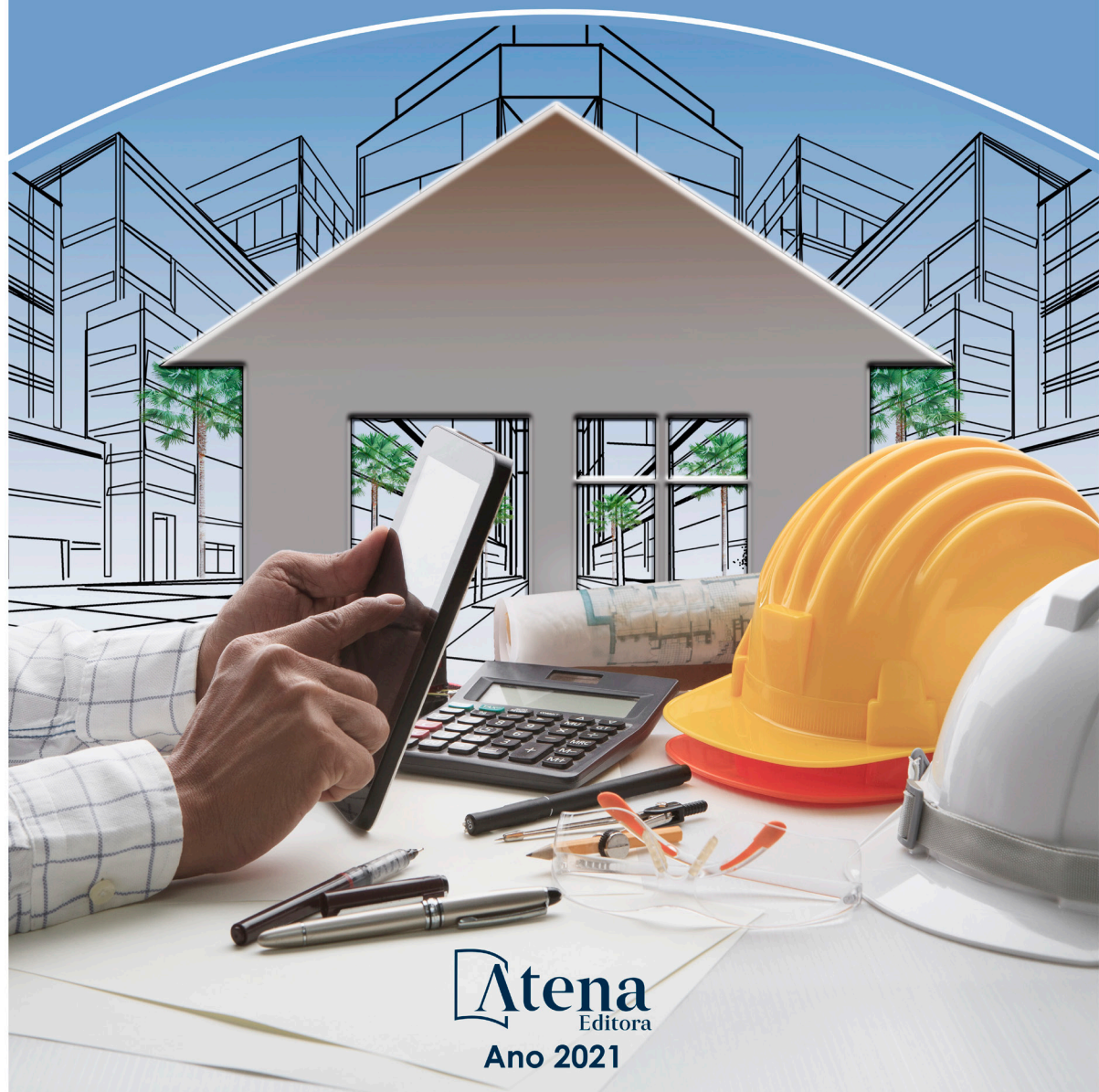


Helenton Carlos da Silva
(Organizador)

ENGENHARIA CIVIL:

Componentes sociais e ambientais
e o crescimento autossustentado



Atena
Editora

Ano 2021

Helenton Carlos da Silva
(Organizador)

ENGENHARIA CIVIL:

Componentes sociais e ambientais
e o crescimento autossustentado



Atena
Editora

Ano 2021

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. 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.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

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

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

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

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant'Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Elói Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
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 – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Salvador
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. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
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. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
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
Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina
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
Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
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 Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federacl do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
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
Profª Drª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande

Profª Drª 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. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalves de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Edna Alencar da Silva Rivera – Instituto Federal de São Paulo
Profª Drª Fernanda Tonelli – Instituto Federal de São Paulo,
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Profª Drª Miraniide Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

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. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Profª Ma. Adriana Regina Vettorazzi Schmitt – Instituto Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Profª Drª Andrezza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Me. Carlos Augusto Zilli – Instituto Federal de Santa Catarina
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
Profª Drª Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa

Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará
Prof. Me. Francisco Sérgio Lopes Vasconcelos Filho – Universidade Federal do Cariri
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
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
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
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 Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFGA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenología & Subjetividade/UFPR
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Lilian de Souza – Faculdade de Tecnologia de Itu
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª Lúvia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Profª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Profª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Me. Luiz Renato da Silva Rocha – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos

Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo
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. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Dr. Pedro Henrique Abreu Moura – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Rafael Cunha Ferro – Universidade Anhembi Morumbi
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renan Monteiro do Nascimento – Universidade de Brasília
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco
Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Engenharia civil: componentes sociais e ambientais e o crescimento autossustentado

Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Giovanna Sandrini de Azevedo
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizador: Helenton Carlos da Silva

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57 Engenharia civil: componentes sociais e ambientais e o crescimento autossustentado / Organizador Helenton Carlos da Silva. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-5983-177-7
DOI 10.22533/at.ed.777211406

1. Engenharia civil. I. Silva, Helenton Carlos da (Organizador). II. Título.

CDD 624

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa.

APRESENTAÇÃO

A obra *“Engenharia Civil: Componentes Sociais e Ambientais e o Crescimento Autossustentado”* aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora e apresenta, em seus 16 capítulos, discussões de diversas abordagens acerca da importância dos componentes sociais e ambientais no crescimento autossustentado.

O setor da Construção Civil conta com variáveis que podem afetar o seu desempenho e qualidade. Com o objetivo de melhorar o controle sobre os processos produtivos e atender às normas e especificações técnicas, vários sistemas de gestão de qualidade e processo foram desenvolvidos por volta dos anos 80.

Vivemos um momento de mudanças econômicas e tecnológicas, onde cresce a preocupação com o meio ambiente, desta forma o mercado de tecnologias ambientais vem crescendo significativamente. Ao realizar uma construção sustentável há diversos benefícios, como a valorização do imóvel e a economia que ela poderá apresentar através dos anos.

Em contraponto, os acidentes de trabalho situam-se como a principal causa ocupacional de morte na construção civil, sendo considerada uma das indústrias mais perigosas em todo o mundo, liderando as taxas de acidentes de trabalho fatais e não fatais.

No Brasil, a construção civil é um dos segmentos que mais registram acidentes de trabalho, sendo o primeiro do país em incapacidade permanente, o segundo em mortes (perde apenas para o transporte terrestre) e o quinto em afastamentos com mais de 15 dias, onde destaca-se que as principais causas destes acidentes são impactos com objetos, quedas, choques elétricos e soterramento ou desmoronamento.

Destaca-se ainda que a história econômica do Brasil é marcada por um grande processo de ocupação e exploração dos seus recursos naturais, apoiado na expansão agrícola.

Sendo assim, os ambientes naturais sofrem imensuráveis impactos originados pelo avanço da sociedade moderna, e conseqüentemente com a evolução do ser humano ocorrem alterações no espaço.

Neste sentido, este livro é dedicado aos trabalhos que investigam a engenharia civil e a relação de seus componentes sociais e, principalmente, ambientais com o crescimento autossustentado. A importância dos estudos dessa vertente é notada no cerne da produção do conhecimento, tendo em vista a preocupação dos profissionais de áreas afins em contribuir para o desenvolvimento e disseminação do conhecimento.

Os organizadores da Atena Editora agradecem especialmente os autores dos diversos capítulos apresentados, parabenizam a dedicação e esforço de cada um, os quais viabilizaram a construção dessa obra no viés da temática apresentada.

Por fim, desejamos que esta obra, fruto do esforço de muitos, seja seminal para todos que vierem a utilizá-la.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

ANÁLISE DAS TENSÕES DE CANTONEIRAS DE AÇO FORMADAS A FRIO

Brenda Vieira Costa Fontes

Luciano Mendes Bezerra

Valdeir Francisco de Paula

DOI 10.22533/at.ed.7772114061

CAPÍTULO 2..... 18

ANÁLISE DE ACIDENTES NA INDÚSTRIA CERÂMICA VERMELHA NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO NO PERÍODO DE 2012 A 2017

Eusinia Louzada Pereira

Vívian Silva dos Santos

Wladimir Poletti Jorge

DOI 10.22533/at.ed.7772114062

CAPÍTULO 3..... 27

ANÁLISE DE FISSURAS EM VIGAS DE CONCRETO ARMADO

Rodrigue Totolo Lungisansilu

Roberta Medici Felix

Luiz Carlos Mendes

DOI 10.22533/at.ed.7772114063

CAPÍTULO 4..... 39

ANÁLISE DO CONTROLE TECNOLÓGICO DO CONCRETO CONFORME A NORMA 12655:2015 EM UM MUNICÍPIO DO INTERIOR DO RIO GRANDE DO SUL – ESTUDO DE CASO

Cristiane Carine dos Santos

Joice Dalla Nora

Marina Munaretto Copetti

Tássia Fanton

DOI 10.22533/at.ed.7772114064

CAPÍTULO 5..... 53

APLICAÇÃO DA GESTÃO DE RESTRIÇÕES COM USO DE TECNOLOGIA E MELHORIA CONTÍNUA EM UMA CONSTRUTORA

Izadora Zanella Scariot Costenaro

Maria Luiza Malkowski

Fernanda Fernandes Marchiori

Ramon Roberto Deschamps

DOI 10.22533/at.ed.7772114065

CAPÍTULO 6..... 62

CASA ECOLOGICAMENTE CORRETA SEUS BENEFÍCIOS E MALEFÍCIOS SE COMPARADO A CASA CONVENCIONAL

Kevin Kaue Garcez

DOI 10.22533/at.ed.7772114066

CAPÍTULO 7.....	67
COEFICIENTES DE IMPACTO DINÂMICOS EM PONTES RODOVIÁRIAS: UMA AVALIAÇÃO DA NORMA BRASILEIRA EM RELAÇÃO AOS CÓDIGOS INTERNACIONAIS	
Anselmo Leal Carneiro	
Túlio Nogueira Bittencourt	
DOI 10.22533/at.ed.7772114067	
CAPÍTULO 8.....	78
DIMENSIONAMENTO A FLEXÃO DE LAJES LISAS PROTENDIDAS SEM ADERÊNCIA UTILIZANDO CARREGAMENTO EQUIVALENTE	
Anselmo Leal Carneiro	
Lorenzo Augusto Ruschi e Luchi	
DOI 10.22533/at.ed.7772114068	
CAPÍTULO 9.....	90
ESTUDO DE DOSAGEM E AVALIAÇÃO DE CONCRETO CELULAR ESPUMOSO COM ADIÇÃO DE CAL E CINZAS DA BIOMASSA DE EUCALIPTO COM FINS ESTRUTURAIS	
Stênio Cavalier Cabral	
Flávio Alchaar Barbosa	
Eduardo Lourenço Pinto	
Sérgio Antônio Brum Junior	
Érica Cantão da Fonseca	
Ricardo Ramalho dos Santos	
Taynara Borges de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.7772114069	
CAPÍTULO 10.....	103
GESTÃO DE RISCOS DE ACIDENTES DE TRABALHO UTILIZANDO PRINCÍPIOS DE PSICODINÂMICA DO TRABALHO	
Renata Moreira de Sá e Silva	
Claudio Henrique de Almeida Feitosa Pereira	
DOI 10.22533/at.ed.77721140610	
CAPÍTULO 11.....	114
INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS DE DOSAGEM E SUAS INTERAÇÕES SOBRE O MÓDULO DE ELASTICIDADE DO CONCRETO	
Cristiane Carine dos Santos	
Denise Carpena Coitinho Dal Molin	
Geraldo Cechella Isaia	
João Ricardo Masuero	
André Lübeck	
DOI 10.22533/at.ed.77721140611	
CAPÍTULO 12.....	129
PROGRAMAS DE PAGAMENTO POR SERVIÇOS AMBIENTAIS NO BRASIL E AS PERSPECTIVAS DOS PRODUTORES RURAIS	
Luiz Fernando de Moura Ferreira	
Ingrid Moreno Mamedes	

Paulo Tarso Sanches de Oliveira
DOI 10.22533/at.ed.77721140612

CAPÍTULO 13..... 137

PROJECT DEFINITION RATING INDEX NA IDENTIFICAÇÃO DE RISCOS NA CONSTRUÇÃO

Luigi Carissimi Boff
Cristine do Nascimento Mutti

DOI 10.22533/at.ed.77721140613

CAPÍTULO 14..... 147

TOLERÂNCIA ALTIMÉTRICA PARA APLICAÇÃO EM ÁREAS SUSCETÍVEIS A INUNDAÇÃO

Frederico Mercer Guimarães Junior
Vivian da Silva Celestino Reginato

DOI 10.22533/at.ed.77721140614

CAPÍTULO 15..... 161

UMA ABORDAGEM INVESTIGATIVA PREDITIVA: AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS NA CONSTRUÇÃO DE UM SHOPPING CENTER NO MUNICÍPIO DE ARAL MOREIRA-MS

Fernanda Adriéli Trenkel
Bruno Henrique Feitosa
Léia Mendes Guedes
Lucas Limeira Rodrigues

DOI 10.22533/at.ed.77721140615

CAPÍTULO 16..... 173

UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO DE LAPIDÁRIO NA FABRICAÇÃO DE CONCRETO DECORATIVO

Celso Amaral Cordeiro
Stênio Cavalier Cabral
João Pedro Rabelo de Sousa Araújo
Sérgio Antônio Brum Junior

DOI 10.22533/at.ed.77721140616

SOBRE O ORGANIZADOR..... 184

ÍNDICE REMISSIVO..... 185

ANÁLISE DE FISSURAS EM VIGAS DE CONCRETO ARMADO

Data de aceite: 01/06/2021

Data de submissão: 05/03/2021

Rodrigue Totolo Lungisansilu

Universidade Federal Fluminense
Departamento de Engenharia Civil
Niterói /RJ, Brasil
<https://orcid.org/0000-0002-1889-8002>

Roberta Medici Felix

Universidade Federal Fluminense
Departamento de Engenharia Civil
Niterói /RJ, Brasil
<https://orcid.org/0000-0003-3582-4088>

Luiz Carlos Mendes

Universidade Federal Fluminense
Departamento de Engenharia Civil
Niterói /RJ, Brasil
<https://orcid.org/0000-0003-1747-5179>

RESUMO: Este artigo apresenta um estudo analítico de fissuras de vigas de concreto armado levando em consideração a norma vigente NBR 6118/2014. Esta análise é realizada com base em três projetos de pontes de concreto armado de mesma seção transversal, com duas vigas principais sem laje inferior, porém de comprimentos de vãos diferentes. O sistema estrutural é constituído de dois balanços e três vãos, onde o vão central é maior do que os vãos adjacentes. A análise estrutural dessas vigas principais foi feita pelo auxílio do programa de análise estrutural Ftool, possibilitando desta forma, gerar os diferentes diagramas das

solicitações dos carregamentos. Uma vez que as solicitações das vigas foram encontradas, foi realizada a análise de abertura de fissuras delas através do programa Mathcad, em conformidade com a NBR 6118/2014. Para cada solicitação encontrada, houve a análise da variação dos diâmetros das armaduras em função do tipo de aço empregado. Foram observadas as variações das aberturas de fissuras em função do diâmetro da armadura e, dessa forma, cada valor de abertura encontrado foi comparado com o limite de abertura de fissura de acordo com o cobrimento e da classe ambiental escolhida. Para este estudo o cobrimento da classe ambiental utilizada é o da classe II. Por fim, foram elaborados gráficos, diâmetros de armadura com as aberturas de fissura para cada viga de cada projeto de ponte. Esses gráficos possibilitaram visualizar claramente que os resultados dessa análise se mostram bem coerentes e satisfatórios.

PALAVRAS-CHAVE: Vigas, concreto armado, análise estrutural, cobrimento.

ANALYSIS OF CRACKS IN REINFORCED CONCRETE BEAMS

ABSTRACT: This work reports an analytical study of cracks in reinforced concrete beams considering the normative prescriptions of the NBR 6118/2014 code. This analysis is performed based on three reinforced concrete bridge beams projects at the same cross section, and under different longitudinal spans. The structural system comprises two balances and three spans. The central span is greater than the extreme spans. The structural analysis of these beams was made using the structural analysis program Ftool. It has

made possible to generate the different diagrams of the load diagrams. Once the diagrams for the beams were found, an analysis of cracks was made using the Mathcad program, according to NBR 6118/2014. For each project, there was variations in reinforcement diameters of bars and different type of steel. Variations in openings of cracks were analyzed as function of reinforcement diameter and, in this way, each opening value found is compared with the crack opening limit according to the chosen environmental class coverage. For this study the coverage of the environmental class used is that of class II. Finally, graphical analysis showing reinforcement diameters bars and crack openings were made for each bridge beam. These graphs made it possible to clearly perform the results of this analysis.

KEYWORDS: Beams, reinforced concrete, structural analysis, covering.

1 | INTRODUÇÃO

A fissuração no concreto é um fenômeno que ocorre frequentemente. Ela ocorre praticamente nas zonas submetidas aos esforços de tração, por conta da baixa resistência que o concreto oferece a esse tipo de sollicitação. Assim sendo, faz-se necessário atender a alguns aspectos fundamentais, para que se amenizem seus efeitos em termos de segurança, durabilidade, estabilidade e conforto estrutural. Desse modo, é de grande relevância estabelecer os valores limites para a abertura de fissuras, sobretudo quando a estrutura de concreto apresentar um risco de penetração de agentes agressivos ao concreto e às armaduras. Isto deve ser feito para não prejudicar os aspectos funcionais e estéticos da estrutura, assim como sua durabilidade, além de ser inerentemente ligada à proteção da armadura contra a corrosão e à resistência da sua seção.

Segundo Carvalho [6], a resistência à tração pode ser dada em função da capacidade resistente da peça, como o caso das peças sujeitas a esforço cortante, e diretamente, com a fissuração. Daí sendo necessário conhecer essa capacidade resistente.

Tendo em vista que as aberturas das fissuras nas peças de concreto armado podem levar a patologias estruturais graves, como a corrosão das armaduras e o desprendimento do revestimento delas, então os projetistas precisam se preocupar muito com os aspectos do projeto que poderiam evitar os surgimentos destas patologias. Desse modo, o domínio e a compreensão do comportamento estrutural são de grande importância. Esse estudo pode ser realizado de forma eficiente variando-se a altura das vigas, diâmetro das armaduras longitudinais, conformação superficial das armaduras, vãos entre os pilares e a classe de agressividade ambiental.

No caso restrito de estruturas de pontes, pouco se sabe à respeito do aparecimento de fissuras em conformidade com a classe ambiental, pois poucas pesquisas foram realizadas ainda nesse sentido, o que leva a dar um enfoque no tratamento do estudo de abertura de fissuras para outros tipos de estruturas como edificações e obras portuárias, como piers de atracação.

1.1 Objetivo

A durabilidade da estrutura é efetiva quando esta é construída e projetada de forma que ela mantenha sua segurança, estabilidade e funcionalidade em serviço durante o período correspondente à sua vida útil, quando submetida às condições ambientais previstas na época do projeto e quando utilizada conforme o projetado. Para tal, o projeto deve contemplar as condições ambientais e de propósito da obra, atendendo aos requisitos de manutenção e uso.

O presente artigo tem como objetivo geral apresentar uma metodologia para investigar as aberturas de fissuras em diversas vigas de pontes de concreto armado em referência da norma NBR 6118/2014 [1] vigente a fim de contribuir mediante um estudo mais aprofundado e detalhado do comportamento estrutural e do tratamento das fissuras oriundas do carregamento nas vigas de concreto armado, prevenir, minimizar e controlar a ocorrência das aberturas de fissuras e as patologias decorrentes à existência dessas fissuras com a possibilidade de um dimensionamento mais otimizado e racional. A NBR 6118 / 2014 [1] ressalta a necessidade do projetista de estruturas observar os critérios normativos estabelecidos e relacionados com a durabilidade, qualidade do concreto de cobrimento, detalhamento das armaduras, controle da fissuração e deslocamentos, medidas especiais que contribuem na inspeção manutenção preventiva.

1.2 Metodologia

A metodologia empregada consiste em se determinar o levantamento das cargas permanentes e móveis de três projetos de pontes em concreto armado dotadas de vigas contínuas de três vãos. Um deles é o vão principal e os outros vãos adjacentes, dotados de valores diferentes do principal. Uma vez determinadas as envoltórias, foi empregado um programa em MathCad que faz a análise da abertura de fissuras. Por fim, foram elaborados gráficos com o próprio programa computacional MathCad, que permitem a análise do comportamento das aberturas de fissura para cada viga de cada projeto de ponte em função do diâmetro da armadura empregada. Esses gráficos permitem a análise detalhada dos resultados da pesquisa se mostram bem coerentes, satisfatórios e em conformidade com a NBR 6118 / 2014 [1].

2 | ANÁLISE DA ABERTURA DE FISSURAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

Mediante um estudo probabilístico, garante-se que as aberturas das fissuras fiquem dentro dos limites preconizados no item 13.4.2 da NBR 6118/2014 [1], não prejudicando a durabilidade e as condições normais de utilização da estrutura.

Uma estrutura projetada conforme as prescrições normativas garantem sua eficiência em termos de durabilidade e segurança quanto aos estados limites últimos.

A Tabela 1 apresenta as exigências normativas de durabilidade da NBR6118/2014 [1] relacionadas à fissuração e à proteção da armadura.

Tipo de concreto estrutural	Classe de agressividade ambiental (CAA) e tipo de protensão	Exigências relativas à fissuração	Combinação de ações em serviço a utilizar
Concreto simples	CAA I a CAA IV	Não há	–
Concreto armado	CAA I	ELS-W $w_k \leq 0,4$ mm	Combinação frequente
	CAA II e CAA III	ELS-W $w_k \leq 0,3$ mm	
	CAA IV	ELS-W $w_k \leq 0,2$ mm	
Concreto protendido nível 1 (protensão parcial)	Pré-tração com CAA I ou Pós-tração com CAA I e II	ELS-W $w_k \leq 0,2$ mm	Combinação frequente
Concreto protendido nível 2 (protensão limitada)	Pré-tração com CAA II ou Pós-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação frequente
		ELS-D ^a	Combinação quase permanente
Concreto protendido nível 3 (protensão completa)	Pré-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação rara
		ELS-D ^a	Combinação frequente

^a A critério do projetista, o ELS-D pode ser substituído pelo ELS-DP com $a_p = 50$ mm (Figura 3.1).

NOTAS

- 1 As definições de ELS-W, ELS-F e ELS-D encontram-se em 3.2.
- 2 Para as classes de agressividade ambiental CAA-III e IV, exige-se que as cordoalhas não aderentes tenham proteção especial na região de suas ancoragens.
- 3 No projeto de lajes lisas e cogumelo protendidas, basta ser atendido o ELS-F para a combinação frequente das ações, em todas as classes de agressividade ambiental.

onde:

ELS-W: Estado Limite de Abertura de Fissuras;

ELS-F: Estado Limite de Formação de Fissuras;

ELS-D: Estado Limite de Descompressão.

Tabela 1 Exigências de durabilidade relacionadas à fissuração e à proteção da armadura [1].

As aberturas W_k da Tabela 3 referem-se a valores-limite característicos para assegurar a devida proteção das armaduras contra a corrosão. Não se deve esperar que as aberturas de fissuras reais correspondam estritamente aos valores estimados, isto é, fissuras reais podem eventualmente superar esses limites.

Faz-se a avaliação dos valores de abertura de fissuras para cada elemento das armaduras passiva e ativa aderente, que controlam a fissuração da peça, levando em conta uma área crítica (A_{cri}) do concreto de envolvimento, constituída por um retângulo cujos lados não distam mais de $7,5 \phi_i$ do eixo da barra da armadura.

É conveniente que toda a armadura de pele ϕ_i da viga, na sua zona tracionada, limite a abertura de fissuras na região A_{cri} correspondente, e que seja mantido um espaçamento menor ou igual a $15 \phi_i$, conforme a Figura 1.

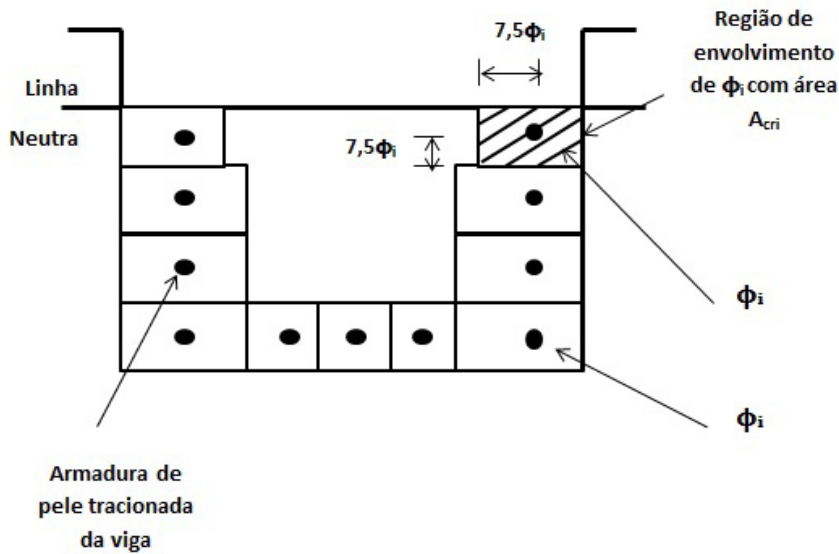


Figura 1 – Concreto de envolvimento da armadura [1].

O valor característico da abertura de fissuras w_k , determinado para cada parte da região de envolvimento, é o menor entre os obtidos pelas expressões a seguir:

$$w_k = \frac{\phi_i}{12,5} \frac{\sigma_{si}}{\eta_1} \frac{3\sigma_{si}}{E_{si} f_{ctm}} \quad (1)$$

$$w_k = \frac{\phi_i}{12,5} \frac{\sigma_{si}}{\eta_1} \left(\frac{4}{\rho_{ri}} + 45 \right) \quad (2)$$

onde:

A_{cri} é a área da região de envolvimento protegida pela barra ϕ_i ;

E_{si} é o módulo de elasticidade do aço da barra considerada, de diâmetro ϕ_i ;

ϕ_i é diâmetro da barra que protege a região de envolvimento considerada;

ρ_{ri} é a taxa de armadura ativa ou passiva aderente (que não esteja dentro de bainha) em relação à área da região de envolvimento (A_{cri});

σ_{si} é a tensão de tração no centro de gravidade da armadura considerada, calculada no estado II;

η_1 é o coeficiente de conformação superficial da armadura considerada. O coeficiente η_1 mede a conformação superficial e é expresso no item 9.3.2.1 da NBR 6118 / 2014 [1] e vale 1,0 para barras lisas (CA-25), 1,4 para barras entalhadas (CA-60) e 2,25 para barras (nervuradas) de alta aderência (CA-50);

f_{ctm} é a resistência média do concreto à tração ($f_{ctm} = 0,3 \cdot f_{ck}^{2/3}$, conforme o item 8.2.5 da NBR 6118 / 2014[1]);

σ_{si} é a tensão de tração no centro de gravidade da armadura considerada, calculado no Estado II. O cálculo no estágio II (que assume um comportamento linear dos materiais

e despreza a resistência à tração do concreto) pode ser feito considerado $\alpha_e = 15$ (relação entre os módulos de elasticidade do aço e do concreto).

Pode-se evitar o cálculo no estado II, levando em conta, a favor da segurança, de maneira simplificada, a tensão na armadura dada pela expressão 3:

$$\sigma_{si} = \frac{f_{yd}}{1,4} \times \frac{g_1 + g_2 + 0,4q}{g_1 + g_2 + q} = \frac{f_{yk}}{1,4 \times 1,15} \times \frac{g_1 + g_2 + 0,4q}{g_1 + g_2 + q} \quad (3)$$

sendo:

σ_{si} - é a tensão de tração no centro de gravidade da armadura considerada;

f_{yd} - resistência de cálculo à tração de aço;

g_1 - peso próprio da laje;

g_2 - sobrecarga na laje;

q - carga acidental.

3 I ANÁLISE COMPUTACIONAL DE PROBLEMAS DE FLEXÃO EM VIGAS DE PONTES EM CONCRETO ARMADO

Foi considerada uma análise de três vigas principais de três pontes rodoviárias diferentes de concreto armado de duas vigas principais. Estas pontes foram calculadas e projetadas de acordo com as prescrições da NBR 7187/2003[2]. As pontes designadas como PONTE 1, PONTE 2 e PONTE 3 são dotadas de seções transversais compostas de duas vigas principais com três vãos contínuos, que possuem respectivamente os seguintes comprimentos: vãos de 16, 18 e 20 m, balanços de 3,2 ; 3,6 e 4 m de comprimento. As alturas das vigas principais são constantes de 1,6; 1,8 e 2 m, respectivamente em cada projeto. A largura das vigas principais é de 0,50 m para os três projetos. Todas as três pontes possuem duas pistas de rolamento de 3,50 m e 1,50 m de afastamento em relação aos guardas-rodas trapezoidais de bases 0,95 e 0,85 m. As vigas são ligadas por laje superior e transversinas locadas nos apoios e no meio dos vãos.

3.1 Análise dos resultados

Os resultados encontrados mostram que, quanto maior a taxa de armaduras na seção transversal, menor é a abertura de fissuras w_p . Eles são mostrados nas Tabelas 2 e 3.

		CA -50	qt	5 mm	çpele	8 mm	ae = Es/E	8.824	Es	210000	MPa	
		yt = h/2	120	cm					Ecs	23800	Mpa	
		fck	25	MPa	Momento de fissura		Mr	1034	KNm			
		fet	1,2	MPa								
		fctm	2,57	Mpa								
		CAA	II			AS						
		Cobrimento	30	mm			Diâmetros das armaduras	Tensã o da armadura				
PONTE Características geométricas		Momentos positivos		KNm	KNm	cm'	φ	σsi	MPa	wa (mm)	wb (mm)	
Ponte 1	Comprimento balanço: 3.2 m	Carga permanente 1 (Mg1)	3076,2			104,53	φ1 - 16 mm	σsi1	203,18	0,131	0,038	
	Comprimento dos vãos exoremo	Carga móvel 1 (Mq1)	3412,5				φ2 - 20 mm			0,164	0,051	
	Comprimento do vão central: 20 m	Momento de serviço 1 (Ms)	Mg1+0,4Mq1	4441,2			φ3 - 25 mm			0,204	0,07	
	Largura = 40 cm - Altura = 2.40	TOTAL	Mg1+Mq1	6488,7			φ4 - 32 mm			0,262	0,099	
PONTE	Comprimento balanço: 3.6 m	Carga permanente 2 (Mg2)	3606,1			127,15	φ1 - 16 mm	σsi2	197,2	0,123	0,035	
	Comprimento dos vãos exoremo	Carga móvel 2 (Mq2)	3948,4				φ2 - 20 mm			0,154	0,046	
	Comprimento do vão central: 22 m	Momento de serviço 2 (Ms)	Mg2+0,4Mq2	5185,5			φ3 - 25 mm			0,193	0,062	
	Largura = 40 cm - Altura = 2.40	TOTAL	Mg2+Mq2	7554,5			φ4 - 32 mm			0,246	0,087	
PONTE	Comprimento balanço: 4.0 m	Carga permanente 3 (Mg3)	4171,7			155,5	φ1 - 16 mm	σsi3	188,95	0,113	0,032	
	Comprimento dos vãos exoremo	Carga móvel 3 (Mq3)	4586,4				φ2 - 20 mm			0,141	0,042	
	Comprimento do vão central: 24 m	Momento de serviço 3 (Ms)	Mg3+0,4Mq3	6006,3			φ3 - 25 mm			0,177	0,055	
	Largura = 40 cm - Altura = 2.40	TOTAL	Mg3+Mq3	8758,1			φ4 - 32 mm			0,226	0,077	

Tabela 2 - Investigação das aberturas de fissuras utilizando-se o f_{yd} do aço CA 50.

		CA -60	qt	5 mm	çpele	8 mm	ae = Es/Ecs	8.824	Es	210000	MPa	
		yt = h/2	120	cm					Ecs	23800	Mpa	
		fck	25	MPa	Momento de fissura		Mr	1034	KNm			
		fet	1,2	MPa								
		fctm	2,57	Mpa								
		CAA	II			AS						
		Cobrimento	30	mm			Diâmetros das armaduras	Tensã o da armadura				
PONTE Características geométricas		Momentos positivos		KNm	KNm	cm'	φ	σsi	MPa	wa (mm)	wb (mm)	
Ponte 1	Comprimento balanço: 3.2 m	Carga permanente 1 (Mg1)	3076,2			87,16	φ1 - 16 mm	σsi1	241,6	0,185	0,043	
	Comprimento dos vãos exoremos: 16 m	Carga móvel 1 (Mq1)	3412,5				φ2 - 20 mm			0,231	0,066	
	Comprimento do vão central: 20 m	Momento de serviço 1 (Mserv1)	Mg1+0,4Mq1	4441,2			φ3 - 25 mm			0,289	0,09	
	Largura = 40 cm - Altura = 2.40 m	TOTAL	Mg1+Mq1	6488,7			φ4 - 32 mm			0,37	0,123	
PONTE	Comprimento balanço: 3.6 m	Carga permanente 2 (Mg2)	3606,1			105,36	φ1 - 16 mm	σsi2	234,3	0,174	0,044	
	Comprimento dos vãos exoremos: 18 m	Carga móvel 2 (Mq2)	3948,4				φ2 - 20 mm			0,217	0,053	
	Comprimento do vão central: 22 m	Momento de serviço 2 (Mserv2)	Mg2+0,4Mq2	5185,46			φ3 - 25 mm			0,272	0,08	
	Largura = 40 cm - Altura = 2.40 m	TOTAL	Mg2+Mq2	7554,5			φ4 - 32 mm			0,348	0,113	
PONTE	Comprimento balanço: 4.0 m	Carga permanente 3 (Mg3)	4171,7			129,53	φ1 - 16 mm	σsi3	224,4	0,16	0,04	
	Comprimento dos vãos exoremos: 20 m	Carga móvel 3 (Mq3)	4586,4				φ2 - 20 mm			0,199	0,052	
	Comprimento do vão central: 24 m	Momento de serviço 3 (Mserv3)	Mg3+0,4Mq3	6006,26			φ3 - 25 mm			0,243	0,07	
	Largura = 40 cm - Altura = 2.40 m	TOTAL	Mg3+Mq3	8758,1			φ4 - 32 mm			0,319	0,098	

Tabela 3 - Investigação das aberturas de fissuras utilizando-se o f_{yd} do aço CA 60.

Para as mesmas seções transversais e longitudinais, ou seja, para a mesma ponte, quanto maior for o diâmetro da armadura, maior será a abertura de fissuras w_b . Tais resultados são mostrados nas Figuras 2, 3 e 4 para o aço empregado CA -50, e nas Figuras 5, 6 e 7 para o aço empregado CA - 60.

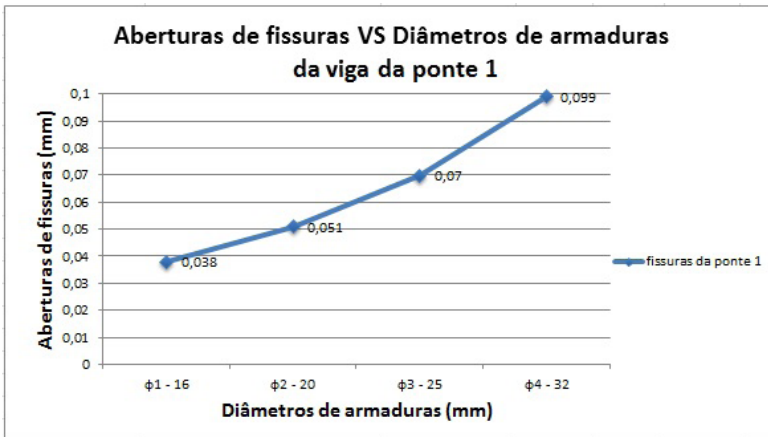


Figura 2 - Fissuras da viga da ponte 1 para CA – 50.

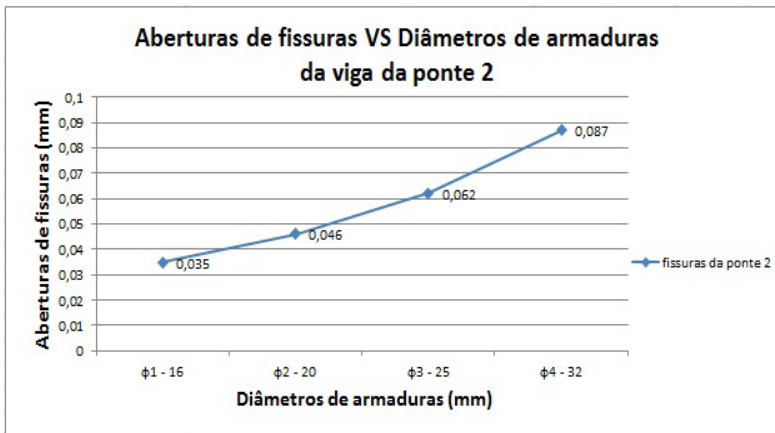


Figura 3 - Fissuras da viga da ponte 2 para CA -50.

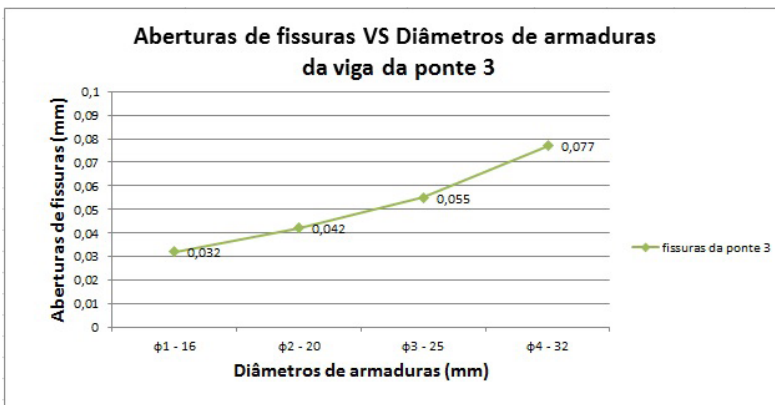


Figura 4 - Fissuras da viga da ponte 3 para CA – 50.

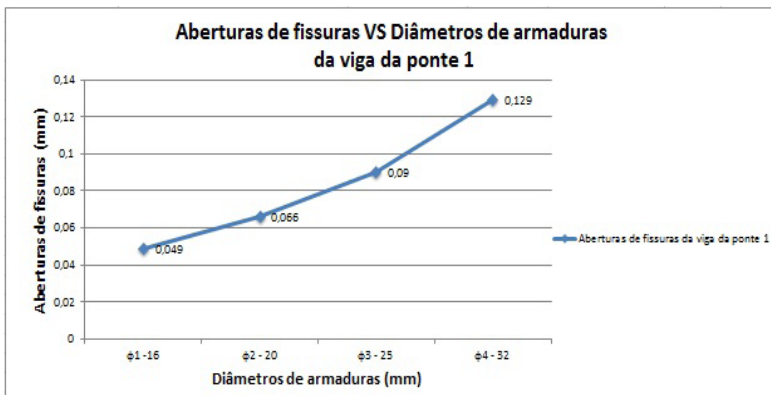


Figura 5- Fissuras da viga da ponte 1 para CA – 60.

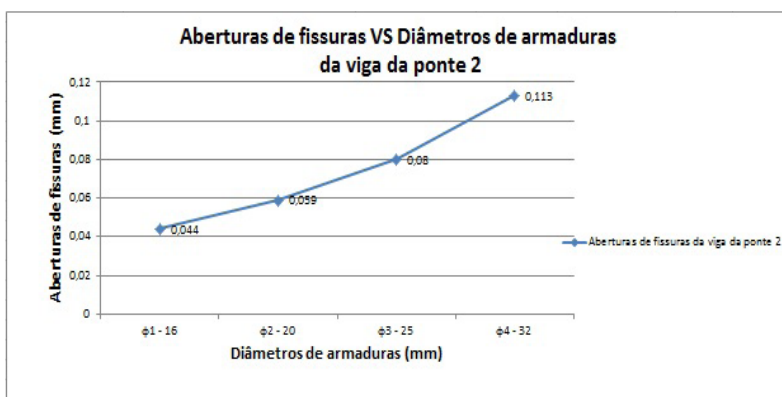


Figura 6 - Fissuras da viga da ponte 2 para CA – 60.

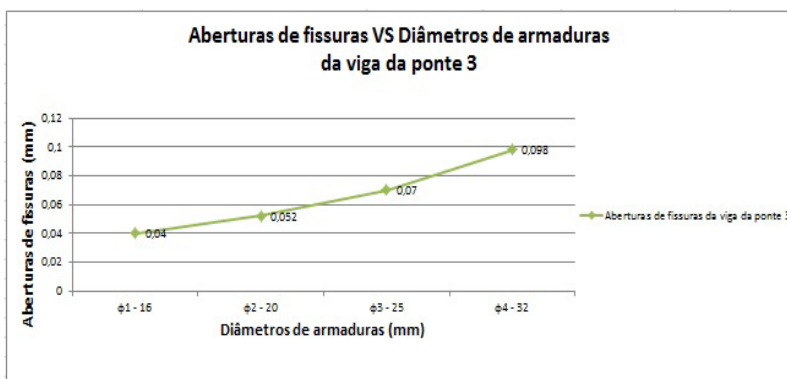


Figura 7 - Fissuras da viga da ponte 3 para CA – 60.

As tensões nas armaduras são ANALISADAS em função dos carregamentos permanentes e móveis, de modo a apresentar a abertura de fissuras correspondentes, conforme mostradas na Tabelas 2 e 3.

Houve pouca variação de tensões nas armaduras entre os projetos de pontes

considerados, devido ao fato da carga permanente e carga móvel aumentarem de forma significativa no cálculo das aberturas de fissuras, conforme observados nas Tabelas 2 e 3 e nas Figuras 5, 6 e 7.

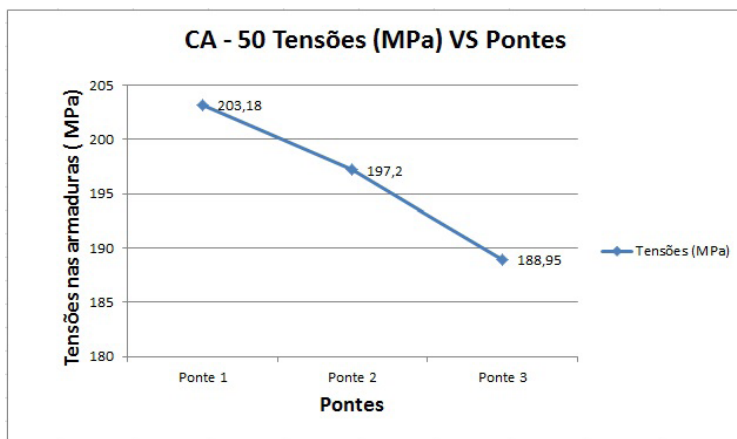


Figura 8 - Tensões das armaduras da vigas de pontes.

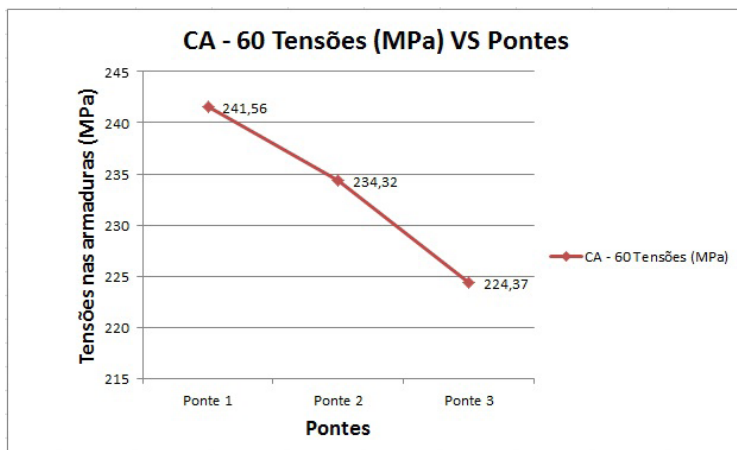


Figura 9 - Tensões das armaduras de vigas de pontes

O aumento do vão, que foi o fator mais notável e diferencial entre os projetos de pontes propostos, possibilitou que fossem observadas as diversas variações de tensões nas armaduras e aberturas de fissuras.

As tensões nas armaduras são inversamente proporcionais ao momento de inércia no estado II das vigas das pontes, por conseguinte, quanto maior o momento de inércia no estado II na viga da ponte, menor será a tensão nas armaduras, conforme mostrados nas Tabelas 2 e 3.

As tensões nas armaduras são independentes dos diâmetros das mesmas. Foi

observado que essas tensões permanecem iguais, mesmo havendo variações nos diâmetros da armadura correspondente, conforme mostrados nas Tabelas 2 e 3.

Os valores das aberturas das fissuras decrescem com o aumento das solicitações de momentos, mesmo que seja empregado o mesmo diâmetro de armadura, conforme são mostrados nas Tabelas 2 e 3.

A mudança da resistência de cálculo f_{yd} dos ferros CA 50 para os ferros CA 60 acarreta um aumento da magnitude das aberturas das fissuras. Tal comportamento é mostrado nas Figuras de 2 a 9 e nas Tabelas 2 e 3.

Os ferros CA 50 oferecem tensões nas armaduras menores que nos ferros CA 60 para o mesmo diâmetro de armaduras, conforme mostrados nas Figuras 8 e 9.

4 | CONCLUSÕES

Este trabalho oferece uma análise numérica satisfatória, que possibilita a observação de aberturas de fissuras em diversas pontes de concreto armado.

Outros vãos poderiam ter sido investigados com outras taxas de armaduras e resistências características de aço diferentes, o que se observaria que os mecanismos de variações de comportamento de abertura de fissuras seriam bem parecidos.

As linhas de influência hiperestáticas possibilitaram a investigação das cargas móveis, que se compõem junto com as cargas permanentes o carregamento total sobre a ponte, quanto às solicitações externas de momentos fletores e os esforços cortantes.

Aumentando-se o vão da ponte, sem haver a alteração das alturas das vigas principais, foi observado que elas necessitam de uma taxa de armadura maior, embora fosse mantida a largura das vigas principais.

Essa variação de abertura de fissuras permaneceria dentro do mesmo comportamento, caso fossem feitas variações de larguras e alturas das vigas principais, uma vez que o aumento do vão da viga é o fator preponderante no acréscimo das taxas de armaduras.

Com uma necessidade de maior taxa de armadura conclui-se que o processo de aberturas de fissuras se torna menor, onde a uma densidade maior de armadura, possibilitaria uma menor abertura de fissuras.

O trabalho empresta valores comparativos importantes para as três pontes de vãos executáveis não muito longos, valores estes que contribuem na otimização dos projetos com a finalidade de se evitar incidências patológicas futuras sobre as obras de artes, uma vez que os valores encontrados nas aberturas de fissuras são inferiores aos limites máximos estabelecidos pela norma NBR 6118/2014[1].

REFERÊNCIAS

- [1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118:2014 - **Projeto de estruturas de concreto – Procedimento**. Abril, 2014.
- [2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7187:2003 - **Projeto de pontes de concreto armado e de concreto protendido - Procedimento**. Março, 2003.
- [3] BRANSON, D. E. **Procedures for computing deflections**. ACI Journal, 65. New York, setembro, 1968.
- [4] CALDAS, A. J. A. **Avaliação de abertura de fissuras de flexão em vigas de concreto armado**. 1997. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos.
- [5] CANOVAS, MANUEL FERNANDEZ. **Patología y terapêutica del hormigón armado**. Madrid, Editorial Dossat, 1997.
- [6] CARVALHO, R. C.; FILHO, J.R.F. **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado**. 3.ed. São Carlos: EdUFScar, 2009.
- [7] EUROCODE 2 – prEN1992-1. **European Standard**. DEC. 2003.
- [8] KIMURA, A. **Informática aplicada em estruturas de concreto armado**. São Paulo: PINI, 2007.
- [9] LEONHARDT, F.; MÖNNING, E. **Construções de concreto – princípios básicos do dimensionamento de estruturas de concreto armado**. Rio de Janeiro, Editora Interciência, 1977, v.1.
- [10] LEONHARDT, F.; MÖNNING, E. **Construções de concreto – princípios básicos do dimensionamento de estruturas de concreto armado**. Rio de Janeiro, Editora Interciência, 1977, v.2.
- [11] LEONHARDT, F.; MÖNNING, E. **Construções de concreto – princípios básicos do dimensionamento de estruturas de concreto armado**. Rio de Janeiro, Editora Interciência, 1977, v.3.
- [12] LIEBENBERG, A.C.; KONG, F.K.; EVANS, R.H.; COHEN, E. L. F. **Concrete Bridges: Design and Construction**. England, Publishe, Harlow, Essex, 1992.
- [13] MEHTA, P.K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto, estrutura, propriedades e materiais**. 1.ed. São Paulo, Pini Ltda, 1994.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Aceitação 39, 40, 41, 42, 44, 45, 49, 50, 52, 98, 137

Acidente de trabalho 26, 103, 105, 113

Acidentes de trabalho 18, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 103, 104, 105, 106, 111

Agregado graúdo 114, 115, 116, 117, 118, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 128, 177

Ambiente 20, 54, 61, 62, 64, 66, 83, 101, 106, 107, 110, 119, 126, 128, 129, 130, 145, 161, 162, 163, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 174, 175, 176, 184

Análise estrutural 27

Areia artificial 173, 174, 177, 180, 182

C

Cal 44, 85, 86, 87, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 97, 98, 100, 101, 119, 175, 176

Cantoneiras 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 16

Carregamento equivalente 78, 80, 81, 83, 85

Cinza de biomassa de eucalipto 90, 91

Cobrimento 27, 28, 29, 79

Coefficiente de redução da seção líquida 1

Coefficientes de impacto dinâmicos 67, 68

Concreto 3, 16, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 62, 63, 68, 70, 71, 74, 76, 77, 79, 83, 85, 86, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 167, 173, 174, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183

Concreto armado 27, 28, 29, 32, 37, 38, 41, 70, 76

Concreto celular espumoso 90, 91, 92, 94, 98, 100, 101

Conexões parafusadas 1

Consistência 39, 40, 42, 43, 45, 49, 50, 126, 179, 180, 182

Construção 2, 3, 16, 18, 19, 20, 26, 40, 44, 52, 54, 61, 62, 63, 64, 66, 78, 91, 92, 101, 102, 103, 104, 105, 107, 109, 110, 111, 113, 126, 137, 138, 142, 143, 148, 158, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 175, 176, 182, 183, 184

Construção civil 2, 3, 16, 18, 19, 20, 26, 44, 54, 61, 91, 92, 102, 103, 104, 105, 109, 110, 111, 113, 126, 138, 142, 161, 162, 163, 167, 169, 170, 171, 172, 173, 175, 176, 182, 184

Controle tecnológico 39, 40, 41, 45, 51, 52

D

Dimensionamento a flexão 78, 88

E

Engenharia civil 16, 26, 27, 52, 62, 67, 78, 90, 101, 126, 128, 129, 147, 160, 172, 177, 183, 184

Escopo 137, 138, 139, 141, 142

Estruturas metálicas 1, 2, 63

F

Forma do agregado graúdo 114, 117, 120, 121, 123, 124, 125

G

Gestão 53, 54, 55, 56, 58, 59, 60, 61, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 111, 112, 131, 137, 138, 139, 141, 145, 147, 148, 170, 171, 172, 182, 183, 184

L

Laje lisa 78, 88

Lajes 44, 68, 69, 72, 74, 78, 81, 83, 89

M

Medidas mitigadoras 161, 168

Mosaico de pedras 173

N

Nivelamento geométrico 147, 150, 151, 152, 155, 156, 157, 158, 159, 160

Nivelamento GNSS 147, 149, 152, 158, 159

P

PDRI-buildings 137, 138, 140, 141, 142, 145

Pedras semipreciosas 173, 174, 178, 181

Planejamento 53, 54, 55, 56, 58, 59, 60, 61, 107, 139, 144, 162, 166, 184

Pontes rodoviárias 32, 67, 68, 75, 77

Prazo 41, 45, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 61, 63, 93, 139, 165, 175

Pré-projeto 137, 139, 140, 141, 145

Produtor de água 129, 136

Protensão sem aderência 78

Psicodinâmica do trabalho 103, 104, 105, 108, 112

R

Resíduo de pó de lapidário 173

Resistência 2, 3, 16, 19, 28, 31, 32, 37, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 50, 51, 52, 79, 84, 85, 91, 92, 93, 94, 96, 97, 98, 100, 114, 115, 116, 119, 120, 125, 128, 173, 174, 178, 179, 180, 182

Resistência característica à compressão 41, 79, 114

Restauração ecológica 129

Restrições 8, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 148

Riscos 18, 19, 20, 24, 25, 26, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 110, 111, 112, 113, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 148, 162, 167, 184

S

Segurança do trabalho 18, 19, 24, 103, 104, 105, 111, 184

Serviços ecossistêmicos 129

Sociedade 130, 131, 135, 161, 162, 163, 169

Sustentável 25, 61, 62, 63, 64, 132, 170, 172, 184

T

Tecnologia 24, 26, 53, 55, 61, 90, 126, 149, 151, 159, 171, 172, 182, 183


Teor de pasta 114, 116, 119, 120, 121, 122, 125

V

Vigas 2, 16, 27, 28, 29, 32, 36, 37, 38, 69, 86

ENGENHARIA CIVIL:

**Componentes sociais e ambientais
e o crescimento autossustentado**

-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br

ENGENHARIA CIVIL:

**Componentes sociais e ambientais
e o crescimento autossustentado**

-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br