

DOI: 10.47094/COBRAMSEG2024/201

## Eficiência de Correlações com SPT para Mensuração dos Parâmetros de Resistência em Recife a partir de Resultados de Cisalhamento Direto

Marília Gabriela Alves de Arruda

Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil, marilia.alvesarruda@ufpe.br

Felipe de Souza Mata

Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil, felipe.mata@ufpe.br

Eduardo de Castro Bittencourt

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil, eduardo.bittencourt@ufrn.br

**RESUMO:** A obtenção de parâmetros de resistência para a concepção de projetos geotécnicos enfrenta frequentemente desafios, visto que a realização de ensaios de laboratório é incomum devido aos custos adicionais associados. Nesse cenário, as correlações desempenham um papel crucial para estimar os valores de resistência do solo, na ausência de dados laboratoriais. Durante este estudo, foram analisados resultados de sondagens à percussão (SPT) e ensaios de cisalhamento direto realizados em 20 diferentes encostas da cidade do Recife. Em paralelo, foi calculado o ângulo de atrito para determinada camada de solo por meio das equações de correlações sugeridas por Godoy (1983), Teixeira (1996) e Hatanaka & Uchida (1996). Já para a coesão, foram aplicadas as equações de Berberian (2015) e Mayne (2016). De acordo com as análises comparativas realizadas, constatou-se que as correlações são eficientes e, quase sempre, propõem valores inferiores ou até mesmo bastante inferiores aos obtidos no ensaio de cisalhamento direto. A coesão tanto nas argilas quanto nas areias foi o parâmetro que mostrou maior discrepância entre os dados do laboratório e as correlações. Já o ângulo de atrito apresentou valores bem aproximados.

**PALAVRAS-CHAVE:** correlações, parâmetros de resistência, SPT, ensaio de cisalhamento direto.

**ABSTRACT:** The acquisition of resistance parameters for geotechnical project design often faces challenges, as conducting laboratory tests is uncommon due to associated additional costs. In this scenario, correlations play a crucial role in estimating soil resistance values in the absence of laboratory data. During this study, results from Standard Penetration Tests (SPT) and direct shear tests conducted on 20 different slopes in the city of Recife were analyzed. In parallel, the friction angle for a specific soil layer was calculated using correlation equations suggested by Godoy (1983), Teixeira (1996), and Hatanaka & Uchida (1996). For cohesion, equations by Berberian (2015) and Mayne (2016) were applied. According to comparative analyses conducted, it was found that the correlations proved to be efficient and, in most cases, proposed values lower or even significantly lower than those obtained in direct shear test for cohesion and friction angle. Cohesion, both in clays and sands, was the parameter that showed the greatest discrepancy between laboratory data and correlations. Meanwhile, the friction angle showed more closely approximate values.

**KEYWORDS:** correlations, strength parameters, SPT, direct shear test.

### 1 INTRODUÇÃO

As encostas da cidade do Recife, predominantemente inseridas na Formação Barreiras, são caracterizadas pela presença de depósitos de argila e areia. Durante períodos chuvosos essas áreas de geomorfologia sinuosa tornam-se mais suscetíveis a deslizamentos de terra. Esse fenômeno tem impulsionado a realização de projetos de estabilização na região a partir de estruturas de contenção. A etapa de concepção desses projetos tem proporcionado uma melhor compreensão da geologia e geotecnia local, por meio de ensaios conduzidos tanto in situ quanto em laboratório. O objetivo é avaliar o nível de segurança das encostas, garantindo que as tensões solicitantes não ultrapassem a resistência ao cisalhamento do solo (Gerscovich, 2016, Galvão, 2014).

A sondagem à percussão (SPT) é o método de investigação mais comumente utilizado no Brasil para avaliar a resistência dinâmica do solo e realizar uma análise preliminar da litologia através da extração de amostras. No entanto, este ensaio não oferece uma medição direta da resistência ao cisalhamento do solo, sendo necessário recorrer às equações de correlação. Estas equações são instrumentos essenciais para estimar a coesão e o ângulo de atrito, dois parâmetros físicos cruciais na análise de estruturas de contenção e estabilidade de taludes. Ressalta-se que estas estimativas devem ser aplicadas com cautela, dada a sua relevância. (Schnaid, 2012, Gerscovich, 2016)

Neste mérito, as equações de correlação foram objetos de estudos de muitos autores como Godoy (1983), Teixeira (1996), Hatanaka & Uchida (1996), Teixeira & Godoy (1996), Berberian (2015) e Mayne (2016). Eles buscaram correlacionar parâmetros como o índice de resistência a penetração ( $N_{SPT}$ ) para a obtenção dos parâmetros de resistência dos solos. Entretanto, cada formação geológica apresenta características próprias e comportamentos mecânicos singulares, evidenciando, assim, a importância de conduzir análises acerca da satisfatoriedade dos valores encontrados ao utilizar correlações para estimá-los.

Nesta perspectiva, foi realizada uma análise comparativa entre os resultados de ensaios de cisalhamento direto e os valores de ângulo de atrito e coesão obtidos por meio de equações de correlação para uma camada específica de solo. O objetivo desse estudo é confrontar esses valores e examinar a eficácia e segurança da aplicação dessas correlações em projetos de engenharia, verificando o nível de convergência entre os resultados de cisalhamento direto e correlações; especialmente no contexto das zonas de morro da cidade do Recife.

## 2 METODOLOGIA

A área deste estudo compreende a zona de morros da cidade do Recife, sobretudo, taludes das regiões político-administrativas (RPAs) 2 e 3. Os dados estudados e apresentados na Tabela 1 foram obtidos no ano de 2023 entre os meses de fevereiro e setembro e são provenientes de 20 diferentes encostas as quais os autores estão desenvolvendo projetos de estabilização. Dentre elas, 14 estão localizadas na zona Norte da cidade, 2 na zona Oeste e 4 na zona Sul. A profundidade média da amostragem foi de 1,55 m, contemplando, assim, as camadas mais superficiais.

Tabela 1 - Características e informações das amostras

Amostra	Profundidade (m)	Caracterização tátil-visual	RPA	Bairro
1	1,50	Silte argiloso, muito arenoso, marrom-claro	3	Passarinho
2	1,50	Argila silto-arenosa amarelo escuro com pedrisco	2	Água Fria
3	1,50	Areia argilo-siltosa amarelo claro, com pedrisco	5	Coqueiral
4	1,50	Argila silto-arenosa amarelo escuro com pedrisco	3	Dois Unidos
5	1,50	Argila silto-arenosa amarelo escuro com pedrisco e dióxido de ferro	3	Nova Descoberta
6	1,50	Argila siltoarenosa amarelo escuro com pedrisco	3	Vasco da Gama
7	1,70	Silte arenoso, pouco argiloso, amarelo	3	Brejo da Guabiraba
8	1,53	Areia média pouco siltosa, vermelha clara	3	Macaxeira
9	1,55	Silte arenoso, pouco argiloso, amarelo	2	Linha do Tiro
10	1,53	Silte arenoso, pouco argiloso, marrom claro	3	Brejo da Guabiraba

11	1,60	Areia média argilosa, amarela	5	Vila dos Milagres
12	1,58	Areia média argilosa, cinza amarelado	6	COHAB
13	1,51	Silte arenoso, pouco argiloso, amarelo	4	Várzea
14	1,64	Silte arenoso, pouco argiloso, amarelo	2	Dois Unidos
15	1,52	Areia média a grossa, siltosa, vermelha	3	Vasco da Gama
16	1,52	Silte arenoso, pouco argiloso, marrom	2	Dois Unidos
17	1,60	Silte arenoso, pouco argiloso, amarelo	4	Várzea
18	1,52	Silte arenoso, amarelo	2	Dois Unidos
19	1,50	Areia média siltosa, pouco argilosa, amarela	6	Ibura
20	1,59	Silte argiloso, pouco arenoso, marrom amarelado	3	Vasco da Gama

Para cada encosta analisada, foi realizada pelo menos uma sondagem SPT próxima ao poço de inspeção, possibilitando a associação direta do valor de  $N_{SPT}$  de uma camada com o resultado do ensaio de cisalhamento de uma amostra retirada na mesma profundidade. Neste estudo, realizou-se a correção dos valores de  $N_{SPT}$  levando em conta o efeito da energia de cravação e o nível de tensões. O valor do índice de resistência a penetração de referência normalizado com base no padrão internacional ( $N_{60}$ ), foi calculado segundo a equação 1, levando-se em consideração uma eficiência média de 66,5% da energia aplicada para um sistema manual de martelo cilíndrico vazado acionado por cordas, como apresentado por Belincanta (1998).

$$N_{60} = N_{SPT} \text{Energia aplicada} / 0,6 \quad (1)$$

Para a correção do nível de tensão em solos granulares, utilizou-se a equação empírica de Skempton (1986) para calcular o coeficiente ( $C_N$ ). Conforme abordado por Schnaid (2012), de forma conservadora, este coeficiente de correção não deve ser superior a 1,5 quando aplicado na equação 3.

$$C_N = 200/100 + \sigma'_v \quad (2)$$

$$N_{(SPT,1)60} = C_N N_{60} \quad (3)$$

As amostras de solo foram classificadas de acordo com critérios táteis e visuais, sendo divididas em 14 de areias e 6 de argilas. Ademais, para o cálculo dos valores de ângulo de atrito foram utilizadas as equações de Godoy (1983), Teixeira (1996), Hatanaka & Uchida (1996), como apresentado nas equações 4,5 e 6, respectivamente. Todos os valores de  $N_{SPT}$  utilizados daqui em diante são considerados corrigidos pelas relações apresentadas anteriormente.

$$\varphi = 0,4N_{SPT} + 28 \quad (4)$$

$$\varphi = \sqrt{20N_{SPT}} + 15 \quad (5)$$

$$\varphi = \sqrt{15,4N_{SPT}} + 20 \quad (6)$$

Para a determinação da coesão, foram empregadas as equações de correlação propostas por Berberian (2015) e Mayne (2016). As referidas equações são apresentadas a seguir, sendo numeradas como equações 4 e 5, respectivamente.

$$c' = N_{SPT}/0,35 \quad (4)$$

$$c' = 0,03\sigma'_p \quad (5)$$

Como as equações apresentadas para o cálculo da coesão necessitam da coesão não drenada ( $S_u$ ) e da tensão de pré-adensamento ( $\sigma'_p$ ), foram utilizadas as equações de Kulhawy & Mayne (1990) e de Mayne & Mitchell (1988), respectivamente. Além disso, para tensão admissível do solo ( $\sigma_{adm}$ ) foi adotado um valor de 100 kPa.

$$S_u = 0,06 N_{SPT} + \sigma_{adm} \quad (6)$$

$$\sigma'_p = 7,04 S_u^{0,83} \quad (7)$$

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados das 20 encostas foram analisados separadamente, distinguindo solos predominantemente arenosos de argilosos. Além disso, ao prezar pela segurança, os valores de referências utilizados nas comparações são sempre o menor resultado obtido no ensaio de cisalhamento com o maior valor obtido pelos métodos empíricos descritos neste trabalho.

Na Tabela 2 são apresentados os valores de coesão para as amostras de areia. Observa-se que as equações de correlação utilizadas forneceram valores bastante distintos entre si. A equação de Berberian (2015) apresenta valores superiores em 235% a 418%, quando comparado. A equação de Mayne (2016) apresentou valores, em geral, inferiores à coesão obtida nos ensaios de cisalhamento. Nas amostras 9 e 15, essa diferença é especialmente significativa, chegando a ser de 75,1% a 71,4% menor que o valor obtido nos ensaios de laboratório. Nesse contexto, os valores calculados mostraram-se bastante conservadores em termos de segurança. Por outro lado, como a equação de Berberian (2015) sugeriu valores bem maiores, culminou na superestimação da coesão das areias em 13 das 14 amostras. Apenas para a amostra 15, a correlação apresentou valor muito próximo do ensaio. No caso das areias mais puras, as correlações não demonstraram ser favoráveis em termos de segurança, uma vez que apresentaram valores não nulos para a coesão. Este cenário foi observado nas amostras 7, 8, 12, 14, 18 e 19, e ocorre devido ao fato de que essas correlações não consideram a textura e composição do material, apenas seu valor de  $N_{SPT}$ .

Tabela 2 - Resultado parâmetro de coesão para areias

Amostra	NSPT	Coesão (KPa)			
		Equações de correlação		Ensaio de cisalhamento	
		Mayne (2016)	Berberian (2015)	Natural	Inundada
3	8,3	5,4	23,8	16,6	15,3
7	8,3	5,4	23,8	2,8	0,0
8	8,3	5,4	23,8	0,0	0,0
9	6,7	4,5	19,0	32,1	18,1
10	5,0	3,5	14,3	29,6	8,4
11	6,7	4,5	19,0	28,6	8,4
12	5,0	3,5	14,3	23,6	0,0
13	5,0	3,5	14,3	10,8	5,9
14	3,3	2,5	9,5	26,7	0,0
15	1,7	1,4	4,8	34,5	4,9
16	21,6	11,9	61,8	38,3	14,3
17	5,0	3,5	14,3	28,0	10,8
18	3,3	2,5	9,5	4,9	0,0
19	6,7	4,5	19,0	15,4	0,0

Já no caso do ângulo de atrito das areias, mostrado na Tabela 3, a equação proposta por Godoy (1983) foi a que apresentou, na maioria das vezes, os valores com maiores convergências ao comparar com os obtidos no ensaio de cisalhamento direto. Entretanto, nas amostras 13, 16 e 17, superestimou o ângulo de atrito, apresentando um incremento percentual de 8,3%, 6,4% e 19,5%, respectivamente. Este fato já era esperado, visto que esta mesma equação apresentou os maiores valores dentre as três, nos casos em que o índice de resistência à penetração foi menor que 8,3 fato que ocorreu em 10 das 14 amostras. Ademais, o método de Teixeira (1996) foi o mais conservador dos três e apresentou valor superior ao do ensaio apenas na amostra 16. Enquanto isso, a equação de Hatanaka & Uchida (1996) apresentou, em geral, valores intermediários quando comparado com os outros dois métodos e, assim como Godoy (1983), ultrapassou o resultado do ensaio de cisalhamento direto nas amostras 13, 16 e 17 apresentando um incremento percentual 4%, 11% e 14,7%, respectivamente.

Tabela 3 - Resultado parâmetro ângulo de atrito para areias

Amostra	NSPT	Ângulo de atrito (°)				
		Equações de correlação			Ensaio de cisalhamento	
		Godoy (1983)	Teixeira (1996)	Hatanaka & Uchida(1996)	Natural	Inundada
3	8,3	31,3	27,9	31,3	41,6	45,3
7	8,3	31,3	27,9	31,3	38,6	41,5
8	8,3	31,3	27,9	31,3	43,6	43,2
9	6,7	30,7	26,5	30,1	39,6	32,1
10	5,0	30,0	25,0	28,8	40,5	37,9
11	6,7	30,7	26,5	30,1	34,0	33,1
12	5,0	30,0	25,0	28,8	36,8	40,3
13	5,0	30,0	25,0	28,8	30,7	27,7
14	3,3	29,3	23,2	27,2	46,7	37,5
15	1,7	28,7	20,8	25,1	38,3	37,5
16	21,6	36,6	35,8	38,2	34,4	34,7
17	5,0	30,0	25,0	28,8	25,1	33,8
18	3,3	29,3	23,2	27,2	44,7	38,0
19	6,7	30,7	26,5	30,1	36,6	36,4

Desse modo, a equação de Teixeira (1996) foi considerada a mais segura. De maneira similar, Almeida & Oliveira (2018) observaram na região Sul do país em solos lateríticos e colapsíveis, que os valores do ângulo de atrito propostos por Godoy (1983) e Teixeira (1996) são boas aproximações para o ângulo de atrito quando comparado com os obtidos em ensaios triaxiais.

Ademais, ao avaliar os parâmetros de resistência do solo, algumas amostras apresentaram um ângulo de atrito superior na condição inundada em comparação à condição natural. Esse comportamento também pode ser observado no estudo de Lima (2024), que realizou a análise de um solo similar pelo Projeto Morro de Vontade, coletado no Alto da Telha, bairro de Passarinho, Recife. Além disso, no estudo de Lima (2003), o qual comparou os parâmetros de resistência de amostras coletadas durante períodos de chuva e estiagem, foi observado um comportamento análogo. Este último estudo foi conduzido no Alto do Reservatório, bairro de Nova Descoberta, Recife. Nesse contexto, fica evidente que este é um comportamento já observado nos solos da Formação Barreiras.

As 6 amostras de argila provenientes dos morros do Recife mostraram, especialmente em condições naturais, coesões bastante elevadas, como evidenciado pelas amostras 1, 2 e 5 apresentadas na Tabela 4. Por outro lado, a equação de correlação de Mayne (2016) estimou valores consideravelmente inferiores aos obtidos nos ensaios. Em contrapartida, a equação proposta por Berberian (2015) foi a que melhor se aproximou dos resultados experimentais, indicando ser mais apropriada para estimação da coesão de solos argilosos no contexto dos morros do Recife. Todavia, esta mesma equação superestimou em 26,5% a coesão da amostra 2 quando comparado com o valor obtido no ensaio.

Apesar de não apresentar um índice de resistência à penetração ( $N_{SPT}$ ) tão elevado, a coesão medida no ensaio de cisalhamento direto para a amostra 20, por exemplo, foi significativamente maior do que a coesão estimada, chegando a ser 144% maior quando comparada com o método mais otimista. Enquanto, na amostra 2, a coesão obtida por Berberian (2015) foi superior a obtida no ensaio de cisalhamento para a condição inundada. Portanto, uma abordagem baseada exclusivamente nesse parâmetro obtido pela sondagem à percussão não reflete necessariamente a realidade. No entanto, na ausência de dados laboratoriais, essas equações proporcionam uma metodologia segura com poucas ressalvas.

Tabela 4 - Resultado parâmetro coesão para argilas

Amostra	NSPT	Coesão (KPa)			
		Equações de correlação		Ensaio de cisalhamento	
		Mayne (2016)	Berberian (2015)	Natural	Inundada
1	3,3	2,5	9,5	75,2	9,7
2	8,9	5,7	25,3	63,6	20,0
4	11,1	6,8	31,7	36,9	39,4
5	7,8	5,1	22,2	85,3	35,6
6	10	6,3	28,5	35,4	35,0
20	4,4	3,2	12,7	37,4	31,0

Na análise do ângulo de atrito apresentado na Tabela 5 para as argilas, constatou-se que, ao contrário do observado na avaliação das areias, nenhuma equação de correlação apresentou valores superiores aos obtidos nos ensaios. A variação percentual máxima foi menor no caso das argilas. Na amostra 4, por exemplo, o resultado do ensaio de cisalhamento na condição inundada foi 46,2% maior que o estimado pelo método de Teixeira (1996). Em contrapartida, nas areias, a maior diferença percentual foi observada na amostra 15, onde o valor obtido no ensaio foi 80,3% superior à estimativa.

Tabela 5 - Resultado parâmetro ângulo de atrito para argilas

Amostra	NSPT	Ângulo de atrito (°)				
		Equações de correlação			Ensaio de cisalhamento	
		Godoy (1983)	Teixeira (1996)	Hatanaka & Uchida(1996)	Natural	Inundada
1	3,3	29,3	23,2	27,2	36,8	33,4
2	8,9	31,5	28,3	31,7	31,7	35,9
4	11,1	32,4	29,9	33,1	45,7	43,7
5	7,8	31,1	27,5	30,9	45,8	34,2
6	10	32,0	29,1	32,4	32,9	37,8
20	4,4	29,8	24,4	28,3	51,5	31,7

Por fim, a coesão foi o parâmetro que mais apresentou discrepância entre o ensaio de laboratório e as mensurações feitas pelas equações propostas na literatura. De maneira análoga, Corte et al. (2016) também observou um fenômeno similar ao se depararem com diferenças percentuais de 18% e 300% entre o ensaio de laboratório e a correlação com os valores de  $N_{SPT}$ , para duas diferentes amostras.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nas análises realizadas, pode-se concluir que as equações de correlação são ferramentas confiáveis e eficazes para a estimativa dos parâmetros de resistência dos solos nas encostas do Recife, desde que usadas com cautela, especialmente no caso das areias puras. A equação de Godoy (1983) se destacou ao apresentar os maiores valores para o ângulo de atrito e, em grande parte das situações, se aproximou dos resultados obtidos nos ensaios de cisalhamento. No entanto, em três casos, houve uma superestimação deste

parâmetro. Na mesma linha, a equação de Hatanaka & Uchida (1996) se demonstrou adequada, com algumas ressalvas. Por outro lado, a correlação de Teixeira (1996) foi considerada mais conservadora.

Quanto ao parâmetro da coesão, tanto em areias quanto em argilas, os valores estimados revelaram-se favoráveis à segurança em alguns casos. Nas areias, a equação de Berberian (2015) foi a que mais se opôs a segurança ao superestimar a coesão em quase todas amostras. Em contrapartida, a metodologia proposta por Mayne (2016) se mostrou bastante favorável à segurança.

Nas argilas das encostas do Recife, onde a coesão tende a ser elevada, valores excessivamente conservadores podem levar a superdimensionamento de estruturas de contenção nessas áreas. A metodologia proposta por Mayne (2016) acabou sendo extremamente favorável a segurança para as características geológicas dos morros do Recife. Sendo assim, a correlação que melhor se aproximou dos resultados do ensaio de cisalhamento foi a de Berberian (2015), ainda que tenha apresentado para a amostra 2 uma coesão superestimada em 26,5%, retratou de maneira mais fiel o comportamento dessas argilas.

Em relação às areias puras, nenhuma equação conseguiu apresentar valores nulos para a coesão, embora Mayne (2016) tenha sugerido quase sempre valores inferiores a 5,4 KPa, considerados relativamente baixos. Portanto, a utilização de equações de correlação para estimar parâmetros de resistência do solo nos morros do Recife é uma abordagem viável, desde que realizada com cautela e considerando as particularidades geotécnicas locais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, M. A., & Oliveira, R. M. M. (2018). Estimativa do ângulo de atrito e coesão através de índices de resistência obtidos pela sondagem SPT em solo laterítico e colapsível característico da cidade de Cascavel no estado do Paraná. *XIX Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica (COBRAMSEG)*. Salvador.
- Belincanta, A., & Cintra, J. C. A. (1998). Fatores intervenientes em variantes do método ABNT para a execução do SPT. *Solos e Rochas*, 21(3), 119-133.
- Berberian, D. (2015). *Engenharia de Fundações: Passo-a-Passo*. 1ª edição, Infraso, Brasília.
- Corte, F. H., Mucheti, A. S., & de Albuquerque, P. J. R. (2016). Análise da estabilidade de contenção em solo grampeado em áreas urbanas, por parâmetros obtidos por correlação vs laboratório. *XVIII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica (COBRAMSEG)*. Belo Horizonte.
- Galvão, D.C., (2014). Uma contribuição para o entendimento dos fatores que provocam deslizamentos nos morros do Grande Recife: O relevo, a ocupação e o clima. *Revista Hum@nae*, 8(2).
- Godoy, N. S. (1983). *Estimativa da capacidade de carga de estacas a partir de resultados de penetrômetro estático*. Palestra. Escola de Engenharia de São Carlos – USP, São Paulo.
- Hatanaka, M. & Uchida, A. (1996). Empirical correlation between penetration resistance and effective friction of sand soil. *Soils Found.*, v. 36, n. 4, p. 1-9.
- Kulhawy, F.H. & Mayne, P.W. (1990). *Manual on Estimating Soil Properties for Foundation Design*. Report EL-6800, Electric Power Res. Inst., Palo Alto, 306 p.
- Lima, A. F. (2002). Comportamento geomecânico e análise de estabilidade de uma encosta da formação barreiras na área urbana da cidade do Recife. Dissertação de Mestrado, Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco / UFPE, 186 p.
- Lima, V. C. B. D. (2024). Análise da estabilidade de uma encosta na formação barreiras na cidade do Recife. Trabalho de conclusão de curso. Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco / UFPE, 102 p.
- Mayne, P.W. (2016). Evaluating effective stress parameters and undrained shear strengths of soft-firm clays from CPT and DMT. *Australian Geomechanics Journal*, 51 (4): 27–55.
- Mayne, P. W., & Mitchell, J. K. (1988). Profiling of overconsolidation ratio in clays by field vane. *Canadian Geotechnical Journal*, 25(1), 150-157.

- Schnaid, F. e Odebrecht, E. (2012). *Ensaio de campo e suas aplicações à engenharia de fundações*. São Paulo, Oficina de Textos.
- Skempton, A.W. (1986) *Standard Penetration Test Procedures and the Effect in Sands of Overburden Pressure, Relative Density, Particle Size, Aging and Over-Consolidation*. *Geotechnique*, 36, 425-447.
- Teixeira, A. H. (1996). *Projeto e execução de fundações*. Seminário de Engenharia de Fundações Especiais e Geotecnia, SEFE, São Paulo, v.1, p. 33-50.
- Teixeira, A. H. e Godoy, N. S. (1996) *Análise, projeto e execução de fundações rasas*, In: Hachich, W. et al. (ed.) *Fundações: teoria e prática*, Pini, São Paulo.