

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

ANÁLISE TENSÃO-DEFORMAÇÃO POR MEIO DO SOFTWARE PLAXIS 2D EM ÉSTACA HÉLICE CONTÍNUA MONITORADA

Data de aceite: 16/11/2020

Data de submissão: 07/09/2020

Arthur Duarte Dias

Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental
Brasília – Distrito Federal
<http://lattes.cnpq.br/6664360969330513>

Renato Pinto da Cunha

Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental
Brasília – Distrito Federal
<http://lattes.cnpq.br/9013693430617718>

Moises Antônio da Costa Lemos

Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental
Brasília – Distrito Federal
<http://lattes.cnpq.br/8066031763862927>

Gabriela de Athayde Duboc Bahia

Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental
Brasília – Distrito Federal
<http://lattes.cnpq.br/5784156359420836>

RESUMO: No meio experimental, provas de carga e medição de recalques nas edificações são técnicas de medidas quantitativas que verificam a deformação do solo de uma fundação. Assim, por meio de métodos numéricos ou analíticos pode-se fundamentar os parâmetros adotados em projetos. Portanto, este fato, juntamente com utilização de métodos numéricos, como o

Método dos Elementos Finitos (MEF), permite considerar, na modelagem solo-estrutura, a interação entre os elementos e o comportamento global da edificação. Dessa forma, esse trabalho realizou comparação através de uma simulação numérica, via software *Plaxis 2D*, de uma prova de carga com os resultados obtidos em campo.

PALAVRAS-CHAVE: Prova de Carga, Simulação Numérica, Plaxis 2D.

STRESS-STRAIN ANALYSIS USING PLAXIS 2D SOFTWARE IN MONITORED AUGER CAST PILE

ABSTRACT: In the experimental environment, load tests and settlement measures in buildings are quantitative measurement techniques that check the deformability of a foundation's soil. Thus, through numerical or analytical methods, the parameters adopted in projects can be based. Therefore, this fact, together with the use of numerical methods, such as the Finite Element Method (FEM), allows the consideration, in the soil-structure modeling, of the interaction between the elements and the overall behavior of the building. Thus, this research performed a comparison through a numerical simulation, using Plaxis 2D software, of a load test with the results obtained in the field.

KEYWORDS: Load Test, Numerical Simulation, Plaxis 2D.

1 | INTRODUÇÃO

A litologia de uma área varia devido a diversos aspectos e, portanto, não se pode

garantir que as propriedades, como as mecânicas, serão as mesmas, mesmo que próximas. Dessa forma, as investigações geotécnicas fornecem ao engenheiro de fundações respaldo técnico com base nos relatórios a fim de encontrar a melhor solução de fundação para o local.

Atualmente, dentre os tipos de estacas mais comuns utilizadas no Brasil, encontra-se a estaca hélice contínua. Em Brasília as primeiras fundações executadas com esse tipo de estaca datam do início do ano de 2000. Usualmente, as determinações do recalque desse elemento de fundação são utilizadas métodos baseados na teoria da Elasticidade (métodos elásticos), os quais são utilizados para fundações em estaca. Pelo fato do distinto processo executivo utilizado para estacas hélice contínuas, faz-se necessário verificar a aplicabilidade desses métodos de previsão de recalque para esse tipo de estaca. Além disso, é necessário verificar a utilização de ferramentas numéricas para determinação dos parâmetros de recalque, a partir de retro-análise de provas de carga. (MAGALHÃES, 2005).

A realização prova de carga, consiste na aplicação de uma força, acrescida de um fator de segurança, no topo da estaca e no monitoramento do deslocamento provocado por essa força. Com base nisso é possível determinar curva de tensão x deformação e identificar os esforços máximos antes da ruptura. Bahia (2013), realizou uma prova de carga estática em um edifício em águas claras obtendo um recalque final de 20.56mm.

Assim, neste trabalho, essa mesma prova de carga foi simulada numericamente utilizando o software Plaxis 2D (2016) a fim de comparar os resultados obtidos *in situ*.

2 | O CASO DE ESTUDO

A seguir consta dados do caso de estudo, tais como: o local da obra, dados do edifício e dos elementos de fundação e da prova de carga, e os parâmetros utilizados para a modelagem numérica.

2.1 Local de Estudo

O edifício analisado é do tipo residencial, foi construído em 2014, possui duas torres (A e B) idênticas e é localizado na cidade de Águas Claras. As fundações das torres foram realizadas em estacas hélice contínua monitoradas, com diâmetro variando de 400 e 500 mm, e bloco de coroamento.

2.2 Prova de Carga

A prova de carga estática realizada por Bahia (2013) foi realizada em conformidade com a NBR 12131/06 (ABNT, 2006) Estaca – Prova de carga estática.

A estaca ensaiada para a prova de carga PC3 situa-se a uma distância

horizontal de 3,50 m do centro do pilar P217 e a uma distância vertical de 1,20 m, também, do centro do pilar. A configuração dos blocos centrais e a localização da prova de carga estática realizada na Torre B se apresentam na Figura 1.

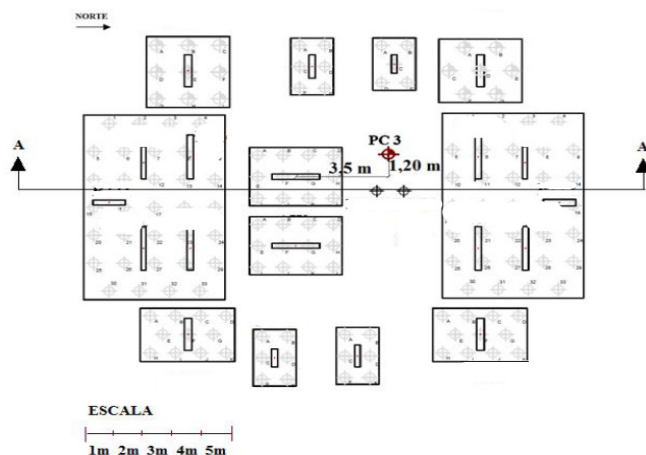


Figura 1 – Localização da Prova de Carga. Adaptado de Bahia (2015)

Para a realização da prova de carga, adotou-se um sistema de reação de viga metálica ancorada em quatro estacas de reação distantes aproximadamente de 2,50 m eixo a eixo da estaca ensaiada. Destaca-se que a estaca ensaiada e as estacas de reação não eram pertencentes à obra. A estaca ensaiada foi executada com 50 cm de diâmetro e 13 metros de comprimento e bloco de coroamento de 0,80 m x 0,80 m e 0,65 m de altura e as estacas de reação foram executadas com 40 cm de diâmetro e 11 metros de comprimento. O concreto das estacas possuía resistência característica (f_{ck}) de 20 MPa.

A prova de carga foi do tipo estático lenta com carregamento inicial de 21,6 kN, seguido da carga de 98,1 kN. Os demais estágios foram incrementados de 196,1 kN em relação ao estágio anterior, até a estabilização. O ensaio foi conduzido até atingir a carga de 1575,9 kN, a qual foi mantida por 12 horas, após a estabilização dos deslocamentos. A descarga foi realizada em quatro estágios de 394,0 kN, mantendo-se por um tempo mínimo de estabilização de 15 (quinze) minutos. A estaca da prova de carga apresentou recalque final de 20,56 mm, o que corresponde a 4,1% do diâmetro da estaca. Para a carga de trabalho que é de 843,7 kN (86 tf) o valor do recalque obtido foi de 3,8 mm, ou seja, 0,76% do diâmetro da estaca.

3 | SIMULAÇÃO NUMÉRICA E PARÂMETROS ADOTADOS EM PROJETO

3.1 Método dos Elementos Finitos (MEF)

O MEF é baseado na discretização do meio em estudo em regiões de geometria simples, considera a não linearidade, a anisotropia e heterogeneidade do meio (AZEVEDO, 2003). Com base em modelos constitutivos do solo e materiais de vários componentes encontrados no modelo, esses métodos permitem simular o comportamento do meio discretizado em termos de deformações e tensões sob o efeito de cargas (BRIANÇON *et al.*, 2011).

Nesse método a região de estudo é discretizada por uma série de nós ou pontos nodais. Assim, a continuidade do meio é garantida impondo-se condições de compatibilidade de deslocamentos e rotações nos nós dos elementos adjacentes. Os grupos de nós juntos interligados por segmentos de linhas podem formar o que é conhecido como elementos, são eles: linhas, arcos, triângulos, retângulos ou blocos prismáticos. Os nós e os elementos formam a malha de elementos finitos. (BAHIA, 2015)

Entretanto, a discretização do meio tem que gerar malhas que atendam as condições do problema, e é necessário garantir a exatidão dos dados adquiridos, caso contrário os resultados não convergem e destoam da realidade (BAHIA, 2015). A aproximação dos resultados é melhorada com uma melhor discretização da malha.

Atrelado ao uso de ferramentas computacionais ele permite simular com maior precisão, o comportamento do sistema de fundação, considerando a interação entre todos os elementos constituintes do sistema. Entretanto, avaliar essa interação, demanda uma alta capacidade de processamento, o que leva bastante tempo para obtenção de resultados (POULOS, 1998). Quanto mais discretizada for a malha, mais precisos são os resultados e mais tempo de análise é demandado para simulação.

3.2 O Software de Apoio (Plaxis 2D, 2016)

Disponível no programa de pós-graduação em Geotecnia da Universidade de Brasília. O PLAXIS 2D (2016) é um software de elementos finitos que foi desenvolvido pela Universidade Tecnológica de DELFT, na Holanda. O software tem por uma de suas finalidades a análise de tensão - deformação e verificação de estabilidade em problemas de Geotecnia. O software pode ser utilizado no sistema operacional Windows e permite que a modelagem seja feita em 4 modelos constitutivos elastoplásticos: I - Soft Soil; II - Soft-soil creep, III - Hardening Soil, IV - Mohr Coulomb e 1 modelo elástico linear. O software possui 4 módulos de funcionamento que interagem entre si, são eles o modulo input, calculations, output e curves.

3.3 Os Modelos Constitutivos

Os modelos constitutivos têm a função de reproduzir, interpretar e prever o comportamento tensão x deformação de um determinado material. Dependendo do material, este comportamento pode ser distinto. A seguir têm-se os modelos constitutivos e parâmetros utilizados para o solo e para a estaca de concreto que foram utilizados nesse trabalho.

3.3.1 Modelo Constitutivo Para o Solo

Escolher um modelo constitutivo que mais se aproxima ao modelo do solo de estudo é de alta importância para veracidade dos resultados a serem obtidos. O modelo linear elástico não representa a real deformação do solo, uma vez que ele se comporta de uma forma não linear quando está sob o efeito de carregamento. Dessa forma, se vê necessário a escolha de um modelo elastoplástico. Um exemplo desses modelos é o Modelo Hardening Soil que tem sido bastante utilizado na engenharia geotécnica devido ele considerar a não linearidade do solo.

3.3.1.1 Hardening Soil

As principais características do modelo Hardening Soil que levaram a escolher esse modelo para esta pesquisa são:

- Trata-se de um modelo elasto-plástico, não linear;
- Os parâmetros de resistência dos solos variam de acordo com o nível de tensões;
- Considera o endurecimento por cisalhamento e endurecimento por compressão;
- Ocorre o endurecimento por cisalhamento quando o solo é submetido a uma tensão desviadora primária, procede-se a uma redução no seu módulo de rigidez simultaneamente a ocorrência de deformações plásticas irreversíveis;
- O endurecimento por compressão acontece quando o solo é exposto a uma condição odométrica ou isotrópica, nessas condições desenvolvem-se deformações plásticas irreversíveis;
- A superfície de ruptura é definida pelo critério de Mohr-Coulomb;
- Admite-se relação tensão deformação hiperbólica (Figura 2), para ensaio triaxial drenado.
- A superfície de plastificação do modelo não é fixa, e pode ocorrer a sua expansão devido a deformações plásticas.

- Introduce a função de plastificação com “cap”.

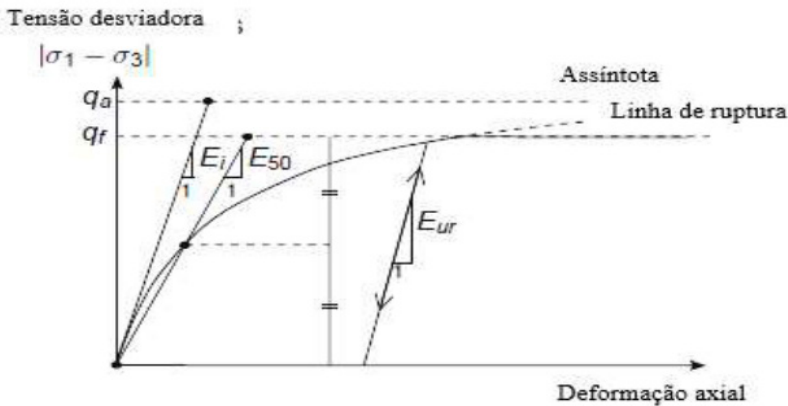


Figura 2: Relação tensão deformação hiperbólica para ensaio triaxial drenado (PLAXIS 3D Material Models Manual, 2018)

Rebolledo *et al.* (2019) obtiveram os parâmetros desse modelo com base em ensaios e investigação geotécnica realizada por no Campo Experimental de Geotecnia da Universidade de Brasília. (Fig 3)

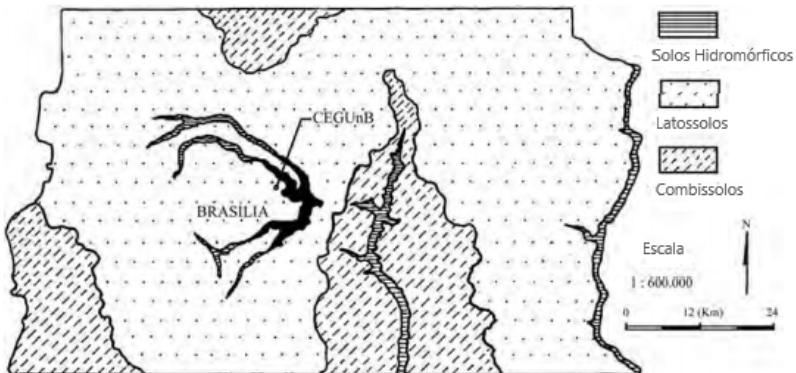


Figura 3. Localização do Campo Experimental de Geotecnia da Universidade de Brasília. Rebolledo *et al.* (2019)

A calibração do modelo foi realizada pelos mesmo autores a partir de resultados de ensaios triaxiais, adensamento, provas de carga em estacas e em placas realizadas no mesmo local. Para a simulação numérica (S.N.) foram adotados os parâmetros que constam na Tabela 1 e 2.

Solo Prof. (m)	m^*	γ (kN/m ³)	c' (kPa)	ϕ' (°)	R_f	K_0
0 – 1.5	0.5	13.1	5	25	0.8	1.37
1.5 – 3.5	0.5	12.8	5	25	0.8	0.77
3.5 – 5.0	0.5	13.9	5	26	0.9	0.56
5.0 – 7.0	0,5	14.3	20	30	0.9	0.56
7.0 – 8.5	0.5	16.0	75	20	0.9	0.66
8.5 – 20	0,7	18.2	20	22	0.8	0.63

Nota: m é o parâmetro que relaciona o coeficiente de impulso com o coeficiente de impulso em repouso, γ = peso específico do solo, c' = coesão efetiva, ϕ' = ângulo de atrito efetivo do solo, R_f = parâmetro do hardening soil.

Tabela 1. Parâmetros do Hardening Soil retirados de Rebolledo *et al.* (2019)

Solo Prof. (m)	E_{50}^{ref} (MPa)	E_{oed}^{ref} (MPa)	E_{ur}^{ref} (MPa)	K_0^{nc}	POP (KPa)
0 – 1.5	3.2	4.9	14.0	0.58	65.7
1.5 – 3.5	2.5	1.45	14.0	0.58	31.8
3.5 – 5.0	4.0	2.2	36.9	0.56	0
5.0 – 7.0	12.0	6.9	37.5	0.47	31.4
7.0 – 8.5	13.2	7.0	54.0	0.66	0
8.5 – 20	12.2	5.7	54.0	0.63	0

Nota: E_{50}^{ref} = módulo de rigidez no carregamento, E_{ur}^{ref} = módulo de rigidez no carregamento/descarregamento, E_{oed}^{ref} = módulo de rigidez oedométrico, POP = parâmetro de definição do estado inicial.

Tabela 2. Parâmetros do Hardening Soil retirados de Rebolledo *et al.* (2019)

Para os parâmetros a seguir os valores: $\rho^{ref} = 100$ kPa, $\nu_{ur} = 0.2$ e $\psi = 0^\circ$ foram mantidos iguais para todos os níveis de profundidade;

3.3.2 Modelo Constitutivo Para a Estaca de Concreto

O Modelo constitutivo do concreto utilizado no PLAXIS 2D foi desenvolvido para representar o comportamento do concreto projetado, mas também é útil para reforço de solos e estruturas de concreto. O modelo constitutivo considerado para esse trabalho foi o modelo elástico linear adotando os parâmetros (Tabela 3) obtidos de Bahia (2015) e literatura existente.

Estaca Fck (MPa)	ϕ (m)	γ (kN/m ³)	E (kN/m ²)	ν
20	0.5	24.0	2x10 ⁷	0.2

Nota: ϕ = diâmetro, ϕ = peso específico do concreto, E = módulo de Young, e ν = coeficiente de poisson.

Tabela 3. Parâmetros adotados para estaca de concreto.

4 | A MODELAGEM

4.1 Geometria e Condições Iniciais

A modelagem foi realizada considerando a condição de axissimetria, e condição de contorno com as dimensões de 60m x 40m. A geometria do projeto é apresentada na Figura 3. Os parâmetros adotados para modelagem foram adotados conforme os valores explícitos nas Tabelas 1, 2 e 3 mencionadas para o solo e para a estaca de concreto. A malha de elementos finitos foi gerada escolhendo – se o tipo “fine”, com maior refinamento na estaca para uma melhor acurácia dos resultados (Figura 4).

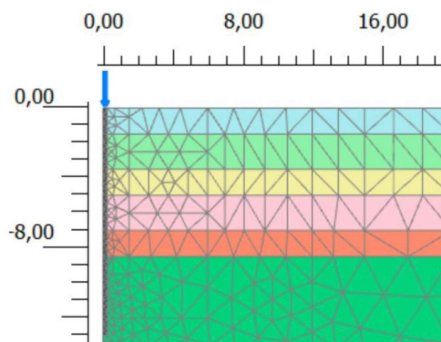


Figura 4. Geometria da estaca e discretização da malha

4.2 Etapas de Cálculo

A simulação da prova de carga foi feita pela prescrição gradual de deslocamentos verticais nos nós da interface solo/estaca para representar os recalques de uma placa rígida. Os estágios de carregamento e descarregamento foram os mesmos adotados na prova de carga em campo mencionada no item 2.1 deste trabalho.

5 | RESULTADOS

A Figura 5 a seguir mostra o valor de recalque final no valor de 19.24 mm obtido para a carga máxima de 1575.9 N. (Para a prova de carga real, com a mesma carga foi obtido o valor de 20.56mm). Já para a carga de trabalho (843.7 kN) foi obtido o deslocamento de 2.92mm contra 3.8mm obtido na prova de carga em campo.

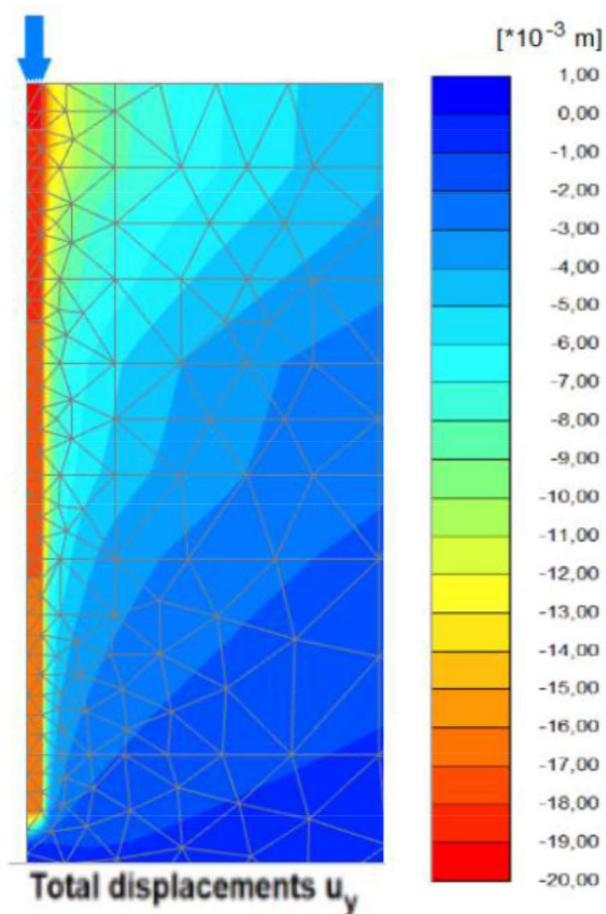


Figura 5. Recalque Final da Estaca Ensiada

A Tabela 3 a seguir ilustra os resultados obtidos para cada uma das fases de carregamento e descarregamento.

Etapa	Carga Aplicada (KN)	Deslocamento Vertical (mm)
1	21.6	-0.17
2	119.7	-0.39
3	315	-0.86
4	511.9	-1.46
5	708	-2.20
5.1	843.7	-2.92
6	904	-3.25
7	1100	-5.13
8	1296	-8.82
9	1492	-16.58
10	1575.9	-19.24
11	1181	-16.09
12	787	-15.47
13	394	-14.85
14	0	-14.23

Tabela 3. Relação Carga x Deslocamento.

A Figura 6 apresenta as curvas carga x recalque que permitem uma comparação dos resultados medidos *in situ* com as previsões numéricas obtidas pelo método dos elementos finitos (Plaxis 2D).

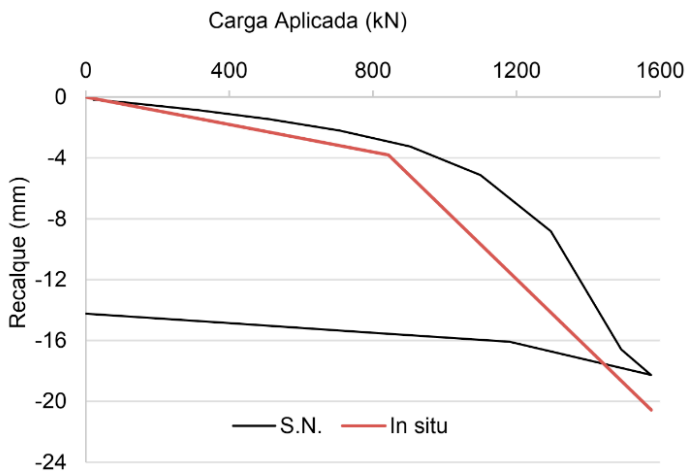


Figura 6. Resultados das curvas Carga x Recalque

6 | CONCLUSÕES

Ainda que não tenha sido feito nenhum processo de ajuste ou calibração dos parâmetros utilizados para dois solos de diferentes regiões do Distrito Federal, os resultados obtidos numericamente apresentaram uma boa aproximação com os resultados experimentais, demonstrando a capacidade do Modelo Hardening Soil e do programa de elementos finitos Plaxis 2D na reprodução dos resultados dos ensaios de prova de carga em placa.

O comportamento mecânico dos solos de Brasília sob condições naturais de umidade pode ser modelado usando o modelo HS. Os parâmetros obtidos podem ser considerados representativos dos solos da cidade de Brasília, mas devem ser determinados para cada site e projeto em particular. (REBOLLEDO et al., 2019). Para a região de Águas Claras DF os parâmetros dos modelos constitutivos para o solo e para o— concreto utilizados nessa previram comportamento aceitáveis bastante próximos da realidade.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio das seguintes instituições para o financiamento desta pesquisa: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq, Bolsa nº 140923 / 2020-9); Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES); e a Universidade de Brasília.

REFERÊNCIAS

- ABNT (2006). *Estaca – Prova de carga estática – Método de ensaio: NBR-12131*. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, RJ, 8p.
- Azevedo, A. F. M. (2003). *Método de elementos finitos*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal, 1ª Edição, p. 258.
- Bahia, G. A. D. (2013). *Análise do desempenho de fundações durante a construção de edifício localizado no DF*. Monografia para conclusão do curso de engenharia Civil, UniCEUB, p. 94.
- Bahia, G. A. D. (2015). *Avaliação do desempenho de fundações em edificação no DF com a utilização de técnicas de interação solo-estrutura*. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 245p.
- Briançon, L., Haza-Rosier, E., Thorel, L., Damiel, D. & Combarieu, O. (2011). *Recommendations for design, construction and control of rigid inclusion ground improvements*. IREX's Soil Specialist Cluster, 317 p. , p. 61-82.
- Magalhães, P. H. L. (2005). *Avaliação dos Métodos de Capacidade de Carga e Recalque de Estacas Hélice Contínuas via Provas de Carga*. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 243p.

Plaxis 2D Scientific Manual. (2016).

Poulos, H. G. (1994). *An approximate numerical analysis of pile-raft interaction*. Int. Journal for Num.Anal.Meth.In Geomechanics, 18: 73-92.

Poulos, H. G. (1998). *The pile-enhanced raft – an economical foundation system*. Keynote Lecture at XI COBRAMSEG, novembro, Brasília.

Rebolledo, J.F.R., León,, R.F.P, Camapum De Carvalho J. (2019). *Obtaining the Mechanical Parameters for the Hardening Soil Model of Tropical Soils in the City of Brasilia*. Soils and Rocks, São Paulo, 42(1): 61-74, January-April, 2019.

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