

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico

Evento: XXIV Seminário de Iniciação Científica

ESTUDO DA CAPACIDADE DE CARGA E RECALQUE DE SOLOS DA REGIÃO DO NOROESTE DO RIO GRANDE DO SUL¹

Felipe Feron Kirschner², Gabriel Immich³, Luciana Machado Cardoso⁴, Carlos Alberto Simões Pires Wayhs⁵.

¹ Pesquisa do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias, integrante do projeto de pesquisa institucional da UNIJUI

² Aluno do Curso de Graduação em Engenharia Civil da UNIJUI, bolsista PET, kirschnerfelipe@gmail.com

³ Aluno do Curso de Graduação em Engenharia Civil da UNIJUI, bolsista PET, immichgabriel@yahoo.com.br

⁴ Aluna do Curso de Graduação em Engenharia Civil da UNIJUI, bolsista PET, luucianacardoso@hotmail.com

⁵ Professor Mestre do Curso de Graduação em Engenharia Civil da UNIJUI, Orientador, carlos.wayhs@unijui.edu.br

1. INTRODUÇÃO

Esse artigo relata parte de pesquisa pertencente a área de conhecimento de engenharia de fundações e que pretende analisar a capacidade de carga e recalque de solos residuais do noroeste do Rio Grande do Sul quanto ao suporte de fundações superficiais.

Russi (2007) dissertou que o dimensionamento de fundações exige do profissional a definição clara e objetiva com relação à segurança da capacidade de carga e recalque a qual a estrutura é submetida. E complementou que um dos melhores métodos para a determinação das características de deformação do solo é o ensaio de placas, pois este representa o comportamento da futura fundação superficial em escala reduzida, através de curvas tensão-recalque.

E Caputo (1988) citou que para a realização de um projeto de fundações é importante obter o conhecimento da formação geológica local, das rochas, solos e minerais que o compõem, bem como a influência da água sob a superfície da crosta. Já de acordo com Terzaghi e Peck (1962), após estes estudos, o passo mais importante no projeto de uma fundação é a determinação da tensão máxima que pode ser aplicada no solo, sem causar a ocorrência de sua ruptura nem apresentar recalques excessivos.

A pesquisa tem como objetivo melhorar a compreensão dos solos da região noroeste do Rio Grande do Sul quanto a sua capacidade de carga e recalque através da realização de ensaios de placas, utilizando-se placas de 48 e 80 cm de diâmetro, complementadas por de ensaios de penetração do amostrador padrão (sondagem SPT). Com a realização dos ensaios, apresenta-se uma comparação entre os resultados obtidos pelos ensaios de placas e os valores obtidos através de metodologias empíricas e semi-empíricas de cálculo para a tensão admissível e o recalque.

2. METODOLOGIA

Foram escolhidos os locais de realização dos ensaios de placa e das sondagens SPT (Standard Penetration Test) e destes locais, retiradas amostras do solo para realização de caracterização geotécnica do solo por meio de ensaios laboratoriais. Posteriormente analisou-se os resultados das

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico

Evento: XXIV Seminário de Iniciação Científica

curvas carga-recalque dos ensaios de placa, comparando-se com as estimativas fornecidas pelos métodos teóricos, empíricos e semi-empíricos de cálculo da capacidade de carga e recalque.

Os ensaios de placa foram realizados em cidades da região noroeste do Rio Grande do Sul. Utilizou-se duas placas, uma de 48 e outra de 80 cm, e um macaco hidráulico com capacidade para 25 toneladas ativado por uma bomba hidráulica. Para isolar o sistema de leituras foi utilizado uma régua de alumínio com 3 metros de comprimento conforme especifica a ABNT (1996) na NBR 6489/1996. E por último, com a função de medir as deformações decorrentes da reação da carga, empregou-se três deflectômetros apoiados nas placas em um ângulo de 120° e fixados na régua de alumínio.

Para a realização dos ensaios foi nivelado os terrenos e utilizado para cada estágio de aplicação de carga um máximo de 20% da taxa admissível provável do solo conforme recomenda a NBR 6489. Os recalques foram medidos imediatamente após a aplicação da carga e após intervalos de tempo sucessivamente dobrados (1, 2, 4, 8, 15 minutos, etc.) até a estabilização do recalque com uma tolerância máxima de 5% do recalque total (ABNT, 1996).

Para a estimativa da capacidade de carga, utilizou-se dois critérios reconhecidamente consagrados, o de Alonso (2012) e o de Cudmani (1994), citado por Russi (2007). O critério de Alonso estima que a tensão admissível seja o menor valor a partir da Equação 1. Já o segundo critério, a partir da curva carga-recalque, adota-se a tensão de ruptura como sendo aquela correspondente a um recalque equivalente a $d/30$ onde d é o diâmetro da placa.

$$\sigma_{adm} \leq \begin{cases} \frac{\sigma_R}{2} \\ \sigma_{10} \\ \frac{\sigma_{25}}{2} \end{cases}$$

Para o cálculo da tensão admissível a partir do uso de valores da sondagem SPT (NSPT) foram utilizados os métodos citados por Ruver (2005) e Schnaid (2012), sendo estes: a Teoria de Terzaghi com os fatores de correção de forma de De Beer; o método de Ruver; Teixeira e Godoy; Mello, e para a tensão admissível obtida pelo ensaio de placas, foi considerado a média entre os dois critérios utilizados, Alonso e Cudmani.

Foram utilizados os seguintes métodos de estimativa de recalque e que podem ser encontrados em Ruver (2005), como em livros tradicionais do estudo de Fundações Superficiais: Teoria da Elasticidade; método de Schultze e Sherif (1973); método de Ruver (2005); e método de Burland & Burbidge (1985).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Divide-se este item em duas partes, a primeira descrevendo os ensaios de placa, com os valores de tensões admissível e de ruptura e as sondagens SPT e a segunda parte apresentando resultados obtidos dos métodos de cálculo de tensão admissível e de recalque a partir do SPT comparados ao obtido a partir do ensaio de placa.

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: XXIV Seminário de Iniciação Científica

3.1 Ensaio de placas e sondagens SPT

Os ensaios foram realizados nas cidades de Coronel Barros, Ijuí e Santa Rosa localizadas no noroeste do Estado. Em cada um desses pontos foram realizados ensaios de placa, sondagens SPT e retirado amostras do solo para ensaios de caracterização geotécnica como de granulometria, limites de liquidez e plasticidade, compactação e índice de suporte Califórnia.

No ensaio de placa de Coronel Barros foi utilizado como sistema de reação uma escavadeira hidráulica de 21 toneladas, o qual gerou a curva carga x recalque da Figura 1 para a placa de 48cm.

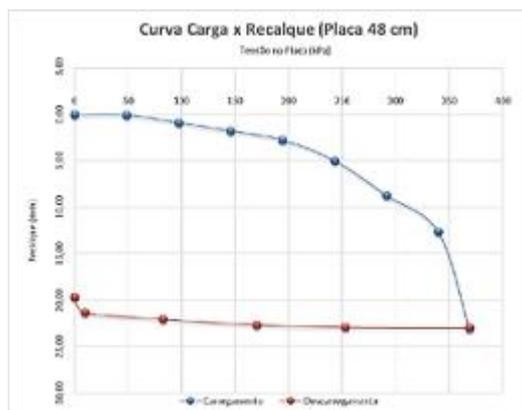


Figura 1. Curva carga-recalque Coronel Barros

O solo apresentou ruptura para um recalque de 22,98 mm para uma tensão de 369 kPa. Pelo critério de Alonso, obteve-se uma sendo assim a tensão admissível é 184,5 kPa para o solo estudado. No critério $d/30$, para um recalque de 16 mm tem-se um valor de tensão ruptura de 352 kPa, o qual dividido pelo coeficiente de segurança de acordo com a ABNT (2010) na NBR 6122 de valor 2, tem-se 176 kPa.

No ensaio de placas em Ijuí também foi utilizado como sistema de reação uma escavadeira hidráulica de 21 toneladas, gerando a curva carga recalque da Figura 2 para a placa de 48 m, já para a placa de 80 cm o sistema de reação não foi capaz de levar o solo a ruptura. Para determinar a carga de ruptura para a placa de 80 cm, realizou-se uma extrapolação da curva, multiplicando-se por 800 o valor em mm das leituras da placa de 48 cm e comparando com os valores obtidos no ensaio com a placa de 80. Percebe-se um comportamento semelhante entre as duas placas até o limite de carregamento que foi possível na placa de 80 cm, conforme observa-se na Figura 3.



Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: XXIV Seminário de Iniciação Científica

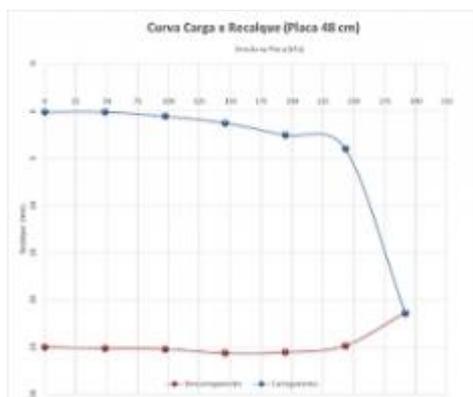


Figura 2. Curva carga-recalque Ijuí

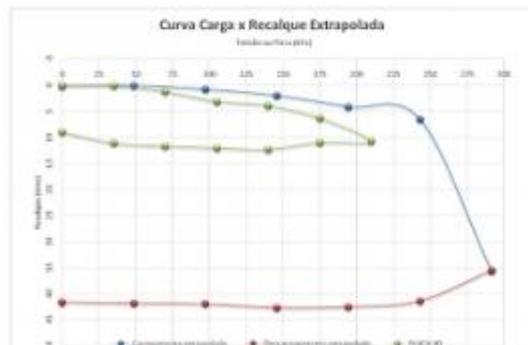


Figura 3. Curva carga-recalque Ijuí

Seguindo o critério de Alonso (2012), o solo apresentou ruptura para um recalque de 21,31 mm, para uma tensão de 292 kPa, sendo assim a tensão admissível de 146 kPa. Pelo critério de Cudmani, conforme Russi (2007) para um recalque de 16 mm o valor de tensão de ruptura foi 278 kPa, obtendo-se para tensão admissível o valor de 139 kPa.

Finalmente, o ensaio de placas executado em Santa Rosa gerou a curva carga recalque da Figura 4 para a placa de 48 m. Da mesma forma que em Ijuí, para a placa de 80 cm o sistema de reação não foi capaz de levar o solo a ruptura. Portanto se realizou a extrapolação da curva carga recalque para conforme a Figura 5.

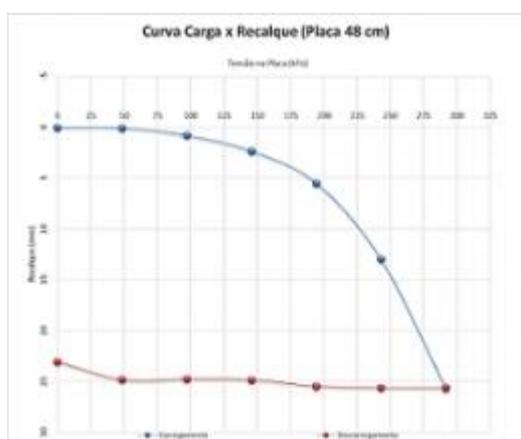


Figura 4. Curva carga-recalque Santa Rosa

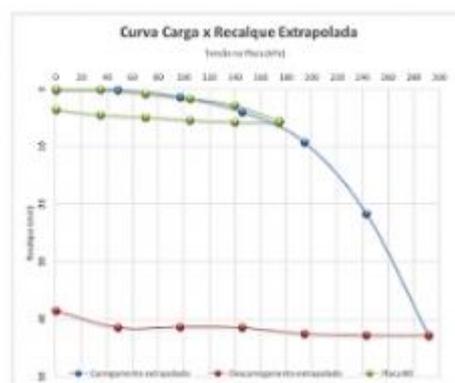


Figura 5. Curva carga-recalque Santa Rosa

Seguindo o critério citado por Alonso (2012), a tensão de ruptura foi de 292 kPa, para um recalque de 25,63 mm. A tensão para o recalque de 25 mm foi de 289 kPa, e para recalque de 10mm foi de 227 kPa. Assim obteve-se a tensão admissível de 144,5 kPa. Já pelo critério de Cudmani conforme Russi (2007) para o recalque de 16mm o valor de tensão foi 256 kPa, fazendo com que a tensão admissível fosse de 128 kPa.

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: XXIV Seminário de Iniciação Científica

Também foi realizado sondagens SPT nos três locais, conforme a ABNT (1995) na NBR 6502, considerou-se como valor representativo do NSPT, o valor médio na profundidade de duas vezes o diâmetro da placa. Assim, obteve-se para Coronel Barros os valores de 9 para placa de 48 cm e de 9,5 para a placa de 80, para Ijuí os valores de 7 para placa de 48 cm e de 7,25 para placa de 80 cm, e para Santa Rosa os valores de 8, para a placa de 48 cm, e de 7,5 para a placa de 80 cm.

3.2 Tensão Admissível e Recalques

Para o cálculo da tensão admissível foi utilizado os métodos citados no item 2, obtendo-se assim os resultados para os métodos descritos conforme apresenta-se na Tabela 1.

Método Tensão Admissível	Coronel Barros	Ijuí	Santa Rosa
	Tensão (kPa)	Tensão (kPa)	Tensão (kPa)
Ensaio de Placa (48cm)	180,25	142,5	136,25
Terzaghi	223,60	181,63	223,60
Teixeira	180	140	160
Mello	282,84	244,95	264,58
Ruver	103,03	80,14	40,07
Ruver limite superior	160,77	135,22	137,78
Ruver limite inferior	56,74	30,77	85,86

Tabela 1. Tensão admissível

Para o recalque, apurou-se que os valores estimados pela Teoria da Elasticidade e o limite médio do Método de Ruver (2005) apresentam linhas praticamente iguais enquanto o solo se comporta de forma elástica (até cerca de 50 % da tensão de ruptura) para todos os três casos de estudo. Os cálculos realizados e os resultados obtidos encontram-se detalhados em Vogt (2015).

4. CONCLUSÃO

A partir dos resultados expostos na Tabela 1, comparando-se com o resultado de tensão admissível determinado pelo ensaio de placa de 48 cm, conclui-se que o valor superior da tensão admissível obtido através do método de Ruver e Consoli (2006) e pelo método de Teixeira e Godoy (1998) apresentam uma similaridade muito próxima dos valores de tensão admissível obtidos pelos ensaios de placa. Já para o recalque, os valores apresentados pela Teoria da Elasticidade e o limite médio do Método de Ruver (2005) apresentam comportamento muito semelhante ao do solo na fase elástica (até cerca de 50 % da tensão de ruptura) para todos os casos de estudo, e estes apresentaram o melhor desempenho de estimativa. Todas as rupturas ocorreram por puncionamento.

Na sequência da pesquisa, pretende-se realizar ensaios de placa, sondagens SPT e caracterizações geotécnicas em outros solos de forma a poder-se comparar e aferir se as tendências aqui já relatadas

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico

Evento: XXIV Seminário de Iniciação Científica

se mantêm, permitindo uma melhor compreensão das características dos solos da região para uso em fundações superficiais.

PALAVRAS CHAVE

Ensaio de placa; tensão admissível; recalques em solos.

AGRADECIMENTOS

Ao MEC-SESu pelas bolsas do Programa de Educação Tutorial, ao laboratorista Luiz Donato, ao Laboratório de Engenharia Civil da UNIJUI (LEC), e aos demais bolsistas que colaboraram nas discussões e execução dos ensaios.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alonso, Urbano Rodriguez. Exercícios de fundações. 2 ed. São Paulo: Blucher, 2012. p. 204

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6122: Projeto e Execução de Fundações. Rio de Janeiro, 2010. 91 p.

_____. NBR 6489: Prova de Carga Direta sobre Terreno de Fundação. Rio de Janeiro, 1996. 2 p.

_____. NBR 6502: Rochas e solos. Rio de Janeiro, 1995. 18p.

Caputo, Homero Pinto. Mecânica dos solos e suas aplicações: Fundamentos. 6. Ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1988. 234 p.

Ruver, Cesar Alberto. Determinação do Comportamento Carga-Recalque de Sapatas m Solos Residuais a partir de Ensaio SPT. Porto Alegre. 2005. 179 f. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) –, UFRGS.

Russi, Daniel. Estudo do comportamento de solos através de ensaios de placa de diferentes diâmetros. Santa Maria. 2007. 149 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria.

Schnaid, Fernando; Odebrecht, Edgar. Ensaio de Campo e suas aplicações à Engenharia de Fundações. 2. Ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012. 223 p.

Terzaghi, K.; Peck, R.B.. Mecânica dos solos na prática da engenharia. Tradução Antônio José da Costa Nunes e Maria de Lourdes Campos Campelo. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico S.A., 1962. p. 501.