



Utilização de Ensaios in situ para Determinação da Capacidade de Suporte de Solos Use of in situ Tests for Determination of Soil Support Capacity

Stephanny Conceição Farias do Egito Costa¹; Adriano Elísio de Figueiredo Lopes Lucena²;
Talita Miranda de Sousa³ & Gutemberg Gonçalves da Silva⁴

Universidade Federal de Campina Grande.

Rua Aprígio Veloso, 882. Bairro Universitário. 58429-900 Campina Grande, Estado da Paraíba

E-mails: scfecosta@uesc.br; lucenafb@uol.com.br; talita.miranda@hotmail.com; gutemberggsilva@hotmail.com

Recebido em: 09/04/2018 Aprovado em: 12/07/2018

DOI: http://dx.doi.org/10.11137/2018_2_461_470

Resumo

O Standard Penetration Test (SPT) é utilizado mundialmente para obter informações sobre a resistência à penetração dinâmica do solo (N). Correlações permitem calcular, através deste índice, parâmetros do solo como a compactação relativa, o ângulo de atrito, o módulo de elasticidade e a capacidade de carga das fundações. O Cone de Penetração Dinâmica (CPD) e o Light Weight Deflectometer (LWD) são equipamentos destinados a avaliar parâmetros das camadas de infraestrutura de pavimentos, como a capacidade de suporte de solos e a deformabilidade e compactação, respectivamente. O objetivo deste trabalho é verificar a viabilidade do uso do CPD e LWD para determinação da capacidade de suporte dos solos, através de correlações com os parâmetros obtidos no SPT. Observou-se que existem boas correlações entre o SPT e o CPD e entre o SPT e o LWD para solos do tipo SM. Portanto, concluiu-se que existe viabilidade técnica do uso do CPD e LWD em alternativa ao SPT para solos granulares.

Palavras-chave: solos, capacidade de suporte, ensaios in situ

Abstract

The Standard Penetration Test (SPT) is used worldwide for information on the resistance to dynamic penetration of the soil (N). Correlations, allow calculating, using this index, soil parameters such as the relative compactness, friction angle, elastic modulus and the load capacity of the foundations. The Dynamic Cone Penetration (CPD) and Light Weight Deflectometer (LWD) are devices designed to assess parameters the floor infrastructure tiers, such as soil bearing capacity and deformability and compressibility, respectively. The objective of this study is to verify the feasibility of using the CPD and LWD for projects shallow foundations through correlations with the parameters obtained in the SPT assay. It was observed that there is a good correlation between the SPT and the CPD and between SPT and LWD for SM type soils. Therefore, it was concluded that there is a technical feasibility of the use of CPD and LWD as an alternative to SPT to identify the performance of granular soils.

Keywords: soils, bearing capacity, in situ tests

1 Introdução

Segundo Coutinho (2008), um efetivo e eficiente projeto geotécnico requer adequado conhecimento do subsolo da área. Um programa de investigação geotécnica objetiva determinar as condições geológicas, geotécnicas e hidráulicas do local onde será desenvolvido o projeto de engenharia e é função das características e extensão do projeto e dos riscos associados. Uma investigação insuficiente, interpretação inadequada dos resultados e falha em descrever as informações obtidas de forma clara e objetiva tem contribuído para diversos problemas de projeto e construção. Existem várias técnicas disponíveis para se atingir os objetivos de uma investigação de subsolo e nestas estão incluídos os ensaios de campo, como por exemplo: Standard Penetration Test (SPT), sondagem rotativa, Cone Penetration Test (CPT), ou ainda através de métodos alternativos como o Cone de Penetração Dinâmica (CPD).

Segundo Lukiantchuki (2012), o ensaio de simples reconhecimento do solo, universalmente conhecido como SPT, é uma das sondagens para investigação do subsolo mais utilizada tanto no Brasil como em muitos outros países. No âmbito da engenharia geotécnica, o amplo emprego deste ensaio deve-se a sua simplicidade, robustez e facilidade de aplicação dos seus resultados. Souza (2009) ainda cita a possibilidade de sua aplicação em quase todos os tipos de solos e em rochas brandas e a obtenção de amostras para a classificação do solo.

O SPT é regulamentado pela NBR 6484:2001 (Sondagem de simples reconhecimento com SPT – Método de ensaio) e gera como resultado o índice de resistência à penetração dinâmica do solo (N). Apesar dos benefícios deste ensaio, ele também é bastante criticado pela dispersão dos resultados, provenientes principalmente, da influência do operador, da diversidade dos equipamentos e dos procedimentos quanto à execução do ensaio como, por exemplo, a dificuldade de controle da altura de queda e do tamanho e peso do martelo além da dificuldade de acesso a alguns locais, devido sua robustez, e necessitar de no mínimo três pessoas para montagem, transporte e realização do ensaio.

O ensaio com o CPD é regulamentado pela norma D6951/D6951M-09 (ASTM, 2015a). Trata-se de um equipamento simples e versátil, de fácil manuseio e transporte, utilizado para estudos sobre as propriedades mecânicas de solos que constituem camadas de subleito de rodovias. Por ter sido criado para uso em obras de pavimentação, não se pode chegar a grandes profundidades com este equipamento, em contrapartida é possível obter parâmetros da resistência do solo em estudo a cada centímetro da prospecção. Várias pesquisas nos últimos anos, tais como Guedes (2008) e Melo Filho (2007) demonstram que é possível estabelecer correlações entre o índice de penetração do CPD com o valor de N e assim, utilizar este equipamento de forma alternativa a determinação da capacidade de carga dos solos e reconhecimento do perfil geotécnico, diminuindo os custos em relação ao que seria necessário para execução do ensaio a percussão.

O ensaio com o Light Weight Deflectometer (LWD) é regulamentado pela norma E2835-11 (ASTM, 2015b). O equipamento foi desenvolvido na Alemanha e tem como características ser esbelto, de fácil transporte e baixo custo de operação, destinado a medir a deformabilidade e avaliar a compactação de camadas de sub-leito, sub-base e base de pavimentos. É um equipamento de ensaio dinâmico que não necessita de nenhuma medida de referência sendo adequado para uso em solos que possuam partículas com até 63 mm de diâmetro. O ensaio pode ser realizado por apenas uma pessoa e o valor do Módulo de Elasticidade é obtido de forma imediata.

Como o SPT tem ampla utilização mundial, existem inúmeros estudos, tais como Skempton (1986), Stroud (1988) e Décourt (1995), que relacionam o índice N com outros parâmetros, a exemplo do Módulo de Elasticidade e a resistência de ponta do CPD. Estes autores divulgaram várias correlações, mas é visto que estas ainda necessitam ser aperfeiçoadas e mais difundidas, ou ainda validadas para o caso de utilização de novos equipamentos desenvolvidos. O estudo destas correlações é importante para a engenharia de fundações, pois assim, permite-se usar equipamentos simples e com baixo custo de

aplicação para a obtenção de dados geotécnicos em obras executadas sobre fundações rasas. Portanto, o objetivo desta pesquisa é estabelecer correlações entre um equipamento amplamente utilizado para investigações geotécnicas das camadas de solo o SPT com dois outros equipamentos alternativos CPD e LWD. É importante ressaltar que esta é a primeira pesquisa a nível internacional que busca correlacionar SPT e LWD.

2 Metodologia

O fluxograma abaixo apresenta a sequência de atividades que foram realizadas durante a pesquisa.

Os dados utilizados nesta pesquisa são resultado da realização de oito campanhas de sondagens no período de outubro de 2014 a março de 2015. Dentre elas, seis aconteceram na zona urbana de Campina Grande-PB, uma na zona rural do município e outra no município de Queimadas-PB, conforme mostra a Figura 2.

Campanha 01 – Sítio Lucas, Distrito de Catolé de Boa Vista, Campina Grande – PB.

Campanha 02 – Avenida Canal, nº 469, Alto Branco, Campina Grande – PB.

Campanha 03 – Rua Severino Pimentel, SN, Liberdade, Campina Grande – PB.

Campanha 04 – Rua João Maciel dos Santos, Distrito Industrial, Queimadas – PB.

Campanha 05 – Rua Manoel Pereira de Araújo, Feira Central, Campina Grande – PB.

Campanha 06 – Rua Severino Verônica, nº 152, Conceição, Campina Grande – PB.

Campanha 07 – Rua Duque de Caxias, nº 287, Prata, Campina Grande – PB.

Campanha 08 – Rua Projetada 22, Portal Sudoeste, Campina Grande – PB.

2.1 Ensaios In Situ

A pesquisa contou com o apoio da empresa ATECEL (Associação Técnico Científica Ernesto Luiz de Oliveira Junior), que permitiu o acompanhamento das oito campanhas de sondagens SPT realizadas no município de Campina Grande – PB, ou em seus arredores. Após a realização da sondagem à percussão sucediam os ensaios de CPD e LWD. Para cada furo SPT, foram realizados quatro furos com o CPD e um ensaio com o LWD. Ao fim de cada campanha, coletaram-se amostras para caracterização física do material, em laboratório. A disposição dos ensaios está esquematizada na Figura 3.

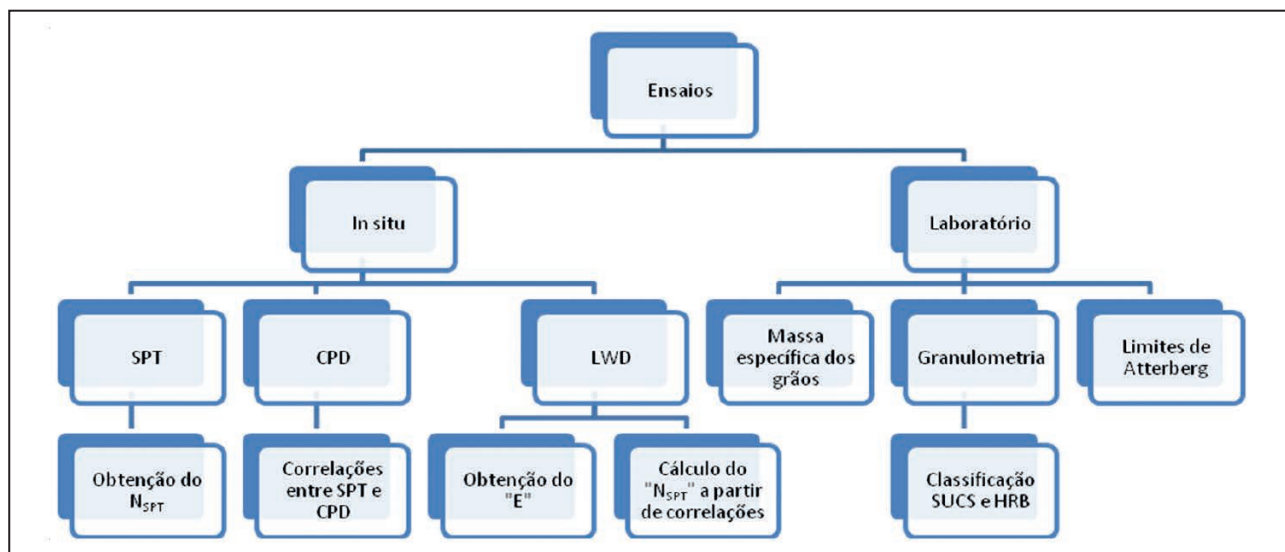


Figura 1 Sequência de atividades.

correlação com os valores do SPT é necessário que os ensaios sejam realizados de maneira semelhante. Portanto, a determinação do valor da penetração com o CPD foi efetuada para cada intervalo de 15 cm, totalizando 3 intervalos de 15 cm para cada 1 m de profundidade, semelhante ao SPT. O equipamento utilizado está apresentado na Figura 4.



Figura 4 Cone de Penetração Dinâmica utilizado na pesquisa.

Para cada furo SPT, foram realizados quatro furos laterais com o CPD, com distância de 1,00 m do furo central. O procedimento de realização do ensaio foi executado com o registro do número de golpes necessário para a penetração de cada 15 cm.

2.1.3 Ensaios LWD

O ensaio do LWD foi realizado a 0,20 m do furo de sondagem SPT. Inicialmente, executou-se o ensaio na cota 0,00 m e quando se percebia a mudança de material do perfil até 1,00 de profundidade, fazia-se uma cava com diâmetro suficiente para acomodação do equipamento e seguia-se com um novo ensaio. Quando a mudança de material ocorria a mais de 1,00 m de profundidade não era viável realizar o LWD, pois o cabo que transfere os dados do equipamento para o receptor não possui comprimento suficiente.

O procedimento de ensaio foi regido pelas especificações do fabricante do equipamento (ZORN INSTRUMENTS), de acordo com o modelo ZFG 3000 GPS (Figura 5), que possui alcance para bacia de deflexão de 0,60 m.



Figura 5 Light Weight Deflectometer (LWD).

2.2 Ensaios de Laboratório

Em cada campanha de sondagem realizada foram coletadas amostras deformadas de solo para realização dos seguintes ensaios em laboratório:

- Granulometria, baseado na NBR 7181:2016 (ABNT, 2016c);
- Limites de consistência de acordo com a NBR 6459:2016 (ABNT 2016a) e NBR 7180:2016 (ABNT 2016b).

De posse dos resultados dos ensaios supracitados, os materiais coletados foram classificados pelo Sistema Unificado de Classificação dos Solos e pelo Highway Research Board.

3 Resultados e Discussões

3.1 Classificação dos Solos

De posse dos resultados da caracterização física das amostras, pôde-se classificá-las pelos métodos SUCS e HRB. O resultado está apresentado na Tabela 1.

Em relação a classificação SUCS, pode-se observar:

- 69,70% das amostras são SM, ou seja, areias que contém mais de 12% de finos com pouca ou nenhuma plasticidade.

Em relação a classificação HRB, observa-se que:

- 72,73% pertencem ao grupo A-2-4, material granular com índice de plasticidade menor que 10%.

De acordo com Das (2007), é esperado que um solo classificado como A-2-4 no sistema HRB seja equivalente a um solo SM no sistema SUCS. Este fato foi observado nesta pesquisa visto que 69,70% das amostras foram classificadas como SM e 72,73% como A-2-4.

Campanha	Furo	Camada	Classificação SUCS	Classificação HRB
1	1	1	SM	A-2-4
		2	SM	A-2-4
	2	1	SM	A-2-4
		2	SM	A-2-4
	3	1	SM	A-2-4
		2	SM	A-2-4
2	1	Única	SM	A-2-4
	2	1	SM	A-2-4
		2	SC	A-6
3	1	1	SM	A-2-4
		2	SC	A-7-6
	2	Única	SM	A-2-4
	3	Única	SM	A-2-4
4	1	1	SM	A-1-b
		2	SM	A-2-4
	2	1	SM	A-1-b
		2	SM	A-2-4
3	Única	SM	A-2-4	
5	1	Única	SM	A-2-4
	2	Única	SM	A-2-4
	3	1	SM	A-2-4
		2	SC	A-2-4
6	1	Única	SP	A-1-b
	2	Única	SP-SM	A-1-a
	3	Única	SP-SM	A-1-b
7	1	Única	SM	A-2-4
	2	Única	SP-SM	A-2-4
	3	Única	SP-SM	A-2-4
8	1	Única	SM	A-2-4
	2	Única	SM	A-2-4
	3	1	SM	A-2-4
		2	SC	A-2-6

Tabela 1 Classificação das amostras.

3.2 Ensaios in situ

A Figura 6 apresenta o perfil de solo encontrado na Campanha 01 e a partir dela pode-se perceber que a profundidade mínima para encontrar a rocha decomposta é de aproximadamente 1,45 m. O NSPT máximo ocorreu no furo 3, em 1,45 m com valor de 35 golpes/0,30 m. A primeira camada de solo encontrada foi de solo arenoso de cor clara, sendo que para o furo 1, estava medianamente compacto e nos furos 2 e 3, fofo. A diferença da compacidade interferiu diretamente nos resultados do SPT, visto que a 0,45 m, o NSPT foi de 18 golpes/0,30 m para o furo 1, e 3 golpes/0,30 m e 4 golpes/0,30 m para os furos 2 e 3, respectivamente.

A Tabela 2 apresenta os resultados numéricos dos ensaios SPT, CPD e LWD. Os resultados do CPD estão apresentados em cinco colunas, onde as quatro primeiras são referentes aos resultados da sondagem em cada furo que foi realizado ao redor do SPT, e a quinta coluna representa a média dos golpes. Em relação à média, o maior índice de penetração encontrado para o CPD foi de 68,50 golpes/0,30 m, que ocorreu em 1,45 m de profundidade do furo 2. Dentre os dados que serão trabalhados, o maior NSPT ocorreu em 0,45 m do furo 1, desta forma observa-se que os maiores índices de penetração dos dois equipamentos citados não se referem a mesma camada de solo, mas isto pode ter ocorrido porque o material que correspondente ao maior valor do CPD contém pedregulhos, sendo possível que no momento do ensaio, o equipamento possa ter deparado com alguma partícula de diâmetro superior a 4,8 mm. Dentre os resultados do LWD, o maior valor do módulo de elasticidade foi de 91,00 MPa, na superfície do furo 1.

É importante destacar que análises semelhantes foram efetuadas para todas as campanhas e não foram apresentadas para evitar repetitividade.

3.3 Correlações SPT e CPD

A partir dos dados coletados nas campanhas, pôde-se estabelecer correlações entre os ensaios SPT e CPD. Resultados de $R^2 \geq 0,70$ foram considerados satisfatórios, pois no mínimo 70% da variável

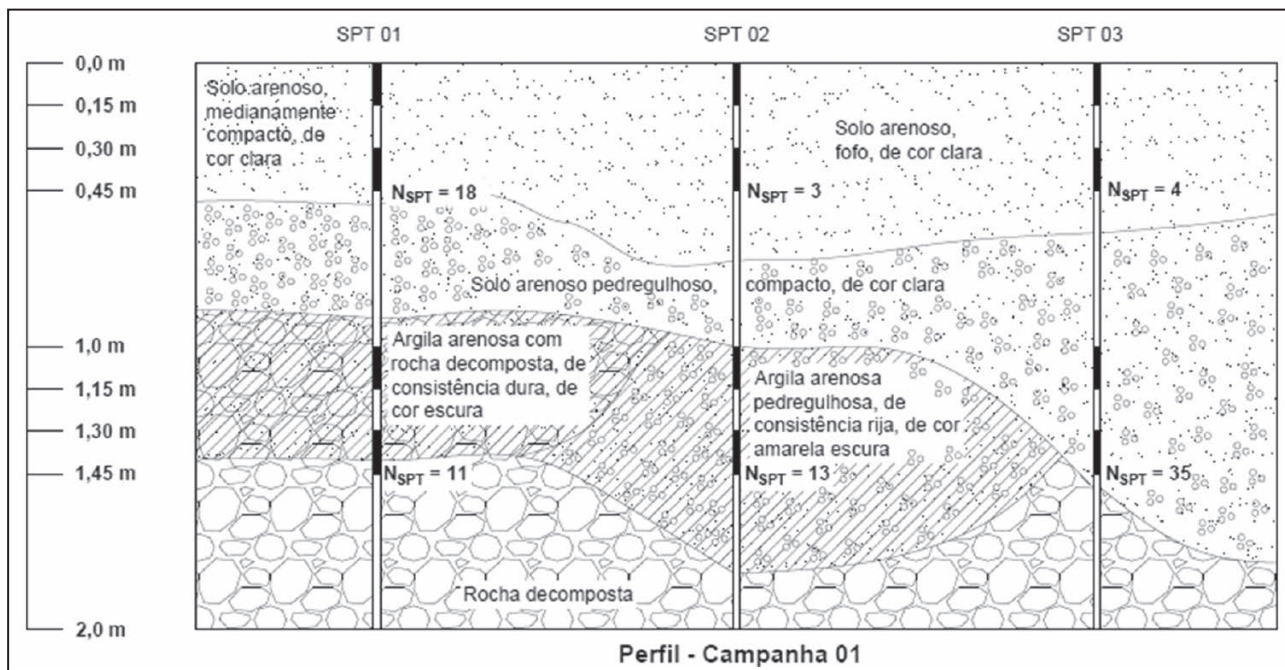


Figura 6 Perfil de solo com base nos relatórios de sondagem SPT para a Campanha 01

Furo	Resultado SPT		Tipo de solo (Laboratório)	Resultados CPD					LWD
	Prof. (m)	Nº de golpes		Nº de golpes (1)	Nº de golpes (2)	Nº de golpes (3)	Nº de golpes (4)	Média de golpes CPD	E [MPa]
1	0,00 a 0,15	3	SM/A-2-4	7	13	10	10	10,00	91,00
	0,15 a 0,30	9		13	16	13	20	15,50	
	0,30 a 0,45	9		14	15	13	44	21,50	
2	0,00 a 0,15	2	SM/A-2-4	2	3	3	4	3,00	18,10
	0,15 a 0,30	1		3	3	4	4	3,50	
	0,30 a 0,45	2		3	1	4	4	3,00	
	1,00 a 1,15	11	SM/A-2-4	22	42	29	24	29,25	
	1,15 a 1,30	10		29	38	30	21	29,50	
1,30 a 1,45	3	39	33	39	45	39,00			
3	0,00 a 0,15	1	SM/A-2-4	7	8	5	7	6,75	30,50
	0,15 a 0,30	2		7	6	13	14	10,00	
	0,30 a 0,45	2		5	3	7	6	5,25	

Tabela 2 Resultados SPT e CPD da Campanha 01

dependente será explicada pelo modelo encontrado. Para tal análise estatística, foi desconsiderado o número de golpes de ambos os ensaios nas cotas de 0,00 a 0,15 m e de 1,00 a 1,15 m, pois é sabido que nos 0,15 m iniciais de cada metro no ensaio SPT, existe a interferência do amolgamento do solo devido a penetração do amostrador padrão.

A Figura 7 apresenta o resultado da correlação de todos os dados SPT e CPD obtidos nas

campanhas realizadas durante esta pesquisa. O valor do coeficiente de determinação (R^2), assim como o modelo estatístico que representa estes dados está explícito no próprio gráfico. O R^2 é uma das formas de avaliar a qualidade do modelo e indica o quanto ele é capaz de explicar os dados em questão. Para obtenção deste modelo foi considerado uma linha de tendência linear e ele explica apenas 59,30% da dependência das variáveis.

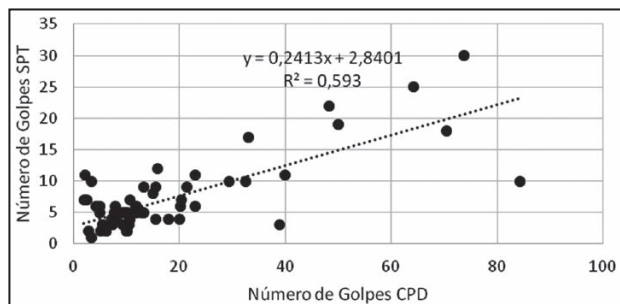


Figura 7 Modelo estatístico com linha de tendência linear para todos os dados coletados

A Figura 8 apresenta a correlação existente entre o SPT e o CPD com base na classificação pelo sistema SUCS. Foram selecionados os dados do tipo de solo (SM) que apresentou maior incidência durante a pesquisa. É visto que o valor de R^2 foi de 0,85, sendo assim, o modelo encontrado é satisfatório.

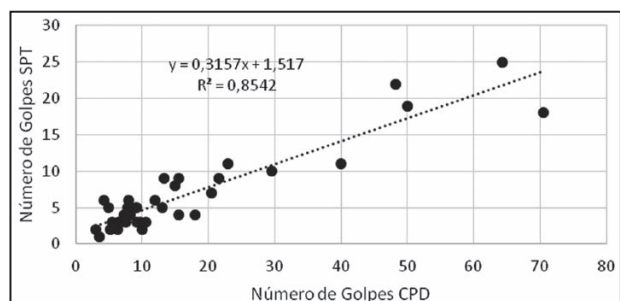


Figura 8 Modelo estatístico com linha de tendência linear para solos SM

A Figura 9 apresenta a correlação SPT x CPD, com linha de tendência linear, para solos do tipo A-2-4, segundo a classificação HRB. A correlação apresentou resultado satisfatório, conforme mostra o valor de R^2 , pois com este modelo matemático a variável dependente é 87,57% explicada pelo seu regressor.

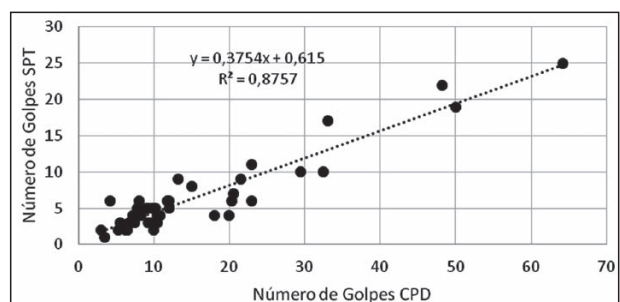


Figura 9 Modelo estatístico com linha de tendência linear para solos A-2-4

De acordo com os resultados obtidos para as correlações ente SPT x CPD, é visto que não é viável utilizar o modelo matemático encontrado considerando todos os tipos de solo, pois o R^2 foi inferior ao considerado satisfatório (0,70). Já para solos SM, segundo a classificação SUCS, e solos A-2-4, segundo a classificação HRB, foram encontradas boas correlações, pois ambos modelos justificam em mais de 85% as variáveis em questão. Estas conclusões implicam que ao realizar investigações geotécnicas com o CPD para determinar o índice de resistência a penetração dos solos, é necessário o conhecimento prévio sobre os tipos de solo a serem encontrados no perfil para que o uso deste equipamento seja tecnicamente viável. Ressalta-se também que é recomendada a avaliação de tais correlações para outros tipos de solos.

3.4 Correlações SPT e LWD

Existem modelos matemáticos que correlacionam os valores do ensaio SPT com diversos parâmetros do solo. Neste tópico, os valores do módulo de elasticidade obtidos com o ensaio LWD foram substituídos nas equações de Décourt (1995) e Teixeira & Godoy (1996), com objetivo de encontrar o valor de N.

• Décourt (1995)

Para areias: $E = 3,5N$

Solos intermediários: $E = 3,0N$

Argilas saturadas: $E = 2,5N$

Onde:

E = módulo de elasticidade (kgf/cm^2);

N = índice de resistência à penetração do solo.

• Teixeira & Godoy (1996):

$E = j \times w \times N_{SPT}$

Onde: j e w são variáveis para cada tipo de solo de acordo com a Tabela 3.

Solo	j	w(MN/m ²)
Areia pedregulhosa	3	1,10
Areia		0,90
Areia siltosa		0,70
Areia argilosa	5	0,55
Silte arenoso		0,45
Silte		0,35
Silte argiloso	7	0,25
Argila arenosa		0,30
Argila siltosa		0,20

Tabela 3 Parâmetros j e w - Teixeira & Godoy (1996)

Partindo da premissa que as Campanhas 05 e 06 não geraram os resultados esperados por interferência de fatores externos, (presença de lixo e resíduos de construção na Campanha 05 e saturação do solo na Campanha 06) elas foram desconsideradas para a obtenção da correlação entre o N calculado com base no módulo de elasticidade do LWD e o N obtido com o ensaio SPT na profundidade de 0,00 a 0,45 m. Sendo assim, as Figuras 10 e 11 representam o modelos estatístico e o valor de R² encontrado para correlação proposta com os dados das Campanhas 01, 02, 03, 04, 07 e 08.

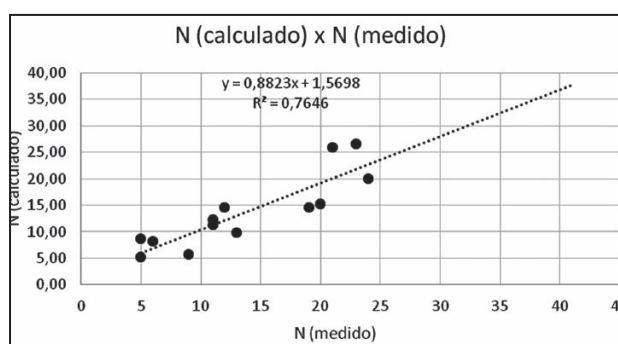


Figura 10 Correlação de NLWD x NSPT com dados obtidos pela equação de Décourt (1995).

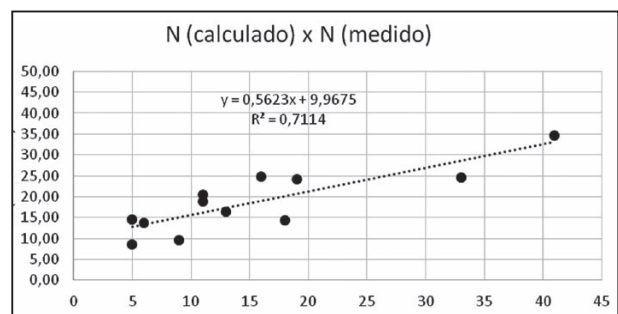


Figura 11 Correlação de NLWD x NSPT para solos SM, com dados obtidos pela equação de Teixeira & Godoy (1996)

A partir dos resultados apresentados neste item, conclui-se que a equação de Décourt (1995) resultou melhores correlações para o cálculo do N, pois neste caso a correlação entre os valores do N calculado e do N medido foi de 76,46%. Para a equação de Teixeira e Godoy (1996), a correlação foi de 71,14% para areias siltosas. Muito provavelmente, tais correlações não apresentaram valores maiores porque o alcance da bacia de deflexão do LWD chega a 0,60 m de profundidade, e os resultados coletados nas campanhas para o ensaio SPT na

superfície do perfil limitam-se apenas aos 0,45 m iniciais. Também é vista a necessidade de testar estas mesmas equações para outros tipos de solo, o que não foi possível nesta pesquisa pois praticamente todas as amostras coletadas tratavam-se de areias.

4 Conclusões

Ao considerar os dados de todas as amostras de solo, viu-se que a correlação, com linha de tendência linear, entre o CPD e o SPT foi de 59,30%, mas quando foi considerado apenas os valores para solos classificados como areia siltosa (SM, pelo sistema SUCS e A-2-4 pelo sistema HRB) este valor foi mais significativo, sendo de aproximadamente 85%. Portanto, pode-se afirmar que é necessário o conhecimento prévio do perfil de solo a ser estudado para que a utilização do CPD seja tecnicamente viável.

Com os resultados das correlações entre o módulo de elasticidade obtido com o LWD e o índice de resistência a penetração dinâmica calculado através das equações de Décourt (1995) e Teixeira & Godoy (1996), percebeu-se que ambos geram bons resultados ($R^2 > 0,70$) e que estes poderiam ter sido ainda maiores no caso de se possuírem dados de SPT até 0,60 m de profundidade, pois este é o alcance da bacia de deflexão do LWD para o modelo do equipamento trabalhado, e os dados de resistência a penetração dinâmica dos solos foram coletados apenas até 0,45 m.

É importante salientar que apesar destes equipamentos (CPD e LWD) apresentarem bons resultados quando comparados ao SPT, eles possuem limitações. O CPD, por ser esbelto (hastes com 20 mm de diâmetro) apresenta o risco do rompimento destas hastes, inclusive, nesta pesquisa, necessitou-se de três reposições delas. O LWD (modelo ZFG 3000 GPS) não é apropriado para ensaios com mais de 1,60 m de profundidade, pois seu alcance é de apenas 0,60 m e caso necessite resultados para maiores profundidades será preciso abrir cavas com diâmetro de pelo menos 0,70 m para acomodação do equipamento e do operador. Além dos fatos acima mencionados, nem o CPD nem o LWD permitem a coleta de amostras de solo.

5 Referências

- ABNT, 2016a. NBR 6459:2016. Solo - Determinação do limite de liquidez.
- ABNT, 2001. NBR 6484/2001. Solo - Sondagens de Simples Reconhecimento com SPT.
- ABNT, 2016b. NBR 7180:2016 Solo – Determinação do limite de plasticidade.
- ABNT, 2016c. NBR 7181:2016 Solo – Análise granulométrica.
- ASTM, 2015a. D6951/D6951M-09 Standard Test Method for Use of the Dynamic Cone Penetrometer in Shallow Pavement Applications.
- ASTM, 2015b. E2835-11 Standard Test Method for Measuring Deflections using a Portable Impulse Plate Load Test Device.
- Coutinho, R.Q. 2008. Investigação Geotécnica de Campo e Avanços para a Prática. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA GEOTÉCNICA*, 14, Búzios, 2008. Anais, Búzios, ABMS, p. 201-230.
- Das, B.M. 2007. *Fundamentos de Engenharia Geotécnica*. São Paulo, Thomson Learning. 594p
- Décourt, L. 1995. Prediction of Load Settlement Relationships for Foundations on the Basis of the SPT-T. *In: CICLO DE CONFERENCIAS INTERNACIONALES LEONARDO ZEEVAERT*, México, 1995. México, UNAM, p. 87-104.
- Guedes, S.B. 2008. *Estudo da Viabilidade Técnica do Cone de Penetração Dinâmica, do Cone de Penetração Estática e do Penetrômetro Panda no Dimensionamento de Pavimentos Urbanos*. Universidade Federal de Campina Grande, Dissertação de Mestrado, 250p.
- Lukiantchuki, J.A. 2012. *Interpretação de Resultados do Ensaio SPT com Base em Instrumentação Dinâmica*. Universidade de São Paulo, Tese de Doutorado, 365p.
- Melo Filho, H.B.M. 2007. *Aplicação do Cone de Penetração Dinâmica (CPD) como Alternativa para Fundações Rasas*. Universidade Federal de Campina Grande, Dissertação de Mestrado, 100p.
- Souza, J.M.S. 2009. *A influência da compactação das areias nas correlações entre os ensaios de Cone e o SPT*. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado, 250p.
- Skempton, A.W. 1986. Standard Penetration Test Procedures and the Effects in Sands of Overburden Pressure, Relative Density, Particle Size, Ageing and Overconsolidation. *Geotechnique*, 36: 425-447.
- Stroud, M.A. 1988. The Standard Penetration Test - Its Application and Interpretation. *In: PROCEDURES OF PENETRATION TEST*, Birmingham, Institution of Civil Engineers, p. 29-49.
- Teixeira, A.H. & Godoy, N.S. 1996. Fundações Rasas na Baixada Santista. *In: MESA REDONDA: SOLOS DO LITORAL DE SÃO PAULO*, São Paulo, 1996. Anais, São Paulo, ABM/ASSECOB, p. 137-154.