

**Evento:** XXVII Seminário de Iniciação Científica - BOLSISTAS DE GRADUAÇÃO UNIJUI

**UTILIZAÇÃO DE GEOCÉLULA COMO ALTERNATIVA PARA REFORÇO DE SOLO EM FUNDAÇÕES DIRETAS<sup>1</sup>**  
**USE OF GEOCELLS AS AN ALTERNATIVE FOR SOIL REINFORCEMENT IN DIRECT FOUNDATIONS**

**Fernanda Maria Jaskulski<sup>2</sup>, Thalia Klein Da Silva<sup>3</sup>, Taciane Pedrotti Fracaro<sup>4</sup>, Daiana Frank Bruxel Bohrer<sup>5</sup>**

<sup>1</sup> Pesquisa do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias, vinculada ao grupo de pesquisa PET da UNIJUI

<sup>2</sup> Aluna do Curso de Graduação em Engenharia Civil da UNIJUI, bolsista PET Engenharia Civil UNIJUI, fernandaj18@hotmail.com

<sup>3</sup> Aluna do Curso de Graduação em Engenharia Civil da UNIJUI, bolsista do grupo PET Engenharia Civil UNIJUI, thalia\_klein@hotmail.com

<sup>4</sup> Aluna do Curso de Graduação em Engenharia Civil da UNIJUI, bolsista PET Engenharia Civil UNIJUI, taci\_fracaro@hotmail.com

<sup>5</sup> Professora Mestre do Curso de Graduação em Engenharia Civil da UNIJUI, Orientadora, daiana.bruxel@unijui.edu.br

## INTRODUÇÃO

A engenharia de fundações baseia-se no ofício da aplicação de cargas estruturais ao solo, evitando deformações excessivas e mantendo máxima economia (SIMONS E MENZIES, 1981). Para que possam ser construídas, praticamente todas as obras em terraplanagem, que envolvam edificações sobre fundações diretas, necessitam de elementos estabilizantes ou reforços, por que certos solos apresentam baixa capacidade de suporte (MACCAFERRI, 2008). Além do mais, a expansão urbana ocupou os solos com boa resistência, associado ao porte das obras de engenharia, desta forma os solos restantes necessitaram de tratamentos diferenciados através da aplicação de novas soluções geotécnicas (VERTEMATTI, 2015). Segundo Abramento et al. (1998) a introdução de elementos com elevada resistência a tração (fitas metálicas, mantas geotêxtis, malhas de aço) auxiliam nesse processo de reforço do solo.

Sendo assim, busca-se no presente trabalho analisar os benefícios da utilização da geocélula preenchida com materiais alternativos, com o intuito de que locais com predominância de solo com pouca resistência apresentem ganho significativo na capacidade de suporte de carga, tornando-os mais resistentes e econômicos. Por conseguinte, ressalta-se a importância do estudo sobre a temática abordada pelo fato de aliar segurança nas edificações e inovações tecnológicas com ênfase em questões ambientais.

## FUNDAÇÃO DIRETA

De acordo com a NBR 6122 (ABNT, 2010), as fundações distinguem-se em dois grandes grupos: fundações superficiais (diretas ou rasas) e fundações profundas. As fundações rasas se caracterizam por transmitirem cargas ao solo através das pressões distribuídas pela base, sendo definidas como as que se sustentam logo abaixo da infraestrutura (ALONSO, 1983). A NBR 6122 (ABNT, 2010), acrescenta que nas fundações profundas a base está estabelecida a uma

**Evento:** XXVII Seminário de Iniciação Científica - BOLSISTAS DE GRADUAÇÃO UNIJUI

profundidade superior a duas vezes a menor dimensão e a pelo menos três metros de profundidade.

#### REFORÇO DOS SOLOS

Descontinuidade, grandes variações volumétricas, baixa resistência à tração ou cisalhamento, grande variação de permeabilidade, elevadas deformabilidades, altos graus de erodibilidade, etc., são características que tornam crescente a busca por terrenos mais nobres, com solos homogêneos, resistentes, pouco deformáveis e erodíveis e sem a presença de água, nem que isso acrescente a obra maiores custos (VERTEMATTI, 2015). Desta forma, para que solos com essas características possam ser empregados em obras de engenharia, deve-se optar pela utilização de materiais com atributos físicos que alterem de forma significativa as características desses solos, através da alteração por melhoramento do solo, ou pela introdução de elementos resistentes que possibilitem ao solo suportar determinados esforços (CARDOSO, 1987). Como alternativa, pode-se utilizar a técnica de reforço, cujo intuito é aumentar a capacidade de carga do sistema e reduzir, ou uniformizar, os recalques do elemento de fundação (PALMEIRA, 2018).

Como o solo resiste bem aos esforços de compressão, mas não apresenta desempenho satisfatório quanto aos esforços de tração, a inserção de elementos de reforço faz com que o solo limite as suas deformações laterais, não se deformando tão significativamente por compressão e tração (SIEIRA, 2003). Uma forma esquemática dessa deformação com e sem a presença do elemento de reforço, pode ser analisada na Figura 01.

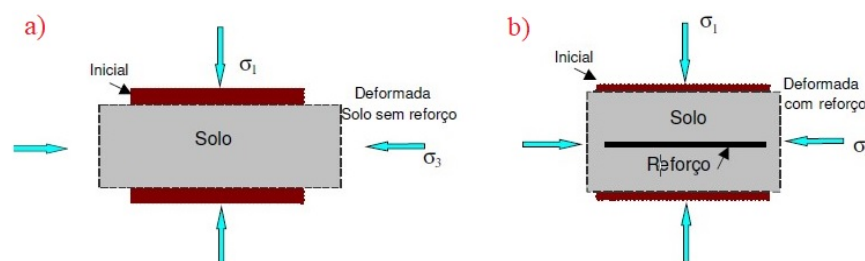


Figura 01: Princípio básico do comportamento do solo sem reforço (a), com reforço (b) (ABRAMENTO, 1998)

#### GEOSSINTÉTICOS

A busca por soluções mais rápidas, leves, esbeltas, confiáveis e mais econômicas, conforme Vertematti (2015) forçaram o surgimento, na última década, dos geossintéticos. Estes materiais desempenham papel fundamental, sucedendo ou aprimorando técnicas de construção já existentes, pois, proporcionam a possibilidade de combinações entre solos e agregados.

De forma resumida, Palmeira (2018), os define como sendo um produto polimérico para uso em obras geotécnicas e de proteção ambiental. A *American Society for Testing and Materials* (ASTM) reitera que esse tipo de material pode ser utilizado em conjunto com materiais como solo, rocha ou qualquer material utilizado na engenharia geotécnica, sendo fabricados com material polimérico.

Geossintético deriva da composição de “geo” que se refere a terra e “sintético” referente a sua matéria-prima de fabricação, sendo considerados uma nova família de sintéticos utilizados na

**Evento:** XXVII Seminário de Iniciação Científica - BOLSISTAS DE GRADUAÇÃO UNIJUI

geotecnia. Os produtos sintéticos dividem-se em geotêxteis, geogrelhas, georredes, geomembranas e geocompósitos (VELLOSO E LOPES, 2010).

De acordo com a ISO 10318-1 (ABNT,2018), esses materiais podem ser encontrados na forma de tira, manta ou estruturas tridimensionais, aplicados em contato direto com o solo ou demais materiais. Palmeira (2018) reitera que esses produtos podem ser utilizados em diversos problemas geotécnicos, principalmente aqueles que requerem elevada vida útil. Segundo a ISO 10318-1 (ABNT,2018), existem atualmente no mercado três principais categorias de geossintéticos: geotêxteis e produtos correlatos, barreiras geossintéticas e geocompostos (GCO).

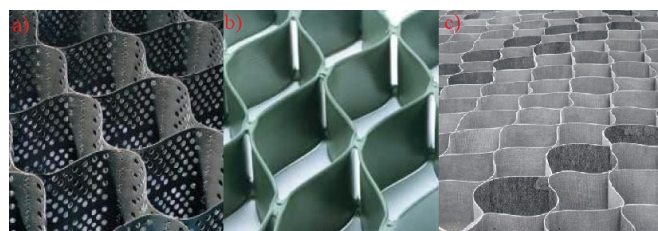
A utilização dos primeiros geossintéticos como reforço de solo foram registrados nos anos 1950 nos Estados Unidos, através da utilização de geotêxteis, a partir da década de 1980 uma vasta gama de produtos com diferentes estruturas apareceu, no embalo do grande e rápido avanço da aplicação dos geotêxteis (VELLOSO E LOPES, 2010). Os mesmos autores complementam que a sua crescente utilização assim como a diversidade das suas aplicações deve-se a versatilidade do material quando comparada as metodologias e materiais convencionais além do custo relativamente baixo.

Outra vantagem importante mencionada por Palmeira (2018) refere-se à sustentabilidade desses materiais, tendo em vista que a energia consumida é imprescindível no custo de um material de construção. Palmeira (2018) salienta que o custo de energia utilizado na fabricação de plásticos consome entre 40% (PVC) e 55% (PEAD) do custo final do produto, já componentes metálicos como alumínio e aço consomem cerca de 70%. Esses dados demonstram a relativa economia energética dos geossintéticos que aliados a baixa utilização de água, menor utilização de equipamentos e facilidades na execução resultam em obras com menos impactos ambientais quando comparados a obras convencionais (PALMEIRA, 2018).

## GEOCÉLULA

Dentre os geossintéticos destaca-se a geocélula, definida como um material com estrutura tridimensional aberta, formada através da interligação de células que se associam mecanicamente através dos materiais de preenchimento (AGUIAR E VERTEMATTI, 2015). Koerner (1999), ressalta que a geocélula pode ser comparada a uma caixa, formada através de tiras poliméricas rígidas acomodadas em formato celular, podendo ser preenchida com solo que proporcionara um confinamento capaz de criar uma espécie de “colchão” rígido e estável.

De acordo com Avesani Neto (2013), os polímeros que compõe a geocélula são: Polietileno (PE), Polietileno de Alta Densidade (PEAD), Polipropileno (PP) ou Poliéster (Pet), conforme apresentado na Figura 02. Fernandes (2012) acrescenta que comumente é encontrado com área de aproximadamente 300 cm<sup>2</sup>, com alturas variáveis entre 50 a 200 mm.



**Evento:** XXVII Seminário de Iniciação Científica - BOLSISTAS DE GRADUAÇÃO UNIJUI

Figura 02: Geocélulas de Polietileno (a), Polietileno de Alta Densidade (b) e Polipropileno (c)

Conforme o Manual Brasileiro de Geossintético, as principais funções desempenhadas pelas geocélulas são: proteção, erosão e reforço. Zornberg e Christopher (2007), complementam que pelas condições confinantes a que são submetidos, os materiais de preenchimento apontam melhora comportamental e funcional, pois, os materiais sem coesão empregados apresentam considerável melhora na resistência ao cisalhamento e rigidez. Na Tabela 01, podemos observar algumas aplicações das geocélulas e suas respectivas propriedades.

Aplicação	Propriedades relevantes	Propriedades secundárias
Reforço	Resistência à tração do material da geocélula;	Resistência ao puncionamento
	Resistência à tração e cisalhamento da junta (solda ou costura)	Degradação ultravioleta e química
Proteção/ Erosão	Degradação ultra-violeta	Resistência ao puncionamento
	Resistência à tração do material da geocélula;	
	Resistência à tração e cisalhamento da junta (solda ou costura)	

Tabela 01: Propriedades relevantes e secundárias em diferentes aplicações da geocélula (PALMEIRA, 2018)

#### CONSIDERAÇÕES FINAIS

Uma vez que a engenharia de fundações constitui um ramo essencial na indústria da construção civil, fica claro a importância da qualidade do solo para o emprego de uma fundação. Desta forma, tecnologias inovadoras aliadas às novas necessidades do mercado surgem como alternativa para o melhoramento dos solos carentes de resistência quando utilizados em fundação, destacando-se entre elas a geocélula, correspondendo a uma excelente alternativa de reforço. A geocélula se sobressai pela sua superioridade técnica, qualidade, economia e sustentabilidade, pois através de sua aplicação obtém-se redução de custos, minimização do tempo e recursos não só financeiros como, também, ambientais quando comparados a alternativas convencionais de reforço. Em suma, é evidente os benefícios de sua utilização e de seu potencial de crescimento junto a engenharia civil.

Palavras-chave: Geossintéticos; Resistência; Inovação Tecnológica

Keywords: Geosynthetics; Resistance; Technologic innovation

#### AGRADECIMENTOS

Ao MEC-SESu pela participação do Programa de Educação Tutorial.

#### REFERÊNCIAS

- ABRAMENTO, Maurício. Geossintéticos em estruturas de contenção e taludes íngremes. Curso sobre aplicações de geossintéticos em geotecnia e meio ambiente. São Paulo, 1998, D1- D32.
- AGUIAR, Paulo R.; VERTEMATTI, José C. Introdução. In: VERTEMATTI, José Carlos (Org.). Manual Brasileiro de Geossintéticos. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2015. 17-30 p.

**Evento:** XXVII Seminário de Iniciação Científica - BOLSISTAS DE GRADUAÇÃO UNIJUI

ALONSO, U. R. Exercícios de fundações. 1 ed. São Paulo: Blucher, 1983. 108 p. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Annual book of ASTM standards. Section 4: Construction, v. 004.08: Soil and rock; dimension stone; geosynthetics. Philadelphia, (1990).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6122: Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro, 2010. 91 p.

\_ . NBR ISO 10318-1: Geossintéticos Parte 1 - Termos e definições. São Paulo: ABNT, 2018.

AVESANI NETO, José Orlando. Desenvolvimento de uma metodologia de cálculo e simulações numéricas aplicadas na melhoria da capacidade de carga de solos reforçados com geocélula. 2013. 336 f. Tese (Doutorado em Geotecnia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013.

CARDOSO, Antônio José de Magalhães Silva. A técnica das pregagens em solos aplicada em escavações: métodos de análise e dimensionamento. 1987. 496 f. Dissertação (doutorado em Engenharia Civil). - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal, 1987.

FERNANDES, L. R. Estudo da cobertura do lixão "Morávia" da cidade de Medellín, Colômbia. 2012. 193 f. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) - Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

KOERNER, Robert. M. Designing with Geosynthetics. 4. ed. Nova Jersey: Prentice Hall, 1999. 759 p

MACAFERRI, América Latina. Reforço e estabilização de solos: necessidades e soluções. Catálogo. Macaferri do Brasil: 2008.

PALMEIRA, Ennio Marques. Geossintéticos em geotecnia e meio ambiente. São Paulo: Oficina de Textos, 2018. 294 p.

SIEIRA, Ana Cristina Castro Fontenla. Estudo Experimental dos Mecanismos de Interação Solo-Geogrelha. 2003. 360 f. Tese (Doutorado em Ciências de Engenharia Civil: Geotecnia).

- Departamento de Engenharia Civil da PUC-Rio, Rio de Janeiro, 2003.

SIMONS, E. Noel; MENZIES, K. Bruce. Introdução à engenharia de fundações. Rio de Janeiro: Interciência, 1981. 199 p.

VELLOSO, Dirceu de Alencar; LOPES, Francisco de Rezende. Fundações: critérios de projeto, investigação do subsolo, fundações superficiais e fundações profundas. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 583 p.

VERTEMATTI, José Carlos. Aplicações em Reforço de Solos. In: VERTEMATTI, José Carlos (Org.). Manual Brasileiro de Geossintéticos. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2015. 85-86 p.

ZORNBERG, J. G.; CHRISTOPHER, B.R. Geosynthetics. In: DELLEUR, Jacques W. (Org.). The Handbook of Groundwater Engineering. 2 ed. Florida: CRC Press, 2007. 1267