

Engenharias:

Da Genialidade à Profissão e
seu Desenvolvimento

João Dallamuta
Henrique Ajuz Holzmann
Rennan Otavio Kanashiro
(Organizadores)



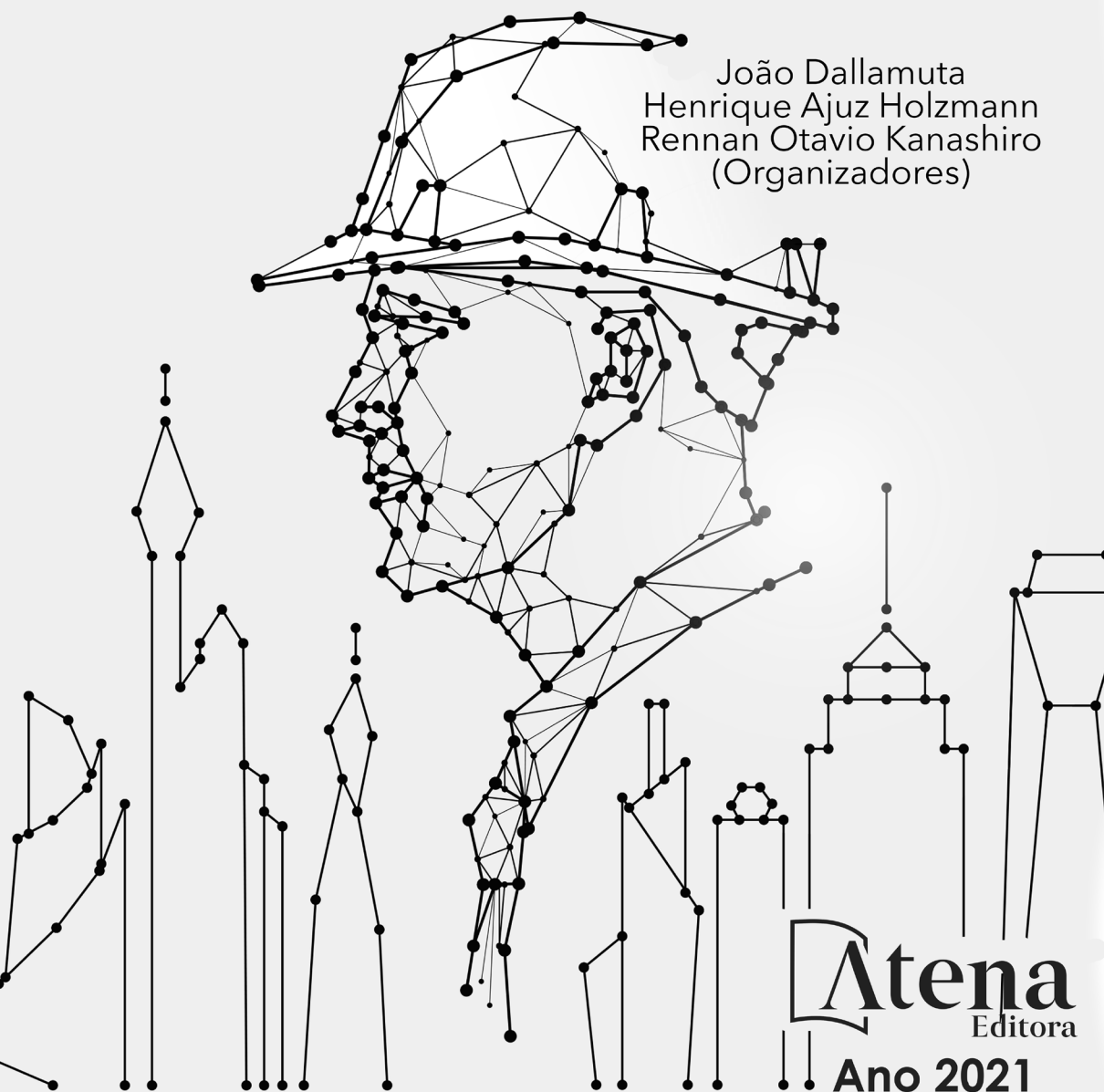
Atena
Editora

Ano 2021

Engenharias:

Da Genialidade à Profissão e
seu Desenvolvimento

João Dallamuta
Henrique Ajuz Holzmann
Rennan Otavio Kanashiro
(Organizadores)



Atena
Editora

Ano 2021

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federacl do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande

Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalves de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Edna Alencar da Silva Rivera – Instituto Federal de São Paulo
Profª Drª Fernanda Tonelli – Instituto Federal de São Paulo,
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Profª Drª Miraniide Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Profª Ma. Adriana Regina Vettorazzi Schmitt – Instituto Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Profª Drª Andrezza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Me. Carlos Augusto Zilli – Instituto Federal de Santa Catarina
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
Profª Drª Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa

Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará
Prof. Me. Francisco Sérgio Lopes Vasconcelos Filho – Universidade Federal do Cariri
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFGA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenología & Subjetividade/UFPR
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Lilian de Souza – Faculdade de Tecnologia de Itu
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª Lúvia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Profª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Profª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Me. Luiz Renato da Silva Rocha – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos

Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Dr. Pedro Henrique Abreu Moura – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Rafael Cunha Ferro – Universidade Anhembi Morumbi
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renan Monteiro do Nascimento – Universidade de Brasília
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco
Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Engenharias: da genialidade à profissão e seu desenvolvimento

Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Flávia Roberta Barão
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadores: João Dallamuta
Henrique Ajuz Holzmann
Rennan Otavio Kanashiro

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57 Engenharia: da genialidade à profissão e seu desenvolvimento / Organizadores João Dallamuta, Henrique Ajuz Holzmann, Rennan Otavio Kanashiro. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-071-8

DOI 10.22533/at.ed.718211205

1. Engenharia. I. Dallamuta, João (Organizador). II. Holzmann, Henrique Ajuz (Organizador). III. Kanashiro, Rennan Otavio (Organizador). IV. Título.

CDD 620

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa.

APRESENTAÇÃO

Neste livro optamos por uma abordagem multidisciplinar por acreditarmos que esta é a realidade da pesquisa em nossos dias.

A realidade é que não se consegue mais compartimentar áreas do conhecimento dentro de fronteiras rígidas, com a mesma facilidade do passado recente. Se isto é um desafio para trabalhos de natureza mais burocrática como métricas de produtividade e indexação de pesquisa, para os profissionais modernos está mescla é bem-vinda, porque os desafios da multidisciplinariedade estão presentes na indústria e começam a ecoar no ambiente mais ortodoxo da academia.

Aos pesquisadores, editores e aos leitores para quem, em última análise todo o trabalho é realizado, agradecemos imensamente pela oportunidade de organizar tal obra.

Boa leitura!

João Dallamuta
Henrique Ajuz Holzmann
Rennan Otavio Kanashiro

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

ANALYSIS OF ELEVATOR HINGE MOMENT IN AN UNMANNED AERIAL VEHICLE DESIGNED FOR SAE AERODESIGN COMPETITION USING CFD SIMULATION

Bruno Santos Junqueira
Daniel Coelho de Oliveira
Turan Dias Oliveira
Vinícius Carneiro Rios Machado

DOI 10.22533/at.ed.7182112051

CAPÍTULO 2..... 10

ANÁLISE DE ESTABILIDADE DE UM AEROMODELO ATRAVÉS DO SOFTWARE XFLR5

Marcos Paulo Azevedo
Igor Felice Souza Mosena
Renato de Sousa Maximiano
Erika Peterson Gonçalves

DOI 10.22533/at.ed.7182112052

CAPÍTULO 3..... 18

IDENTIFICAÇÃO DOS PRINCIPAIS ATRIBUTOS PARA O PROJETO DE UMA REDE CICLOVIÁRIA

Taiany Richard Pitilin
Luciana Mação Bernal
Otavio Henrique da Silva
Suely da Penha Sanches

DOI 10.22533/at.ed.7182112053

CAPÍTULO 4..... 32

ANÁLISE DE INFRAESTRUTURA FERROVIÁRIA UTILIZANDO AS FERRAMENTAS DE ECOEFICIÊNCIA

Filipe Batista Ribeiro
Bruno Guida Gouveia
Filipe Almeida Corrêa do Nascimento
Marcelino Aurélio Vieira da Silva
Antônio Carlos Rodrigues Guimarães
Priscila Celebrini de Oliveira Campos

DOI 10.22533/at.ed.7182112054

CAPÍTULO 5..... 49

DETERMINAÇÃO DO TEMPO DE PASSAGEM EM JORNADA de SERVIÇO DE MAQUINISTAS

Marina Donato
Caio Almeida Arêas Reis
Paulo Roberto Borges
Mayara Souza Gomes
Débora Dávila Cruz Santos

Ana Flávia Moraes de Souza

DOI 10.22533/at.ed.7182112055

CAPÍTULO 6..... 63

PROJETO DE UM SISTEMA AUTÔNOMO PURO CC DE BAIXO CUSTO UTILIZANDO ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

Eliamare Alves da Silva

Danilo Medeiros de Almeida Cardins

Lizandra Vitória Gonçalves dos Santos

Kelvonn Henrique Matos de Oliveira Xavier

Jalberth Fernandes de Araújo

DOI 10.22533/at.ed.7182112056

CAPÍTULO 7..... 75

APLICABILIDADE DE GEOSSINTÉTICOS EM OBRAS DE ENGENHARIA

Marcus Gabriel Souza Delfino

Juliângelo Kayo Sangi de Oliveira

Gabriela Callegario Santolin

DOI 10.22533/at.ed.7182112057

CAPÍTULO 8..... 87

ESTABILIZAÇÃO DE UM SOLO PLÁSTICO COM O USO DO RESÍDUO DE GESSO ACARTONADO DA INDÚSTRIA DE DRYWALL PARA APLICAÇÃO EM PAVIMENTAÇÃO

Lourena Ferreira Uchôa

Lilian Medeiros Gondim

DOI 10.22533/at.ed.7182112058

CAPÍTULO 9..... 102

POTENCIAL DA APLICAÇÃO DE RESÍDUOS PLÁSTICOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL: ALTERNATIVAS E SUSTENTABILIDADE

Aline Viancelli

Antônio Cristiano Lara Sampaio

Christian Antônio dos Santos

Daniel Celestino Fornari Bocchese

Denilson Lorenzatto

Helton Araujo Couto Carneiro

Luiz Fernando Broetto

Patrícia Aparecida Zini

Paula Roberta Silveira Málaga

Robison Ranieri Martins

Thiago Demczuk

William Michelin

DOI 10.22533/at.ed.7182112059

CAPÍTULO 10..... 109

THE PILOTIS AS SOCIOESPATIAL INTEGRATOR: THE URBAN CAMPUS OF THE CATHOLIC UNIVERSITY OF PERNAMBUCO

Andreyra Raphaella Sena Cordeiro de Lima

Maria de Lourdes da Cunha Nóbrega

Robson Canuto da Silva

DOI 10.22533/at.ed.71821120510

CAPÍTULO 11..... 124

DESAFIOS DO MUNICÍPIO DE SÃO DESIDÉRIO PARA PROMOÇÃO DO DIREITO AO SANEAMENTO BÁSICO SOB A ÓTICA DA POLÍTICA PÚBLICA MUNICIPAL

Amanda dos Santos Carteado Silva

Luiz Roberto Santos Moraes

DOI 10.22533/at.ed.71821120511

CAPÍTULO 12..... 132

DEGRADAÇÃO DE FACHADAS COM REVESTIMENTO CERÂMICO EM BRASÍLIA: ESTUDO DE CASO

Lukas Augusto Moreira

Nathaly Sarasty Narváez

Vanessa Nupán Narváez

DOI 10.22533/at.ed.71821120512

CAPÍTULO 13..... 151

EFEITO DE VARIÁVEIS-CHAVE DA MISTURA SOLO-CIMENTO NA DOSAGEM FÍSICO-QUÍMICA E COMPORTAMENTO MECÂNICO PARA BASE DE PAVIMENTOS

José Wilson dos Santos Ferreira

Diego Manchini Milani

Michéle Dal Toé Casagrande

Raquel Souza Teixeira

DOI 10.22533/at.ed.71821120513

CAPÍTULO 14..... 165

SERENS: DISCUTINDO O PRESENTE PARA TRAÇAR O FUTURO

Rosângela de Araújo Santos

Teresinha de Quadros Guilherme dos Santos

Jarbas Cordeiro Sampaio

Ernando Ferreira

Elisa Cristina de Barros Casaes

Aline Rita Pereira Hohenfeld

Eleilson Santos Silva

DOI 10.22533/at.ed.71821120514

CAPÍTULO 15..... 175

DIRT AND ABSORPTION TESTS IN PROTECTIVES FILMES APPLIED TO PHOTOVOLTAIC PANELS: A SYSTEMATIC REVIEW

Luciano Teixeira dos Santos

Alex Álisson Bandeira Santos

Joyce Batista Azevedo

Paulo Roberto Freitas Neves

DOI 10.22533/at.ed.71821120515

CAPÍTULO 16.....	183
DISPOSITIVOS PARA DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE CRISTAIS DE GELO EM SOLUÇÃO DE GELO LÍQUIDO	
Ricardo Santos Nascimento	
Rennan Yie Yassu Nishimori	
Vivaldo Silveira Junior	
DOI 10.22533/at.ed.71821120516	
CAPÍTULO 17.....	196
VISÃO GERAL DOS INIBIDORES BIFUNCIONAIS A BASE DE TERRAS RARAS E SUAS APLICAÇÕES	
Célia Aparecida Lino dos Santos	
Fabiana Yamasaki Vieira Martins	
Rafael Augusto Camargo	
Zehbour Panossian	
DOI 10.22533/at.ed.71821120517	
CAPÍTULO 18.....	211
VARIABILIDADE GENÉTICA EM PROGÊNIES DE <i>Parkia platycephala</i> Benth	
Dandara Yasmim Bonfim de Oliveira Silva	
Séfora Gil Gomes de Farias	
Lucas Ferraz dos Santos	
Romário Bezerra e Silva	
Moema Barbosa de Sousa	
Grazielle Nunes Lopes dos Santos	
DOI 10.22533/at.ed.71821120518	
CAPÍTULO 19.....	224
LAPSUS TRÓPICUS E A DIALÉTICA DO ANTROPOCENO	
Karen Aune	
DOI 10.22533/at.ed.71821120519	
CAPÍTULO 20.....	240
TESTES DE CISALHAMENTO SIMPLES PARA ANÁLISE DA INTERFACE ADESIVA CONCRETO/ PRF ATRAVÉS DE ESTUDOS NUMÉRICOS	
Maicon de Freitas Arcine	
Nara Villanova Menon	
DOI 10.22533/at.ed.71821120520	
SOBRE OS ORGANIZADORES	259
ÍNDICE REMISSIVO.....	260

CAPÍTULO 8

ESTABILIZAÇÃO DE UM SOLO PLÁSTICO COM O USO DO RESÍDUO DE GESSO ACARTONADO DA INDÚSTRIA DE DRYWALL PARA APLICAÇÃO EM PAVIMENTAÇÃO

Data de aceite: 03/05/2021

Data de submissão: 05/02/2021

Lourena Ferreira Uchôa

Universidade Federal do Cariri
Juazeiro do Norte, CE
<http://lattes.cnpq.br/2865542271947835>

Lilian Medeiros Gondim

Universidade Federal do Cariri
Juazeiro do Norte, CE
<http://lattes.cnpq.br/8069981606259391>

RESUMO: A utilização do sistema Drywall em vedações e forros teve uma rápida difusão no setor da construção civil nos últimos anos. Tal crescimento, contudo, carrega consigo a problemática de geração de resíduos do sistema produtivo e sua consequente destinação, preocupação agravada pelo fato de o gesso ser um composto de sulfato de cálcio, cuja deposição irregular na natureza pode contaminar solos e águas. Diante do exposto, o presente trabalho teve o objetivo de avaliar a viabilidade da estabilização de um solo plástico da Região Metropolitana do Cariri com o uso do resíduo das placas de gesso acartonado para o emprego em camadas de base e sub-base de rodovias. A metodologia consistiu na realização de ensaios de caracterização do solo e do resíduo de gesso e caracterização mecânica das misturas de solo/gesso, variando o teor do resíduo (5%, 10% e 15% em peso) e o tempo de cura (0 e 14 dias). As misturas foram submetidas a ensaios

de limite de consistência, Índice de Suporte Califórnia e módulo de resiliência. Foi observado que a estabilização com gesso não promoveu incremento de resistência, pois reduziu os valores de ISC enquanto manteve inalterado o comportamento resiliente da amostra de solo. Por outro lado, o gesso reduziu a plasticidade do solo, chegando a quase 0% com a adição de 15% de resíduo de gesso. Conclui-se que a estabilização de solo com gesso não calcinado não foi satisfatória do ponto de vista da resistência mecânica, sendo recomendada um estudo mais aprofundado com esse material sendo previamente tratado por meio da calcinação. Vale ressaltar que esse artigo corresponde a uma versão apresentada na 34^o ANPET (Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes).

PALAVRAS-CHAVE: Gesso, drywall, resíduos, solos, plasticidade, estabilização.

STABILIZATION OF A PLASTIC SOIL WITH THE DRYWALL INDUSTRY WASTE FOR PAVING APPLICATION

ABSTRACT: The use of the Drywall system in fences and ceilings has spread rapidly in the civil construction sector in recent years. Such growth, however, carries the problem of generating waste from the production system and its consequent destination, a concern that is due to the fact that an item is composed of calcium sulfate, whose irregular exposure in nature can contaminate soils and water bodies. In view of the above, the present study aimed to assess the feasibility of stabilizing a plastic soil from the Metropolitan Region of Cariri with the use of gypsum board

residues for use in base and sub-base layers of highways. The applied methodology consisted on characterizing the soil sample and the gypsum residue and performing the mechanical characterization of gypsum/soil mixtures, varying the residue content (5%, 10% and 15%) and curing time (0 and 14 days). The mixtures were submitted to consistency limit tests, California Bearing Ratio and Resilient Modulus test. It was observed that the stabilization with gypsum did not promote an increase in resistance, as it reduced the CBR values while keeping the resilient behavior of the soil sample unchanged. On the other hand, gypsum reduced the plasticity of the soil, reaching almost 0% with the addition of 15% gypsum residue. It is concluded that the stabilization of soil with non-calcined gypsum was not satisfactory from the point of view of mechanical resistance, being recommended a further study with this material being previously treated by means of calcination. It is worth mentioning that this article corresponds to a version presented at the 34th ANPET (Congress of Research and Teaching in Transportation).

KEYWORDS: Gypsum, drywall, residues, soils, plasticity, stabilization.

1 | INTRODUÇÃO

O solo é a camada mais superficial da crosta terrestre, constituída por minerais, possuindo inúmeras variações devido aos seus fatores de formação, como origem, relevo, clima e tempo. Dessa forma, essa variabilidade pode gerar um material com características que não se enquadram nas especificações técnicas tradicionais para uso em engenharia. A plasticidade e a presença de matéria orgânica são os fatores mais prejudiciais do ponto de vista do emprego em pavimentação, assim como a baixa capacidade de suporte de carga, alta compressibilidade e baixa resistência ao cisalhamento do material (SARTORI, 2015).

Para reduzir custos operacionais, pode-se optar por usar o solo local estabilizado, gerando economia em transporte e/ou compra de agregados, confeccionando assim camadas de base que atendam as características geotécnicas determinadas nas normas, com metodologia descrita tanto pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) quanto pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT).

A estabilização consiste no tratamento do solo por um processo mecânico ou químico, dando condições de resistir às tensões e deformações durante sua vida de serviço, permanecendo assim, mesmo sob a ação de cargas exteriores e ações climáticas (BATISTA, 1976).

A estabilização química visa a melhoria das propriedades físicas e mecânicas do solo por meio de alteração da estrutura química do material com o uso de aditivos, que podem ser dos mais variados tipos. Como aditivos para estabilização química, podem-se citar: cimento, cal e resíduos industriais (como o gesso e o fosfogesso), entre outros.

A geração de resíduos, como o fosfogesso e o gesso acartonado, está diretamente relacionada com o processo de industrialização e o crescimento dos centros urbanos. Com a crescente preocupação ambiental, busca-se cada vez mais minimizar os impactos ambientais com o uso de técnicas de reuso ou reciclagem desses resíduos (SILVA, 2009).

Bauer (2001) afirma que o gesso é um termo genérico que se refere a uma série de aglomerantes obtidos a partir da calcinação do minério de gipsita natural, a qual é composta por sulfato de cálcio diidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) e impurezas. Segundo Bardella (2011), o principal constituinte do gesso é o hemidrato ($\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$) que, ao entrar em contato com a água, se hidrata, formando novamente a gipsita ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) sendo essa reação a responsável pelo endurecimento e pela resistência mecânica da pasta.

Segundo a Sindusgesso (2011), a produção de gesso no Brasil está localizada basicamente no polo gesseiro do Araripe, no estado do Pernambuco, responsável por cerca de 95% da produção brasileira. Sua utilização é frequente na confecção de placas pré-moldadas de componentes de forros e acabamentos, na aplicação como revestimento de paredes e na fabricação de painéis de gesso acartonado.

As chapas de gesso acartonado são constituídas por 92% de gesso, 7% de papel cartão e 1% de aditivos e impurezas. O processo de dosagem é feito com gesso e água até que a mistura adquira consistência ideal para ser lançado sobre o papel cartão, sendo assim o gesso presente no processo final da produção das chapas é um material inerte (MARCONDES, 2007).

A indústria de drywall, que produz placas de gesso acartonado, tem se propagado pelo Brasil desde a década de 90 passando a ter um crescimento anualmente de 15% de acordo com a Associação Brasileira de Drywall (2017). Paralelo ao crescimento da produção, ocorre o aumento da quantidade de resíduos gerados pelo processo, que segundo John e Cincotto (2007), quando depositados de forma inadequada, acarretam alteração na alcalinidade do solo e na contaminação dos lençóis freáticos, além de gerar gás sulfídrico (H_2S) quando decomposto em aterros sem controle.

As perdas na produção do gesso acartonado estão ligadas diretamente com os processos de corte. Estima-se que as perdas ficam entre 10 a 15% da produção total, segundo afirma Marcondes (2007). Na região do Cariri existe uma indústria de drywall, com produção anual de 4.000.000 m^2 , segundo dados coletados na unidade fabril, e seus resíduos são descartados de forma inadequada.

Diante dessa perspectiva, acredita-se que o resíduo de gesso pode ser utilizado como estabilizante químico, melhorando a plasticidade e resistência dos solos de forma semelhante ao uso da cal e do fosfogesso. Logo, esse trabalho tem por finalidade analisar a possibilidade da aplicação do resíduo do gesso da indústria de drywall como aditivo estabilizador de solos plásticos, corrigindo a plasticidade excessiva e a resistência desses solos da região metropolitana do cariri para a aplicação em camadas granulares de pavimentos.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Solo

Na pesquisa foram analisadas amostras naturais de solos extraídos em uma jazida localizada na Região Metropolitana do Cariri (RMC), na zona rural do município de Barbalha no Ceará, no Distrito Malhada, cuja classe pedológica era Neossolo Litólico. As amostras de solo foram preparadas segundo a norma DNER ME 014/94 e posteriormente submetidas aos ensaios de caracterização descritos na Tabela 01.

Ensaio	Norma
Solos – Análise Granulométrica	DNER – ME 051/94
Solos – Determinação da Densidade Real	DNER – ME 093/94
Solos – Determinação do Limite de Liquidez	DNER – ME 122/94
Solos – Determinação do Limite de Plasticidade	DNER – ME 082/94
Solos – Ensaio de Compactação Utilizando Amostras Trabalhadas	DNER-MR 162/94

Tabela 1: Ensaios e Normas utilizadas na amostra de solo estudada

2.2 Gesso

O resíduo de gesso acartonado foi coletado na unidade fabril que fica localizada no município de Juazeiro do Norte no Ceará. O local de descarte das placas de gesso acartonado é realizado em um local específico na fábrica, assim como mostra a Figura 01.



Figura 1: Local de descarte do resíduo de gesso acartonado.

Para realizar a separação dos elementos da placa de gesso (papel cartão e gesso), foi seguida a metodologia de Carvalho (2018), por meio de golpes sucessivos à superfície

da placa com um compactador manual. O gesso resultante desse processo foi moído em um moinho de bolas e em seguida foi quarteado e armazenado em local seco. Cabe ressaltar que o resíduo de gesso usado na realização desta pesquisa não passou pela etapa de calcinação.

Após a preparação, a amostra foi submetida aos ensaios descritos na ABNT NBR 12127 - Gesso para construção civil — Determinação das propriedades físicas do pó, no qual foram realizados ensaios de análise granulométrica, módulo de finura e massa unitária.

2.3 Métodos

Na pesquisa foram analisadas amostras naturais de solos e amostras estabilizadas com 5%, 10% e 15% de resíduo de gesso não-calcinado em relação ao peso seco destes. Os tempos de cura para cada teor foram de 0 e 14 dias, em que foram realizados ensaios de Limites de Consistência, Índice de Suporte Califórnia e Módulo de Resiliência. Ressalta-se que todos os corpos-de-prova submetidos a um período de cura, antes da realização dos ensaios, foram previamente enrolados por papel filme, a fim de evitar a perda de umidade para o ambiente. A energia de compactação aplicada nos ensaios foi a intermediária (energia recomendada pelo DNIT para uso em camadas de base e sub-base de pavimentos), usando amostras não-trabalhadas na umidade ótima.

3 | RESULTADOS E ANÁLISES

3.1 Caracterização do Solo

A caracterização geotécnica consistiu na realização dos ensaios de densidade real, granulometria conjunta, limite de liquidez e limite de plasticidade, mini-MCV e perda de massa por imersão. Os solos foram também classificados segundo os métodos AASHTO e MCT. A Tabela 2 mostra um resumo dos resultados obtidos nos ensaios de granulometria, limites de consistência e densidade real

Composição Granulométrica Com Defloculante (%)					Compactação		Limites de consistência (%)			Densidade real (g/cm³)
Pedregulho	Areia			Silte	Argila	Umidade Ótima (%)	LL	LP	IP	
	Grossa	Média	Fina							
1,22	2,33	23,45	28,38	6,82	37,8	14,5	32	15	17	2,663

Tabela 2: Tabela resumo com os resultados dos ensaios de caracterização do solo

A partir dos valores obtidos no ensaio de granulometria, observa-se que o Coeficiente de Não-Uniformidade e o Coeficiente de Curvatura deram iguais a zero, mostrando, portanto, que o solo estudado tem granulometria mal graduada e descontínua. Este fato

se justifica pela grande quantidade de finos argilosos presentes na amostra, acarretando a baixa capacidade de suporte desse solo.

O valor obtido no ensaio de densidade real foi 2,663. Esse valor assemelha-se aos valores característicos de argilo-mineriais (como montmorilonitas, moscovitas e cloritas) e do feldspato-Na-Ca.

Com base nos valores obtidos no ensaio de limites de consistência, verificou-se que o solo possui alta plasticidade, não se enquadrando nos parâmetros de consistência exigidos para execução de bases e sub-bases de pavimentos rodoviários, pois segundo o Manual do DNIT (2006) o solo deve apresentar LL menor que 25% e IP menor que 6%.

Para efeitos de classificação, com base nos valores encontrados nos ensaios, conforme a classificação da AASHTO o solo estudado é classificado como A-6, cujo comportamento para uso em subleito é considerado regular a mau, sendo ainda considerado um solo argiloso. No entanto na classificação SUCS, o solo é classificado como SC (Areia Argilosa).

3.2 Limites de Consistência das misturas solo/gesso:

Os resultados dos ensaios de limite de liquidez e limite de plasticidade das misturas de solo e resíduo de gesso, assim como o índice de plasticidade estão apresentados na Figura 2.

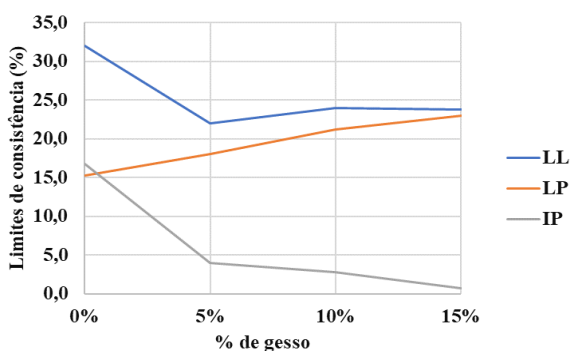


Figura 2: Variação dos limites de consistência das misturas solo-gesso

Percebe-se que inicialmente o solo tinha índice de plasticidade muito alto, porém à medida que se aumentou o teor de resíduo de gesso o índice de plasticidade diminuiu drasticamente, chegando a quase zero com a adição de 15% de gesso. O limite de plasticidade teve um acréscimo, no entanto o limite de liquidez reduziu à medida que se aumentou o teor de gesso. Seguindo as especificações do Manual do DNIT (2006) o solo precisa apresentar LL menor que 25% e IP menor que 6% para ser usado em camadas

granulares de pavimentos, assim ambas as misturas de solo com resíduo de gesso se enquadram nessas especificações.

A redução dos limites de consistência das misturas de solo com resíduo de gesso acontece, segundo Kamei et al. (2011), porque ao adicionar gesso no solo leva a uma substituição de sódio monovalente do solo por íons de cálcio do gesso, que levam a uma redução acentuada no limite de liquidez e índice de plasticidade da amostra. Resultados parecidos foram encontrados por Murthy et al. (2016) e Yilmaz e Civelekoglu (2009).

3.3 Caracterização física do resíduo de gesso em pó

Para se conhecer as potencialidades do material que se quer introduzir no solo como estabilizante são necessários ensaios que o caracterizem tais como análise granulométrica, massa unitária e módulo de finura.

O ensaio de análise granulométrica foi realizado com o material passante na peneira número 10 (2 mm) e foi repetido duas vezes (amo-01 e amo-02), com amostras de 100 gramas cada. Foram obtidas as seguintes curvas granulométricas expressas na Figura 3.

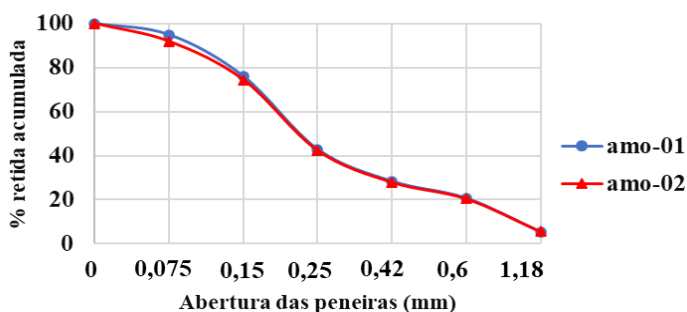


Figura 3: Curva granulométrica das amostras de gesso em estudo.

Percebe-se grande similaridade entre as curvas granulométricas, concluindo que o método usado para a moagem resultou em um material uniforme. Pequenas diferenças podem ser observadas, isso pode ter acontecido devido à presença de fibras que pode gerar aglomerados e dificultar a passagem nas peneiras. Vale ressaltar ainda que o eixo das ordenadas no gráfico corresponde à porcentagem retida acumulada, diferente do gráfico usado para solos, que usa a porcentagem passante.

A determinação do módulo de finura (MF) ocorreu paralela à determinação da composição granulométrica das amostras. O ensaio foi feito em duplicata e a média foi retirada para obter um valor que caracterizasse a amostra. A Tabela 3 apresenta os referidos valores, assim como os resultados do ensaio de massa unitária (MU).

Amostra	MF	MU (kg/m ³)
AMO - 01	2,679	560,00
AMO - 02	2,629	554,61
Média	2,654	557,31

Tabela 3: Módulo de finura das amostras de gesso.

Diferentemente dos valores encontrados por Carvalho (2018), que realizou a calcinação do gesso, os módulos de finura das amostras em estudo nesse trabalho deram valores relativamente altos, enquanto Carvalho (2018) obteve valores próximos de 0,9. Isso pode ser explicado devido à presença de água no gesso, no qual não passou por processo de calcinação e pela forma de moagem do material.

Com relação a massa unitária a NBR 13207 afirma que para o gesso ser utilizado na construção civil precisa ter massa unitária superior a 600 kg/m³, assim percebe-se que o resíduo de gesso não-calcinado das placas de gesso acartonado não se adequa a utilização no setor da construção civil, no entanto não é descartado o seu uso em pavimentação.

3.4 Índice de Suporte Califórnia (ISC)

Os ensaios de Índice de Suporte Califórnia (ISC) foram realizados com o objetivo de avaliar como as misturas solo-gesso se comportariam sob condições saturadas. Os resultados dos ensaios realizados com cada mistura são apresentados na Figura 4.

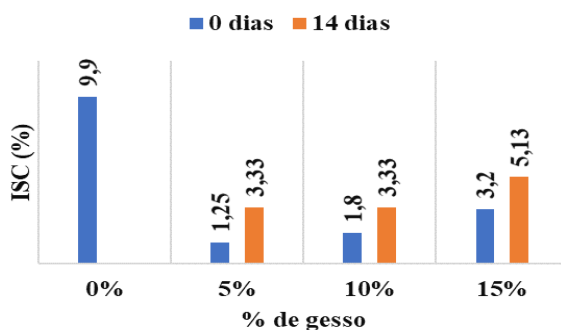


Figura 4: Variação do ISC do solo com adição de gesso

Observa-se que o solo puro apresenta valor de ISC baixo, no entanto esse valor pode ser justificado pela grande quantidade de finos presentes na amostra, sendo necessário passar por algum tipo de estabilização para poder ser utilizado em camadas de base e sub-base de pavimentos. Verifica-se que as misturas do solo com resíduo de gesso obtiveram valores de ISC inferiores ao valor alcançado pelo solo puro. Vê-se ainda que mesmo após

o período de cura de 14 dias as capacidades de suporte das misturas continuam menores que a capacidade do solo natural.

Esses dados mostram que o resíduo de gesso não trouxe melhorias e nem manteve as características de suporte do solo. Isso pode ser explicado pelo fato do resíduo de gesso em estudo não ter passado pelo processo de calcinação e suas moléculas não estarem reagindo com as moléculas do solo. Além disso, os ensaios de ISC foram realizados em corpos de prova saturados, este fato leva a crer que as misturas do solo com resíduo de gesso são susceptíveis à ação da água, sendo desaconselhável a utilização dessas misturas em rodovias que serão sujeitas as condições de saturação.

A Figura 5 mostra os resultados obtidos nos ensaios de expansão obtidos por meio da saturação dos corpos de prova por 96h.

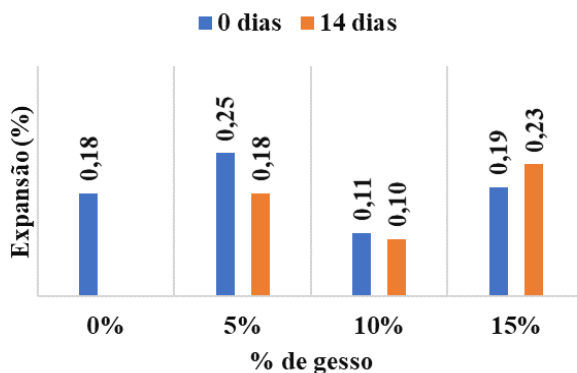


Figura 5: Variação da expansão do solo com a adição de gesso.

Com relação à expansão, percebe-se que todos os resultados encontrados estão abaixo do valor limite estabelecido pelo Manual do DNIT (2006), que recomenda uma expansão menor que 0,5%. De forma geral esses resultados são todos muito pequenos, de modo que não há variação considerável de valores.

3.5 Módulo de Resiliência (MR)

Os ensaios de módulo de resiliência são usados no novo método de dimensionamento de pavimentos do DNIT. Os corpos de prova do solo e das misturas foram submetidos ao ensaio após a moldagem e após a cura de 14 dias.

Primeiramente vale ressaltar que nem todos os corpos de prova passaram pela etapa do condicionamento. Alguns corpos de prova sofreram deformação excessiva, de tal forma que os corpos de prova não toleraram nem mesmo a fase de condicionamento do ensaio triaxial dinâmico. Essas amostras se deformaram de tal forma que os LVDT's não foram mais capazes de realizar as medições dos deslocamentos, tornando impraticável a

realização do ensaio de módulo de resiliência. Assim sendo, a Tabela 4 mostra a condição de cada corpo de prova com relação a etapa de condicionamento do ensaio.

CURA	0%	5%	10%	15%
0	NÃO PASSOU	NÃO PASSOU	PASSOU	NÃO PASSOU
14	PASSOU	NÃO PASSOU	NÃO PASSOU	PASSOU

Tabela 4: Condição de cada corpo de prova na fase de condicionamento.

Após a conclusão do ensaio, iniciou-se a etapa de escolha de um modelo que descrevesse com a maior fidelidade possível o comportamento resiliente do solo, que é de fundamental importância para a avaliação correta da deformabilidade deste material. Para a avaliação dos efeitos de um processo de estabilização de solos a escolha se torna ainda mais complexa.

Os modelos inicialmente testados nesta pesquisa foram os clássicos, relacionam o MR com a tensão desvio (σ_d), com a tensão de confinamento (σ_3) e com o invariante de tensões ($\theta = \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3$), de maneira isolada, conforme mostrado nas Equações 1, 2 e 3:

$$MR = k1 \cdot \sigma_d^{k2} \quad (1)$$

$$MR = k1 \cdot \sigma_3^{k2} \quad (2)$$

$$MR = k1 \cdot \theta^{k2} \quad (3)$$

Os parâmetros de modelagem (valores de k) e os coeficientes de correlação (R^2) dos modelos clássicos para o solo e suas misturas são apresentados na Tabela 5.

Amostra	Cura (dias)	MR = k1. σ_d^{k2}			MR = k1. σ_3^{k2}			MR = k1. θ^{k2}		
		k1	k2	R ²	k1	k2	R ²	k1	k2	R ²
Solo + 0%	14	216,48	-0,489	0,7889	233,93	-0,351	0,3034	361,66	-0,459	0,521
Solo + 10%	0	432,58	-0,305	0,2477	239	-0,467	0,3994	437,23	-0,591	0,6419
Solo + 15%	14	451,98	-0,171	0,3893	603,42	-0,034	0,0102	580,9	-0,107	0,1084

Tabela 5: Parâmetros dos modelos Clássicos de Resiliência

Percebe-se, por meio dos valores de R^2 da Tabela 10, que nenhum dos modelos relacionados a uma única variável representaram de forma precisa os comportamentos resilientes de todas as amostras testadas. Assim resolveu-se investigar a aplicação do modelo composto às misturas estudadas. Esse modelo, representado pela Equação 4, é função das tensões de confinamento e desvio, simultaneamente.

$$MR = k1 \cdot \sigma_3^{k2} \cdot \sigma_d^{k3} \quad (4)$$

Para a obtenção dos parâmetros referentes a esse modelo, os dados obtidos nos

ensaios foram submetidos ao processamento pelo programa LabFit Ajuste de Curvas, desenvolvido para tratamento e análise de dados experimentais. Os parâmetros dos modelos compostos referentes aos solos A, B e C são apresentados na Tabela 6.

Amostra	Cura (dias)	MR = k1 . σ3 ^{k2} σd ^{k3}			
		k1	k2	k3	R ²
Solo Natural	14	281,26	0,2593	-0,6988	0,9216
Solo + 10%	0	254,7	0,1877	-0,8071	0,9465
Solo + 15%	14	782,708	0,4	-0,4296	0,9178

Tabela 6: Parâmetros do modelo composto.

Diferente dos valores de R² encontrado nos modelos clássicos, o modelo composto apresentou resultados excelentes. Por esse motivo, o modelo composto foi eleito para a avaliação das variações de MR dos solos decorrentes da estabilização com resíduo de gesso. O modelo composto tem se mostrado bastante aplicável aos solos ocorrentes no estado do Ceará, conforme observado no trabalho de Souza Junior (2005).

Gondim (2008), em sua dissertação sobre estabilização betuminosa de solos para uso em camadas granulares, apresentou o modelo composto de forma qualitativa, por meio da avaliação visual comparativa entre superfícies descritas pelas diferentes misturas solo-emulsão. Para isto foi elaborado um algoritmo executado pelo programa Matlab, que tornou possível a visualização de várias superfícies em um mesmo gráfico. Assim sendo, optou-se por usar essa mesma metodologia no presente trabalho.

A superfície determinada pela equação do modelo composto que descreve o comportamento resiliente do solo natural com 14 dias de cura é apresentada na Figura 6.

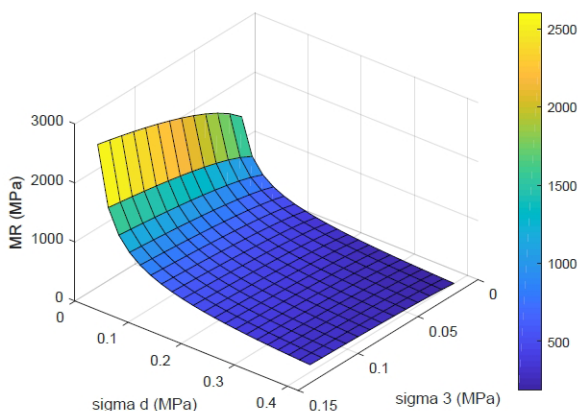


Figura 6: Modelo composto para o módulo resiliente do solo natural com 14 dias de cura.

Ao avaliar a Figura 6, se observa que o módulo de resiliência do solo é bastante susceptível às variações da tensão desvio (σ_d) e sofre uma menor influência da tensão de confinamento (σ_3). Esse resultado está de acordo com o comportamento coesivo do solo estudado. À medida que as tensões aumentam o módulo resiliente do solo tende a cair consideravelmente. Vale ressaltar que o ensaio realizado logo após a moldagem do corpo de prova do solo natural não passou da etapa de condicionamento e mesmo após um período de cura de 14 dias de cura o solo apresentou um péssimo comportamento resiliente.

Com relação as misturas de solo e resíduo de gesso, as Figuras 7 e 8 apresentam o modelo composto para o solo com 10% de gesso (0 dias de cura) e com 15% de gesso (14 dias de cura), respectivamente.

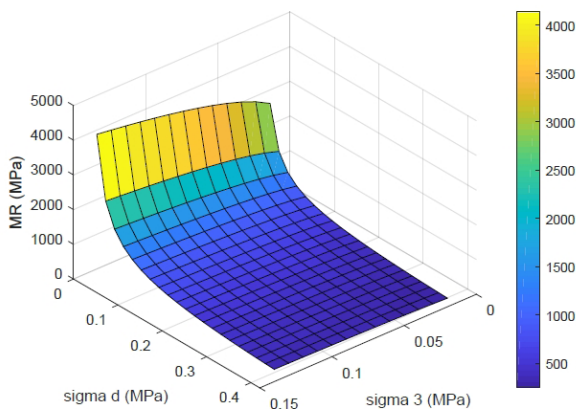


Figura 7: Modelo composto para o módulo resiliente do solo + 10% de gesso com 0 dias de cura.

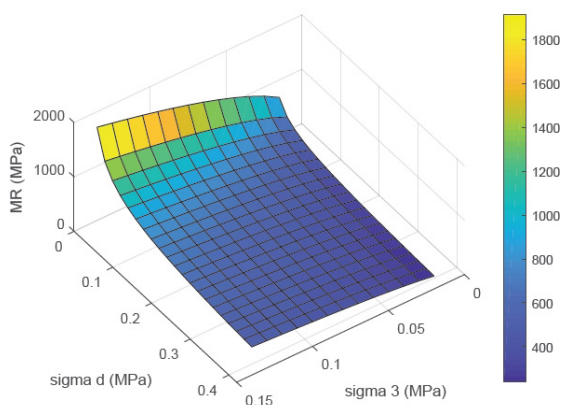


Figura 8: Modelo composto para o módulo resiliente do solo + 15% de gesso com 14 dias de cura.

Percebe-se que as amostras estabilizadas com resíduo de gesso mantiveram o padrão de comportamento do solo natural, com uma tendência de grande variação do módulo de resiliência com a tensão desvio, tendendo a diminuir à medida que as tensões aumentam. Além disso, as superfícies das Figuras 6, 7 e 8 são muito semelhantes, indicando que o solo não passa por grandes modificações à medida que se adiciona resíduo de gesso. A Figura 9 corrobora com essa informação, mostrando os modelos compostos, de forma agrupada, das misturas com 0% e 15% de gesso com 14 dias de cura.

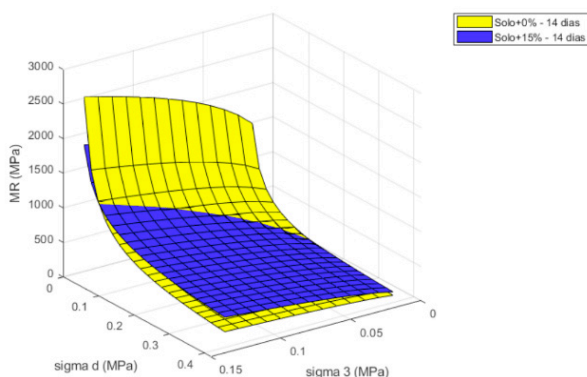


Figura 9: Gráficos Comparativos de MR para diferentes misturas de solo-gesso após 14 dias de cura.

Nota-se na Figura 9 que as superfícies do solo puro e do solo com 15% de gesso, ensaiadas após um período de cura de 14 dias apresentam-se praticamente superpostas, o que indica que a adição de resíduo de gesso quase não exerce influência sobre o MR, sendo um indicativo que o resíduo de gesso mantém as características do solo natural.

4 | CONCLUSÕES

A caracterização do solo, classificado como A-6, apresentou uma curva granulométrica mal graduada e descontínua, com predominância da fração de argila, compatível com o comportamento plástico deste solo. Os resultados desses ensaios de caracterização indicaram que a aplicação do solo puro não é recomendada para pavimentação.

A caracterização do resíduo de gesso apresentou curva granulométrica inferior ao estabelecido pela NBR 13207, assim como a massa unitária não atingiu o valor mínimo estipulado por essa norma. Resultados semelhantes foram obtidos por Carvalho (2018), no entanto sua pesquisa se deu usando o resíduo de gesso calcinado como recomendado na NBR 13207, diferente da metodologia usada no presente trabalho.

Na caracterização das misturas de solo com resíduo de gesso, houve uma redução gradual da plasticidade à medida que foi aumentando o teor de resíduo de gesso no solo,

sendo a porcentagem de 15% um teor ótimo com relação à plasticidade do solo.

Ao comparar os valores obtidos após análise da capacidade de suporte, por meio do ISC, percebe-se que o solo natural possui uma baixa capacidade de suporte, não sendo aceitável nem para uso em sub-base de pavimentos. Assim, à medida que foi sendo adicionado resíduo de gesso ao solo a capacidade de suporte foi reduzindo. Isso pode ser explicado pela baixa resistência do gesso à água, além da possível falta de reação química entre o solo e o resíduo gesso. Desta forma, acredita-se que a misturas do solo com gesso não deva ser utilizada em camadas de pavimentos propícias à saturação.

Os resultados dos ensaios de módulo de resiliência mostraram que a adição de resíduo de gesso ao solo não provoca melhorias no solo. Isso pode ser verificado inicialmente por meio da etapa de condicionamento, no qual apenas 3 dos 8 corpos de prova ensaiados passaram nessa fase, sendo que desses 3 corpos de prova, dois passaram pelo processo de cura. Observando as superfícies geradas pelo modelo composto dos 3 corpos de prova não se verifica grandes variações, concluindo que o resíduo de gesso não gerou alterações no módulo resiliente do solo.

De forma geral não se recomenda que a estabilização de solo com resíduo de gesso seja feita com material não-calcinado. Pesquisas devem se dedicar ao estudo dessa estabilização realizando a calcinação desse resíduo. Cabe ressaltar ainda que a heterogeneidade dos materiais pode ter influenciado nos resultados das misturas, principalmente o resíduo de gesso acartonado.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE FABRICANTES DE CHAPAS PARA DRYWALL. Números do segmento. Disponível em: <<http://www.drywall.org.br/index.php/6/numeros-do-segmento>> Acesso em 28 de abril de 2018.

ABNT (2017a) NBR 13207: Gesso para construção civil – Especificação. Rio de Janeiro.

ABNT (2017b) NBR 12127: Gesso para construção - Determinação das propriedades físicas do pó - Método de ensaio. Rio de Janeiro.

BARDELLA, P. S. Análise das propriedades de pastas de gesso de construção reciclado. 2011. 235 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2011.

BATISTA, C. F. N. Ensaios Fundamentais para a Pavimentação e Dimensionamentos dos Pavimentos Flexíveis. Vol. 1, 2ª Edição, Editora Globo, Porto Alegre, RS, 1976.

BAUER, L. A. F. Materiais de Construção. Vol. 1, 5. ed. revisada. LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 2001.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DOS TRANSPORTES (DNIT). Manual de Pavimentação. 3. ed. Rio de Janeiro, 2006.

DNER-ME 041: Solos – Preparação de Amostras para Caracterização. Rio de Janeiro, 1994.

DNER-ME 051: Solos –Análise Granulométrica. Rio de Janeiro, 1994.

DNER-ME 082: Solos – Determinação do Limite de Plasticidade. Rio de Janeiro, 1994.

DNER-ME 093: Solos – Determinação da Densidade Real. Rio de Janeiro, 1994.

DNER-ME 122: Solos – Determinação do Limite de Liquidez – Método de Referência e Método Expedido. Rio de Janeiro, 1994.

DNER-ME 162: Solos – Ensaio de Compactação Utilizando Amostras Trabalhadas. Rio de Janeiro, 1994.

JOHN, V. M.; CINCOTTO, M. A. Gesso de construção civil. In: ISAIA, G. C. Materiais de construção civil. São Paulo: Ibracon, 2007. p. 727-760.

KAMEI, T.; AHMED, A.; UGAI, K; (2011) The performance of soft clay soil stabilized with recycled gypsum in wet environment. Pan-Am CGS Geotechnical Conference, Japão, 2011.

MARCONDES, F. C. S. Sistemas logísticos reversos na indústria da construção civil - estudo da cadeia produtiva de chapas de gesso acartonado. 2007. 365 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

MURTHY, G.V.L.N.; SIVA KAVYA, K.B.V.; VENKATA KRISHNA, A.; GANESH, B.; (2016) Chemical stabilization of sub-grande soil with gypsum and NaCl. International Journal of Advances in Engineering & Technology, Sri Vasavi Engineering College, TP Gudem, AP, India.

SARTORI, G. Estudo de estabilização de solos para fins de pavimentação na região de Campo Mourão. Trabalho de Conclusão de curso. Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, PR, 2015.

SILVA, B. T. A. (2009) Utilização de Materiais Alternativos para a Construção de Pavimentos Urbanos na Região Metropolitana de Fortaleza. Dissertação de Mestrado, Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, 213 fl.

SINDICATO DA INDÚSTRIA DO GESSO DO ESTADO DE PERNAMBUCO – SINDUSGESSO (Brasil). Consumo de gesso no Brasil. Disponível em: < <http://www.sindusgesso.org.br/> >. Acesso em: 27 out. 2018.

YILMAZ, I.; CIVELEKOGLU, B.; (2009). Gypsum: An additive for stabilization of swelling clay soils. Cumhuriyet University, Faculty of Engineering, Department of Geological Engineering, Sivas, Peru, 2009.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Aerodesign 1, 2, 3, 9

Aeronave 10, 11, 12, 14, 16

Análise CFD 1

Articulação 1, 168

C

Construção sustentável 103

D

Degradação 36, 103, 126, 132, 133, 135, 136, 137, 143, 144, 145, 149, 150, 175, 243

Direito ao saneamento básico 124, 125, 126, 128, 129, 130

Dosagem físico-química 151, 152, 154, 155, 159, 160, 161, 162, 163, 164

Drywall 87, 88, 89, 100

E

Eficiência energética 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 173

Energia solar fotovoltaica 63, 64, 174, 180

Energias renováveis 63, 73, 165, 166, 167, 169, 170, 171, 173

Estabilidade 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 35, 36, 78, 79, 81, 152, 186

Estabilização 78, 84, 86, 87, 88, 94, 96, 97, 100, 101, 152, 159, 160, 161, 162, 163, 199, 205

F

Fachada 132, 133, 135, 136, 137, 138, 139, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 232

G

Geossintéticos 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86

Geotecnia 17, 75, 76, 82, 84

Gesso 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 97, 98, 99, 100, 101, 105

Gestão 35, 44, 103, 124, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 172, 259

H

Headcount 49, 53, 55, 57, 60, 61

L

LED 63, 64, 65, 66, 67, 68, 72, 73

Logística ferroviária 49

M

Melhoramento de solos 75

Momento 1, 13, 16, 50, 171, 227

P

Passagem em jornada 49, 51

Pavimento 20, 22, 26, 27, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 40, 42, 43, 45, 46, 48, 76, 81, 84, 105, 151, 152, 163, 164

Plasticidade 78, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 99, 100, 101, 154, 242

Projeto 1, 9, 10, 11, 12, 14, 16, 18, 19, 21, 29, 30, 33, 35, 36, 37, 39, 40, 41, 43, 44, 63, 65, 66, 67, 68, 69, 71, 72, 73, 76, 79, 85, 126, 127, 130, 133, 136, 163, 168, 169, 209, 221, 224

R

Resíduo de construção civil 151, 154

Resíduos 56, 58, 59, 60, 83, 87, 88, 89, 102, 103, 104, 105, 106, 205, 206

Resíduos plásticos 102, 103, 104, 105, 106

Resistência à compressão simples 151, 152, 157, 161, 162, 163

Revestimento cerâmico 132, 133, 137, 138, 139, 140, 142, 143, 144, 147

S

Saneamento básico em São Desidério 124

SERENS 165, 166, 167, 169, 170, 171, 172, 173, 174

Serviços públicos de saneamento básico 124, 125, 127, 128, 130, 131

Simulação numérica 1, 240

Sistemas autônomos puros CC 63

Solo-cimento 151, 152, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164

Solos 35, 46, 47, 75, 76, 78, 80, 85, 87, 89, 90, 91, 93, 96, 97, 101, 151, 153, 154, 156, 158, 159, 161, 162, 163, 164

Sustentabilidade 30, 33, 34, 48, 102, 106, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 172, 173, 180

T

Transporte hidroviário 32

V

Volume de cargas 49

X

XFLR5 10, 11, 12, 16

Engenharias:

Da Genialidade à Profissão e
seu Desenvolvimento

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

 **Atena**
Editora

Ano 2021

Engenharias:

Da Genialidade à Profissão e
seu Desenvolvimento

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

 **Atena**
Editora

Ano 2021