

# 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 Cremona

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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dr. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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](http://www.atenaeditora.com.br)

[contato@atenaeditora.com.br](mailto: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**

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

Data de aceite: 16/11/2020

Data de submissão: 03/09/2020

**Talita Menegaz**

UDESC

Joinville – Santa Catarina

<http://lattes.cnpq.br/1855006036303145>

**Gisele Marilha Pereira Reginatto**

UFSC

Florianópolis – Santa Catarina

<http://lattes.cnpq.br/6559887237353368>

**Narayana Saniele Massocco**

UFSC

Florianópolis – Santa Catarina

<http://lattes.cnpq.br/5085259208565217>

**Rafael Augusto dos Reis Higashi**

UFSC

Florianópolis – Santa Catarina

<http://lattes.cnpq.br/8799595216218651>

**Thais Ventura Chibiaqui**

UFSC

Florianópolis – Santa Catarina

<http://lattes.cnpq.br/3835218095151531>

**RESUMO:** Diversos trechos da BR-470, no município de Ilhota/SC, se desenvolvem sobre solos moles, um dos quais é objeto de estudo deste trabalho. Dessa forma, faz-se necessária a adoção de métodos construtivos para aumentar a resistência do solo de fundação e torná-lo apto para receber as cargas dos aterros projetados na duplicação dessa rodovia. Uma das soluções

empregadas foi a instalação de geodrenos para acelerar o tempo de ocorrência do recalque por adensamento primário, possibilitando a construção mais rápida do aterro. O trabalho objetivou dimensionar geodrenos para um trecho problemático, utilizando dados de ensaio de adensamento, sondagem a Percussão e Piezocone, a partir dos quais foi evidenciada a presença de espessas camadas de argila mole a muito mole. Estimado o recalque e o tempo para a sua ocorrência em 90%, foi possível acelerar o recalque que levaria 37 anos para um tempo de 3 anos com o uso de geodrenos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Adensamento, Recalque, Drenos verticais, Argilas moles.

### ANALYSIS OF THE ACCELERATION OF REPRESSION OF A LANDFILL ABOVE SOFT SOIL

**ABSTRACT:** Several sections of BR-470, in the municipality of Ilhota / SC, are developed on soft soils, one of which is the object of study of this work. In this way, it is necessary to adopt constructive methods to increase the strength of the foundation soil and make it suitable for loads of landfills designed to duplicate this highway. One of the solutions employed was the installation of geodrains to accelerate the time of occurrence of the repression by primary consolidation, making it easier to build the landfill. The objective of this work was to scale geodrains to a problematic section, using density test data, Percussion drilling, and Piezocone, from which it was evidenced the presence of thick layers of soft clay to very soft. Estimated the repression and the time to its occurrence in 90%, it was possible

to accelerate the repression which would take 37 years for a time of 3 years with the use of geodrains.

**KEYWORDS:** Primary consolidation, Settlements, Vertical drains, Soft soils.

## 1 | INTRODUÇÃO

Na elaboração de um projeto de geotecnia adequado e seguro é imprescindível uma análise criteriosa sobre o comportamento do solo sob o qual será construído, o que apenas é possível a partir do reconhecimento do subsolo. Neste contexto, a descoberta dos prováveis problemas que poderão ocorrer, em decorrência da obra e do tipo de solo, e a definição da melhor solução geotécnica para solucioná-los, apenas conduzem a uma confiabilidade a partir da maior utilização de dados de investigações geotécnicas, em campo e laboratório (SCHNAID E ODEBRECHT, 2000).

Em obras projetadas sobre solos moles (solos com baixa resistência e alta compressibilidade), garantir a sua viabilidade envolve análises de estabilidade e de recalque, especialmente recalque por adensamento primário. Estes recalques, quando não controlados podem ocasionar danos à estrutura, levando até o seu colapso. Isso implica em gastos, muitas vezes exorbitantes, que podem vir a comprometer o empreendimento.

O recalque por adensamento primário ocorre lentamente, com consequente variação de poropressão, em solos cuja granulometria é predominantemente argilosa, em locais onde o nível da água geralmente é muito próximo à superfície, e se dá pela saída de água do sistema quando o solo é solicitado, por exemplo, pela construção de um aterro (PINTO, 2002).

Diversos trechos da rodovia BR-470, localizados no lote 02, se desenvolvem sobre solos moles, o que torna necessária a adoção de soluções geotécnicas que visam solucionar problemas de ruptura e de recalque para a implantação da rodovia. Em relação a ocorrência de recalques por adensamento primário, acelerar o tempo da sua ocorrência através da utilização de geodrenos tem se mostrado adequado.

A utilização dos geodrenos como solução adotada, traz diversos benefícios, dentre eles o aumento da resistência da camada de fundação ainda no período de construção do aterro (ALMEIDA, 2010). Desta forma, a partir de um depósito constituído por solo de baixa capacidade de suporte, este trabalho visa analisar a aceleração dos recalques primários com base na utilização de geodrenos dimensionados para um trecho da rodovia BR-470, localizado no município de Ilhota no estado de Santa Catarina.



## 2 I PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A área de estudo compreende um trecho da rodovia BR-470, cuja a construção do aterro rodoviário se desenvolve sobre solos moles. Esse trecho pertence ao contorno rodoviário da cidade de Ilhota/SC e corresponde ao km 21+660 do lote 02 do projeto de duplicação da BR 470, como apresentado na Figura 1.



Figura 01. Localização da área de estudo na BR 470

Fonte: Autor (2019)

Foram coletados junto ao Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2012) de Santa Catarina dados de sondagens SPT (*Standard Penetration Test*) e CPTu (Piezocone) e de ensaios de adensamento e dissipação, os quais possibilitaram a realização das seguintes etapas:

- determinação do perfil geotécnico do terreno;
- estimativa do recalque por adensamento primário e seu tempo de ocorrência;
- dimensionamento de geodrenos para a aceleração do recalque;
- análise do tempo de ocorrência do recalque com e sem o uso de geodrenos.

### 2.1 Determinação do perfil estratigráfico

O perfil estratigráfico do solo de fundação do trecho em análise foi elaborado com o auxílio do SPT e do CPTu. Com dados do SPT foram definidas as diferentes camadas que compõem o subsolo, as quais foram comparadas com o perfil do Ic (índice de classificação numérica) de Robertson (2009), com o intuito de melhor delimitar a camada de solo compressível. O Ic foi calculado a partir de dados de piezocone, conforme apresentado na equação 01 e a classificação do solo, ao longo

da profundidade foi definida a partir do ábaco apresentado na Figura 2 e na Tabela 1.

$$I_c = [(3 - \log(Q_t(1 - B_q)))^2 + (1,5 + 1,31 \log Fr)^2]^{0,5} \quad (1)$$

Onde:

$Q_t$  é a normalização da resistência de ponta corrigida ( $q_c$ );

$B_q$  é um índice de acréscimo da poropressão;

$Fr$  é a normalização do atrito lateral ( $f_s$ ).

Os parâmetros  $Q_t$ ,  $B_q$  e  $Fr$  foram determinados, respectivamente pelas equações 2, 3 e 4.

$$Q_t = \frac{q_t - \sigma_{v_0}}{\sigma_{v_0} - u_0} \quad (2)$$

$$Fr = \frac{f_s}{q_t - \sigma_{v_0}} \cdot 100\% \quad (3)$$

$$B_q = \frac{u_2 - u_0}{q_t - \sigma_{v_0}} \cdot 100 \quad (4)$$

Onde:

$q_t$ ,  $f_s$  e  $u_2$  são parâmetros medidos no piezocone, representam respectivamente a resistência de ponta corrigida em kPa, o atrito lateral em kPa e a poropressão medida na base do cone em kPa;

$\sigma_{v_0}$  é a tensão vertical total em kPa, determinada pela multiplicação do peso específico do solo e sua profundidade;

$u_0$  é a pressão hidrostática em kPa.

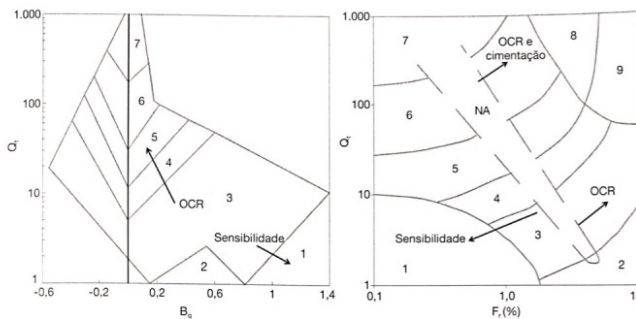


Figura 02. Ábaco do comportamento típico de solos

Fonte: Robertson (1990)

Zona	Tipos de Solos
1	Solo fino sensível
2	Solo orgânico e turfas
3	Argilas – argilas siltosas
4	Argila siltosa – silte argiloso
5	Siltos arenosos – areias siltosas
6	Areias limpas – areias siltosas
7	Areias com pedregulhos – areias
8	Areias – areias limpas
9	Areias finas rígidas

Tabela 1. Classificação de solos pelo comportamento

Fonte: Adaptado de Robertson (1990)

## 2.2 Parâmetros geotécnicos dos solos

Após a definição da estratigrafia do subsolo, foram determinados os dados necessários para o cálculo do recalque por adensamento primário, ocasionado em função da sobrecarga de um aterro de dois metros de altura, conforme dados do projeto geométrico da rodovia, para posterior análise da sua aceleração através da instalação de geodrenos. Para tanto, foram determinados os seguintes parâmetros:

- peso específico dos solos presentes na fundação e no aterro;
- tensões efetivas na profundidade de análise, antes e após o carregamento (dado pela construção do aterro);
- tensão de pré-adensamento ( $\sigma'_{pa}$ );
- razão de sobreadensamento (OCR);
- índice de compressão ( $C_c$ );
- índice de recompressão ( $C_r$ ).

### 2.2.1 *Peso específico do solo*

Nesta pesquisa, para a camada de argila compressível foi adotado o peso específico determinado no ensaio de adensamento e para as demais camadas foi determinado com base no  $N_{spt}$  (índice de resistência à penetração) a partir da proposta de Godoy (1972), conforme apresentado na Tabela 2.

N <sub>spt</sub>	Consistência	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )
< e igual a 2	Muito mole	13
3 – 5	Mole	15
6 – 10	Média	17
11 -19	Rija	19
> e igual a 20	Dura	21

Tabela 2. Pesos específicos dos solos

Fonte: Adaptado de Godoy (1972)

O peso específico do aterro compactado foi adotado igual a 18 kN/m<sup>3</sup>, conforme sugerido no projeto geotécnico da rodovia.

### 2.2.2 Parâmetros obtidos pela curva de compressibilidade do solo

Com base na curva de compressibilidade da argila coletada a 5,8m, elaborada com base nos dados do ensaio de adensamento unidimensional, foram definidos: o índice de compressão (C<sub>c</sub>) do solo, o índice de recompressão (C<sub>r</sub>) e a tensão de pré-adensamento ( $\sigma'_{pa}$ ). A  $\sigma'_{pa}$  foi definida pelo método de Pacheco e Silva seguindo os procedimentos descritos na ABNT NBR 12007:1990.

### 2.2.3 Tensão efetiva vertical inicial e final

A tensão efetiva vertical inicial ( $\sigma'_{vo}$ ) representa a tensão a qual o solo está submetido antes da construção do aterro e é obtida pela diferença entre a tensão vertical total ( $\sigma_v$ ) do solo e a poropressão ( $\mu$ ), na profundidade de análise (equação 5) em kPa.

$$\sigma'_{vo} = \sigma_v - \mu \quad (5)$$

A tensão efetiva vertical final ( $\sigma'_{vf}$ ) representa a tensão gerada no solo após a construção do aterro e é determinada pela equação (6) em kPa.

$$\sigma'_{vf} = \sigma'_{vo} + (\gamma_a \times z_a) \quad (6)$$

Onde:

- $\gamma_a$  é o peso específico do aterro em kN/m<sup>3</sup>;
- $z_a$  é a altura do aterro em m.

### 2.2.4 Razão de sobreadensamento (OCR)

Com  $\sigma'_{pa}$  e  $\sigma'_{vf}$  determinados, pode-se classificar a argila coletada em função

do seu histórico de tensões, a partir do valor do OCR (equação 7).

$$OCR = \frac{\sigma'_{pa}}{\sigma'_v} \quad (7)$$

De acordo com o valor de OCR a argila foi classificada e comparada aquela de Grando (2018), determinada para o mesmo depósito de argila a partir de dados do CPTu, com o intuito de aumentar a confiabilidade dos resultados.

### 2.3 Recalque por adensamento primário

A equação para o cálculo do recalque por adensamento primário ( $\Delta h$ ) depende do histórico de tensões da argila. Para argilas sobreadensadas (SA) o  $\Delta h$  é determinado pela equação (8).

$$\Delta h_p = H \cdot Cr(1+e_0) \cdot \log \frac{\sigma'_f}{\sigma'_i} \quad (8)$$

Onde:

- $H$  é a espessura da camada de solo compressível [m];
- $e_0$  é o índice de vazios inicial do solo, ou seja, antes da aplicação da carga [adimensional];
- $\sigma'_i$  é a tensão efetiva antes da aplicação da carga externa [kpa];
- $\sigma'_f$  é a tensão efetiva depois da aplicação da carga externa [kpa];
- $Cr$  é o coeficiente de recompressão [adimensional].

### 2.4 Tempo de ocorrência do recalque por adensamento primário

Foi determinado o tempo ( $t$ ), em anos, para que ocorra 90% do recalque por adensamento primário pelo método de Taylor (equação 9).

$$t = (-0,9332 \log(1 - U_m) - 0,0851) \times \frac{Hd^2}{C_v} \quad (9)$$

Onde:

- $U_m$  é o grau de adensamento médio, igual 0,90 nesse estudo;
- $Hd$  é a distância de drenagem vertical em cm;
- $C_v$  é o coeficiente de adensamento do solo em  $cm^2/s$ , obtido no ensaio de adensamento.

### 2.5 Dimensionamento dos geodrenos

O cálculo referente a quantidade de drenos verticais foi realizado empregando a teoria de Nabor Carillo (1942), descrita por Richart (1957) e apresentada em DNER (1990).

Determinou-se o grau de adensamento vertical ( $U_v$ ) pelo ábaco apresentado na Figura 03, com o valor do coeficiente vertical ( $c_v$ ) definido no ensaio de adensamento e a distância de drenagem vertical ( $H_d$ ) obtida no perfil geotécnico.

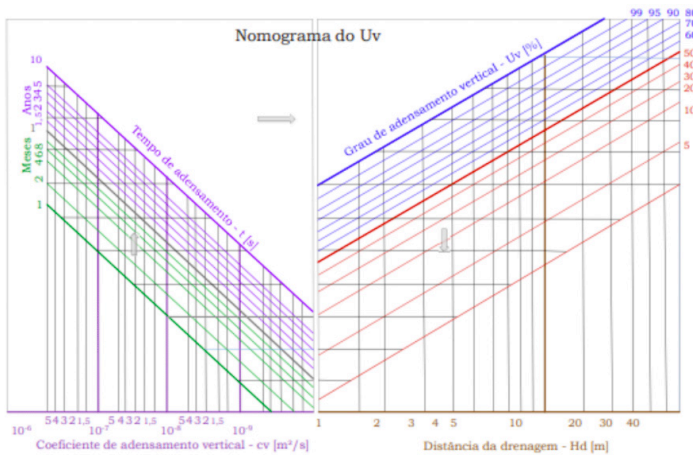


Figura 03. Ábaco para cálculo do grau de adensamento vertical  $U_v$

Fonte: Adaptado de DNER (1990, *apud* Grando 2018)

Após determinado o  $U_v$  e adotando  $U$  igual a 0,90, conforme mencionado anteriormente, definiu-se o grau de adensamento horizontal ( $U_h$ ) a partir da equação (10) de Carrillo.

$$1-U=(1-U_v)-(1-U_h) \quad (10)$$

A partir do valor do  $U_h$  e do coeficiente horizontal ( $c_h$ ), foi empregado o ábaco de Baron (Figura 04) para obter os diâmetros  $d$  (diâmetro dos drenos em cm) e  $D_g$  (diâmetro de influência em m). O valor de  $c_h$  foi adotado igual  $0,90 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{s}$ , conforme determinado por Grando (2018).

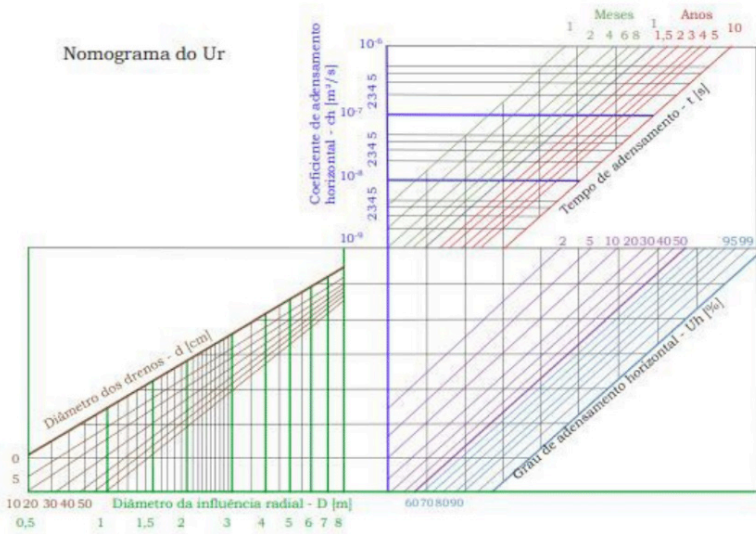


Figura 04. Ábaco para determinação dos diâmetros d e D dos drenos

Fonte: Adaptado de DNER (1990, *apud* Grandó 2018)

Na sequência, foi calculado o espaçamento entre os drenos (L) em metros, observando que, segundo o DNER (1990) o espaçamento mínimo permitido deve estar entre 1,5 e 3,0 m. O S foi determinado a partir da equação (11), visto que a malha é do tipo triangular, após a definição do diâmetro equivalente (Dg).

$$S = \frac{Dg}{1.05} \quad (11)$$

O comprimento dos geodrenos (C) foi determinado a partir da equação (12).

$$C = \left( \frac{ba \cdot x \cdot l}{A} \right) \cdot p \quad (12)$$

Onde:

- ba é a base da rodovia somada às distâncias de talude nas duas laterais em metros;
- l é o valor do trecho onde será inserido o geodreno em metros;
- A é a área de abrangência do geodreno em metros quadrados;
- P é a profundidade da camada do geodreno em metros, determinado no perfil estratigráfico.

### 3 I RESULTADOS

Com base nos dados relacionados ao recalque por adensamento primário, foi

possível comparar o seu tempo de ocorrência com e sem o uso de geodrenos para a obra em análise.

### 3.1 Perfil estratigráfico do subsolo e peso específico

Na Tabela 4 está apresentado o tipo de solo presente no local do estudo, a sua consistência e o seu peso específico, a cada metro investigado no ensaio de SPT realizado no km 21+660 da BR-470. A consistência da argila foi determinada a partir do  $N_{spt}$ , em acordo com a ABNT NBR 7250:1982, e o peso específico do solo pela proposta de Godoy (1972). Destaca-se em relação ao peso específico que, para argilas de consistência muito mole foi adotado o valor obtido no ensaio de adensamento ( $15,36 \text{ kN/m}^3$ ).

Profundidade (m)	Classificação do solo	$\gamma$ ( $\text{kN/m}^3$ )
1	Argila muito mole	13,00
2	Argila muito mole	13,00
3	Argila muito mole	13,00
4	Argila muito mole	13,00
5	Argila muito mole	13,00
6	Argila mole	15,00
7	Argila mole	15,00
8	Argila mole	15,00
9	Argila muito mole	13,00
10	Argila muito mole	13,00
11	Argila muito mole	13,00
12	Argila muito mole	13,00
13	silte	
14	silte	

Tabela 4. Perfil do subsolo definido pelo SPT

Como pode ser observado, o perfil em análise apresentou uma espessa camada de argila de baixa resistência, cuja consistência variou de muito mole a mole. Sua ocorrência inicia a partir de 0,60m desenvolvendo-se até a profundidade de 12,0m. Esse perfil, correspondente ao solo de fundação de um aterro rodoviário de 2,0 m de altura que, ao receber carga, dentre outros, apresentará problemas de recalque por adensamento primário.

Ao comparar o perfil definido pelo SPT com o do CPTu percebeu-se uma diminuição da camada de argila compressível. No CPTu foram identificadas em diferentes profundidades lentes de materiais classificados como misturas de areias, misturas de silte e areia, as quais não foram identificadas no SPT, visto que o solo



é investigado de metro em metro. Grando (2018) identificou no perfil de Ic apenas 20% de material drenante. Dessa forma, o perfil analisado apresentou uma camada de aproximadamente 11,4m de argila cuja consistência variou de muito mole a mole.

### 3.2 Estimativa do recalque por adensamento primário

A argila em análise foi classificada como sobreadensada (SA), visto que o seu OCR resultou em um valor menor do que um, relacionando o valor da tensão de pré-adensamento ( $\sigma_{pa}$ ) de 53 kPa com a tensão efetiva vertical final ( $\sigma'_v$ ) de 89,08 kPa. A  $\sigma'_{v0}$  foi obtida pela subtração da tensão efetiva vertical total ( $\sigma'_v$ ) de 89,08 kPa com a poropressão de 54,50 kPa.

O recalque por adensamento primário ( $\Delta h$ ) foi estimado empregando a equação específica para argilas sobreadensadas. Para tanto, foram empregados os parâmetros apresentados na Tabela 5.

Parâmetro	Valor	Unidade
H	11,40	m
Cr	0,04	adimensional
<del>Cc</del>	0,9855053	adimensional
ei	1,932	adimensional
<del><math>\sigma_{pa}</math></del>	53,00	kPa
$\sigma_{v0}$	34,58	kPa
<del><math>\sigma_v</math></del>	89,08	kPa

Tabela 5. Parâmetros do solo

Para as características do perfil em análise foi estimado um recalque por adensamento primário igual a 0,52m.

### 3.3 Tempo de ocorrência do recalque

O tempo (t) para que ocorra 90% do recalque por adensamento primário, estimado para o perfil em análise, foi determinado pelo método de Taylor empregando os parâmetros apresentados na Tabela 6.

Parâmetro	Valor	Unidade
$c_v$	$2,34 \times 10^{-4}$	$\text{cm}^2/\text{s}$
Hd	5,70	m
Um	0,9855053	adimensional

Tabela 6. Parâmetros empregados na estimativa do t

O tempo (t) foi calculado considerando dupla drenagem, tendo em vista as características granulométricas dos solos presentes no perfil. Logo, na determinação do Hd a espessura da camada de argila foi dividida ao meio.

Em relação ao  $c_v$ , foi definido no ensaio de adensamento a partir da interpolação dos valores correspondentes aos estágios cuja tensão foi de 50kPa e 100kPa, uma vez que a  $\sigma'_v$  (89,08 kPa) encontra-se dentro desse intervalo de carregamento. Dessa forma, foi determinado um tempo (t) de aproximadamente 37,34 anos para que ocorra 90% do recalque estimado.

### 3.4 Dimensionamento de geodrenos

Com o tempo estimado de recalque para 90% de ocorrência, possibilitou definir os valores de  $U_v$  e  $U_h$  pelos ábacos inseridos nas Figuras 6 e 7. Obteve para  $U_v$ , o valor de 12% e  $U_h$  o valor de 89%. Com estes resultados, o diâmetro dos drenos é definido em 1,9 metros e o espaçamento necessário entre eles também de 1,8 metros. Ressalta-se que o espaçamento (S) mínimo deve ser de 1,5 a 3,0, segundo DNER (1990), estando, portanto, conforme a esta norma.

A seção analisada deste trecho tem 32,2 metros e no valor de (p), onde utiliza-se a profundidade do geodreno, é a altura total da camada definida como sendo de 12 metros e (l), o comprimento do segmento que é dado pelo comprimento total do trecho, considerado de 400 metros de comprimento. A área (A) que o geodreno abrange, definiu-se, portanto de 2,84  $\text{m}^2$ . Dessa forma com os dados obtidos tivemos um comprimento estimado de 54512,99 metros.

## 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através das sondagens SPT e CPTu foi constada no km 21+660 do projeto de duplicação da BR-470, na cidade de Ilhota/SC, uma espessa camada de argila cuja consistência varia de muito mole a mole, que, para receber as cargas provenientes do aterro rodoviário deve ter a sua resistência melhorada e ser analisada, principalmente em função da ocorrência de recalques por adensamento primário.

Em função das características dos solos presentes no local e da obra a ser executada, definiu-se a instalação de geodrenos para a aceleração do recalque por

adensamento primário com o intuito de viabilizar a sua implantação, visto que foi estimado um recalque por adensamento primário de 0,52m, cuja ocorrência de 90% desse valor, demoraria aproximadamente 37 anos.

Dessa forma, para reduzir o tempo de ocorrência do recalque para aproximadamente 3 anos, foram dimensionados drenos com diâmetro de 1,9 metros e espaçamento entre eles de 1,8 metros, atendendo ao espaçamento mínimo exigido pelo DNER (1990), estando em acordo com a norma. O comprimento total do dreno para o segmento analisado, com 400 metros de comprimento, resultou em 54512,99 metros, tendo em vista a situação crítica do solo de fundação do trecho analisado.

Apesar da situação do solo de fundação encontrado no local não ser favorável, em termos de engenharia, ressalta-se a importância da duplicação desse trecho da BR-470 para a população em geral, o que justifica a adoção de métodos construtivos para viabilizar essa obra de infraestrutura. Destaca-se no presente estudo a utilização dos drenos verticais como alternativa de aceleração do recalque por adensamento primário, entretanto, observa-se que o tempo de 3 anos obtido no dimensionamento deve ser analisado em termos de compatibilidade com o projeto de duplicação proposto.

## REFERÊNCIAS

ABNT NBR12007. Associação Brasileira de Normas Técnicas, **Solo - Ensaio de Adensamento Unidimensional**. p, 13, 1990, Rio de Janeiro.

ABNT NBR7250:1982. Associação Brasileira de Normas Técnicas, **Identificação e descrição de amostras de solo obtidas em sondagens de simples reconhecimento dos solos**. p, 3, 1982, Rio de Janeiro.

ALMEIDA, Marcio de Souza S.; MARQUES, Maria Esther Soares. **Aterro sobre solos moles: projeto e desempenho**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

DNER. **Manual de projeto e execução de aterros sobre solos moles**. Rio de Janeiro: Geomecânica s/a, 1990. 227p.

DNIT. DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Projeto Básico e Executivo para Duplicação e Restauração da Pista da Rodovia BR-470/SC**, 2012.

GODOY, N.S. **Fundações: Notas de Aula, Curso de Graduação**. São Carlos (SP): Escola de Engenharia de São Carlos – USP, 1972.

GRANDO, Ângela. **Propriedades e parâmetros geotécnicos de depósitos com argilas moles de Santa Catarina**. 808 p. 2018. Dissertação (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de pós-graduação em Engenharia Civil (PPGEC), UFSC, Florianópolis, 2018.

PINTO, C.S. **Curso básico de mecânica dos solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

ROBERTSON, P. K. **Soil Classification Using the Cone Penetration Test**. Canadian Geotechnical Journal, v. 27, p. 151–158, 1990.

ROBERTSON, P.K. **CPT interpretation – a unified approach**. Canadian Geotechnical Journal, v.46, pp. 1-19, 2009.

SCHNAID, F. **Ensaio de Campo e suas aplicações na engenharia de fundações**. Sao Paulo: oficina de textos, 2000.

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



# O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NA ENGENHARIA CIVIL 2

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