

01 a 04 de outubro de 2018

Evento: Bolsistas PET

ESTIMATIVA DE RECALQUES DOS SOLOS DO NOROESTE DO RIO GRANDE DO SUL ATRAVÉS DE DIFERENTES METODOLOGIAS EM COMPARAÇÃO AOS OBTIDOS EM ENSAIOS DE PLACA¹
ESTIMATE OF SOIL SETTLEMENTS IN THE NORTHWEST OF RIO GRANDE DO SUL USING DIFFERENT METHODS IN CONTRAST TO OBTAINED WITH PLATE LOAD TESTS

Fernanda Maria Jaskulski², Thalia Klein Da Silva³, Rosana Wendt Brauwers⁴, Larissa Fernandes Sasso⁵, Alexia Cindy Wagner⁶, Carlos Alberto Simões Pires Wayhs⁷

¹ Pesquisa do DCEEng, vinculada ao projeto de pesquisa institucional da UNIJUI

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

³ Aluna do Curso de Graduação em Engenharia Civil da UNIJUI, integrante do grupo PET Engenharia Civil UNIJUI, thalia_klein@hotmail.com

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

⁵ Aluna do Curso de Graduação em Engenharia Civil da UNIJUI, bolsista PET Engenharia Civil UNIJUI

⁶ Aluna do Curso de Graduação em Engenharia Civil da UNIJUI, bolsista PET Engenharia Civil UNIJUI, alexia-wagner@hotmail.com

⁷ Professor Mestre do Curso de Graduação em Engenharia Civil da UNIJUI, Orientador, carlos.wayhs@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). Constâncio (2010) complementa que para isso é imprescindível analisar e identificar os esforços que o solo consegue suportar. Somente assim será necessário garantir segurança aliada a economia, alcançando a “boa engenharia” citada por Caputo (1988).

Russi (2007) afirma que o ensaio de placas se apresenta como uma das melhores alternativas para identificar as propriedades do solo, pois exhibe, através de curvas tensão-recalque, o comportamento da futura fundação superficial em escala reduzida. Entretanto, em virtude de seu pouco uso e onerosidade, não é constantemente utilizado.

Como alternativa de conhecimento de parâmetros de compressibilidade do solo, surgem metodologias de cálculo que permitem a estimativa de valores de recalques através dos resultados da resistência à penetração medida em sondagens SPT (Standard Penetration Test), (TEIXEIRA E GODOY, 2016). Por outro lado, é duvidosa e discutível a autenticidade das metodologias utilizadas para estimativa de recalques convencionais quando aplicadas em solos brasileiros tropicais, uma

01 a 04 de outubro de 2018

Evento: Bolsistas PET

vez que, tais metodologias são oriundas de países com clima temperado (COSTA, 1999). Sendo assim, busca-se no presente trabalho comparar diferentes metodologias de cálculo teóricas e semi-empíricas de estimativa de recalques, com valores obtidos em provas de carga executadas em cidades da região noroeste do Rio Grande do Sul, fornecendo dados que proporcionem aos engenheiros de fundações maior conhecimento e segurança ao desenvolver projetos para solos semelhantes aos estudados.

METODOLOGIA

O presente trabalho foi desenvolvido a partir da realização de ensaios de placa e utilização de diferentes metodologias de cálculo semi-empíricas e teóricas comumente abordadas na engenharia de fundações para a estimativa de recalques, com o intuito de contribuir para o estudo dos projetos de fundações da região noroeste do Rio Grande do Sul. Executaram-se nove provas de carga com placas de diâmetro de 30, 48 e 80 cm, seguindo os preceitos da NBR 6489 (ABNT, 1984), nas cidades de Santa Rosa, Coronel Barros, Ijuí (campus UNIJUI e loteamento Costa do Sol), Cruz Alta, Palmeira das Missões e Panambi. Para cada prova de carga, executou-se um ensaio SPT, em média a 6 metros de distância do local do ensaio de placa a fim de permitir a comparação de resultados de recalque real, a partir dos resultados dos ensaios de placa, com o obtido por estimativa a partir dos resultados do SPT aplicados nos métodos de estimativa.

Os resultados do SPT sofrem divergências devido a variação do solo de cada país, bem como por diferentes equipamentos e procedimento de ensaios (SCHNAID E ODEBRECHT, 2012). Devido a isso, e, conforme indicado por Ruver e Consoli (2006), utilizou-se 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 brasileiras (72 %) pela americana (60 %).

Dessa maneira, para aplicação nas metodologias de cálculo, foi considerada a média dos valores de NSPT respectivamente na profundidade de 60 cm para a placa de 30 cm de diâmetro, na profundidade de 96 cm para a placa de 48 e na profundidade de 160 cm para a placa de 80.

Para a realização das comparações foram adotados o método analítico da Teoria da Elasticidade, e os métodos semi-empíricos de Schultze e Sherif, Meyerhof (1956 e 1974), D'Appolonia et al., Anagnostopoulos et al., Ruver (limite inferior, médio e superior), Burland e Burbidge, Terzaghi e Peck e Peck e Bazarra. As formulações matemáticas de cada método podem ser consultadas em Kirschner (2017).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todo ensaio de placa realizado tem como resultado curvas que relacionam a carga aplicada pelo macaco contra o sistema de reação e o recalque que ocorreu no solo. A fim de analisar o comportamento real do solo quando solicitado por determinadas cargas apresentam-se na Figura 1 (tensão em kPa e recalque em mm), as curvas para os nove ensaios realizados. Com o intuito de favorecer a compreensão dos resultados das provas de carga foram denominadas siglas que representam cada local analisado, as quais CA, PM, CB, SR, IJ e PAN correspondem respectivamente as cidades de Cruz Alta, Palmeira das Missões, Coronel Barros, Santa Rosa, Ijuí (em dois locais, Campus e loteamento Costa do Sol) e Panambi.

01 a 04 de outubro de 2018

Evento: Bolsistas PET

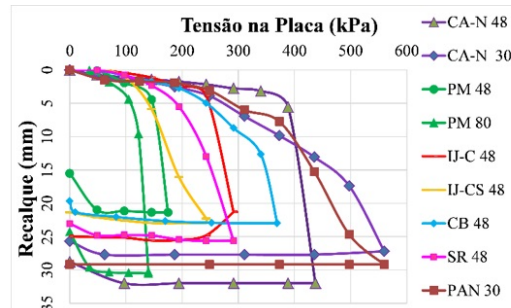


Figura 1: Curvas Carga x Recalque para os locais em estudo

Os valores de NSPT adotados para aplicação e comparação das metodologias de cálculos semi-empíricas abordadas foram obtidos a partir de relatórios de SPT fornecidos por empresas de sondagem, podendo-se assim identificar qual ou quais método(s) melhor representam o solo da região. Os valores NSPT originais (N 72) e com fator de correção de energia aplicado (N 60), explicitado na metodologia do presente artigo, podem ser visualizados na Tabela 1.

	LOCAIS								
	CA 30	PM 80	CA 48	PM 48	CB 48	SR 48	IJ-C 48	IJ-CS 48	PAN 30
N 72	12,450	4,696	10,580	5,860	9,000	7,480	7,280	8,000	9,900
N 60	14,940	5,635	12,696	7,032	10,800	8,976	8,736	9,600	11,880

Tabela 1. Valores NSPT reais e corrigidos

Posteriormente a realização dos cálculos para obtenção do recalque pelas diferentes metodologias consideradas, elaboraram-se gráficos comparativos dos valores reais e estimados de recalques. Buscando facilitar a visualização das curvas tensão x recalque, a Figura 2 apresenta as legendas atribuídas aos métodos de cálculo e ao ensaio de placa, enquanto que as Figuras 3 a 11, reproduzem respectivamente as comparações de recalques obtidos para as cidades de Coronel Barros (CB 48), Santa Rosa (SR 48), Ijuí Campus (IJ -C 48), Ijuí Costa do Sol (IJ - CS 48), Palmeira das Missões (PM 80), Palmeira das Missões (PM 48), Cruz Alta (CA-N 30), Cruz Alta (CA-N 48) e Panambi 30 (PAN 30).

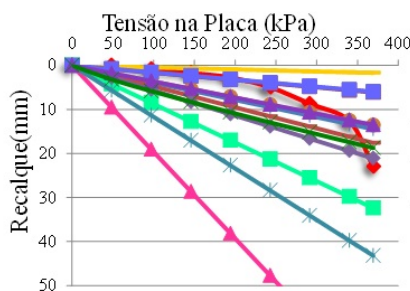


Figura 3. CB 48

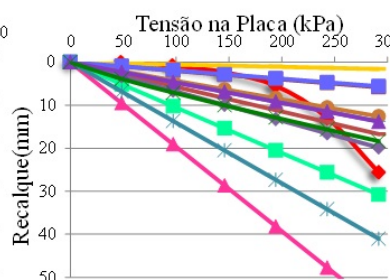


Figura 4. SR 48

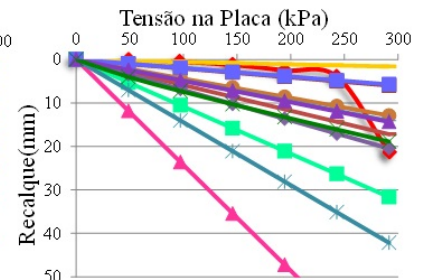


Figura 5. IJ-C 48

01 a 04 de outubro de 2018

Evento: Bolsistas PET

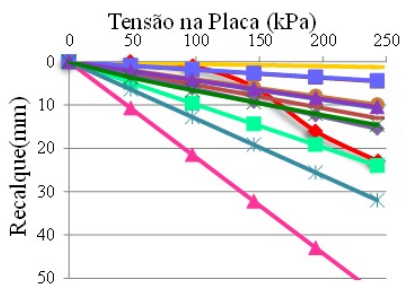


Figura 6.IJ - CS 48

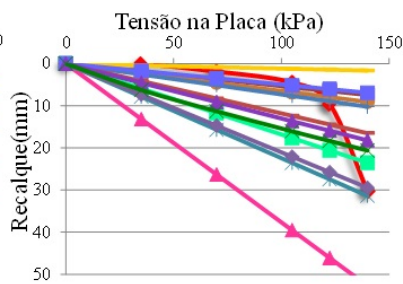


Figura 7.PM 80

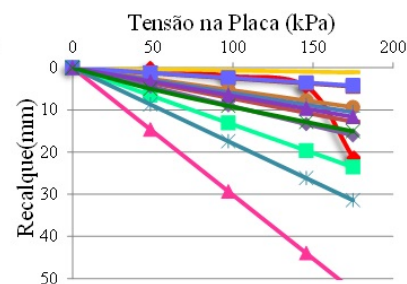


Figura 8.PM 48

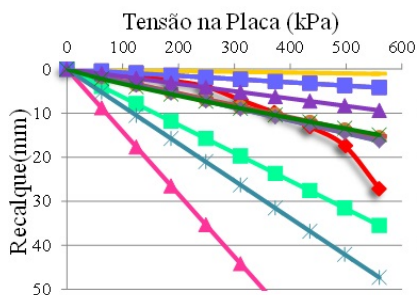


Figura 9.CA-N 30

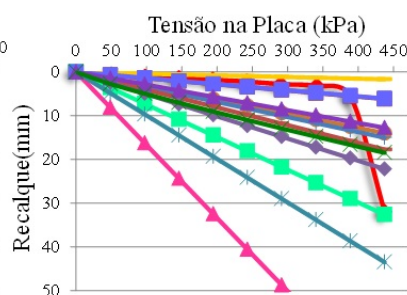


Figura 10.CA-N 48

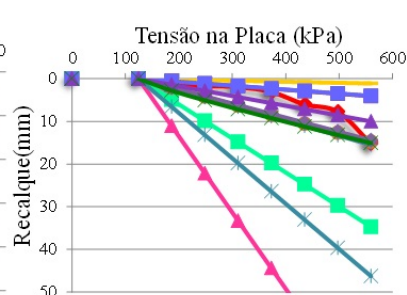


Figura 11.PAN 30

Com base nas Figuras 3 a 11 apresentadas, considerando o regime elástico de comportamento do solo, pode-se perceber que os métodos de Ruver Médio, de Terzaghi e Peck e a Teoria da Elasticidade apresentam resultados de recalques próximos aos reais na maioria dos casos. Já para o recalque no momento de ruptura ou aos 25 mm, os métodos de Ruver pelo limite superior, Anagnostopoulos et al., Meyerhof (1956) e Meyerhof (1974), são os mais indicados para uso. Deve-se destacar que o método desenvolvido por Ruver, apresenta-se como adequado para a estimativa de recalques em ambas as fases do comportamento dos solos, provavelmente em face de ter sido desenvolvido no Brasil, caracterizando-se assim como umas das mais adequadas para estimativa de recalques dos solos tropicais da região.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados obtidos e das análises apresentadas, constatou-se que quando comparadas as metodologias, teórica e semi-empíricas, com os resultados dos ensaios de placas, muitas delas apresentaram resultados muito distintos dos obtidos em campo, apresentando uma diferença entre os solos tropicais da região em estudo com os estrangeiros. As metodologias mais indicadas para a obtenção de valores de recalques do solo da região em sua fase elástica até o momento são: Ruver Médio, Terzaghi e Peck e a Teoria da Elasticidade. Já para o momento de ruptura do solo ou recalque aos 25mm os solos da região são mais bem representados pelos métodos de Ruver pelo limite superior, Anagnostopoulos et al., Meyerhof (1956) e Meyerhof (1974).

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.

01 a 04 de outubro de 2018

Evento: Bolsistas PET

Destaca-se ainda que, para uma melhor percepção do comportamento do solo estudado, sempre que possível, deverão ser executados tanto ensaios de placa bem como ensaios de sondagens SPT. Ademais, deseja-se que os dados apresentados aprimorem a compreensão do comportamento dos solos regionais e contribuam para a elaboração de projetos de fundações mais seguros e fidedignos.

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 do Programa de Educação Tutorial, a UNIJUI, que possibilitou a realização da pesquisa, ao Laboratório de Engenharia Civil da UNIJUI (LEC) e às empresas que cederam materiais e equipamentos para realização dos ensaios.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6489: **Prova de Carga Direta sobre Terreno de Fundação**. Rio de Janeiro, 1984 P. 2
- CAPUTO, H. P. **Mecânica dos solos e suas aplicações: fundamentos**. 6. Ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1988. P. 234
- CONSTANCIO, L. A. **Capacidade de carga de um modelo de fundação superficial em solo arenoso fofo com reforço de geotêxtil**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010. P.180
- COSTA, Y.D.J. **Estudo do comportamento de solo não saturado através de provas de carga em placa**. Dissertação de Mestrado, EESC/USP, São Carlos, 1999. P. 131.
- In: Falconi, Frederico (Org.). et al. **Fundações: teoria e prática**. 3. ed. São Paulo: Pini. P. 225-263
- RUSSI, D. **Estudo do comportamento de solos através de ensaios de placa de diferentes diâmetros**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Maria, 2007. P.149
- 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.
- SCHNAID, F. e ODEBRECHT, E. **Ensaio de campo e suas aplicações à engenharia de fundações**. 2. ed., Oficina de Textos, São Paulo, 2012. P. 223
- SIMONS, E. Noel; MENZIES, K. Bruce. **Introdução à engenharia de fundações**. Rio de Janeiro: Interciência, 1981. P. 199.
- TEIXEIRA, A.E. e GODOY, N.S. **Análise, Projeto e Execução de fundações raras**. 2016.