

XX Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
IX Simpósio Brasileiro de Mecânica das Rochas
IX Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
VI Conferência Sul Americana de Engenheiros Geotécnicos Jovens
15 a 18 de Setembro de 2020 – Campinas - SP



Ensaio de placa na região noroeste do estado do Rio Grande do Sul reforçado com o uso de geocélula

Fernanda Maria Jaskulski

Egressa do curso de Engenharia Civil, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, Brasil, fernandaj18@hotmail.com

Thalia Klein da Silva

Egressa do curso de Engenharia Civil, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, Brasil, thalia-klein@hotmail.com

Larissa Sasso

Mestranda em Geotecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil, larisasso08@hotmail.com

Alexia Cindy Wagner

Mestranda em Geotecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil, alexia-wagner@hotmail.com

Daiana Frank Bruxel Bohrer

Professor/Pesquisador do curso de Engenharia Civil, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, Brasil, daiana.bruxel@unijui.edu.br

RESUMO: Elevadas deformações e baixa capacidade de carga são problemas comuns apresentados pelos solos, desta forma é necessário melhorar suas propriedades mecânicas visando proporcionar segurança as edificações nele assentadas. Visando analisar o comportamento do solo em relação a sua capacidade de carga e ocorrência de recalques dos solos na cidade de Rolador, região noroeste do Rio Grande do Sul, realizaram-se ensaios de carregamento em placa em solo reforçado com geocélula para posterior análise de sua aplicação em fundações diretas. Como metodologia, analisaram-se diferentes alturas de geocélulas preenchidas com areia média e brita 1, de forma a verificar quais dos reforços adotados apresentam o melhor desempenho. As geocélulas utilizadas são do modelo SW455 com 7,5 cm e 20 cm de altura e o SW712 com 10 cm. Como metodologia realizou-se ensaios de caracterização dos materiais, provas de carga em placa e análise dos resultados. Em suma, todas as alternativas de reforços se mostraram eficientes. Outro fato constatado, com algumas exceções, está no ganho de carga apresentado com o aumento da granulometria do material de preenchimento e a altura da geocélula. O destaque entre as geocélulas deu-se com o modelo SW445-Brita com 20 cm de altura em todas as análises realizadas.

PALAVRAS-CHAVE: Ensaio de placa, Geocélula, Reforço de solo, Tensão admissível, Recalques.

ABSTRACT: High deformations and low bearing capacity are common problems presented by soils, so it is necessary to improve their mechanical properties in order to provide security to the buildings to be settled in them. One of the best ways to obtain soil deformations is by performing the Plate-Load Test, since it emulates, on a reduced scale, the behaviour of a shallow foundation through strain-settlement curves. In order to analyze the soil behavior about its bearing capacity and soil settlement incidents of the northwest region of Rio Grande do Sul, specifically Rolador City, Plate-Load Tests were executed in soil reinforced with medium sand and gravel, for further analysis of its application in shallow foundations. As a methodology, different heights of geocells filled with medium sand and gravel 1 were analyzed, in order to verify which of the reinforcements adopted have the best performance. The geocells used are the SW455 model with 7.5 cm and 20 cm high and the SW712 with 10 cm. As a methodology, material characterization tests, plate load tests and results analysis were carried out. In short, all reinforcement alternatives have proven to be effective. Another fact found, with some exceptions, is the load gain presented with the increase in the granulometry of the filling material and



the height of the geocell. The highlight among the geocells was the model SW445-Brita with 20 cm height in all analyzes performed.

KEYWORDS: Plate-Load Test, Geocells, Ground reinforcement, Permissible stress, Upsets.

1 Introdução

A presente pesquisa tem como tema a análise do melhoramento do solo do noroeste do Rio Grande do Sul a partir da inserção de geossintéticos em solos designados a fundações rasas, visando aumentar a resistência, reduzir os recalques e aumentar a segurança das edificações, possibilitando a minimização dos custos nas obras. Desta forma, analisou-se o reforço com geocélulas de três modelos diferentes preenchidas com areia média e brita 1. As execuções dos ensaios ocorreram no solo da cidade de Rolador localizada no noroeste do estado do Rio Grande do Sul, e a partir de seus resultados foi possível aferir o desempenho de cada modelo quanto à capacidade de carga e recalque, analisando se há melhoria no comportamento do solo.

2 Referencial teórico

2.1 Reforço de 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).

A principal função das camadas de reforço é aumentar a capacidade de carga do sistema e reduzir, ou uniformizar, os recalques do elemento de fundação (PALMEIRA, 2018). Gotleib (2016) acrescenta que o objetivo dos reforços de fundações fundamenta-se em renovar ou aumentar a segurança da fundação original, realizar uma modificação no sistema solo-fundação-estrutura, em decorrência de eventuais problemas de desempenho, mudança de uso da edificação ou acréscimo de carga, onde a estrutura atual não consiga suportar esse acréscimo de carga.

2.2 Geocélulas para reforço de solos

A busca por soluções mais rápidas, leves, esbeltas, confiáveis e mais econômicas, conforme Vertematti (2015), forçaram o surgimento, na última década, dos geossintéticos. A geocélula destaca-se entre os geossintéticos, sua principal função é o reforço e controle de erosão (PALMEIRA 2018). Além disso, quando empilhada pode formar elementos de contenção de gravidade. Formada pela interligação de células cuja função é a de confinar os materiais nelas inseridas, constituindo um elemento tridimensional aberto.

Conforme *Geosoluções StrataCompany* (2019), quando as geocélulas são preenchidas, formam uma cobertura superficial flexível, com elevada resistência, que se ajusta ao terreno evitando o surgimento de trincas e impedindo o espalhamento do material de preenchimento mesmo em ambientes suscetíveis a ação do vento e da água.

2.3 Ensaios de placa

A maioria das patologias ocorridas nas fundações está relacionado a falta de conhecimento das características do solo (LOGEAS, 1982). Desta forma, Quaresma et al. (2016), salienta que é necessário um conhecimento completo das propriedades geotécnicas do solo, a partir da classificação e identificação das suas camadas constituintes. Desta forma, as deformações do solo podem ser previstas através do ensaio de placa, considerado por Quaresma et al., (2016) um dos melhores ensaios para essa determinação.



O ensaio é norteado pela NBR 6489 (ABNT, 2010), que recomenda a interpretação dos seus resultados de maneira que se considere a relação entre a fundação real e o comportamento entre a placa, além das particularidades das camadas de solo influenciadas pela fundação e pela placa. Como o ensaio é executado sobre o terreno de fundação e como nem sempre é possível averiguar as camadas acometidas pelas solicitações da fundação, obtêm-se um valor bastante restrito (OLIVEIRA; MONTICELI, 2018).

2.4 Recalques

Os recalques são oriundos das deformações ocasionadas pela redução do volume ou alteração da forma do bloco de solo localizado entre a base da sapata e o indeslocável, ou seja, o deslocamento vertical para baixo, com base numa referência indeslocável, fixo, da base da sapata (CINTRA; AOKI; ALBIERO, 2014). Terzaghi e Peck (1962) afirmam que a previsão precisa dos recalques é praticamente impossível, tendo como base a complexidade das propriedades mecânicas do solo.

São dois os tipos existentes de recalque: recalque total (ou absoluto) que ocorre em cada sapata e o recalque diferencial (ou relativo) que ocorre entre as sapatas (CINTRA; AOKI; ALBIERO, 2014). Como o solo apresenta uma grande variabilidade os recalques são muito desiguais, além disso, como cada pilar apresenta uma carga distinta, as sapatas apresentam variação no seu tamanho, o que influencia a ocorrência de recalques diferenciais (CINTRA; AOKI; ALBIERO, 2014).

2.5 Tensão admissível

A tensão admissível, conforme NBR 6489 (ABNT, 2010), corresponde a tensão adotada em projeto e quando aplicada ao terreno pela fundação superficial atende a requisitos como coeficiente de segurança predeterminado, limites últimos (ruptura) e de serviços (recalques, vibrações, etc.).

3 Metodologia e materiais

Este capítulo aborda a metodologia empregada no desenvolvimento do presente trabalho, apontando as técnicas e materiais utilizados para elaboração da presente pesquisa, ademais abordam-se as técnicas e ensaios realizados, tanto laboratoriais quanto *in situ*. Os ensaios de caracterização geotécnica do solo foram executados no Laboratório de Engenharia Civil da UNIJUÍ (LEC). O local definido para o estudo está situado na região noroeste do estado do Rio Grande do Sul na cidade de Rolador, local com predominância de solos de origem residual.

Atualmente existem disponíveis no mercado uma vasta gama de geocélulas nas mais variadas dimensões. As geocélulas utilizadas nesta pesquisa foram cedidas pela empresa Geosoluções, por intermédio da *StrataWeb*. Desta forma, foram utilizadas dois modelos de geocélulas: SW445 com 75 e 200 mm de altura e a SW712 com 100 mm de altura. As propriedades e especificações técnicas dos modelos de geocélula utilizados estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Propriedades e especificações técnicas das geocélulas StrataWeb

Propriedades do produto		Unidade	SW445	SW445	SW712
Altura da célula		mm	75	200	100
Dimensão média da célula ($\pm 3\%$)	Largura	mm	320	320	508
	Comprimento	mm	287	287	475
Área nominal da célula ($\pm 3\%$)		cm ²	460	460	1206
Dimensão da peça expandida ($\pm 3\%$)	Largura	m	2,56	2,56	2,56
	Comprimento	m	8,35	8,35	13,72
Área da peça expandida ($\pm 3\%$)		m ²	21,14	21,14	35,1

Utilizou-se como material de enchimento das geocélulas brita 1 e areia média de forma a possibilitar a análise comportamental diante dos esforços submetidos. Para ser caracterizado, os materiais permaneceram em estufa por no mínimo 24 horas para retirada total da umidade. A análise granulométrica foi embasada conforme especificações da NBR 7181 (ABNT, 2018e), por se tratar de um materiais granulares.

Para possibilitar a realização do ensaio de placa foi necessário a preparação do terreno conforme recomendações da Engepol (2014) que prescreve a realização de terraplanagem superficial da área de instalação. Assim, demarcou-se a área necessária para a realização dos ensaios e com o auxílio da escavadeira hidráulica retirou-se uma camada com cerca de 50 cm de solo. Posterior a isso, realizou-se a uniformização do solo com o auxílio de pás e enxada para a regularização das ranhuras oriundas dos “dentes” da escavadeira.

Para a fixação dos painéis foram colocadas hastes metálicas de barras de aço, cravada nas extremidades das geocélulas de maneira a possibilitar que os painéis permanecessem abertos (estendidos) na sua máxima dimensão, pois, são disponibilizadas compactadas para diminuir o seu volume no transporte e armazenamento.

As geocélulas foram aplicadas sobre o solo e distanciadas de forma a respeitar a influência do bulbo de tensões, ou seja, duas vezes a menor dimensão da base da fundação, conforme Ruver e Consoli (2006). Para possibilitar a movimentação da escavadeira hidráulica (sistema de reação) entre os perfis de geocélulas instalou-se as respeitando um espaçamento mínimo.

Após a fixação das geocélulas, foi executado o preenchimento dos painéis. Cada modelo de geocélula foi preenchido com os dois tipos de materiais, areia ou brita. Logo após o preenchimento das geocélulas executou-se a compactação do material com o auxílio da placa vibratória, preenchendo a geocélula conforme o material de preenchimento se assentava na estrutura, até o momento em que o material preenchesse completamente o painel.

Após a finalização da instalação dos seis painéis de geocélulas, foram executadas sete provas de cargas, sendo que uma delas foi executada na superfície do solo natural, duas na geocélula SW445 com 7,5 cm de altura preenchida com brita e areia, duas na geocélula SW445 com 20 cm de altura e com os mesmos materiais de preenchimento, e mais dois ensaios na geocélula SW712 com 10 cm de altura possuindo, também, o mesmo preenchimento.

Ao executar o ensaio em solo natural, posicionou-se a placa diretamente sobre o solo. Já para a execução do ensaio na geocélula posicionou-se a placa, com 30 cm de diâmetro, no nó de ligação das células, conforme recomendação de Baruffi (2017).

Para realização dos ensaios de carregamento em placa utilizou-se um sistema de reação, transmissão de cargas e leitura. Desta forma, para o sistema de reação empregou-se uma escavadeira hidráulica com aproximadamente 22 toneladas, que foi posicionada de forma centralizada em todos os painéis de geocélulas executados.

Já o sistema de transição de carga, composto por um macaco hidráulico da marca Enerpac, de capacidade de carga de 25 toneladas, uma bomba hidráulica de 700 bar de capacidade hidráulica, uma placa metálica de 30 cm de diâmetro e dois espaçadores metálicos, utilizados como forma de compensação para possível presença de desnível entre a placa e o macaco. Todos esses equipamentos podem ser verificados na Figura 1.

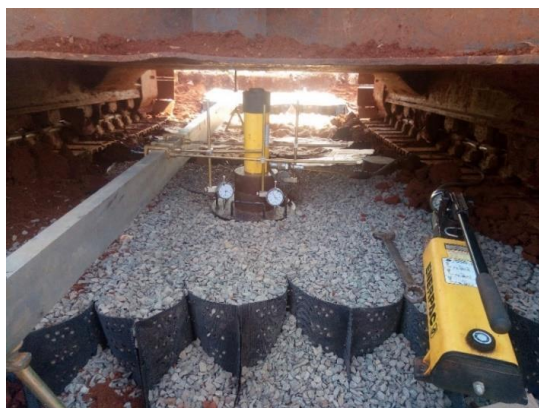


Figura 1: Sistema de transmissão de cargas e medição de deslocamentos

O sistema utilizado para realização das leituras obtidas é constituído por três relógios deflectométricos, com leituras máximas de 30 mm e precisão de 0,01 mm, os quais foram posicionados sobre a placa e sustentados a partir de hastes metálicas fixadas em uma régua de alumínio, com três metros comprimento, posicionada de forma a não provocar interferências nas leituras. As leituras dos recalques foram executadas dobrando se os tempos sucessivos tal como 1, 2, 4, 8 minutos, etc., em cada estágio de aplicação de carga.

4 Resultados

O presente capítulo contempla a apresentação dos resultados obtidos a partir da realização dos ensaios. Com base nesses resultados, realizaram-se análises e interpretações necessárias para compreensão dos resultados e posterior obtenção das conclusões.

A caracterização da areia média e da brita 1 foi realizada embasada na NBR 7181 (ABNT, 2018). Na Figura 2, pode-se observar a curva granulométrica da areia média, brita 1 e do solo de Rolador. Com base no gráfico é possível concluir que tanto a areia média quanto a brita 1 tratam-se de materiais com granulometria granular uniforme, sendo a brita um material mais grosso que a areia.

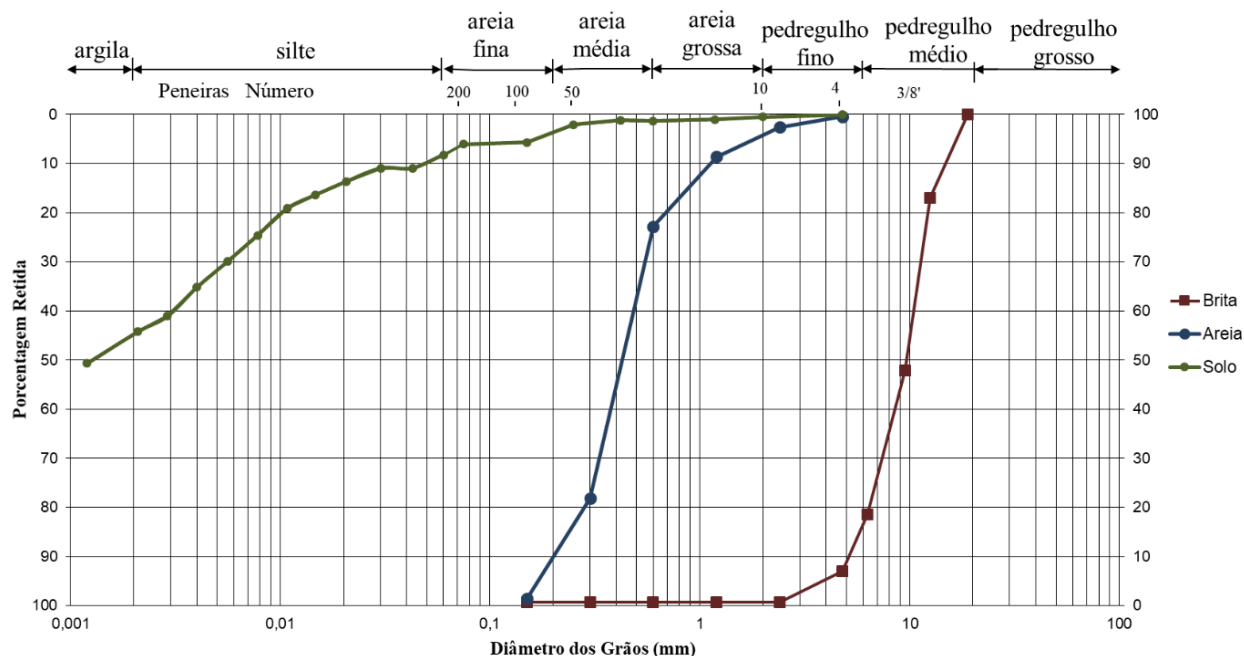


Figura 2: Curva granulométrica da brita 1, areia média e solo de Rolador

Ademais, segundo a análise granulométrica, o solo ensaiado apresenta 55,80% de argila, 35,98% de silte, 6,17% de areia fina, 0,72% de areia média; 0,82% de areia grossa e 0,51% de pedregulho, sendo, portanto, um solo extremamente fino com mais de 90% passante na peneira nº 200 (0,075 mm) com elevada presença de silte e argila.

Os limites de Atterberg foram obtidos conforme Bernardi (2013). Desta forma a partir de uma amostra de solo *in natura* de Rolador obteve-se um valor de 43% para o limite de liquidez, 30% limite de plasticidade e para o índice de plasticidade 13%. Desta forma é possível classificar o solo da cidade de Rolador, pelo sistema SUCS, como sendo ML, pois possui limite de liquidez (LL) inferior a 50%. Já pela metodologia HRB/AASHTO, classificou-se o solo de Rolador como A-7-5, com IG igual a 10.

O ensaio de SPT foi realizado pela empresa 7As Construções Ltda. da cidade de Santo Ângelo, sendo realizado no dia 3 de junho de 2019. Conforme o relatório, pode-se concluir que o alcance do nível da rocha ocorreu por volta de 5 m. Outro fato apresentado refere-se à compactação da camada superficial do solo, que demonstrou ser menor, devido as poucas quantidade de golpes necessários para conseguir atingir o primeiro metro de profundidade do que o segundo metro.

Com o intuito da verificação da capacidade de carga e recalques do solo da cidade de Rolador, executou-se o ensaio de placa, tanto para o solo natural quando reforçado utilizou-se a placa de 30 cm. Todos os ensaios foram executados entre os dias 27 e 28 de setembro de 2019. Segundo Instituto Regional de Desenvolvimento Rural – IRDeR (2019), ambos os dias apresentaram condições meteorológicas favoráveis com céu limpo, poucas nuvens e sem a propagação de chuvas nos dias anteriores a realização do ensaio. Por fim, elaborou-se uma curva carga x recalque para análise de cada situação ensaiada.

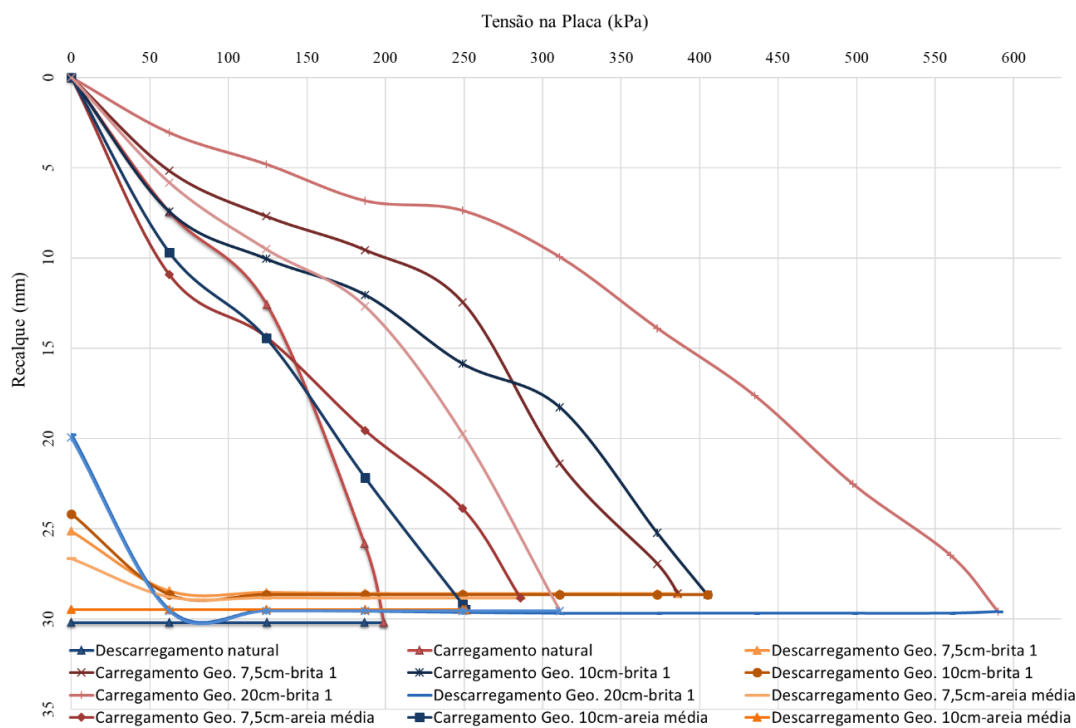


Figura 3: Curvas cargas x recalque dos ensaios

A partir da análise do gráfico da Fig. 3, é notável que todas as alternativas de reforço ensaiadas apresentaram resultados positivos, ou seja, um valor de ruptura superior aos 199 kPa suportados pelo solo em seu estado natural. A geocélula SW445 com 7,5 cm apresentou uma tensão de 286 kPa quando preenchida com areia média e 386 kPa com brita 1. Já a geocélula SW712 com 10 cm suportou uma tensão de 251 kPa com areia e 401 kPa com brita. O modelo SW445 com 20 cm resistiu a uma tensão de 311 kPa com areia e 590 kPa quando preenchida com brita.

Ademais, a partir dos gráficos apresentados no item anterior onde foi possível analisar os valores referentes a tensão e suas respectivas deformações aplicaram-se as metodologias de Alonso (2012) e Cudmani (1994). Desta forma, optou-se por adotar como tensão admissível a média entre essas duas metodologias abordadas. Sendo assim, utilizou-se para o método de Alonso (2012) os valores da tensão de ruptura (σ_{Rup}), a tensão correspondente a um recalque aos 25 mm (σ_{25mm}) e para um recalque de 10 mm (σ_{10mm}). Já para o método de Cudmani (1994) utilizou-se a tensão equivalente ao recalque do diâmetro da placa em milímetros, dividido por 30 ($\sigma_{(d/30)}$), como a placa ensaiada corresponde a 30 cm utilizou-se o valor de tensão correspondente ao recalque de 10 mm. Utilizou-se um fator de segurança correspondente a dois, para ambas as metodologias, conforme NBR 6122 (ABNT, 2010). Desta forma, na Tabela 2 consta o valor final das tensões admissíveis para todos os ensaios executados por ambas as metodologias.

Ensaio	σ_{adm} Alonso (kPa)			σ_{adm} Cudmani (kPa)	σ_{adm} Final (kPa)
	$\sigma_{Rup}/2$	$\sigma_{25mm}/2$	σ_{10mm}	$\sigma_{(d/30)}/2$	$\sigma_{(Alonso+Cudmani)}/2$
Solo natural	99,5	91,5	98	49	70,25
SW445-7,5cm-areia	143	131,5	55	27,5	79,5
SW712-10cm-areia	125,5	104,5	64	32	68,25
SW445-20cm-areia	155,5	141,5	134	67	104,25
SW445-7,5cm-brita	193	173,5	200	100	136,75
SW712-10cm-brita	202,5	185	122	61	123
SW445-20cm-brita	295	267	312	156	211,5

Tabela 2. Tensão admissível

Desta forma, é notável que a geocélula modelo SW445-20 cm com brita apresentou o maior valor de tensão admissível, 211,5 kPa, e também o maior valor entre os modelos ensaiados com areia média. A menor tensão foi apresentada pelo modelo SW712-10 cm preenchida com areia, apresentando uma tensão menor que

a do solo em seu estado natural. Para analisarmos a variação entre a tensão admissível e de ruptura elaborou-se a Figura 4.

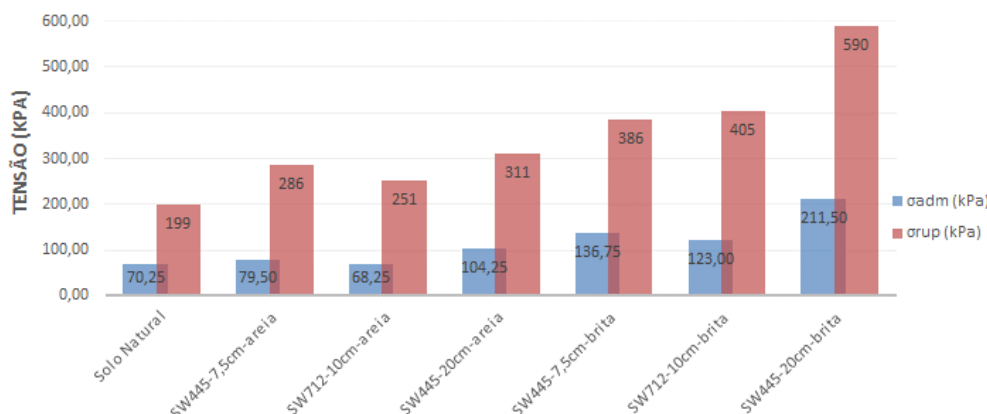


Figura 4: Tensão admissível e de ruptura

A partir da análise do gráfico, é possível observar uma variação nos valores de tensão admissível dos solos reforçados quando comparados ao natural de 35,80% (solo natural), 27,80% (SW445-7,5cm-areia), 27,19% (SW712-10cm-areia), 33,52% (SW445-20cm-areia), 35,43% (SW445-7,5cm-brita), 30,87% (SW712-10cm-brita) e 35,85% (SW445-20cm-brita).

Após a execução do ensaio retirou-se a placa, cuidadosamente, para verificação do tipo de ruptura ocorrida, como ocorreu rebaixamento do nível do solo e não houve levantamento das bordas, apresentou comportamento característico da ruptura por punção.

Ademais, como a ocorrência de recalques está diretamente associada ao comprometimento da estrutura devido ao deslocamento da fundação, elaborou-se uma tabela comparativa entre os ensaios realizados e a grandeza dos recalques médios correspondentes. Desta forma, na Tabela 3, é possível analisar os recalques registrados por cada relógio deflectométrico, assim como o recalque médio no momento da ruptura.

Ensaio	Tensão na placa (kPa)	r1 (mm)	r2 (mm)	r3 (mm)	r (médio)
Solo natural	199	30,97	29,55	30,06	30,19
SW445-7,5cm-areia	286	28,35	28,12	30,02	28,83
SW712-10cm-areia	251	28,64	29,65	30,11	29,47
SW445-20cm-areia	311	29,22	28,64	30,76	29,54
SW445-7,5cm-brita	386	28,28	28,24	29,18	28,57
SW712-10cm-brita	405	26,85	29,81	29,27	28,64
SW445-20cm-brita	590	29,87	28,96	29,91	29,58

Tabela 3: Recalques médios no momento de ruptura

De posse dos dados da Tabela 3, é possível constatar que a maior ocorrência de recalques ocorreu em solo natural com a menor tensão de ruptura, seguindo a mesma característica apresentada nos resultados de Sasso (2018) e por Baruffi (2017). O menor recalque ocorreu na SW445 com 7,5 cm de altura preenchida com brita 1, já o maior recalque nas geocélulas ocorreu no modelo SW445 com 20 cm com brita. Outra análise constatada refere-se ao aumento de carga a partir da inserção das geocélulas aliado a diminuição de recalques em todos os modelos ensaiados, independente do material de enchimento. Ademais, pode-se afirmar que quanto maior a altura da geocélula maior é o recalque apresentado.

8 Conclusão

Referente aos ensaios executados sobre o solo reforçado constatou-se que todos os modelos apresentaram ganho significativo no aumento da resistência. Em relação as geocélulas preenchidas com areia média, com exceção do modelo SW712, não constatou um ganho tão representativo de carga com o aumento da altura da geocélula, desta forma é preferível a utilização da menor altura, 7,5 cm, por apresentar uma economia de material de preenchimento.



Quanto as geocélulas preenchidas com brita 1, seus resultados foram muito satisfatórios, variando seu ganho de tensão admissível em relação ao solo natural entre 75,09% para o modelo com 10 cm de altura até 202,07% para o modelo com 20 cm de altura. O modelo com 10 cm de altura não apresentou crescimento linear como os demais, tendo suas tensões menores do que a com 7,5 cm de altura, desta forma entre os modelos de 7,5 e 10 cm de altura é indicado o uso do modelo SW445 com 7,5 cm de altura, pois, apresenta um ganho de resistência com uma economia de 25% de material de preenchimento.

Para o ensaio referente à geocélula SW445-Brita com 20 cm obtiveram-se os maiores valores de tensão de ruptura e tensão admissível dentre todos os ensaios executados, enquanto que a geocélula SW712-Areia com 10 cm apresentou os menores para ambas as tensões quando comparadas ao solo em seu estado natural. Quanto aos recalques o modelo SW445 com 7,5 cm obteve se os menores valores, tanto com brita como areia. Os maiores recalques ocorreram na geocélula SW445 com 20 cm preenchida brita e areia, mas, em contrapartida obteve se, também, os maiores retornos desses recalques.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 6122: Projeto e execução de fundações*. Rio de Janeiro, 2010. 91 p.
- _____. *NBR 6489: projeto e execução de fundação*. Rio de Janeiro, 2010. 2 p.
- _____. *NBR 7181: solo – determinação do limite de plasticidade*. Rio de Janeiro, 2018e. 3 p.
- Baruffi, A. *Comportamento mecânico de geocélulas preenchidas com resíduos de pedras preciosas*. 2017. 95 f. Dissertação (mestrado em Engenharia Civil). – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2017.
- Cardoso, A. J. de M. 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.
- Cintra, J. C. A.; Aoki, N.; Albiero, J. H. *Fundações diretas: projeto geotécnico*. 2. ed. São Paulo: Oficina de textos, 2014. 140 p..
- Cudmani, R. O. *Estudo do comportamento de sapatas assentes em solos residuais parcialmente saturados através de ensaios de placa*. 1994. 150 f. Dissertação Mestrado em Geotecnia) Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 1994. 150.
- Engepol. *Manual de Geossintéticos*. 4 ed. Barueri/SP: Engepol Geossintéticos Ltda, 2012. Disponível em: <<http://www.engepol.com/resources/pdf/catalogo/manual-geossinteticos-engepol.pdf>>. Acesso em: Outubro, 2014.
- Geosoluções. *Geocélulas StrataWeb*. São Paulo: Strata Company. 2 p.
- Oliveira, A. dos. S; Monticeli, J. J. *Geologia de engenharia e ambiental*. 3. ed. São Paulo: Engenharia e Ambiental, 2018.
- Palmeira, E. M. *Geossintéticos em geotecnia e meio ambiente*. São Paulo: Oficina de Textos, 2018. 294 p.
- Quaresma, A. R. Investigações geotécnicas. In: FALCONI, Frederico (Org.). et al. *Fundações: teoria e prática*. 3. ed. São Paulo: Pini, 2016. 121-166 p.
- Ruver, C. A.; Consoli, N. C. *Tensão admissível de fundações superficiais assentes em solos residuais determinada a partir de ensaios SPT*. In. GEOSUL. 2006, [S.l.]. Anais..., 2006.
- Sasso, L. F. *Uso de geocélula preenchida com material granular para reforço de solos destinados a fundações diretas*. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Engenharia Civil, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUÍ, Ijuí, 2018.
- Vertematti, J. C. Aplicações em Reforço de Solos. In: VERTEMATTI, José Carlos (Org.). *Manual Brasileiro de Geossintéticos*. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2015. 85-86 p