



Franciele Braga Machado Tullio
(Organizadora)

Enfoques e Possibilidades para a Engenharia Geotécnica



Franciele Braga Machado Tullio
(Organizadora)

Enfoques e Possibilidades para a Engenharia Geotécnica

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Natália Sandrini
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
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
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Faria – 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
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
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. 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
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
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. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª 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 Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
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
Profª Drª 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
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

| Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG) | |
|---|--|
| E56 | <p>Enfoques e possibilidades para a engenharia geotécnica [recurso eletrônico] / Organizadora Franciele Braga Machado Tullio. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019.</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web ISBN 978-85-7247-746-8 DOI 10.22533/at.ed.468190611</p> <p>1. Geologia de engenharia. 2. Mecânica do solo. I. Tullio, Franciele Braga Machado.</p> <p style="text-align: right;">CDD 624.15136</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 “Enfoques e Possibilidades para a Engenharia Geotécnica” contempla onze capítulos em que os autores abordam as mais recentes pesquisas relacionadas as possibilidades de materiais e metodologias aplicadas na área de geotecnia.

A Engenharia Geotécnica desempenha um papel muito importante em nossa sociedade, pois é através do estudo da ação do homem sobre o solo e rochas que torna possível a prevenção de deslizamentos, desabamentos e desmoronamentos, contenção da ocupação de encostas e gerenciamento de resíduos.

Os estudos da área de geotecnia visam a proteção da população, fazendo uso de soluções sustentáveis sem prejudicar o meio ambiente.

A adição de resíduos no solo pode viabilizar a sua utilização em subleito ou sub-base na pavimentação. Assim como a utilização de resíduos industriais em substituição ao uso de brita pode se tornar como alternativa para a confecção de misturas asfálticas onde há escassez desse material.

A engenharia geotécnica apresenta várias possibilidades de proteção de encostas, tais como: drenagem, proteção superficial, construção de muros de arrimo, retaludamento, entre outras técnicas, proporcionando segurança para diversas comunidades.

Diante do exposto, esperamos que o leitor faça bom uso dos estudos aqui apresentados, de modo que sejam subsídio para uma reflexão sobre as possibilidades que a engenharia geotécnica proporciona à sociedade, trazendo qualidade de vida e segurança, utilizando meios sustentáveis e reduzindo danos ao meio ambiente.

Franciele Braga Machado Tullio

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| CAPÍTULO 1 | 1 |
| ATERROS LEVES SOBRE SOLOS MOLES COM UTILIZAÇÃO DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS) NA BR-101/PE, LOTE 6: AVALIAÇÃO DA TÉCNICA E CARACTERIZAÇÃO DO EPS QUANTO À COMPRESSÃO SIMPLES | |
| Fabiano Queiroz de Souza Roberto Quental Coutinho Danisete Pereira de Souza Neto | |
| DOI 10.22533/at.ed.4681906111 | |
| CAPÍTULO 2 | 14 |
| DOSAGENS PARA MISTURAS ASFÁLTICAS TIPO SMA COM RESÍDUOS INDUSTRIAIS | |
| André Sales Mendes Jander Joia de Figueiredo Costa Júnior Patrícia de Magalhães Aragão Valença Consuelo Alves da Frota | |
| DOI 10.22533/at.ed.4681906112 | |
| CAPÍTULO 3 | 26 |
| ESTUDO DA VIABILIDADE TECNOLÓGICA DO EMPREGO DA CAL EM UM SOLO DA FORMAÇÃO GUABIROTUBA PARA FINS DE PAVIMENTAÇÃO | |
| Vitor Reinaldo Bordignon Rogério Francisco Kuster Puppi Ronaldo Luiz dos Santos Izzo Amanda Dalla Rosa Johann | |
| DOI 10.22533/at.ed.4681906113 | |
| CAPÍTULO 4 | 38 |
| MELHORAMENTO DE SOLO COM ADIÇÃO DE RESÍDUO PROCEDENTE DO CEPILHAMENTO RE PAVIMENTOS CCP | |
| Daniel da Silva Gomes | |
| DOI 10.22533/at.ed.4681906114 | |
| CAPÍTULO 5 | 50 |
| USO DE DRENOS FIBROQUÍMICOS E COLUNAS DE BRITA PARA TRATAMENTO DE SOLOS MOLES NA BAIXADA DE JACAREPAGUÁ - RJ | |
| Fernanda Valinho Ignacio Bruno Vieira de Jesus Juliano de Lima | |
| DOI 10.22533/at.ed.4681906115 | |
| CAPÍTULO 6 | 62 |
| ESTUDO PARA UTILIZAÇÃO DE TUBOS GEOTÊXTIL PARA ACOMODAÇÃO DE REJEITOS E ESTÉRIL EM SISTEMAS DE DISPOSIÇÃO POR BACKFILL | |
| Rafaela Baldí Fernandes Sander Elias Rodrigues | |
| DOI 10.22533/at.ed.4681906116 | |
| CAPÍTULO 7 | 78 |
| OCUPAÇÃO ANTRÓPICA DE ENCOSTAS E SUA ESTABILIZAÇÃO | |
| Paulo Afonso de Cerqueira Luz Alberto Alonso Lázaro | |

Henrique Dinis
Kamila Rodrigues Cassares Seko
DOI 10.22533/at.ed.4681906117

| | |
|---|------------|
| CAPÍTULO 8 | 91 |
| ZONEAMENTO SIMPLIFICADO DE RISCO DE DESLIZAMENTO EM ENCOSTAS NO NORDESTE DO BRASIL | |
| Belaniza Gaspar Santos Neta Osvaldo de Freitas Neto Erinaldo Hilario Cavalcante | |
| DOI 10.22533/at.ed.4681906118 | |
| CAPÍTULO 9 | 105 |
| ESTUDOS GEOLÓGICOS-GEOTÉCNICOS PARA IMPLANTAÇÃO DA BARRAGEM VENTUROSA NO ESTADO DE PERNAMBUCO | |
| Hosana Emilia Sarmiento Costa Leite Rafaella Teixeira Miranda Maiara de Araújo Porto Túlio Martins de Lima Natália Milhomem Balieiro | |
| DOI 10.22533/at.ed.4681906119 | |
| CAPÍTULO 10 | 118 |
| COMPARAÇÃO E PREVISÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO UNIAXIAL (UCS) DE ROCHAS ARENÍTIAS TURBIDITICAS DAS FORMAÇÕES SANTOS, BACIA DE SANTOS, BRASIL E DA FORMAÇÃO CHICONTEPEC, BACIA DE CHICONTEPEC, MÉXICO | |
| Claudia Martins Bhering Dominoni Anna Laura Lopes da Silva Nunes Claudio Rabe Gilmara Alexandre Felipe da Silva Cleverson Guizan Silva | |
| DOI 10.22533/at.ed.46819061110 | |
| CAPÍTULO 11 | 130 |
| MODELAGEM EM ELEMENTOS FINITOS 3D DE RADIER ESTAQUEADO COMPOSTO POR ESTACAS EMBUTIDAS PARCIALMENTE EM ROCHA | |
| Jean Rodrigo Garcia Paulo José Rocha de Albuquerque Osvaldo de Freitas Neto Rodrigo Álvares de Araújo Melo | |
| DOI 10.22533/at.ed.46819061111 | |
| CAPÍTULO 12 | 144 |
| MELHORAMENTO DOS PARÂMETROS MECÂNICOS E FÍSICOS DE DEPÓSITOS ALUVIONARES ATRAVÉS DA EXECUÇÃO DE GEODRENOS VERTICAIS | |
| Rodrigo Rogério Cerqueira da Silva Bruno Pereira Casanova | |
| DOI 10.22533/at.ed.46819061112 | |
| SOBRE A ORGANIZADORA | 156 |
| ÍNDICE REMISSIVO | 157 |

USO DE DRENOS FIBROQUÍMICOS E COLUNAS DE BRITA PARA TRATAMENTO DE SOLOS MOLES NA BAIXADA DE JACAREPAGUÁ - RJ

Fernanda Valinho Ignacio

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

Bruno Vieira de Jesus

UERJ – Universidade do Estado do Rio de Janeiro
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: Localizada na Zona Oeste da cidade do Rio de Janeiro, a Baixada de Jacarepaguá possui, ao longo de toda sua extensão, espessos depósitos de argilas muito moles e orgânicas. Estes depósitos apresentam propriedades geotécnicas desfavoráveis à construção civil e quando solicitados, podem apresentar problemas de recalque e estabilidade. Para contornar tais impasses, existem diversas técnicas de tratamento de solo disponíveis. Dentre essas técnicas, o uso de drenos fibroquímicos e colunas de brita vêm se mostrando cada vez mais eficazes, principalmente se associadas a inclusão de sobrecargas temporárias. O presente trabalho tem como objetivo apresentar o uso dessas soluções em um trecho do sistema viário do Centro Metropolitano do Rio de Janeiro, área inserida na Baixada de Jacarepaguá.

A metodologia adotada utilizou a Teoria de Adensamento de Terzaghi que incorpora conceitos consagrados da Mecânica dos Solos e considera os diferentes coeficientes de permeabilidade dos materiais envolvidos. No caso da solução em Drenos Fibroquímicos, a altura máxima considerada de solos moles foi de 5 m, o recalque por adensamento primário estimado foi de 65,0 cm e o fator de segurança encontrado foi de 1,49. Nesta mesma ordem, os valores encontrados para a solução em Coluna de Brita foram, respectivamente, de 8 m, 92,0 cm e 1,52.

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

ABSTRACT: Located in the West Zone of the city of Rio de Janeiro, the Baixada de Jacarepaguá has, along its entire extension, thick deposits of very soft and organic clays. These deposits presents unfavorable geotechnical properties to civil construction, and when requested, may present problems of settlements and stability. To overcome these impasses, there are several soil treatment techniques available. Among these techniques, the use of fibro-chemical drains and stone columns have been shown to be increasingly effective, especially if they are associated with the inclusion of temporary overloads. The present work aims to present the

use of these solutions in a section of the road system of the Centro Metropolitano of Rio de Janeiro, an area located in the Baixada de Jacarepaguá. The methodology adopted used Terzaghi's Theory of Consolidation that incorporates concepts of Soil Mechanics and considers the different permeability coefficients of the materials involved. In the case of the Fibrochemical Drains solution, the maximum height considered for soft soils was 5 m, the estimated primary consolidation was 65,0 cm and the safety factor found was 1,49. In the same order, the values found for the solution in Stone Columns were, respectively, 8 m, 92,0 cm and 1,52.

KEYWORDS: Soft Soils. Embankment. Settlements. Stone Columns. Fibro-Chemical Drains.

1 | INTRODUÇÃO

As megacidades possuem um ritmo de crescimento urbano acelerado e com isso, torna-se cada vez mais comum a construção em locais com características complexas do ponto de vista geotécnico, como regiões que apresentam depósitos de solos moles. No Rio de Janeiro, os solos moles podem ser encontrados principalmente na região da Baixada de Jacarepaguá, localizada na Zona Oeste da Cidade, onde há ocorrência de espessas camadas desta natureza.

Esses tipos de depósitos apresentam baixa permeabilidade, baixa capacidade de suporte e alta compressibilidade, e quando solicitados, apresentam problemas de recalque e estabilidade que precisam ser contornados, muitas vezes em prazos reduzidos. Para tal, a engenharia conta com inúmeras técnicas de tratamento de solos que podem ser utilizadas individualmente ou associadas, visando o máximo de aproveitamento de cada uma.

A técnica de sobrecarga temporária em conjunto com as técnicas de drenos fibroquímicos e/ou colunas de brita proporcionam reduções significativas nas magnitudes dos recalques esperados, além de agilizar o processo de adensamento. Para comprovar a eficiência dessas tecnologias, o presente trabalho apresenta o uso de drenos fibroquímicos e colunas de brita com sobrecarga temporária em trechos selecionados da malha viária do Centro Metropolitano do Rio de Janeiro, área de aproximadamente 5 km² e em intenso desenvolvimento, situada no bairro de Jacarepaguá.

2 | JUSTIFICATIVA E METODOLOGIA

Regiões com solos argilosos moles são recorrentes ao longo da costa brasileira. Além disso, regiões com solos que possuam boa capacidade de suporte estão cada vez mais escassas, principalmente em áreas de grande ocupação urbana como a cidade do Rio de Janeiro.

Neste contexto, o presente trabalho se mostra como uma ferramenta de difusão

das técnicas de drenos fibroquímicos e colunas de brita associados a sobrecargas temporárias em áreas que são identificadas espessas camadas de solos moles, inviabilizando a simples implantação das construções devido à elevada magnitude dos recalques gerados pelas cargas impostas. Ademais, se apresenta como fonte de consulta para futuros estudos que possam ser realizados próximos da região apresentada, visto que a região da Baixada de Jacarepaguá é uma área em franco desenvolvimento imobiliário e apresenta um padrão de presença de camadas espessas de solos moles ao longo de toda sua extensão.

O estudo de caso abordado foi cedido aos autores pela Fundação Instituto de Geotécnica - Geo-Rio e pela Geoconsult, órgão fiscalizador e empresa projetista das soluções de geotecnia, respectivamente. Para a obtenção dos resultados, utilizou-se a Teoria de Adensamento proposta por Terzaghi (1925) que considera os diferentes coeficientes de permeabilidade dos materiais envolvidos.

3 | REFERENCIAL TEÓRICO

Sobrecarga temporária

A sobrecarga temporária é a técnica mais convencional no que se refere à execução de aterros sobre solos moles. A aplicação de sobrecarga temporária com aterro tem como objetivo expulsar a água do solo, iniciando o processo de adensamento mais rapidamente. Com a expulsão da água, as partículas do solo se rearranjam, diminuindo os vazios e garantindo maior resistência ao solo com o tempo, até que este fique estável (PERBONI, 2003).

Depois de alcançado os recalques estimados para o aterro, a sobrecarga temporária é retirada e o material pode ser utilizado em outro local. Apesar de ser uma obra menos onerosa e de simples execução, o prazo para estabilização dos recalques é muito elevado por conta da baixa permeabilidade dos solos moles. Para ser empregada, é necessário também obter um volume considerável de solo para ser utilizado como sobrecarga, além de locais de retirada e despejo do material. Este método vem sendo muito utilizado concomitante a outras técnicas, como por exemplo, drenos verticais, colunas de brita e entre outros (ALMEIDA, 2014; LIMA, 2007).

Drenos fibroquímicos

A utilização de drenos fibroquímicos (ou geodrenos) tem como objetivo a aceleração dos recalques, pois induz o aumento da velocidade de adensamento, encurtando o percurso de percolação da água, uma vez que a distância entre os drenos passa a ser inferior ao comprimento de drenagem vertical (BEDESCHI, 2004).

Os drenos fibroquímicos possuem elevada resistência mecânica, garantindo sua integridade durante a instalação e operação, pois suportam os esforços oriundos das deformações, além de evitar o carreamento dos finos.

Após a instalação dos geodrenos (Figura 1), ocorre uma mudança na predominância da direção do fluxo da água no interior da massa de solo, passando de vertical para horizontal (direção radial).

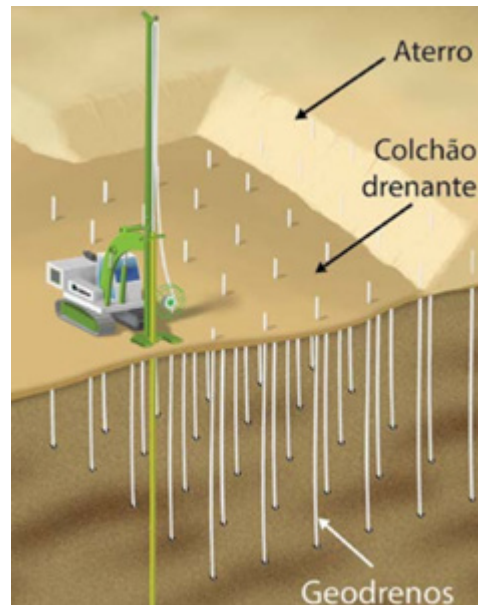


Figura 1 - Inclusão de Geodrenos no subsolo (SOLOTRAT, 2018)

A água coletada pelos geodrenos é levada para a superfície do terreno até o colchão drenante e expelido por ação da gravidade ou por bombeamento, dependendo do comprimento do colchão drenante. De forma quase geral, os geodrenos são associados a sobrecarga temporária (ALMEIDA, 2010).

Colunas de brita

O tratamento de solos moles com colunas de brita tem como objetivo a aceleração e redução da magnitude dos recalques, aumento da capacidade de suporte e melhoria da estabilidade global em solos moles.

Ao introduzir uma coluna de material granular no solo (Figura 2), cria-se uma interação com o solo circundante, tornando o conjunto colunas-solo mole mais rígido, com as colunas captando uma grande parte da carga aplicada. Como são de um material com granulometria maior do que a do solo mole, cria-se uma rede de fluxo preferencial, onde ocorre inicialmente um aumento da poropressão, seguida da dissipação do excesso de poropressão por entre as britas, que funcionam como um filtro drenante. 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; LIMA, 2012).

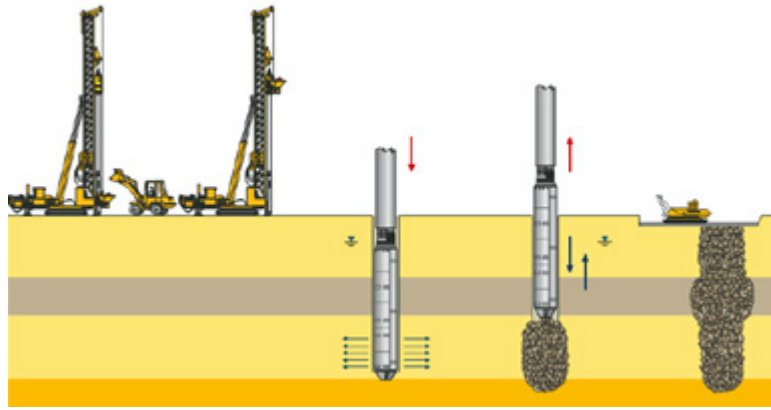


Figura 2 - Inclusão de colunas de brita no subsolo (KELLER, 2013)

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.

4 | ESTUDO GEOTÉCNICO

Projeto concebido pelo Arquiteto Lúcio Costa na década de 60, o Centro Metropolitano pertence ao Plano Piloto para a urbanização da região da Baixada de Jacarepaguá na cidade do Rio de Janeiro, que propunha a ocupação da região em questão, diante da necessidade de expansão para áreas ainda não urbanizadas, criando uma outra opção ao então centro histórico da cidade e outros pontos que já estavam com o mercado imobiliário saturados (IGNACIO, 2016).

De acordo com Baroni (2016), a Baixada de Jacarepaguá caracteriza-se como uma planície costeira formada, em grande parte, por espessos depósitos de solos moles, compostos por argilas de consistência muito mole ou mole e em geral, estão abaixo do nível d'água. Esses depósitos foram formados por ciclos de erosão e sedimentação, ocorridos durante os períodos de regressão e transgressão marítima, oriundas de oscilações do nível do mar, movimentos de tectonismo e isostasia (COSTA MAIA ET AL., 1984).

Desta forma, para viabilizar a urbanização do Centro Metropolitano, se fez e se faz necessário o uso de técnicas de projeto e construção sobre solos moles, tendo em vista as particularidades e más condições geotécnicas impostas por esses tipos de solos.

Localização da área de estudo

O Centro Metropolitano (Figura 3) está localizado no bairro de Jacarepaguá, Zona Oeste da cidade do Rio de Janeiro - RJ e está cercado pelas Avenidas Ayrton Senna, Avenida Embaixador Abelardo Bueno e Estrada Arroio Pavuna, totalizando

uma área de 5 km² e cerca de 80 quarteirões internos.

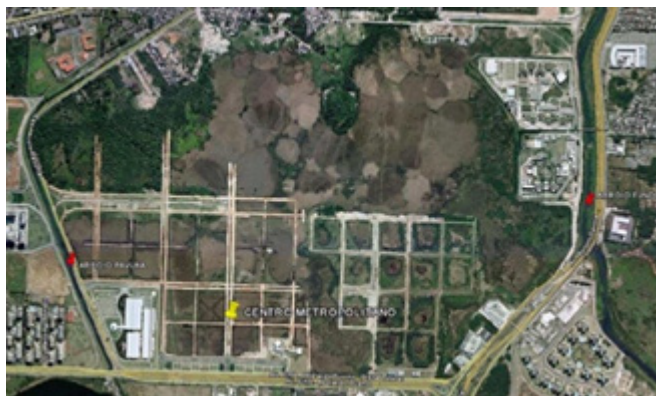


Figura 3 - Localização do Centro Metropolitano do Rio de Janeiro (GEOCONSULT, 2011)

Neste trabalho, serão abordados apenas os trechos do sistema viário em que foram previstos o uso de drenos fibroquímicos e colunas de brita, conforme Figura 4 a seguir.

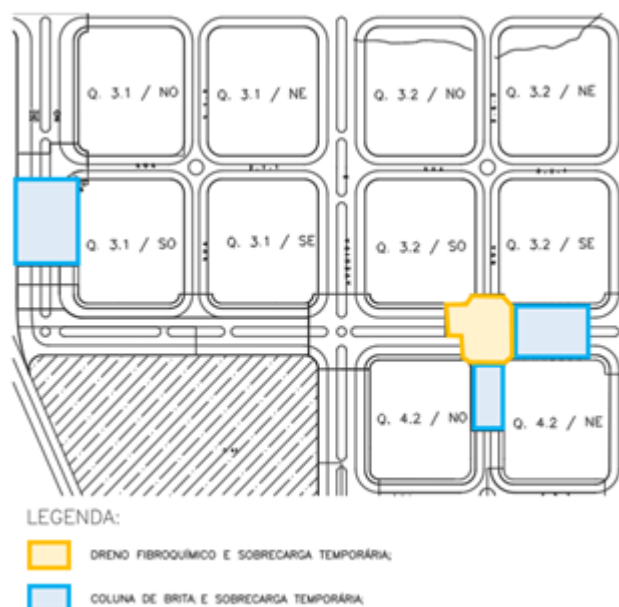


Figura 4 - Localização das soluções apresentadas (AUTORES, 2018)

Conforme Figura 4, a solução em Dreno fibroquímico e sobrecarga temporária foi realizada em uma região no encontro entre as Quadras Q.3.3/SO, Q.3.2/SE, Q.4.2/NO e Q.4.2/NE. A solução com Coluna de brita e sobrecarga temporária foi realizada em três regiões, uma entre as Quadras Q.3.2/SE e Q.4.2/NE, outra entre as Quadras Q.4.2/NO e Q.4.2/NE e a última à esquerda da Quadra Q.3.1/SO.

Caracterização geotécnica

Devido as propriedades geotécnicas desfavoráveis da região, foram executadas

diversas campanhas de investigações de campo: sondagens tipo SPT, verticais de Piezocone, ensaios de Dissipação da poropressão e Vane test. Também foram coletadas amostras indeformadas para realização de ensaios de laboratório: Caracterização completa, Triaxiais e Adensamentos Edométricos.

Com base nas investigações geotécnicas, foi possível aferir que o terreno é extremamente heterogêneo, com grande variabilidade horizontal e camadas espessas de solo muito mole. Os solos do Centro Metropolitano são basicamente de origem sedimentar, com camadas de areia fina a média e camadas de solo muito mole com espessuras de até 16 m. O nível d'água varia da cota +0,50 a +1,00 m e o terreno é delimitado lateralmente pelos córregos Arroio Pavuna e Arroio Fundo que deságuam na Lagoa de Marapendi, sendo canais de drenagem natural da região.

Para obter um panorama geral do subsolo, curvas de isoespessura foram elaboradas a partir da identificação de pontos de mesma espessura de argila mole encontrados nas sondagens SPT. Com a junção desses pontos é possível mostrar de forma gráfica e ampla as espessuras de solo mole da região. A Figura 5 a seguir apresenta as curvas de isoespessura de argila mole no trecho selecionado para estudo, onde observa-se a ocorrência de depósitos de solos moles de até 10 m.

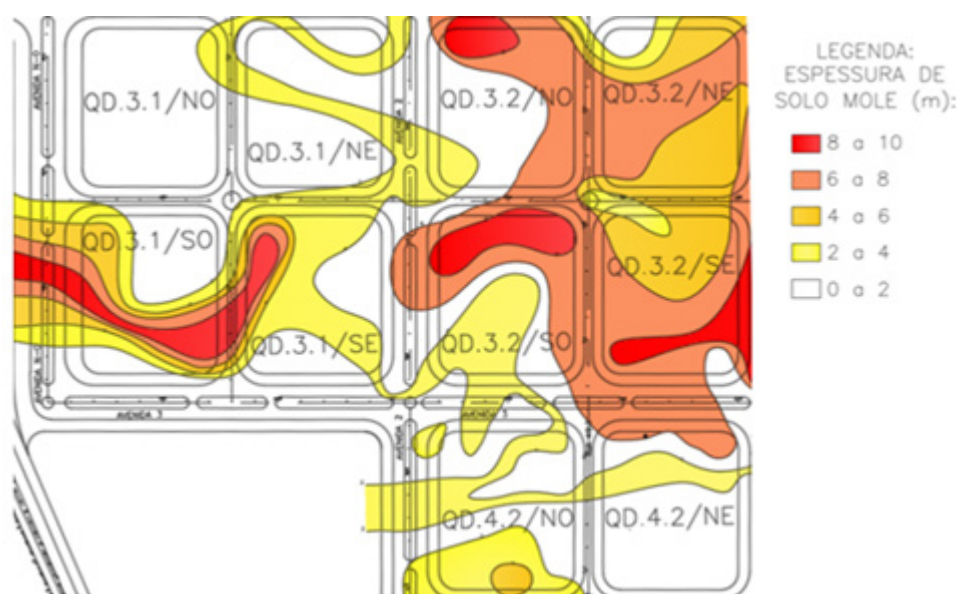


Figura 5 - Curvas de Isoespessura da região de tratamento (AUTORES, 2018)

5 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com base na investigação geotécnica foram indicadas as soluções técnicas de cada trecho, realizando análises geotécnicas e estimativas de esforços, e apresentado a seguir a análise dos resultados obtidos com cada técnica adotada.

Drenos fibroquímicos com sobrecarga temporária

Nas regiões com solo mole em profundidade com espessura inferior a 5,0 m, foi utilizada a solução em Adensamento Radial com a utilização de Dreno Fibroquímico e Sobrecarga Temporária. A partir das sondagens executadas, pode-se caracterizar as áreas com esta solução, como:

- Espessura de aterro antigo consolidado: $h_{\text{substituição}} \geq 3,0$ m;
- Espessura de solo mole: $\leq 5,0$ m;
- Altura máxima de aterro a ser executado: $h_{\text{aterro}} \leq 1,25$ m.

Afim de garantir a estabilidade do terreno foi necessário ser observado uma espessura mínima de aterro antigo consolidado de 3,00 m.

Com o intuito de acelerar os recalques estimados para a camada restante de solo mole foi indicada utilização de uma sobrecarga temporária com espessura de 1,50 m. No Quadro 1 é apresentado um resumo dos resultados obtidos para o recalque primário estimado no trecho e para o recalque secundário a processar, ambos calculados pela teoria proposta por Terzaghi (1925).

| $h_{\text{substituição}}$ (m) | h_{aterro} (m) | $h_{\text{sobrecarga}}$ (m) | Recalque Estimado (cm) | Recalque a processar (cm) |
|-------------------------------|-------------------------|-----------------------------|------------------------|---------------------------|
| 3,00 | 1,25 | 1,50 | 65,0 | 7,0 |

Quadro 1 - Resumo Solução em Adensamento Radial com a utilização de Dreno Fibroquímico e Sobrecarga Temporária (ADAPTADO DE GEOCONSULT, 2012)

Conforme observado no Quadro 1, na condição com uma espessura de aterro antigo consolidado de 3,00 m, uma altura de aterro a ser executado de 1,25 m, conforme projeto de implantação e drenagem, e uma sobrecarga temporária com espessura de 1,50 m, estimou-se um recalque de 65,0 cm, um recalque de 7,0 cm a processar, conforme cálculos realizados, acrescidos do recalque secundário estimado e um Fator de Segurança crítico de 1,49, obtido para a estabilidade da situação em questão

Devido à grande heterogeneidade do terreno, com variações de espessura de solo mole, o recalque estimado irá variar entre 30 e 80 cm ao longo do trecho com esta solução.

Foi estabelecida uma malha quadrangular de 1,50 m x 1,50 m para a instalação dos drenos fibroquímicos, que deverão possuir comprimento médio de $10,0 \pm 0,50$ m e se estender também ao longo de toda a área de projeção da saia do aterro. Na Figura 6 a) e b), pode-se observar a área com a cravação dos drenos e com os drenos já instalados.



Figura 6 - (a) Cravação de drenos fibroquímicos, (b) Locação de drenos e marcação de drenos fibroquímicos executados (ADAPTADO DE GEOCONSULT, 2012)

As deformações foram observadas e monitoradas com placas de recalque até a sua estabilização, para a liberação dos trechos com esta solução. Após a estabilização dos recalques a níveis satisfatórios, residuais inferiores a 10 cm, a sobrecarga temporária foi removida para execução da pavimentação. As galerias de drenagem pluvial foram executadas após aceleração dos recalques.

Colunas de brita com sobrecarga temporária

A Solução com Coluna de Brita e Sobrecarga Temporária foi utilizada para áreas com as seguintes características:

- Espessura de aterro superficial: $h_{\text{substituição}} \geq 2,5$ m (com base na cota +0,80 m);
- Espessura de solo mole: $\leq 8,0$ m;
- Altura máxima de aterro a ser executado: $h_{\text{aterro}} \leq 1,5$ m.

Uma espessura mínima de aterro superficial foi obrigatória, e em áreas com solo mole superficial se tornou necessária a realização de substituição com uma espessura mínima de 3,0 m do solo mole por areia, com a finalidade de garantir condições de trabalho através de uma plataforma e remoção da camada superficial de turfa, além da garantia do confinamento do topo das colunas de brita. No Quadro 2 tem-se os resultados obtidos para o recalque primário estimado no trecho e para o recalque secundário a processar, ambos calculados pela teoria proposta por Terzaghi (1925).

| $h_{\text{substituição}}$ (m) | h_{aterro} (m) | $h_{\text{sobrecarga}}$ (m) | Recalque Estimado (cm) | Recalque a processar (cm) |
|----------------------------------|----------------------------|--------------------------------|---------------------------|------------------------------|
| 3,00 | 1,50 | 1,50 | 92,0 | 8,0 |

Quadro 2 - Resumo Solução do tipo Terreno Melhorado com Coluna de Brita e Sobrecarga Temporária (ADAPTADO DE GEOCONSULT, 2012)

Conforme observado no Quadro 2, na condição com uma espessura de substituição de solo mole por areia de 3,00 m, uma altura de aterro a ser executado de 1,50 m, conforme projeto de implantação e drenagem, e uma sobrecarga temporária com espessura de 1,50 m, estimou-se um recalque de 92,0 cm, um recalque de 8,0 cm a processar, conforme cálculos realizados, acrescidos do recalque secundário estimado e um Fator de Segurança crítico de 1,52, obtido para a estabilidade da situação em questão.

Devido à grande heterogeneidade do terreno, o recalque estimado para o solo variou entre 30 a 100 cm ao longo do trecho com esta solução.

O dimensionamento das colunas foi realizado com base no método de Priebe (1995). As colunas possuem diâmetro nominal de 80,0 cm, com espaçamento máximo entre colunas de 2,50 m e comprimento médio das colunas estimado em 12,0 m. Na Figura 7 a) e b), pode-se observar a área com a execução das colunas de brita no Centro Metropolitano.



Figura 7 - Execução das colunas de brita no Centro Metropolitano. (a) vista lateral (b) vista frontal (ADAPTADO DE GEOCONSULT, 2012)

As deformações foram observadas e monitoradas com placas de recalque até a sua estabilização, para a liberação dos trechos com esta solução. Após a estabilização dos recalques a níveis satisfatórios, residuais inferiores a 10 cm, a sobrecarga temporária foi removida para execução da pavimentação. As galerias de drenagem pluvial foram executadas após aceleração dos recalques.

6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio deste trabalho, foi possível apresentar duas soluções técnicas para a construção sobre solos moles nas vias internas do Centro Metropolitano do Rio de Janeiro.

Tanto a técnica de drenos fibroquímicos quanto a técnica de colunas de brita,

ambas associadas a adição de sobrecarga temporária, se mostraram promissoras para acelerar o processo de adensamento e transpor os recalques de grande magnitude gerados por camadas de até 10 m de argilas moles encontradas na região.

Apesar do desenvolvimento de diversas pesquisas acerca desta temática, ainda se faz necessário ressaltar a importância de uma ampla campanha de investigação geotécnica, abrangendo ensaios de campo e de laboratório que viabilizem a caracterização do local de forma realista, permitindo assim a elaboração de um projeto eficiente, como no caso apresentado. Além disto, a difusão destes tipos de técnicas construtivas auxilia o projetista na tomada de decisão, principalmente no que tange redução de prazos construtivos e de custos - questões que, atualmente, são de extrema importância na construção civil.

7 | AGRADECIMENTOS

À Fundação Instituto de Geotécnica -Geo-Rio e ao Engenheiro M.Sc. Uberecilas F. Polido da empresa Geoconsult pela cessão dos dados utilizados no presente trabalho.

REFERÊNCIAS

- Almeida, M. S.; Marques, M. E. S. (2014) **Aterros sobre solos moles: projeto e desempenho, 2ª edição revista e atualizada**. São Paulo: Oficina de Textos.
- 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.
- Bedeschi, M. V. R. (2004) **Recalques em aterro instrumentado construído sobre depósito muito mole com drenos verticais na Barra da Tijuca, Rio de Janeiro**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Costa Maia, M. C. A.; Martin, L.; Flexor, J. M.; Azevedo, A. E. G. (1984). **Evolução holocênica da planície costeira de Jacarepaguá (RJ)**. In Anais do XXXIII Congresso Brasileiro de Geologia, Rio de Janeiro.
- 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]
- 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.
- Keller (2013) **Material publicitário**, [obtido em outubro de 2015]

Lima, B. T. (2012) **Estudo do uso de Colunas de Brita em solos argilosos muito moles**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Lima, B. T. **Modelagem Numérica da Construção de Aterro Instrumentado na Baixada Fluminense, Rio de Janeiro**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual do Rio de Janeiro, 2007.

Perboni, J. P. (2003) **Análises de estabilidade e de compressibilidade de aterros sobre solos moles - Caso dos aterros de encontro da ponte sobre o Rio dos peixes (BR 381)**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Ouro Preto.

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. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Terzaghi, K. (1925) **Erdbaumechanik auf Bodenphysikalischer Grundlage**. Franz Deuticke, Leipzig-Vienna.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Análise numérica 130

Arenito 35, 37, 119, 120, 121, 122, 125, 128

Aterro 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 39, 47, 49, 50, 52, 57, 58, 59, 60, 61, 65, 66, 67, 84, 88, 145, 146, 151, 153, 154, 155

B

Backfill 62, 63, 65, 66

Barragem 66, 105, 106, 107, 108, 112, 114, 116

C

CCP 38, 39, 40, 41, 42, 48

Cepilhamento 38, 39, 41, 42, 46, 48

Colunas de brita 50, 51, 52, 53, 54, 55, 58, 59, 60, 61

Compressão simples 1, 4, 7, 26, 27, 29, 30, 32, 33, 35, 36, 37, 116

D

Deslizamento 64, 79, 80, 91, 92, 93, 98, 104

Disposição de rejeitos 62, 63, 65

Drenos fibroquímicos 50, 51, 52, 53, 55, 57, 58, 59

E

Embutimento em rocha 139, 141

Encostas urbanas 91

Ensaio 1, 7, 9, 13, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 38, 41, 42, 43, 46, 47, 48, 49, 56, 60, 64, 73, 105, 106, 107, 108, 109, 113, 114, 115, 116, 118, 120, 121, 122, 124, 125, 128, 133, 145, 148, 149, 150, 151, 152, 154

Estabilização 4, 26, 27, 36, 37, 38, 39, 46, 48, 52, 58, 59, 68, 76, 78, 83, 84, 85, 144, 150

Estabilização de encostas 78, 83, 85

Estacas 86, 87, 88, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142

F

Formação Chicontepec 119, 120, 121

Formação Santos 119, 121, 122, 123, 124, 126, 127, 128

I

Implantação 3, 39, 52, 57, 59, 60, 74, 75, 76, 85, 91, 93, 105, 112, 155

Investigações geológicas-geotécnicas 105

M

Material pétreo 14, 116

Mistura asfáltica 14, 20

O

Ocupação antrópica de encostas 78

P

Pavimentação 5, 26, 27, 30, 32, 35, 36, 37, 58, 59, 155

Poliestireno expandido (EPS) 1, 2

R

Radier estaqueado 130, 131, 134, 136, 137, 139, 142

Recalque 12, 47, 50, 51, 57, 58, 59, 130, 131, 134, 136, 139, 140, 141, 142, 148

Rejeitos de mineração 62

Reservatório arenítico turbidítico 119

Resíduo 17, 21, 22, 37, 38, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 48

Resíduos cerâmicos 14, 16, 20, 21

Resíduos de construção e demolição 14, 16, 25

Resistência à compressão simples 26, 27, 29, 30, 33, 35, 36, 116

Resistência à compressão uniaxial 109, 118, 119, 120, 125, 128, 132, 133

Risco geológico 78, 81, 82, 83, 92, 96, 98

S

Solo 3, 5, 26, 27, 28, 29, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 52, 53, 54, 56, 57, 58, 59, 64, 66, 70, 78, 79, 80, 81, 82, 84, 85, 86, 87, 88, 93, 94, 105, 108, 109, 112, 113, 114, 116, 130, 131, 134, 135, 136, 137, 139, 142, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155

Solo-cal 26, 27, 28, 29, 33, 35, 36

Solos moles 1, 2, 3, 13, 50, 51, 52, 53, 54, 56, 59, 60, 61, 144, 145, 147, 148, 151, 153, 154, 155

Stone Matrix Asphalt 14, 15, 16, 25

T

Tubos de geotêxteis 62

Z

Zoneamento de risco 91, 92, 98

Agência Brasileira do ISBN

ISBN 978-85-7247-746-8



9 788572 477468