. Já os escoramentos também conhecidos como cimbramentos ou cimbres, são os responsáveis por garantir o suporte necessário para que consiga sustentar o seu peso próprio e as cargas atuantes sobre o mesmo com segurança. Além dessas funções básicas, as fôrmas e escoramentos servem para proteger o concreto fresco até que o mesmo, adquira a resistência suficiente para se sustentar, contra impactos, alterações de temperatura e, especialmente, da diminuição da perda da água por evaporação, essencial para a sua hidratação. (NAZAR, 2007)

Nas construções de edifícios habitacionais e comerciais de múltiplos andares os custos das fôrmas e escoramentos podem variar de 25% até 30%. Portanto, otimizar a fôrma e o escoramento facilita a execução, garantindo uma melhor qualidade e minimizando custos e desperdícios do empreendimento (NAZAR, 2007). Além disso, Batista (2017), corrobora indicando que a estrutura de uma edificação pode chegar a 50% do total da obra, e que o sistema de fôrmas e escoramentos chega a 20% do custo da estrutura, assim pode-se deduzir que o sistema de fôrmas e escoramentos chega a aproximadamente 10% do custo global de uma edificação. Essa magnitude de valores mostra que o sistema é muito importante na composição dos custos finais da obra.

Atualmente há uma grande demanda no mercado brasileiro para o uso de lajes treliçadas para se evitar ou diminuir o custo da fôrma em obra e, assim, reduzir o custo geral da edificação, principalmente, em obras de pequeno e médio porte.

Dessa maneira, com a utilização de lajes treliçadas o escoramento se torna bem simples, sendo que, o sistema se reduz basicamente a escoras verticais, longarinas ou guias de apoio para receber diretamente as lajes. Na figura 1 podem ser vistas lajes treliçadas suportadas por longarinas e escoras de metal e eucalipto, formando o apoio da laje.



Figura 1 - Laje treliçada apoiada por escoras e longarinas

Fonte: FARIA, 2006

A vantagem desses sistemas de escoramentos é que além de serem baratos, e não usarem fôrmas para laje, podem ser reaproveitados várias vezes, otimizando-se os custos nessa etapa da construção. Nota-se que é possível se adaptar tanto escoras metálicas quanto longarinas metálicas nesse modelo, ou seja, aproveitando-se o que houver disponibilidade no momento da execução da laje.

Os escoramentos integralmente de madeira ou escoras metálicas, são muito utilizados no Brasil, por necessitarem de mão-de-obra de baixa complexidade, ou seja, não necessitam de equipamentos para o içamento das peças, além da grande oferta e disponibilidade do material para locação no mercado. (RIVEIRA; BATISTA, 2017).

A estrutura de escoramento é provisória e deve resistir e transmitir às suas bases de apoio e todas as ações provenientes, sendo elas, as cargas permanentes e variáveis resultantes do lançamento do concreto fresco. Essa estrutura de escoramento deve suportar essas cargas até que o concreto se torne autoportante.

2 | COMPOSIÇÃO DAS VIGAS TRELIÇADAS

Segundo Batista (2017), os sistemas estruturais formados por lajes pré-moldadas requerem pouco escoramento e os fornecedores desse tipo de material não dispõem de dados experimentais ou teóricos. A ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) por meio da NBR 15696/2009, que abrange a estrutura de escoramento de maneira geral, não especifica escoramentos para lajes pré-moldadas e sim para o concreto fresco, e, por outro lado há uma lacuna quanto aos espaçamentos adequados para serem utilizados.

Alguns fabricantes definem que os espaçamentos entre escoras e entre os apoios das escoras sejam de aproximadamente 1,20m. Porém, não há justificativa técnica para tal valor a não ser a experiência prática de profissionais que gerenciam obras.

As lajes treliçadas resultaram de estudos e ensaios de lajes pré-moldadas do tipo nervurada, em que foram acrescentadas algumas barras de aço, formando um trilho treliçado, que juntamente com o concreto geram um elemento estrutural, e assim, podendo vencer vãos maiores, eliminando vigas, além de gerar ganho no tempo de execução e alívio de escoras.

Segundo Riveira e Batista (2017), as treliças espaciais são compostas por aço CA60 com barras eletrossoldadas sendo que, em geral, amarra-se os nós a cada 20cm horizontalmente um do outro e, para a armadura principal pode acrescentar-se armadura adicional conforme necessidade do projeto. Além disso, possui uma capa de concreto na base treliça servindo como fôrma e apoio das lajotas cerâmicas ou de isopor.

A altura da laje depende do vão e do carregamento empregado. Por meio da norma NBR 14862 (ABNT,2012) que rege a fabricação das treliças espaciais para confecção das lajes treliçadas, define-se a nomenclatura TR como treliça, a seguir sua altura, e posteriormente, o diâmetro dos ferros em aço utilizados na sua composição. Tomando-se como exemplo o modelo TR8644, significa treliça com “H” igual a 8cm de altura, ferro superior de 6mm com diagonais de 4,2mm e ferros inferiores de 4,2mm. Na figura 2 pode-se ver uma viga treliçada com as especificações citadas anteriormente.

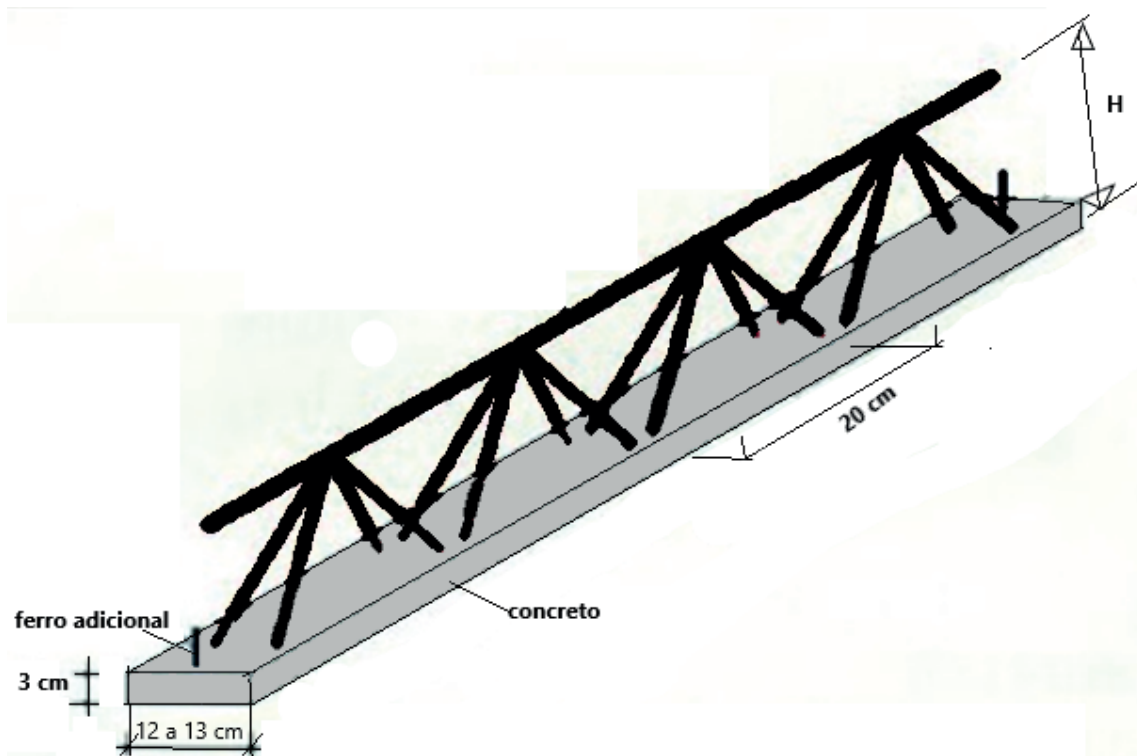


Figura 2 – Características gerais de uma viga treliçada

Admitindo a treliça TR8644 descrita anteriormente, como sendo aquela que tem a menor altura, portanto, a mais crítica para o dimensionamento de escoramento, temos o menor momento de inércia. Ainda, se desprezarmos a capa de concreto da parte inferior da treliça, por se tratar de tração quando a carga estiver em ação para se transmitir ao escoramento, pode-se desprezar a resistência do concreto à tração de acordo com o método dos estados limites. Logo a seção transversal para dimensionamento teórico a ser considerado da treliça espacial é constituída somente pelos ferros dos banzos da treliça mostrados na figura 3.

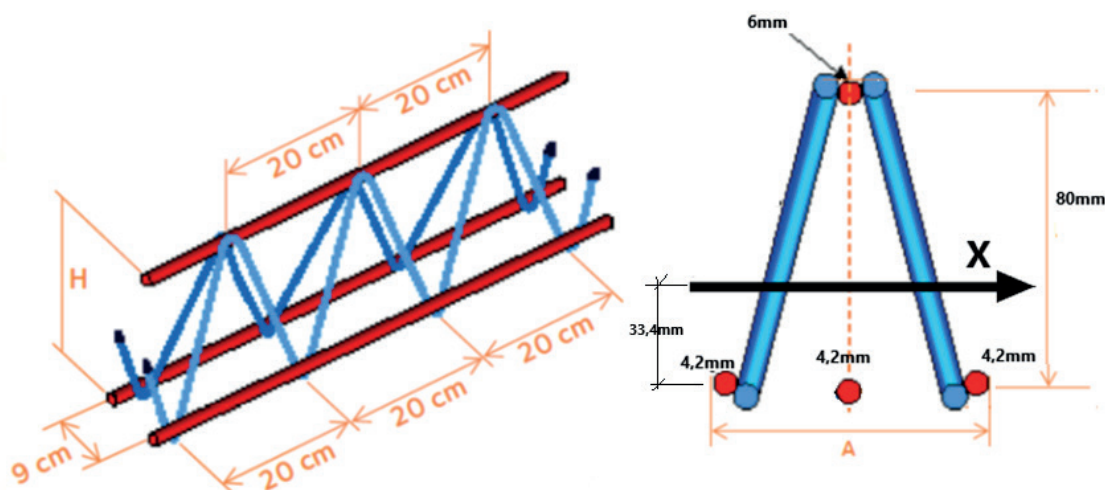


Figura 3 - Seção transversal da viga treliçada

Fonte: Adaptado de Manual Técnico das Lajes Treliçadas, (ARCELORMITTAL, 2010)

Considerando-se a resistência dos materiais e a seção denotada na figura 3, têm-se o momento de inércia de $I_x = 11,59\text{cm}^4$, admitindo-se que o módulo de elasticidade do aço da treliça é de 210GPa, obtém-se assim que a rigidez de uma viga treliçada vale $EI = 24,34\text{kN.m}^2$. Rivera e Batista (2017) encontraram valores similares, ou seja, $EI = 25,5\text{kN.m}^2$ por processos experimentais.

3 | ENSAIOS

A fim de se verificar os resultados experimentalmente, optou-se por ensaiar vigas com as características apresentadas na figura 3, e assim confrontar os resultados numéricos para se ter a garantia de que os espaçamentos dos apoios dos escoramentos estão adequados, e se os mesmos correspondem a aqueles adotados na prática em obras.

Para simular os carregamentos da viga a ser ensaiada foi considerado o esquema estático mostrado na figura 4.

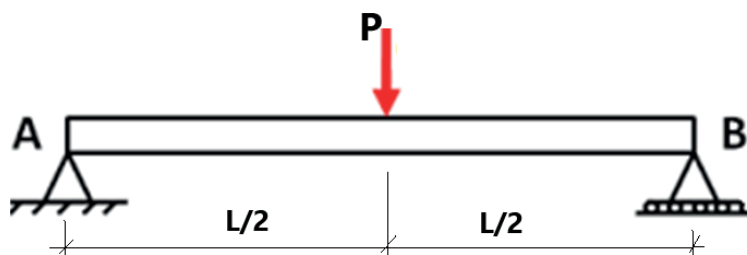


Figura 4 - Esquema estático considerado da viga treliçada

Conforme o esquema estático apresentado para o ensaio, considerou-se vigas do modelo TR8644, com vão total de 300cm, carga aplicada centralizadamente a 150cm de cada um dos lados. Na figura 5 pode-se ver a viga sendo preparada para ensaio com a aplicação da carga, e as medidas de deslocamentos aferidas por relógio comparador com precisão de centésimos de milímetros.



Figura 5 – Viga sendo preparada para ensaio

No momento da aplicação da carga de baixo para cima como mostra a figura 5, foi medido o deslocamento vertical no meio do vão da treliça com um relógio comparador, no mesmo momento foi acompanhado o valor da carga aplicada, sendo esse procedimento realizado com 3 vigotas treliçadas. Foi rompida uma viga testemunho para ter conhecimento da carga de ruptura da peça, de modo que, o relógio comparador foi retirado quando a carga atingia aproximadamente 70% da carga de ruptura, sendo essa medida empregada por precaução e para não danificar os equipamentos de medição.

Considerou-se nos ensaios a cargas somente a partir do momento que houve deslocamentos, sendo que, cargas anteriores foram consideradas cargas de acomodação.

A média dos resultados encontrados podem ser vistos no gráfico da figura 6, e a carga de ruptura média final das vigas treliçadas foi de 1kN, perfazendo um momento último de aproximadamente $M_u = 0,75\text{kN.m}$, em um vão de 300cm para cada vigota. Observou-se nos experimentos que as vigotas sempre entram em ruína por instabilidade da treliça espacial.

Dividindo-se o momento último por um coeficiente de segurança de 1,4 pode-se considerar que o momento de cálculo “ M_d ” da vigota varia em torno do valor $M_d = 0,54\text{kN.m}$:

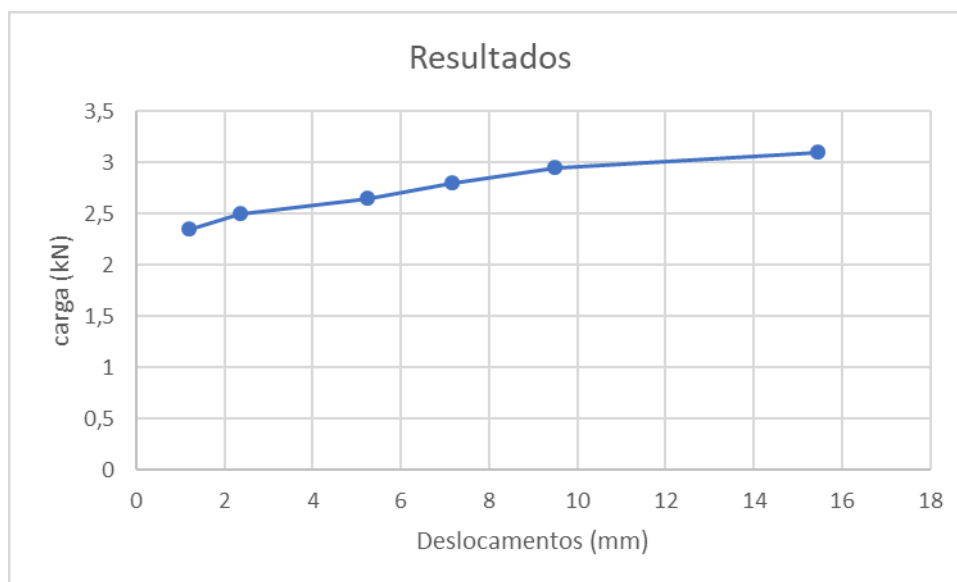


Figura 6 - Relação carga deslocamento

Considerando-se a flecha máxima no meio da viga, permite-se escrever que a rigidez EI da viga treliçada, a partir dos resultados do ensaio, vale:

$$EI = \frac{PL^3}{48.v} \quad (1)$$

Através dos resultados do diagrama “carga x deslocamento” das três vigas mostrados na figura 6 e equação (1), permitiu-se calcular a rigidez média (EI), observando-se que há certa linearidade dos resultados encontrados, e que a rigidez transversal da viga treliçada é de **29,6kN.m²**. Desse modo, este valor é próximo daquele encontrado pela literatura para resultados experimentais que varia em torno de 25,5kN.m² (RIVEIRA; BATISTA, 2017) e (FORTE et al., 2000).

4 | ESPAÇAMENTOS DAS ESCORAS

A partir dos resultados encontrados é possível calcular os espaçamentos das escoras, considerando-se que a carga da laje que é transmitida à viga sempre será uma carga uniforme ao longo da viga treliçada. A figura 7 apresenta uma laje pré-moldada sendo concretada onde se verifica tal uniformidade de carregamentos.



Figura 7 - Concretagem de laje com carga uniformemente distribuída

Considerando-se a flecha máxima sendo igual a $L/500$, definido pela ABNT por meio da NBR 15696 (2009), e comparando-se com o que é definido pela teoria da elasticidade, permite-se escrever a equação (2) envolvendo o vão máximo entre guias de apoio das escoras.

$$\frac{L}{500} = \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384 \cdot EI} \quad (2)$$

Isolando o parâmetro L que corresponde ao vão máximo para determinação das linhas de escoras, define-se a equação (3).

$$L^3 = \frac{0,154EI}{q} \quad (3)$$

Em que “ EI ” é a rigidez experimental da viga treliçada encontrada nos ensaios, e a carga “ q ” é o carregamento da laje sobre a viga treliçada.

Já no caso das tensões, pode-se considerar a viga treliçada simplesmente apoiada como caso mais desfavorável, e assim, considerando carga uniformemente distribuída obtém-se a equação (4).

$$L^2 = \frac{8 \times Md}{q} \quad (4)$$

Na figura 8 pode-se verificar o vão preterido, sendo que, o vão entre escoras deve ser calculado em função da rigidez da viga de apoio.



Figura 8 - Distância entre guias de apoio

Dessa maneira o vão entre apoios será o menor valor dentre os dois valores propostos.

Como exemplo de cálculo pode-se admitir que ao se ter uma laje pré-moldada cujas cargas finais médias sejam de 4kN/m^2 , e a distância entre vigas treliçadas seja de 40cm entre elas, a carga na viga seria de $q = 1,6\text{kN/m}$ e a rigidez experimental $EI = 29,6\text{kN.m}^2$.

A partir da equação (3) obtém-se que $L_{\text{max}} = 1,42\text{m}$. Contudo, se considerar a equação (4), sabendo-se que o momento de cálculo da viga treliçada é de $M_d = 0,54\text{kN.m}$, encontra-se neste caso que o vão máximo é de $L_{\text{max}} = 1,64\text{m}$. Portanto conclui-se que cada linha de escora deve estar a no máximo a cada 1,42m prevalecendo assim, o menor dos resultados.

5 | CONCLUSÃO

Deste trabalho pode-se concluir que:

- A obtenção da rigidez experimental pode ser adquirida por meio de experimentos de maneira simples em laboratório. Todavia, os valores encontrados em ensaios e em laboratório são próximos daqueles indicados pela teoria da elasticidade;
- Os experimentos mostraram que a ruína das vigas treliçadas ocorre por instabilidade da treliça espacial;
- As distâncias indicadas pelos fabricantes das lajes treliçadas gira em torno de um 1,20m e os valores encontrados experimentalmente levaram a espaçamentos de um 1,42m que pode ser considerado satisfatório. Todavia, na prática, os fabricantes podem chegar a um vão de até 1,40m.
- No dimensionamento dos espaçamentos do escoramento devem ser levados em conta tanto os deslocamentos quanto as tensões nas vigas treliçadas para se definir o espaçamento final.

REFERÊNCIAS

ARCELORMITTAL, **Manual técnico de lajes treliçadas**, Julho 2010, 42 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 14862:2012. **Armaduras treliçadas eletrossoldadas – Requisitos, Parte 1 Lajes Unidirecionais**. Rio de Janeiro; ABNT, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 15696:2009. **Fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto - Projeto, dimensionamento e procedimentos executivos**. Rio de Janeiro; ABNT, 2009.

FARIA, R. Projeto: garantia de boa estrutura, **Téchne**, São Paulo, ed.115, nov. 2006. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/115/artigo286353-3.aspx>>. Acesso em: 29 maio 2019.

FORTE, F. C. et al. Estudo experimental do espaçamento de escoras em lajes pré-moldadas com nervuras tipo treliça. *In.*: CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 42. **Anais [...]**. Fortaleza: IBRACON, 2000.

NAZAR, M. **Fôrmas e escoramentos para edifícios**: critérios para dimensionamento e escolha do sistema. São Paulo: Pini, 2007.

RIVEIRA, I. V; BATISTA, A. M. Verificação experimental da rigidez de lajes treliçadas visando o dimensionamento do escoramento. *In.*: CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 59. **Anais [...]**. Bento Gonçalves, RS: IBRACON, 2017.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Aderência 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 10, 11, 12, 17, 18, 20, 42, 183, 276

Adições Minerais 38, 39, 49, 51, 55, 67, 81, 82, 90, 94

Aditivo 18, 19, 20, 21, 23, 24, 26, 27, 32, 33, 45, 46, 47, 74, 83, 105, 107, 108, 110, 112, 113, 114, 116, 119, 120, 125, 126, 127

Aditivo Plastificante 114, 116, 119, 120

Areia de Brita 13, 14, 16

Argamassas 3, 4, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 97, 105, 106, 107, 108, 109, 112, 113, 114, 116, 117, 119, 120, 126, 127, 130, 139, 206, 210

Argamassas Estabilizadas 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 25, 27, 28, 105, 106, 112, 113

Arquitetura 30, 31

C

Cal Hidratada 1, 5, 10

Chapisco 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12

Cisalhamento Direto 128, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 142

Colorido 30, 31, 32, 36, 37

Compósitos Cimentícios 68, 69, 71, 72, 73, 74, 75, 77, 78, 79

Concreto 3, 12, 13, 15, 18, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 72, 81, 82, 83, 84, 85, 87, 88, 89, 90, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 102, 103, 104, 113, 115, 116, 123, 127, 143, 144, 145, 146, 148, 149, 157, 158, 160, 161, 162, 163, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 176, 177, 178, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 204, 210, 211, 214, 217, 220, 221, 222, 223, 224, 227, 231, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 245, 250, 251, 252, 253, 255, 256, 257, 267, 269, 270, 271, 272, 273, 274, 275, 276, 277, 278, 279, 281, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 290, 296, 298, 299, 303, 304

Corrosão 38, 40, 42, 49, 50, 51, 53, 54, 66, 67, 303

D

Detergente Doméstico 114, 116, 119, 125, 127

E

EPS 128, 129, 130, 131, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 277

Escoramento 159, 160, 161, 162, 163, 168, 169

F

Fibras de Celulose 68, 71, 73, 78

G

Geossintéticos 128, 140, 141

I

Interação 55, 75, 76, 139, 143, 220, 250

Íon Cloreto 39, 42

L

Laje Pré-Moldada 159, 166, 168

M

Manifestações Patológicas 15, 51, 53, 223, 225, 226, 235, 301, 302, 303, 304

Metacaulim 11, 12, 50, 51, 52, 53, 55, 56, 60, 62, 64, 65, 66, 67

Método dos Elementos Finitos 143, 144

Migração de Íons 39, 43, 45

Módulo de Elasticidade 81, 83, 84, 85, 86, 87, 90, 91, 92, 93, 164, 198, 201, 207, 210, 211, 214, 217, 218, 239, 242, 276, 289

P

Patologias 39, 97, 222, 223, 234, 252

Permeabilidade 13, 14, 16, 17, 18, 21, 23, 27, 28, 39, 40, 51, 65, 66, 112, 125, 306

Poliestireno Expandido 128, 129, 137, 138, 140, 141

Procedimento 11, 37, 49, 93, 105, 108, 132, 157, 165, 172, 174, 175, 185, 204, 211, 226, 229, 284, 292, 295, 304

Programa Computacional 61, 143

R

Reforço 11, 50, 68, 69, 70, 71, 72, 74, 129, 232, 233, 236, 251, 252, 253, 255, 256, 257, 259, 261, 262, 263, 264, 265, 266, 267, 269, 272, 285, 288, 289, 304, 305

Rigidez à Torção 143, 144, 146, 148, 154, 155, 157

Rigidez Experimental 159, 167, 168

S

Sílica 12, 32, 33, 38, 39, 41, 42, 43, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 56, 81, 82, 83, 84, 85, 88, 89, 90, 91, 92, 93

Sílica Ativa 32, 33, 38, 39, 41, 42, 43, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 81, 82, 83, 84, 85, 89, 90, 92, 93
Solos 128, 129, 130, 133, 134, 135, 136, 137, 142, 305, 306

 **Atena**
Editora

2 0 2 0