

O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NA ENGENHARIA CIVIL 2

Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta
(Organizadores)



Atena
Editora
Ano 2020

O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NA ENGENHARIA CIVIL 2

Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta
(Organizadores)



Atena
Editora
Ano 2020

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

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 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.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de 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
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 Internazionele 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
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. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
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
Prof^ª Dr^ª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Prof^ª Dr^ª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof^ª Dr^ª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^ª Dr^ª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Prof^ª Dr^ª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci 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
Prof^ª Dr^ª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Prof^ª Dr^ª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof^ª Dr^ª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Dr^ª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Prof^ª Dr^ª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof^ª Dr^ª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Dr. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^ª Dr^ª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
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. 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
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 Miranilde 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. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás
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
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Profª Drª Andreza 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. Ma. 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. 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
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
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 Alborno – 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/UFPA
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 Fenomenologia & Subjetividade/UFPR
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior

Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará

Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco

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

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

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Vanessa Mottin de Oliveira Batista
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadores: Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

D451 O desenvolvimento sustentável na engenharia civil 2 /
Organizadores Henrique Ajuz Holzmann, João
Dallamuta. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-614-0

DOI 10.22533/at.ed.140202511

1. Engenharia civil. 2. Desenvolvimento sustentável. I.
Holzmann, Henrique Ajuz (Organizador). II. Dallamuta, João
(Organizador). III. 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.

APRESENTAÇÃO

Um dos grandes desafios enfrentados atualmente pelos engenheiros nos mais diversos ramos do conhecimento, é de saber ser multidisciplinar, aliando conceitos de diversas áreas. Hoje exige-se que os profissionais saibam transitar entres os conceitos e práticas, tendo um viés humano e técnico.

Neste sentido este livro traz capítulos ligados a teoria e prática em um caráter multidisciplinar, apresentando de maneira clara e lógica conceitos pertinentes aos profissionais das mais diversas áreas do saber.

Para isso o mesmo traz temas correlacionados a engenharia civil, apresentando estudos sobre os solos e, bem como de construções e patologias, estando diretamente ligadas ao impacto ambiental causado e ao reaproveitamento dos resíduos da construção.

Destaca-se ainda a abordagem sob meio ambiente, apresentando processos de recuperação e reaproveitamento de resíduos e uma melhor aplicação dos recursos disponíveis no ambiente, além do estudo aprofundado sob eficiência energética em construções.

De abordagem objetiva, a obra se mostra de grande relevância para graduandos, alunos de pós-graduação, docentes e profissionais, apresentando temáticas e metodologias diversificadas, em situações reais.

Aos autores, agradecemos pela confiança e espírito de parceria.

Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann

João Dallamuta

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

ANÁLISE DO PROCESSO PRODUTIVO AUTOMATIZADO EM INDÚSTRIA ESPECIALIZADA NA FABRICAÇÃO DE BLOCOS E PISOS INTERTRAVADOS DE CONCRETO

Andrezzo Julio Dantas Nascimento

Daniel de Jesus Lopes

João Luiz Cardeal Craveiro

Magno Santos Batista

DOI 10.22533/at.ed.1402025111

CAPÍTULO 2..... 14

AGREGADO MIÚDO PROVENIENTE DO RIO DOCE E SUA INFLUÊNCIA NA DURABILIDADE, RESISTÊNCIA E CARBONATAÇÃO DO CONCRETO

Luan Rangel dos Santos

Claudinei Antônio Montebeller

Lucas Soares Milanezi

Adriana Zamprogno

DOI 10.22533/at.ed.1402025112

CAPÍTULO 3..... 30

ANÁLISE DA ACELERAÇÃO DO RECALQUE DE UM ATERRO SOBRE SOLO MOLE

Talita Menegaz

Gisele Marilha Pereira Reginatto

Narayana Saniele Massocco

Rafael Augusto dos Reis Higashi

Thaís Ventura Chibiaqui

DOI 10.22533/at.ed.1402025113

CAPÍTULO 4..... 44

ANÁLISE DE RECALQUES EM ESTACAS ESCAVADAS EQUIPADAS COM O SISTEMA *EXPANDER BODY*

Fernando Feitosa Monteiro

Renato Pinto da Cunha

Carlos Medeiros Silva

Marcos Fábio Porto de Aguiar

DOI 10.22533/at.ed.1402025114

CAPÍTULO 5..... 55

ANÁLISE DE RISCO A ESCORREGAMENTO NA VILA COQUEIRAL REGIÃO NOROESTE DE BELO HORIZONTE

Charline Tarcilia Ferreira dos Santos

Lorrany Magescki Faria

Magno André de Oliveira

Eduarda Moreira Nascimento

DOI 10.22533/at.ed.1402025115

CAPÍTULO 6.....	74
UTILIZAÇÃO DE BARREIRAS VERTICAIS NA REMEDIAÇÃO AMBIENTAL	
Luciana Regina Cajaseiras de Gusmão	
José Fernando Thomé Jucá	
Karla Salvagni Heineck	
DOI 10.22533/at.ed.1402025116	
CAPÍTULO 7.....	87
ESTUDO DA RESISTÊNCIA DO CONCRETO EM ALTAS TEMPERATURAS UTILIZANDO CINZA DA QUEIMA DE MADEIRA	
Marlon Hable	
Olaf Graupmann	
DOI 10.22533/at.ed.1402025117	
CAPÍTULO 8.....	106
AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA MECÂNICA À COMPRESSÃO DE ESTRUTURAS EM CONCRETO ARMADO COM USO DA VELOCIDADE DE PULSO ULTRASSÔNICO	
Kleber Marcelo Braz Carvalho	
José Renato de Castro Pessoa	
DOI 10.22533/at.ed.1402025118	
CAPÍTULO 9.....	121
ANÁLISE TENSÃO-DEFORMAÇÃO POR MEIO DO SOFTWARE PLAXIS 2D EM ESTACA HÉLICE CONTÍNUA MONITORADA	
Arthur Duarte Dias	
Renato Pinto da Cunha	
Moises Antônio da Costa Lemos	
Gabriela de Athayde Duboc Bahia	
DOI 10.22533/at.ed.1402025119	
CAPÍTULO 10.....	133
UMA REVISÃO SOBRE A UTILIZAÇÃO DE CINZA DE CASCA DE ARROZ NA CONSTRUÇÃO CIVIL	
Alex Gomes Pereira	
Benício de Moraes Lacerda	
Cristiano da Silva Vieira	
Emerson Diniz Viriato	
DOI 10.22533/at.ed.14020251110	
CAPÍTULO 11.....	147
ESTUDO DA ÁREA DE DISPOSIÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL DE RIO VERDE, GO	
Marcel Sousa Marques	
Adriana Antunes Lopes	
Camila Ribeiro Rodrigues	
Katianne Lopes de Paiva	
Marcelo Mendes Pedroza	

Danielma Silva Maia
Enicléia Nunes de Sousa Barros
Daniel Rodrigues Campos
DOI 10.22533/at.ed.14020251111

CAPÍTULO 12..... 153

EVOLUÇÃO DA DIRETIVA EUROPEIA RELATIVA AO DESEMPENHO ENERGÉTICO DOS EDIFÍCIOS, O SUCESSO DE APLICAÇÃO PORTUGUÊS E OS DESAFIOS DO PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM EM EDIFICAÇÕES

Jaime Francisco de Sousa Resende
Andrea Lucia Teixeira Charbel
Teresa Cristina Nogueira Bessa Assunção

DOI 10.22533/at.ed.14020251112

CAPÍTULO 13..... 164

DESEMPENHO COMERCIAL DE EDIFÍCIOS CORPORATIVOS COM SELO AMBIENTAL NA REGIÃO DO PORTO MARAVILHA – RJ

Gustavo Ezequiel Andrés

DOI 10.22533/at.ed.14020251113

SOBRE OS ORGANIZADORES 178

ÍNDICE REMISSIVO..... 179

AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA MECÂNICA À COMPRESSÃO DE ESTRUTURAS EM CONCRETO ARMADO COM USO DA VELOCIDADE DE PULSO ULTRASSÔNICO

Data de aceite: 16/11/2020

Data de submissão: 16/20/2020

Kleber Marcelo Braz Carvalho

Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC)
Programa de Pós-graduação em Ciência
Inovação e Modelagem em Materiais
(PROCIMM)
Ilhéus-Bahia
<http://lattes.cnpq.br/3540395233161012>

José Renato de Castro Pessôa

Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC)
Departamento de Ciências Exatas e
Tecnológicas (DCET)
Ilhéus-Bahia
<http://lattes.cnpq.br/7355133184082398>

RESUMO: A avaliação das propriedades de estruturas de concreto por meio da velocidade de pulso ultrassônico apresenta-se como alternativa viável devido ao baixo custo e não causar danos à estrutura. Este artigo apresenta o uso da velocidade de pulso ultrassônico para estimar a resistência à compressão de concretos produzidos com insumos presentes no Sul da Bahia. Para atender esse objetivo foram elaboradas curvas de correlação entre a velocidade de pulso ultrassônico de concretos produzidos em laboratório e a sua resistência à compressão. Como a correlação sofre a influência de variáveis como o traço do concreto, tamanho e qualidade do agregado, idade do concreto e umidade, esta pesquisa propôs aferir a resistência

à compressão de concretos confeccionados com insumos presentes no Sul da Bahia. Foram elaborados corpos de prova cilíndricos com 10 cm de diâmetro e 20 cm de altura com traços de concretos fornecidos por uma concreteira local para quatro resistências diferentes. Através das curvas de correlação elaboradas, estimamos a resistência à compressão de pilares em obra em construção na cidade de Ilhéus/BA. Os resultados das estimativas de resistência encontradas estão próximos dos valores obtidos nos ensaios realizados em testemunhos extraídos da estrutura da edificação avaliada, bem como o valor da resistência à compressão de projeto (30 MPa). Apesar da variabilidade dos ensaios não destrutivos, os valores encontrados atestam a metodologia empregada neste trabalho para a avaliação da resistência mecânica do concreto com o uso da velocidade de pulso ultrassônico e curvas de correlação.

PALAVRAS-CHAVE: Ensaio não destrutivo. Resistência à compressão. Velocidade de pulso ultrassônico.

EVALUATION OF MECHANICAL RESISTANCE TO COMPRESSION OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES USING ULTRASONIC PULSE VELOCITY

ABSTRACT: The evaluation of the properties of concrete structures by means of ultrasonic pulse velocity is a viable alternative due to the low cost and not to cause damage to the structure. This article presents the use of ultrasonic pulse velocity to estimate the compressive strength of concrete produced with inputs present in the

South of Bahia. To meet this objective, correlation curves were developed between the ultrasonic pulse of concrete produced in the laboratory and its resistance to compression. As the correlation is influenced by variables such as the concrete mix, size and quality of the aggregate, age of the concrete and humidity, this research proposed to measure the compressive strength of concretes made with inputs present in the South of Bahia. Cylindrical specimens with a diameter of 10 cm and a height of 20 cm were produced with concrete traces supplied by a local concrete mixer for four different strengths. Through the correlation curves elaborated, obtained by comparing the values of concrete cores in the evaluated structure and the non-destructive tests, we estimate the compressive strength of columns in construction under construction of Ilhéus/ BA. The results of the compressive strength resistance estimates found are close to the values obtained in the tests carried out on core sampling from the structure of the evaluated building, and with the design compressive strength value (30 MPa). Despite the variability of non-destructive tests, the values found attest to the methodology used in this work for the evaluation of the mechanical strength of concrete using ultrasonic pulse speed and correlation curves.

KEYWORDS: Non-destructive testing. Compressive strength. Ultrasonic pulse velocity.

1 | INTRODUÇÃO

As estruturas de concreto vêm sofrendo, no decorrer dos anos, deterioração e perda da segurança pela falta de controle de qualidade na execução, pela manutenção inexistente e pelo aumento da agressividade do meio ambiente, tornando-se cada vez mais importante o desenvolvimento de técnicas para avaliação dessas estruturas. O que indica a necessidade de inspeções e averiguações das reais condições das estruturas têm incentivado o desenvolvimento e o aperfeiçoamento de ensaios destrutivos e não destrutivos. Principalmente para se determinar a resistência mecânica à compressão, principal parâmetro para avaliar a sua qualidade e comprovar que o concreto utilizado durante a execução da estrutura atende as exigências estabelecidas em projeto (PALACIOS, 2012).

A avaliação das condições *in loco* das estruturas de concreto armado habitualmente é realizada por meio da extração de testemunhos para a realização de ensaios que avaliem as suas propriedades. Essa alternativa nem sempre se apresenta viável, visto que a extração de amostras danifica a integridade do elemento estrutural, podendo vir a comprometer sua estabilidade e/ou levar a ruptura. Nessa vertente os ensaios não destrutivos apresentam-se como alternativa viável de inspeção que garante a integridade da estrutura, deixando pouco ou nenhum dano para ser reparado após o ensaio (CARVALHO, 2019). Em especial, destaca-se o ensaio de pulso ultrassônico pela praticidade, portabilidade e fácil manuseio.

A velocidade de pulso ultrassônico (VPU) permite identificar a qualidade

do concreto por meio da avaliação da medida do tempo de percurso das ondas longitudinais de pulso ultrassônico passando através da estrutura de concreto (MALHORTA e CARINO, 2004). O aparelho utilizado é o ultrassom que emite um pulso ultrassônico através de um transdutor- transmissor que é acoplado ao material analisado. Esse pulso por meio de vibrações percorre o material até ser captada por um transdutor-receptor (AMARAL et al, 2018). Disposto em outra superfície, o transdutor-receptor tem a função de converter as ondas de choque em pulsos elétricos, que são interpretados por um circuito medidor de tempo, conforme ilustrado na Figura 1.

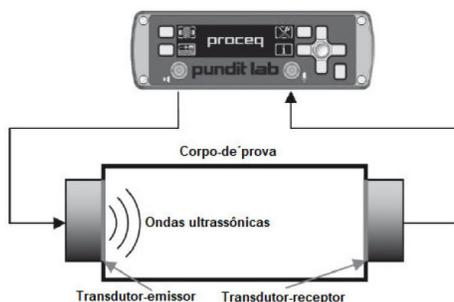


Figura 1 - Esquema de funcionamento do método de ultrassom (Adaptado de PROCEQ, 2013)

A obtenção da VPU pode-se realizar por de três formas diferentes de ensaios (Figura 2): por transmissão direta, indireta ou semidireta (NBR 8802, 2019). Segundo Schiavon (2015), o arranjo direto é o mais indicado para medir a VPU, pois com ele a distância percorrida pela onda é bem definida e o máximo de energia do pulso é recebido.

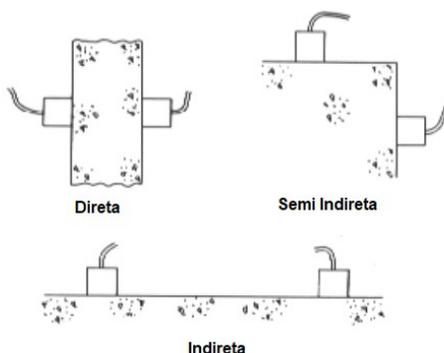


Figura 2 - Tipos de transmissão no ensaio de ultrassom (CARVALHO, 2017)

Os ensaios não destrutivos não determinam de forma direta a resistência mecânica à compressão de estruturas de concreto armado. São necessárias a elaboração de curvas de correlação entre medidas avaliadas nos ensaios e a resistência à compressão em corpos provas de concreto moldados em laboratório.

Em estudos e pesquisas realizadas, as curvas de correlação foram definidas com base em uma determinada mistura de concreto com agregados, tipo de cimento e teor de água e cimento específicos. As curvas de correlação sofrem influência e são modificadas pelo tipo, dimensão máxima característica e quantidade de agregados graúdos, sendo essa uma das principais restrições do seu uso. Também são influenciadas pelo tipo de cimento e pelo volume de pasta (IRRIGARAY, 2012).

A investigação da correlação entre duas variáveis usualmente começa com uma tentativa de descobrir a forma apropriada dessa relação, representando-se, graficamente, os dados como pontos no plano x, y . Com a utilização da regressão, a correlação dos resultados tenta ajustar uma linha de tendência através dos pontos com auxílio de um programa estatístico. De forma que a ajustar os pontos na curva, o programa apresenta uma equação que estabelece a regressão de y sobre x (ANDRADE, 2012)

As curvas de correlação, elaboradas a partir de ensaios não destrutivos, proporcionarão a avaliação de propriedades mecânicas do concreto por meio de uma técnica de simples utilização, rapidez na execução, com disponibilidade imediata dos resultados, menores custos e nenhum dano para a estrutura a ser ensaiada.

Andrade (2012) apresenta um exemplo prático da análise de uma estrutura de concreto por meio de curva de correlação entre a velocidade do pulso ultrassônico e resultado de ensaios à compressão de testemunhos de concreto. Os resultados indicaram uma correlação entre os ensaios não destrutivos de ultrassom e as propriedades mecânicas do concreto sendo possível avaliar a resistência à compressão e o módulo de deformação do concreto da estrutura antiga do Estádio Mário Filho (Maracanã), como forma de análise das estruturas que seriam reabilitadas para o jogos da Copa do Mundo de 2014.

2 | PROGRAMA EXPERIMENTAL

No intuito de estimar a resistência à compressão por meio da velocidade de propagação de onda ultrassônica e índice esclerométrico foram confeccionados concretos com agregados e classe de cimento utilizados na cidade de Ilhéus, localizada na região Sul da Bahia.

O programa experimental contemplou a fase de ensaios laboratoriais, totalizando quarenta corpos de provas cilíndricos moldados e a fase de campo, realizada em uma obra na fase de construção.

2.1 Ensaios Laboratoriais

O traço utilizado no experimento para atender as classes de resistência à compressão (MPa): 20, 25, 30 e 35 foi fornecido pela concreteira Polimix. A composição dos traços está ilustrada na Tabela 1.

Consumo (1 m ³)					
Materias	Fornecedor	Fck 20MPa	Fck 25MPa	Fck 30MPa	Fck 35MPa
Cimento CP V ARI RS (kg)	Mizu	290	315	345	380
Areia Natural (kg)	Mineradora Monte Alegre	774	745	712	674
Brita 9,5 mm (kg)	Pedreira Bahia	166	167	168	170
Brita 19 mm (kg)	Pedreira Bahia	941	947	954	951
Aditivo (g/m ³)	Matchen Aditivos	2610	2835	3105	3420
Água (litros)	Embasa	189	189	189	189
Consumo água/cimento (a/c)		0,65	0,60	0,55	0,50
Abatimento (mm)		100 ±20mm	100 ±20mm	100 ±20mm	100 ±20mm

Tabela 01 - Consumo fornecido pela concreteira Polimix para 1m³ de concreto

Fonte: Dados da pesquisa

A sequência do programa experimental no laboratório, apresentada na Figura 3, iniciou com a seleção e mistura do material em betoneira elétrica; realização do ensaio de abatimento e adensamento do concreto nos corpos provas; cura úmida; retifica dos corpos de prova; ensaio de ultrassom e resistência à compressão após vinte oito de cura dos corpos de prova.



Figura 3 – Sequência de atividades do programa experimental no laboratório

A velocidade de pulso ultrassônico foi obtida com uso do equipamento Portable Ultrasonic Non Destructive Digital Indicating Tester (PUNDIT), fabricado pela Proceq, com frequência de 54 kHz, em dez corpos de prova para cada resistência após vinte e oito dias de concretados e submetidos à cura úmida.

Antes de iniciar o ensaio, um cilindro desenvolvido pela Proceq, foi utilizado para realizar a calibração do aparelho de ultrassom (Figura 4). Este cilindro possui 10cm de comprimento e uma velocidade de pulso ultrassônica conhecida.



Figura 4 – Calibração do ultrassom

As medições do tempo de percurso da onda através do concreto foram feitas ao longo do comprimento dos corpos-de-prova, empregando-se a transmissão direta entre os transdutores, conforme apresentado na Figura 5.



Figura 5 – Realização de ensaio de pulso ultrassônico

Fonte: Dados da Pesquisa

A visualização e análise das ondas foram feitas por meio do software Pundit Link, desenvolvido pela Proceq. A tela do software apresenta o valor da VPU e o sinal ultrassônico conforme apresentado na Figura 6. Para cada corpo de prova ensaiado, o software gera 10 ondas longitudinais e apresenta um valor referente a média de 10 leituras realizadas pelo ultrassom

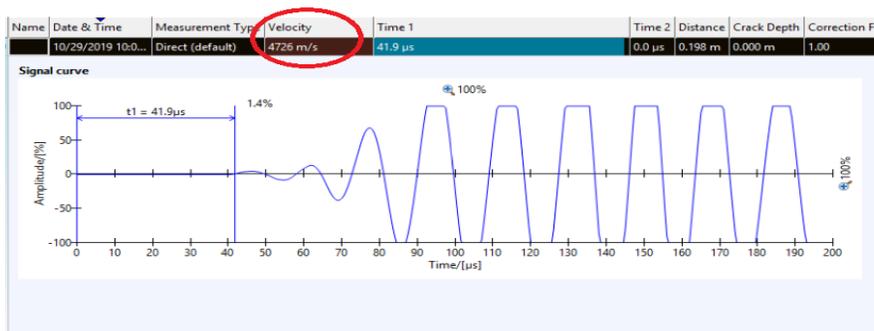


Figura 6 - Tela do software Pundit Link durante ensaio

Os ensaios de resistência à compressão nos corpos de prova cilíndricos (100 mm x 200 mm) foram realizados com base na NBR 5739. O ensaio foi realizado em prensa de compressão da marca Emic, modelo PC 200C.



Figura 7 – Execução do ensaio à compressão

2.2 Ensaios de campo

Os ensaios de campo com uso do ultrassom foram realizados no canteiro de obras do Residencial Victoria Prime (Figura 8), localizada na Avenida Soares Lopes, região litorânea da cidade de Ilhéus/BA

A edificação foi projetada para 09 andares em concreto armado (lajes, vigas e pilares) com resistência característica à compressão de projeto (f_{ck}) de 30 MPa, abatimento de 120 ± 2 mm e fator água/cimento de 0,55.



Figura 8 – Fachada do Residencial Victoria Prime

O método de propagação da onda utilizado foi o direto e aplicado na menor espessura dos pilares. Os pontos de leituras foram distribuído na maior face dos pilares, distantes no mínimo 20cm das bordas e 1,44cm do piso da laje. O valor do ensaio foi considerado como resultado final da média aritmética desses valores.

Foram analisados seis elementos estruturais, dois pilares localizados no sétimo pavimento e quatro pilares localizados no oitavo pavimento, por meio do equipamento PUNDIT com transdutor de diâmetro 50mm e frequência de 54 kHz. Antes do ensaio foi realizada a calibragem do equipamento com um cilindro de calibração que faz parte do equipamento e utilizou-se um gel para garantir bom um acoplamento entre o concreto e transdutores.



Figura 9 - Realização do ensaio de ultrassom

3 | RESULTADOS

3.1 Resultados de ensaios laboratoriais

3.1.1 Ensaio à compressão

A tabela 02 apresenta a composições dos traços utilizados na confecção do concreto para as séries experimentais (20, 25, 30 e 35 MPa), os resultados médios da resistência do concreto à compressão (f_c) aos vinte e oito dias, o abatimento medido no ensaio, a variabilidade do ensaio representado pelo desvio padrão (DP) e coeficiente de variação (CV).

Dados	Série: Traço (MPa)			
	20	25	30	35
Abatimento medido (mm)	110	110	115	120
Resistência média dos corpos de prova ensaiados (MPa)	28,11	34,52	36,79	48,25
Desvio Padrão (MPa)	2,94	2,97	3,33	3,96
Coeficiente de Variação (%)	10,4	8,61	9,04	8,21

Tabela 2 - Resultados de resistência à compressão das séries ensaiadas

Os valores médios de resistência à compressão obtidos na ruptura de corpos de prova na idade de 28 dias para as quatro séries foram maiores do que o valor referência. Esse fato decorre do controle nas etapas de moldagem, adensamento e cura mais rigorosa em laboratório do que a rotina realizada em obra. Obteve-se maior homogeneidade no concreto em laboratório, melhorando assim os resultados.

3.1.2 Ensaio de ultrassom

A tabela 03 apresenta os resultados médios da velocidade de pulso ultrassônico obtidas nos corpos de provas para todas as séries de concreto, além do desvio padrão e coeficiente de variação.

	Série (MPa)			
	20	25	30	35
Média (m/s)	4793,40	4959,00	5087,32	5150,40
Desvio Padrão (MPa)	69,26	26,08	31,57	46,06
Coeficiente de Variação (%)	1,44	0,53	0,62	0,89

Tabela 3 - Resultados de velocidade de pulso ultrassônico nos corpos de prova aos vinte e oito dias.

De acordo com Bungey et al (2006), o valor máximo para o coeficiente de variação em ensaios para obtenção da VPU é de 2,50%. Com base nessa referência, os resultados das séries estão dentro dessa variação o que denota baixa dispersão.

3.1.3 Correlação entre velocidade de onda ultrassônica e a resistência à compressão

A partir dos dados experimentais foram elaboradas curvas individuais que representam a correlação entre as grandezas medidas nos ensaios de ultrassom para obtenção da velocidade de pulso ultrassônico e a resistência à compressão através da regressão não linear simples.

Para atestar a qualidade dessas correlações foram utilizados os dados experimentais obtidos para se determinar o coeficiente de determinação (R^2), medida estatística de variabilidade que mede a proporção da variância das variáveis dependentes que pode ser explicada pela média da variável independente (MACHADO, 2005). Esta medida situa-se entre 0 e 1 e quanto mais próximo de 1, melhor o ajustamento. Como consequência, os pontos do diagrama de dispersão estarão mais próximos da reta de regressão (GUAJARATI et al, 2011). O poder de

explicação do modelo é indicado por faixas, conforme apresentado na Tabela 4.

Valor de R^2	Interpretação
$0,00 \leq R^2 \leq 0,20$	Dependência insignificante
$0,21 \leq R^2 \leq 0,40$	Dependência fraca
$0,41 \leq R^2 \leq 0,70$	Dependência marcante
$0,71 \leq R^2 \leq 1,00$	Dependência forte

Tabela 4 - Interpretação do coeficiente de determinação (R^2)

Fonte: PALACIOS (2012)

A equação proposta para nesse trabalho apresentou um coeficiente de determinação no valor de 0,6165, indicando uma dependência marcante. Graficamente essa equação é apresentada na Figura 9 através da curva de correlação com os intervalos de confiança de 95%

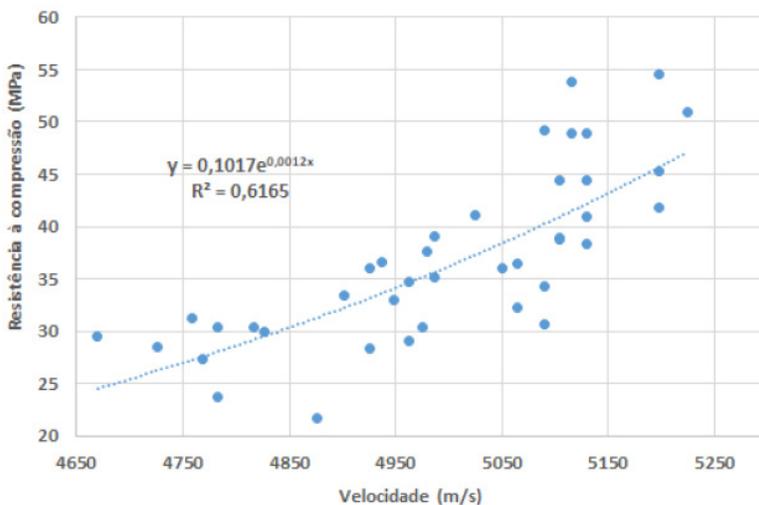


Figura 10 - Correlação exponencial entre a velocidade ultrassônica (m/s) e a resistência à compressão (MPa)

3.2 Resultados de ensaios de campo

3.2.1 Ensaios de ultrassom

O ensaio foi realizado em seis pilares, distribuídos em dois pavimentos, com lotes de concreto diferentes. Foi determinada uma altura de 1,44 m do piso da laje

para realização das leituras com o ultrassom e de acordo com a largura do pilar, determinou-se o número de pontos para o ensaio. A cada ponto, distante no mínimo 20 cm da borda do pilar, foi realizada três leituras. Em seguida realizou-se a média dos pontos para se determinar o valor médio de cada pilar. Os resultados estão apresentados nas Figuras 11 e 12.

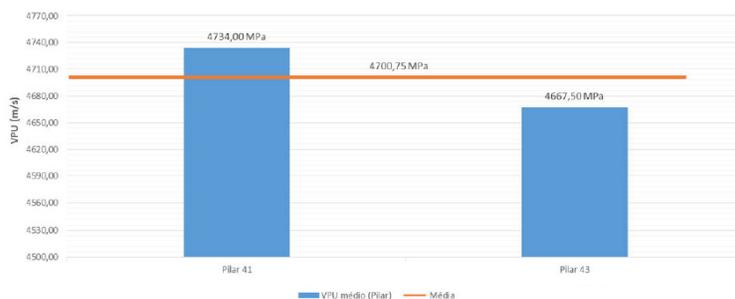


Figura 11 - Resultados do ensaios de ultrassom in loco (7º pavimento)

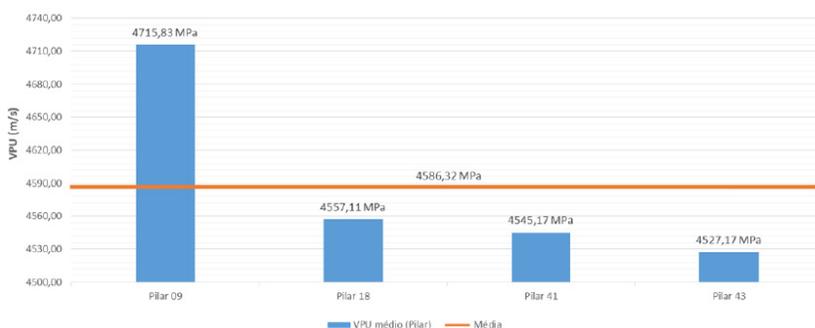


Figura 12 - Resultados do ensaios de ultrassom in loco (8º pavimento)

3.2.2 Estimativa da resistência à compressão (F_c)

As Tabelas 5 e 6 apresentam os resultados estimados da resistência à compressão do concreto (f_c) a partir das equações de regressão desenvolvidas em laboratório com as velocidades de pulso ultrassônico (VPU) obtidas nos pilares ensaiados em dois pavimentos da obra. Vale destacar que o número de ensaios de *in loco* nos pilares do 7º pavimento foi menor devida a dificuldade de acesso por conta do escoramento da laje e formas de madeiras armazenadas no piso do pavimento.

7° Pavimento	Medida <i>in loco</i>	f_c estimado (MPa)
Pilar	VPU (m/s)	$f_c = 0,1017e^{0,0012VPU}$
41	4734,00	29,82
43	4667,50	27,53
Média	4700,75	28,65
Desvio Padrão	33,25	1,14
CV (%)	0,71	3,99

Tabela 5 - Resultados de f_c para pilares do 7° pavimento

8° Pavimento	Medida <i>in loco</i>	f_c estimado (MPa)
Pilar	VPU (m/s)	$f_c = 0,1017e^{0,0012VPU}$
19	4715,83	29,17
18	4557,11	24,11
41	4527,17	23,26
43	4545,17	23,77
Média	4586,32	24,97
Desvio Padrão	75,53	2,38
CV (%)	1,65	9,54

Tabela 6 - Resultados de f_c para pilares do 8° pavimento

4 | CONCLUSÕES

Os resultados dos ensaios de ultrassom para obtenção da VPU *in loco* foram menores do que o valores encontrados em laboratório. Como consequência nem todos os valores de resistência à compressão, obtido pela equação de correlação, atenderam a resistência característica do concreto à compressão de projeto da edificação analisada aos 28 dias de idade (f_{ck} : 30 MPa).

A variabilidade dos ensaios não destrutivos devem ser considerados quando realizados *in loco* (HELENE, 2020). Neste âmbito é importante destacar que o ambiente de obra não oferece as mesmas condições para o controle do ensaio do que em laboratório. As medidas de pulso ultrassônico na obra podem ser afetados pela falta do perfeito contato entre os transdutores e o concreto no elemento estrutural ensaiado, temperatura do concreto, presença de armaduras, diferença

de adensamento ao longo do pilar ensaiado. Com isso, pode se justificar os valores maiores encontrados em laboratório do que na estrutura.

A variação de resultados pode ser minimizada com a realização de ensaios em todos elementos (laje, pilar, viga) da obra com as mesmas características de concreto (abatimento, dimensão máxima dos agregados e traço).

Pode se concluir que a metodologia empregada nesta pesquisa pode ser utilizada como contribuição para a avaliação global de estruturas, reduzindo a extração de testemunhos para ensaios de resistência mecânica à compressão e que o ensaio de ultrassom pode ser considerado um ensaio adicional para o controle tecnológico das estruturas de concreto.

REFERÊNCIAS

AMARAL, K; GOMES, D.; BERTINI, A; ALEXANDRE, E.; SILVA, M; MESQUITA, E. Influência do teor de umidade relativa do concreto na velocidade de ondas ultrassônicas. In: Congresso Brasileiro de Patologia das Construções, 2018. **Anais do Congresso Brasileiro de Patologia das Construções – CBPAT 2018**. Campo Grande: Alconpat, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575: Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 1: Requisitos gerais**. Rio de Janeiro: ABNT, 2013. 71p.

_____. **NBR 5738: Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova**. Rio de Janeiro. 2015. 9p.

_____. **NBR 5739: Concreto - Ensaios de compressão de corpos-de-prova cilíndricos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.9p.

_____. **NBR 8802: Concreto endurecido - Determinação da velocidade de propagação de onda ultrassônica**. Rio de Janeiro, 2019. 11 p.

ANDRADE, Daniel da Silva. **Propriedades mecânicas do concreto por meio de ensaios não destrutivos: estudo de caso da estrutura do Estádio Maracanã**. 2012. 248 p. Dissertação (Curso de Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Goiás, Escola de Engenharia Civil, 2012.

CARVALHO, E.A. **Análise da viabilidade do uso de ensaios não destrutivos no monitoramento da durabilidade de concreto comercializado em Aracaju - SE**. 2017. 117 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação de Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Aracaju, 2017.

CARVALHO, K.M.B; LIMA, M.P.; NASCIMENTO, L.A.; WATANABE, E.T.; ALVES, A.C.; PESSOA, J.R.C. Avaliação da resistência à compressão de estruturas em concreto armado com uso do ultrassom. In: 25º Seminário de Iniciação Científica. **Anais 25º Seminário de Iniciação Científica**. Itéus, UESC, 2019.

EVANGELISTA, A. C. J. **Avaliação da resistência do concreto usando diferentes Florianópolis ensaios não destrutivos**. 2002. 239 p. Tese (Doutorado em Ciências em Engenharia Civil), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2002.

GUJARATI, D. N.; PORTER, D. C. **Econometria básica**. 5. ed. Porto Alegre: AMGH, 2011. 924 p.

HELENE, P. **Coloquio Internacional en Patología Estructural**. (2h 56m57s). Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=mPBzlope9ng&t=3616s>>. Acesso em: 30 mai. 2020.

IRRIGARAY, M.A.P. **Estimativa da resistência do concreto à compressão por meio da velocidade de propagação dos pulsos ultrassônicos na pasta do concreto**. 2012. 205p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2012.

KHADEMI, F., AKBARI, M., JAMAL, S.M. **Prediction of concrete compressive strength using ultrasonic pulse velocity test and artificial neural network modeling**. Romana de material, Bucharest, 2015, 46, p. 343-350.

MACHADO, M. **Curvas de correlação para caracterizar concretos usados no Rio de Janeiro por meio de ensaios não destrutivos**. 294f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

MALHOTRA V. M; CARINO N. J. **Hand Book on Nondestructive Testing of Concrete**. 2. ed. London: American Society for Testing and Materials, 2004.

PALACIOS, M. P. G. **Emprego de ensaios não destrutivos e de extração de testemunhos na avaliação da resistência à compressão do concreto**. 2012. 165p. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) – Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

PROCEQ. **Instruções operacionais: Pundit Lab / Pundit Lab+ - Instrumento ultrassônico**. Suíça. 2013, 32p

SCHIAVON, K.F.B. **Estudo da aplicação de ultrassom na medição de tensões em estruturas de concreto**. 2015. 132p. Dissertacao (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Sao Carlos, 2015.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Adensamento 30, 31, 32, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 95, 110, 115, 119, 126
Agregado 14, 15, 19, 21, 27, 28, 90, 91, 92, 93, 94, 102, 103, 104, 106, 139, 140, 146, 148
Argilas 30, 36, 39, 40, 42, 60
Aterro sanitário 90, 104, 147, 148
Automação 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 11, 12, 13

B

Barreiras verticais 74, 76, 85, 86
Bentonita 74, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86
Blocos 1, 2, 3, 4, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 56, 60, 61, 64, 66, 67, 68, 70, 123, 124, 137

C

Carbonatação 14, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 24, 25, 27, 28, 29
Carga 5, 9, 17, 36, 39, 44, 45, 46, 50, 51, 52, 54, 88, 121, 122, 123, 126, 128, 129, 130, 131
Casca de arroz 88, 104, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 142, 143, 144, 145, 146
Cinzas 93, 134, 137, 138, 140, 143
Compressão 14, 15, 18, 19, 22, 25, 27, 28, 34, 35, 53, 54, 83, 87, 88, 89, 90, 94, 97, 98, 102, 103, 104, 106, 107, 109, 110, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 125, 139
Concreto 1, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 27, 28, 29, 78, 79, 87, 88, 89, 90, 94, 95, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 123, 125, 127, 128, 131, 134, 137, 138, 139, 140, 144, 146
Construção civil 2, 5, 7, 12, 14, 16, 19, 29, 90, 102, 104, 120, 133, 134, 135, 140, 142, 145, 147, 148, 149, 150, 151, 171

D

Diretiva Europeia 153, 154
Drenos 30, 36, 37, 38, 41, 42

E

Eficiência energética 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163
Ensaio 13, 14, 17, 18, 19, 22, 25, 26, 27, 29, 32, 43, 44, 45, 47, 49, 50, 53, 89, 97,

106, 107, 108, 109, 110, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 126, 131, 139
Estaca 44, 45, 46, 50, 52, 54, 121, 122, 123, 125, 127, 128, 129, 131
Etiquetagem 153, 154, 158, 159, 160, 161, 162, 163
Expand Body 44, 45, 46, 49, 50, 53, 54

F

Fogo 87, 88, 89, 97, 98, 100, 103

G

Geológica 55, 59

Geotécnica 31, 54, 55, 58, 64, 71, 78, 125, 126

H

Heurístico 55, 57

M

Madeira 19, 20, 87, 91, 93, 134

N

Numérica 32, 121, 122, 124, 126

P

Patologia 14, 18, 29, 119

Pisos 1, 2

Plaxis 2D 121, 122, 124, 127, 130, 131, 132

Pulso ultrassônico 106, 107, 108, 109, 111, 115, 117, 118

R

Recalque 30, 31, 32, 34, 36, 38, 39, 40, 41, 42, 44, 45, 52, 53, 122, 123, 129, 130, 131

Remediação 74, 75, 76, 77, 84

Resíduos 65, 66, 70, 87, 89, 90, 91, 102, 133, 134, 138, 139, 147, 148, 149, 150, 151, 152

Resistência 14, 15, 16, 18, 19, 22, 25, 27, 28, 30, 31, 33, 34, 39, 41, 46, 48, 74, 76, 78, 81, 82, 83, 84, 87, 88, 89, 90, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 106, 107, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 123, 125, 139

Rio Doce 14, 15, 18, 19, 21, 22, 23, 26, 27, 28

Risco 7, 10, 14, 55, 56, 57, 58, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 73, 80, 88, 96, 97, 151, 168

S

Segurança 1, 3, 6, 7, 8, 11, 12, 13, 88, 107, 122

Simulação 97, 121, 124, 126, 128

U

Urbel 55, 56, 57, 58, 67, 70, 71

O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NA ENGENHARIA CIVIL 2

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

O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NA ENGENHARIA CIVIL 2

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