

Helenton Carlos da Silva
(Organizador)

ENGENHARIA CIVIL:

Componentes sociais e ambientais
e o crescimento autossustentado



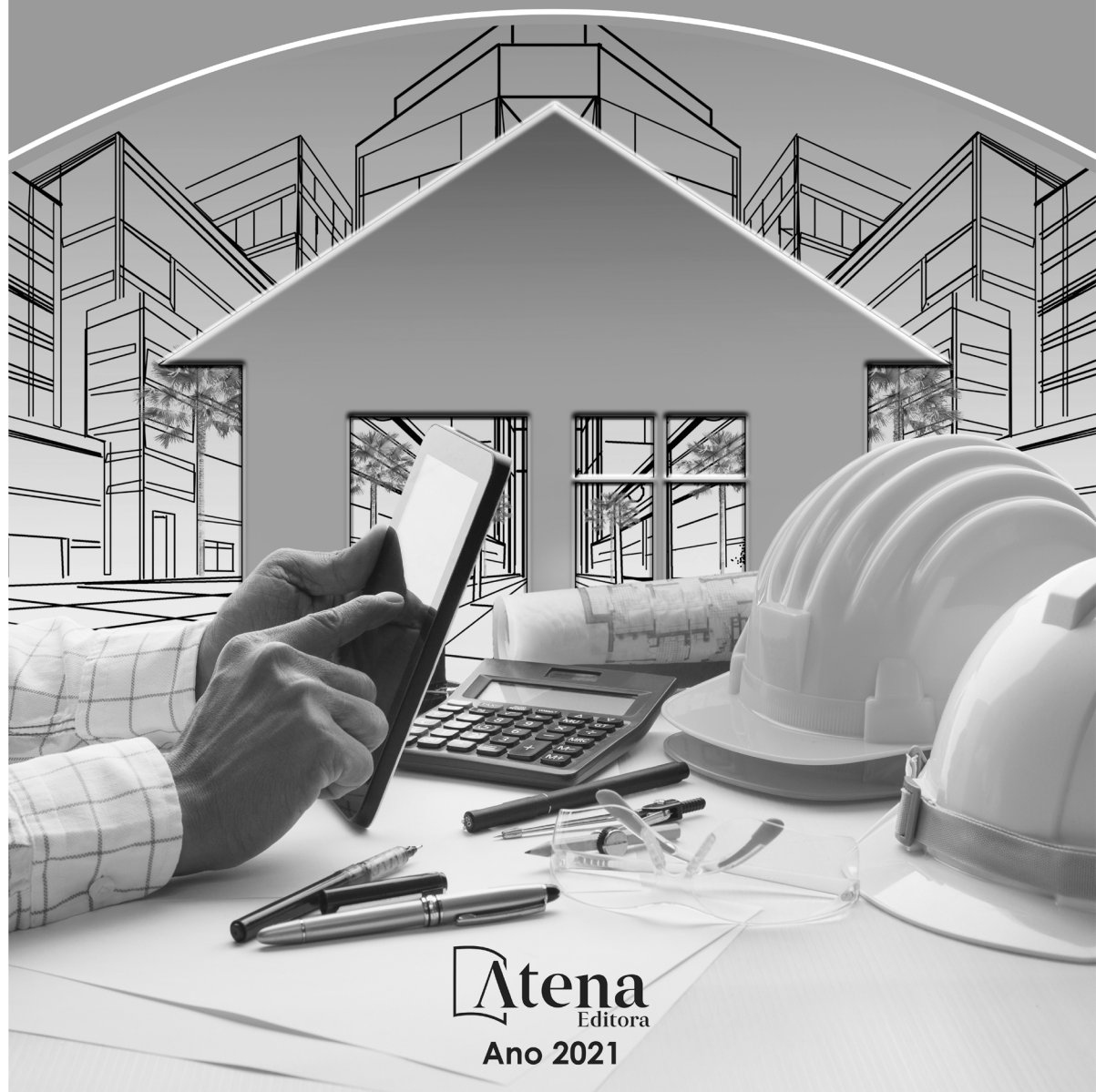
Atena
Editora

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

CAPÍTULO 7

COEFICIENTES DE IMPACTO DINÂMICOS EM PONTES RODOVIÁRIAS: UMA AVALIAÇÃO DA NORMA BRASILEIRA EM RELAÇÃO AOS CÓDIGOS INTERNACIONAIS

Data de aceite: 01/06/2021

Data de submissão: 22/03/2021

Anselmo Leal Carneiro

Universidade Federal do Rio de Janeiro -
Campus Macaé, Engenharia Civil
Macaé - Rio de Janeiro
<http://lattes.cnpq.br/3303416737276543>

Túlio Nogueira Bittencourt

Universidade de São Paulo, Escola Politécnica
São Paulo – São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/3548554171023581>

RESUMO: A consideração do impacto dinâmico dos veículos em movimento é de fundamental importância no projeto de uma ponte. As normas de projeto de pontes rodoviárias, em geral, tratam o efeito dinâmico de maneira simples, de modo a majorar a carga móvel de projeto por coeficientes de impacto. Este trabalho apresenta os coeficientes de impacto de diferentes códigos de projeto e, mediante uma análise comparativa, avalia os coeficientes de impacto da norma brasileira em relação aos coeficientes das normas internacionais. Verifica-se que, em geral, o coeficiente de impacto da NBR 7188 (2013) é ligeiramente conservador em relação aos coeficientes dos códigos internacionais.

PALAVRAS-CHAVE: Pontes rodoviárias, coeficientes de impacto dinâmicos.

DYNAMIC IMPACT FACTORS OF HIGHWAY BRIDGES: ASSESSMENT OF BRAZILIAN STANDARD IN COMPARISON WITH INTERNATIONAL CODES

ABSTRACT: Consideration of the dynamic impact of moving vehicles is of fundamental importance in the bridge design. The design rules for highway bridges, in general, deal with the dynamic effect in a simple way, in order to increase the live load models by dynamic impact factors. This work presents the impact factors of different design codes and, through a comparative analysis, evaluates the impact coefficients of Brazilian standards in relation to international codes. It is found that, in general, the impact coefficient of NBR 7188 (2013) is slightly conservative in relation to the coefficients of international codes.

KEYWORDS: Highway bridges, dynamic impact factors.

1 | INTRODUÇÃO

Nos projetos de pontes é de fundamental importância o conhecimento da resposta da estrutura submetida ao impacto dos veículos em movimento. Essa resposta dinâmica depende de fatores como comprimento do vão, frequência natural da ponte, rugosidade do pavimento, desníveis em juntas estruturais, velocidade de tráfego, peso dos veículos, rigidez da suspensão, amortecimento da suspensão e densidade do tráfego. Para considerar o efeito dinâmico de maneira simples, as normas de projeto de pontes rodoviárias apresentam

coeficientes de impacto que visam majorar a carga móvel de projeto.

Este trabalho discute e compara os coeficientes de impacto normativos para projeto de pontes em aço e concreto do Brasil, Estados Unidos, Canada, China, Nova Zelândia, Austrália, Reino Unido, Japão, Coréia, África do Sul e código Europeu. Assim, avalia-se os coeficientes normativos do Brasil em relação àqueles presentes nos códigos estrangeiros de modo a fornecer subsídios para futuros trabalhos relacionados com análise dinâmica de pontes rodoviárias.

2 I COEFICIENTES DE IMPACTO DINÂMICOS

2.1 Coeficientes normativos no Brasil

A NBR 7188 (2013) apresenta dois coeficientes de impacto, sendo um deles o coeficiente de impacto vertical (CIV) e o outro o coeficiente de impacto adicional (CIA). A Tabela 1 apresenta esses coeficientes onde L , expresso em metros, é o vão ou o comprimento do balanço para estruturas em balanço. No caso de vãos contínuos considera-se a média aritmética dos vãos.

CIV	CIA
$1 + 1,06 \left(\frac{20}{L + 50} \right) \leq 1,35$	1,25 para obras em concreto ou mistas 1,15 para obras em aço

Tabela 1 – Coeficientes de impacto da NBR 7188 (2013)

A norma brasileira esclarece que o CIV amplifica a ação da carga estática (veículo tipo e carga distribuída) simulando o efeito dinâmico da carga em movimento e a suspensão dos veículos automotores. Esse coeficiente deve ser considerado no dimensionamento de todos os elementos estruturais da ponte, porém não simula e/ou elimina a necessidade de análise dinâmica nas estruturas sensíveis e/ou de baixa rigidez, em especial estruturas de aço e estruturas estaiadas. Além disso, para pontes com vãos acima de 200 m, deve ser realizado estudo específico para a consideração da amplificação dinâmica e definição do coeficiente de impacto vertical.

A norma explica que o CIA é destinado à majoração da carga móvel característica (veículo tipo e carga distribuída) devido à imperfeição e/ou descontinuidade da pista de rolamento no caso de juntas de dilatação, extremidades das obras, estruturas de transição e acessos. Todas as seções dos elementos estruturais a uma distância horizontal, normal à junta, inferior a 5,0 m para cada lado da junta ou descontinuidade estrutural, devem ser dimensionadas com os esforços das cargas móveis majorados pelo CIA. Do exposto, conclui-se que, no trecho especificado, o CIA é aplicado apenas para as lajes e transversinas (elementos estruturais que apresentam distância horizontal normal à junta).

A NBR 7188 (2013) apresenta ainda o coeficiente de número de faixas (CNF), dado por $1 - 0,05(n-2) > 0,9$, que é considerado para levar em conta a probabilidade da carga móvel ocorrer em função do número de faixas. Na expressão, n é o número (inteiro) de faixas de tráfego rodoviário a serem carregadas sobre um tabuleiro transversalmente contínuo. Ainda de acordo com a norma, o CNF não se aplica ao dimensionamento de elementos estruturais transversais ao sentido do tráfego (lajes, transversinas, etc.).

Os coeficientes mencionados, implementados na NBR 7188 (2013), substituem o coeficiente de impacto $\varphi = (1,4 - 0,007L) \geq 1$ presente na NBR 7187 (2003), onde L é o comprimento de cada vão teórico (em metros) do elemento carregado, qualquer que seja o sistema estrutural. Para cálculo de φ no caso de vãos desiguais, permite-se considerar um vão ideal equivalente à média aritmética dos vãos teóricos, desde que o menor vão seja igual ou superior a 70% do vão maior. Para cálculo de φ no caso de vigas em balanço, L é tomado igual a duas vezes o seu comprimento. O impacto φ não deve ser considerado na determinação do empuxo de terra provocado pelas cargas móveis e no cálculo de fundações.

2.2 Fator de impacto nos Estados Unidos

Nos Estados Unidos os fatores de impacto IM estão presentes na AASHTO *Standard Specifications for Highway Bridges* e na AASHTO *LRFD Bridge Design Specifications*. O termo LRFD é referente a *Load and Resistance Factor Design*. McLean e Marsh (1998) esclarecem que ambos os documentos podem ser considerados no projeto de pontes. No entanto, as principais referências de projeto de pontes nos Estados Unidos se baseiam na AASHTO *LRFD Bridge Design Specifications*. Baker e Puckett (2013), Hartle *et. al.* (2003) e Wagdy *et. al.* (2003) são algumas referências.

A AASHTO LRFD (2012) *Bridge Design Specifications* esclarece que as cargas estáticas do caminhão padrão ou do tandem de projeto devem ser majoradas pelo coeficiente $1 + IM/100$, onde IM , dado na Tabela 2, independe do comprimento do vão da ponte. A norma reforça que não se aplica coeficiente de impacto à carga móvel distribuída. Para análise de elementos que constituem as juntas do tabuleiro o fator IM vale 75%. Em relação a versão de 2017 da AASHTO LRFD, observa-se em Dahlberg (2017) que não houve alteração nos fatores de impacto.

Estado-Limite	IM
Estado-limite de fadiga	15%
Demais estados limites	33%

Tabela 2 – Fatores de impacto dos Estados Unidos - AASHTO LRFD (2012)

No caso de elementos enterrados, o referido código apresenta uma redução no fator de impacto em função da altura enterrada do elemento e não se considera amplificação

dinâmica para o dimensionamento de elementos de fundação completamente enterrados.

A AASHTO (2002) *Standard Specifications for Highway Bridges* apresenta a expressão $IM = [15,24/(L+38,10)] \leq 0,3$, onde L é o comprimento do vão carregado (em metros) que produz a máxima solicitação na seção considerada. O coeficiente 1+IM é considerado tanto para o caminhão padrão ou tandem de projeto quanto para a carga móvel distribuída.

Existem também códigos nos Estados Unidos destinados a avaliação de pontes existente, que por sua vez apresentam fatores de impacto em função condição de deterioração do pavimento da ponte.

2.3 Fator de impacto no Japão

De acordo com McLean e Marsh (1998), o código japonês *Specifications for Highway Bridges* (Japan Road Association – JRA, 1996) apresenta os fatores IM mostrados na Tabela 3, onde as cargas móveis devem ser majoradas por 1+IM. Verifica-se que o fator de impacto depende do comprimento L (em metros) do vão da ponte, do tipo de carregamento e do tipo da ponte.

Tipo de Ponte	Tipo de carga	IM
Aço	Caminhão e carga distribuída	20/(50+L)
	Caminhão	20/(50+L)
Concreto Armado	Carga distribuída	7/(20+L)
	Caminhão	20/(50+L)
	Carga distribuída	10/(25+L)

Tabela 3 – Fatores de impacto do Japão – JRA (1996), *apud* McLean e Marsh (1998)

Verifica-se que o formato das expressões para o fator de impacto japonês têm semelhança com o fator da AASHTO (2002) *Standard Specifications for Highway*.

2.4 Fator de impacto na China

De acordo com Deng *et.al.* (2015), o código chinês *General Code for Design of Highway Bridges and Culverts* (Ministry of Transport of the People’s Republic of China – MTPRC, 2004) apresenta os fatores IM mostrados na Tabela 4, onde o coeficiente 1+IM é função da frequência natural da ponte f.

Frequência natural da ponte (Hz)	IM
$f < 1,5$	0,05
$1,5 \leq f \leq 14$	$0,1767 \ln(f) - 0,0157$
$f > 14$	0,45

Tabela 4 – Fatores de impacto da China - MTPRC (2004), *apud* Deng *et.al.* (2015)

Deng *et.al.* (2015) esclarecem que o código chinês de 1989 (MTPRC, 1989) apresentava que o fator de impacto era função do vão e do material da ponte. Para estruturas em concreto tinha-se que $IM = 0,3(1,125-0,025L)$ para vãos entre 5 e 45 m, $IM=0,3$ para vãos de até 5 m e $IM=0$ para vãos maiores que 45 m. Para pontes em aço tinha-se que $IM = 15/(L+37,50)$, similar a expressão da AASHTO (2002) *Standard Specifications for Highway Bridges*.

2.5 Fator de impacto no Canadá

O documento *Commentary on CAN/CSA-S6-06, Canadian Highway Bridge Design Code* (Canadian Standards Association – CSA, 2006) esclarece que para veículos de três ou mais eixos o fator DLA (*dynamic load allowance*) de 0,25 é suficiente e se mostra conservador no caso de veículos pesados similares ao veículo de projeto da norma canadense que possui cinco eixos. Assim o coeficiente de impacto é dado por $1+DLA$ e no caso de veículos mais leves deve ter seu valor aumentado. O documento esclarece ainda que a amplificação dinâmica não deve ser aplicada ao carregamento distribuído. Ainda de acordo com Deng *et.al.* (2015), o código canadense apresenta que DLA vale 0,4 no caso da consideração de apenas um eixo, 0,3 no caso da consideração de dois eixos e 0,5 para juntas do tabuleiro.

2.6 Fator de impacto na Austrália

Kirkcaldie e Wood (2008) apresentam os fatores DLA do código australiano *AS 5100 Bridge Design Standard—Part 2: Design Load* (Austroads, 2004), onde se verificam valores fixos em função de seis modelos de carga móvel. Os coeficientes $1+DLA$, aplicados aos modelos de carga móvel que representam veículos em movimento, variam de 1,1 até 1,4 e são aplicados tanto nas cargas do caminhão de projeto quanto na carga distribuída. Não se aplica impacto ao modelo de carga móvel que representa tráfego congestionado. Em relação a versão de 2017 norma australiana, observa-se em Pritchard (2017) que não houve alteração nos fatores de impacto.

2.7 A consideração do efeito dinâmico do código Europeu

O código Europeu que trata de cargas móveis em pontes é o *Eurocode 1: Actions on Structures—Part 2: Traffic Loads on Bridges* (CEN 2003). No entanto, cada país Europeu estabelece parâmetros particulares de acordo com a realidade local. No referido código, a amplificação dinâmica já é incluída nos valores da carga móvel. Verifica-se em Deng *et.al.* (2015) que a amplificação considerada pelo Eurocódigo depende do comprimento do vão da ponte e da largura trafegável do tabuleiro. Para largura trafegável entre 5,4 e 9,0 m, por exemplo, o coeficiente vale $1,3-0,004L$ no caso de vãos de até 50 m e 1,1 para vãos maiores, tanto para momento quanto para cortante.

O referido código apresenta o coeficiente de amplificação adicional $\Delta\varphi_{\text{fad}}$, dado na

Tabela 5, que é destinado para verificação de fadiga em seções de elementos estruturais distantes até 6,0 m das juntas do tabuleiro. Na expressão de $\Delta\varphi_{fad}$, D é a distância (em metros) da seção considerada até a junta do tabuleiro. Uma simplificação conservadora consiste em utilizar $\Delta\varphi_{fad} = 1,3$ para qualquer seção transversal distante até 6,0 m das juntas do tabuleiro.

O código Europeu apresenta também um critério mais elaborado do que a NBR 7188 (2013) no que diz respeito a necessidade de análise dinâmica. O critério da Europa inclui aspectos como velocidade permitida na pista, frequência natural da ponte, continuidade da estrutura e comprimento do vão.

2.8 Fator de impacto na Nova Zelândia

O código da Nova Zelândia *Bridge Manual* (New Zealand Transport Agency – NZTA, 2013) apresenta que para momento em balanços, momento nas lajes do tabuleiro, força cortante e reações de apoio deve ser considerado o valor de 1,30 para o coeficiente de impacto. Para momento em vãos simples ou contínuos, o coeficiente de impacto, denominado no código de DLF (*dynamic load factor*), é dado na Tabela 5, onde L (em metros) é o comprimento do vão para momentos positivos ou a média dos comprimentos dos vãos adjacentes para momentos negativos.

O coeficiente de impacto é aplicado nos momentos, forças cortantes e reações de apoio originados da carga móvel total (grupo de eixos e carga distribuída). Verifica-se que a expressão da NZTA (2013), presente na Tabela 5, é bastante similar ao coeficiente de impacto $1+IM$ da AASHTO (2002) *Standard Specifications for Highway*. O *Bridge Manual* (2013) esclarece que não se aplica coeficiente de impacto em elementos da ponte completamente enterrados, uma vez que a vibração é amortecida pelo solo.

$\Delta\varphi_{fad}$ (Eurocode 1, 2003)	Nova Zelândia (NZTA, 2013)	Coréia (Jung <i>et al.</i> , 2013)	África do Sul (TMH7, 1981)
$1,30 \left(1 - \frac{D}{26}\right) \geq 1$	$1 + \frac{15}{L + 38} \leq 1,30$	$1 + \frac{15}{L + 40} \leq 1,30$	$1 + 0,05 \left(\frac{100 + L}{10 + L}\right)$

Tabela 5 – Fatores de impacto diversos

A Tabela 5 também apresenta também o coeficiente do código coreano (*Korea Bridge Design Specifications* - KBDS, 2005), bastante similar à expressão da AASHTO (2002) *Standard Specifications for Highway*, onde L é o comprimento do vão (em metros), que é aplicado no grupo de eixos e na carga distribuída. A Tabela 5 apresenta ainda o coeficiente do código Sul Africano TMH7 (1981) partes 1 e 2, que já é incluído nos valores dos carregamentos da carga móvel. O referido código esclarece que a expressão foi obtida da norma Suíça *SIA Norm 160 (1970)* em função do vão equivalente L (em metros).

2.9 Fator de impacto no Reino Unido

A norma britânica BS 5400-2 (1978) já inclui a amplificação dinâmica nos valores dos carregamentos da carga móvel. O código esclarece que foi considerado um incremento de 25% no eixo ou par de rodas adjacentes dos veículos para obtenção da carga móvel de projeto. Deng *et al.* (2015) apresentam a versão de 2006 do referido código onde se verifica a mesma consideração para o impacto.

2.10 Comentários sobre os coeficientes normativos brasileiros

De acordo com Rossigali (2013) o antigo coeficiente de impacto φ , apresentado pela primeira vez no Brasil em 1960, teve como base o antigo código alemão DIN 1072 que apresentava a expressão $\varphi=1,4 - 0,008L$. Rossigali (2013) explica ainda que a primeira norma brasileira de projeto de pontes em 1941 adotava um coeficiente de impacto igual a 1,3, baseado também na antiga norma alemã DIN 1072.

• Coeficiente de impacto vertical (CIV)

Nota-se que a expressão do CIV da NBR 7188 (2013) é bastante similar ao coeficiente de impacto presente na norma japonesa dado por $1+[20/(50+L)]$. Verifica-se que a norma brasileira adicionou o multiplicador 1,06 (incremento de 6%) no fator de impacto IM do código japonês. De acordo com o que é apresentado em Stucchi e Luchi (2011), o CIV proposto para a NBR 7188 (2013) cobre os vieses apresentados em Luchi (2006). As conclusões de Luchi (2006) foram utilizadas para proposição da NBR 7188 (2013), conforme se verifica em Timerman e Beier (2012).

Luchi (2006) compara as solicitações originadas pelas cargas características do trem-tipo brasileiro (TB 450) sem coeficiente de impacto com os esforços característicos provenientes de simulações de congestionamento, isto é, sem levar em conta o impacto dinâmico dos veículos. Assim, se tratando de tráfego congestionado, o autor interpreta o coeficiente de impacto normativo como um coeficiente adicional de segurança. Além de apresentar os vieses que serviram de base para as propostas da NBR 7188 (2013), Luchi (2006), com base nos resultados de monitoração dinâmica apresentados em Penner (2001), reforça a necessidade de revisão do coeficiente φ da norma brasileira.

Outro estudo que diz sobre a necessidade da revisão do antigo coeficiente φ pode ser verificado em Almeida *et al.* (2010). Os autores realizaram monitoração dinâmica em pontes brasileiras utilizando carretas de cinco e seis eixos com peso total de 450 kN e observaram que os coeficientes de amplificação dinâmica medidos foram significativamente superiores ao coeficiente φ da NBR 7187 (2003). Para velocidade do veículo a 20 km/h, verificou-se que os valores medidos, que apresentaram bastante dispersão por sinal, flutuaram em torno das curvas especificadas pelos coeficientes da norma japonesa JRA e da norma dos Estados Unidos AASHTO *Standard*. Para velocidades entre 60 e 80 km/h, os impactos medidos foram sistematicamente superiores aos valores da JRA e AASHTO *Standard*.

- **Coefficiente de número de faixas (CNF)**

De acordo com Stucchi e Luchi (2011), o CIV proposto para norma brasileira cobre bem os viésses apresentados em Luchi (2006) para pontes com duas faixas de tráfego, porém cobre com folga os viésses apresentados pelo autor para pontes com três e quatro faixas de tráfego. Desse modo, se propôs para a NBR 7188 (2013) o coeficiente de número de faixas (CNF), que é um fator redutor da carga móvel para pontes com três ou mais faixas de tráfego. Vale notar que para uma faixa de tráfego o CNF vale 1,05.

A maioria das normas estrangeiras mencionadas neste trabalho também apresentam coeficientes em relação ao número de faixas. Estes coeficientes, porém, não foram abordados nesse artigo pois não possuem caráter essencialmente dinâmico. Eles são aplicados à carga móvel para levar em conta a baixa probabilidade de que todas as faixas estejam simultaneamente carregadas com os valores de projeto. Nos códigos estrangeiros em geral, são contabilizadas faixas de projeto, em que a quantidade é determinada pelo número inteiro obtido através da divisão da largura total trafegável do tabuleiro (entre guarda-rodas) pela largura das faixas de projeto. Na AASHTO LRFD (2012), por exemplo, cada faixa tem 3,66 m de largura e os coeficientes relacionados com o número de faixas, que são aplicados no veículo de projeto e na carga distribuída, não devem ser considerados no estado limite de fadiga.

- **Coefficiente de impacto adicional (CIA)**

O estudo apresentado em Almeida *et.al.* (2010) reforça a necessidade do CIA ter sido implementado na norma brasileira. O autor observou nos resultados de monitoração dinâmica que, em geral, os maiores impactos ocorrem na entrada e na saída do veículo na ponte, o que pode estar associado a desníveis existentes causados pela movimentação do aterro nas extremidades dos balanços.

3 | COMPARATIVO ENTRE ALGUNS CÓDIGOS ESTUDADOS

A Figura 1 apresenta o comparativo entre alguns coeficientes de impacto apresentados neste trabalho considerando um modelo de ponte em concreto de vão biapoiado. Avalia-se apenas a amplificação dinâmica das solicitações globais longitudinais. Não se considera o coeficiente aplicado ao número de faixas (CNF) da NBR 7188 (2013), pois ele não é essencialmente dinâmico. Também não se considera o coeficiente de impacto adicional (CIA) da norma brasileira, visto que ele deve ser aplicado apenas em elementos estruturais a uma distância horizontal, normal à junta, inferior a 5,0 m (lajes e transversinas próximas às juntas).

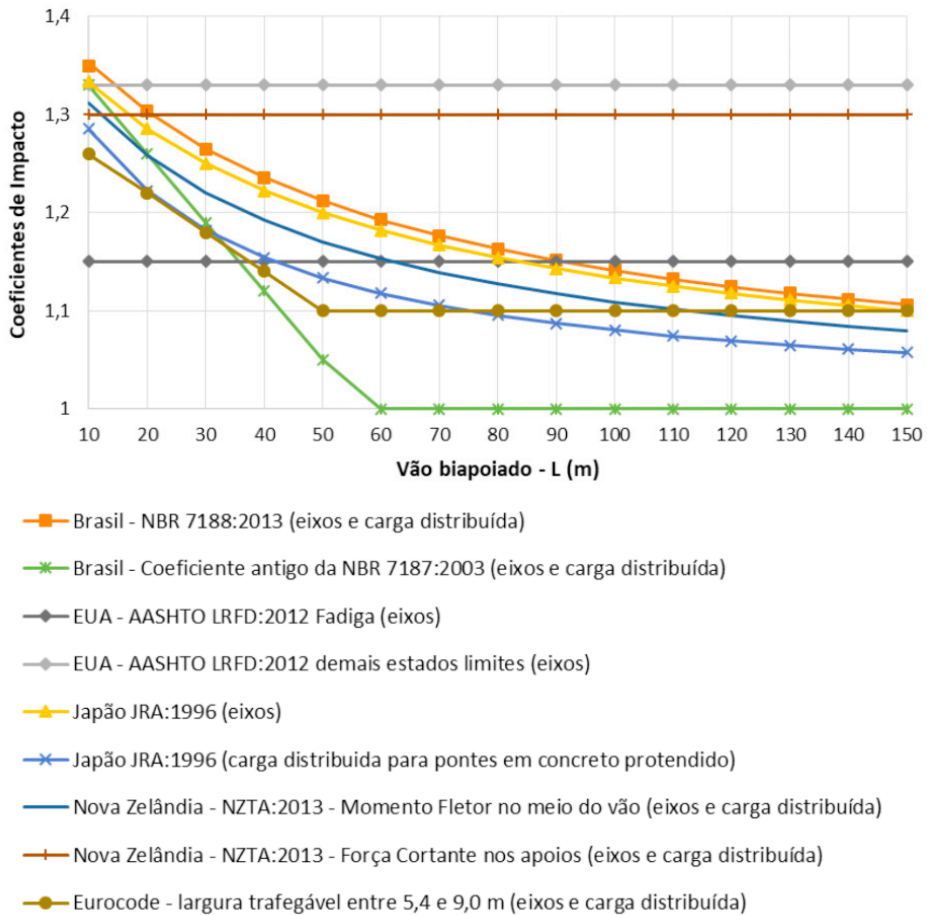


Figura 1 – Comparativo entre alguns coeficientes de impacto

Observa-se, na Figura 1, que a NBR 7188 (2013) apresenta coeficientes ligeiramente conservadores aos valores das outras normas. Vale notar que, apesar da AASHTO LRFD (2012) apresentar coeficientes maiores (exceto para fadiga), tais ampliações são aplicadas exclusivamente ao caminhão de projeto.

Fazendo uma comparação da norma brasileira em vigor com o coeficiente de impacto antigo da NBR 7187 (2003), verifica-se que os valores atuais são sempre maiores que os antigos. Se comparado com as normas estrangeiras, nota-se que o coeficiente de impacto antigo da norma brasileira apresenta, em geral, os menores valores, especialmente para vãos maiores que 40 m.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse artigo, mediante a revisão dos coeficientes de impacto em pontes rodoviárias,

permite constatar que a norma brasileira apresenta ampliações ligeiramente conservadoras em relação aos valores de outras normas. Vale notar que a NBR 7188 (2013) aplica o mesmo coeficiente ao veículo tipo e à carga distribuída.

Este trabalho cita o critério da necessidade de análise dinâmica do Eurocódigo e os coeficientes de impacto particulares nos Estados Unidos para avaliação de pontes existentes. No Brasil, esses dois aspectos poderiam ser melhor estudados para possível consideração nas normas técnicas nacionais.

A NBR 7188 (2013) apresenta avanços importantes em relação aos coeficientes de impacto, haja visto que coeficiente de impacto antigo da NBR 7187 (2003) apresenta, em geral, valores menores que os demais códigos estudados. No entanto, os coeficientes de impacto da NBR 7188 (2013) precisam ser avaliados com base em estudos de análise dinâmica que visem a obtenção ampliações representativas baseadas na natureza do tráfego e nas condições das rodovias no país.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, P. A. O; RODRIGUES, J. F. S; LIMA, A. B. **Crítérios de otimização de projetos de pontes a partir de espectros de aceleração induzidas por veículos nos tabuleiros**, LSE, 2010.

AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS. **AASHTO Standard Specifications for Highway Bridges**, 2002.

AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS. **AASHTO LRFD Bridge Design Specifications**, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7188 - Carga Móvel Rodoviária e de Pedestres em Pontes, Viadutos, Passarelas e outras Estruturas**, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7187 - Projeto de pontes de concreto armado e de concreto protendido – Procedimento**, 2003.

BARKER, R. M.; PUCKETT, J. A. **Design of Highway Bridges: An LRFD Approach**. Wiley, 3ed, 2013.

BRITISH STANDARDS INSTITUTION. **BS 5400-2 - Steel, concrete and composite Bridges - Part 2: Specification for loads**, 1978

CANADIAN STANDARDS ASSOCIATION (CSA). **Commentary on CAN/CSA-S6-06**, Canadian Highway Bridge Design Code, 2006.

COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION (CEN). **Eurocode 1: Actions on structures - Part 2: Traffic loads on bridges**, 2003.

DAHLBERG, D. **LRFD Bridge Design Manual Changes**, Department of Transportation, Bridge Office, 2017.

DENG, L.; YU, Y.; ZOU, Q.; CAI, C. S. **State-of-the-Art Review of Dynamic Impact Factors of Highway Bridges**. Journal of Bridge Engineering, ASCE, 2015.

HARTLE, R. A.; WILSON, K. E.; AMRHEIN, W. A.; ZANG, S. D.; BOUSCHER, J. W.; VOLLE, L. E. **LRFD Design Example for Steel Girder Superstructure Bridge with Commentary**. Michael Baker Jr., Inc. National Highway Institute, 2003.

JUNG, H.; KIM, G.; PARK, C. **Impact Factors of Bridges based on Natural Frequency for Various Superstructure Types**. KSCE Journal of Civil Engineering, 2013.

KIRKCALDIE, D. K.; WOOD, J. H. **Review of Australian standard AS5100 Bridge design with a view to adoption - Volume 1**. NZ Transport Agency Research Report 361, 2008.

LUCHI, L. A. R. **Reavaliação do trem-tipo à luz das cargas reais nas rodovias brasileiras**. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2006.

MCLEAN, D. L.; MARSH, M. L. **Dynamic impact factors for bridges**. National Cooperative Highway Research Program (NCHRP) Synthesis 266, 1998.

NEW ZEALAND TRANSPORT AGENCY (NZTA). **Bridge manual**, 2013.

PENNER, E. **Avaliação de desempenho de sistemas estruturais de pontes de concreto**. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2001.

PRITCHARD, R. **Revision of Australian Standard AS 5100 Part 2: – Design loads**, 2017.

ROSSIGALI, C. E. **Atualização do modelo de cargas móveis para pontes rodoviárias de pequenos vãos no Brasil**. Tese (Doutorado) - COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2013.

STUCCHI, F. R.; LUCHI, L. A. R. **O Impacto das CVCs no TT45**. Instituto de Engenharia, 2011.

TECHNICAL METHODS FOR HIGHWAYS. **TMH7 Parts 1 and 2 - Code of Practice for the design of highway bridges and culverts in South Africa**, 1981.

TIMERMAN, J.; BEIER, M. **Considerações sobre a revisão da ABNT NBR 7188**. Encontro Mensal da Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural (ABECE), 2012.

WAGDY, G. W.; SMITH, C.; CLANCY, C. M.; SMITH, M. J. **Comprehensive Design Example for Prestressed Concrete Girder Superstructure Bridge with Commentary**, Modjeski and Masters, National Highway Institute, 2003.

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