



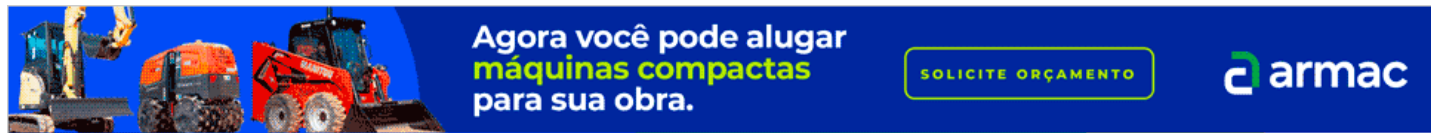
ARTIGO

**ESPECIALIZAÇÃO EM
INVESTIGAÇÃO DE SUBSOLO**

ipt
INSTITUTO DE
PESQUISAS
TECNOLÓGICAS
ENSINO TECNOLÓGICO

CONSTRUIR EM TERRENO COM SOLO MOLE: COMO FAZER?

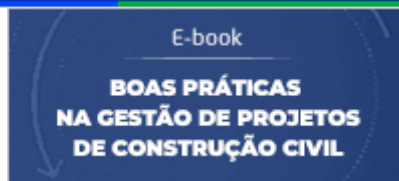
**ELIZABETH SIQUEIRA
GISLEINE COELHO DE CAMPOS**



Agora você pode alugar **máquinas compactas** para sua obra.

SOLICITE ORÇAMENTO

armac



E-book

**BOAS PRÁTICAS
NA GESTÃO DE PROJETOS
DE CONSTRUÇÃO CIVIL**

Construir em terreno com solo mole: como fazer?

Elizabeth Siqueira, aluna de pós-graduação (especialização) em Investigação do Subsolo: Geotecnia e Meio Ambiente do IPT, Gisleine Coelho de Campos, Pesquisadora do IPT



Coordenação técnica: Adriana Camargo de Brito

Comitê de revisão técnica: Adriana Camargo de Brito, Cláudio Vicente Mitidieri Filho, José Maria de Camargo Barros, Luciana Oliveira e Maria Akutsu

Apoio editorial: Cozza Comunicação

26/07/2021 | 09h15 - Com o crescimento demográfico e a construção de grandes obras da engenharia moderna, muitos sítios nobres, com solos mais resistentes, homogêneos, pouco deformáveis e erodíveis, já foram ocupados; com isso, regiões menos valorizadas se tornaram as únicas opções disponíveis para as novas construções.

A fim de conviver com as situações adversas do solo, tais como elevada deformabilidade, erodibilidade e baixa resistência, novas soluções geotécnicas se tornaram necessárias para viabilizar a construção, em especial de habitações unifamiliares, onde o uso de fundação direta normalmente representa uma solução de baixo custo, comparativamente às demais soluções técnicas de projeto possíveis.

A fundação direta, no aspecto econômico, é atraente para esses tipos de habitações pois, para ser executada, não requer a utilização de equipamentos e mão de obra especializada. Todavia, se não for bem dimensionada e executada, e se o solo não for resistente o suficiente para absorver suas tensões, pode resultar em recalques elevados ou rupturas súbitas, e conseqüente comprometimento de sua integridade estrutural e segurança.

Neste cenário e considerando-se os diversos estudos já desenvolvidos com materiais geossintéticos, fez-se um estudo, em escala laboratorial, para avaliar os efeitos do geossintético, mais particularmente das geogrelhas, no comportamento de fundações diretas do tipo sapatas.

Define-se como fundação direta ou rasa aquela em que as cargas da edificação são transmitidas ao solo logo nas primeiras camadas. Para isso ocorrer, é necessário que o solo, em suas camadas superficiais, tenha resistência suficiente para suportar o carregamento.

ENSAIOS EM MODELOS REDUZIDOS

No laboratório, montaram-se modelos reduzidos, conforme indicado na **Figura 1**. A **Figura 2** mostra um esquema simplificado do modelo físico, usando-se camadas de 2 cm de areia fina compactadas, com densidade relativa de $\gamma=14 \text{ kN/m}^3$; dispostas sobre uma espuma (colorida verticalmente com diferentes cores em camadas de 2 cm para melhor visualização da deformação do solo mole simulado), e empregando-se, em alguns casos, geogrelha, como elemento de reforço na base do aterro, visando elevar a capacidade de suporte do conjunto.

Para simular um aterro sobre solo mole, foram utilizados os materiais mostrados na **Figura 3**. Uma espuma plana com densidade igual a $0,27 \text{ kN/m}^3$, cujas dimensões foram $50 \text{ cm} \times 50 \text{ cm} \times 12 \text{ cm}$. Para aplicação da carga foi adotado um sistema composto por massas padronizadas, totalizando $0,18 \text{ kN}$, um relógio comparador devidamente calibrado, e uma placa de aço rígida de $10 \text{ cm} \times 15 \text{ cm} \times 1 \text{ cm}$ com uma haste de aço fixada em seu centro, simulando uma sapata associada, simétrica. Em torno da placa de prova não havia outras cargas aplicadas no terreno. A transmissão de carga se deu verticalmente no centro da placa, garantindo a não produção de choques e trepidações durante a execução das provas de carga. As medições dos recalques foram feitas à medida que as cargas eram aplicadas.

Figura 1 – Imagem do modelo reduzido em laboratório, com sistema de carregamento por massas sobre elemento rígido retangular representativo do elemento de fundação. O relógio comparador foi usado para medir os recalques a cada estágio de carregamento do solo.

Figura 2 – Croqui do perfil do solo usado na modelagem física.

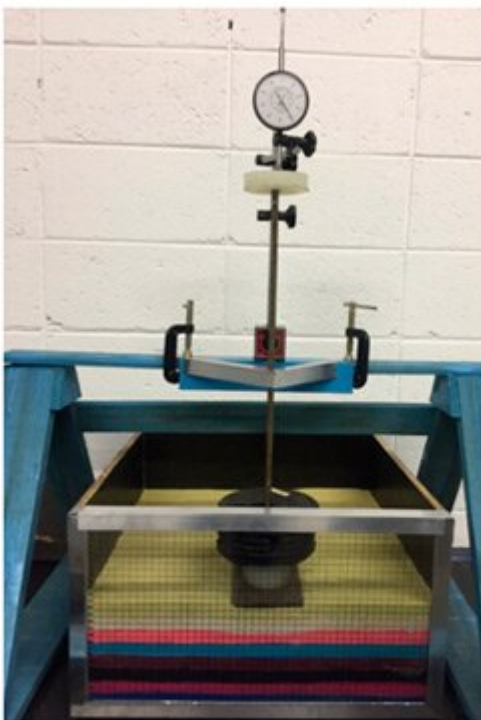


Figura 3 – Ilustração dos materiais usados na modelagem física.



As geogrelhas são produtos manufaturados pela indústria, sendo constituídos de materiais distintos, em formatos variados e com diferentes preenchimentos no campo; podem ser usadas normalmente para reforço de estruturas de solo por possuírem elementos com grande resistência e rigidez à tração, permitindo um aumento na resistência do solo. Portanto, proporcionam um aumento na capacidade de carga do solo, reduzindo os recalques da fundação. Usualmente são dispostas sobre o solo a fim de

absorver os carregamentos provenientes da superfície e redistribuí-los com menor intensidade às camadas subjacentes.

Segundo Bathurst (2018), “o geossintético atua como elemento de reforço inserido no solo ou em associação com o solo para a melhoria das propriedades de resistência e de deformação do solo natural”. Para que a geogrelha desempenhe o seu papel de reforço do solo, é necessário não somente o dimensionamento correto dos esforços solicitantes de projeto, mas a sua correta especificação, considerando todas as suas propriedades relevantes, como resistência à tração, alongação sob tração, taxa de deformação, módulo de rigidez à tração, comportamento em fluência, resistência a esforços de instalação, resistência à degradação ambiental, interação mecânica com o solo envolvente e fatores de redução.

Duas situações diferentes foram estudadas em laboratório: a primeira, indicando um projeto original com sapata associada, de base retangular, apoiada sobre o aterro de areia compactada sobre o solo mole (**Figura 4**), e a segunda indicando sapata associada apoiada em aterro de areia compactada sobre o solo mole reforçado com geogrelha (**Figura 5**).

Figura 4 – Imagem da deformada do solo no modelo sem geogrelha.



Figura 5 – Imagem da deformada do solo no modelo com geogrelha.



Nos ensaios físicos, a sapata foi recebendo carregamento de 0,02 kN em cada estágio. Os recalques foram lidos imediatamente após a aplicação destas cargas e após intervalos de tempo, sucessivamente dobrados (0, 2, 4, 8 minutos). O ensaio teve a duração de 8 horas, e em virtude da logística do laboratório, e percebendo-se que os recalques se desenvolveram em 8 minutos, foram arbitrados os tempos de 8 e 5 minutos, para carregamento e descarregamento, respectivamente. Para essas leituras foram adotadas como referência a norma NBR 6489:2019 – Solo – Prova de carga estática em fundação direta.

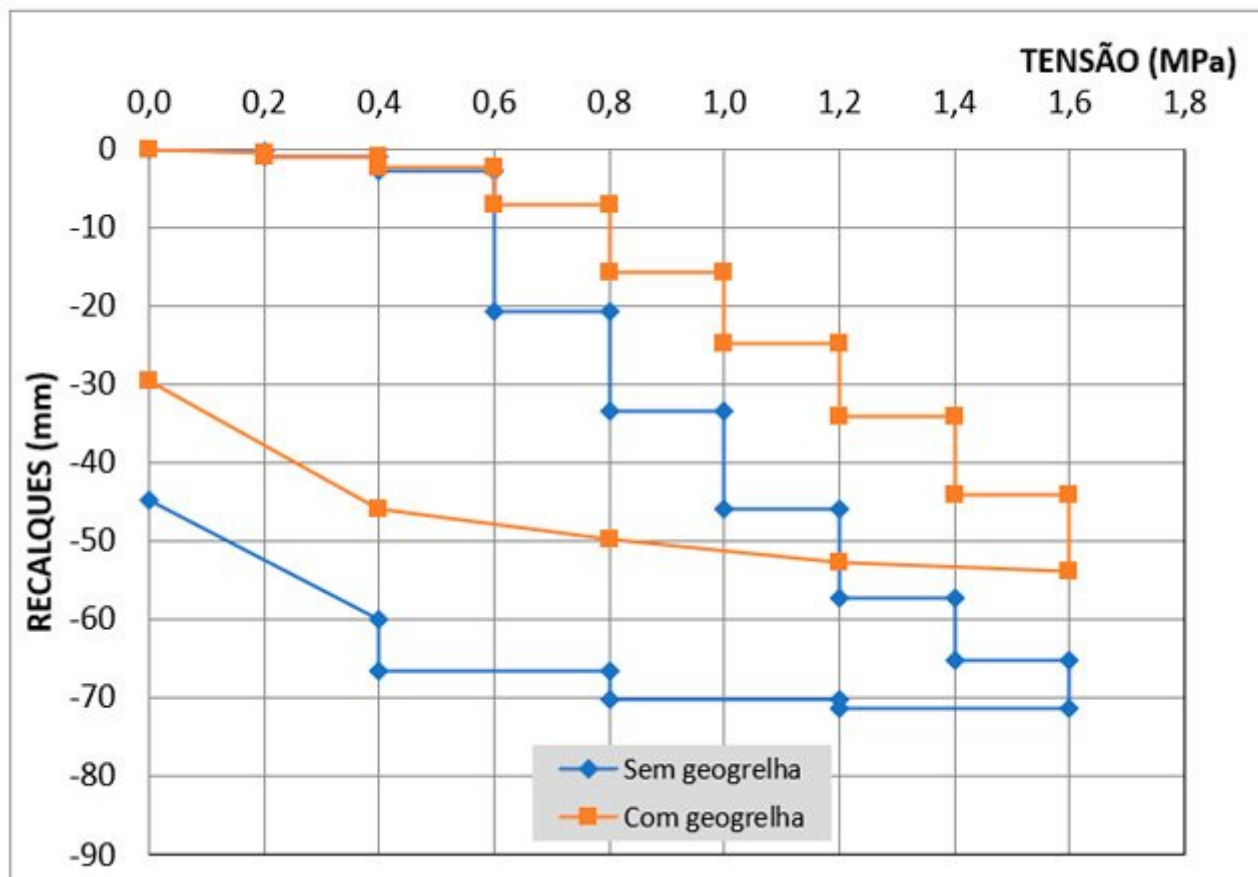
As medições dos recalques foram feitas com um relógio comparador, sendo adotado para este trabalho geogrelha com as dimensões da malha adaptadas para o protótipo, já que o geossintético com as mesmas dimensões da malha de abertura usada em campo não cumpriu sua função de reforço, visto que, quando comparadas as medições dos ensaios, sem e com geogrelha, tiveram variações ínfimas de recalque.

A **Figura 6** mostra, por meio da curva tensão x recalque, o resultado dos ensaios de capacidade de carga em solos reforçados com geogrelhas, cujas medições foram feitas em cada estágio de carregamento, para duas situações simuladas e analisadas. Na primeira, observou-se a ruptura do aterro sem nenhum tipo de reforço já nos primeiros estágios de carregamento. Na segunda, com uso de geogrelhas, não ocorreu a ruptura e os recalques acumulados foram reduzidos, para os mesmos níveis

de tensões. Cabe destacar que o tempo de aplicação dos carregamentos foi o mesmo em ambos os casos.

Para melhor visualizar os recalques, a altura da camada do solo foi selecionada de forma a permitir a visualização do bulbo de tensões abaixo da placa e, assim, com a aplicação de cargas sobre a sapata associada, foram medidos os deslocamentos. Com o ensaio pretendido mostrou-se que a geogrelha é uma solução tecnicamente viável, quando comparada com o solo sem reforço, visto que permitiu um ganho da ordem de 25% na capacidade de carga. Este aumento ocorreu porque sua malha de abertura permitiu um maior contato e ancoragem no meio inserido, proporcionando uma maior resistência do solo.

Figura 6 – Curvas tensão x recalque dos ensaios realizados.



CONCLUSÕES

O geossintético pode ser utilizado como reforço de fundação e a sua escolha deve ser pautada nas suas propriedades mais relevantes como, por exemplo: resistência à tração, durabilidade, mecanismos de interação com o solo e níveis máximos de deformação, exigindo estudos diferenciados para cada tipo de aplicação.

Nos ensaios em modelo físicos realizados, ao término do carregamento total, transcorridas 8 horas, inferiu-se um melhor desempenho do solo reforçado com uma camada de geogrelha, pois comparando os resultados obtidos, o solo com reforço apresentou deformação na sapata inferior a 10 mm para uma carga aplicada de 0,6 MPa, enquanto no solo sem reforço, essa deformação ultrapassou os 20 mm para o mesmo carregamento.

Apesar de algumas limitações inerentes ao uso do modelo físico e, também, do pequeno número de ensaios até o presente momento, os resultados apresentados no laboratório apontam tendência de redução de deslocamentos e melhora na capacidade de suporte do aterro com a inclusão da geogrelha

redução de recalques, e melhora na capacidade de suporte do solo com a inclusão da geogrelha.

Ainda pouco explorado para uso como reforço de fundação direta por sapatas, o uso do geossintético desponta como elemento de possível melhoria na capacidade de suporte do solo, conferindo maior resistência e redução dos recalques no solo e, portanto, aumentando o fator de segurança do projeto.

Embora ainda sejam escassas as normas técnicas e diretrizes que tratem do tema, há pesquisas e artigos técnico-científicos que abordam o emprego das geogrelhas nesse tipo de aplicação, podendo vir a ser uma alternativa técnica e economicamente viável para a edificações em áreas onde predominam os solos moles.

IPT Quiz

Marque a resposta correta

...

1. Qual é a principal fonte de informações e dados utilizada neste artigo?

- Normas técnicas brasileiras relacionadas à utilização do geossintético como reforço de fundação;
- Estudo realizado em escala laboratorial para avaliar os efeitos do geossintético, mais particularmente das geogrelhas, no comportamento de fundações diretas do tipo sapatas;
- Livro "Designing with Geosynthetics", de autoria de Robert M. Koerner (Xlibris, 2012).

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6489: Prova de carga direta sobre terreno de fundação. 1 ed. São Paulo: ABNT, 1984. 2 p.

BATHURST, R. J. **Funções dos Geossintéticos**. Internacional Geosynthetic Society – IGS. Traduzido por Karla C.A.P. Maia. Disponível em: . Acesso em: 04 dez. 2020.

COLABORAÇÃO TÉCNICA

Elizabeth Siqueira — Engenheira Civil pela Universidade de Uberaba (2015) e Jornalista pela Universidade Anhembi Morumbi (2002), com Especialização pelo Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial-SENAC (2008), em Gestão Integrada de Qualidade, Meio Ambiente, Segurança e Saúde no Trabalho. De 2004 a 2012, atuou como Assistente do Controle da Qualidade. De 2012 a 2019, atuou

como Orçamentista. Hoje atua como Analista de Orçamento e de Planejamento.

Gisleine Coelho de Campos — Engenheira Civil pela Universidade de São Paulo (1990), com Mestrado e Doutorado em Engenharia Civil pela Universidade de São Paulo (1997 e 2002, respectivamente), na área de Geotecnia. Pesquisadora do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), atua também como professora e orientadora dos cursos de pós-graduação ofertados por esse mesmo Instituto. Realiza trabalhos na área de Geotecnia, com ênfase em Fundações e Escavações, tendo experiência no desenvolvimento de pesquisas e serviços técnicos especializados em fundações por estacas, instrumentação de obras geotécnicas, investigação geológico-geotécnica, ensaios em modelos reduzidos, inspeções técnicas de obras de infraestrutura e em temas relacionados à engenharia urbana e riscos. Atualmente é coordenadora do Programa de Mestrado Profissional em Habitação do IPT, responsável técnico do IPT – OIA (Organismo de Inspeção Acreditada de Obras de Infraestrutura) e membro da Comissão Técnica de Infraestrutura da ABRAC.



Avalie essa matéria:



5



Avaliado por 1 pessoa

AECweb

Anuncie

[Blog](#)

[Boletins e Informativos](#)

[Cadastre-se](#)

[Entenda o Portal](#)

[Quem somos](#)

[Mapa do Site](#)

Redes Sociais



Facebook



Youtube



Linkedin



Instagram

Boletins e Informativos

Inscreva-se e receba gratuitamente

Digite seu email...



Projetos e Obras



Marketplace



Inteligência de Mercado



Operação e Manutenção



© 1999 - 2021 e-Construmarket Todos os direitos reservados | Política de Privacidade