

PAVIMENTAÇÃO EM TERRENOS DE SOLOS MOLES: A UTILIZAÇÃO DE COLUNAS GRANULARES ENCAMISADAS

Bruno Sgarbi¹, Rafaela Chiarani², Ronaldo Garcia³

¹Universidade do Vale do Paraíba / Estudante de Engenharia Civil, Av. Shishima Hifumi, 2911 - Urbanova São José dos Campos – SP, e-mail: bruno.sgarbi@tegma.com.br

²Universidade do Vale do Paraíba / Estudante de Engenharia Civil, Av. Shishima Hifumi, 2911 - Urbanova São José dos Campos – SP, e-mail: rafaela.chiarani@gmail.com.br

³Universidade do Vale do Paraíba / Mestre Engenheiro Civil, Av. Shishima Hifumi, 2911 - Urbanova São José dos Campos – SP, e-mail: rgarcia@univap.br

Resumo – Com o crescimento das cidades e do ramo imobiliário-habitacional, áreas com solos moles, imensamente piores para execução de estruturas, são relegadas ao setor de infra-estrutura. Serão apresentadas neste trabalho algumas soluções que vem sendo utilizadas recentemente com bons indicadores em termos de prazo, custo e qualidade para o tratamento destas áreas, como as novas técnicas, que empregam de geossintéticos e aterro de sobrecarga a geodrenos e soluções clássicas, como substituição de solo, trazendo um foco maior nas colunas granulares, suas propriedades, benefícios e um exemplo de integração de outras técnicas a esta.

Palavras-chave: Solos Moles, Tratamentos, Colunas Granulares.

Área do Conhecimento: Geotecnia

INTRODUÇÃO

A engenharia civil necessita como item básico de seus processos, de espaço. Fato posto que a composição do solo dependa de sua localização e das condições em que se formou, não é incomum encontrar áreas que muitas vezes inviabilizam as construções por meio de seus métodos tradicionais. Como as áreas de solos melhores a este destino estão acabando rapidamente em meio à corrida imobiliária que temos hoje, cabe à Engenharia Civil descobrir e desenvolver novos métodos para tratar áreas antes consideradas indesejáveis.

Tendo em mãos novas tecnologias, é possível a este setor aproveitar áreas consideradas inadequadas do ponto de vista técnico e financeiro, viabilizando construções das mais diversas em praticamente qualquer local que se deseje.

Dentre estas é possível citar o uso de uma técnica conhecida como STABTEC, que mistura aglomerantes ao solo mole, geodrenos, que agem como elementos drenantes juntamente com um aterro de sobrecarga para um adensamento mais rápido, o uso de geossintéticos como os geotêxteis e geogrelhas para melhora das propriedades mecânicas dos solos. Também técnicas mais antigas, como a remoção de solo, que consiste em substituir camadas ruins de solo por outras melhores e também as Colunas Granulares, foco deste trabalho, que consiste em formar colunas profundas de areia ou brita no solo a ser tratado.

Segue também como consideração o fato de que as técnicas não se excluem e podem ser utilizadas conjuntamente, melhorando camadas específicas cada uma ou sendo utilizadas com o mesmo propósito e no mesmo contexto. (Avesani, 2010).

SOLOS MOLES

Segundo Massad (2003), solos moles são solos sedimentares com baixa resistência à penetração onde os valores de SPT (*Standard Penetration Test* ou Teste Padrão de Penetração) não superiores a 4 golpes. São, em geral, argilas moles ou areias argilosas fofas de deposição recente, isto é, formadas durante o Quaternário. As origens dos solos moles são as mais variáveis possíveis, desde o fluvial até o costeiro. Eles se distinguem quer pelo meio de deposição (água doce, salgada ou salobra); quer pelo processo de deposição (fluvial ou marinho) ou ainda pelo local de deposição (várzea ou planícies de inundação, praias, canais de mar, etc.). E com o crescimento populacional, vê-se cada vez mais necessário o tratamento destes tipos de solo para construções de obras viárias.

TRATAMENTOS

Há um grande número de métodos de tratamentos para solos moles.

Reforços dos solos com Geossintéticos

Geossintéticos são produtos industrializados poliméricos (sintéticos ou naturais), cujas propriedades contribuem para melhoria de obras geotécnicas, nas quais eles desempenham principalmente funções de reforço, filtração, drenagem, proteção, separação, controle de fluxo (impermeabilização) e controle de erosão superficial.

A grande versatilidade destes produtos, associada ao desenvolvimento tecnológico das últimas décadas, os torna presentes e indispensáveis em praticamente todas as obras geotécnicas da atualidade, permitindo reduzir custos e prazos, facilitar os procedimentos e melhorar a confiabilidade. Suas propriedades os tornam também grandes aliados dos geotécnicos na solução ou na prevenção de problemas ambientais (NBR 12553:2003).

Os geossintéticos mais utilizados em aterros de solos moles são as geogrelhas que e os geotêxteis.

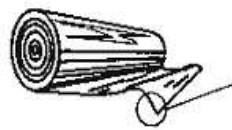
As geogrelhas são materiais sintéticos em forma de grelha, conforme detalhes na Figura 1, desenvolvidos especificamente para reforços de solos, que podem ser unidirecionais, quando apresentam elevada resistência e rigidez à tração em apenas uma direção ou bidirecionais, quando apresentam elevada resistência e rigidez à tração nas duas direções ortogonais.

Utilizar as geogrelhas em aterros de solos moles constitui-se em uma solução econômica, segura, de rápida execução e de menor impacto (Ehrlich; Becker, 2009).



Figura 1: Detalhes da Geogrelha.

Os geotêxteis são materiais têxteis bidimensionais permeáveis que, em função da distribuição das fibras ou filamentos, podem ser tecidos, com filamentos dispostos em duas direções ortogonais, ou não tecidos, com fibras distribuídas aleatoriamente, conforme detalhes na Figura 2, os quais são interligados por processos mecânicos, térmicos ou químicos. O material apresenta elevada resistência à tração e baixa deformação na ruptura, bem como baixa suscetibilidade à fluência (deformação ao longo do tempo de um material submetido a uma carga ou tensão constante) (Ehrlich; Becker, 2009).



geotêxtil tecido geotêxtil não-tecido

Figura 2: Detalhes dos Geotêxteis Tecidos e Não Tecidos.

Os polímeros utilizados na fabricação dos geossintéticos também influenciam o seu desempenho como reforço. Para reforços estruturais de aterros de solos moles são indicados geogrelhas ou geotêxteis tecidos de PET (Poliéster) ou PVA (Álcool de Polivinila). (Almeida, 2010).

Drenos Verticais e Sobrecarga

O dreno vertical, ou geodreno, é aplicado com o intuito de acelerar a velocidade de recalque de construções executadas sobre solos moles, podendo reduzir o tempo de ocorrência destes, de anos para apenas alguns meses. É constituído por um núcleo maciço de PEAD – Polietileno de Alta Densidade, do qual saem diversas pequenas paredes verticais nas duas faces, formando canais. O núcleo é envolvido em um geotêxtil não-tecido, conforme Figura 3, o qual funciona como filtro e separador, deixando apenas a água penetrar no dreno. A água captada pelo dreno é conduzida através dos canais do núcleo até a superfície do terreno, sendo drenada pela camada de dreno superior, colocada na superfície do terreno.

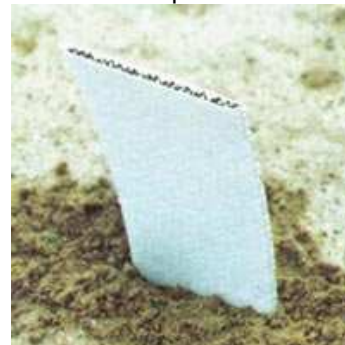


Figura 3: Núcleo maciço do Geodreno envolvido por um geotextil não-tecido (Engepol, 2011).

Nos aterros construídos sobre geodrenos, inicialmente executa-se a camada ou colchão de dreno, normalmente feitos de areia e seguidos da cravação dos drenos, que é realizada por meio de equipamentos de cravação, que apresentam grande produtividade - cerca de 2 km por dia (Almeida, 2010).

Para evitar danos mecânicos ao reforço são utilizados geossintéticos para reforço estrutural (www.engepol.com, 2011).

Para auxiliar o geodreno na aceleração dos recalques é utilizada a técnica de aterro de

sobrecarga temporário, conforme indicado na Figura 4, em que o solo mole de fundação sofre um carregamento superior àquele que atuará durante o tempo de vida útil da obra. Desta forma, há uma consolidação da camada de solo mole, cuja resistência sofre um acréscimo e os recalques primários, e até secundários, são antecipados (Avesani, 2010).

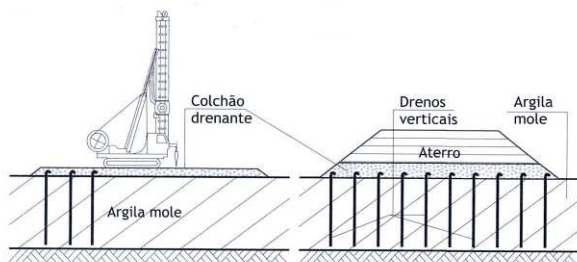


Figura 4: Detalhe dos drenos verticais e do aterro sobrecarga (Almeida, 2010).

Sistema STABTEC

O Sistema STABTEC trata-se de uma mistura de elementos aglomerantes em pó com solos moles (turfas e solos dragados, por exemplo), mistura essa mecânica, que atuará como estabilizador de massa, permitindo a absorção de tensões impossíveis no estado natural da área.

Utiliza-se, para a consolidação desses solos moles, em geral, aglomerantes secos em pó, sendo um único tipo ou vários. O aglomerante será determinado após os estudos preliminares do solo, pois alguns deles não reagem à água intersticial do solo em questão, quando esses são muito agressivos, o que faz da técnica um bom método para tratar solos contaminados, onde muitas vezes o aglomerante age também como purificador. Assim o tipo de aglomerante a utilizar vai depender de suas propriedades e característica, podendo ser à base de cimento, cal, escória de alto forno, fibras minerais e mistas.

Entretanto há ainda uma etapa preliminar para deixar a área trabalhável (que permita o trânsito de máquinas e o transporte do próprio aglomerante) que é a criação de um aterro de conquista, que consiste em lançar material sobre o solo de baixa consistência ou um aterro de ponta onde simplesmente se lança material sobre o solo.

O processo consiste no uso de uma escavadeira com um multimisturador, que injeta o aglomerante no solo por um mangote conectado com a ajuda de ar comprimido, através de bicos injetores dispostos em pás rotativas, como pode ser visto na Figura 5. O aglomerante é armazenado em grandes tanques pressurizados, que alimenta o multimisturador em dosagens pré-definidas. Ele é executado em áreas de 4,0 m x 4,0 m, trabalhando

em profundidades máximas de 6,0 m, por um equipamento capaz de produzir 800,00 m³/dia.



Figura 5: Detalhe esquemático do Sistema STABTEC (SILVA; BATISTA; SANTOS; BARROS, 2010).

Suas principais vantagens são: a grande velocidade na estabilização de massas, não há necessidade de substituição de solos ou aterros provisórios. O equipamento possui capacidade de armazenar dados durante o processo de estabilização, o controle preciso do fluxo e pressão do aglutinante, gerando relatórios detalhados, reduzindo custos e melhorando o desempenho (SILVA; BATISTA; SANTOS; BARROS, 2010).

Substituição de Solos Moles

A Técnica de substituição da camada de solo mole é a mais antiga e usual forma de atuação em situações de camadas pouco espessas, se as distâncias de transportes não forem grandes.

Esta substituição consiste na retirada, total ou parcial, desses solos por meio de dragas ou escavadeiras e na imediata colocação de aterro em substituição ao solo mole, conforme a sequência detalhada na Figura 6. Este método construtivo, utilizado em geral em depósitos com espessura de solos compressíveis de até 4 m, tem como vantagem a diminuição ou a eliminação dos recalques.

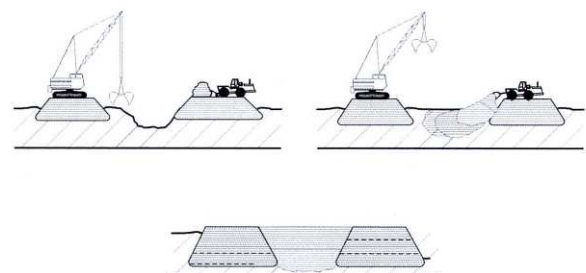


Figura 6: Seqüência executiva do método de Substituição de Solos (Almeida, 2010).

Porém, em áreas urbanas, é difícil obter áreas para a disposição deste material escavado, além da questão ambiental associada a essa disposição (Almeida, 2010).

Colunas Granulares

Um dos métodos mais utilizados para o melhoramento de solos é a execução de uma malha de colunas granulares compactadas de areis ou brita na camada de argila.

O tratamento de solos moles por colunas granulares promove a dissipação de poropressões por drenagem radial, acelerando os recalques e aumentando a resistência ao cisalhamento da massa de solo de fundação.

As Colunas Granulares podem ser divididas em Tradicionais, conforme Figura 7, e Encamisadas. O encamisamento dessas colunas, com o uso de geossintéticos tubulares de alto módulo perimetral, conforme Figura 8, maximiza o desempenho das colunas (Almeida, 2010).

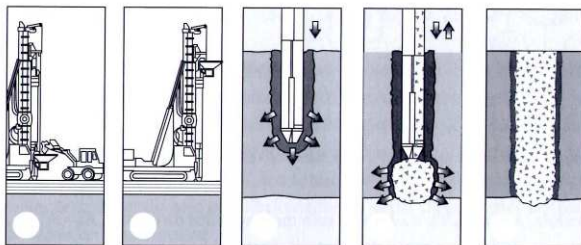


Figura 7: Seqüência de execução de coluna granular tradicional (Almeida apud Raithel; Kempfert, 2000).

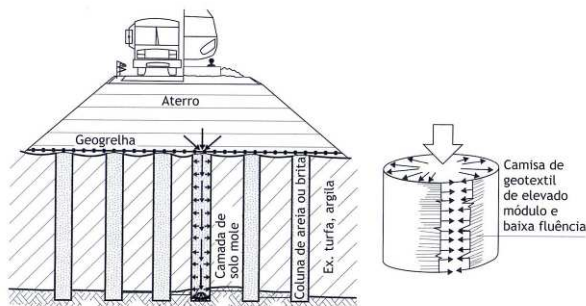


Figura 8: Esquema de um aterro executado sobre colunas encamisadas com geossintéticos (Almeida apud Raithel; Kempfert, 2000).

COMPARAÇÕES ENTRE OS TRATAMENTOS

A escolha do método construtivo mais adequado está associada a diversas questões como as características geotécnicas dos depósitos, a utilização da área, incluindo a vizinhança e os prazos construtivos e custos envolvidos.

Reforços dos solos com Geossintéticos:
Vantagens: São econômicos, resistentes à tração, têm rápida execução e menor impacto ao meio ambiente

Desvantagens: Existe uma incerteza da durabilidade do material e existem possíveis danos

a esse material durante a estocagem, manuseio e instalação do produto.

Drenos Verticais e Sobrecarga:

Vantagens: Acelera os recalques e é eficaz em eventuais deslocamentos do terreno, graças a flexibilidade dos drenos.

Desvantagens: Para que aja um adensamento do solo mais rápido, é necessário utilizar um aterro temporário de sobrecarga e com isso o método fica relativamente mais caro e mais lento.

Sistema STABTEC:

Vantagens: Há uma maior velocidade na estabilização de massa, não sendo necessária a substituição de solo ou aterros provisórios.

Desvantagens: Há uma limitação de espessura da camada de tratamento e o custo do equipamento é elevado.

Substituição de Solos Moles:

Vantagens: Com a retirada do solo ruim e a colocação de um adequado é gerada uma diminuição ou até uma eliminação de todos os recalques, bem como sua execução é rápida.

Desvantagens: Com as áreas urbanas expandindo seus limites, fica difícil achar áreas para depositar o material escavado e em alguns momentos os locais existentes são muito distantes, deixando o transporte do material muito mais caro.

Colunas Granulares:

Vantagens: Minimiza os recalques em longo prazo, aumenta a capacidade de carga, acelera o adensamento, sua execução é rápida e o encamisamento dessas colunas com geossintéticos tubulares melhora o seu desempenho.

Desvantagens: Seu equipamento é caro e é necessário fazer testes de campo preliminares.

O USO DE COLUNAS GRANULARES ENCAMISADAS

Trata-se do confinamento e do reforço das estacas de areia ou brita nos sistemas de melhora de solos moles na implantação de aterros, conforme. Na prática, este encamisamento com geossintéticos, como pode ser visto na Figura 9, gera um aumento de rigidez às colunas granulares, não só as mantendo integras com também aumentando a capacidade de suporte. Assim o solo, inicialmente mole, ganha resistência e possibilita a implantação de aterros no local. (Santos; Quiroz; Vifdal, 2008).

Outro aspecto positivo da técnica de melhoria de solos por Colunas Granulares Encamisadas é a facilidade construtiva que a técnica apresenta,

visando baixar custos da implantação de projetos de aterros de solos moles.

Listadas abaixo algumas de suas características mais marcantes:

- 1-Ideal para solos moles com $CU < 15 \text{ kN/m}^2$;
- 2-Quase todos os assentamentos realizados dentro do período de construção;
- 3-Os prédios adjacentes não são afetados pela obra;
- 4- Pronto para receber as cargas imediatamente após a construção (aterros altos em curto prazo sem risco de colapso da base);
- 5-Altamente adaptável às condições e carregamento locais;
- 6-Evita a remoção de solo (utiliza o método de deslocamento de solo);
- 7-Não influencia o fluxo de lençóis freáticos;
- 8-A vedação da base protege os aquíferos subterrâneos;
- 9-Otimiza o uso do espaço na obra e diminui custo de escavação e descarte de solo;
- 10-Reduz tempo e custos de construção;
- 11-O sistema não é rígido e pode absorver cargas dinâmicas sem causar danos;
- 12-Rápida consolidação do solo.
(www.huesker.com, 2011).



Figura 9: Coluna Granular Encamisada (Huesker, 2006).

CONCLUSÃO

A Engenharia de Solos tem se desenvolvido de maneira a possibilitar, cada vez mais, qualidade e baixos custos para os projetos em aterros, mesmo que ainda careça de investimentos e pesquisas.

Juntamente com o desenvolvimento de geossintéticos, tem-se aberto um grande leque de possibilidades e trabalhos, onde cada técnica tem suas vantagens e desvantagens, sendo escolhidas de acordo com a velocidade de execução, capacidade de carga desejada para o aterro, custo final do projeto.

Nesse íterim, as colunas granulares encamisadas têm demonstrado boa aceitação entre projetistas e executores, por ser um método rápido e confiável, podendo ser utilizados em solos realmente ruins e atendendo sempre com excelência as expectativas depositadas.

AGRADECIMENTO

Agradecemos ao ilustre Professor e todos os títulos que vêm depois por sua colaboração e dedicação ao nos apoiar neste trabalho, direcionando nossas pesquisas e orientando nossos procedimentos, bem como a nossos pais e amigos por todo o apoio e compreensão nessa etapa de nossas vidas.

REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 12553:2003. Geossintéticos – Terminologia*. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2003.

ALMEIDA, M.S.S. *Aterros sobre solos moles: projeto e desempenho*. 1ª edição, Editora Oficina de Textos, São Paulo, 2010.

AVESANI, J.O.N. *Reforço de solos moles com geossintéticos*. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 9 f, 2010.

EHRlich, M; BECKER, L. *Muros e taludes de solo reforçado: projeto e execução*. 1ª edição, Editora Oficina de Textos, São Paulo, 2009.

<http://www.engepol.com/resources/pdf/geossintetic-o-cap8.pdf> (consultado no dia 25 de maio de 2011).

http://www.huesker.com/fileadmin/Content_Media/Brazilianisch/Job_Reports/HR_Vidoca_2a.pdf (consultado no dia 11 de abril de 2011).

<http://www.huesker.com/br/geossinteticos/produto/fortracr/> (consultado no dia 11 de abril de 2011).

XVINIC

Encontro Latino Americano
de Iniciação Científica

XI EPG

Encontro Latino Americano
de Pós Graduação

VINIC Jr

Encontro Latino Americano
de Iniciação Científica Júnior

<http://www.huesker.com/br/geossinteticos/produtos/ringtracr/> (consultado no dia 11 de abril de 2011).

MASSAD, F. **Obras de Terra. Curso Básico de Geotecnia**. Editora Oficina de Textos, São Paulo, 2003.

SANTOS, C.T.; QUEIROZ, P.I.B.; VIDAL, D.M. **Design Techniques for Geotextile-Encased Columns – A Review**. In: The First Pan American Geosynthetics Conference & Exhibition, 2008 , Cancun, Mexico, p. 1-10.

SILVA, C.A.G.; BATISTA F.M.; SANTOS, J.B.; BARROS, M.O. **Tratamento de Solos Moles com o sistema STABTEC**. 2010. 83 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Anhembi Morumbi, 2010.