

## ANÁLISE NUMÉRICA DO COMPORTAMENTO DE CAMADAS DE SOLO REFORÇADO COM GEOCÉLULA

Alexia Trípodí Ladeira (PIBIC/CNPq/FA/Uem), Jeselay Hemetério Cordeiro dos Reis (Orientador), e-mail: alexiatripodi@hotmail.com

Universidade Estadual de Maringá / Centro de Ciências e Tecnologias/Maringá, PR.

### Engenharia Civil-Geotécnica

**Palavras-chave:** Geocélula, curva carga-recalque, análise paramétrica.

### Resumo:

A necessidade da construção de diversas obras e a escassez de recursos naturais provocam uma busca de alternativas viáveis para as fundações tanto do ponto de vista econômico quanto estrutural. Nesse contexto, são usados vários tipos de reforços de solo com o intuito de aumentar sua capacidade de carga e diminuir os deslocamentos correspondentes. Uma das opções encontradas são as geocélulas, que consistem em estruturas tridimensionais usadas para confinar o material de preenchimento delas, construídas em material polimérico. O objetivo dessas “células” é aumentar as tensões de contato, melhorando o confinamento, e com isso aumentar a capacidade de suporte das camadas reforçadas. Assim, nesse projeto, simulou-se a partir de um modelo numérico o comportamento mecânico de um solo reforçado com geocélula. A simulação numérica foi realizada com o *software* ABAQUS 6.14, usando formulação em MEF (Método dos elementos finitos), que permite a solução de problemas com não linearidade física e geométrica. Nas simulações variou-se algumas propriedades da geocélula, como altura, posição e módulo de elasticidade para que através das curvas carga-recalque obtidas fosse possível realizar uma análise paramétrica. Com os resultados, foi possível concluir que o solo reforçado tem maior capacidade de carga e quando a geocélula está posicionada no topo da base os deslocamentos são até 65% menores comparando com um solo não reforçado, além disso, observou-se também que quanto maior a altura e rigidez do reforço, menor o deslocamento.

### Introdução

É necessário verificar se o solo que será usado para as fundações atenderá aos requisitos de segurança contra a ruptura e desempenho quando submetidos às cargas de serviço, porém, na maioria dos casos, o solo das camadas superficiais não possuem capacidade de suporte para absorver e distribuir as tensões no maciço de solos. Quando isso ocorre, segundo Mhaiskar e Mandal (1992), faz-se necessário um reforço de solo,

com o objetivo de aumentar a capacidades de suporte e melhorar o desempenho das fundações.

O solo pode ser reforçado de diversas maneira e uma delas é usando as geocélulas que são um tipo de geossintético fabricadas em forma tridimensional com células interconectadas, que promovem efetivamente confinamento lateral ao material de preenchimento, a géocelula se comporta como uma camada mais rígida que redistribui a carga em uma área maior, assim o solo aumenta o módulo e a capacidade de suporte.(DASH, SIREESH, SITHARAM, 2003).

São três os mecanismos que fazem com que a geocélula aumente a capacidade de suporte do solo, o efeito de confinamento, o efeito de dispersão de tensão (efeito laje) e o efeito membrana.

O uso das geocélulas para reforço de solos, especialmente em obras de pavimentação, tem motivado várias pesquisas nos últimos anos, principalmente para previsão da capacidade de carga, seja usando métodos empíricos ou teóricos. Dessa forma, esse projeto tem como finalidade, a avaliação numérica de um solo reforçado com geocélula, já que essas, segundo Hedge e Sitharam (2015), estão sendo amplamente utilizadas na engenharia geotécnica, com diversas aplicações que incluem pavimentos, fundações e aterros. Além de que, a técnica de modelagem numérica auxilia a realização de cálculos rápidos, sendo essencial para os dias atuais.

### **Materiais e métodos**

Para a modelagem numérica foi usado o programa computacional ABAQUS 6.14 *Solver Standart*, da *Dassault Systemes S.A.* Rudnick (2020) conduziu ensaio experimentais de prova de carga e com os resultados obtidos foi possível calibrar o modelo numérico. Primeiramente, definiu-se as unidades que seriam usadas, já que o programa não tem um sistema padrão, em seguida criou-se as partes do modelo, o solo, o reforço, e a placa de carga com  $\frac{1}{4}$  das dimensões reais, para proporcionar maior rapidez aos cálculos feitos pelo computador. Criou-se também os matérias que seriam atribuídos às partes, definindo para o solo o ângulo de atrito, a coesão, o ângulo de dilatância, a densidade e o módulo de elasticidade. Além disso, definiu-se que o modo de ruptura do solo seria Drucker Prager. Juntou-se todas as partes em um modelo e logo depois, definiu-se as condições de contorno, a interação da placa com o solo, a interação do reforço e carga que seria aplicada. Por fim, definiu-se o tamanho da malha e criou e submeteu-se o job, para que fosse possível obter as curvas carga-recalque como resultado das simulações.

Com o modelo montado e calibrado foi possível fazer uma análise paramétrica, na qual com os parâmetros do solo fixados, variou-se na primeira análise a posição do reforço, na segunda a altura dele e na última o módulo de elasticidade para que fosse possível analisar as mudanças provocadas no deslocamento por meio da curva carga-recalque.

## Resultados e Discussão

A Figura 1 ilustra a influência do uso e da posição da geocélula e com base nela, conclui-se que o reforço diminui consideravelmente o deslocamento, esse resultado era esperado já que segundo Avesani (2013), a concepção da geocélula é feita de modo a conter e confinar a camada de solo, fornecendo uma alternativa de elevada rigidez à fundação, melhorando a capacidade de carga e reduzindo recalques e deslocamentos laterais.

Em relação a posição, observa-se que os deslocamentos foram menores quando o reforço estava no topo da base. Dash et al (2001) afirma que a capacidade de carga diminui com o aumento da profundidade do reforço na camada de base.

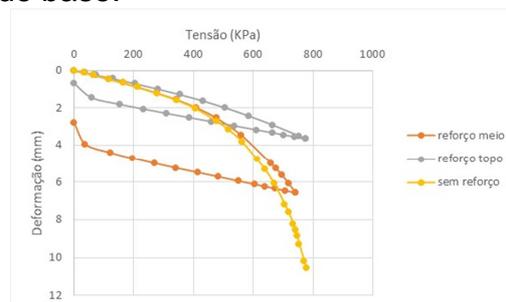


Figura 1-Efeito da variação da posição da geocélula.

A Figura 2 apresenta a curva carga-deslocamento obtida para diferentes alturas de reforço, no qual, é possível verificar que quanto maior a altura menor são os deslocamentos. Esses resultados são corroborados por Hedge e Sitharam (2015), que concluíram que a altura da geocélula tem influência direta na capacidade de carga do solo. Dash et. al. (2001) explicam que com o aumento da altura da geocélula a carga é dispersada em uma área maior e então a pressão transmitida pro solo é menor. Os autores afirmam também que a melhora não é proporcional ao aumento da altura, pois quando a razão da altura da geocélula pelo diâmetro da placa é maior que 2 as melhoras passam a ser menos significante e a Figura 2 ilustra esse efeito claramente.

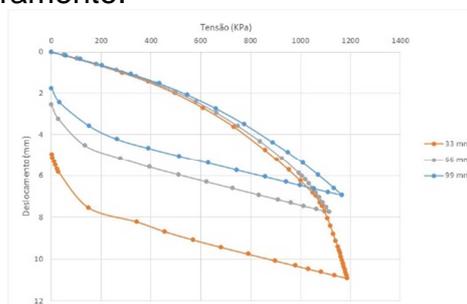


Figura 2- Efeito da variação da altura da geocélula.

Com a curva de tensão *versus* deslocamento obtida nas simulações, ilustrada na Figura 3, observa-se a influência da variação do módulo de elasticidade da geocélula, e quanto maior o módulo de elasticidade do reforço, menor são os deslocamentos, esses resultados são confirmados por Hedge e Sitharam (2015). Os autores explicam que com o aumento do

módulo de elasticidade, aumenta-se também a pressão confinante exercida no solo de preenchimento e essa pressão confinante adicional conduz à um aumento da capacidade de carga do solo.

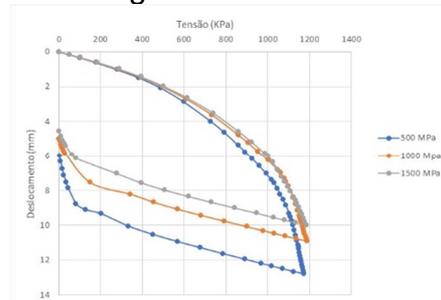


Figura 3-Efeito da variação da rigidez da geocélula.

## Conclusões

De acordo com os resultados obtidos conclui-se que o uso da geocélula diminui consideravelmente os deslocamentos, principalmente quando posicionada no topo da camada de solo. E os deslocamentos diminuem com o aumento da espessura do reforço e com o aumento da rigidez do reforço.

## Agradecimentos

A autora gostaria de expressar o seu agradecimento ao orientador e à Thainá Rudnick, que contribuíram significativamente para o aprimoramento do trabalho e também à Universidade Estadual de Maringá.

## Referências

- AVESANI NETO, J. O. **Desenvolvimento de uma metodologia de cálculo e simulações numéricas aplicadas na melhoria da capacidade de carga de solos reforçados com geocélula**. 2013. Tese (Doutorado em geotecnia)-Escola de Engenharia de São Carlos, São Paulo, 2013.
- DASH S. K.; SIREESH S.; SITHARAM T. G. Model studies on circular footing supported on geocell reinforced sand underlain by soft clay. **Geotextiles and Geomembranes**, v.21, p.192-219, 2003.
- DASH S. K.; KRISHNASWAMY N. R.; RAJAGOPAL K. Bearing capacity of strip footing supported on geocell-reinforced sand. **Geotextiles and Geomembranes**, v.19, n.4, p.235-256, 2001.
- HEDGE A. M.; SITHARAM T. G. Three dimensional numerical analysis of geocell reinforced soft clay beds by considering the actual geometry of geocell pockets. **Canadian Geotechnical Journal**, v.52, n.9, p.1-12, 2015.
- MHAISKAR S. Y.; MANDAL J. N. Soft Clay Subgrade stabilisation using geocells. **Geotechnical special publications**, v.30, p. 1092-1103, 1992.
- RUDNICK, T. **Análise do comportamento mecânico de camadas de base reforçadas com geocélulas**. 2020. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) -Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2020.