

Helenton Carlos da Silva  
(Organizador)

# ENGENHARIA CIVIL:

Componentes sociais e ambientais  
e o crescimento autossustentado



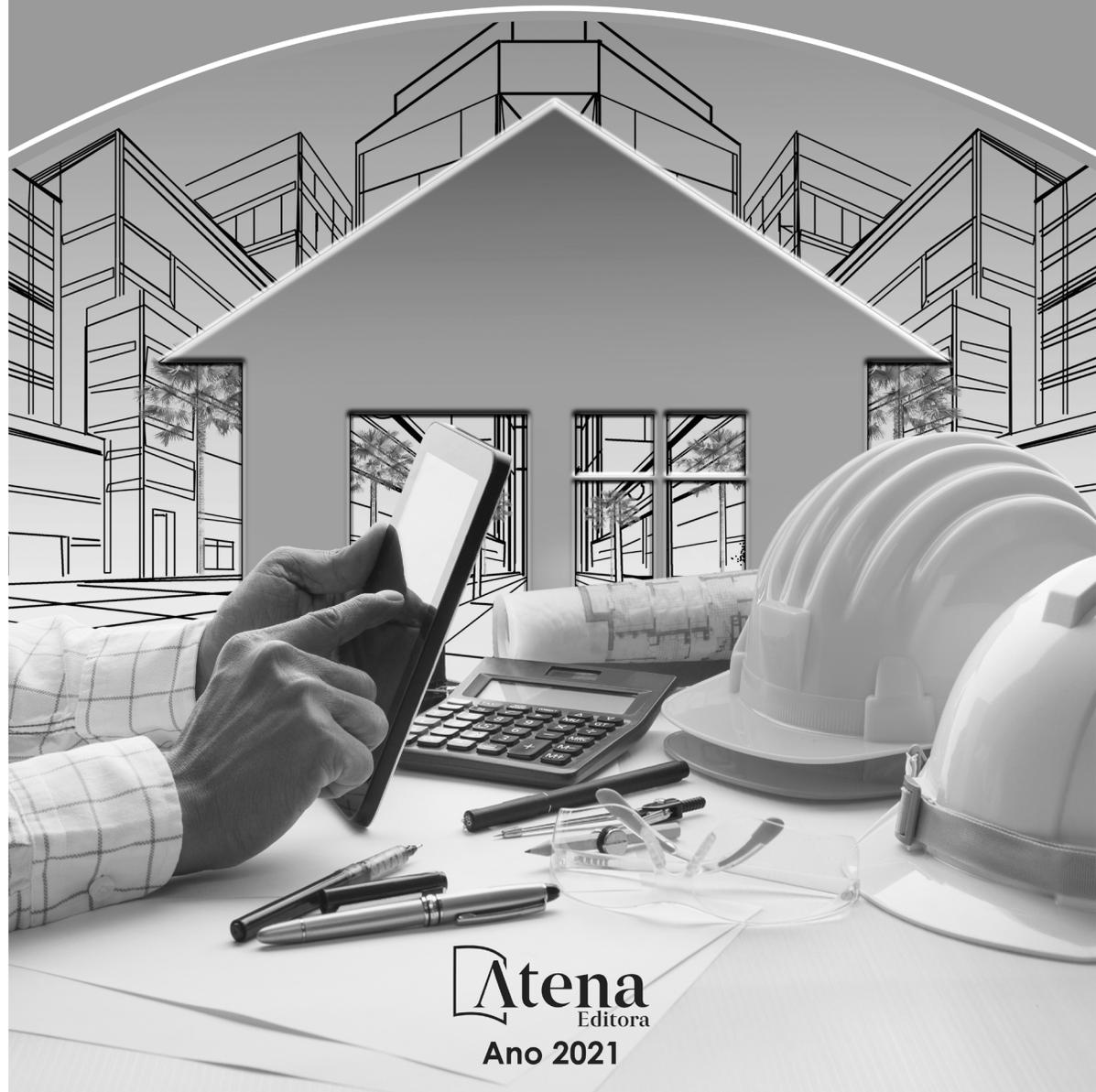
**Atena**  
Editora

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 Cremona

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. Eloi 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 Silvío 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](http://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 ECOLÓGICAMENTE CORRETA SEUS BENEFÍCIOS E MALEFÍCIOS SE COMPARADO A CASA CONVENCIONAL**

Kevin Kaue Garcez

**DOI 10.22533/at.ed.7772114066**

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

## INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS DE DOSAGEM E SUAS INTERAÇÕES SOBRE O MÓDULO DE ELASTICIDADE DO CONCRETO

Data de aceite: 01/06/2021

Data de submissão: 04/05/2021

### **Cristiane Carine dos Santos**

Universidade Federal de Santa Maria  
Santa Maria/RS  
<http://lattes.cnpq.br/4101897913771990>

### **Denise Carpena Coitinho Dal Molin**

Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Porto Alegre/RS  
<http://lattes.cnpq.br/0887502044987077>

### **Geraldo Cechella Isaia**

Universidade Federal de Santa Maria  
Santa Maria/RS  
<http://lattes.cnpq.br/8260652949733370>

### **João Ricardo Masuero**

Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Porto Alegre/RS  
<http://lattes.cnpq.br/4370368219369627>

### **André Lübeck**

Universidade Federal de Santa Maria  
Santa Maria/RS  
<http://lattes.cnpq.br/7511022637484145>

**RESUMO:** Este estudo objetiva avaliar a influência das diferentes variáveis de dosagem (teor de pasta, relação a/c, forma e módulo de elasticidade do agregado graúdo) e suas interações, sobre o módulo de elasticidade estático do concreto de cimento Portland. Dessa forma, foram fixados três teores de pasta (24,7%, 19,8% e 16,5%), três relações água/cimento (0,38,

0,48 e 0,58), mediu-se o módulo de elasticidade das quatro rochas selecionadas (basalto, diabásio, calcário e granito), para o basalto e o diabásio utilizou-se três formas de agregado graúdo (com beneficiamento, intermediário e sem beneficiamento), e para o calcário e granito apenas uma forma (com beneficiamento). Após a seleção e estudo dos diferentes materiais utilizados para a produção dos concretos, foi possível produzir as diversas misturas e obter os resultados de resistência à compressão e módulo de elasticidade, os quais foram ensaiados aos 28 dias de idade do concreto. As interações entre as variáveis apresentaram influências sobre o módulo de elasticidade do concreto, porém a variável teor de pasta, de primeira ordem, apresentou maior impacto, em todas as situações analisadas. Portanto, os resultados confirmaram que as variáveis selecionadas e suas interações possuem influência significativa sobre o módulo de elasticidade do concreto.

**PALAVRAS-CHAVE:** Concreto; teor de pasta; resistência característica à compressão; forma do agregado graúdo; módulo de elasticidade do agregado graúdo.

### INFLUENCE OF DOSAGE PARAMETERS AND THEIR INTERACTIONS ON THE MODULUS OF ELASTICITY OF CONCRETE

**ABSTRACT:** This study aims to evaluate the influence of the different dosage variables (paste content, a / c ratio, shape and modulus of elasticity of the coarse aggregate) and their interactions, on the static elasticity modulus of Portland cement concrete. Thus, three paste

contents (24.7%, 19.8% and 16.5%) were fixed, three water / cement ratios (0.38, 0.48 and 0.58), the module was measured of elasticity of the four selected rocks (basalt, diabase, limestone and granite), for basalt and diabase three forms of coarse aggregate were used (with beneficiation, intermediate and without beneficiation), and for limestone and granite only one form (beneficiation). After the selection and study of the different materials used for the production of the concretes, it was possible to produce the various mixtures and obtain the results of compressive strength and modulus of elasticity, which were tested at 28 days of age of the concrete. The interactions between the variables influenced the modulus of elasticity of the concrete, but the variable content of paste, of the first order, had a greater impact in all situations analyzed. Therefore, the results confirmed that the selected variables and their interactions have a significant influence on the modulus of elasticity of the concrete.

**KEYWORDS:** Concrete; paste content; characteristic compressive strength; coarse aggregate shape; modulus of elasticity of coarse aggregate.

## 1 | INTRODUÇÃO

O módulo de elasticidade estático é uma propriedade imprescindível para o dimensionamento estrutural e sua previsão é complexa (YILDIRIM et al., 2011; NEVILLE, 2011; ASLANI et. al. 2012; KOCKAL 2015; ACI COMMITTEE 318 2014; ZHOU et al. 2015; BILIR 2016).

Li et al. (1999) estudaram os diferentes parâmetros que influenciam no módulo de elasticidade do concreto e puderam concluir que aumentando-se a dimensão máxima do agregado gráudo aumentou-se o módulo do concreto. E o aumento do volume de agregados ou redução da espessura da zona de transição também aumentou o módulo.

Quando Johari et al. (2011) investigaram a influência de materiais cimentícios suplementares, nomeadamente sílica ativa, metacaulim, cinza volante, escória de alto forno granulada e moída, perceberam que as mesmas apresentaram grandes efeitos sobre a resistência à compressão e pequenos efeitos sobre o módulo de elasticidade. Já para Shariq et al. (2013) estudando diferentes idades de ensaios e substituição parcial de cimento por escória granulada de alto forno, os traços com substituição de escória tiveram o módulo reduzido para as diferentes substituições e idades de ensaio.

O efeito do teor de umidade no módulo de elasticidade foi investigado por Liu et al. (2014), em que o módulo de elasticidade aumentou com o aumento do teor de umidade. Já Craeyer et al. (2014) estudaram o efeito do volume de pasta e agregado gráudo sobre o módulo de elasticidade do concreto e concluíram que esses efeitos se mostraram estatisticamente significativos. Jurowski e Grzeszczyk (2015) estudando diferentes tipos de agregados gráudos e dimensão máxima, mantendo o mesmo volume e relação a/c, inferiram que essas variáveis influenciaram no módulo de elasticidade do concreto de maneira significativa.

Para Yang et al. (2016) a dimensão máxima dos agregados influenciou no módulo

de elasticidade do concreto, pois diminuindo-se a dimensão máxima do agregado graúdo, diminuiu-se a resistência à compressão axial e o módulo de elasticidade do concreto. A influência das diferentes composições minerais de rocha foram estudadas por Piasta et al. (2017) em que os maiores valores de módulo de elasticidade foram observados nos concretos de dolomita e basalto e os piores nos concretos de granito.

Tibbetts et al. (2018) tentaram provar que um fator da norma estudada para estimar o módulo de elasticidade do concreto era mais apropriado que outro, para tanto estudaram diferentes tipos de agregados graúdos e concluíram que o módulo de elasticidade do concreto alterou de acordo com o tipo de agregado graúdo. Girardi et al. (2020) também estudou a influência de diferentes parâmetros de dosagem sobre o módulo de deformação do concreto e pode inferir que o volume de pasta e agregado, e a natureza do agregado apresentaram grande influência sobre o módulo.

Klein, Lenz e Mazer (2020) investigaram a influência do empacotamento de agregados no módulo de elasticidade estático de concretos com resistência à compressão de 25 e 40 MPa. Dessa forma concluíram que o empacotamento produziu um aumento médio no módulo de elasticidade estático do concreto de 21% em 7 dias e 8% em 28 dias.

Portanto, pode-se concluir que entre as variáveis que influenciam de maneira significativa no módulo de elasticidade do concreto, o teor de pasta, litologia do agregado graúdo e resistência à compressão axial do concreto apresentaram grande importância sobre o módulo de elasticidade pela maioria dos estudos.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Para alcançar os objetivos propostos fixou-se três teores de pasta (24,7%, 19,8% e 16,5%), três relações água/cimento (0,38, 0,48 e 0,58), mediu-se o módulo de elasticidade das quatro rochas selecionadas (basalto, diabásio, calcário e granito), para o basalto e o diabásio utilizou-se três formas de agregado graúdo (com beneficiamento, intermediário e sem beneficiamento), e para o calcário e granito apenas uma forma (com beneficiamento). Assim, foi possível produzir as diferentes misturas de concreto (Tabela 1) e obter a resistência à compressão e o módulo de elasticidade do mesmo. Resultados estes que foram analisados esteticamente e permitiram concluir sobre a influência das variáveis e interações sobre o módulo de elasticidade do concreto.

TRAÇO	$f_{ck}$	Descrição	Tratamentos m=4,5 m=6			COMPOSIÇÃO DO TRAÇO UNITÁRIO (kg)		
						cimento : areia : brita : a/c		
Código	(MPa)					m=7,5		
D25	25	Diabásio	Com VSI	Intermediário	Sem VSI	1:1,97:2,53:0,58	1:2,78:3,22:0,58	1:3,59:3,91:0,58
D35	35					1:1,97:2,53:0,48	1:2,78:3,22:0,48	1:3,59:3,91:0,48
D45	45					1:1,97:2,53:0,38	1:2,78:3,22:0,38	1:3,59:3,91:0,38
B25	25	Basalto	Com VSI	Intermediário	Sem VSI	1:1,97:2,53:0,58	1:2,78:3,22:0,58	1:3,59:3,91:0,58
B35	35					1:1,97:2,53:0,48	1:2,78:3,22:0,48	1:3,59:3,91:0,48
B45	45					1:1,97:2,53:0,38	1:2,78:3,22:0,38	1:3,59:3,91:0,38
G25	25	Granito	-	-	Sem VSI	1:1,97:2,53:0,58	1:2,78:3,22:0,58	1:3,59:3,91:0,58
G35	35					1:1,97:2,53:0,48	1:2,78:3,22:0,48	1:3,59:3,91:0,48
G45	45					1:1,97:2,53:0,38	1:2,78:3,22:0,38	1:3,59:3,91:0,38
C25	25	Calcário	-	-	Sem VSI	1:1,97:2,53:0,58	1:2,78:3,22:0,58	1:3,59:3,91:0,58
C35	35					1:1,97:2,53:0,48	1:2,78:3,22:0,48	1:3,59:3,91:0,48
C45	45					1:1,97:2,53:0,38	1:2,78:3,22:0,38	1:3,59:3,91:0,38

Tabela 1: Misturas de concreto.

## 2.1 Materiais

O cimento utilizado no estudo foi o CP V-ARI (NBR 16697:2018), massa específica 3,14 g/cm<sup>3</sup>. Como agregado miúdo foi utilizada uma areia natural, massa específica 2,62 g/cm<sup>3</sup> e módulo de finura de 2,07, proveniente do rio Jacuí da cidade de Rio Pardo – RS, e como agregados graúdos foram utilizados quatro diferentes tipos de rochas: basalto (massa específica 2,95 g/cm<sup>3</sup> e módulo de elasticidade 91,2 GPa), diabásio (massa específica 2,58 g/cm<sup>3</sup> e módulo de elasticidade 79,2 GPa), granito (massa específica 2,67 g/cm<sup>3</sup> e módulo de elasticidade 65,8 GPa), e calcário (massa específica 2,74 g/cm<sup>3</sup> e módulo de elasticidade 63 GPa), todas com dimensão máxima característica de 19 mm. O módulo de elasticidade das rochas foi determinado com corpos de prova cilíndricos de diâmetro de 10 cm e altura de 20 cm, conforme a NBR 10341 (ABNT, 2006). As amostras foram ensaiadas em uma prensa hidráulica INSTRON, Modelo EDX 1500. As rochas de basalto e diabásio foram estudadas com diferentes formas ou níveis de beneficiamento VSI (britador de eixo vertical), com beneficiamento, sem beneficiamento e intermediário (composto por 50% com VSI e 50% sem VSI). Dessa maneira foi possível avaliar a influência da forma do agregado graúdo no módulo de elasticidade e sua interação com as demais variáveis.

Todos os materiais utilizados para a moldagem do concreto foram previamente preparados. Os agregados foram lavados e secos, visando garantir as mesmas condições para os diferentes agregados graúdos, que foram peneirados para uniformizar a composição granulométrica e ajustar a mesma dimensão máxima estabelecida. Os demais materiais foram apenas armazenados em locais apropriados, livre de umidade.

Tanto para o agregado miúdo quanto para os graúdos foram realizados os ensaios de caracterização física. As Tabelas 2 e 3 apresentam a composição granulométrica desses agregados.

Peneiras(mm)	Massa retida (kg)	% em massa	
		Retida	Acumulada
	Areia	Areia	Areia
1,18	0,150	3	3
600 $\mu\text{m}$	1,067	22	25
300 $\mu\text{m}$	2,760	55	80
150 $\mu\text{m}$	0,960	19	99
Fundo	0,063	1	100
TOTAL	5	100	207
Dimensão máxima característica			1,18 mm
Módulo de finura			2,07

Tabela 2: Composição granulométrica: agregado miúdo.

Peneiras (mm)	Massa retida (kg)	% em massa	
		Retida	Acumulada
	Agregado graúdo	Agregado graúdo	Agregado graúdo
19	0,280	2	2
12,5	7,160	48	50
9,5	5,840	39	89
6,3	1,580	10	99
4,75	0,049	0	99
2,36	0,014	0	99
1,18	-	0	99
600 $\mu\text{m}$	-	0	99
300 $\mu\text{m}$	-	0	99
150 $\mu\text{m}$	-	0	99
Fundo	0,076	1	100
TOTAL	15	100	685

Dimensão máxima característica	19 mm
Módulo de Finura	6,85

Tabela 3: Composição granulométrica: agregados graúdos.

## 2.2 Parâmetros de dosagem dos concretos

Os parâmetros de dosagem dos concretos foram estabelecidos com base no método de dosagem proposto pelo IPT/EPUSP (HELENE e TERZIAN, 1992). O valor de abatimento foi fixado em  $100 \pm 20$  mm, medido de acordo com a NBR NM 67 (ABNT, 1998). Em alguns dos traços foi utilizado um plastificante livre de cloretos para alcançar a trabalhabilidade desejada.

Como neste estudo foram utilizados oito tipos de agregados graúdos, determinou-se o volume de vazios de cada um deles e a partir do agregado com maior teor de vazios (granito), definiu-se o teor ótimo de argamassa em 54%, utilizado para todos os demais tipos de agregados. O teor de materiais secos (m) foi validado em três níveis: mais rico ( $m=4,5$ ), intermediário ( $m=6$ ) e mais pobre ( $m=7,5$ ) de maneira a obter os parâmetros para o diagrama de dosagem. Definidos os diagramas de dosagem, determinaram-se os traços para as relações água/cimentos fixadas em 0,38, 0,48 e 0,58.

Posteriormente foi formulada uma grande matriz com as interações possíveis entre as variáveis selecionadas que poderiam influenciar significativamente o módulo de elasticidade do concreto, como: relação água/cimento, teor de pasta, módulo de elasticidade da rocha e forma do agregado, sendo produzidas em laboratório as misturas (Tabela 1).

## 2.3 Moldagem, desmoldagem e cura dos corpos de prova

Para cada traço de concreto foram moldados 3 corpos de prova cilíndricos para o ensaio de resistência à compressão axial e 4 corpos de prova cilíndricos para o ensaio de módulo de elasticidade estático.

Fez-se o uso de uma betoneira de eixo inclinado para a produção dos concretos, conforme a NBR 5738 (ABNT, 2016). A betoneira foi sempre imprimida antes da preparação dos concretos. A ordem de colocação dos materiais foi sempre a mesma: inicialmente foi colocado 100% da brita, em seguida aproximadamente 30% da água e 100% de cimento, acrescentando o restante da água e 100% da areia. O aditivo foi adicionado em conjunto com os 30% finais de água. As misturas foram realizadas por aproximadamente cinco (5) minutos a partir da colocação total da água.

Finalizados os procedimentos de moldagem, os corpos de prova ficaram armazenados à temperatura ambiente durante 24 horas, cobertos com lona plástica. Em seguida, foram desmoldados e colocados em reservatórios de água com cal e curados até completar os 28 dias de idade, com temperatura e umidade relativa do ar controladas, conforme prescreve a NBR 9479 (ABNT, 2006).

Após o período de cura cada amostra foi retificada e submetida aos ensaios de

resistência à compressão axial e módulo de elasticidade estático do concreto de acordo com a NBR 5739 (ABNT, 2018) e NBR 8522 (ABNT, 2017), respectivamente.

## **2.4 Ensaios realizados com o concreto**

Para a determinação do módulo de elasticidade do concreto realizaram-se três ciclos de carregamento de descarregamento dos corpos de prova conforme determinado na NBR 8522 (2017) até o limite de 30% da resistência média à compressão do concreto. A deformação dos corpos de prova foi medida com dois transdutores de deslocamento indutivo (LVDT - Linear Variable Differential Transformer) integrados à prensa hidráulica e com leitura esta transmitida diretamente para o software integrado da INSTRON, BlueHill 3.0.

## **2.5 Apresentação, tratamento e análise dos resultados**

Os resultados obtidos por meio do programa experimental receberam tratamento estatístico com base na Análise de Variância (ANOVA), permitindo assim, a identificação das variáveis e interações que influenciaram significativamente no módulo. O nível de confiança adotado nas análises foi de 95%. Para a operação e apresentação dessas análises foram utilizados os recursos do software Statistica, versão 12.

# **3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES**

## **3.1 Módulo de elasticidade do concreto**

Para permitir a observação da influência das variáveis teor de pasta, relação água/cimento ( $a/c$ ), módulo de elasticidade da rocha e forma do agregado graúdo sobre o módulo de elasticidade do concreto, foram analisadas todas as variáveis para as rochas que tiveram três formas diferentes de agregado graúdo (diabásio e basalto), ou seja, beneficiamento VSI, intermediário e sem VSI. Para as rochas de calcário e granito analisou-se a interação das mesmas variáveis com exceção da forma.

Nas Tabelas 4 e 5 são apresentadas as análises de variâncias (ANOVA) para as rochas de diabásio e basalto e para as rochas de calcário e granito, respectivamente.

Parâmetros	SQ	GDL	MQ	Teste F	Valor “p”	Significância
A: Teor de Pasta	640,5	2	320,3	1286,9	0,000000	S
B: Relação água/cimento (a/c)	523,8	2	261,9	1052,5	0,000000	S
C: Forma do agregado graúdo	40,2	2	20,1	80,7	0,000000	S
D: $E_c$ da Rocha	17,6	1	17,6	70,6	0,000000	S
AxB	6,9	4	1,7	7,0	0,000033	S
AxC	33,4	4	8,4	33,6	0,000000	S
BxC	5,8	4	1,5	5,9	0,000195	S
AxD	11,8	2	5,9	23,7	0,000000	S
BxD	0,6	2	0,3	1,2	0,313673	NS
CxD	13,3	2	6,7	26,8	0,000000	S
AxBxC	11,3	8	1,4	5,7	0,000002	S
AxBxD	15,9	4	4,0	16,0	0,000000	S
AxCxD	19,7	4	4,9	19,8	0,000000	S
BxCxD	0,9	4	0,2	0,9	0,439180	NS
Erro	40,3	162	0,2			

Tabela 4: ANOVA: módulo de elasticidade do concreto - rochas de diabásio e basalto.

Parâmetros	SQ	GDL	MQ	Teste F	Valor “p”	Significância
A: Teor de Pasta	355,31	2	177,66	646,9	0,000000	S
B: Relação água/cimento (a/c)	204,57	2	102,28	372,4	0,000000	S
C: $E_c$ da Rocha	9,83	1	9,83	35,8	0,000000	S
AxB	5,33	4	1,33	4,9	0,002045	S
AxC	9,14	2	4,57	16,6	0,000002	S
BxC	1,07	2	0,54	2,0	0,151290	NS
AxBxC	3,25	4	0,81	3,0	0,027828	S
Erro	14,83	54	0,27			

Tabela 5: ANOVA: módulo de elasticidade do concreto - rochas de calcário e granito.

Conforme a Tabela 4 pode-se afirmar que todas as variáveis analisadas se apresentaram significativas para o módulo de elasticidade do concreto, exceto a interação de segunda ordem entre relação água/cimento (a/c) x  $E_c$  da rocha e a interação de terceira ordem entre relação água/cimento (a/c) x forma do agregado graúdo x  $E_c$  da rocha, que se mostraram não significativas estatisticamente para o módulo de elasticidade do concreto.

A variável de maior significância para o módulo de elasticidade é o teor de pasta, seguido da relação água/cimento, da forma do agregado graúdo e, por fim, do tipo de rocha.

A Tabela 5 permite afirmar que todas as variáveis e suas interações apresentam significância estatística sobre o módulo de elasticidade do concreto quando do uso de agregados graúdos de calcário e granito, exceto a interação de segunda ordem entre o teor

de pasta x Ec da Rocha, que se mostrou não significativo, para o módulo de elasticidade do concreto.

Assim como para as rochas de diabásio e basalto, a variável de maior significância é o teor de pasta, seguido da relação água/cimento e do tipo de rocha.

### 3.1.1 Efeito isolado da variável teor de pasta

A Figuras 1, apresenta o efeito isolado da variável teor de pasta sobre o módulo de elasticidade do concreto para rochas de basalto e diabásio (a) e calcário e granito (b).

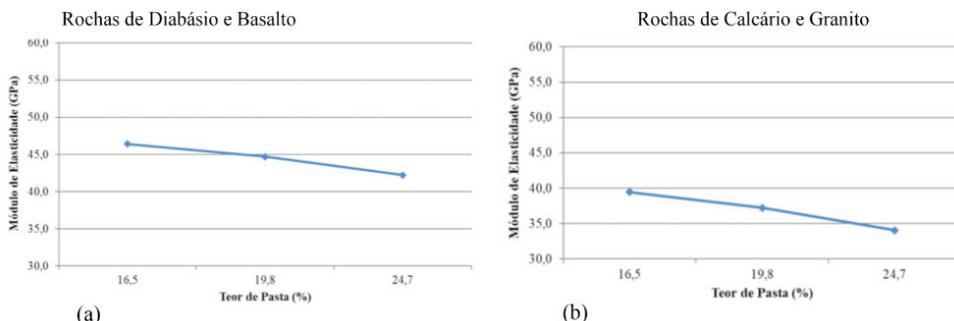


Figura 1: Efeito isolado da variável teor de pasta

Percebe-se que o aumento do teor de pasta tende a diminuir o módulo de elasticidade do concreto, o que ocorre com maior intensidade para as rochas de calcário e granito. Na Figura 1 (a), quando se aumentou o teor de pasta de 16,5% para 19,8%, a redução no módulo foi de 3,66%, e quando se elevou ainda mais o teor de pasta, passando de 19,8% para 24,7%, a redução no módulo ficou em torno de 5,59%. Para os concretos produzidos com rochas de calcário e granito, Figura 1 (b), o aumento no teor de pasta de 16,5% para 19,8% ocasionou uma redução no módulo de 5,82%, já quando se elevou ainda mais o teor de pasta de 19,8% para 24,7%, a redução foi cerca de 8,60%. Dessa forma, é possível associar a elevação do valor do módulo de elasticidade ao aumento da quantidade do componente de maior rigidez (agregado graúdo), pois quando se reduziu o teor de pasta, consequentemente se aumentou o teor de agregado graúdo na mistura, em que as proporções cimento:agregados foram 1:4,5 (volume de pasta 24,7%), 1:6 (volume de pasta 19,8%) e 1:7,5 (volume de pasta 16,5%).

Girardi (2018) obteve conclusões semelhantes, em que a redução do volume de pasta provocou um crescimento no valor do módulo de deformação, pois, com a redução do volume de pasta de 50,2% para 22,3%, nos traços 1:2 e 1:7, respectivamente, houve alteração no valor do módulo de deformação em 33,5% aos 28 dias. Demais autores também já evidenciaram esse comportamento, com Haecker et. al. (2005), Bauer, Pereira e Leal (2012), Xie et al. (2015), Bilesky (2016), entre outros.

### 3.1.2 Efeito isolado da variável relação água/cimento

A Figura 2 permite afirmar que o módulo de elasticidade do concreto diminuiu com o aumento da relação água/cimento (a/c), pois com relações a/c menores tem-se um menor afastamento dos grãos de aglomerante, menos água livre, menor porosidade da matriz e zona de transição menor, conseqüentemente haverá um espaço menor para o crescimento de cristais de hidróxido de cálcio.

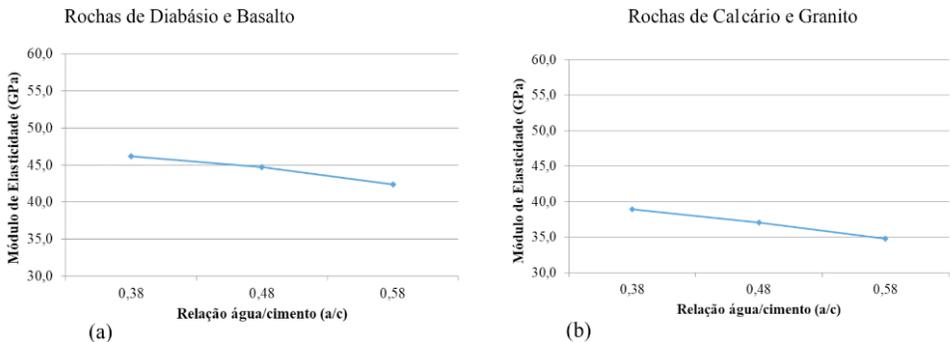


Figura 2: Efeito isolado da variável relação água/cimento

Para os concretos produzidos com rochas de diabásio e basalto, Figura 2 (a), a queda no valor do módulo quando se elevou a relação a/c de 0,38 para 0,48 foi de 3,25%, e quando a relação a/c passou de 0,48 para 0,58 a redução foi ainda maior, 5,15%. Comportamento semelhante verifica-se com as rochas de calcário e granito, Figura 2 (b), porém com maior intensidade, em que o aumento da relação a/c de 0,38 para 0,48 ocasionou uma queda no módulo de elasticidade de 4,88% e, 5,95% quando aumentou-se a relação a/c de 0,48 para 0,58. O comportamento evidenciado por este estudo também foi confirmado em pesquisas realizadas por Silva (2003), Haecker et. al. (2005), Rohden (2011), Bilesky (2016), entre outros.

### 3.1.3 Efeito isolado da variável forma do agregado graúdo

A variável forma somente foi analisada com as rochas de diabásio e basalto, devido aos tipos de beneficiamentos adotados pelas pedreiras. A Figura 3 permite inferir que à medida que o índice de forma do agregado graúdo aumenta, o módulo de elasticidade do concreto diminui. Quando se aumentou o índice de forma de 1,58 para 2,02 a redução do módulo foi de 1,11%, já quando o índice de forma passou de 2,02 para 2,50, a queda no valor do módulo foi cerca de 1,35%. Essas reduções ocasionadas no valor do módulo de elasticidade do concreto podem ser explicadas pelas partículas lamelares que acabam prejudicando o empacotamento e criando vazios, e assim afetando de maneira direta na capacidade de deformação do concreto.

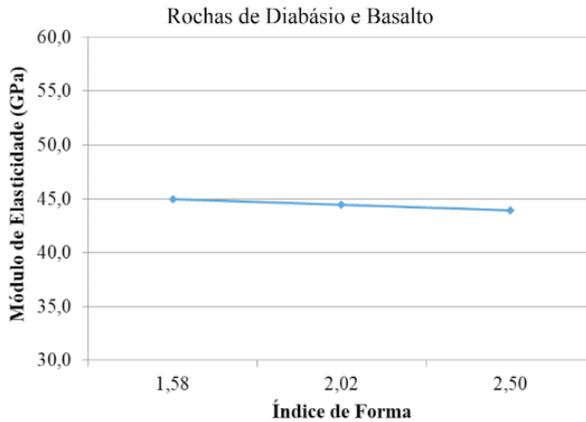


Figura 3: Efeito isolado da variável forma do agregado graúdo

Foram encontrados na literatura poucos estudos referentes a influência da forma do agregado graúdo no módulo de elasticidade do concreto, entre eles tem-se pesquisas de Oliveira et al., 2000; Mendes, 2008; Laserna e Montero, 2016; Silva et. al., 2017; HICKEL et. al., 2018. No entanto, o que se apresenta nesses estudos são conclusões semelhantes às obtidas por esta pesquisa.

### 3.1.4 Efeito isolado da variável $E_c$ da rocha

Na Figura 4 observa-se o efeito isolado da influência do módulo de elasticidade da rocha ( $E_c$ ) no módulo de elasticidade do concreto.

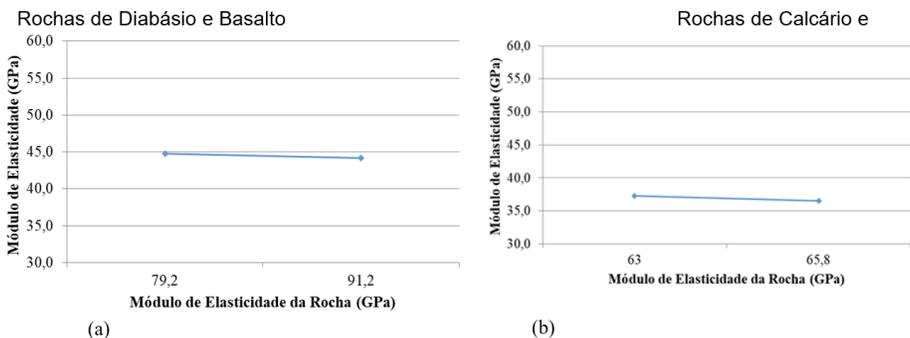


Figura 4: Efeito isolado da variável módulo de elasticidade da rocha

Verifica-se que apesar de estatisticamente a variável se apresentar significativa, as alterações nos resultados para rochas de diabásio ( $E_c$  79,2 GPa e  $f_c$  174,9 MPa) e basalto ( $E_c$  91,2 GPa e  $f_c$  108,3 MPa), Figura 4 (a), são muito pequenas, em que a variação foi de 1,11%. Já quando se observa a Figura 4 (b) para concretos com rochas de calcário ( $E_c$

63,0 GPa e  $f_c$  80,2 MPa) e granito ( $E_c$  65,8 GPa e  $f_c$  87,7 MPa), verificam-se alterações nos resultados médios do módulo de elasticidade do concreto com a variação do tipo de rocha de 2,14%.

Pesquisas realizadas por Rashid et al. (2002); Pompeu (2004); Alexander e Mindess (2005); Alhadad (2008); Neto et al. (2011); Ahmad e Alghamdi (2012); Uysal (2012); Gidrão (2015); Beushausen e Dittmer (2015); Bilesky (2016); Santos et al. (2017); Tibbetts et al. (2018) e entre outras, demonstraram que a rigidez do agregado tem um impacto direto no módulo de elasticidade do concreto. Ainda, as pesquisas de Wu et al. (2001), Beshr et al. (2003) e Uysal (2012) também confirmam as diferenças significativas entre os valores de módulo de elasticidade do concretos produzidos com diferentes tipos de agregados graúdos e relação  $a/c$  constante, em que o módulo de elasticidade do concreto aumentou em decorrência da elevação da resistência e do módulo do agregado.

## 4 | CONCLUSÕES

As conclusões são referentes às influências das diferentes variáveis estudadas sobre o módulo de elasticidade do concreto de cimento Portland, analisadas para cada uma das rochas selecionadas. As referidas conclusões foram:

- a) quanto menor o teor de pasta maior tende a ser o módulo de elasticidade do concreto, para todas as rochas estudadas;
- b) o módulo de elasticidade do concreto diminui com o aumento da relação água/cimento;
- c) a forma do agregado graúdo apresenta influência sobre módulo de elasticidade do concreto, quanto menor o índice de forma do agregado graúdo maior tende a ser o módulo de elasticidade do concreto;
- d) o módulo de elasticidade do concreto é influenciado pelas propriedades mecânicas do agregado graúdo;
- e) Para a propriedade módulo de elasticidade do concreto com as rochas basalto e diabásio, a variável de maior influência foi o teor de pasta, seguida pela relação  $a/c$ , forma do agregado graúdo e  $E_c$  da rocha;
- f) para os concretos produzidos com agregados de calcário e granito a variável de maior influência para o módulo de elasticidade do concreto é o teor de pasta, seguida pela relação  $a/c$  e  $E_c$  da rocha;
- g) indiferentemente do tipo de rocha estudada, a maioria das interações das variáveis se mostraram estatisticamente significativas para a propriedade do concreto (módulo de elasticidade), mas no âmbito prático não apresentam grande influência, pois o teste F mostra menor impacto que as variáveis principais.

## REFERÊNCIAS

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. ACI 318, “**Building Code Requirements for Structural Concrete** (ACI 318-14) and Commentary (ACI 318R-14),” American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2014, 519 pp.

ASLANI, F., AND NEJADI, S., “**Mechanical Properties of Conventional and Self-Compacting Concrete: An Analytical Study**,” *Construction and Building Materials*, V. 36, 2012, pp. 330-347. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2012.04.034.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16697:**Cimento Portland - Requisitos**. Rio de Janeiro, RJ, 2018.

\_\_\_\_\_. NBR 10341:**Agregado graúdo para concreto -Determinação do módulo de deformação estático e do diagrama tensão-deformação em rocha matriz -Método de ensaio**. Rio de Janeiro, 2006.

\_\_\_\_\_. NBR NM 67: **Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone**. Rio de Janeiro, 1998.

\_\_\_\_\_. NBR 5738: **Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova**. Rio de Janeiro, 2016.

\_\_\_\_\_.NBR 9479: **Argamassa e concreto - Câmaras úmidas e tanques para cura de corpos-de-prova**. Rio de Janeiro, 2006.

\_\_\_\_\_. NBR 5739: **Concreto – Ensaios de compressão de corpos de prova cilíndricos: método de ensaio**. Rio de Janeiro, 2018.

\_\_\_\_\_.NBR 8522: **Concreto: determinação do módulo estático de elasticidade à compressão**. Rio de Janeiro, 2017.

ALHADAS, M. F. S. **Estudo da influência do agregado graúdo de diferentes origens mineralógicas nas propriedades mecânicas do concreto**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Construção Civil) - Programa de Pós-Graduação em Construção Civil. Universidade Federal de Minas Gerais. 126 fls. Belo Horizonte/MG, 2008.

B. LIU, W. LV, L. LI, P. LI, **Effect of moisture content on static compressive elasticity modulus of concrete**, *Construction and Building Materials*. 69 (2014) 133-142.

BAUER, E.; PEREIRA, C. H. A. F.; LEAL, A. C. F. S. **Valores do módulo de elasticidade de concretos comercial da região do Distrito Federal**. XIV ENTAC – Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Juiz de Fora/MG, 2012.

BESHR, H.; ALMUSALLAM, A. A.; MASLEHUDDIN, M. **Effect of coarse aggregate quality on the mechanical properties of high strength concrete**. *Construction and building materials*, v. 17, n. 2, p. 97-103, 2003.

BILESKY, P. C. **Contribuição aos estudos do módulo de elasticidade do concreto**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) do Estado de São Paulo. 137 fls. São Paulo/SP, 2016.

BILIR, T., "Investigation of Performances of Some Empirical and Composite Models for Predicting the Modulus of Elasticity of High Strength Concretes Incorporating Ground Pumice and Silica Fume," Construction and Building Materials, V. 127, 2016, pp. 850-860. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2016.10.054.

CRAEYE, Bart et al. **Modulus of elasticity and tensile strength of self-compacting concrete: Survey of experimental data and structural design codes.** Cement and Concrete Composites, v. 54, p. 53-61, 2014.

GIRARDI, Ricardo; MOLIN, Denise Coitinho Dal; RECENA, Fernando Antonio Piazza. **Portland Cement Concrete Deformation Modulus: Influence of Paste Volume.** ACI Materials Journal, v. 117, n. 1, 2020.

HAECKER, C. -J. et al. **Modeling the linear elastic properties of Portland cement paste.** Disponível em: <<http://ciks.cbt.nist.gov/~garbocz/paper148/index.html>>. Acesso em 10 de agosto de 2020.

HELENE, Paulo RL; TERZIAN, Paulo. **Manual de dosagem e controle do concreto.** Pini, 1992.

HICKEL, G. C., BOAVENTURA, G. C., SOUZA, R. A. D., CALÇADA, L. M., CASALI, J. M., BETIOLI, A., & OLIVEIRA, A. L. D. (2018). **Influência do tipo de britador na forma dos grãos de agregados miúdos de britagem.** Revista IBRACON de Estruturas e Materiais, 11(4), 902-930.

JUROWSKI, Krystian; GRZESZCZYK, Stefania. **The influence of concrete composition on Young's modulus.** Procedia Engineering, v. 108, p. 584-591, 2015.

KLEIN, Nayara S.; LENZ, Lauri A.; MAZER, Wellington. **Influence of the granular skeleton packing density on the static elastic modulus of conventional concretes.** Construction and Building Materials, v. 242, p. 118086, 2020.

KOCKAL, N., "Validity and Reliability of Estimated Modulus of Elasticity of Cementitious Materials," IOP Conference Series. Materials Science and Engineering, V. 103, 2015, p. 012024 doi:10.1088/1757-899X/103/1/012024.

LI, G., ZHAO, Y., PANG, S. S., & LI, Y. (1999). **Effective Young's modulus estimation of concrete.** Cement and Concrete Research, 29(9), 1455-1462.

M. UYSAL, **The influence of coarse aggregate type on mechanical properties of fly ash additive self-compacting concrete,** Constr. Build. Mater. 37 (2012) 533– 540.

MELO NETO, A. A.; HELENE, PR do L. **Módulo de elasticidade: dosagem e avaliação de modelos de previsão do módulo de elasticidade de concretos.** In: Congresso Brasileiro do Concreto, 44º, Belo Horizonte. 2002.

MENDES, T M. **Influência do coeficiente de atrito entre os agregados e da viscosidade da matriz no comportamento reológico de suspensões concentradas heterogêneas.** 2008. 103p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

NEVILLE, A. M. **Properties of Concrete.** 5th ed. England: Pearson, 2011.

OLIVEIRA, I. R.; STUDART, A. R.; PILEGGI, R. G.; PANDOLFELLI, V. C. **Dispersão e empacotamento de partículas: princípios e aplicações em processamento cerâmico**. São Paulo: Fazendo Arte Editorial, 2000.

PIASTA, Wojciech; GORA, Jacek; BUDZYŃSKI, Waldemar. **Stress-strain relationships and modulus of elasticity of rocks and of ordinary and high performance concretes**. Construction and Building Materials, v. 153, p. 728-739, 2017.

RASHID MA, MANSUR MA, ASCE M, PARAMASIVAM P. **Correlations between mechanical properties of high-strength concrete**. J Mater Civ Eng 2002;14:230-8

ROHDEN, A., BRESOVIT, A., KIRCHHEIM, A., & MOLIN, D. (2011). **Efeito do teor de agregado graúdo na resistência à tração do concreto do concreto de alto desempenho**. In ANAIS DO 53º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO.

SANTOS, ANTONIO CARLOS DOS et al. **Comparative study between theoretical values and experimental results of concrete elasticity modulus produced with different types of coarse aggregate**. Ambiente Construído, v. 17, n. 3, p. 281-294, 2017.

SILVA, K. J. D. **Estudo do comportamento do módulo de deformação de concretos com um ano de idade, produzidos com diferentes agregado graúdos**. Monografia de Conclusão de Curso em Engenharia Civil. Centro Federal de Educação Tecnológico de Goiás. Goiânia/GO, 2003.

SILVA, Rui Vasco; DE BRITO, Jorge; DHIR, Ravindra Kumar. **Establishing a relationship between modulus of elasticity and compressive strength of recycled aggregate concrete**. Journal of cleaner production, v. 112, p. 2171-2186, 2016.

TIBBETTS, Caitlin M. et al. **Aggregate Correction Factors for Concrete Elastic Modulus Prediction**. ACI Structural Journal, v. 115, n. 4, p. 931-941, 2018.

XIE Y, CORR DJ, JIN F, ZHOU H, SHAH SP. **Experimental study of the interfacial transition zone (ITZ) of model rock-filled concrete (RFC)**. Cement & Concrete Composites. 2015;55:223- 31.

Y. ZHOU, J. GAO, Z. SUN, W. QU, **A fundamental study on compressive strength, static and dynamic elastic moduli of young concrete**, Construction and Building Materials, 98 (2015), 137-145, doi:10.1016/j.conbuildmat.2015.08.110.

YANG, Huaquan; RAO, Meijuan; DONG, Yun. **Influence study of extra-large stone limited size and content on full-graded concrete properties**. Construction and Building Materials, v. 127, p. 774-783, 2016.

YILDIRIM, HASAN; SENGUL, Ozkan. **Modulus of elasticity of substandard and normal concretes**. Construction and Building Materials, v. 25, n. 4, p. 1645-1652, 2011.

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

# ENGENHARIA CIVIL:

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

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