



Análise Analítica de Recalques Medidos e Estimados em Estacas Brocas Isoladas

Dêreck Hummel Becher

Discente do curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil, dereckhbecher@gmail.com

Angelo Dotto Ragagnin Prior

Discente do curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil, angelodrprior@hotmail.com

Patricia Rodrigues Falcão

Doutoranda no Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil, falcao.rodrigues.patricia@gmail.com

Paula Taiane Pascoal

Doutoranda no Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil, paulatpascoal@gmail.com

Magnos Baroni

Professor, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil, magnos.baroni@gmail.com

RESUMO: A concepção de uma fundação está relacionada com a necessidade de transferência de cargas de determinada edificação para o solo por intermédio de uma estrutura. Seu comportamento está intrinsecamente correlacionado com o conhecimento do subsolo, escolha da tipologia e de seus procedimentos executivos. Esses fatores intervenientes em um projeto podem resultar em recalques, e, conseqüentemente, patologias nas construções. Torna-se notória a estimativa de recalques em fundações. No caso de estacas, embora elas transmitam os esforços de determinada estrutura para camadas com maior resistência, a sua estimativa na etapa de projeto torna-se importante devido a variabilidade dos fatores supracitados. O presente artigo objetiva a avaliação de recalque de fundações profundas isoladas executadas em solo laterítico no município de Cruz Alta, Rio Grande do Sul. Os recalques medidos em estacas curtas do tipo broca, com comprimento de 3,00 m e diâmetro de 30 cm, foram comparados com os estimados pelos métodos de Vésic, Aoki e Lopes, e Aoki. Em suma, o método de Vésic considera que a deformação elástica do fuste pode ser determinada por intermédio do modo de transferência de carga. Enquanto que o método de Aoki e Lopes obtêm-se as tensões e recalques no interior do maciço através de um processo numérico, e o método de Aoki descreve os recalques devido ao acréscimo de tensões no solo

PALAVRAS-CHAVE: Recalques medidos, Método de Vésic, Método de Aoki e Lopes, Método de Aoki.

ABSTRACT: The conception of a foundation is related to the need for transferring loads from a given building to the ground through a structure. Its behavior is intrinsically correlated with the knowledge of the subsoil, the choice of typology, and its execution procedures. These intervening factors in a project can result in settlements and, consequently, pathologies in buildings. The estimation of settlements in foundations becomes evident. In the case of piles, even though they

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.



Realização:



Avenida Rebouças, 353, Sala 74 A
Cerqueira César, São Paulo/SP, 05401-900
Telefone: (11) 3052-1284
E-mail: abef@abef.org.br

Organização:



Avenida T-9, 2310 - Ed. Inove Intelligent Place
Sala B701, Jardim América, Goiânia/GO, 74255-220
E-mail: secretaria@qeeventos.com.br
Site: www.qeeventos.com.br

transfer the loads from a specific structure to layers with greater resistance, their estimation in the design phase becomes important due to the variability of the aforementioned factors. This present article aims to evaluate the settlement of isolated deep foundations constructed in lateritic soil in the municipality of Cruz Alta, Rio Grande do Sul. The measured settlements in short piles of the auger type, with a length of 3,00 meters and a diameter of 30 centimeters, were compared with those estimated using the methods of Vésic and Aoki and Lopes. In summary, the Vésic method considers that the elastic deformation of the shaft can be determined through the load transfer mode. While the Aoki and Lopes method provides stress and settlement values within the mass through a numerical process, and the Aoki method describe settlements due the increase of tensions on soil.

KEYWORDS: Measured settlements, Vésic method, Aoki and Lopes method, Aoki method.

1 Introdução

O recalque é definido, conforme a NBR 6122 (ABNT, 2019), como sendo movimentos verticais descendentes da fundação, enquanto os movimentos ascendentes são ditos como levantamentos, sejam eles relativos ou absolutos. Este fenômeno ocorre tanto pelo afundamento do maciço do solo quanto pelo encurtamento elástico do próprio elemento de fundação, como no caso de estacas, em razão de cargas verticais impostas sobre o elemento estrutural e assim transferidas ao solo (Velloso e Lopes, 2010).

Mesmo sendo uma estimativa importante e uma análise crucial dentro de um projeto de fundações, os recalques são frequentemente subestimados ou até mesmo desprezados. Isso resulta em projetos geotécnicos que buscam atender isoladamente para requisitos de capacidade de suporte (Anjos, 2006). Ademais, dentro dos dados coletados para a construção do projeto há incertezas relacionadas à formação do solo, aos parâmetros geotécnicos envolvidos, e inclusive informações incompletas ou insuficientes. Camapum e Gitirana (2021) ainda discutem sobre as normativas não considerarem as características próprias e complexas encontradas ao analisar solos tropicais, fato esse que acaba divergindo os resultados previstos com os resultados observados. Um comportamento que merece atenção especial se dá em solos potencialmente colapsíveis. Conforme Cintra, Aoki e Albiero (2011), embora os solos colapsíveis possuam boas capacidades de carga em baixas umidades, em função de suas altas sucções, quando submetidos a inundação essa coesão aparente reduz drasticamente, e o solo se reestrutura ocasionando perdas significativas de capacidade de suporte. Nesse sentido, nota-se que os métodos de cálculos para previsão de recalques merecem uma atenção maior, de modo a garantir resultados fidedignos aos reais, antecipando os efeitos sobre a estrutura de modo a evitar possíveis inconvenientes sobre a mesma, uma vez que as obras de engenharia se têm apresentadas mais exigentes e complexas nas últimas décadas. Dentro das previsões de recalque, destacam-se os métodos de Aoki e Lopes (1975), de Vésic (1975) e de Aoki (1984). O primeiro método requer a discretização das forças atuantes no fuste e na ponta da estaca, sendo estes substituídos por um conjunto de cargas concentradas atuantes no sistema, considerando seus efeitos de superposição. O segundo método, em contrapartida, envolve uma abordagem empírica sobre efeitos de recalque, relacionando características geométricas e físicas da estrutura, além das cargas atuantes sobre ela. Por fim, o terceiro método é baseado na teoria da elasticidade, sendo o recalque função dos acréscimos das tensões no solo devido às cargas atuantes na ponta e nas laterais da estaca.

Conforme Albuquerque (2001), a execução de ensaios de prova de carga permite ao projetista um conhecimento mais profundo sobre a avaliação da integridade estrutural do

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.



elemento de fundação, a obtenção das cargas de ruptura prevista, a determinação do comportamento carga *versus* deslocamento do elemento de fundação, dentre outros parâmetros.

Diante do exposto, o presente estudo visa analisar e comparar resultados de previsão de recalque em estacas pelos métodos de Aoki e Lopes (1975), Vésic (1975) e Aoki (1984) com os resultados de recalques medidos através de ensaios de prova de carga estática (PCE) de carregamento lento, em estacas broca com 0,30 m de diâmetro e 3,00 m de comprimento, em um campo experimental, localizado na Universidade de Cruz Alta no estado do Rio Grande do Sul.

2 Materiais e Métodos

2.1 Realização das Provas de Carga

O campo experimental, no qual se realizou a PCE, localiza-se no município de Cruz Alta, nas dependências da Universidade de Cruz Alta (UNICRUZ). Este município faz parte da região Noroeste do estado do Rio Grande do Sul, a uma Latitude de 28°38'19"S e Longitude 53°36'23"W. A prova de carga foi realizada conforme metodologia descrita na NBR 16903 (ABNT, 2020), com o auxílio de duas estacas de reação (R1 e R2) e uma estaca de compressão (C1), situada entre as estacas de reação. Nessa conjuntura, posicionou-se um macaco hidráulico sobre a C1, o qual irá aplicar a carga ao sistema, e sobre todo o conjunto foi posta uma viga metálica de modo a transferir a carga para a estaca a ser ensaiada. Através de deflectômetros distribuídos no sistema eram obtidos os valores dos deslocamentos das estacas de compressão.

Ensaiou-se uma estaca de compressão na PCE, sendo esta do tipo broca possuindo 3,00 m de comprimento e diâmetro de 0,30 m, enquanto as estacas de reação eram de 6,00 m e diâmetros de 0,30 m. A Figura 1 apresenta a localização do Campo Experimental em Cruz Alta, juntamente com a realização da PCE.

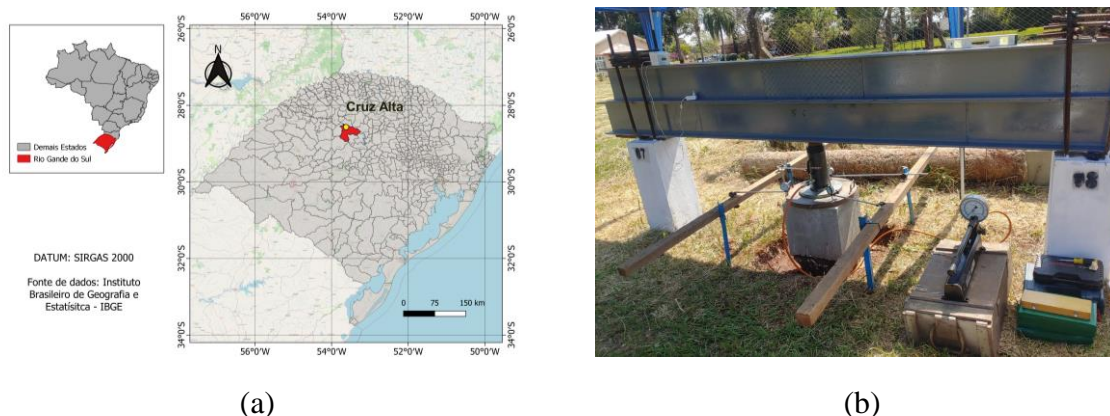


Figura 1. Provas de Cargas Estática: (a) Localização do campo experimental; (b) Realização da Prova de Carga estática,

2.2 Parâmetros Geotécnicos

O solo do campo experimental de Cruz Alta, no qual a executou-se a PCE, foi investigado por quatro sondagens do tipo *Standart Penetration Test* (SPT). Pelas sondagens, o material

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.



presente foi classificado como argila siltosa, de consistência muito mole a média, não sendo encontrado nível de água nas profundidades analisadas. O índice de resistência a penetração (N_{SPT}) médio, para os primeiros 3,00 metros de profundidade, deu-se em valores em torno de 5,0. Ademais, realizou-se uma análise granulométrica com o auxílio do defloculante Hexametáfosfato de Sódio, com o objetivo da desagregação das partículas, obtendo de maneira fidedigna as frações granulométricas. A porcentagem de argila presente no solo foi de 63,0%, enquanto o silte correspondia a 22,0% e a areia 16,0%, classificando o material como uma argila silte-arenosa. Em relação aos limites de Atterberg, o Limite de Liquidez foi de 48,0%, e o Limite de Plasticidade foi de 30,0%, resultando em um Índice de Plasticidade de 18,0%.

Além disso, uma importante característica do solo presente no município está relacionada ao seu potencial de colapso (PC). Foram realizados ensaios de adensamento oedométrico simples com inundação em 200 kPa, avaliando o potencial de colapso, o qual é determinado pela relação entre a variação da altura do corpo de prova antes e depois de sofrer inundação. O resultado do ensaio mostrou um PC de 9,80%, sendo esse classificado como colapsível para Vargas (1978) e como problemático para Jennings e Knight (1975). Ainda, os estudos de Falcão (2021) enfatizam esse comportamento problemático do solo laterítico colapsível encontrado no município de Cruz Alta, associando as condições de perda de capacidade de suporte de fundação deste solo com patologias encontradas em diversas estruturas assentadas sobre o terreno local.

2.3 Método de Aoki e Lopes (1975)

O método numérico proposto por Aoki e Lopes (1975) pode ser aplicado para a obtenção dos recalques e tensões de uma estaca ou de um grupo de estacas, em qualquer ponto de um meio elástico. Para tanto, o método requer a discretização das tensões transmitidas pelo elemento ao terreno, tanto pelo seu fuste como pela sua ponta, com a substituição destas tensões por um conjunto de forças concentradas. Assim, têm-se um sistema equivalente com a atuação de várias cargas concentradas, de modo que a superfície do elemento é dividida em N_1 segmentos ao longo do seu perímetro, em N_2 segmentos ao longo do raio e em N_3 segmentos ao longo do seu comprimento. A Equação 1 apresenta a obtenção do recalque final em um dado ponto, na qual $w_{i,j}$ representa os recalques relacionados as forças concentradas atuantes na ponta e $w_{i,k}$ representa os recalques relacionados com as forças concentradas atuantes no fuste da estaca.

$$w = \sum_{i=1}^{N_1} \sum_{j=1}^{N_2} w_{i,j} + \sum_{i=1}^{N_1} \sum_{k=1}^{N_3} w_{i,k} \quad (1)$$

A obtenção dos efeitos dos recalques e das tensões se dão com o uso das equações de Mindlin (1936), cujos efeitos de recalque causados por cada estaca são superpostos no ponto em análise. Para a obtenção dos valores das cargas atuantes no fuste e na ponta da estaca, usou-se do método semiempírico de Aoki e Velloso (1975), método já difundido no âmbito geotécnico nacional.

2.4 Método de Vésic (1975)

Para a previsão de recalque, Vésic (1975) propôs um método empírico para uma estaca cravada, isolada, sujeita a uma carga axial vertical de compressão. O recalque total de uma estaca será a soma de três parcelas: o encurtamento elástico da estaca (S_e), a parcela devido às cargas de atrito lateral (S_f) e a parcela de recalque devido às cargas recebidas pela ponta (S_p), conforme as Equações 2, 3 e 4, respectivamente.

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.



$$S_e = (Q_p + \alpha_{ss} * Q_{lat}) + \frac{L}{A * E_c} \quad (2)$$

$$S_f = \frac{C_s * Q_{lat}}{L * q_p} \quad (3)$$

$$S_p = \frac{C_p * Q_p}{B * q_p} \quad (4)$$

Sendo Q_p a carga na ponta da estaca no estágio do carregamento, α_{ss} um coeficiente relacionado com a distribuição do atrito ao longo do fuste, Q_{lat} representa o atrito lateral no estágio de carregamento, L é o comprimento da estaca, A é a área da seção transversal, B é o diâmetro da estaca, e E_c expressa o módulo de elasticidade do material, o qual foi adotado como 25 GPa (concreto). Os valores de C_s e C_p são valores dependentes da tipologia da estaca e do solo, e q_p é a reação de ponta da estaca.

2.5 Método de Aoki (1984)

Aoki (1984) propõem um método de previsão de recalque em solos levando em conta os acréscimos de tensões sofridos pelas camadas subjacentes. Este incremento de tensões é resultado das reações às parcelas de resistência lateral e à carga aplicada na ponta da estaca. Assim, o acréscimo das tensões numa camada qualquer sob a estaca é dado pela Equação 5:

$$\Delta\sigma = \Delta\sigma_p + \Delta\sigma_l \quad (5)$$

Na qual $\Delta\sigma_p$ está correlacionado às tensões na ponta da estaca, e $\Delta\sigma_l$ às reações do fuste. Estas parcelas são obtidas conforme as equações 6 e 7:

$$\Delta\sigma_p = \frac{4 Pp}{\pi (D + h + \frac{H}{2})^2} \quad (6)$$

$$\Delta\sigma_l = \frac{4 Rl}{\pi (D + h + \frac{H}{2})^2} \quad (7)$$

Sendo Pp a carga transferida da ponta da estaca ao solo, Rl a resistência lateral da estaca, h é dado como a distância vertical do ponto de aplicação da carga ao topo de uma camada analisada de espessura H , e D o diâmetro da estaca.

Com estes valores, o recalque do solo é obtido como a razão entre o acréscimo de tensões e o módulo de deformabilidade do solo, E_s , conforme equação 8. O módulo de deformabilidade é obtido em função do N_{SPT} , da tensão geostática, e do tipo de solo em análise.

$$\rho_s = \left(\frac{\Delta\sigma}{E_s} H \right) \quad (8)$$

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.



3 Resultados

Os dados dos recalques medidos foram obtidos através de deflectômetros instalados sobre a estaca ensaiada. Para o método de Aoki e Lopes (1975), usou-se do auxílio de programas computacionais para a realização dos cálculos. Para os métodos de previsão de recalque, a definição da resistência de ponta e atrito lateral eram necessários, sendo assim usado do método de Aoki e Velloso (1975). A Tabela 1 apresenta o compilado dos valores dos recalques previstos e medidos, conforme o incremento de carga.

Tabela 1. Valores dos recalques previstos e medidos.

Carga (kN)	Recalque (mm)			
	Aoki e Lopes (1975)	Vésic (1975)	Aoki (1984)	Medido
10	-0,05	-0,05	-0,61	-0,04
20	-0,16	-0,13	-1,21	-0,10
30	-0,63	-1,02	-1,82	-0,28
40	-1,29	-2,33	-2,42	-0,49
50	-1,94	-3,63	-3,01	-0,78
60	-2,60	-4,94	-3,61	-1,15
70	-3,26	-6,25	-4,20	-1,74
80	-3,91	-7,55	-4,78	-2,32
90	-4,57	-8,86	-5,36	-3,94
100	-5,22	-10,16	-5,94	-10,35
110	-5,88	-11,47	-6,52	-26,85
120	-6,54	-12,78	-6,80	-50,27

A prova de carga estática foi realizada até uma carga de 120 kN e obteve um recalque total de 50,27mm, enquanto para os métodos de Aoki e Lopes (1975), Vésic (1975) e Aoki (1984) esses valores foram de 6,54 mm, 12,78 mm e 6,80 mm, respectivamente. A Figura 2 expressa as curvas de carga *versus* recalque medidos e estimados.

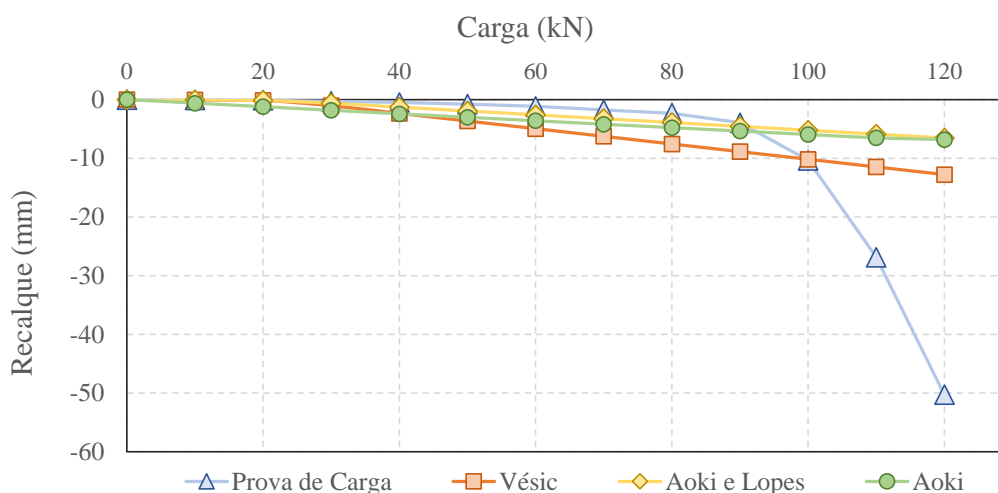


Figura 2. Curvas de Carga *versus* Recalque, com estágios de carregamento até 120 kN.

Aponte a câmera do seu smartphone para o QR Code ao lado e salve o evento na sua agenda.



Observa-se que há uma discrepância significativa entre os valores teóricos e práticos nos pontos finais da curva, especificamente a partir de cargas iguais ou superiores a 100 kN, quando os resultados da prova de carga mostraram-se muito superiores aos demais. Em contrapartida, os recalques referentes às cargas iniciais foram semelhantes quando comparado os resultados obtidos, com exceção do método e Aoki (1984). Até os 20 kN de carregamento, os recalques observados foram mínimos, mostrando uma tendência de crescimento linear a partir dos 30 kN. Isso se dá pelo fato de o carregamento inicial ser dissipado majoritariamente pelo atrito lateral, enquanto as tensões aplicadas na ponta da estaca nesses estágios serem de pouca grandeza. A partir de maiores carregamentos, a resistência de ponta passa a ser mais exigida, refletindo em incrementos do recalque mais significativos. Essas situações podem ser melhores observadas na Figura 3, a qual demonstra as curvas de carga *versus* recalque, até os 90 kN. Em suma, os métodos representam satisfatoriamente os recalques medidos no trecho elástico da curva carga *versus* recalque. Em contrapartida, no trecho elasto-plástico, os resultados não são estatisticamente significativos.

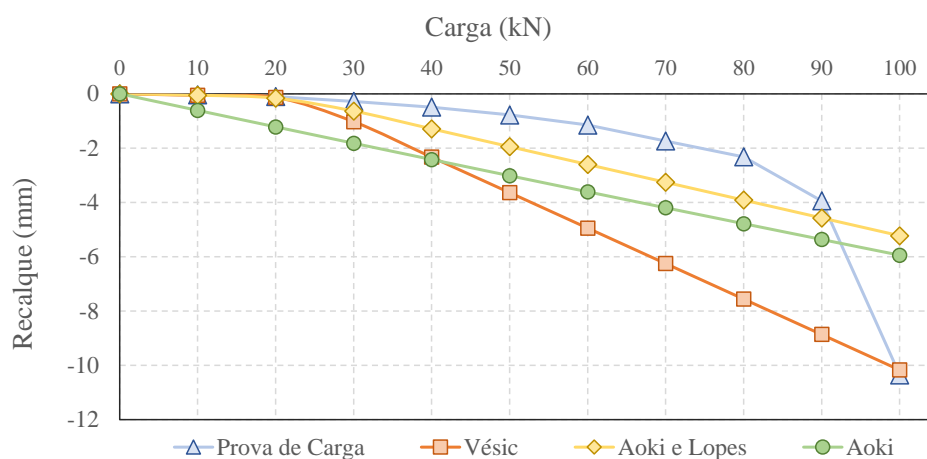


Figura 3. Curvas de Carga *versus* Recalque, com estágios de carregamento até 90 kN.

Percebe-se que nos métodos de previsão de recalque, as respostas obtidas até os estágios de carregamento de 90 kN foram superiores aos resultados da prova de carga. Com relação a esse carregamento, os recalques para Aoki e Lopes (1975) foram de 4,57 mm, para Vésic (1975) de 8,86 mm, para Aoki (1984) de 5,36 mm e o observado na prova de carga foi de 3,94 mm. Quando analisado os estágios com cargas iguais ou superiores a 100 kN, esse cenário se altera, com resultados medidos superiores aos resultados previstos. A curva obtida pela prova de carga demonstra um crescimento de forma linear nos primeiros estágios, o qual altera-se para um comportamento exponencial em carregamentos mais elevados, comportamento diferente do observado nos modelos de previsão de recalque, os quais possuem um comportamento linear ao longo de toda a curva.

Como discutido, o comportamento do recalque com o incremento de maiores cargas demonstra-se destoante entre os métodos de cálculo e os valores medidos. A porcentagem de aumento do recalque entre as cargas de 90,00 kN e 120,00 kN na prova de carga atinge grandezas superiores a 1175,00%, enquanto para Aoki e Lopes (1975), Vésic (1975) e Aoki (1984) essas porcentagens variaram entre 43,00 e 49,00%. A Figura 4 retrata as variações dos recalques para entre as três vias de análises, para os estágios de carregamento entre 90,00 kN e 120,00 kN.

Aponte a câmera do seu smartphone para o QR Code ao lado e salve o evento na sua agenda.



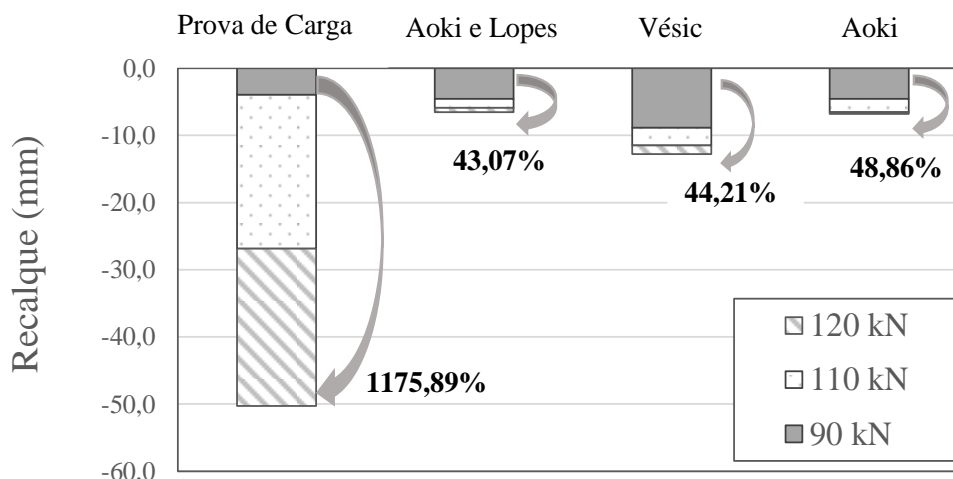


Figura 4. Variação dos recalques entre os estágios finais de carregamento.

Percebe-se que os métodos de Aoki e Lopes (1975), Vésic (1975) e Aoki (1984) não foram capazes de estimar o comportamento acentuado de recalque para os estágios finais de carregamento. Esta conjuntura pode ser embasada pelo fato de o solo do município de Cruz Alta mostrar-se com comportamento potencialmente colapsível, o que dificulta as análises geotécnicas sobre ele, uma vez que seu comportamento se destoa dos demais solos ao sofrer grandes perdas de capacidade de suporte frente a diferentes situações. Assim, os métodos de previsão de recalque demonstram-se mais fidedignos aos valores medidos na parte elástica da curva de carga *versus* recalque.

4 Considerações Finais

Diante do exposto, ao comparar os resultados de recalque obtidos pela prova de carga realizada e pelos métodos de cálculo, nota-se que há diferenças expressivas entre os recalques finais encontrados entre as diferentes abordagens.

Os resultados dos recalques para os estágios iniciais de carregamento, mais precisamente até 90,00 kN, mostraram-se semelhantes sendo um pouco superiores nos métodos de previsão frente ao recalque medido. Entretanto, nos incrementos finais de carga, o recalque medido pela prova de carga expressou-se em crescimentos exponenciais, enquanto nas demais abordagens o crescimento permaneceu linear. Isto pode ser explicado pelo comportamento colapsível encontrado no solo local, fato esse que não é ponderado nos métodos de cálculos usados ou discutido nas respectivas normas abrangentes.

A subestimação das grandezas dos recalques em obras geotécnicas está diretamente atrelada a patologias e até mesmo a ruína das estruturas. O excesso de recalque origina situações indesejadas numa estrutura, tais como o desaprumo da edificação, aparecimento e intensificação de fissuras, infiltração, e até a impossibilidade de uso da estrutura em função de riscos presentes.

Ademais, nota-se a importância da realização de abordagens de previsão de recalques em obras geotécnicas, além da realização de ensaios de provas de cargas para obtenção dos valores reais tanto da capacidade de carga, assim como de recalque. A utilização de valores fidedignos possibilita a execução de projetos de fundação capazes de prever com melhor aferição a realidade, executando projetos mais racionados e possibilitando opções mais atrativas financeiramente.

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.





Nisto, acrescenta-se a relevância do conhecimento sobre o solo, de seus parâmetros geotécnicos e de seu comportamento, evitando reações indesejadas.

Por fim, nota-se que os métodos de previsão de recalques possibilitam uma avaliação inicial sobre os efeitos locais, sendo necessário uma atenção sobre as abordagens a serem usadas, de forma a compreender as considerações e simplificações propostas por cada método, e comparar se estas satisfazem as condições encontradas no cenário local.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Fundo de Incentivo à Extensão (FIEEX), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico (CNPq), a Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelas bolsas de estudos dos autores. Assim como deixam seus agradecimentos a Universidade Federal de Santa Maria e a Universidade de Cruz Alta pelo suporte ao desenvolvimento das pesquisas

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albuquerque, P. J. R. (2001) *Estacas Escavadas, Hélice Contínua e Ômega: Estudo do Comportamento à Compressão em Solo Residual de Diabásio, através de Provas de Carga Instrumentadas em Profundidades*. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo.
- Anjos, G. (2006) *Estudo Experimental do Comportamento de Fundações Escavadas em Solos Tropicais*. Tese (Doutorado) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília. Brasília.
- Aoki, N., Lopes, F. R. (1975). Estimating stress and settlements due to deep foundation. In: *V Congresso Panamericano de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações*, v.1, p.377-386, Buenos Aires
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (2019). NBR 6122. *Projeto e execução de fundações*. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (2020). NBR 16903. *Prova de carga estática em fundações*. Rio de Janeiro.
- Camapum de Carvalho, J., Gitirana Jr, G. F. N. (2021). Unsaturated soils in the context of tropical soils. *Soils and Rocks* 44(3):e20211068121.
- Cintra, J. C. A., Aoki, N. (2010). *Fundações por estacas: projeto geotécnico*. Oficina de textos: São Paulo, 1ª ed.
- Cintra, J. C. A., Aoki, N., Albiero, J.H. (2011). *Fundações diretas*. Oficina de textos: São Paulo, 1ª ed.
- Falcão, P. R. (2021). *Avaliação do impacto da inundação na resistência e deformabilidade de um solo laterítico e colapsível: estudo experimental e numérico*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria / UFSM.

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.



sefe 10

Jenning, J. K., Knight, K. (1975). The additional settlement of foundation due to collapse of sandy subsoils on wetting. *Proceeding of 4th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering*.

Mindlin, R. D. (1936). *Force at a point in the interior of a semi-infinite solid*. Physics. v.7

Vargas, M. (1978) *Introdução à Mecânica dos Solos*. Ed. McGraw-Hill do Brasil.

Velloso, D.A., Lopes, F.R. (2010) *Fundações: critérios de projeto, investigação do subsolo, fundações superficiais, fundações profundas*, Oficina de Textos, São Paulo.

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.



Realização:



Avenida Rebouças, 353, Sala 74 A
Cerqueira César, São Paulo/SP, 05401-900
Telefone: (11) 3052-1284
E-mail: abef@abef.org.br

Organização:



Avenida T-9, 2310 - Ed. Inove Intelligent Place
Sala B701, Jardim América, Goiânia/GO, 74255-220
E-mail: secretaria@qeeventos.com.br
Site: www.qeeventos.com.br