

Verificação do sistema solo-estaca com o uso de concreto aditivado com expansor de argamassa

Marieli Biondo Lopes
Unochapecó, Chapecó, Brasil, marybiondo@hotmail.com

Mauro Leandro Menegotto
UFFS, Chapecó, Brasil, mauromenegotto@gmail.com

RESUMO: A segurança das estruturas se inicia pela qualidade das suas fundações. A má execução e a falta de informações dos métodos usados podem causar danos a todo um conjunto, reduzindo o tempo de vida útil destas superestruturas. Com o intuito de se aprimorar técnicas e garantir obras com maior tempo de vida útil e qualidade, faz-se necessário a investigação de sistemas alternativos de projeto, concepção e execução de fundações, salientando a importância de uma análise de eficiência no sistema solo-fundação. Este trabalho apresenta uma análise comparativa do desempenho da resistência ao atrito lateral em modelos de estacas moldadas “in loco”. Tais modelos de ensaio foram confeccionados com argamassa convencional, e com argamassa aditivada com expansor. Em relação ao atrito lateral unitário (atrito puro, ou seja, sem a existência de reação de ponta) dos modelos de estacas, esta pesquisa constatou que o aditivo expansor oferece um aumento na rugosidade lateral de contato solo-estaca. Assim, aumentando-se esta rugosidade de contato, conseqüentemente, há uma elevação nos índices de resistência ao atrito lateral, comparado às análises realizadas para os modelos portadores de elementos estruturais produzidos com argamassa não-aditivada

PALAVRAS-CHAVE: Aditivo expansor de argamassa, Atrito lateral, Concreto aditivado, Estacas moldadas “in loco”.

1 INTRODUÇÃO

A estabilidade e prolongamento da vida útil de estruturas de pequeno e grande porte dão-se, inicialmente, por um projeto de fundação bem realizado. Para tanto, é necessário que se conheça, além das propriedades do perfil do maciço de solo a ser trabalhado, as técnicas e seus procedimentos fundamentais.

O avanço tecnológico na área estrutural e geotécnica tem um crescimento muito significativo, apesar de, em alguns casos, ainda empregar na sua construção, sistemas bastante remotos, que além de demorados, nem sempre são suficientemente adequados e economicamente viáveis.

Destaca-se o uso de estacas do tipo moldadas “in loco”, onde seu principal material constituinte é o concreto, sendo necessário que

este possua boas características para o seu emprego, evitando os insucessos no campo das fundações.

Além da qualidade do concreto, o sistema solo-estaca também pode ser otimizado, e uma forma é através do aumento da resistência ao atrito lateral.

Para Décourt (1998), a mobilização do atrito lateral é influenciada, principalmente, pelo comprimento e forma da estaca.

O atrito lateral unitário, a partir de uma profundidade (denominada de crítica), tende a estabilizar-se. Este caso é explicado por Vesic (1975 apud Decourt, 1998), o qual baseia seus estudos no arqueamento de solos arenosos, e atribui valores para a profundidade crítica de 10 diâmetros para areias fofas e 20 diâmetros para areias compactas.

Kulhway (1986 apud Decourt, 1998), por sua

vez, torna-se mais generalista em relação à influência do comprimento da estaca na mobilização do atrito lateral. O autor explica tal fenômeno, pela parcela de atrito ser constante entre profundidades de 6 a 20 metros, retornando a crescer posteriormente.

Contudo, para a influência da forma das estacas na movimentação do atrito lateral, a Decourt (1998) cita diversos autores, cada qual com seus estudos e análises. Porém, não se tem certeza da validade de tais pesquisas, devido à falta de pesquisa intensiva nesta área, mas para fins de cálculo, é recomendado admitir o perímetro que corresponde a uma estaca circular ao invés do perímetro real.

Portanto, o sistema solo-estaca, poderá ser mais adequado e econômico, se a capacidade de carga da fundação e a resistência do concreto forem suficientemente capazes de suportar os esforços oriundos da estrutura.

Uma solução eficaz no melhoramento deste sistema, pode ser a adição de materiais no concreto, como, por exemplo, a introdução de aditivos expansores de argamassa, em que algumas de suas vantagens são estabelecidas por Degussa (2006), destacando-se:

Aumento de aderência das misturas à base de cimento nas superfícies de contorno;

Efeito plastificante e redução da relação água/cimento.

Um estudo realizado no Campo Experimental do Programa de Pós-Graduação em Geotecnia da Universidade de Brasília, idealizado por Carvalho et al (1998), procurou investigar a influência da técnica de execução na capacidade de carga de diversos tipos de estacas.

Uma destas estacas ensaiadas, foi concretada utilizando-se um aditivo expensor na proporção de 1% do peso de cimento, para verificar a possível variação nos resultados da capacidade de carga.

Comparou-se, então, o comportamento das estacas a partir de dois resultados:

O primeiro baseado em provas de cargas do tipo lento;

E o segundo baseado em métodos semi-empíricos, como Aoki-Velloso (1975) e Décourt-Quaresma (1978).

Ao analisarem os resultados, Carvalho et al.

(1998) constataram que, o uso de expensor não promoveu melhoria da capacidade de carga para o subsolo analisado (Argila silto-arenosa, Argila pedregulho-arenosa e Saprolito), havendo benefício somente em relação ao recalque da estaca.

Portanto, este trabalho, objetiva-se em confeccionar modelos reduzidos de estacas moldadas “in loco”, onde, inicialmente, serão efetuadas a caracterização da amostra de solo usada e a verificação das propriedades expansivas do aditivo. E, por final, determinar-se-á a resistência ao atrito lateral no grupo de corpos de prova, moldados com concreto aditivado com expansores e com o concreto convencional.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Análise Laboratorial

Antes da confecção dos modelos de estacas, efetuaram-se todos os ensaios pertinentes à caracterização do solo e determinação da umidade ótima para a compactação, além da dosagem do melhor traço de argamassa a ser utilizado.

2.1.1. Amostras de solo

A amostra de solo utilizada para a confecção dos modelos de ensaio foi retirada do próprio Campus da Unochapecó, sendo esta recolhida de escavações de futuras fundações em uma quantidade de, aproximadamente, 65 kg.

Este solo foi secado ao ar e, após o tempo de secagem, foram destorroados e homogeneizados, seguindo os requisitos básicos da NBR -06457/86.

2.1.2. Ensaios de Caracterização

A etapa de ensaio para a caracterização do solo utilizado nos modelos de estacas iniciou-se pela análise granulométrica conjunta, seguindo para tanto, as prescrições da NBR-7181/84 e ABNT EB-22 (NBR 5734/88).

Em seguida, foram realizados os ensaios de consistência da argila (Limites de consistência

de Atterberg), tomando como base a NBR 6459/84 e NBR 7180/84.

Finalizada a etapa de análise das partículas e índice de plasticidade da amostra, procedeu-se a determinação da massa específica dos sólidos, através das determinações da NBR 6508/84.

Contudo, com a amostra de solo já caracterizada, estabeleceu-se a umidade ótima para a confecção dos modelos de estacas. Esta umidade foi estabelecida no ensaio de compactação para uma amostra representativa, atendendo os critérios normativos da DNER-ME 48-64.

2.1.3. Estabelecimento dos traços de argamassa

Para o estabelecimento dos traços de argamassas utilizadas na confecção dos modelos de ensaio, adaptou-se um traço de concreto comumente usado em obras civis, substituindo a porção de brita existente por areia.

Assim, determinaram-se 3 traços de argamassa aditivada e não aditivada (1:3, 1:4, 1:5) para ensaios de resistência à compressão e expansão do aditivo.

O ensaio de resistência à compressão foi realizado pela moldagem de corpos de prova, os quais ficaram sob cura úmida, sendo estes corpos rompidos aos 3, 7, 14 e 28 dias.

Já, para ensaiar-se a expansão dos aditivos, retiraram-se amostras de cada argamassa, colocando-as em cápsulas metálicas e desmoldando-as imediatamente, conforme Figura 1.



Figura 1: Amostras para análise da expansão do aditivo expansor de argamassa.

Após a desmoldagem destas amostras, realizou-se a leitura em 3 períodos de tempo, do diâmetro e da altura dos corpos de prova.

O aditivo expansor utilizado foi incorporado à argamassa após a colocação da areia, aglomerante e água, sendo este produto adicionado em 2 % da quantidade de cimento usado.

2.1.4. Confecção dos modelos de ensaio

A partir dos resultados obtidos nas análises comentadas no item 2.1.3, usou-se um quarto traço 1:2,5 para atingir 15 MPa aos 28 dias (menor resistência exigida para concretos em fundações), uma vez que foi constatado que para o traço 1:3, a resistência para os corpos de prova moldados sem aditivos, aproximou-se da esperada.

Foram moldados dois modelos de estacas, sendo o primeiro com argamassa com aditivo expansor (2% da quantidade de cimento) e o segundo confeccionado com argamassa não-aditivada.

A confecção das amostras iniciou-se pela compactação do solo, no teor de umidade ótimo, nos cilindros utilizados para ensaio de índice de suporte Califórnia (ISC). Após a compactação do solo nos moldes, realizou-se uma perfuração, com auxílio de um trado tipo caneco com 5 cm de diâmetro, em todo o comprimento da amostra para que o modelo só apresentasse resistência por atrito lateral.



Figura 2: Processo de perfuração dos modelos de ensaio.



Figura 3: Resultado final das perfurações preenchidas em camadas por argamassa.

Concluída a perfuração, preencheu-se o furo de um dos moldes com argamassa aditivada e outro com argamassa sem aditivo expensor. Os corpos de prova foram deixados em cura durante 14 dias para, posteriormente, realizar o rompimento dos mesmos.

Utilizou-se para o rompimento, ou seja, a aplicação dos carregamentos verticais, a prensa do ensaio de ISC, onde se anotaram leituras de deslocamento e carga vertical até estabelecer o limite de carga nos modelos de estacas. Tomou-se o cuidado de deixar livre a ponta dos modelos para que não apresentassem resistência de ponta.

Deste modo, o atrito unitário máximo foi determinado pela razão entre a carga de ruptura e a área da superfície lateral dos modelos de estaca.

3 RESULTADOS

3.1. Ensaio laboratoriais de solos

Os resultados dos ensaios de caracterização do solo em análise (granulometria conjunta, limites de consistência, massa específica dos sólidos e compactação), são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Resultados dos ensaios de caracterização do solo analisado

Ensaio	Resultados
Teor de umidade natural	9,9 %
Fração de argila	76 %
Fração de silte	13 %
Fração de areia	10 %
Caracterização do solo	Argila-Silto-Arenosa
Limite de liquidez	60,1 %
Limite de plasticidade	54,3 %
Índice de plasticidade	5,8 %
Massa específica dos sólidos	2,88 g/cm ³
Umidade ótima	37 %
Massa específica seca máxima	1,35 g/cm ³

3.2. Estabelecimento dos traços de argamassa

Em relação ao aumento de resistência, o aditivo utilizado mostrou-se eficiente.

O traço que obteve maior resistência foi o 1:3 (acima de 15 MPa nos casos aditivados e próximo a este valor para argamassa sem adição), isto porque a quantidade de cimento tornou-se mais proporcional à quantidade de areia, diferente dos traços 1:4 e 1:5, em que a mistura possuía um alto índice de agregados.

A diferença da resistência das argamassas com e sem aditivo, deve-se às propriedades do aditivo expensor, o qual possui na sua composição uma certa porção de aluminatos. Estes aluminatos também se fazem presentes na composição do cimento (clínquer Portland), e são responsáveis pela pega e enrijecimento das argamassas/ concretos.

3.3. Resistência dos modelos de estacas

Para verificar o aumento do atrito lateral das estacas presentes nos corpos de prova ensaiados, determinaram-se as curvas atrito unitário x deslocamento do topo mostradas nas Figuras 4 e 5, respectivamente, para a amostra com e sem aditivo expensor de argamassa. A Figura 6 apresenta um modelo após o rompimento na prensa, onde pode-se avaliar a movimentação da estaca por atrito lateral, estando a ponta livre.

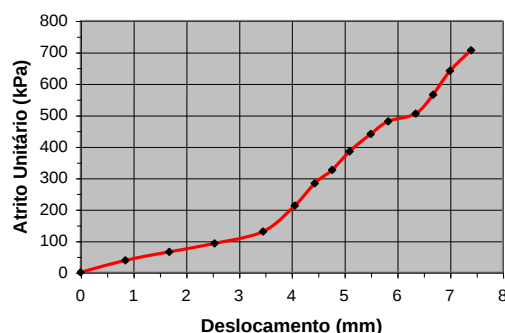


Figura 4: Atrito unitário x deslocamento para modelo de ensaio com argamassa aditivada com expansor.

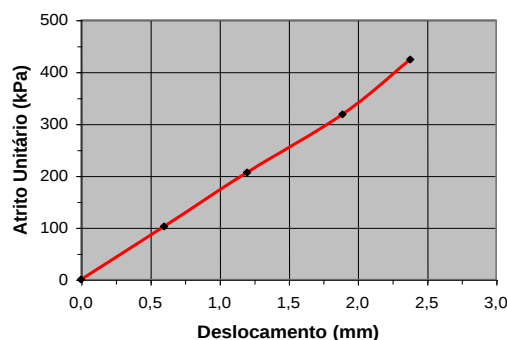


Figura 5: Atrito unitário x deslocamento para modelo de ensaio com argamassa sem aditivo.



Figura 6: Detalhe da amostra após o rompimento da estaca.

No ensaio efetuado com a argamassa aditivada, pode-se observar que o atrito unitário máximo foi de 706 kPa. Já para a amostra moldada com argamassa não aditivada o valor máximo de atrito unitário atingido foi de 423 kPa. Portanto, a utilização de aditivo expensor de argamassa nos modelos ensaiados provocou um aumento de 67 % na resistência por atrito lateral.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados obtidos através das análises realizadas, pode-se concluir que o aditivo expensor de argamassa promoveu um aumento no atrito unitário dos modelos de estacas.

Porém, este aumento de resistência por atrito lateral necessita ser verificado em estacas em escala real e que utilizam concretos com agregados miúdos e graúdos na composição do traço.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPE (Fundo de Apoio à Pesquisa) pelo financiamento desta pesquisa na modalidade de “Apoio ao Trabalho de Conclusão de Curso - ATCC” e também à empresa BASF pelo fornecimento de aditivo para a realização desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas (1984). *NBR 7181, Análise granulométrica dos solos, Procedimento*. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (1984). *NBR 6459, Determinação do limite de liquidez, Procedimento*. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (1984). *NBR 7180, Determinação do limite de plasticidade, Procedimento*. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (1984). *NBR 6508, Grãos de solos que passam na peneira de 4,8 mm – Determinação da massa específica, Procedimento*. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (1984). *NBR 5734, Peneiras para ensaio com tela de tecido metálico, Procedimento*. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (1986). *NBR 06547 - Preparação de amostras de solo para ensaio normal de compactação e caracterização, Procedimento*. Rio de Janeiro.
- Carvalho, J.C. et al (1998). *Avaliação da adaptabilidade de métodos de previsão de capacidade de carga a diferentes tipos de estacas*. in Anais de 1998, XI Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica –COBRANSEG, Brasília.
- Décourt, L. (1998). *Análise e Execução de Estacas Profundas*. In W. HACHICH et al. (eds.), *Fundações: Teoria e Prática*, 2 ed., Editora Pini, São Paulo.

Degussa Construction Chemicals Brasil (2006).
Produtos, disponível em www.degussa-cc.com.br
, acesso em 19/03/2006.

Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (1964).
*DNER ME 48, Compactação de solos, Métodos de
ensaio*. Rio de Janeiro.