

Ciências Exatas e da Terra e a Dimensão Adquirida através da Evolução Tecnológica

Jorge González Aguilera
Alan Mario Zuffo
(Organizadores)



Jorge González Aguilera

Alan Mario Zuffo

(Organizadores)

Ciências Exatas e da Terra e a Dimensão Adquirida através da Evolução Tecnológica

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Executiva: Prof^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Karine de Lima
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores

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

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^a Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof^a Dr^a Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof^a Dr^a Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof.^a Dr.^a Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
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. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
C569	<p>Ciências exatas e da terra e a dimensão adquirida através da evolução tecnológica [recurso eletrônico] / Organizadores Jorge González Aguilera, Alan Mario Zuffo. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Ciências Exatas e da Terra e a Dimensão Adquirida Através da Evolução Tecnológica; v. 1)</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-472-6 DOI 10.22533/at.ed.726191107</p> <p>1. Ciências exatas e da terra – Pesquisa – Brasil. 2. Tecnologia. I. Aguilera, Jorge González. II. Zuffo, Alan Mario</p> <p style="text-align: right;">CDD 509.81</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 “*Ciências Exatas e da Terra e a Dimensão Adquirida através da Evolução Tecnológica*” aborda uma publicação da Atena Editora, apresenta, em seus 22 capítulos, conhecimentos tecnológicos e aplicados as Ciências Exatas e da Terra.

Este volume dedicado à Ciência Exatas e da Terra traz uma variedade de artigos que mostram a evolução tecnológica que vem acontecendo nestas duas ciências, e como isso tem impactado a vários setores produtivos e de pesquisas. São abordados temas relacionados com a produção de conhecimento na área da matemática, química do solo, computação, geoprocessamento de dados, biodigestores, educação ambiental, manejo da água, entre outros temas. Estas aplicações visam contribuir no aumento do conhecimento gerado por instituições públicas e privadas no país.

Aos autores dos diversos capítulos, pela dedicação e esforços sem limites, que viabilizaram esta obra que retrata os recentes avanços científicos e tecnológicos nas Ciências Exatas e da Terra, os agradecimentos dos Organizadores e da Atena Editora.

Por fim, esperamos que este livro possa colaborar e instigar mais estudantes e pesquisadores na constante busca de novas tecnologias para a área da Física, Matemática, e na Agronomia e, assim, contribuir na procura de novas pesquisas e tecnologias que possam solucionar os problemas que enfrentamos no dia a dia.

Jorge González Aguilera
Alan Mario Zuffo

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
A EVOLUÇÃO DO LICENCIAMENTO AMBIENTAL EM MINAS GERAIS	
Marília Carvalho de Melo	
Alexandre Magrineli dos Reis	
Zuleika Stela Chiacchio Torquetti	
Germano Luís Gomes Vieira	
DOI 10.22533/at.ed.7261911071	
CAPÍTULO 2	11
ANÁLISE DA RADIAÇÃO SOLAR NOS MESES DE JANEIRO E FEVEREIRO POR MODELAGEM COMPUTACIONAL USANDO REDES NEURAIS ARTIFICIAIS	
Arini de Menezes Costa	
Neyla Danquá dos Ramos	
Antonio Alisson Pessoa Guimarães	
DOI 10.22533/at.ed.7261911072	
CAPÍTULO 3	24
ANÁLISE QUALITATIVA E PROVENIÊNCIA DOS MINERAIS PESADOS DA PRAIA DE MUITA ÁGUA, MUNICÍPIO DE IMBITUBA, LITORAL CENTRO-SUL DE SANTA CATARINA, SUL DO BRASIL	
Patrícia Tortora	
Luiz Felipe Poli Schramm	
Norberto Olmiro Horn Filho	
DOI 10.22533/at.ed.7261911073	
CAPÍTULO 4	38
APLICAÇÃO DO ESTUDO DE IMPACTO DE VIZINHANÇA (EIV) EM RONDONÓPOLIS/MT: DA OMISSÃO LEGISLATIVA AO PREJUÍZO AMBIENTAL COLETIVO	
José Adolfo Iriam Sturza	
Cristiano Nardes Pause	
DOI 10.22533/at.ed.7261911074	
CAPÍTULO 5	52
ATUALIZAÇÃO DE LIMITES POLÍTICO-ADMINISTRATIVOS:O CASO DOS ESTADOS DA BAHIA E SERGIPE	
Christiane Freitas Pinheiro de Jesus	
Nelson Wellausen Dias	
Fernanda dos Santos Lopes Cruz	
Acacia Maria Barros Souza	
José Henrique da Silva	
João Carlos Marques Silveira	
DOI 10.22533/at.ed.7261911075	
CAPÍTULO 6	61
AVALIAÇÃO FUNCIONAL DE TRECHOS DA RODOVIA RN-118	
Alisson Cabral Barreto	
Milany Karcia Santos Medeiros	
Alyne Karla Nogueira Osterne	
Ricardo Leandro Barros da Costa	
Lanna Celly da Silva Nazário	
DOI 10.22533/at.ed.7261911076	

CAPÍTULO 7 78

CARACTERIZAÇÃO DE UM SOLO TIPO MASSAPÊ PARA VERIFICAÇÃO DO SEU POTENCIAL EXPANSIVO

Larissa da Silva Oliveira
Stephanny Conceição Farias do Egito Costa

DOI 10.22533/at.ed.7261911077

CAPÍTULO 8 88

CARACTERIZAÇÃO E COMPOSIÇÃO DA ARGILA VERMELHA USADA EM TRATAMENTOS FACIAIS

Ana Paula Zenóbia Balduino
Michele Resende Machado
Mônica Rodrigues Ferreira Machado
Giovanni Cavichioli Petrucelli

DOI 10.22533/at.ed.7261911078

CAPÍTULO 9 93

CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL E MORFOLÓGICA DA HETEROJUNÇÃO $\text{SrTiO}_3/\text{TiO}_2$ OBTIDA POR METODO QUIMICO

Daniele Galvão de Freitas
Isabela Marcondelli Iani
Rafael Aparecido Ciola Amoresi
Ubirajara Coletto Junior
Chrystopher Allan Miranda Pereira
Alexandre Zirpoli Simões
Leinig Perazolli
Maria Aparecida Zaghete

DOI 10.22533/at.ed.7261911079

CAPÍTULO 10 106

CÉLULAS COMBUSTÍVEIS: UMA VISÃO TECNOLÓGICA SOBRE BIOGÁS

Débora da Silva Vilar
Milson dos Santos Barbosa
Isabelle Maria Duarte Gonzaga
Aline Resende Dória
Lays Ismerim Oliveira
Caio Vinícius da Silva Almeida
Dara Silva Santos
Luiz Fernando Romanholo Ferreira

DOI 10.22533/at.ed.72619110710

CAPÍTULO 11 121

COLAPSIBILIDADE DE UM PERFIL DE SOLO NÃO SATURADO

Roger Augusto Rodrigues
Alfredo Lopes Saab
Gustavo Tavernaro Tambelli

DOI 10.22533/at.ed.72619110711

CAPÍTULO 12 133

COMPARATIVO DE CUSTOS DIRETOS ENTRE PERFURAÇÃO DIRECIONAL HORIZONTAL E ABERTURA DE VALA PARA INSTALAÇÃO DE DUTOS

Milagros Alvarez Sanz
Yuri Daniel Jatobá Costa
Carina Maia Lins Costa
Gracianne Maria Azevedo do Patrocínio

DOI 10.22533/at.ed.72619110712

CAPÍTULO 13 147

CONCENTRAÇÃO DE FOSFATO NO IGARAPÉ DO MESTRE CHICO - MANAUS-AM

Mikaela Camacho Cardoso
Mauro Célio da Silveira Pio

DOI 10.22533/at.ed.72619110713

CAPÍTULO 14 156

DETERMINATION OF URANIUM AND THORIUM USING GAMMA SPECTROMETRY: A PILOT STUDY

Diango Manuel Montalván Olivares
Evelin Silva Koch
Maria Victoria Manso Guevara
Fermin Garcia Velasco

DOI 10.22533/at.ed.72619110714

CAPÍTULO 15 163

DINÂMICA SOCIOESPACIAL EM PEQUENAS CIDADES:A PAISAGEM GEOGRÁFICA DE OUVIDOR (GO)

Angélica Silvério Freires
Idelvone Mendes Ferreira

DOI 10.22533/at.ed.72619110715

CAPÍTULO 16 177

DIVERSIDADES DE CRITÉRIOS EM AVALIAÇÕES DE IMPACTOS AMBIENTAIS: CONSIDERAÇÕES SOBRE OS ESTUDOS SOCIOECONOMICOS

Giseli Dalla Nora
Patricia Regina Alves Palermo

DOI 10.22533/at.ed.72619110716

CAPÍTULO 17 184

EDUCAÇÃO AMBIENTAL PARA GESTORES PÚBLICOS: FORMAÇÃO PARA TOMADA DE DECISÕES

Mary Lúcia da Silva Ferreira Lima
Laura Rocha de Castro
Marina Marques Gimenez
Ronei Pacheco de Oliveira
Amanda Baldochi Souza

DOI 10.22533/at.ed.72619110717

CAPÍTULO 18	190
ESTUDO DA TÉCNICA DE MELHORAMENTO DE SOLOS MOLES COM COLUNAS DE BRITA EM UM TRECHO DO SISTEMA VIÁRIO DO CENTRO METROPOLITANO DO RIO DE JANEIRO	
Fernanda Valinho Ignacio Bruno Teixeira Lima Juliano de Lima	
DOI 10.22533/at.ed.72619110718	
CAPÍTULO 19	203
FORMOSO DO ARAGUAIA-TO: DESENVOLVIMENTO REGIONAL E AGRONEGÓCIO	
Roberto de Souza Santos	
DOI 10.22533/at.ed.72619110719	
CAPÍTULO 20	222
INCISÕES EROSIVAS URBANAS: UM PROBLEMA AMBIENTAL EM BOM JESUS DAS SELVAS (MA)	
José Sidiney Barros José Milton de Oliveira Filho	
DOI 10.22533/at.ed.72619110720	
CAPÍTULO 21	229
MATERIAIS DIDÁTICOS PARA O ENSINO DE GEOMETRIA NA EDUCAÇÃO INFANTIL E ANOS INICIAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL	
Tânia Barbosa de Freitas Mirian Ferreira de Brito	
DOI 10.22533/at.ed.72619110721	
CAPÍTULO 22	238
MINERALIZAÇÃO AURÍFERA EM ZONA DE CISALHAMENTO, GARIMPO CUTIA, SERRA LESTE, PROVÍNCIA MINERAL DE CARAJAS, BRASIL	
Gilberto Luiz Silva	
DOI 10.22533/at.ed.72619110722	
SOBRE OS ORGANIZADORES	244

ESTUDO DA TÉCNICA DE MELHORAMENTO DE SOLOS MOLES COM COLUNAS DE BRITA EM UM TRECHO DO SISTEMA VIÁRIO DO CENTRO METROPOLITANO DO RIO DE JANEIRO

Fernanda Valinho Ignacio

UERJ – Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Rio de Janeiro – Rio de Janeiro

Bruno Teixeira Lima

UERJ – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, UFF – Universidade Federal Fluminense
Rio de Janeiro – Rio de Janeiro

Juliano de Lima

CEFET/RJ – Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca
Rio de Janeiro – Rio de Janeiro

RESUMO: Com o intuito de subsidiar a construção de um trecho do sistema viário do Centro Metropolitano, localizado na Zona Oeste da cidade do Rio de Janeiro, foram executadas investigações geotécnicas de campo e laboratório a fim de se realizar estudos para soluções de aterros sobre solos moles. Devido as características desfavoráveis do espesso depósito argiloso na região, inviabiliza-se a simples implantação das vias devido à elevada magnitude dos recalques gerados pelas cargas oriundas dos aterros viários e do tráfego previsto. No presente trabalho, estudou-se a solução de Colunas de Brita e sua capacidade de redução da magnitude dos recalques e redução do tempo de adensamento das camadas compressíveis. A partir dos resultados obtidos, comprova-se a eficiência da utilização da técnica de Colunas

de Brita para o trecho estudado, tendo em vista que o tratamento proposto proporcionou um Fator de Redução de Recalques (FRR) que atende a magnitude dos recalques esperados no Relatório de Urbanização da Baixada de Jacarepaguá e o uso da técnica apresentou uma alta redução no tempo de adensamento da camada compressível.

PALAVRAS-CHAVE: Solos Moles, Colunas de Brita, Aterro, Recalque.

ABSTRACT: In order to subsidize the construction of a section of the Metropolitan Center road system, located in the West Zone of the city of Rio de Janeiro, geotechnical field and laboratory investigations were carried out to provide studies for landfill solutions on soft soils. Due to the unfavorable characteristics of the thick clay deposit in the region, the simple implementation of the roads is not possible due to the high magnitude of the settlements generated by the landfill loads and the expected traffic. In the present work, the solution of Stone Columns and its capacity to reduce the magnitude of the settlements and the time of consolidation of the compressible layers were studied. Based on the results obtained, the efficiency of the Stone Columns technique is proven for the studied section, considering that the proposed treatment provided a reduction factor of settlements (FRR) that attends to the

magnitude of the expected settlements in the Report of Urbanization of the Baixada de Jacarepaguá and the use of the technique presented a high reduction in the time of compacting of the compressible layer.

KEYWORDS: Soft soils, Stone Columns, landfill, Settlements.

1 | INTRODUÇÃO

Com a expansão contínua dos centros urbanos, muitas vezes torna-se inevitável a execução de obras em áreas que devido à presença de solos moles, apresentam características geotécnicas complexas e desfavoráveis.

No Rio de Janeiro, os solos moles podem ser encontrados principalmente na Baixada de Jacarepaguá, região localizada na Zona Oeste da Cidade, onde há ocorrência de espessos depósitos desta natureza. Depósitos de solos moles, em geral, possuem baixa capacidade de suporte, alta compressibilidade e baixa permeabilidade. E quando solicitados, podem originar problemas de recalque e estabilidade.

Atualmente existem inúmeras técnicas disponíveis para se contornar os problemas citados, sendo possível adotá-las não só individualmente como em conjunto. Dentre essas técnicas, o tratamento do solo com colunas de brita melhora a capacidade de suporte, reduz a magnitude dos recalques, aumenta a condutividade hidráulica do solo e conseqüentemente, acelera o tempo de adensamento das camadas compressíveis.

O objetivo do presente estudo é simular e analisar a eficiência do tratamento de solo com o uso da técnica de colunas de brita em um determinado trecho do sistema viário do Centro Metropolitano, área pertencente ao Plano Piloto para a Urbanização da Região da Baixada de Jacarepaguá e que possui ocorrência de argila muito mole de até 16 m de espessura.

Para tal, são comparados os recalques e as curvas recalque versus tempo para as condições sem tratamento e com tratamento do solo utilizando a solução de colunas de brita.

2 | COLUNAS DE BRITA

Dentre as diversas técnicas de melhoramento de solos, a execução de colunas de brita compactadas possui grande potencial de aceleração e redução dos recalques, aumento da capacidade de carga e melhoria da estabilidade global em solos moles.

Lima (2012) ressalta que além das características citadas anteriormente, é uma solução que pode ser utilizada em outros tipos de fundações que não permitam recalques consideráveis e não somente em solos moles.

Segundo Lima (2012) e Priebe (1995), O principal conceito da melhoria de solos com colunas de brita envolve a substituição de 10% a 50%, em área, do solo compressível pelo material granular. A inclusão de um material granular além de tornar o conjunto colunas-solo mole mais rígido, cria uma interação com o solo circundante e

atraindo assim uma grande parte da carga aplicada, sendo também capaz de reduzir deslocamentos verticais e horizontais e por serem de um material com granulometria superior do que a do solo original, comportando-se como drenos, criando uma rede de fluxo preferencial.

De acordo com Roza (2013), as colunas de brita podem ser construídas com ou sem o encamisamento, composto de um geossintético que tem como função principal a diminuição de deformações verticais por confinamento radial, atuando também como um separador entre o material granular e o solo natural.

O presente trabalho aborda o uso de colunas de brita sem o uso de encamisamento e pelo método de vibrosubstituição, tendo em vista que essa prática tem se apresentado como uma alternativa economicamente vantajosa e cada vez mais adotada no Brasil (Lima, 2012).

Execução da técnica de colunas de brita

De acordo com Domingues (2006), a execução de uma coluna de brita consiste basicamente na confecção de um furo circular de diâmetro e comprimento determinados, o respectivo preenchimento com brita e sua compactação feita de baixo para cima. A forma como uma coluna de brita é executada depende da tecnologia que será empregada, sobretudo no que se refere a elaboração do furo e a compactação do material granular.

A Figura 1 ilustra a execução de uma coluna de brita pelo método de vibrosubstituição, que é a tecnologia mais empregada atualmente.

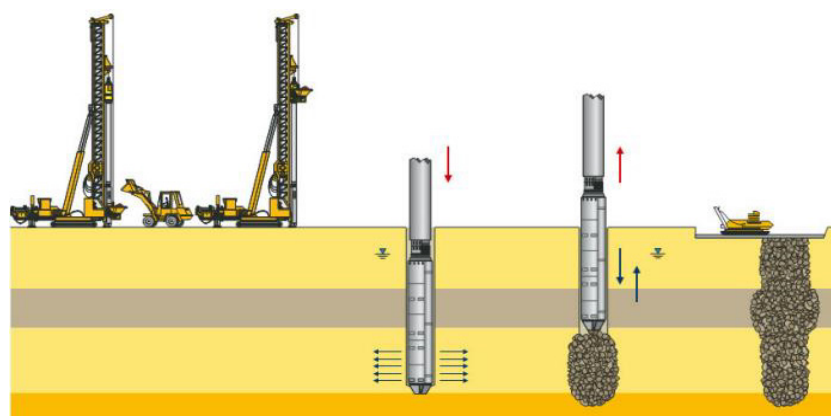


Figura 1 - Execução de colunas de brita pelo método de vibrosubstituição (Keller, 2013)

O processo de execução inicia-se com o preenchimento da caçamba com a brita, que é içada e transferida para o tubo vibratório. Logo após a transferência do material granular, penetra-se o vibrador no solo por jateamento de água (*wet system*) ou ar comprimido (*dry system*) com o objetivo de formar um furo de diâmetro maior que o do vibrador. (Domingues, 2006; Kirsch, 2010)

Ao atingir a cota desejada, introduz-se a brita no furo formado durante a penetração no solo. Com curtos movimentos descendentes e ascendentes do vibrador, a brita é

vibrada e depositada ao mesmo tempo mais material é inserido no furo. Esse ciclo de operação é realizado até a superfície do terreno, quando se finaliza a formação da coluna. (Kirsch, 2010)

Com a introdução da coluna no solo mole, há inicialmente um aumento da poropressão. A partir do processo de adensamento, ocorre a dissipação do excesso de poropressão através da brita, que funciona como um filtro drenante e gera um caminho preferencial de percolação. À medida que a água vai sendo expulsa, há um processo de transferência gradual de carga para os sólidos, aumentando assim, a tensão efetiva do solo (Roza, 2013).

Devido ao aumento de tensão no solo gerado pelas colunas de brita, ocorre uma redução no índice de vazios da camada compressível e conseqüentemente um aumento da resistência. Este processo gera uma significativa diminuição da magnitude dos recalques, resultando em uma melhoria do solo.

Escolha do diâmetro e da malha

Segundo Domingues (2006), para o tratamento de uma extensa área com colunas de brita, utiliza-se um padrão de distribuição uniforme das mesmas (malhas). Para esse padrão ser definido deve-se adotar um espaçamento entre colunas bem como o tipo geométrico de distribuição, como mostra a Figura 2. Geralmente as colunas são dispostas em forma de quadrado ou triângulo, e mais raramente, em hexágono pela sua difícil implementação em obra.

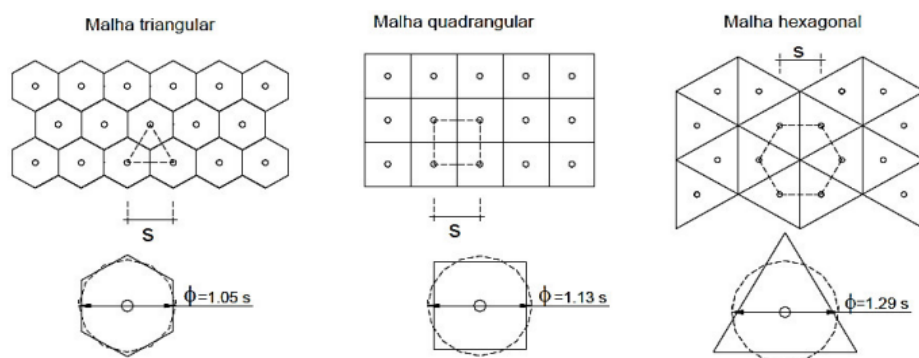


Figura 2 – Diferentes disposições em planta para colunas de brita (Domingues, 2006)

De acordo com as diferentes distribuições, a coluna de brita gera a uma célula ao seu redor com um determinado diâmetro de influência. A relação entre o diâmetro de influência de cada coluna de brita e o espaçamento entre elas assume valores iguais a 1,05, 1,13 e 1,29, para distribuições triangulares, quadradas e hexagonais, respectivamente.

O diâmetro de influência é importante para a aproximação da área de influência da coluna. Domingues (2006) reforça que para efeitos de projeto, a escolha do diâmetro deve ser sempre baseada em experiências anteriores, uma vez que é um parâmetro com grande influência nos resultados que se pretende estimar.

3 | CENTRO METROPOLITANO DO RIO DE JANEIRO

Localizado no bairro de Jacarepaguá, o Centro Metropolitano abrange uma área de aproximadamente 5 km² e delimita-se entre a Avenida Ayrton Senna/Linha Amarela, Avenida Embaixador Abelardo Bueno e Estrada Arroio Pavuna, como apresentado na Figura 3 a seguir.



Figura 3 - Localização do Centro Metropolitano - RJ (Ignacio, 2016)



Figura 4 – Sistema viário do Centro Metropolitano - RJ (Adaptado de PCRJ, 2011)

O sistema viário do Centro Metropolitano (Figura 4) foi projetado de forma a ser

cortado por dois grandes eixos viários ortogonais principais com 100 m de largura, que o interliga com as principais avenidas da região. Os eixos principais são divididos por vias intermediárias com 50 m de largura e subdivididos por vias locais com 25 m de largura que permitem o tráfego interno na área, compondo ao todo cerca de 80 quarteirões.

O trecho estudado no presente trabalho compreende as fundações dos aterros das vias (canteiro central e faixas de circulação) que compõem o Eixo Norte-Sul, entre as quadras QD. 3.3/SE e QD. 3.4/SO, conforme destacado na Figura 5, onde foram identificadas grandes espessuras de solos moles.



Figura 5 - Seleção do trecho de estudo (Ignacio, 2016)

Caracterização Geotécnica da região

De acordo com Cabral (1979), a Baixada de Jacarepaguá abrange uma área da ordem de 102 km², onde cerca de 89 km² correspondem a terra firme e 13 km² são ocupados por lagunas. A região teve sua formação geológica resultante da alternância dos eventos de erosão e sedimentação devido a períodos de regressão e transgressão marinha (oscilações do nível do mar), movimentos de tectonismo e isostasia.

Cabral (1979) identifica esta área como composta principalmente por solos argilosos e siltosos, com recorrência de bolsões de turfas com teores elevados de matéria orgânica que apresentam baixa resistência, permeabilidade e alta plasticidade, ou seja, solos problemáticos do ponto de vista geotécnico, e areias marinhas e lagunares de compacidade crescente com a profundidade.

Com objetivo de realizar o mapeamento geológico-geotécnico do Centro Metropolitano, face às características desfavoráveis conhecidas da região, foram executadas diversas campanhas de sondagens SPT, bem como ensaios de Piezocone, de Dissipação da poropressão e Palheta. Além disso, foram coletadas amostras indeformadas em tubos tipo Shelby de 4" para realização de ensaios de Adensamento

Edométricos e Triaxiais em laboratório, incluindo também os ensaios de caracterização.

Para compor o presente estudo, foram utilizadas no total 3 sondagens SPT (de uma malha total com 193 ensaios, realizados entre 2011 e 2012), 4 ensaios de Palheta, 3 verticais de Piezocone, 4 ensaios de Dissipação da Poropressão e 5 ensaios de Adensamento Edométrico e 1 Triaxial CU e os ensaios de caracterização correspondentes fornecidos pela Geoconsult e Geo-Rio.

A Figura 6 a seguir apresenta as curvas de isoespessuras de argila mole no trecho estudado, definidas com base nas sondagens SPT. Pode-se observar a ocorrência de espessuras de solos moles de até 16 m.

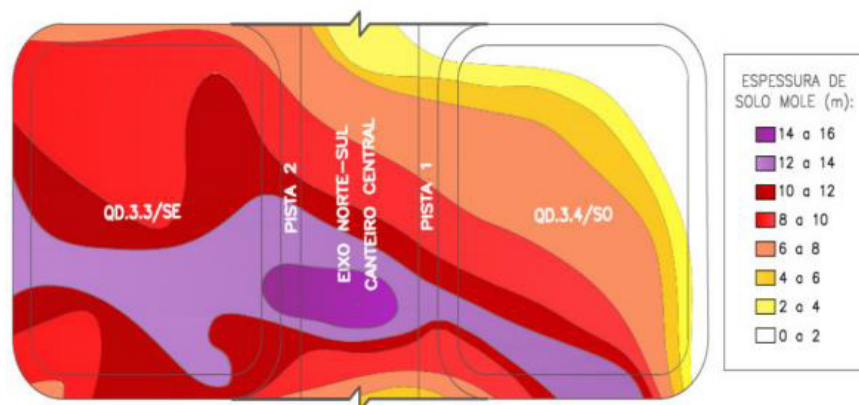


Figura 6 – Curvas de isoespessura (Adaptado de Geoconsult, 2011)

4 | ESTUDO GEOTÉCNICO

Parâmetros geotécnicos do solo e da brita

A partir dos resultados das investigações geotécnicas de campo e laboratório pôde-se interpretar o subsolo local e com isso obter os parâmetros representativos para a seção com o caso mais desfavorável.

A Figura 7 apresenta o perfil geotécnico elaborado para o subsolo e a Tabela 1 e 2 apresentam os parâmetros adotados de acordo com cada camada. Baseado na experiência de Lima (2012) e Roza (2012), a Tabela 3 apresenta os parâmetros da brita adotados para a composição da coluna.

Camada	Nspt médio	γ sat (kN/m ³)	Su (kN/m ²)
Argila 1	2	15,0	10,0
Argila 2	4	17,0	14,0
Areia 1	16	18,0	0,0
Areia 2	50	20,0	0,0

Tabela 1 - Parâmetros geotécnicos do subsolo (1) (Adaptado de Ignacio, 2016)

Camada	E (kN/m ²)	ϕ (°)	ν
Argila 1	500	0	0,4
Argila 2	3500	0	0,4
Areia 1	57500	33,0	0,3
Areia 2	100000	37,5	0,3

Tabela 2 - Parâmetros geotécnicos do subsolo (2) (Adaptado de Ignacio, 2016)

Camada	γ sat (kN/m ³)	ϕ (°)	C (kN/m ²)	E (kN/m ²)
Brita	20	42	0	80000

Tabela 3 – Parâmetros da brita (Adaptado de Ignacio, 2016)

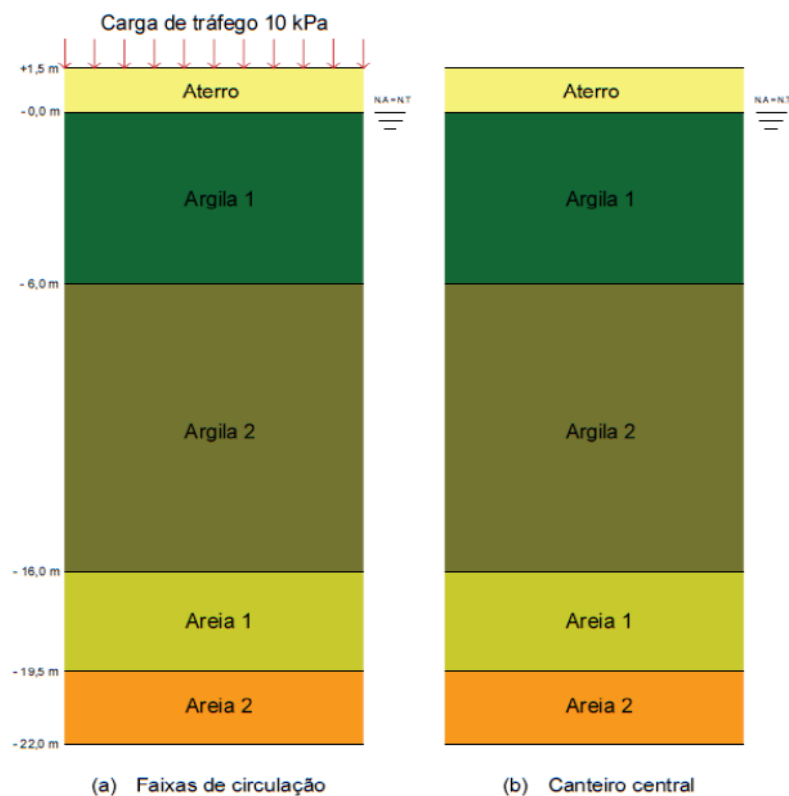


Figura 7 – Perfil geotécnico do subsolo (Ignacio, 2016)

CONSIDERAÇÕES E GEOMETRIA DO PROBLEMA

A via em questão foi dividida em duas faixas de circulação, cada qual com 10 m de largura e 80 m de comprimento, gerando duas áreas A1 a serem tratadas de 800 m² e um amplo canteiro central com 60 m de largura por 80 m de comprimento, gerando uma área A2 a ser tratada de 4.800 m².

As vias estão sujeitas a um carregamento exterior materializado por um aterro e também estimou-se uma carga de tráfego para as faixas de circulação. O aterro

proposto para o presente trabalho possui 2 m de altura e peso específico de 19 kN/m³, gerando uma sobrecarga devido ao peso próprio de 38 kPa para o canteiro central. Adotou-se 10 kPa para a sobrecarga referente ao tráfego previsto na região. Com isso, a sobrecarga total estimada para as faixas de circulação foi de 48 kPa.

Tanto para as faixas de circulação quanto para o canteiro central, optou-se pelo uso das colunas de brita com 0,80 m de diâmetro e dispostas em malha quadrangular. Entretanto, a malha possui espaçamentos distintos para cada setor conforme Tabela 4.

Setor	Malha	Diâmetro da coluna (m)	Espaçamento da malha (m)
Faixas	Quadrada	0,80	1,3
Canteiro	Quadrada	0,80	1,5

Tabela 4 – Geometria das colunas de brita (Adaptado de Ignacio, 2016)

Esta configuração de malha gera uma área de influência A de 1,69 m² para as faixas de circulação e de 2,25 m² para o canteiro central.

Para compreender toda espessura de solo mole e alcançar o solo competente para suporte, as colunas adotadas possuem 16 m de comprimento médio. As geometrias finais do problema para as faixas de circulação e canteiro central está apresentada respectivamente nas Figuras 9 e 10 a seguir.

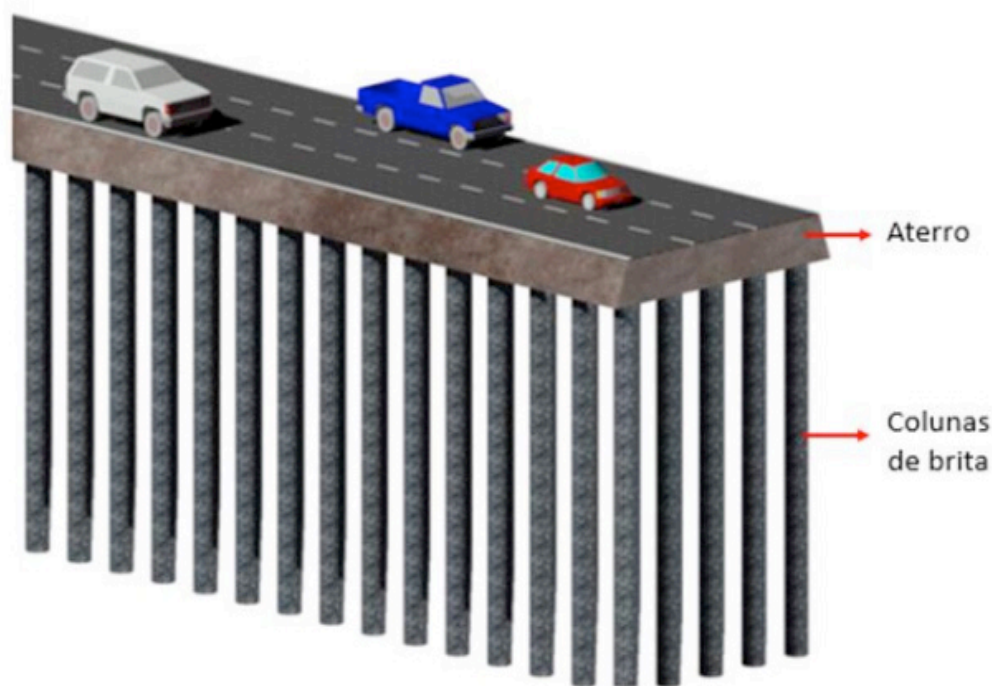


Figura 9 - Geometria 3D - Faixas de circulação (Adaptado de Ignacio, 2016)

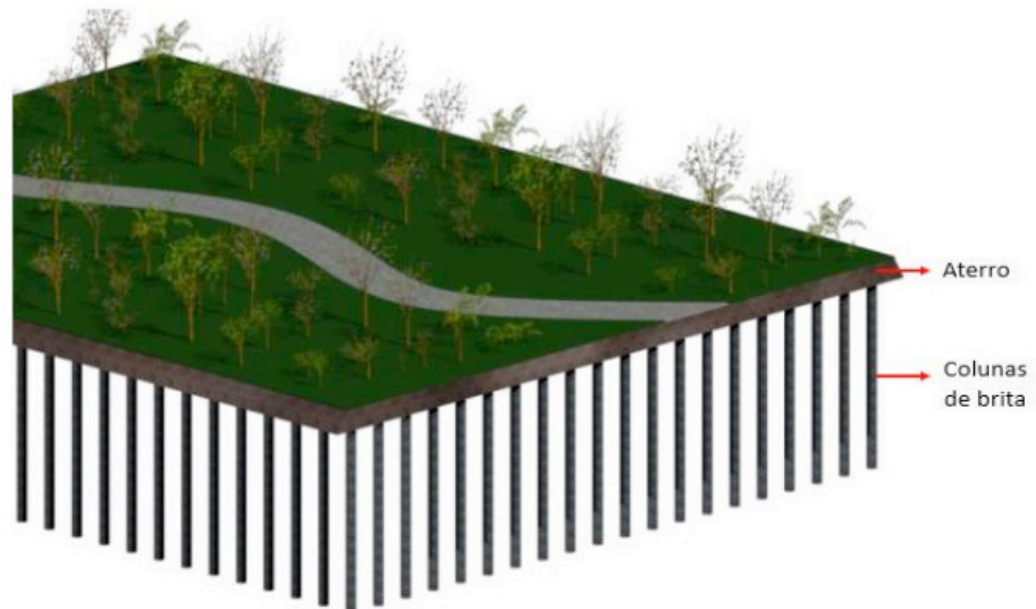


Figura 10 – Geometria 3D – Canteiro central (Adaptado de Ignacio, 2016)

5 | ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste item são apresentadas as magnitudes dos recalques bem como os resultados de curvas recalque tempo estimadas, ambos em função dos parâmetros obtidos através dos ensaios de campo e laboratório e do dimensionamento da coluna de brita proposto anteriormente. Desta forma, é possível comparar as condições de recalque sem tratamento nenhum e com o tratamento de colunas de brita.

Estima-se que as cargas atuantes nas vias provocam recalques totais da ordem de 72 cm nas faixas de circulação e cerca de 58 cm para o canteiro central. Estes valores são considerados de alta magnitude e não são admitidos pelo Relatório de Urbanização, pois ultrapassariam a cota final de implantação da via e acarretariam em um período muito longo para a estabilização dos recalques, o que inviabilizaria a simples implantação das faixas e canteiro no trecho estudado.

Inserindo as colunas de brita no solo, os recalques totais estimados para as faixas de circulação e canteiro central diminuem para aproximadamente 24 cm, valor permitido pelo Relatório de Urbanização, que aceita recalques de até 30 cm.

Com os recalques estimados, a eficiência do melhoramento do solo pode ser quantificada por meio do parâmetro FRR - Fator de redução de recalques (*improvement factor*). O FRR é definido conforme a Equação 1.

$$FRR = \frac{\text{recalque sem tratamento}}{\text{recalque com tratamento}}$$

Sendo assim, obteve-se um FRR de 3 para as faixas de circulação e um FRR de 2,42 para o canteiro central. Estes valores indicam que os recalques foram melhorados um pouco a mais que a metade e atendem as necessidades do relatório de urbanização (recalques de até 30 cm). Com isso, verifica-se a eficiência do tratamento proposto

para a redução da magnitude do recalque.

Com relação ao tempo de estabilização do recalque, as curvas recalque versus tempo para a condição sem tratamento foram obtidas de acordo com a teoria de adensamento unidimensional de Terzaghi. Para a condição com o tratamento de colunas de brita adotou-se $C_h = 1,5 \times C_v$, com o valor do coeficiente de permeabilidade vertical médio de $1 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{s}$ ao longo da profundidade (Geoconsult, 2012).

Verifica-se que o valor do coeficiente de permeabilidade vertical e os índices de vazios encontrados nas investigações geotécnicas são compatíveis com resultados apresentados por Baroni, 2010 e 2016 em ensaios realizados no mesmo depósito.

O gráfico apresentado na Figura 11 ilustra comparação entre a curva recalque versus tempo da fundação sem o tratamento com as colunas de brita, e as curva para as condições com o tratamento com as colunas de brita.

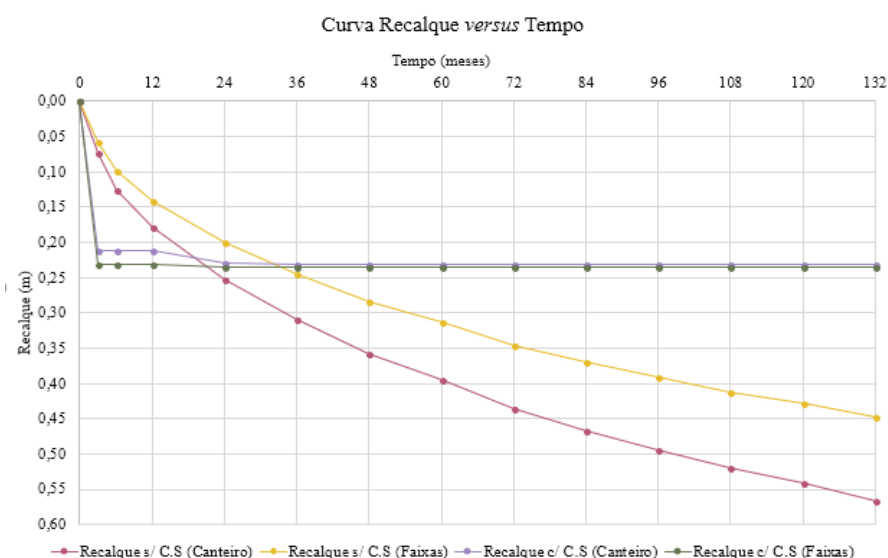


Figura 11 – Curva recalque versus tempo

Observa-se na Figura 11 que para atingir 90% de adensamento na solução sem tratamento o tempo necessário é de cerca de 11 anos (132 meses) e para a solução com colunas de brita cerca de 4 meses para o canteiro central e 3 meses e meio para as faixas de circulação. Nota-se claramente a eficiência do tratamento da fundação com o uso de colunas de brita quando comparado a sua ausência. Há uma redução significativa tanto no tempo para se atingir a estabilização quanto no valor do recalque final.

6 | CONCLUSÕES

O presente trabalho analisou o comportamento e a eficiência do uso da técnica de melhoramento de solos com colunas de brita em um trecho sistema viário do Centro Metropolitano do Rio de Janeiro, compreendido entre o Eixo Norte-Sul e as quadras QD.3.3/SE e QD.3.4/SO. Esta área possui camadas de solos moles de até 16 m de

espessura, identificadas pelas investigações geotécnicas de campo e laboratório.

Por meio dos resultados obtidos, verifica-se que a técnica de colunas de brita com a geometria apresentada anteriormente é eficiente para a redução da magnitude dos recalques, visto que esta disposição proporciona um Fator de Redução de Recalques (FRR) de 3 para as faixas de circulação e de 2,42 para o canteiro central, atendendo assim os recalques esperados no Relatório de Urbanização da Baixada de Jacarepaguá. Além disso, o uso da técnica promoveu uma redução significativa do tempo necessário para a estabilização do recalque, passando de 11 anos para um período de aproximadamente 4 meses.

7 | AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação Instituto de Geotécnica - Geo-Rio e ao Engenheiro M.Sc. Uberecilas F. Polido pela cessão dos dados.

REFERÊNCIAS

Baroni, M. (2010) **Investigação Geotécnica em Argilas Orgânicas Muito Compressíveis da Barra da Tijuca**. Dissertação de Mestrado, Programa de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 249 p.

Baroni, M. (2016) **Comportamento Geotécnico de Argilas Extremamente Moles da Baixada de Jacarepaguá, RJ**. Tese de Doutorado, Programa de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 292 p.

Cabral, S. (1979) **Mapeamento Geológico-Geotécnico da Baixada de Jacarepaguá e Maciços Circunvizinhos**. Tese Doutorado em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 160 p.

Domingues, T. S. S. (2006) **Reforço de Fundações com Colunas de Brita em Aterros sobre Solos Moles. Análise e Dimensionamento**. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil da Universidade do Porto, Universidade do Porto, 208 p.

Ignacio, V. F. (2016) **Estudo Geotécnico do Melhoramento de Solos Moles Com Colunas de Brita No Centro Metropolitano do RJ**. Projeto Final de Graduação, Departamento de Engenharia Civil, Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, 113 p.

Geoconsult (2011) **Relatório Geotécnico. Documento interno N. 07/2011**. Geoconsult Consultoria de Solos e Fundações Ltda. Espírito Santo. [obtido em abril de 2015]

Geoconsult (2012) **Memorial de Cálculo do Projeto Geotécnico Executivo para Implantação dos Aterros de Urbanização do Centro Metropolitano. Documento interno N. 06/2012**. Geoconsult Consultoria de Solos e Fundações Ltda. Espírito Santo. [obtido em abril de 2015]

Keller (2013) **Material publicitário**, [obtido em outubro de 2015]

Kirsch, K.; Kirsch, F. (2010) **Ground Improvement by Deep Vibratory Methods**. Spon Press, New York, NY, USA 198 p.

Lima, B. T. (2012) **Estudo do Uso de Colunas de Brita Em Solos Argilosos Muito Moles**. Tese de Doutorado, Programa de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 314 p.

PCRJ (2011). **Material publicitário**, [obtido em novembro de 2015]

Priebe, H. J. (1995) **The design of vibro replacement**. Ground Engineering. Vol. 28, nº 10.

Roza, F. C. (2013) **Comportamento de obras sobre solos moles com colunas de brita**.
Dissertação de Mestrado, Programa de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 165 p.

SOBRE OS ORGANIZADORES

Jorge González Aguilera: Engenheiro Agrônomo (Instituto Superior de Ciências Agrícolas de Bayamo (ISCA-B) hoje Universidad de Granma (UG)), Especialista em Biotecnologia pela Universidad de Oriente (UO), CUBA (2002), Mestre em Fitotecnia (UFV/2007) e Doutorado em Genética e Melhoramento (UFV/2011). Atualmente, é professor visitante na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) no Campus Chapadão do Sul. Têm experiência na área de melhoramento de plantas e aplicação de campos magnéticos na agricultura, com especialização em Biotecnologia Vegetal, atuando principalmente nos seguintes temas: pre-melhoramento, fitotecnia e cultivo de hortaliças, estudo de fontes de resistência para estres abiótico e biótico, marcadores moleculares, associação de características e adaptação e obtenção de vitroplantas. Tem experiência na multiplicação “on farm” de insumos biológicos (fungos em suporte sólido; Trichoderma, Beauveria e Metharrizum, assim como bactérias em suporte líquido) para o controle de doenças e insetos nas lavouras, principalmente de soja, milho e feijão. E-mail para contato: jorge.aguilera@ufms.br

Alan Mario Zuffo: Engenheiro Agrônomo (Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT/2010), Mestre em Agronomia – Produção Vegetal (Universidade Federal do Piauí – UFPI/2013), Doutor em Agronomia – Produção Vegetal (Universidade Federal de Lavras – UFLA/2016). Atualmente, é professor visitante na Universidade Federal do Mato Grosso do Sul – UFMS no Campus Chapadão do Sul. Tem experiência na área de Agronomia – Agricultura, com ênfase em fisiologia das plantas cultivadas e manejo da fertilidade do solo, atuando principalmente nas culturas de soja, milho, feijão, arroz, milheto, sorgo, plantas de cobertura e integração lavoura pecuária. E-mail para contato: alan_zuffo@hotmail.com

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-472-6

