

ESTÁGIO ATUAL DO ESTUDO DA CAPACIDADE DE CARGA E RECALQUE DE SOLOS RESIDUAIS DO NOROESTE DO RIO GRANDE DO SUL

Thalia Klein da Silva

Acadêmica do curso de Engenharia Civil. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUÍ)
thalia_klein@hotmail.com

Fernanda Maria Jaskulski

Acadêmico do curso de Engenharia Civil. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUÍ)
fernandaj18@hotmail.com

Alexia Cindy Wagner

Egressa do curso de Engenharia Civil. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUÍ)
alexia-wagner@hotmail.com

Larissa Fernandes Sasso

Egressa do curso de Engenharia Civil. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUÍ)
larisasso08@hotmail.com

Carlos Alberto Simões Pires Wayhs

Professor/Pesquisador do curso de Engenharia Civil. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUÍ)
engcaw@gmail.com

Resumo. *É de suma importância conhecer o solo onde será apoiada uma fundação, pois o solo apresenta características distintas em cada local. Em vista disso, este trabalho objetiva apresentar o estágio atual da pesquisa que estuda a capacidade de carga e recalque de solos residuais do noroeste do Rio Grande do Sul. Para isso, foram realizados ensaios: de laboratório de caracterização dos solos; de placa; e de SPT. Após analisou-se as metodologias de capacidade de carga e recalque para encontrar as que representam melhor o comportamento real do solo. De forma geral o método que se mostrou mais eficiente na busca pela tensão admissível foi o de Teixeira e Godoy. Já para o recalque o método mais eficaz na fase elástica foi o de Ruver e na fase plástica o de Meyerhof (1956). Finalmente, observou-se que a correlação entre tensão admissível e N_{SPT60} foi em média*

de 15 kPa/golpe.

Palavras-chave: *Ensaio de placa. Fundações superficiais. Curvas tensão-recalque.*

1. INTRODUÇÃO

Conforme declara Caputo (1988) a geotecnia tem como primeiro objetivo fornecer meios de realizar a correta análise da interação terreno-fundação, responsável por orientar a adoção de medidas eficientes para o desenvolvimento de projeto estáveis e econômicos. Somado a isso, Terzaghi e Peck (1962) verificam que é de responsabilidade do projeto de fundação o dever de transmitir, de maneira segura, as ações da superestrutura ao solo, evitando que recalques excessivos provoquem a sua ruptura comprometendo o sistema estrutural, logo, a tensão que a

fundação emprega sobre terreno em que se apoia deve ser inferior a admissível pelo solo existente.

Nesse contexto, para a manutenção da segurança e qualidade da fundação é fundamental que seja efetuada alguma forma de investigação geotécnica, pois, como declara Schnaid e Odebrecht (2012), projetos geotécnicos eficazes são orientados por ensaios de campo uma vez que esses são capazes de reproduzir uma estimativa realista das propriedades e comportamento dos solos. Da mesma forma Russi (2007) disserta que a capacidade de carga e a pressão de recalque que o solo estará sujeito deverão estar corretamente definidas para o dimensionamento da fundação, tendo como base os dados obtidos através de investigações de campo, como sondagem SPT (*Standard Penetration Test* - Teste de Penetração Padrão) e ensaios de placa entre outros e/ou a partir de ensaios de laboratório.

Segundo Russi (2007) o ensaio de placa, embora apresente complicações devido a questões econômicas e de execução, representa um ótimo método para a determinação realista das características de deformação do solo e dimensionamento de fundações superficiais uma vez que este possibilita determinar o tipo de ruptura do solo e descreve o comportamento da fundação em escala reduzida através da relação tensão x recalque. No entanto, de acordo com Ruver (2005), uma das formas de identificação geotécnica de ampla utilização é a sondagem SPT, devido a sua aplicação em metodologias semi-empíricas e teóricas que, de forma indireta, determinando valores estimados de recalque e tensão admissível do solo com relativa simplicidade e custos razoáveis.

Costa (1999) aponta que a mecânica dos solos foi originada em países de clima temperado onde ocorre com maior frequência solos sedimentares saturados. Da mesma forma, Ruver (2005) constata que a maioria

das metodologias usuais, semi-empíricas e teóricas, foram desenvolvidas a partir do estudo de areias e argilas, sendo estes conceitos aplicados aos mais diferentes solos, independentemente do estado em que se encontram e composição granulométrica. Sob tais perspectivas, uma vez que diferentes solos podem conter uma configuração geológica e histórica distintas torna-se discutível a real veracidade parâmetros obtidos pelas metodologias estrangeiras desenvolvidas em solos díspares aos solos sedimentares.

Nesta linha, reforça-se, portanto, a importância de analisar o comportamento de solos residuais pertencentes a região noroeste do estado do Rio Grande do Sul a partir da realização de provas de carga direta e ensaios SPT em diferentes municípios do Estado. Através da comparação dos resultados diretos com os valores encontrados de maneira indireta por metodologias de cálculo teóricas e semi-empíricas busca-se determinar quais métodos apresentam parâmetros mais próximos a realidade, destacando-se assim, os modelos convencionais que maior confiabilidade caracterizam a capacidade de carga e recalque de solos do noroeste gaúcho.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia de pesquisa dividiu-se na escolha dos locais a serem estudados, coleta de amostras de solo para caracterização geotécnica e execução de ensaios de campo: ensaios de placa ou provas de carga direta sobre terreno de fundação normatizado pela NBR 6489/1984 e ensaios SPT regido pela NBR 6484/2001. Posteriormente, ocorreu a análise de estimativas de capacidade de carga e recalque a partir da comparação do comportamento real baseado nos resultados encontrados através dos ensaios de placa com os obtidos de métodos teóricos e semi-empíricos, tendo como base dados fornecidos dos ensaios SPT com a finalidade de verificar

os métodos que melhor caracterizariam os solos residuais do noroeste gaúcho.

2.1 Ensaio de Placa

A prova de carga em placa consiste em um ensaio de compressão executado sobre a superfície de um terreno, onde pelo emprego de placas metálicas, ocorre a aplicação de diferentes carregamentos (MENEGOTTO, 2004). Conforme Teixeira e Godoy (2016) o ensaio de placa reproduz um modelo reduzido de uma sapata, onde a aplicação crescente de cargas permite a visualização do comportamento carga-recalque do solo, o que permite aferir parâmetros de deformação para orientação de projetos de fundação.

As provas de carga executadas na presente pesquisa seguem a metodologia prescrita pela NBR 6489 (ABNT, 1984). Nos ensaios realizados foram empregadas placas de metal rígidas de 30, 48 e 80 cm de diâmetro, nas quais foram aplicados carregamentos com o uso de um macaco hidráulico, contra um sistema de reação utilizando escavadeira hidráulica. Ainda, para monitoramento dos recalques, foram utilizados três relógios defletométricos com sensibilidade de 0,01 mm sendo dispostos entre si por ângulos de 120° e fixados por hastes em uma viga de referência. Na Fig. 1 podem ser observados os equipamentos utilizados e seus respectivos posicionamentos na execução dos ensaios.



Figura 1. Execução de ensaio de placa.

Foram realizados ensaios de placa em seis diferentes municípios pertencentes a região

noroste do Rio Grande do Sul, respectivamente Coronel Barros, Cruz Alta, Ijuí, Palmeira das Missões, Panambi e Santa Rosa. Na cidade de Ijuí os ensaios foram executados em dois locais: no Campus da UNIJUÍ e no Loteamento Costa do Sol. A Fig. 2 apresenta a localização geográfica das cidades escolhidas para estudo.

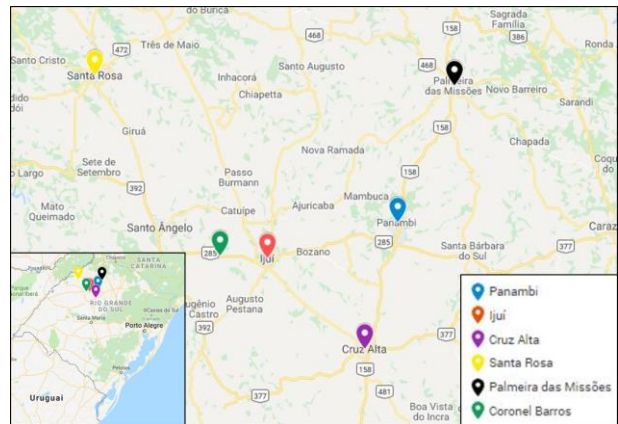


Figura 2. Mapa da localização das cidades

2.2 Ensaio SPT

O ensaio de sondagem SPT é um procedimento geotécnico de campo capaz de amostrar o subsolo e medir a resistência do solo ao longo cada metro de profundidade perfurada (QUARESMA et al., 2016). O método é amplamente empregado uma vez que fornece informações técnicas sobre o solo de forma relativamente simples, econômica e prática quando em comparação aos demais métodos disponíveis (RUVÉR, 2005).

O SPT é normatizado pela NBR 6484 (ABNT, 2001) caracterizando-se por determinar propriedades físicas e mecânicas do solo, a cada metro do perfil do subsolo investigar a resistência e realizar a retirada de amostras deformadas para análise. No ensaio executa-se a cravação de um amostrador de solo padrão por meio de golpes de um martelo padrão com 65 kg de massa em uma queda livre de 75 cm de altura, registrando-se a quantidade de golpes necessária para que o

amostrador penetre a profundidade de 45 cm, anotando o número de golpes a cada 15 cm (SOUZA; SILVA; IYOMASA, 1998).

Os resultados do SPT podem sofrer alterações ocasionadas pela energia do golpe do martelo, por diferentes técnicas de perfuração, distintos equipamentos e procedimentos de ensaios, e também, devido a variações nos solos (SCHNAID E ODEBRECHT, 2012). Em virtude do exposto, Ruver e Consoli (2006) recomendam considerar a adoção da média aritmética para valores N_{SPT} , sendo este corrigido pela multiplicação de um fator de 1,2 em razão da diferença de energia SPT brasileira (em média de 72 %) pela americana (em média de 60 %). Os mesmos autores ainda orientam adotar para o dimensionamento de fundações superficiais, a altura do bulbo tensões na profundidade de duas vezes a menor dimensão da base da fundação, onde o terreno é influenciado significativamente por 90 % do carregamento.

Na presente pesquisa os ensaios SPT foram realizados em até 6 metros de distância dos locais em que foram executados os ensaios de placa e os relatórios da sondagem utilizados foram fornecidos pelas empresas que executaram os ensaios. Referenciando-se nas sugestões de Ruver e Consoli (2006) foram adotadas as médias dos valores de N_{SPT} respectivamente para uma profundidade de 60 cm para a placa de 30 cm de diâmetro, 96 cm de profundidade para a placa de 48 e 160 cm de profundidade na placa de 80. Os valores médios de N_{SPT} calculados conforme descrito e o diâmetro de placa para cada cidade estão apresentados na Tabela 1.

2.3 Metodologias adotadas para determinação da capacidade de carga e recalque

Para a pesquisa foram desenvolvidas a análise de vinte e uma diferentes metodologias, teóricas e semi-empíricas, de

determinação da capacidade de carga e recalque. Devido ao espaço restrito, as formulações não serão apresentadas no presente trabalho, assim, para maior esclarecimento as equações e variáveis utilizadas podem ser consultadas em Immich (2016) e Kirschner (2017). Na determinação indireta da tensão admissível foram empregados onze métodos de cálculo, sendo eles: Terzaghi utilizando os fatores de forma de Beer, Ruver (2005) pelo seu limite superior, médio e inferior, Teixeira e Godoy (1998), Mello (1967), Bowles (1997), Meyerhof (1956), Meyerhof (1965), Teng (1962), Parry (1977), Peck (1974), Burland e Burbidge (1985). Já, para o estudo do recalque, foram adotadas dez formulações sendo elas: Teoria da elasticidade, Método de Schultze e Sheriff (1973), Meyerhof (1956), Meyerhof (1974), D'Appolonia et al. (1968), Anagnostopoulos et al. (1991), Ruver (2005) pelo seu limite superior, médio e inferior, Burland & Burbidge (1985), Terzaghi e Peck (1967), Método de Peck e Bazarra (1969).

SOLO	NSPT médio 2B		
	Placa 30	Placa 48	Placa 80
CA	12,45	10,58	8,89
CA	9	9	9,3
Ijuí-C	6,95	7,26	8,11
Ijuí-CS	8	8	8,15
PAN	9,9	10,56	11,08
PM	7,4	5,86	4,7
SR	7,3	7,52	7,83

Tabela 1. Valores adotados de N_{SPT}

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para melhor apresentação dos resultados optou-se pela utilização de abreviações para as cidades onde foram executados os nove ensaios de placas, sendo utilizado para as cidades de Cruz Alta, Coronel Barros, Ijuí, Panambi, Palmeira das Missões, Santa Rosa, Campus e loteamento Costa do Sol ambos na

cidade de Ijuí respectivamente as seguintes abreviações CA, CB, IJ, PAN, PM, SR, C e CS, seguidos do diâmetro da placa ensaiada. Cada prova de carga executada forneceu uma curva carga x recalque, como apresentado na Fig. 3, onde cada curva demonstra um dos nove ensaios realizados. Essas curvas indicam o comportamento do solo frente a aplicação de diferentes cargas. Cada aumento no carregamento efetuado sobre a placa resultou em um recalque respectivo verificado no solo, sendo ao mesmo tempo devidamente registrado pelos relógios defletométricos.

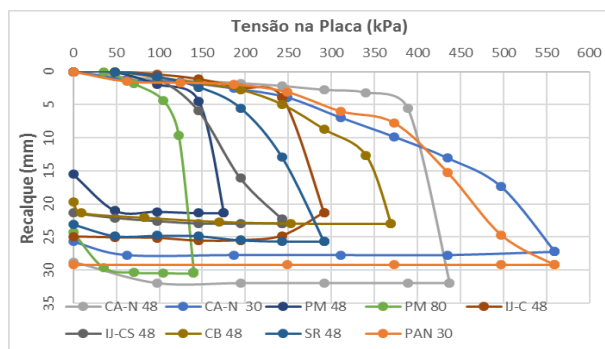


Figura 3. Valores tensão x recalque dos locais em estudo.

Com base no relatório SPT dos locais analisados e das curvas demonstradas na Figura 3, realizou-se uma análise comparativa entre os valores estimados a partir de metodologias de cálculo e os valores reais. Um fato interessante observado durante a execução dos ensaios foi quanto a ruptura que se deu por puncionamento, como observado na Fig. 4. Esse tipo de ruptura é característico de solos de clima temperado de baixa resistência quando empregado em fundações, diferente do solo onde os ensaios foram realizados, solos regionais, tropicais e lateríticos, com razoável resistência e grande deformabilidade, diferentes dos solos europeus e norte-americanos onde a mecânica dos solos inicialmente foi estudada.

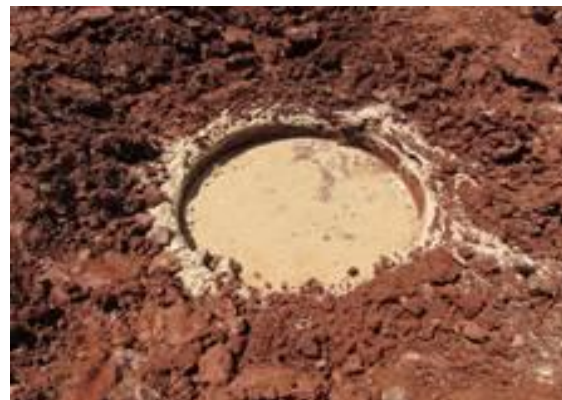


Figura 4. Ruptura típica por puncionamento solo Panambi – RS.

3.1 Tensão Admissível

Optou-se por basear-se nos critérios de Cudmani (1994) e Alonso (2012), amplamente utilizados na engenharia de fundações. Assim, realizou-se a média entre o valor obtido por esses dois critérios utilizando os dados extraídos das curvas da Figura 3, para obtenção da tensão admissível do solo. Alonso (2012) leva em consideração para determinação da tensão admissível o menor dos três valores: tensão de ruptura dividida pelo fator de segurança; tensão correspondente ao recalque de 25 mm dividido pelo fator de segurança; e tensão correspondente ao recalque de 10 mm. Já a metodologia de Cudmani (1994) considera como tensão admissível a tensão oriunda do recalque obtido da divisão do diâmetro da placa em milímetros por 30, dividida pelo fator de segurança. Baseados na NBR 6122 (ABNT, 2010), considerou-se um fator de segurança igual a dois, para ambos as metodologias. Na primeira linha da Tabela 2 pode se observar, para cada ensaio realizado, a tensão admissível resultante das curvas apresentadas na Figura 3. Também podem ser observados na Tabela 2, os resultados obtidos da tensão admissível obtida em todos os locais analisados para as diferentes metodologias. As metodologias no total de 12 seguem a numeração apresentada na Figura 5. Considerou-se aceitável uma

variação de até 15 % (a mais ou a menos) em relação ao valor da tensão admissível do valor obtido do ensaio de placa. Dessa maneira, os resultados considerados aceitáveis estão apresentados grifados em negrito, já os grifados em vermelho representam os valores que mais se aproximaram do real.

Local	Tensão Admissível (kPa)									Melhores Métodos
	CA-N 48	CA-N 30	PM 80	PM 48	CB 48	SR 48	IJÚ-C 48	IJÚ-CS 48	PAN 30	
Ensaio de Placa	209	230,25	68,5	85,5	180,25	136,25	142,5	109,25	222,5	
Terzaghi	327,75	419,55	115,83	142,14	254,36	195,08	188,96	223,04	302,66	
1	71,48	52,57	52,88	39,59	60,80	50,81	49,18	54,05	41,80	
2	170,21	200,29	75,55	94,27	144,79	120,98	117,12	128,70	159,27	44%
3	223,39	418,23	43,31	92,89	179,70	138,79	132,15	152,06	311,04	56%
4	277,00	325,96	122,95	153,43	235,64	196,89	190,60	209,45	259,20	
5	126,96	149,40	56,35	70,32	108,00	90,24	87,36	96,00	118,80	11%
6	909,99	1625,86	198,97	397,94	725,60	564,24	539,19	615,29	1179,60	
7	134,58	158,36	59,73	74,54	114,48	95,65	92,60	101,76	125,93	33%
8	121,12	142,53	53,76	67,09	103,03	86,09	83,34	91,58	113,34	
9	175,04	202,39	112,74	122,23	154,59	137,98	135,53	143,10	165,91	44%
10	67,20	82,66	-5,22	11,94	51,47	34,19	31,16	40,07	60,76	
11	211,60	249,00	93,92	117,20	180,00	150,40	145,60	160,00	198,00	67%
12	225,270	252,85	116,70	142,07	200,00	174,23	169,81	182,84	214,64	44%

Tabela 2 - Valores de tensão admissível.

Quatro dos nove locais analisados apresentaram resultados mais próximos aos reais, cerca de 67% de aprovação através do método de Teixeira e Godoy, além de sobrepor os demais em seis dos nove lugares. Já pelo método teórico, o solo da Costa do Sol de Ijuí, com a placa de 48 cm (IJ-C 48) demonstrou resultados mais realistas com 32,60 % acima do real, mas também ultrapassou os 15% de limite aceitável. Ressalta-se também, que métodos como o de Teng (1962), Ruver Superior e Meyerhof (1965), seguido de Peck (1974) com 56%, 44% e 33% dos locais aprovados apresentaram destaque. Os demais métodos mostraram se inaceitáveis, por apresentarem resultados muito discrepantes dos reais e foras dos critérios estipulados, desta forma não representam bem o comportamento dos solos da região noroeste do Rio Grande do Sul. Ressalta-se que em todos os casos o método

de Terzaghi majorou o valor da tensão admissível, atribuindo resistências maiores do que as realmente foram encontradas. Uma demonstração gráfica dos métodos que melhor representam os solos estudados pode ser observado na Fig. 5.

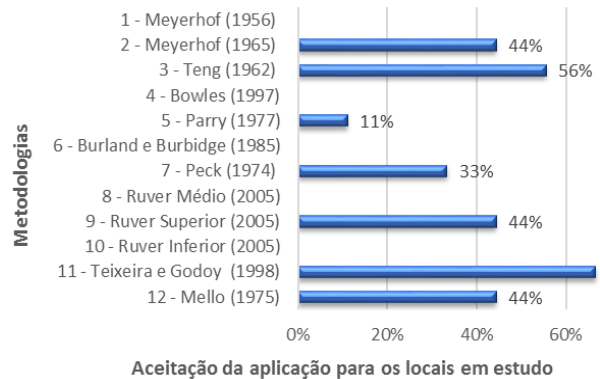


Figura 5. Métodos mais representativos dos locais.

Ao final, foi analisada uma possível relação direta entre a tensão admissível obtida pelos ensaios de placa e o valor correspondente a média do N_{SPT} correspondente a área do bulbo de tensões equivalente a duas vezes a menor dimensão da base. Na Tabela 3 observam-se que essa correlação variou de 11,38 kPa/golpe para o solo IJ-CS 48 até 18,73 kPa/golpe para o solo PAN 30, tendo o valor de 14,93 kPa/golpe como média aritmética entre os nove solos estudados, ou seja, aproximadamente 15 kPa/golpe.

LOCAL	σ_{adm} (kPa) Ensaio de placa	N_{SPT60}	Relação σ_{adm}/N_{SPT60}
CA-N 48	209,00	12,70	16,46
CA-N 30	230,25	14,94	15,41
PM 80	68,50	5,64	12,16
PM 48	85,50	7,03	12,16
CB 48	180,25	10,80	16,69
SR 48	136,25	9,02	15,10
IJ-C 48	142,50	8,74	16,31
IJ-CS 48	109,25	9,60	11,38
PAN 30	222,50	11,88	18,73

Tabela 3. Análise N_{SPT} e tensão admissível.

3.2 Recalques

Posteriormente aos ensaios in loco e a partir dos resultados obtidos das provas de carga em placa, foi possível realizar a análise comparativa entre os valores obtidos em campo com os encontrados a partir das metodologias de cálculo para a estimativas de recalques citadas previamente no item 2.3. Na Fig. 6 podem ser observados as curvas carga-recalque resultantes, para cada ensaio de placa na cidade e diâmetro indicados. Nas curvas é possível verificar a fase elástica do solo, onde as tensões crescem de forma proporcional, com amplitude de carga variando de zero a cerca de 50 % da carga de ruptura. Também se observa o momento da ocorrência da ruptura de cada solo estudado.

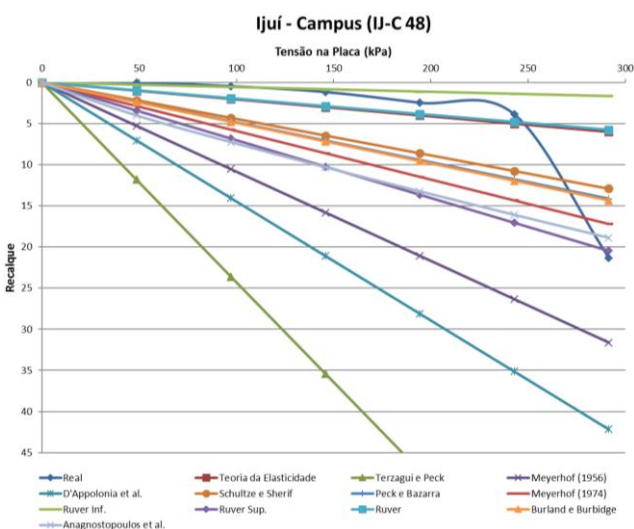
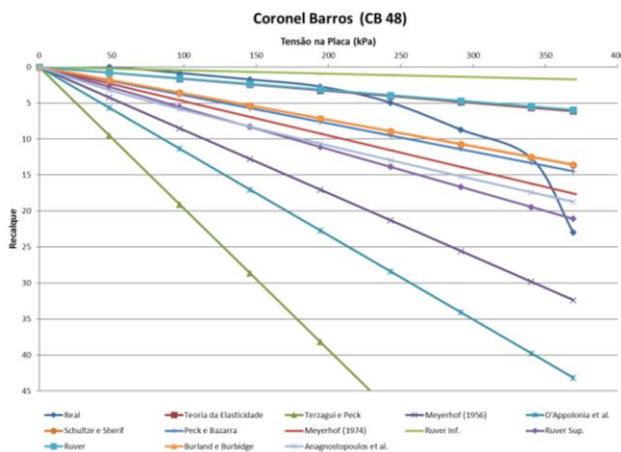
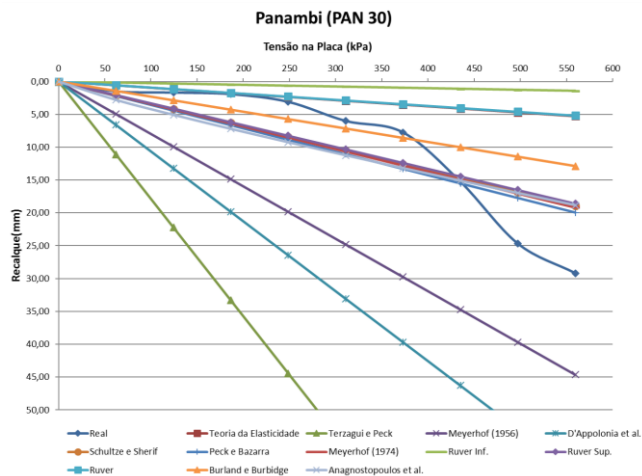
Reforçando o apresentado no parágrafo acima, as Tabelas 4 e 5 sintetizam, para cada um dos ensaios realizados, quais valores de recalque encontrados de forma indireta através das diferentes metodologias de cálculo analisadas apresentam valores mais aproximados aos obtidos de forma direta, por meio da investigação em campo, respectivamente tanto na fase elástica quanto para o momento de ruptura.

COMPORTAMENTO NA FASE ELÁSTICA			
	1º	2º	3º
CB 48	Ruver	T. Elasticidade	-
SR 48	Ruver	T. Elasticidade	-
IJ-C 48	Ruver	T. Elasticidade	Terzagui e Peck
IJ-CS 48	Terzagui e Peck	Ruver	T. Elasticidade
PM 80	Ruver	T. Elasticidade	Terzagui e Peck
PM 48	Ruver	T. Elasticidade	-
PAN 30	Ruver Superior	T. Elasticidade	Ruver
CA-30	Schultze e Sherif	Ruver	T. Elasticidade
CA-N 48	Ruver	T. Elasticidade	Terzagui e Peck

Tabela 4. Proximidade de recalques na fase elástica.

Na Tabela 4 observa-se que para os recalques obtidos na fase elástica o método de Ruver Médio apresentou resultados mais próximos aos ensaiados em grande parte dos casos. Assim, essa metodologia tendo sido desenvolvida no Brasil, justamente no Rio Grande do Sul, demonstra coerência em

apresentar maior precisão, demonstrando, portanto, ser a mais adequada para a estimativa dos recalques dos solos tropicais pertencentes a região noroeste analisada.



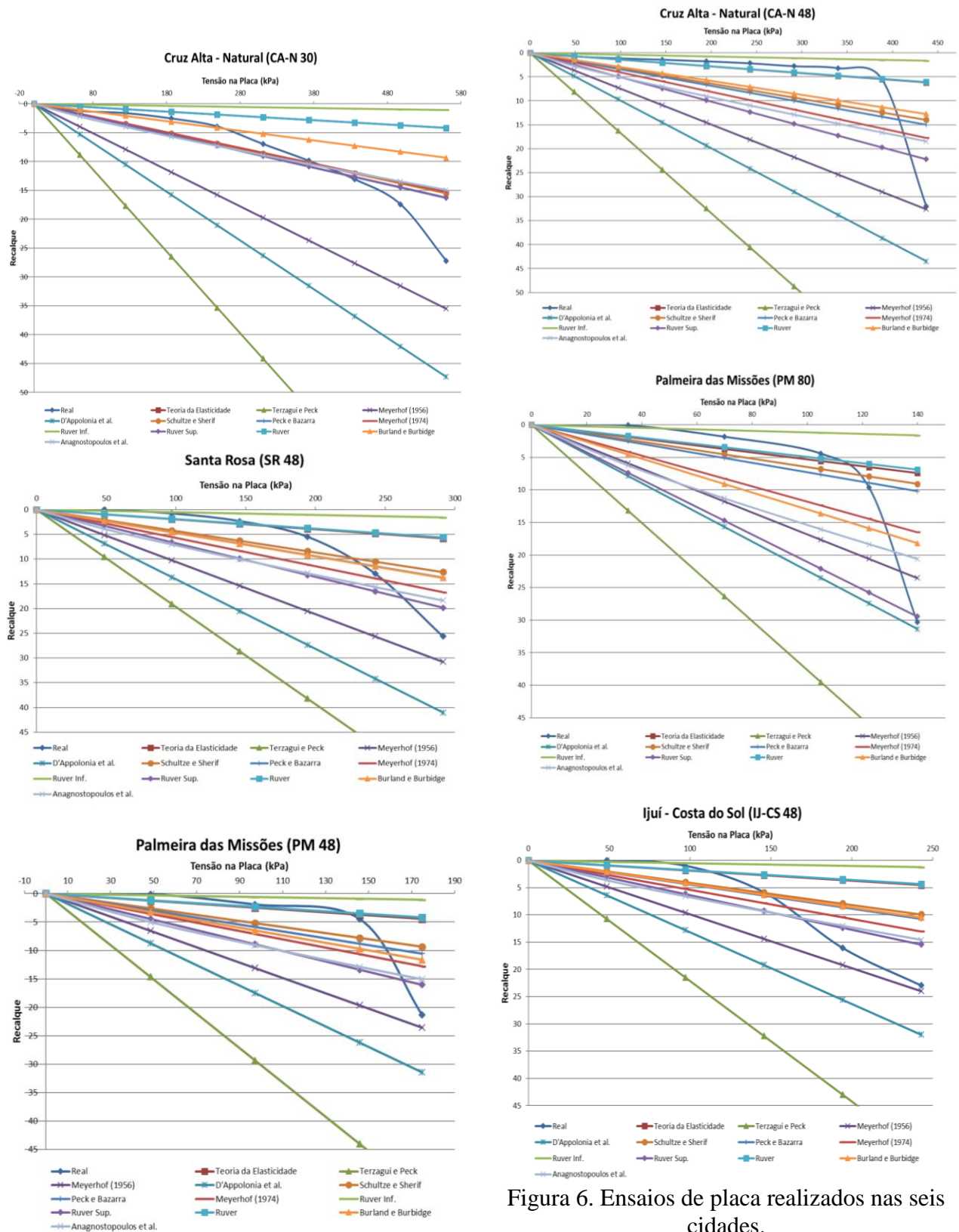


Figura 6. Ensaios de placa realizados nas seis cidades.

Para visualizar mais adequadamente a Fig. 6, sugere-se ampliar a visualização de forma a permitir a leitura da legenda, onde destacam-se as curvas do comportamento real e dos diversos métodos avaliados para cada ensaio de placa realizado.

	TENSÃO DE RUPTURA		
	1°	2°	3°
CB 48	Ruver Superior	Anagnostopoulos	Meyerhof (1974)
SR 48	Meyerhof (1956)	Ruver Superior	Anagnostopoulos
IJ-C 48	Ruver Superior	Anagnostopoulos	Meyerhof (1974)
IJ-CS 48	Meyerhof (1956)	Ruver Superior	Anagnostopoulos
PM 80	Ruver Superior	D'Appolonia et al	Meyerhof (1956)
PM 48	Meyerhof (1956)	Ruver Superior	Anagnostopoulos
PAN 30	Peck e Bazarra	Meyerhof (1974)	Schultze e Sherif
CA-30	Meyerhof (1956)	Ruver Superior	Peck e Bazarra
CA-N 48	Meyerhof (1956)	Ruver Superior	D'Appolonia et al

Tabela 5. Proximidade para tensão de ruptura.

Já quando analisamos a Fig. 5, que apresentam os recalques na tensão de ruptura, que ocorrem na fase plástica do solo, observa-se que o método que obteve valores mais próximos do real corresponde primeiramente a metodologia de Meyerhof (1956) seguida por Ruver Superior, Anagnostopoulos et al. e finalmente por Meyerhof (1974).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao fim dos ensaios e análises realizadas, reafirmou-se a existência de diferenças significativas entre os solos estrangeiros e os da região noroeste estudados, quando comparadas as metodologias teóricas e semi-empíricas com as obtidas dos resultados dos ensaios de placas.

Dentre todos os locais analisados, Teixeira e Godoy obtiveram resultados mais próximos as tensões reais quanto a tensão admissível, na maioria dos locais. Em contrapartida Burland e Burbidge se mostraram os mais distantes. O método teórico de Terzaghi acabou superestimando os valores reais de todos os locais ensaiados. Para

o loteamento Costa do Sol de Ijuí com a placa de 48 centímetros de diâmetros apresentou resultados mais próximos. Salienta-se que a correlação entre tensão admissível e N_{SPT} foi, em média, 16 kPa/golpe para os solos com tensão admissível maiores e em média 12 kPa/golpe para os solos de menor tensão admissível.

Para a estimativa de recalques, entre os resultados obtidos, destacaram-se Ruver, Teoria da Elasticidade e Peck, tornando se adequados quando se trata da fase elástica do solo, pois é nela que geralmente encontram-se os solos na carga de trabalho. Ruver pelo seu limite superior, Meyerhof (1974), Meyerhof (1956) e Anagnostopoulos et al. destacaram-se para os recalques no momento de ruptura aos 25 mm, podendo, portanto, serem utilizados para a obtenção de valores de recalque.

Em suma, fica evidente a importância da realização de provas de carga em placa concomitante a ensaios SPT, pois a combinação qualifica a obtenção de dados referentes aos parâmetros de resistência do solo. Ademais, verifica-se a contribuição da presente pesquisa para a formação de um banco de dados confiável para determinação da tensão admissível e recalques dos solos na região noroeste do estado do Rio Grande do Sul.

Agradecimentos

Agradecemos ao MEC-SESu pelas bolsas e por nos permitir participar do Programa de Educação Tutorial (PET) da Engenharia Civil; ao Laboratório de Engenharia Civil (LEC) da UNIJUÍ por disponibilizar materiais e equipamentos necessários à execução dos ensaios; às empresas que executaram os ensaios SPT e forneceram os relatórios de sondagem, e à todas as empresas que disponibilizaram as retroescavadeiras para serem utilizadas como sistema de reação nas provas de carga em placa realizadas.

5 REFERÊNCIAS

Alonso, U. R. **Exercícios de Fundações**. São Paulo: Edgard Blücher, 2012. 206 p.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2010). NBR 6122: **Projeto e execução de fundações**. Rio de Janeiro.

____ (2001). NBR 6484: **Solo - Sondagens de simples reconhecimento com SPT – Método de ensaio**. Rio de Janeiro.

____ (1984). NBR 6489: **Prova de carga direta sobre terreno de fundação**. Rio de Janeiro.

Caputo, H. P. (1988) **Mecânica dos solos e suas aplicações: Fundamentos**. 6. Ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos., p. 234.

Costa, Y. D. J. (1999). **Estudo do comportamento de solo não saturado através de provas de carga em placa**. Dissertação de Mestrado, EESC/USP, São Carlos, p. 131.

Cudmani, R. O. **Estudo do comportamento de sapatas assentes em solos residuais parcialmente saturados através de ensaios de placa**. Tese (Mestrado). UFRGS, Porto Alegre, 1994. 150 p.

Immich, G. **Estudo da capacidade de carga e recalque de solos residuais do noroeste do Rio Grande do Sul. 2016**. 109 f. Monografia (conclusão de curso). Universidade Regional do Noroeste do Rio Grande do Sul, Ijuí.

Kirschner, F. F. **Estudo de comportamento de carga e recalque de solos residuais lateríticos argilosos, naturais e estabilizados, visando o uso em fundações superficiais**. 2017. 123 f. Monografia (conclusão de curso). Universidade Regional do Noroeste do Rio Grande do Sul, Ijuí.

Menegotto, M. L. (2004) **Previsão da curva tensão-recalque de ensaios de placa em solo não saturado**. Tese para a obtenção do título

de Doutor em Geotecnia. Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo, São Carlos.

Quaresma, A. R. et al. (2016) **Investigações Geotécnicas**. In: Falconi, Frederico (Org.) et al. **Fundações: teoria e prática**. 3. Ed. São Paulo: Pini, p. 121-166.

Russi, D. (2007) **Estudo do comportamento de solos através de ensaios de placa de diferentes diâmetros**. Dissertação Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Santa Maria, p. 149.

Ruver, C. A. (2005) **Determinação do comportamento carga-recalque de sapatas em solos residuais a partir de ensaios SPT**. Dissertação de mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Escola de Engenharia / UFRGS. Porto Alegre, 182 p.

Ruver, C. A.; Consoli, N. C. (2006) **Tensão admissível de fundações superficiais assentes em solos residuais determinada a partir de ensaios SPT**. In. GEOSUL. 2006, [S.l.]. Anais....

Schnaid, F. Odebrecht, E. (2012) **Ensaio de Campo e suas aplicações à Engenharia de Fundações**. 2. Ed. São Paulo: Oficina de Textos., p. 223.

Souza, L.A.P.; Silva, R.F. e Iyomasa, W.S. (1998) **Fundações**. In: Oliveira, A.M dos S e de Brito, S.N.A. **Geologia de Engenharia**, ABGE, São Paulo, p 163-197.

Teixeira, A. H.; Godoy, N. S. (2016) **Análise, projeto e execução de fundações rasas**. In: Falconi, Frederico (Org.) et al. **Fundações: teoria e prática**. 3. Ed. São Paulo: Pini, p. 225-261.

Terzaghi, K.; Peck, R.B. (1962) **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., p. 501