

Evento: XXV SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

**ENSAIO DE PLACA COMO INSTRUMENTO DE ESTIMATIVA DE
RECALQUE DOS SOLOS DA REGIÃO NOROESTE DO ESTADO DO RIO
GRANDE DO SUL¹**

**PLATE LOAD TEST AS AN INSTRUMENT OF SOIL SETTLEMENT
ESTIMATE IN THE NORTHWEST REGION OF THE STATE OF RIO
GRANDE DO SUL**

**Alexia Cindy Wagner², Larissa Fernandes Sasso³, Felipe Feron Kirschner⁴,
Gabriel Verdi Leal⁵, Carlos Alberto Simões Pires Wayhs⁶**

¹ Pesquisa do DCEENG, vinculada ao projeto de pesquisa institucional da UNIJUI "Estudo da Capacidade de Carga e Recalque de Solos Residuais da Região noroeste do Estado do Rio Grande do Sul", pertencente ao Grupo de Pesquisa em Novos Materiais e Tecnologias para a Construção.

² Aluna do Curso de Graduação em Engenharia Civil da UNIJUI, integrante do grupo PET Engenharia Civil UNIJUI, alexia-wagner@hotmail.com

³ Aluna do Curso de Graduação em Engenharia Civil da UNIJUI, bolsista PIBIC Engenharia Civil UNIJUI, larisasso08@hotmail.com

⁴ Aluno do Curso de Graduação em Engenharia Civil da UNIJUI, bolsista PET Engenharia Civil UNIJUI, kirschnerfelipe@gmail.com

⁵ Aluno do Curso de Graduação em Engenharia Civil da UNIJUI, gabrielverdileal@gmail.com

⁶ Professor Mestre do Curso de Graduação em Engenharia Civil da UNIJUI, Orientador, carlos.wayhs@unijui.edu.br

INTRODUÇÃO

Pode-se definir como engenharia de fundações a arte de se aplicar cargas estruturais ao terreno, buscando economia e evitando deformações excessivas do solo (Simons e Menzies, 1981). Para a realização de um projeto de fundações é de suma importância 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 (Caputo, 1988).

Além deste conhecimento, a atividade mais importante no projeto de fundações é estimar a tensão máxima possível de ser aplicada no solo, sem que este apresente recalques excessivos e nem ocorra sua ruptura (Terzaghi e Peck, 1962). Conforme Cintra, Aoki e Albiero (2014), o recalque é o deslocamento vertical da base da sapata em comparação a uma referência indeslocável.

Segundo a NBR 6122/2010 - Projeto e Execução de Fundações, o recalque pode ser encontrado por meio de métodos teóricos, empíricos, semi-empíricos e de provas de carga sobre placa. As provas de carga sobre placa dificilmente são executadas, e muitas vezes, a estimativa da tensão é baseada em sondagens SPT, que normalmente é a única investigação geotécnica disponível.

Dessa maneira, o seguinte trabalho pretende apresentar e analisar o comportamento de solos residuais da região noroeste do Rio Grande do Sul em relação ao recalque de fundações superficiais comparando diferentes metodologias de cálculo usuais na engenharia com o obtido em ensaio de placas de maneira a permitir aos engenheiros de fundações maior conhecimento e segurança ao desenvolver projetos que envolvam infraestrutura para solos semelhantes aos estudados.

Evento: XXV SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

METODOLOGIA

A presente pesquisa foi desenvolvida a partir de ensaios de campo de placa e de sondagem SPT, que foram realizados nas cidades de Coronel Barros, Ijuí (Costa do Sol e Campus Unijuí) e Santa Rosa e comparados posteriormente com métodos teóricos, empíricos e semi-empíricos. Segundo Ruver (2005), o ensaio de placas envolve a utilização de placas de metal para aplicação de diferentes carregamentos, executando provas de carga sobre o solo para que se possa conhecer o comportamento carga-recalque de um solo analisado e projetar a futura fundação. Este ensaio seguiu as recomendações e procedimentos de execução conforme a NBR 6489 intitulada “Prova de carga direta sobre terreno de fundação”, sendo utilizadas placas metálicas de diâmetro de 48 e 80cm, e retroescavadeiras de 21 toneladas como sistema de reação, tendo como resultado curvas de carga-recalque para o solo de cada uma das cidades em estudo. A Figura 1 apresenta o ensaio.



Figura 1. Realização do ensaio de placas

Ainda de acordo com Ruver (2005) o ensaio de SPT é um método extremamente empregado nas obras atuais, pois realiza uma sondagem do subsolo, fornecendo informações técnicas sobre o tipo de solo, sendo considerado um ensaio prático, simples, e econômico comparando-se com outros métodos disponíveis. Como recomendado por Ruver e Consoli (2006) foi considerada a média aritmética dos valores NSPT na profundidade de duas vezes a menor dimensão da base da fundação, corrigindo-se a diferença de energia pela multiplicação de um fator de 1,2, resultado da razão entre as energias do SPT comuns brasileira (72 %) pela americana (60 %). Portanto, para relacionar o ensaio SPT com o ensaio de placa, o NSPT adotado para a placa de 48 cm de diâmetro foi considerado uma profundidade de 96 cm, sendo corrigido conforme recomendações.

Além dos ensaios de campo citados acima, foram retiradas amostras do solo para caracterização geotécnica do solo através de ensaios laboratoriais. Finalmente, analisou-se os resultados das curvas carga-recalque dos ensaios com a placa de 48, já que para a placa de 80 o sistema de reação chegou ao limite antes da ruptura do solo. Esses resultados foram comparados com as estimativas de recalque fornecidas pelos métodos a seguir: Teoria da Elasticidade, Schultze e Scherif, Meyerhof (1965 e 1974), D’Appolonia et al, Anagnostopoulos et al, Ruver (limite inferior, médio e superior), Burland e Burbidge, Terzaghi e Peck (1948 e 1967) e finalmente Peck e Bazarra. A maioria das metodologias utilizadas para análises se relaciona com os valores de NSPT, o que justifica sua obtenção. Não será exibido neste trabalho as formulações e significado das variáveis por questões de limite de espaço, porém estas poderão ser obtidas em Immich (2016).

Evento: XXV SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todo ensaio de placa realizado fornece como resultado curvas relacionando a carga aplicada pelo sistema de reação e o recalque que ocorreu no solo, permitindo verificar o recalque máximo para cada solo analisado. Os resultados referentes às placas de 48 cm estão representados na Figura 2 (tensão em kPa e recalque em mm), a qual contempla as curvas carga x recalque, obtidas a partir dos dados coletados nos ensaios executados nos locais estudados. A Tabela 1 apresenta as leituras referentes ao recalque do solo que corresponde ao deslocamento apresentado pelos três relógios deflectômetros utilizados sobre a placa para cada ensaio, bem como a média encontrada para o recalque no momento de ruptura, onde o solo de Santa Rosa apresentou maior recalque e o solo de Ijuí na região do campus apresentou o menor valor.

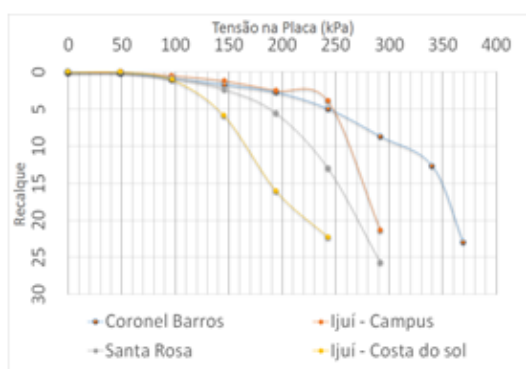


Figura 2: Carga x Recalque placa 48 cm

Local	Coronel Barros	Ijuí Campus	Santa Rosa	Ijuí Costa do Sol
R1 (mm)	22,13	23,95	25,35	23,00
R2 (mm)	24,15	19,58	25,73	22,54
R3 (mm)	22,66	20,39	25,8	21,39
Recalque Médio (mm)	22,98	21,31	25,63	22,31

Tabela 1: Recalque no momento de ruptura do solo

Notou-se que a ruptura do solo foi do tipo punção para a placa de 48 cm em todos os locais estudados levando em consideração a ruptura ou recalque de 25mm. Essa análise pode ser observada na Figura 3, que corresponde ao ensaio da cidade de Ijuí no Costa do Sol.



Figura 3: Ruptura por punção

Os valores de NSPT aplicados nas metodologias de cálculos semi-empíricos considerados foram obtidos a partir de relatórios de SPT fornecidos por empresas de sondagem que o executaram a uma distância de aproximadamente 6 metros dos locais dos ensaios de placa. Os valores característicos de NSPT, em número de golpes adotados foram 7, 8, 9 e 8 para Ijuí Campus, Ijuí Costa do Sol, Coronel Barros e Santa Rosa respectivamente.

Após realização de cálculos para obtenção do recalque pelas diferentes metodologias, foram elaborados gráficos para compará-las diretamente com os recalques reais obtidos através do

Evento: XXV SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

ensaio de placas e podem ser observados nas Figuras 4, 5, 6 e 7.

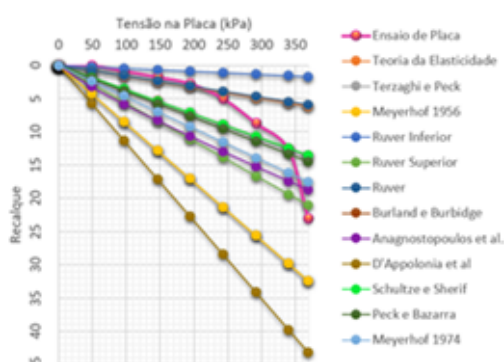


Figura 4: Carga x recalque Coronel Barros

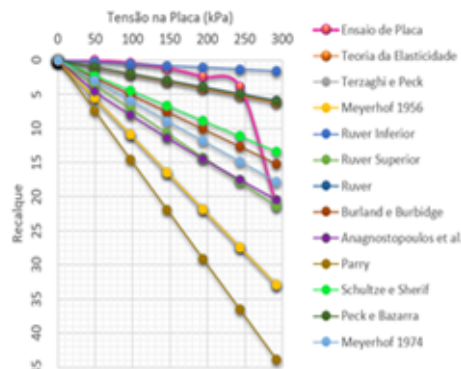


Figura 5: Carga x recalque Campus

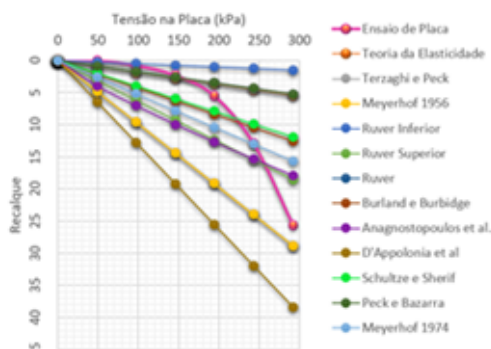


Figura 6: Carga x recalque Santa Rosa

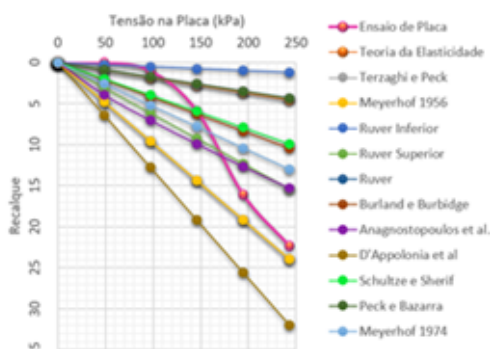


Figura 7: Carga x recalque Costa do Sol

A partir dos estudos, considerando a fase elástica de recalque do solo, pode-se perceber que os métodos do limite inferior e médio de Ruver, de Peck e Bazarra e da Teoria da Elasticidade apresentam resultados de recalques próximos aos reais na maioria dos casos, sendo o método do valor médio de Ruver o mais corrente entre todos. Considerando o recalque no momento de ruptura ou aos 25 mm, os métodos de Ruver pelo limite superior, Anagnostopoulos et al. Meyerhof (1974), foram os que mais se assimilaram aos valores reais de recalque, sendo o método de Ruver Limite Superior o mais próximo entre os três, para o solo de Coronel Barros e Ijuí na região do Campus (Figuras 4 e 5). Já para o solo de Santa Rosa e Ijuí Costa do Sol (Figuras 6 e 7), o melhor método para a obtenção do recalque no momento de ruptura foi o de Meyerhof (1956).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao analisar comportamento de solos residuais do noroeste gaúcho, percebeu-se que os métodos do limite inferior e médio de Ruver, de Peck e Bazarra e da Teoria da Elasticidade podem ser utilizados para estimativa do recalque na fase elástica, fase em que se encontram normalmente os solos na carga de trabalho. Já para o momento de ruptura, os recalques podem ser estimados de forma satisfatória pelos métodos do limite superior de Ruver, Agnostopoulos et al e Meyerhof (1974).

Isto posto, espera-se que os dados apresentados permitam uma melhor compreensão do

Evento: XXV SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

comportamento dos solos regionais e auxiliem na elaboração de melhores e mais confiáveis projetos de fundações. A pesquisa em questão pretende ser ampliada estudando solos de outras localidades, buscando consolidar os resultados obtidos para elaboração de um banco de dados confiável e que represente os solos do noroeste do Rio Grande do Sul. Dessa maneira, engenheiros poderão utilizar as metodologias disponíveis e os resultados de ensaio de SPT comumente já realizados, obtendo valores de recalque confiáveis e comprovados pelos ensaios de placa realizados nos solos locais, evitando que projetos mal executados resultem em problemas estruturais e até mesmo acidentes devido a recalques excessivos não previstos que comprometam a segurança das edificações.

Palavras-chave: Prova de Carga em placa; Fundações; Deformação do Solo.

Keywords: *Plate load test; Foundations; Soil's Deformation.*

AGRADECIMENTOS

Ao MEC-SESu pela participação no Programa de Educação Tutorial, ao PIBIC pela bolsa, ao laboratorista Luiz Donato, ao Laboratório de Engenharia Civil da UNIJUI (LEC), às empresas que cederam as escavadeiras hidráulicas e que disponibilizaram os relatórios dos ensaios SPT.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6122: **Projeto e execução de fundações**. Rio de Janeiro, 2010. P.91
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6489: **Prova de Carga Direta sobre Terreno de Fundação**. Rio de Janeiro, 1996. P..2.
- CAPUTO, H. P. **Mecânica dos solos e suas aplicações: fundamentos**. 6. Ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1988. P. 234.
- CINTRA, J. A.; AOKI, N; ALBIERO, J. H. **Fundações diretas: projeto geotécnico**. 2 ed. São Paulo: Oficina de textos, 2014. P. 140.
- IMMICH, G. **Estudo da capacidade de carga e recalque de solos residuais do noroeste do Rio Grande do Sul**. 2016. Dissertação (Graduação em Engenharia Civil - Departamento de Ciências Exatas e Engenharias): Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí RS, 2016.
- RUVER, C. A. **Determinação do comportamento carga-recalque de sapatas em solos residuais a partir de Ensaios SPT**. Porto Alegre: Dissertação (Mestrado em Geotecnia) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, 2005, F.179
- 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.
- SIMONS, E. Noel; MENZIES, K. Bruce. **Introdução à engenharia de fundações**. Rio de Janeiro: Interciência, 1981. p. 199.
- 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.