

Breve estudo de geocélulas de garrafa de Polietileno Tereftalato, aplicadas para melhoria funcional do pavimento

Brief study of polyethylene terephthalate bottle geocells, applied for functional pavement improvement

**Mozart Mariano Carneiro Neto, mestrando em Geotecnia Ambiental, FEB-UNESP,
docente no Centro Universitário Toledo**

neto_mozart@hotmail.com

**Eduardo Henrique Delben, graduando em Engenharia Civil, Centro Universitário
Toledo**

eduardo.delben@hotmail.com

**Antônio Carlos Vilella Caldeira, graduando em Engenharia Civil, Centro
Universitário Toledo**

carlosvilella.civil@gmail.com

Ariel Silvestri, graduando em Engenharia Civil, Centro Universitário Toledo

ariel_silvestri@hotmail.com

João Paulo Moraes Ribeiro, Graduado em Engenharia Ambiental, UTFPR (2016)

jpmoraesribeiro@gmail.com

Resumo

Devido ao número de pesquisas com geossintéticos para obras geotécnicas, visando soluções cada vez mais práticas, seguras e sustentáveis, pesquisou-se uma maneira alternativa de execução de geocélula, utilizando garrafas de polietileno tereftalato (PET), com brita como material de preenchimento. Objetivando desenvolver um sistema de baixo custo e sustentável, foi instalado o conjunto de geocélulas em um estacionamento não pavimentado, que passou por um período de 90 dias de exposição às intempéries e ao tráfego. As células, com diâmetro de 100 mm e altura de 80 mm, passaram por ensaios de compressão axial e amostras de PET, com 110 mm de comprimento foram ensaiadas à tração, antes e após a exposição. Notou-se que, houve uma diminuição das resistências de tração e compressão após a exposição, entretanto, visualmente, apesar de sofrer alguns danos mecânicos, não houve deformação aparente do conjunto, viabilizando sua aplicação.

Palavras-chave: Geocélulas; Polietileno Tereftalato ; Sustentabilidade

Abstract

Due to the number of geosynthetic surveys for geotechnical works, aiming at increasingly practical, safe and sustainable solutions, an alternative way of geocellular execution was investigated, using polyethylene terephthalate (PET) bottles, with gravel as fill material. Aiming to develop a low-cost and sustainable system, the set of geocells was installed in an unpaved parking lot, which has undergone a period of 90 days of exposure to weather and traffic. Cells with a diameter of 100 mm and height of 80 mm underwent axial compression tests and PET samples, 110 mm long, were tensile tested before and after exposure. It was observed that there was a decrease in tensile and compressive strengths after exposure, however, visually, despite some mechanical damages, there was no apparent deformation of the assembly, making its application possible.

Keywords: *Geocells; Polyethylene Terephthalate; Sustainability*

1. Introdução

De acordo com a NBRISO 10318-1-2018, classificam-se como Geossintéticos (GSY) os materiais produzidos a partir de um polímero sintético ou natural, utilizado em contato com solo ou outros materiais, em aplicações de engenharia geotécnica ou civil. Entre suas funções destacam-se: separação, proteção, filtração, impermeabilização, drenagem, reforço e controle de erosões. E classifica-se como Geocélula (GCE) uma fibra tridimensional, permeável, polimérica, ou estrutura celular semelhante, feita de ligadas de geossintéticos.

As geocélulas ainda podem ser definidas como sendo, tiras de geomembranas ou geotêxteis que foram dispostas verticalmente em forma de caixa e preenchidas com solo. Assim, o material forma uma estrutura celular e, atuando com a areia ou cascalho contido, produz um colchão impressionantemente forte e estável para o tráfego veicular (KOERNER, 2012).

A concepção da geocélula ocorreu no final da década de 1970, quando o Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos foi incumbido de desenvolver rapidamente um sistema tipo para ser apoiado sobre solos de baixa capacidade de suporte e permitir o acesso de equipamentos militares pesados. O resultado desse desenvolvimento foi a invenção da geocélula, que ao ser preenchida com areia ou pedra suportaria cargas elevadas, quando colocada sobre esses solos pouco resistentes. Desde então, a geocélula tem sido utilizada em projetos/obras militares e civis em todo mundo (MENESES, 2004; WESSELLO, 2008; PRESTO, 2008).

Estes materiais são fabricados geralmente em poliamida, polietileno, poliéster ou polipropileno e suas propriedades mecânicas e hidráulicas permitem que desempenhem função de reforço em pavimento, contenção de solo, revestimento e proteção de taludes e canais contra erosão, entre outras funções em uma obra geotécnica (LAVOIE, et. al., 2016; BARUFFI, et. al, 2015; AVESANI e BUENO, 2010; BARUFFI, MIGUEL e FLOSS,

2016; YANG, et. al., 2012; HEGDE, 2012; DASH e CHOUDHARY, 2018, FAVRETTO, et. al., 2018).

1.1 Propriedades de Resistência e Estabilizantes Químicos

Dependendo das aplicações, é necessário caracterizar e definir propriedades mínimas de resistência para o material, como resistência à tração do material, resistência ao funcionamento, resistência à tração e cisalhamento da junta e degradação ultra-violeta e química. As normas a serem consideradas em cada ensaio podem variar de acordo com o material empregado na geocélula (AVESANI NETO, 2013).

A análise do desempenho de um material em situações semelhantes a de projeto é essencial e deve ser considerada na escolha de aplicação desse material em uma obra (NEVES, 2013). Os estudos avaliando a combinação de ações degradadoras em geossintéticos ainda são pouco precisos, por isso se faz necessário o desenvolvimento de pesquisas na área, a fim de se analisar a durabilidade e eficiência desses materiais quando aplicados em ambientes agressivos (MEDEIROS E FRANÇA, 2018).

Aditivos como estabilizantes térmicos, negro de fumo (*carbon black*) e antioxidantes, são aplicados com o objetivo de reduzir a degradação por raios UV e aumentar a durabilidade e a resistência dos geossintéticos. Porém, a concentração e a combinação desses devem ser avaliadas, visto que, o aditivo se transforma em outro composto químico depois de ser consumido e sofre mudanças devido ao processo de estabilização. Além disso, altas concentrações podem produzir pró-degradantes, que atuarão negativamente no material, prejudicando sua resistência (MOL, 2014; DE PAOLI, 2008).

1.2 Comportamento Mecânico

No que tange à interação e forma com a qual as geocélulas, transferem as cargas às camadas de solo subjacentes, podemos citar algumas formas, o Efeito de Confinamento, que pode ser brevemente descrito como sendo uma compressão induzida pelo material de enchimento nas células, devido à aplicação de carga externa, densificando assim o agregado e também, indução de tensões horizontais entre o material e as paredes das células mobilizando uma resistência passiva entre células adjacentes além de uma tensão cisalhante de interface entre estes dois materiais, desta forma ocorre um aumento da resistência e conseqüente diminuição da deformabilidade do material de enchimento (MANDAL E GUPTA, 1994).

O outro efeito causado pela aplicação de cargas externas é o Efeito Laje, que pode ser descrito como um efeito de dispersão ou espraçamento das tensões para a camada subjacente devido à estrutura tridimensional de células interconectadas e preenchidas. Devido a este espraçamento, a carga que é transferida ao solo de fundação atua em uma superfície maior, conduzindo a menores valores de tensão na fundação. E tem-se ainda o

Efeito de Membrana, devido a sua rigidez e a suas extremidades ancoradas, ao se deformar com a aplicação de cargas externas, as células atuam como uma membrana tensionada exercendo uma força para cima na tentativa de suportar as cargas verticais, transferindo as tensões para as zonas de ancoragem, mobilizando a resistência ao cisalhamento de interface reforço/solo (AVESANI, BUENO E FUTAI, 2014).

1.3 Fatores geométricos de capacidade de carga

Entre os fatores que influenciam na capacidade de carga da geocélula em solos com baixa de capacidade de suporte, pode-se citar, dimensões, a quantidade de células, a geometria do reforço e o material de composição (resistência/rigidez) da célula. Assim sendo, os parâmetros significativos para essa aplicação são: a razão de forma (altura dividida pela largura da célula) e a razão do carregamento (largura do carregamento dividido pela largura da célula), (AVESANI, 2013).

Referente à razão de forma (h/d), já citada anteriormente, ensaios de placa realizados constatam que, conforme aumenta-se este valor, ou seja, a medida que se aumenta a altura da célula, mantendo seu diâmetro constante, a capacidade de carga também aumenta, pois, com maior altura de material de preenchimento com melhores qualidade geotécnicas, melhor será a absorção dos esforços e maior será o espraçamento das tensões para as camadas de solo subjacentes, com menores valores de capacidade de carga (MENESES, 2004; MANDAL e GUPTA, 1994).

1.4 O Polietileno Tereftalato

O polietileno tereftalato (PET) é uma resina de grande utilização, membro da família dos poliésteres. Foi descoberta pelos ingleses Whinfield e Dickson em 1941, sendo usada a partir dos anos 60 como material de embalagem, com grande aceitação para acondicionamento de alimentos, devido às suas características de alta resistência mecânica (impacto) e química além de ter excelente barreira para gases e odores (CEMPRE, 1992 apud COSTA, 2016).

No Brasil, a garrafa de PET tornou-se disponível apenas em 1989 e foi a partir de 1993 que as garrafas de refrigerantes passaram a ser produzidas em larga escala. Essa evolução ocorreu devido às vantagens das embalagens de PET, em relação a outros tipos de materiais, tais como: estabilidade química, alta resistência ao impacto e a pressão interna, embalagens mais leves, é reciclável, apresenta segurança e praticidade, e, tem boa aparência (ABIPET, 2015).

O seu consumo aumentou em grande escala e o volume desses materiais ocupam excessivamente os lixões e aterros sanitários, seu descarte tem trazido vários problemas de lixo (CEMPRE, 2015 apud COSTA, 2016).

1.5 A reciclagem e suas limitações

A reciclagem pressupõe a reutilização, o reuso, certamente é um dos pressupostos do conceito do desenvolvimento sustentável, que por sua vez, está embasado nas dimensões econômicas, sociais, ecológicas e culturais do progresso humano (COELHO, 2013). Um conceito de sustentabilidade muito aplicado visando o gerenciamento de resíduos sólidos é o conceito dos 3 R's que tange tanto a área ambiental quanto a econômica e social. Os seus significados são Reduzir, Reutilizar e Reciclar (STEPHANOU, 2013).

A reciclagem do PET traz muitos benefícios, tais como: redução do volume de lixo coletado, economia de energia elétrica, petróleo, proporciona mais empregos, gera rendas as comunidades, menor preço para o consumidor dos artefatos produzidos com plástico reciclado, e redução da poluição gerada no seu descarte (SILVA e JÓIA, 2008).

Ressalta-se que há inúmeros dados que apresentam um aumento da reciclagem no Brasil, porém a destinação inadequada desse material é um grande problema, pois mesmo com várias alternativas de reciclagem e reaproveitamento, a demanda de produção destes continua aumentando e conseqüentemente aumenta-se o descarte destes resíduos (ABIPET, 2015).

1.6 Motivação para o desenvolvimento do artigo

A motivação para o desenvolvimento deste artigo surgiu da necessidade de se resolver um problema que no período de chuva assola o estacionamento de um Centro Universitário situado no noroeste do estado de São Paulo. O estacionamento de 4705 m² e 210 vagas, tem revestimento não pavimentado, apenas coberto por brita. Devido à movimentação dos veículos, (curvas, aceleração e frenagem), a brita se movimenta constantemente. Em períodos de chuva, criam-se poças de água nos pontos onde a brita foi removida, ao passar nessas poças, o atrito dos pneus com o solo úmido remove algumas partículas, criando um processo degradativo da base, até se dar a formação de panelas e deformações excessivas do pavimento. A figura 1 exemplifica as deformações devido à movimentação de brita em trecho de curva formadas no pavimento.



Figura 1: Patologias formadas no pavimento. Fonte: elaborado pelos autores.

2. Objetivo

Desenvolver geocélulas de garrafa PET, que resistam ao tráfego local, evitando deformações e que retenham a brita, evitando assim a criação de um processo de degradação do pavimento, conforme descrito anteriormente.

3. Procedimentos Metodológicos

Foi feita uma breve revisão bibliográfica acerca das geocélulas, e do material PET. Posteriormente foi feita a obtenção das garrafas de PET, provenientes de restaurantes ao redor do Centro Universitário. As garrafas foram cortadas para obtenção das células individuais, e foram montados conjuntos de células, após isso, foi escolhido estrategicamente um local do estacionamento para implantação das células, em setembro de 2018, onde passaram por um período de observação de noventa dias. Ensaios de compressão axial em células individuais e ensaios de tração em amostra de material de PET foram realizados com amostras intactas e amostras exposta, para avaliar sua resistência e durabilidade. Os ensaios foram realizados nos Laboratórios de Engenharia Civil e Engenharia Mecânica do Centro Universitário Toledo. Os procedimentos descritos acima foram desenvolvidos abaixo de maneira detalhada.

3.1 Escolha da razão de forma da célula

Após a obtenção das garrafas, foi estudada uma maneira de otimizar sua utilização, de forma a se ter o maior aproveitamento possível. Para esta escolha, levou-se em conta a razão de forma. Conforme descrito anteriormente, quanto maior a altura da célula, maior seu desempenho frente às cargas recebidas. Diante disto, ao medir o trecho reto das garrafas (16 cm), e seu diâmetro (10 cm), optou-se por trabalhar com a razão de forma de 0,8, logo, cada garrafa proporcionou duas células com 8 cm de altura. Para fazer a ligação entre as garrafas, foi utilizado fio de PET, com 2 mm de largura, obtido de maneira artesanal, como ilustrado na Figura 2.



Figura 2: Geocélulas e fio de PET para ligação. Fonte: elaborado pelos autores.

3.2 Escolha do local de estudo e instalação das células

Foi escolhido um local do estacionamento onde os carros passam com alta frequência, sujeito há muitas manobras e movimentos curvos. Posteriormente a brita foi retirada com o auxílio de enxada e foram escavados de 4 m² (2m x 2m), com 12 cm em seu ponto mais profundo e 8 cm em seu ponto mais raso, devido a declividade existente no terreno. As células foram instaladas e fixadas com ganchos metálicos instalados a cada metro. Preencheram-se as células com brita e regularizou-se a superfície sem passar por nenhum processo de compactação. Foram utilizados quatro conjuntos de células, sendo cada conjunto de 1m² compostos por 100 células cada, totalizando, 200 garrafas de PET. A Figura 3 ilustra o procedimento de escavação e instalação.



Figura 3: Escavação e Instalação das geocélulas. Fonte: elaborado pelos autores.

3.2 Ensaios de compressão axial e tração

Para amostras intactas e amostras expostas, foram feitos ensaios de compressão axial, com uma prensa automática modelo Emic SSH300, de célula Trd 30, utilizando-se a NM 101, devido à falta de norma para o conjunto garrafa de PET e brita. Foram realizados também ensaios de tração regidos pelas ASTM D638 e ASTM D882, com uma máquina de ensaio universal, modelo WDW – 100 E. Imagens de amostras para ensaio podem ser observadas na Figura 4.



Figura 4: Ensaios de compressão e tração. Fonte: elaborado pelos autores.

Após o período de observação de noventa dias, foram retiradas algumas amostras de geocélulas do pavimento, Figura 5, para realização de ensaios de compressão e tração e comparação com os resultados das amostras intactas.



Figura 5: Células expostas, retiradas para realização dos ensaios. Fonte: elaborado pelos autores.

3.3 Resultados

Após os noventa dias de observação, notou-se que, parte das células ficaram expostas, e sofreram amassamento, isso deveu-se ao fato que esta região apresentava menor cobertura de brita, conforme ilustrado na Figura 6. A região das células com maior cobertura de brita não sofreu exposição. Apesar disto, nenhuma deformação no pavimento foi observada.



Figura 6: Células parcialmente expostas após noventa dias. Fonte: elaborado pelos autores.

Os resultados dos ensaios de compressão e ensaios de tração para amostras intactas e amostras expostas após 90 dias podem ser observados nas Tabelas 1 e 2 respectivamente. Sendo os CP de 1 a 5 amostras de PET verde e amostras de 6 a 10, de PET transparente.

Ensaio de compressão Axial - Amostras Intactas							Ensaio de compressão Axial - Amostras Expostas						
CP	σ (MPa)	Ho (m)	Hf (m)	ΔH (m)	ϵ	Ec (MPa)	CP	σ (MPa)	Ho (m)	Hf (m)	ΔH (m)	ϵ	Ec (MPa)
1	3,60	0,008	0,0078	0,0002	0,0250	144,00	1	2,60	0,008	0,0077	0,0003	0,0375	69,33
2	2,23	0,008	0,0077	0,0003	0,0375	59,47	2	2,19	0,008	0,0075	0,0005	0,0625	35,04
3	3,05	0,008	0,0078	0,0002	0,0250	122,00	3	3,41	0,008	0,0076	0,0004	0,0500	68,20
4	3,71	0,008	0,0077	0,0003	0,0375	98,93	4	2,20	0,008	0,0077	0,0003	0,0375	58,67
5	2,97	0,008	0,0077	0,0003	0,0375	79,20	5	2,45	0,008	0,0076	0,0004	0,0500	49,00
6	3,50	0,008	0,0076	0,0004	0,0500	70,00	6	3,04	0,008	0,0076	0,0004	0,0500	60,80
7	3,62	0,008	0,0079	0,0001	0,0125	289,60	7	2,65	0,008	0,0078	0,0002	0,0250	106,00
8	2,35	0,008	0,0077	0,0003	0,0375	62,67	8	2,73	0,008	0,0077	0,0003	0,0375	72,80
9	3,05	0,008	0,0078	0,0002	0,0250	122,00	9	2,06	0,008	0,0076	0,0004	0,0500	41,20
10	3,42	0,008	0,0077	0,0003	0,0375	91,20	10	1,46	0,008	0,0075	0,0005	0,0625	23,36

Tabela 1: Resultados dos Ensaio de compressão axial. Fonte: Elaborado pelos autores.

Ensaio de Tração - Amostras Intactas						Ensaio de Tração - Amostras Expostas					
CP	σ (MPa)	Lo (m)	ΔL (m)	ϵ	Et (MPa)	CP	σ (MPa)	Lo (m)	ΔL (m)	ϵ	Et (MPa)
1	133,33	0,075	0,003236	0,0431	3090,16	1	122,22	0,075	0,006664	0,0889	1375,53
2	144,44	0,075	0,00555	0,0740	1951,89	2	122,22	0,075	0,009436	0,1258	971,44
3	144,44	0,075	0,006129	0,0817	1767,50	3	100,00	0,075	0,007329	0,0977	1023,33
4	122,22	0,075	0,004574	0,0610	2004,04	4	100,00	0,075	0,00481	0,0641	1559,25
5	144,44	0,075	0,005124	0,0683	2114,17	5	88,89	0,075	0,00684	0,0912	974,67
6	55,56	0,075	0,001919	0,0256	2171,44	6	111,11	0,075	0,007832	0,1044	1064,00
7	100,00	0,075	0,00439	0,0585	1708,43	7	111,11	0,075	0,005301	0,0707	1572,01
8	122,22	0,075	0,004072	0,0543	2251,11	8	144,44	0,075	0,006731	0,0897	1609,42
9	133,33	0,075	0,006299	0,0840	1587,51	9	144,44	0,075	0,01011	0,0135	1715,13
10	88,89	0,075	0,003557	0,0474	1874,26	10	122,22	0,075	0,004796	0,0639	1911,28

Tabela 2: Resultados dos Ensaio de tração. Fonte: Elaborado pelos autores.

Os valores médios de tensão normal de compressão e tração para amostras intactas foram, 3,15 MPa e 118,89 MPa respectivamente. Enquanto que, os valores médios para amostras expostas foram de 2,48 MPa e 116,67 MPa. Indicando uma queda na resistência de 21,2 % e 1,86 % respectivamente.

Os valores médios de módulo de elasticidade para compressão e tração para amostras intactas foram, 113,91 MPa e 2052,05 MPa respectivamente. Enquanto que, os valores para amostras expostas foram de 58,44 MPa e 1313,25 MPa. Indicando uma queda no módulo de elasticidade de 48,69 % e 36 % respectivamente.

4. Considerações Finais

Conforme os valores indicados nas tabelas, notou-se que após o período de exposição de noventa dias, o conjunto de geocélulas sofreu enrijecimento devido à exposição às intempéries. Ocorreu também queda dos valores de resistência e módulo de elasticidade.

Houve movimentação de brita devido ao movimento dos veículos, e isto fez com que parte das geocélulas ficassem expostas, entretanto, não houve deformação do conjunto e exposição da base do pavimento como em outros pontos do estacionamento. O que mostrou que esta solução atende positivamente ao objetivo deste trabalho.

Trabalhos futuros visam utilizar além de brita, solo, areia e resíduos sólidos da construção civil, de modo a verificar a resistência do conjunto de células, e como elas interagem com estes materiais, visando sempre à solução mais sustentável possível.

Ensaio de placa também serão realizados de modo a se determinar uma razão de forma ótima para as células, no que tange à melhoria de capacidade de suporte do pavimento, algo que não foi abordado nesta pesquisa.

Referências

ABIPET – **Associação Brasileira da Indústria PET**. Disponível em: <www.abipet.org.br>. Acesso em: 10 Out. 2015.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D638**: Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics, West Conshohocken, 2014.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D882**: Standard Test Method for Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting, West Conshohocken, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NM 101**: Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos, Rio de Janeiro, 1996. 5 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 10318-1**: Geossintéticos — Termos e Definições, Rio de Janeiro, 2018. 9 p.

AVESANI NETO, B. O. ; BUENO, B. S. **Capacidade de carga de solos reforçados com geocélula**. Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica e Desenvolvimento Urbano, Gramado, 2010, 17 – 22 de Agosto, pp. 1 – 8, 2010.

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, 336 p. (Tese) Geotecnia, Universidade de São Paulo, São Carlos.

AVESANI NETO, B. O. ; BUENO, B. S.; FUTAI, M. M.; **Desenvolvimento de um método de cálculo de solo reforçado com geocélula e avaliação por meio de ensaios de placa de laboratório**. XVII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica Geotecnia e Desenvolvimento Urbano COBRAMSEG 2014, Goiânia, Brasil, 9 - 13 de Setembro, pp 1 – 8, 2014.

BARUFFI, A.; MIGUEL, G. D.; ABIDO, L.C.; FLOSS, M. F., **Análise do comportamento mecânico de geocélulas**. II Encontro Nacional de Tecnologia Urbana, Passo Fundo, Brasil, 11 – 13 de Novembro, pp. 1- 11, 2015.

BARUFFI, A.; MIGUEL, G. D.; FLOSS, M. F.; **Geocélulas Preenchidas com Resíduo de Pedras Semipreciosas**. XVIII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica COBRAMSEG 2016, Belo Horizonte, Brasil, 19-22 Outubro, pp. 1 – 9, 2016.

COELHO, R. M. P. **Reciclagem e Desenvolvimento Sustentável**. Capítulo 13, 12 p. 2013. Disponível em : < http://www.ecologia.icb.ufmg.br/~rpcoelho/Livro_Reciclagem/Projeto_Cezar/cap%2013%20desenv%20sustentavel.pdf>. Acesso em 22 mar. 2015.

COSTA, G. K. S., **Reciclagem de PET: Potencialidades para Sustentabilidade e inclusão social**, 2016, 35p. Trabalho de Conclusão de Curso (Ciências Contábeis) - Fundação Universidade Federal de Rondônia, Cacoal.

DASH, S. K.; CHOUDHARY, A. K.; **Geocell reinforcement for performance improvement of vertical plate anchors in sand**. Revista Geotextiles and Geomembranes, v. 46, p. 214– 225, 2018.

DE PAOLI, M.A. **Degradação e Estabilização de Polímeros**. 2º versão online, Chemkeys, São Paulo, São Paulo, BR, 221 p. 2008.

FAVRETTO, J. MIGUEL, G. D.; DONATI, M.; FLOSS, M. F. **Comportamento de um Resíduo Granular Reforçado com Geocélula Submetido a Ensaio de Placa**. XIX Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica Geotecnia e Desenvolvimento Urbano COBRAMSEG 2018, Salvador, Brasil, 28 - 01 de Setembro, pp 1 – 7, 2018.

HEGDE, A., **Geocell reinforced foundation beds-past findings, present trends and future prospects: A state-of-the-art review**. Revista Construction and Building Materials, v. 154, p. 658 – 674, 2017.

KOERNER, R. M., **Design com Geossintéticos** - 6ª Edição Vol. 1 (p. 77). Bloomington: Xlibris, 2012.

LAVOIE, F. L.; BENJAMIN, C.V.S.; PALMA, S. L.; BOTELHO, C.; **Experiência na Utilização de Geocélulas de Polipropileno em Obras de Engenharia**. III Conferência Pan Americana de Geossintéticos GEOAMERICAS 2016, Miami, Estados Unidos, 10 – 13 Abril, 2016.

MANDAL, J. N.; GUPTA, P. **Stability of geocell-reinforced soil**. Revista Construction and Building Materials. v. 8, p. 55-62, 1994.

MEDEIROS, M. A., FRANÇA, F. A. N., **Degradação de Geotêxteis Não-Tecidos em Ambiente Costeiro**. XIX Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica Geotecnia e Desenvolvimento Urbano COBRAMSEG 2018, Salvador, Brasil, 28 - 01 de Setembro, pp 1 – 9, 2018.

MENESES, L. A. **Utilização de Geocélula em Reforço de Solo Mole**, 2004. (Dissertação) Geotecnia – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

MOL, A.S., **Preparação e Funcionalização de Nano Fibras (whiskers) de Quitina e Sua Aplicação Como Agente de Recuperação de Propriedades em Polímeros Reciclados**, (Tese), Universidade Federal de Minas Gerais, 125 p. 2014.

NEVES, L. P. **Geossintéticos e Geossistemas em Engenharia Costeira**. 2003. 196p. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2003.

PRESTO, Technical Literature on the GEOWEB **Cellular Confinement System**. Presto Products Company, 2008.

SILVA, M. S. F.; JOIA, P. R. **Educação Ambiental: A Participação da Comunidade na Coleta Seletiva de Resíduos Sólidos**. Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros – Seção Três Lagoas Três Lagoas – MS – Nº 7 – ano 5, Maio de 2008.

STEPHANOU, J. **Gestão de Resíduos Sólidos: Um modelo integrado que gera benefícios econômicos, sociais e ambientais**. 29 de Abril de 2013. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/sustentabilidade/?p=235>>. Acesso em: 14 Out. 2018.

WESSELOO, J., Visser, A.T, Rust, E. (2008). **The stress–strain behaviour of multiple cell geocell packs**. Geotextiles and Geomembranes nº 27, p. 31 – 38.

YANG, X.; HAN, J.; POKHAREL, S. K.; MANANDHAR, C.; PARSONS, R. L.; LESHCHINSKY D.; HALAHMI, I., **Accelerated pavement testing of unpaved roads with geocell-reinforced sand bases**. Revista Geotextiles and Geomembranes, v. 32, p. 95 – 103, 2012.