



Franciele Braga Machado Tullio
Lucio Mauro Braga Machado
(Organizadores)

A Aplicação do Conhecimento Científico na Engenharia Civil

2

Atena
Editora
Ano 2020



Franciele Braga Machado Tullio
Lucio Mauro Braga Machado
(Organizadores)

A Aplicação do Conhecimento Científico na Engenharia Civil

2

Atena
Editora
Ano 2020

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação: Camila Alves de Cremo

Edição de Arte: Lorena Prestes

Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. 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.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

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

Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá

Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima

Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná

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. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense

Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

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 – Universidade Federal do Maranhão

Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

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
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. 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
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
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
Prof. Dr. Fernando José Guedes da Silva Júnior – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
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 Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
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

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Prof^a Dr^a Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^a Dr^a Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof^a Dr^a Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

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. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof^a Dr^a Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof^a Dr^a Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof^a Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Prof^a 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
Prof^a Dr^a Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof^a Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Prof^a Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof^a Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof^a Dr^a Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
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
Prof^a Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof^a Ma. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
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 Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
 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. Lilian 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. Me. 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. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
 Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
 Prof. Me. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
 Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
 Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
 Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
A642	<p>A aplicação do conhecimento científico na engenharia civil 2 [recurso eletrônico] / Organizadores Franciele Braga Machado Tullio, Lucio Mauro Braga Machado. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader. Modo de acesso: World Wide Web. Inclui bibliografia ISBN 978-65-5706-170-1 DOI 10.22533/at.ed.701200907</p> <p>1. Engenharia civil – Pesquisa – Brasil. 2. Construção civil. I. Tullio, Franciele Braga Machado. II. Machado, Lucio Mauro Braga.</p> <p style="text-align: right;">CDD 338.4769</p>
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
 Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “Aplicação do Conhecimento Científico na Engenharia Civil 2” contempla vinte e três capítulos com pesquisas relacionadas a temas da engenharia civil.

O desenvolvimento de novos materiais e a utilização de novas tecnologias na sua composição permitem um grande avanço na área, gerando alternativas de execução e muitas vezes evitando patologias nas edificações.

O estudo sobre o comportamento de materiais utilizados na construção civil permite o aperfeiçoamento de sistemas construtivos já existentes e proporciona uma otimização na execução de projetos.

O livro aborda também artigos que avaliam desempenho de solos, seu comportamento junto a estruturas de edificações e obras de pavimentação.

Esperamos que esta obra proporcione uma leitura agradável e contribua para a geração de novas pesquisas na área da engenharia civil, contribuindo para o desenvolvimento tecnológico.

Franciele Braga Machado Tullio

Lucio Mauro Braga Machado

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
ADERÊNCIA DO CHAPISCO COM ADIÇÃO DE CAL	
André Miranda dos Santos Ângelo Just da Costa e Silva João Manoel de Freitas Mota	
DOI 10.22533/at.ed.7012009071	
CAPÍTULO 2	13
AVALIAÇÃO DA ABSORÇÃO CAPILAR EM ARGAMASSAS ESTABILIZADAS DE REVESTIMENTOS SUBSTITUINDO AGREGADOS NATURAIS POR AGREGADOS ARTIFICIAIS	
Valéria Costa de Oliveira Emílio Gabriel Freire dos Santos Leandro de Souza Carvalho Rafael Alves de Oliveira Fernanda dos Santos Gentil Ieda Maria Fagundes Zanolla	
DOI 10.22533/at.ed.7012009072	
CAPÍTULO 3	30
AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO PIGMENTO NA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO E TRAÇÃO DE CONCRETOS DE ALTO DESEMPENHO	
Amanda Vieira Noletto Dalmo Gabriel da Silva Santana Beatriz Santos Neri Maria Carolina de Paula Estevam D'Oliveira Salmo Moreira Sidel	
DOI 10.22533/at.ed.7012009073	
CAPÍTULO 4	38
AVALIAÇÃO DO ATAQUE DE ÍONS CLORETO EM ESTRUTURAS DE CONCRETO, CONTENDO OU NÃO ADIÇÕES MINERAIS	
Rayssa Valéria da Silva Fuad Carlos Zarzar Júnior José Wertson Gonçalo Pereira Gênova Gabriela Oliveira de Paula Rocha Leonardo José Silva do Vale João Gabriel Souza dos Reis Igor Albuquerque da Rosa Teixeira Pedro Daltro Macedo de Alencar José Flávio Batista Vilela Carlos Fernando Gomes do Nascimento	
DOI 10.22533/at.ed.7012009074	
CAPÍTULO 5	51
AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DA ADIÇÃO DE METACAULIM NO CONCRETO FRENTE À PENETRAÇÃO DE ÍONS CLORETO	
Jefferson Thales Siqueira Gomes Emerson José da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.7012009075	

CAPÍTULO 6	68
COMPÓSITOS CIMENTÍCIOS REFORÇADOS COM FIBRAS DE CELULOSE: UMA REVISÃO	
Marllon Victor Soares Cabral Humberto Mycael Mota Santos	
DOI 10.22533/at.ed.7012009076	
CAPÍTULO 7	81
EFEITO DA SÍLICA ATIVA EM SUSPENSÃO NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO CONCRETO	
Albert Luiz Follmann Bruno Teles Cordeiro Fernando Pelisser Artur Spat Ruviano	
DOI 10.22533/at.ed.7012009077	
CAPÍTULO 8	95
ESTUDO DAS PROPRIEDADES DE UM CONCRETO COM 20MPA NO ESTADO FRESCO, MISTURADO À MÃO E NA BETONEIRA, COM E SEM A SUBSTITUIÇÃO DA AREIA NATURAL POR AREIA BRITADA	
Gabriel Rigaud Figueirôa Lyra Anderson José Silva André Vinícius Melo Couto André William Barbosa Brito Sócrates Ildfonso Farias da Silva Simone Perruci Galvão	
DOI 10.22533/at.ed.7012009078	
CAPÍTULO 9	105
INFLUÊNCIA DO PROCEDIMENTO DE MISTURA DOS ADITIVOS NAS PROPRIEDADES DAS ARGAMASSAS ESTABILIZADAS	
Juliana Pippi Antoniazzi Luciano Vargas Vaz Gihad Mohamad Raquel Petry Brondani Schmidt Bernardete Trindade	
DOI 10.22533/at.ed.7012009079	
CAPÍTULO 10	114
VIABILIDADE TÉCNICA DO USO DE DETERGENTE DOMÉSTICO COMO ADITIVO PLASTIFICANTE EM ARGAMASSA CIMENTÍCEA	
Jessica Maria de Oliveira Galeno Ataídes Oliveira Galvão Junior Marcos Vinícios Aguiar Mohana Mylena Veras Cavalcante	
DOI 10.22533/at.ed.70120090710	
CAPÍTULO 11	128
AVALIAÇÃO DO ATRITO DE INTERFACE ENTRE BLOCOS DE EPS E DIFERENTE SOLOS E GEOSSINTÉTICOS ATRAVÉS DO CISALHAMENTO DIRETO	
Arthur Ivo Zuquim	
DOI 10.22533/at.ed.70120090711	

CAPÍTULO 12	143
CONTRIBUIÇÃO DA RIGIDEZ TORSIONAL DE VIGAS NO CÁLCULO DE MOMENTOS FLETORES EM LAJES MACIÇAS DE CONCRETO ARMADO	
Jonas Pereira Falcão Francisco dos Santos Rocha	
DOI 10.22533/at.ed.70120090712	
CAPÍTULO 13	159
DETERMINAÇÃO DA RIGIDEZ EXPERIMENTAL DE VIGOTA TRELIÇADA OBJETIVANDO O DIMENSIONAMENTO DE ESCORAS DE LAJES	
Rebeca Alexandra de Moraes Candido Tiago Duarte de Lima Adão Marques Batista	
DOI 10.22533/at.ed.70120090713	
CAPÍTULO 14	170
EFEITOS DA TEMPERATURA NAS DEFORMAÇÕES POR FLUÊNCIA DO CONCRETO	
Edmilson Lira Madureira Brenda Vieira Costa Fontes Juliana Caroline Neves de Araújo	
DOI 10.22533/at.ed.70120090714	
CAPÍTULO 15	186
ESTABILIDADE ELÁSTICA EM PILARES METÁLICOS SUBMETIDOS À ATUAÇÃO CONJUNTA DO CARREGAMENTO VERTICAL E DO VENTO	
Wesley Imperiano Gomes de Melo Normando Perazzo Barbosa	
DOI 10.22533/at.ed.70120090715	
CAPÍTULO 16	205
INFLUÊNCIA DO GRAUTE NA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DA ALVENARIA ESTRUTURAL DE BLOCOS CERÂMICOS	
Rafael Azevedo Lino Orieta Soto Izquierdo Indara Soto Izquierdo Márcio Roberto Silva Corrêa	
DOI 10.22533/at.ed.70120090716	
CAPÍTULO 17	222
INSPEÇÃO PRELIMINAR E MONITORAMENTO DE EDIFICAÇÃO EM CONCRETO ARMADO: ESTUDO DE CASO EM BRASÍLIA	
Matheus Nunes Reis Jorge Antonio da Cunha Oliveira Jocinez Nogueira Lima	
DOI 10.22533/at.ed.70120090717	
CAPÍTULO 18	237
O CÁLCULO CORRETO DOS EFEITOS DE SEGUNDA ORDEM EM ESTRUTURAS DE EDIFÍCIO DE CONCRETO ARMADO	
Antonio Oscar Cavalcanti da Fonte Felipe Luna Freire da Fonte Ennes do Rio Abreu	
DOI 10.22533/at.ed.70120090718	

CAPÍTULO 19	251
REFORÇO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO COM PRF: UM ESTUDO DE CASO	
Elisson Bilheiro Ferreira Filho	
Ruan Richelly Santos	
Letícia Ikeda Castrillon Fernandez	
Diôgo Silva de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.70120090719	
CAPÍTULO 20	270
CAPACIDADE DE ANCORAGEM DE CONECTORES COM CABEÇA EM CONEXÕES VIGA-PILAR DE CONCRETO ARMADO	
Nataniel Wontoon Barbosa Lima	
Ana Paula Bona Barros Medeiros	
Guilherme Oití Berbert-Born	
João Gabriel Pacheco Monteiro	
Marcos Honorato de Oliveira	
Maurício Ferreira de Pina	
DOI 10.22533/at.ed.70120090720	
CAPÍTULO 21	285
ESTUDO DA DOSAGEM DE CONCRETO AUTOADENSÁVEL REFORÇADO COM FIBRAS ADOTANDO O MÉTODO DO EMPACOTAMENTO COMPRESSÍVEL (MEC)	
Matheus Galvão Cardoso	
Rodrigo de Melo Lameiras	
DOI 10.22533/at.ed.70120090721	
CAPÍTULO 22	301
IDENTIFICAÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM FACHADAS DE EDIFICAÇÕES HISTÓRICAS	
Tauhana Eineck	
Diogo Rodrigues	
Patrícia Dalla Lana Michel	
DOI 10.22533/at.ed.70120090722	
CAPÍTULO 23	305
UMA ABORDAGEM SOBRE A CARACTERIZAÇÃO DOS SOLOS LATERÍTICOS APLICADOS À PAVIMENTAÇÃO	
Lettycia Pinheiro da Silva	
Lázaro Fernandes Pereira	
Beatriz Almeida Nascimento	
Lívia Ramos Lima	
Roseli Oliveira Guedes Martins	
DOI 10.22533/at.ed.70120090723	
SOBRE OS ORGANIZADORES	307
ÍNDICE REMISSIVO	308

AVALIAÇÃO DO ATRITO DE INTERFACE ENTRE BLOCOS DE EPS E DIFERENTE SOLOS E GEOSSINTÉTICOS ATRAVÉS DO CISALHAMENTO DIRETO

Data de aceite: 01/06/2020

Data de submissão: 08/03/2020

Arthur Ivo Zuquim

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

São Paulo - SP

<https://www.linkedin.com/in/arthur-ivo-zuquim-6143bb194/>

RESUMO: Este artigo tem como objetivo apresentar valores de ângulo de atrito de interface entre blocos de poliestireno expandido (EPS) de diferentes densidades com materiais comuns no uso em obras de geotecnia, como areia, silte arenoso, geomembrana, argamassa e geotêxtil, utilizando tensões normais comuns na utilização desse material em campo. Tal estudo foi realizado devido à falta de dados acerca do assunto, e a dificuldade de unir dados de diferentes estudos em um lugar só, criando assim uma base de dados sólida para futuros estudos e usos do EPS em obras de aterros. Além disso este estudo realizado complementa estudos anteriores sobre a utilização do EPS.

PALAVRAS-CHAVE: Cisalhamento direto, EPS, poliestireno expandido, solos, geossintéticos

EVALUATION OF THE INTERFACE FRICTION BETWEEN GEOFOAM AND DIFFERENT SOILS AND GEOSYNTHETICS THROUGH DIRECT SHEAR

ABSTRACT: This work have the object to presente the interface friction angle between expanded polystyrene blocks (geofoam) of diferente densities with common materials in geotechnical , such as sand, Sandy silt, geomembrane, concrete paste and geotextile, using normal stresses common in embankment construction. This study was conducted due to lack of information about the subject, and the difficulty of finding academic texts in one place, thus creating a solid database for future studies and EPS application. In addition, this study complements previuos studies about the uses of EPS.

KEYWORDS: Shearing test, EPS, geofoam, soil, geosynthetic

1 | INTRODUÇÃO

Obras de terra como taludes e aterros são realizados a milhares de anos com o objetivo de proporcionar uma melhoria nas condições de vida de uma população, com base nisso o

estudo de métodos e materiais para construir taludes e aterros de uma forma mais rápida e eficiente tem evoluído, focados em melhorar a qualidade do solo e utilizar materiais de reforço. Porém todas as soluções propostas demandam grande tempo de execução, muita mão de obra e utilização de maquinário pesado para realizá-las.

Novas tecnologias têm se mostrado eficientes para realizar obras de aterro e de taludes, principalmente quando se trata de solos moles, substituindo parte do solo por EPS (Poliestireno expandido) mantendo as propriedades de um aterro feito de solo, porém muito mais leve, já que o EPS apresenta densidade de ordem 100 vezes menor que um solo.

Diversos autores estudaram métodos de construção de aterros em solos moles. STARK (2004) estudou um método de construção de aterros leves utilizando EPS, que apresentou uma solução eficiente a um baixo custo, além do material ser facilmente cortado em diversos tamanhos e formas para diferentes projetos.

Avesani Neto (2008) também estudou o EPS como solução para aterros em solos moles e cita diversas vantagens como:

- Valor de massa específica igual à cerca de 1% da do solo (entre 10 e 30 kg/m³);
- Elevada resistência mecânica apesar da baixa massa específica;
- Baixa absorção de água;
- Simplicidade de manuseio e movimentação;
- Resistente quimicamente a maioria dos compostos e materiais usados correntemente na construção civil;
- Apresenta elevada vida útil;
- Não utiliza CFC ou qualquer outro gás nocivo a camada de ozônio;
- Versatilidade, podendo ser moldado em diferentes formas e dimensões;
- Não constitui substrato para fungos e outros micro-organismos, nem serve de fonte de alimento para roedores;
- Não é solúvel em água;

Sendo assim, é possível notar que o uso de EPS para construção de aterros de solos moles se mostra como uma solução eficiente. Porém, devido à grande variação de materiais utilizados em obras desse tipo, como solos e geossintéticos, uma avaliação melhor da relação do atrito do EPS com esses materiais se torna importante para garantir maior segurança e eficiência na obra e esse é o foco desse trabalho.

2 | OBJETIVOS

O objetivo desse trabalho é analisar ângulo de atrito de blocos de EPS quando submetido a esforços de cisalhamento entre ele e outros materiais comuns em obras de

terra, como areia, silte, geomembranas, geotêxteis, argamassa e o próprio EPS e os fatores que podem influenciar uma mudança nesse ângulo de atrito. Obter a eficiência de atrito de interface (λ e η) por meio dos ensaios entre EPS – Solos, geotêxtil, geomembranas e argamassas, além de analisar e avaliar as condições, magnitudes e fatores de influência de parâmetros de resistência de interface, como tamanho, densidade e tipo de material.

3 | RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO

A resistência ao cisalhamento de um solo pode ser definida como a máxima tensão de cisalhamento que o solo pode suportar sem sofrer ruptura, ou a tensão de cisalhamento do solo no plano em que a ruptura estiver ocorrendo (PINTO, 2006). Os principais fatores responsáveis pela resistência ao cisalhamento são o atrito e a coesão dos materiais.

Atrito: A resistência por atrito entre partículas pode ser simplificada demonstrada como um problema de deslizamento de um corpo sobre uma superfície plana horizontal, como esquematizado na Figura 18. Sendo N a força normal do corpo, T a força necessária para fazer o corpo deslizar e f o coeficiente de atrito. As forças N e T se relacionam pela seguinte equação:

$$T = N.tg\varphi$$

De acordo com Pinto (2006) o ângulo φ , chamado de ângulo de atrito, pode ser entendido, também, como o ângulo máximo que a força transmitida pelo corpo à superfície pode fazer com a normal ao plano de contato sem que ocorra deslizamento. Ele ainda afirma que esse ângulo independe da área de contato, logo, a resistência ao deslizamento é diretamente proporcional à tensão normal, podendo ser representada como uma linha reta.

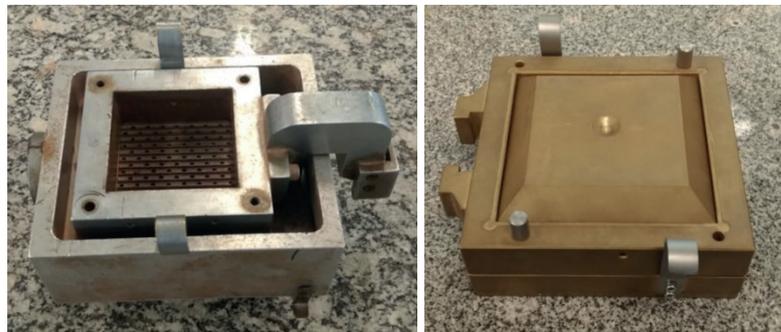
Coesão: Em Pinto (2006) é afirmado que a resistência do solo se dá essencialmente pelo atrito, contudo, a atração química entre as partículas pode gerar uma resistência independente da tensão normal atuante sobre o plano, chamando-a de coesão real.

Definidos os fatores atuantes nos solos, pode-se escrever, por uma analogia ao critério de Mohr-Coulomb, a resistência a cisalhamento do solo, dada por:

$$\tau = c + \sigma.tan\varphi$$

4 | MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização dos ensaios de cisalhamento de caixa fixa foram empregadas duas caixas com diferentes dimensões para avaliação da influência desse parâmetro, a saber: caixa de 6x6cm e de 10x10cm, ambas presentes no Laboratório de Mecânica dos Solos (LMS) do Departamento de Engenharia de Estruturas e Geotécnia (PEF) da Escola Politécnica da USP.



Caixa de cisalhamento de 6x6 cm – LMS (esquerda). Caixa de cisalhamento 10x10 cm – LMS (direita).

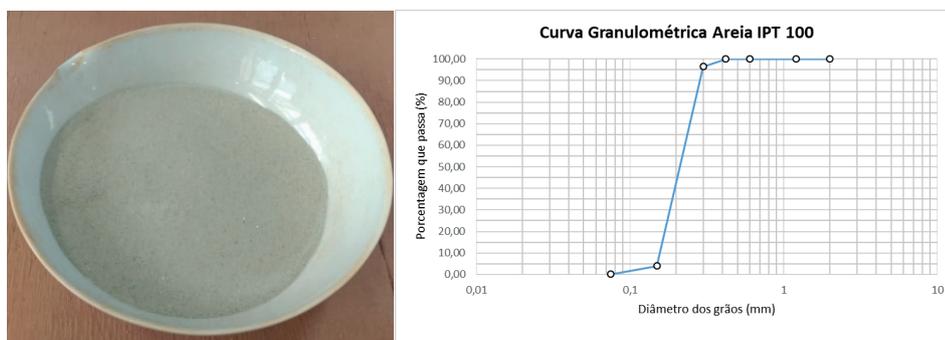
Os ensaios foram realizados em 8 minutos, com velocidade de 1mm/min, para materiais secos. Para materiais úmidos, como o silte-arenoso utilizado, que necessita de mais tempo para expulsar a água e não gerar pressões neutras, foi feito o teste em 30 minutos (velocidade de 0,27mm/min). Para todos os testes foi deixado 2 minutos para adensamento da amostra, segundo a norma ASTM D3080. As tensões de confinamento foram definidas com base em carregamentos comuns feitos em obras, são elas 12,5, 25 e 50 kPa, que correspondem a uma camada de solo de 0,625m, 1,25m e 2,5m, respectivamente.

Na pesquisa foram utilizados os EPS denominados 15 (15 kg/m³), 18 (18 kg/m³), 22 (22 kg/m³), e 29 (29 kg/m³), Os EPS utilizados eram de classe F, que são retardadores de chamas.

Os materiais ensaiados com a interface do EPS foram, os próprios EPS, um solo arenoso de granulometria média e padronizada, denominada Areia IPT 100 (Solo 1), um silte arenoso (Solo 2), um tipo de geomembrana, um geotêxtil não tecido e uma argamassa com pelo menos 25 MPa de resistência.

Solo 1 – Areia IPT 100

Analisando visualmente o solo 1 e realizando uma classificação tátil visual é possível notar que se trata de um solo arenoso, com coloração acinzentada. A curva granulométrica está representada a seguir, sendo o ensaio executado conforme a ABNT NBR 7181.



Areia IPT 100 e sua curva granulométrica.

O ensaio de granulometria foi realizado com um agitador mecânico presente no laboratório e cujas peneiras foram montadas em ordem decrescente de numeração ASTM. As peneiras utilizadas neste ensaio estão a seguir.

Abertura (mm)	4,8	2	1,2	0,6	0,425	0,3	0,15	0,075
Número ASTM	4	10	16	30	40	50	100	200

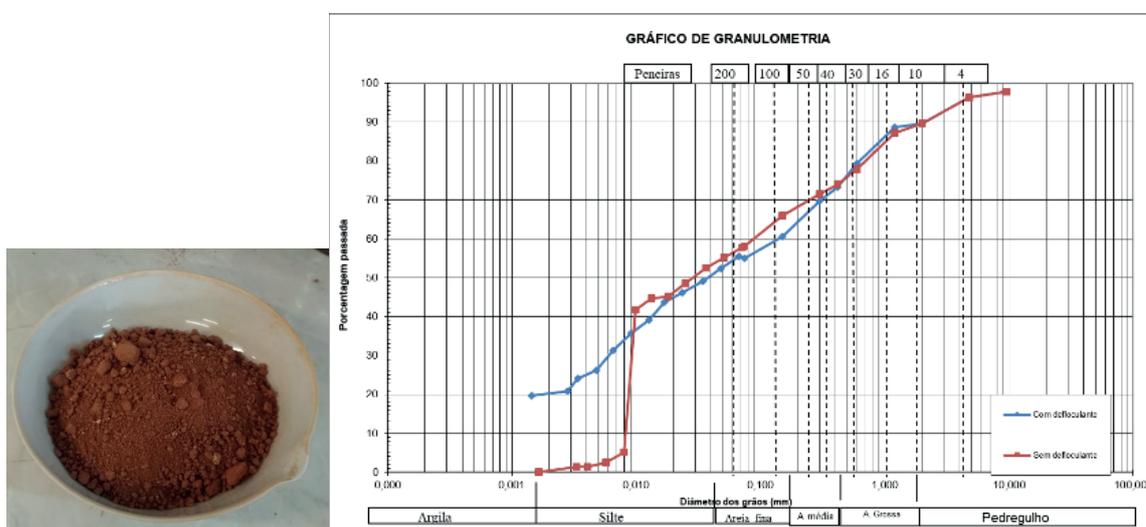
Abertura das peneiras empregadas.

O Solo 1 foi classificado como SP (areia mal graduada com poucos finos) pela Classificação Unificada e A3 pela classificação HBR, tendo ainda propriedades de massa específica de grãos de $2,63 \text{ g/cm}^3$, e_{min} de 0,86 e $e_{\text{máx}}$ de 1,08.

Solo 2 – Silte arenoso

Realizando uma investigação tátil e visual do Solo 2 foi possível classifica-lo como um silte arenoso com argila. Visualmente o solo tem granulometria distinta, possuindo uma fração muito fina e outra grossa, com torrões consolidados em sua forma/umidade natural.

Para obter a granulometria desse material com base na norma ABNT NBR 7181, foram feitos dois procedimentos diferentes. No primeiro o material foi dividido em duas partes, uma apenas com os finos e outra com o material mais grosso. Para realizar a sedimentação do material fino foi utilizado um agente defloculante (hexametáfosfato), permitindo identificar as partes mais finas do material, em seguida foram peneirados os materiais grossos e finos para obter a granulometria do Solo 2. No segundo procedimento, as etapas foram as mesmas, porém não foi utilizado o defloculante. O resultado da granulometria do solo 2 pode ser observado a seguir.



Silte arenoso e sua curva granulométrica com (azul) e sem o defloculante (vermelho).

A análise com o defloculante permitiu identificar melhor o material fino do solo. Pela análise da curva granulométrica, observa-se que sua composição é de, aproximadamente, 3% pedregulho, 41% de areia, 38,5% de silte e 17,5% de argila. Temos uma maior fração de finos nesse material e apenas observando a curva granulométrica podemos classificá-lo como um silte arenoso.

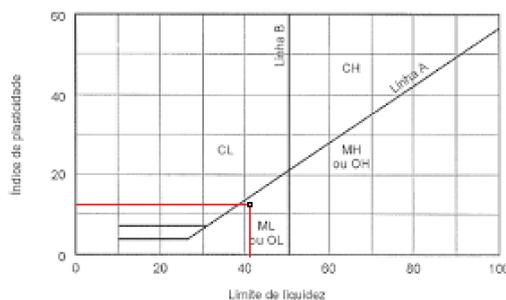
Utilizando as classificações, unificada e HBR. Para analisar solos com predominância de finos, exigem que se conheça o Limite de Liquidez (LL) e o Índice de Plasticidade (IP) do solo. Sendo assim, realizaram-se ensaios segundo as normas NBR e NBR 7180, utilizando os equipamentos das figuras a seguir.

O solo estudado apresentou Limite de liquidez = 40,50%, Limite de Plasticidade = 28,06% e Índice de Plasticidade = 12,44%.



Aparelho de Casagrande utilizado para obtenção do Limite de Liquidez (esquerda) e material para obtenção do Limite de plasticidade (direita).

De acordo com a classificação unificada proposta por Casagrande, é possível identificar esse solo como do tipo ML (silte de baixa compressibilidade).



Carta de plasticidade (PINTO, 2006 – adaptado).

Utilizando a classificação HBR, tem-se que este solo é do tipo A6, ou seja, um solo argiloso com comportamento geral no subleito de fraco a pobre. Contudo, como foi observado nas duas demais classificações, este solo consiste em um silte, predominantemente.

Classificação Geral	Materiais granulares (35% ou menos passando na peneira nº 200)							Materiais siltosos e argilosos (mais de 35% passando na peneira nº 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5 / A-7-6
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
Peneiração: % que passa: Nº 10 Nº 40 Nº 200 (p)	50 máx. 30 máx. 15 máx.	50 máx. 25 máx.	51 mín. 10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Características da fração que passa nº 40											
Limite de Liquidez - LL (%)				40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de Plasticidade IP (%)	6 máx.		NP	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Índice de Grupo	0		0	0		4 máx.		8 máx.	12 máx.	16 máx.	20 máx.
Materiais que predominam	Pedra Britada pedregulho e areia		Areia fina	Areia e areia silosa ou argilosa				Solos Siltosos		Solos argilosos	
Comportamento geral como subleito	Excelente a bom							Fraco a pobre			

Classificação HBR (PINTO, 2006).

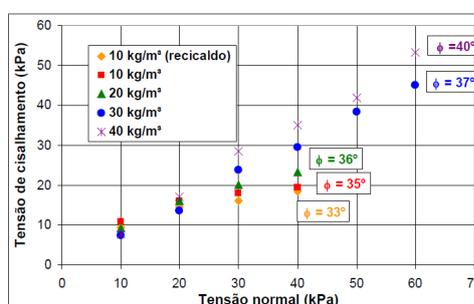
A massa específica de grãos (ABNT NBR 6508: 1984) foi obtida como 2,67 g/cm³ e sua umidade no momento da realização do ensaio de cisalhamento foi de 14,6%, umidade ótima (foi adicionada água no solo para atingir essa umidade).

Esse valor da umidade ótima foi atingido pelo ensaio de Proctor Normal (ABNT NBR 7182: 2016) que além dessa, determinou a densidade seca máxima deste solo, 1,74 g/cm³, na curva de compactação.

5 | ESTUDOS ANTERIORES

5.1 Resistência ao cisalhamento de interface entre blocos de EPS

Ensaio de cisalhamento direto já foram realizados por muitos autores, entre eles Avesani Neto (2008) que obteve resultados mostrando a influência da densidade do EPS no ângulo de atrito. Seus resultados mostram um aumento no ângulo de atrito de interface com o aumento da densidade do material, além disso foi observado um ângulo de atrito elevado, atingindo 40° para o EPS mais denso. Já STARK (2004), determinou valores um pouco menores para o ângulo de atrito, por volta de 32 graus.



Envoltórias de pico das amostras ensaiadas no cisalhamento direto da junta Avesani Neto (2008).

5.2 Resistência ao cisalhamento de interface entre blocos de EPS e solos

O ensaio com solos apresenta grande variabilidade devido aos diversos fatores que influenciam o tipo de solo, como granulometria, formato dos grãos, umidade e coesão,

além da metodologia adotada para realizar cada ensaio. Ainda assim é possível encontrar algumas referências como, em STARK (2004) foram realizados ensaios de cisalhamento de interface entre o EPS e um tipo de areia que apresentava coeficiente de atrito $\mu = 0,5$, equivalente a 27 graus.

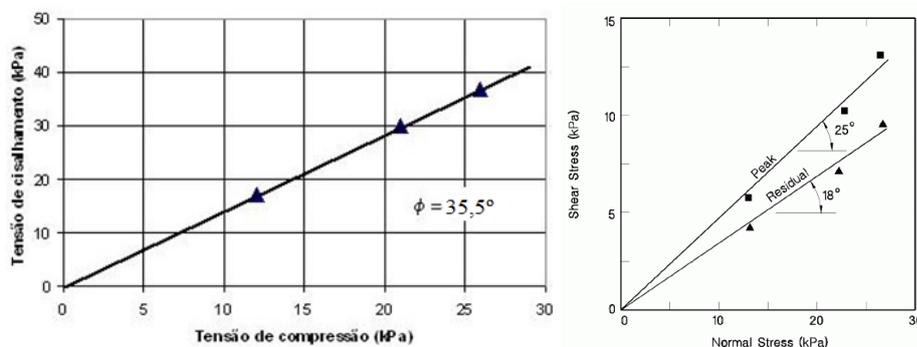
No ensaio com o EPS foi obtido um ângulo de atrito de interface de 33 graus. A conclusão foi adotar que o ângulo de atrito da areia com o EPS foi entre 27 e 33 graus, próximo do ângulo de atrito da própria areia.

V.C. Xenaki and G.A. Athanasopoulos (2001), também realizaram ensaios de cisalhamento direto do EPS com areia, eles utilizaram dois tipos de areias (areia de Ottawa e areia de praia) no estado fofo e compactado. Os resultados obtidos foram ângulos de atrito de 27° no ensaio da areia de Ottawa e 30° nos ensaios realizados com a areia de praia.

5.3 Resistência ao cisalhamento de interface entre blocos de EPS e outros materiais

O atrito do EPS com outros materiais tem sido estudado por outros autores.

Em STARK (2004) foi realizado o ensaio de cisalhamento de interface do EPS com uma geomembrana de PEAD e com um geotêxtil, utilizando três diferentes tensões normais. As figuras a seguir mostram os resultados destes ensaios.



Envoltória do ensaio de cisalhamento do contato entre amostras de EPS e de geomembrana de PEAD (STARK 2004 - alterado), a esquerda. Envoltória do ensaio de cisalhamento do contato entre amostras de EPS e de geotêxtil (STARK 2004), a direita.

6 | RESULTADOS

6.1 Ângulos de atrito de interface entre blocos de EPS e solos

Nos ensaios de cisalhamento de interface entre EPS e os solos, além do ângulo de atrito de pico e pós-pico, foram calculadas a eficiência do material em relação ao ângulo de atrito de interface dos solos (η_s) e em relação ao ângulo de atrito de interface do EPS (η_e).

Ensaio 6x6	ϕ pico	ϕ pós-pico	ϕ pós-pico / ϕ pico	Eficiência Solo (η_s)	Eficiência EPS (η_e)
15 - Silte	40,83	40,69	1,00	97%	96%
18 - Silte	40,27	40,27	1,00	95%	91%
22 - Silte	39,33	39,33	1,00	93%	92%
29 - Silte	36,92	36,92	1,00	87%	89%
15 - Areia	41,65	33,48	0,80	123%	98%
18 - Areia	40,37	32,58	0,81	120%	91%
22 - Areia	43,0	35,29	0,82	128%	100%
29 - Areia	44,69	36,87	0,83	133%	107%

Resultados do ensaio de cisalhamento direto entre EPS e os solos 1 e 2, na caixa de cisalhamento 6x6 cm.

Ensaio 10x10	ϕ pico	ϕ pós-pico	ϕ pós-pico / ϕ pico	Eficiência Solo (η_s)	Eficiência EPS (η_e)
18 - Silte	37,33	35,13	0,94	98%	98%
29 - Silte	34,90	31,20	0,89	92%	73%
18 - Areia	37,70	36,54	0,97	84%	99%
29 - Areia	41,11	36,42	0,89	91%	86%

Resultados do ensaio de cisalhamento direto entre EPS e os solos 1 e 2, na caixa de cisalhamento 10x10 cm.

A densidade do EPS utilizado tem grande influência na eficiência do ensaio, com esses resultados é possível notar que o material de estudo apresenta uma boa resistência ao cisalhamento com a areia apresentando valores no ângulo de atrito próximos a 35°, o silte arenoso apresentou ângulo de atrito próximo de 40°, diminuindo em ensaios com EPS de maior densidade. A maioria dos ângulos de atrito encontrados estão acima do que foi encontrado na literatura, provavelmente isso se deve ao efeito escala, mesmo utilizando amostras de duas dimensões diferentes (6x6 cm e 10x10cm), ambas ainda são consideradas pequenas, gerando apenas uma aproximação das situações reais utilizadas em campo.

A eficiência dos materiais foi feita comparando o ângulo de atrito de interface do próprio material, com o ângulo de atrito de interface do EPS e do material. Assim é possível concluir que ao utilizar o EPS com areias obtemos um aumento na eficiência em relação a ambos os materiais ao aumentar a densidade do EPS, em alguns casos o ângulo de atrito chega até a ultrapassar o ângulo de atrito de interface do próprio material. Ao se utilizar um silte observamos um caso diferente, ao se aumentar a densidade do EPS utilizado ocorre uma diminuição da eficiência tanto em relação ao EPS quanto ao solo, outro fator importante na avaliação do silte arenoso é a Eficiência da coesão (E_c), que apresentou uma grande queda do ensaio com o próprio silte arenoso para o ensaio de interface entre o silte arenoso e o EPS, essa queda de eficiência ultrapassou 90% do valor inicial de coesão no solo.

É possível notar nos ensaios na caixa de cisalhamento de 6x6 cm que para o silte não

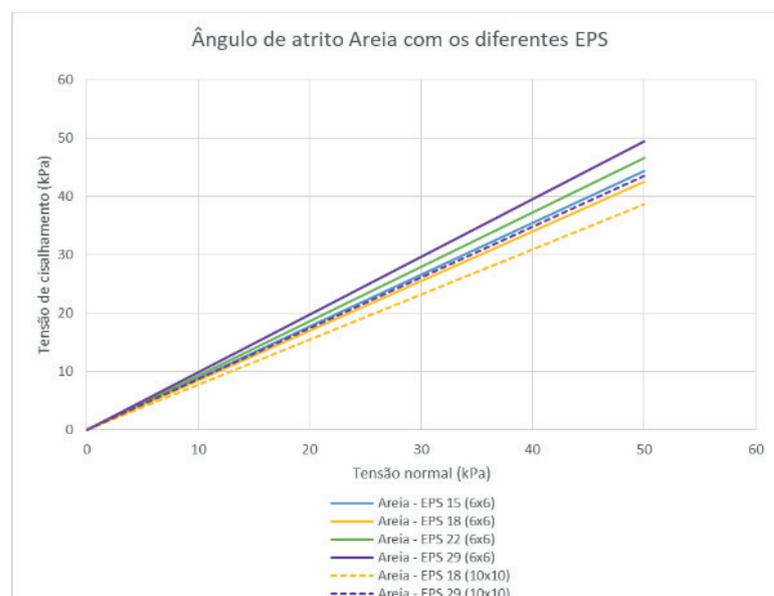
houve diferença entre o ângulo de atrito de pico e pós-pico para 8mm de deslocamento, o que leva a possibilidade de ter a resistência de pico igual a resistência residual desse material. Com as areias temos uma queda da resistência de pico para a de pós-pico de aproximadamente 20%, sendo menor essa diferença quanto mais denso o EPS utilizado no ensaio.

Após os ensaios foi possível notar que o solo utilizado no ensaio de cisalhamento direto influencia no ângulo de atrito de interface, devido aos tamanhos de grãos variados, que interagem de formas diferentes com os grãos de poliestireno expandido do EPS, os grãos de areia por exemplo não apresentam coesão e possuem granulometria suficientemente pequena para entrar entre os grãos de poliestireno e elevarem o ângulo de atrito, já o silte arenoso, que é um material mais fino e coesivo criou uma superfície lisa quando compactado interagindo menos com os grãos de poliestireno, diminuindo o ângulo de atrito de interface.

Para analisar o efeito escala no EPS, foram utilizados apenas os EPS 18 e o EPS 29. Os resultados do cisalhamento no silte arenoso e do EPS18 apresentaram uma queda com o aumento das dimensões da amostra, como o esperado. A argamassa e o EPS 29 apresentaram um ângulo de atrito próximo nas duas dimensões ensaiadas. A areia apresentou um aumento significativo do ângulo de atrito com o aumento das dimensões da amostra.

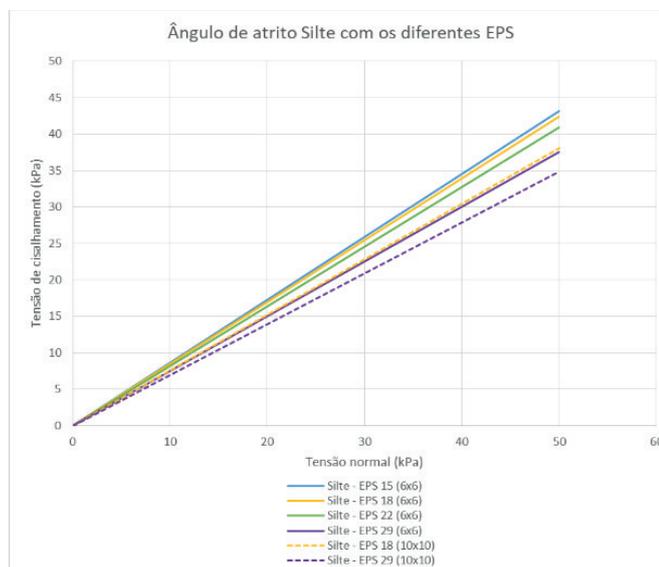
Os valores dos ângulos de atrito dos solos condizem com valores utilizados usualmente na literatura como pode ser observado na obra de Carlos Pinto (2006), os ângulos de atrito do EPS apresentaram valores um pouco acima dos encontrados por Avesani Neto (2008).

A diminuição do ângulo de atrito também era esperada para o aumento da dimensão das amostras.



Comparação do ângulo de atrito dos EPS de diferentes densidades com a Areia.

É possível observar que o aumento da densidade do EPS leva a um aumento do ângulo de atrito de interface com a areia, tal fato ocorre devido ao aumento da densidade do EPS, que apresenta menores espaços entre os grãos de poliestireno expandido levando a uma melhor acomodação e imbricamento dos grãos de areia.



Comparação do ângulo de atrito dos EPS de diferentes densidades com o Silte.

Observando os ângulos de atrito de interface dos EPS de diferentes densidades e o silte, é possível concluir que o aumento da densidade do EPS levou a uma diminuição do ângulo de atrito, tal fato pode ser explicado pelas próprias características do silte, que apresenta grãos mais finos e uma coesão entre os grãos, além do fato dele ser ensaiado com grau de compactação próximo de 100%, o que tornou sua superfície mais regular, levando a menos interferências quando em contato com as superfícies mais fechadas dos EPS de maior densidade.

6.2 Ângulos de atrito de interface entre blocos de EPS e a argamassa.

A argamassa possui uma superfície regular, porém rugosa, devido a areia utilizada para sua produção. Essa rugosidade pode interagir de maneiras diferentes com os grãos de poliestireno expandido dos EPS de diferentes densidades. Nos ensaios de cisalhamento direto entre o EPS e a argamassa foram calculados além do ângulo de atrito de pico e pós-pico a eficiência do ângulo de atrito de interface dos materiais em relação ao ângulo de atrito de interface da argamassa (η_s) e do EPS (η_e).

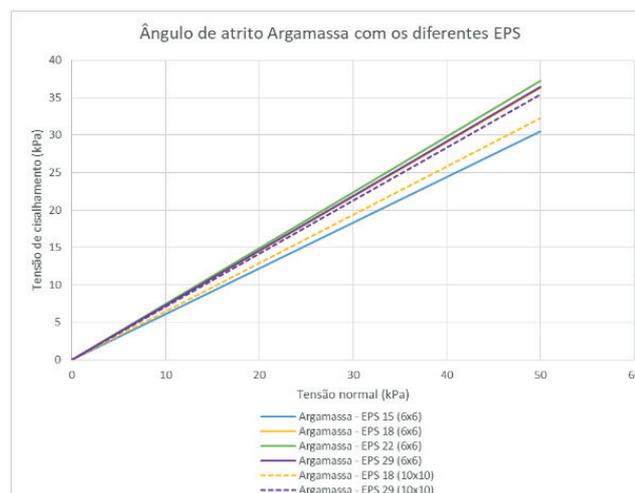
Ensaio 6x6	ϕ pico	ϕ pós-pico	ϕ pós-pico / ϕ pico	Eficiencia Solo (η_s)	Eficiencia EPS (η_e)
15 - Argamassa	31,4	30,67	0,98	131%	74%
18 - Argamassa	35,99	35,22	0,98	150%	81%
22 - Argamassa	36,66	34,61	0,94	153%	86%
29 - Argamassa	36,1	31,08	0,86	150%	87%

Resultados do cisalhamento direto entre EPS e pasta de cimento caixa de 6x6cm.

Ensaio 10x10	ϕ pico	ϕ pós-pico	ϕ pós-pico / ϕ pico	Eficiencia Solo (η_s)	Eficiencia EPS (η_e)
18 - Argamassa	32,81	32,16	0,98	121%	86%
29 - Argamassa	35,30	32,59	0,92	130%	74%

Resultados do cisalhamento direto entre EPS e pasta de cimento caixa de 10x10cm.

A argamassa apresentou ângulos de atrito um pouco acima de 30° sendo possível concluir que ao utilizar o EPS com argamassas obtemos um aumento na eficiência em relação a ambos os materiais ao aumentar a densidade do EPS, em alguns casos o ângulo de atrito chega até a ultrapassar o ângulo de atrito de interface do próprio material. Os valores dos ângulos de atrito da argamassa condizem com valores utilizados usualmente na literatura como pode ser observado na obra de Carlos Pinto (2006). Observando os resultados obtidos podemos notar uma queda do ângulo de atrito de pico com o aumento das dimensões. Na figura a seguir temos os resultados da interação de cada EPS com a argamassa.



Comparação do ângulo de atrito dos EPS de diferentes densidades com a Argamassa.

Dos ensaios com a argamassa foi possível concluir que os EPS atingiram ângulos de atrito muito próximos, com exceção do EPS 15 que apresentou um resultado um pouco mais baixo. Sendo assim não foi possível identificar uma diferença significativa no ângulo de atrito de interface, com a utilização de EPS de diferentes densidades.

Foi possível observar também uma diminuição na relação ϕ pós-pico/ ϕ pico com o aumento da densidade do EPS.

6.3 Ângulos de atrito de interface entre blocos de EPS e outros geossintéticos.

Os geossintéticos utilizados na pesquisa foram a Geomembrana de PEAD e o geotêxtil não tecido, o primeiro apresentava uma superfície bem lisa, já o segundo tinha uma superfície mais irregular.

Ensaio 6x6	ϕ pico	ϕ pós-pico	ϕ pós-pico / ϕ pico	Eficiência EPS (η)
15 - Geomembrana	22,55	18,65	0,83	53%
18 - Geomembrana	21,86	18,59	0,85	50%
22 - Geomembrana	18,92	17,13	0,91	44%
29 - Geomembrana	21,4	19,13	0,89	51%
15 - Geotêxtil	27,2	27,06	0,99	64%
18 - Geotêxtil	32,05	31,98	1,00	73%
22 - Geotêxtil	30,04	29,45	0,98	70%
29 - Geotêxtil	25,1	24,97	0,99	60%

Resultados do ensaio de cisalhamento direto entre EPS e os geossintéticos na caixa de cisalhamento 6x6 cm.

Ensaio 10x10	ϕ pico	ϕ pós-pico	ϕ pós-pico / ϕ pico	Eficiência EPS (η)
18 - Geomembrana	19,03	17,35	0,91	50%
29 - Geomembrana	21,94	20,36	0,93	46%
18 - Geotêxtil	30,00	29,40	0,98	79%
29 - Geotêxtil	35,33	33,66	0,95	74%

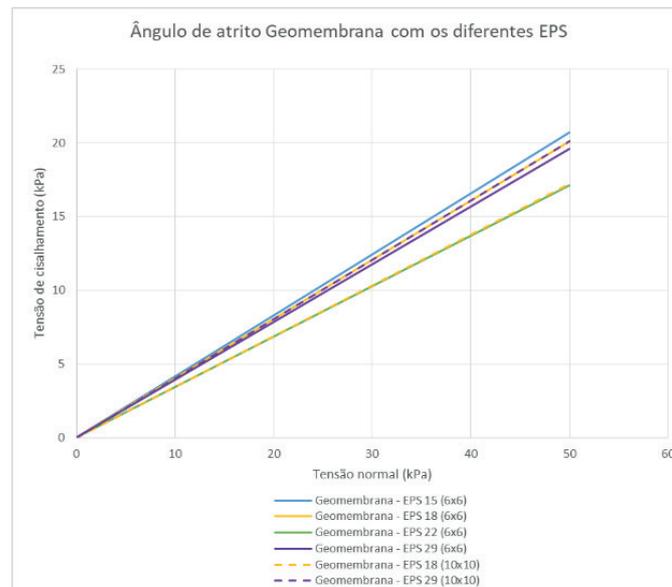
Resultados do ensaio de cisalhamento direto entre EPS e os geossintéticos na caixa de cisalhamento 10x10 cm.

O geotêxtil apresentou ângulos de atrito um pouco abaixo dos 30° e a geomembrana (material muito liso) apresentou ângulo de atrito próximo de 20°. A eficiência da geomembrana não apresentou muita variação, e manteve uma eficiência em torno de 50% em relação a todos os EPS utilizados, inclusive nos ensaios com maiores dimensões. O geotêxtil, nos ensaios em maior escala (10cm) apresentou eficiência em torno de 80%, sem muitas variações, porém nos ensaios em menor escala (6cm) sua eficiência variou entre 60% e 73%, com os EPS 18 e 22 apresentando as maiores eficiências, 73% e 70%, respectivamente.

Como nos ensaios de ambos os materiais os valores do ângulo de atrito de pico foram próximos, para as duas dimensões de caixa de cisalhamento, não foi possível observar a ocorrência do efeito escala.

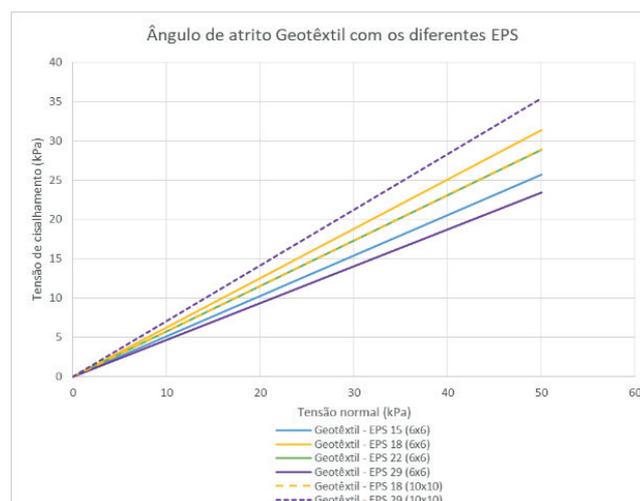
Os grãos de poliestireno expandido apresentam diferentes dimensões em EPS de diferentes densidades, essa diferença pode gerar ângulos de atrito diferente quando

em contato com os geossintéticos. Nas figuras a seguir podemos ver os resultados dos ensaios.



Comparação do ângulo de atrito dos EPS de diferentes densidades com a Geomembrana.

A geomembrana é uma superfície muito lisa, o que levou a um ângulo de atrito baixo com o EPS. Comparando as diferentes densidades de EPS na interface com a geomembrana foi observada uma pequena queda no ângulo de atrito para os EPS mais densos (EPS 22 e 29), o que pode ser explicado pela menor quantidade de vazios entre os grãos de poliestireno expandido e uma menor deformação dos blocos de EPS.



Comparação do ângulo de atrito dos EPS de diferentes densidades com o Geotêxtil.

Nos ensaios com o geotêxtil, o EPS 6F (29kg/m³) apresentou uma variação fora do normal para os ensaios, sendo assim com um foco maior nos outros EPS, foi possível notar um aumento no ângulo de atrito de interface para os EPS 18 e 22

7 | CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo analisar o comportamento do EPS em contato com diversos materiais comuns em obras de geotecnia, para isso foram realizados diversos ensaios de cisalhamento direto entre os diversos materiais, utilizando duas caixas de cisalhamento de tamanho distintos, e reproduzindo condições encontradas em campo nos ensaios, assim foi possível estabelecer uma relação entre os dados dos ângulos de atrito obtidos e sua eficiência diante do EPS e dos próprios materiais ensaiados, tendo os resultados apresentados anteriormente, foi possível realizar as seguintes conclusões:

- Os blocos de EPS apresentam alto valor do ângulo de atrito de interface;
- O cisalhamento entre blocos de EPS e solos, como areia e siltes arenosos, apresenta alto valor do ângulo de atrito de pico e residual;
- O cisalhamento entre blocos de EPS e a argamassa atingiu valores de ângulo de atrito um pouco acima de 30°;
- O cisalhamento entre blocos de EPS e o geotêxtil não tecido e a geomembrana apresentou baixos ângulos de atrito de interface, abaixo de 30°, chegando a 20° no caso da geomembrana;
- A dimensão das amostras também se mostrou importante, pois o aumento da amostra apresentou uma queda no ângulo de atrito dos materiais;
- A eficiência do ângulo de atrito em relação aos solos 1 e 2 e em relação a argamassa foi elevada, ultrapassando o próprio ângulo de atrito de interface desses materiais.
- A eficiência do ângulo de atrito em relação aos EPS foi elevada, atingindo valores acima de 80% para a maioria dos materiais, ficando ao redor dos 70 % para o geotêxtil e 50% para a geomembrana, ambos materiais com superfícies muito lisas.

REFERÊNCIAS

ASTM D3080

Avesani Neto (2008). **Caracterização do comportamento geotécnico do EPS através de ensaios mecânicos e hidráulicos**. Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo.

NBR 7181:1984 – Solo – Análise Granulométrica.

NBR 7181:1984 – Solo – Ensaio de Compactação.

Pinto, C. S. (2006). **Curso Básico de Mecânica dos Solos – 3ª ed. Oficina de Textos**.

STARK, T. D.; ARELLANO, D.; HORVATH, J. S.; LSHCHINSKY, D. (2004). **Geofoam Applications in the Design and Construction of Highway Embankments**.

V.C. Xenaki and G.A. Athanasopoulos (2001). **Experimental investigation of the interaction mechanism at the eps geofoam-sand interface by direct shear testing**.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Aderência 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 10, 11, 12, 17, 18, 20, 42, 183, 276

Adições Minerais 38, 39, 49, 51, 55, 67, 81, 82, 90, 94

Aditivo 18, 19, 20, 21, 23, 24, 26, 27, 32, 33, 45, 46, 47, 74, 83, 105, 107, 108, 110, 112, 113, 114, 116, 119, 120, 125, 126, 127

Aditivo Plastificante 114, 116, 119, 120

Areia de Brita 13, 14, 16

Argamassas 3, 4, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 97, 105, 106, 107, 108, 109, 112, 113, 114, 116, 117, 119, 120, 126, 127, 130, 139, 206, 210

Argamassas Estabilizadas 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 25, 27, 28, 105, 106, 112, 113

Arquitetura 30, 31

C

Cal Hidratada 1, 5, 10

Chapisco 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12

Cisalhamento Direto 128, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 142

Colorido 30, 31, 32, 36, 37

Compósitos Cimentícios 68, 69, 71, 72, 73, 74, 75, 77, 78, 79

Concreto 3, 12, 13, 15, 18, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 72, 81, 82, 83, 84, 85, 87, 88, 89, 90, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 102, 103, 104, 113, 115, 116, 123, 127, 143, 144, 145, 146, 148, 149, 157, 158, 160, 161, 162, 163, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 176, 177, 178, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 204, 210, 211, 214, 217, 220, 221, 222, 223, 224, 227, 231, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 245, 250, 251, 252, 253, 255, 256, 257, 267, 269, 270, 271, 272, 273, 274, 275, 276, 277, 278, 279, 281, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 290, 296, 298, 299, 303, 304

Corrosão 38, 40, 42, 49, 50, 51, 53, 54, 66, 67, 303

D

Detergente Doméstico 114, 116, 119, 125, 127

E

EPS 128, 129, 130, 131, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 277

Escoramento 159, 160, 161, 162, 163, 168, 169

F

Fibras de Celulose 68, 71, 73, 78

G

Geossintéticos 128, 140, 141

I

Interação 55, 75, 76, 139, 143, 220, 250

Íon Cloreto 39, 42

L

Laje Pré-Moldada 159, 166, 168

M

Manifestações Patológicas 15, 51, 53, 223, 225, 226, 235, 301, 302, 303, 304

Metacaulim 11, 12, 50, 51, 52, 53, 55, 56, 60, 62, 64, 65, 66, 67

Método dos Elementos Finitos 143, 144

Migração de Íons 39, 43, 45

Módulo de Elasticidade 81, 83, 84, 85, 86, 87, 90, 91, 92, 93, 164, 198, 201, 207, 210, 211, 214, 217, 218, 239, 242, 276, 289

P

Patologias 39, 97, 222, 223, 234, 252

Permeabilidade 13, 14, 16, 17, 18, 21, 23, 27, 28, 39, 40, 51, 65, 66, 112, 125, 306

Poliestireno Expandido 128, 129, 137, 138, 140, 141

Procedimento 11, 37, 49, 93, 105, 108, 132, 157, 165, 172, 174, 175, 185, 204, 211, 226, 229, 284, 292, 295, 304

Programa Computacional 61, 143

R

Reforço 11, 50, 68, 69, 70, 71, 72, 74, 129, 232, 233, 236, 251, 252, 253, 255, 256, 257, 259, 261, 262, 263, 264, 265, 266, 267, 269, 272, 285, 288, 289, 304, 305

Rigidez à Torção 143, 144, 146, 148, 154, 155, 157

Rigidez Experimental 159, 167, 168

S

Sílica 12, 32, 33, 38, 39, 41, 42, 43, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 56, 81, 82, 83, 84, 85, 88, 89, 90, 91, 92, 93

Sílica Ativa 32, 33, 38, 39, 41, 42, 43, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 81, 82, 83, 84, 85, 89, 90, 92, 93
Solos 128, 129, 130, 133, 134, 135, 136, 137, 142, 305, 306

 **Atena**
Editora

2 0 2 0