



INTERPRETAÇÃO DE RELATÓRIOS DE SONDAÇÃO DO SUBSOLO DE MARINGÁ-PR

Daniela Jandussi Palumbo¹, Sarah Celli Neto Sagradin², Hermam Vargas Silva³

RESUMO: A investigação geotécnica de um solo é um importante fator relacionado à segurança nas obras de engenharia civil e fundações. Conhecer o estado físico do subsolo e interpretar corretamente seus resultados permite a escolha da melhor opção de infraestrutura da fundação. O reconhecimento do subsolo pelo ensaio SPT (Standard Penetration Test) tem como propósito definir os índices de resistência à penetração. É amplamente utilizado na engenharia de fundações por ser um ensaio simples, barato e de fácil aplicação dos resultados. O objetivo deste trabalho é classificar os relatórios de sondagem oriundos de projetos particulares executados por duas empresas do município de Maringá, as quais executaram o ensaio SPT normatizado pela NBR 6484 (ABNT, 2001), caracterizando-os conforme unidade geotécnica, consistência, nível de água, N_{SPT} e respectivas profundidades. Com os resultados obtidos poderá se desenvolver um banco de dados que possibilitará a previa identificação da variabilidade geotécnica do subsolo de Maringá.

PALAVRAS CHAVE: Sondagem à percussão; ensaio SPT; perfis geotécnicos; índice de resistência à penetração.

1 INTRODUÇÃO

Para início de uma obra de engenharia de fundação é necessário aplicar medidas relacionadas à segurança do projeto executado, como a investigação geotécnica de um solo. Sendo de suma importância, as investigações geotécnicas do subsolo definem parâmetros que satisfazem quesitos solicitados em normas, os quais conferem condições físicas e mecânicas ao subsolo. A a correta interpretação dos resultados obtidos nas investigações viabiliza apontar a melhor opção de infraestrutura nas fundações em uma obra (BEZERRA, 2014).

Para o simples reconhecimento de subsolo, o método SPT (*Standard Penetration Test*) é bastante utilizado em engenharia de fundações por se tratar de um ensaio simples, barato e de fácil aplicação dos resultados, pois apresenta amostras pouco deformadas e índices de resistência dos solos (SOARES, 2011).

A estrutura empregada e o número de sondagens dependem das características específicas encontradas em diferentes subsolos. Para a escolha do tipo de fundação profunda adequada para cada caso, é necessário conhecer a profundidade e características do subsolo, bem como sua resistência ao suportar cargas as quais forem submetidas. Esse conhecimento depende de uma sondagem de subsolo (BORGES, 2009).

O método de execução do ensaio SPT especifica dimensões e equipamentos básicos utilizados no processo, que são: tripé de sondagem, hastes de aço para perfuração e cravação, tubos de revestimento, trado helicoidal, trépano de lavagem, sistema de circulação de água, amostrador padrão tipo Raymond, cabeça de bater, martelo padronizado e recipientes para as amostras.

O processo de sondagem tem início com a montagem do tripé no local a ser previamente perfurado. A quantidade de furos é normatizada pela NBR 8036 (ABNT, 1983). A abertura do furo na superfície do solo é iniciada com um trado concha até a profundidade de um metro e para as profundidades seguintes será utilizado o trado helicoidal. Para abertura de furo abaixo do nível do lençol freático será utilizado um trépano com circulação de água.

Conforme NBR 6484 (ABNT, 2001) o índice de resistência à penetração no solo (N_{SPT}) é determinado com a penetração do amostrador que recebe golpes sucessivos de um martelo e altura padrão. As camadas de solo encontradas são enviadas ao laboratório, onde o engenheiro responsável emitirá o laudo de avaliação e informará o tipo de fundação adequada para aquele subsolo. (LUKIANCHUKI, 2012).

Este trabalho consiste em classificar os relatórios de sondagem cedidos por duas empresas de sondagem de Maringá, caracterizando-os conforme unidade geotécnica, consistência, nível de água, N_{SPT} e respectivas profundidades. Com os resultados obtidos poderá se desenvolver um banco de dados que possibilitará a previa identificação da variabilidade geotécnica do subsolo de Maringá.

¹ Acadêmico do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Cesumar – UNICESUMAR, Maringá – PR. Bolsista PROBIC. danielajandussi@hotmail.com

² Acadêmico do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Cesumar – UNICESUMAR, Maringá – PR. Colaboradora. sarah.sagradin@hotmail.com

³ Orientador, docente do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Cesumar – UNICESUMAR, Maringá – PR. hermam.vargas@unicesumar.edu.br



2 MATERIAL E MÉTODOS

O município de Maringá localiza-se a Noroeste do estado do Paraná, 430 Km da capital do estado, Curitiba, com as coordenadas 23° 42' S de latitude e 51° 93' W de longitude. É traçado pelo Trópico de Capricórnio, abrangendo uma área de 487,93K m² aproximadamente (KERKHOFF, 2010). A figura 1 apresenta a região norte-central do Paraná com destaque na cidade de Maringá.

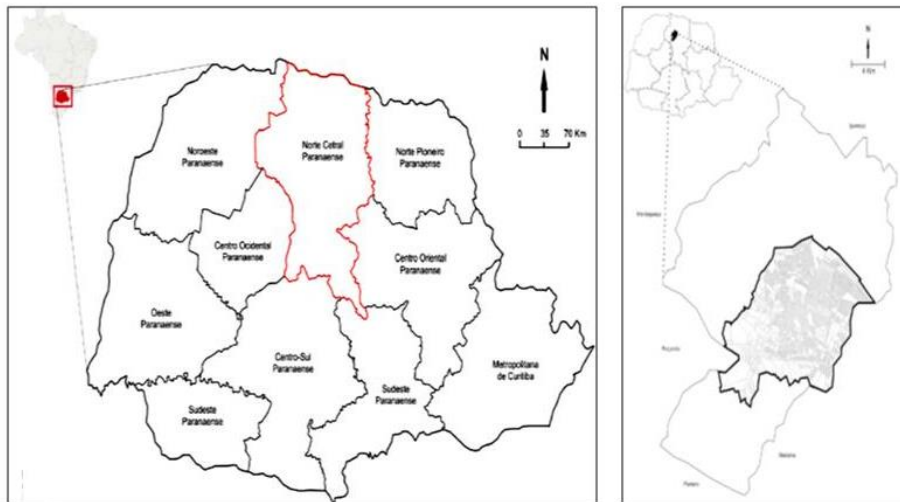


Figura 1: Mapa do estado do Paraná, em destaque a região norte-central paranaense e a cidade de Maringá, objeto deste estudo

Fonte: Santana, 2013

A pesquisa consistiu na análise geotécnica dos relatórios de sondagem SPT e interpretação dos dados obtidos. O levantamento de dados se deu através da coleta de relatórios de sondagem fornecidos por duas empresas (A) e (B) localizadas na cidade de Maringá, sendo que as perfurações do solo ocorreram em onze pontos da região central da cidade, originando-se um total de cinquenta e quatro relatórios de sondagem. Buscou-se classificar as variáveis N_{SPT} dos perfis do subsolo, de acordo com a unidade geotécnica encontrada nas sondagens SPT. Observou-se nos relatórios de sondagem da região central da cidade a presença de nove tipos de subsolo, onde os mesmos foram classificados em unidades geotécnicas, conforme tabela 1.

Tabela 1: Nove tipos de solos descritos nos relatórios de sondagem e classificados em unidades geotécnicas

Quantidade	Unidade Geotécnica	Tipos de solos
1	A	argila siltosa
2	B	argila muito siltosa
3	C	silte argiloso
4	D	silte muito argiloso
5	E	silte argiloso pouco arenoso
6	F	silte argilo-arenoso
7	G	silte areno-pouco argiloso
8	H	aterro residual
9	I	basalto vesicular

Fonte: Autores, 2014

Solos argilosos diferem-se de solos arenosos pela baixa permeabilidade, sendo assim necessário conhecer a resistência deste solo argiloso, tanto para carregamento drenado como não drenado. A argila sedimentar constitui alto índice de vazios e quando submetida a um pré-adensamento, seu índice de vazios é baixo. Logo, a curva de tensão-deformação dos diferentes índices de vazios num solo argiloso após atingir a pressão de pré-adensamento, funde-se numa reta (PINTO, 2006).

Para determinar o índice de resistência dos subsolos estudados, utilizou-se da tabela de classificação e descrição de solos segundo NBR 7250 (ABNT, 1982), conforme tabela 2.

**Tabela 2:** Classificação dos solos quanto ao índice de resistência à penetração e suas designações

Tipo de Solo	Índice de resistência à penetração (N_{SPT})	Designação
	≤ 4	fofa(o)
	5 a 8	pouco compacta (o)
areia e silte arenoso	9 a 18	média compacta (o)
	19 a 40	compacta (o)
	>40	muito compacta (o)
	≤ 2	muito mole
	3 a 5	mole
argila e silte argiloso	6 a 10	média (o)
	11 a 19	rija (o)
	>19	dura (o)

Fonte: NBR 7250, ABNT 1982

A tabela 3 demonstra a quantidade de furos de sondagem que correspondem a cada zona estudada, ou seja, na zona I, 13 furos de sondagem; zona II, 9 furos de sondagem e zona III, 32 furos de sondagem, totalizando 54 furos na região central da cidade.

Tabela 3: Quantidade de perfurações contidas nos relatórios de sondagens, divididas em três zonas de estudo da cidade de Maringá

Zonas	Quantidade de perfurações
I	13
II	9
III	32
Total	54

Fonte: Autores, 2014

Cabe-se destacar que o zoneamento estende-se apenas à porção central da cidade, devido ao fato de não dispor-se de relatórios de sondagem de outras áreas do município.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com a análise dos cinquenta e quatro perfis de sondagem SPT, classificou-se o subsolo da região central de Maringá em três zonas, subclassificadas em nove unidades geotécnicas descritas na tabela 1. Além desta subdivisão, obteve-se o N_{SPT} máximo e mínimo, com a respectiva profundidade, conforme gráficos 1, 2 e 3.

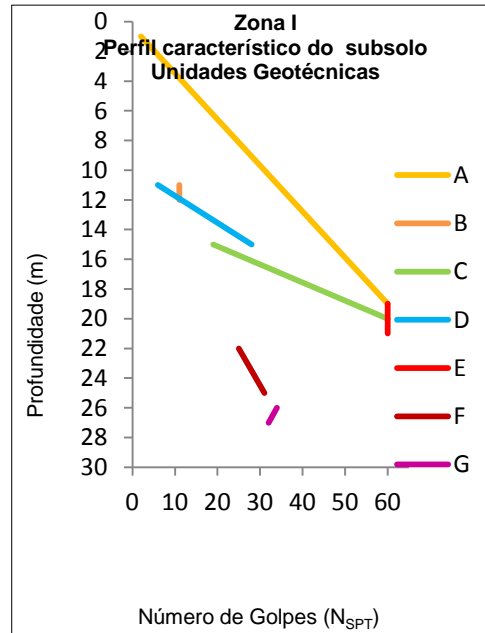


Gráfico 1: Descrição dos subsolos encontrados na Zona I com seus respectivos índices de resistência à penetração (N_{SPT}) com a predominância de argila siltosa em profundidade próxima aos 20 metros

Fonte: Autores, 2014

O gráfico 1 ressaltou a existência das unidades geotécnicas descritas na tabela 1, porém existe a predominância da unidade geotécnica A, que se caracteriza argila siltosa, com aproximadamente 20 metros de profundidade, seguido das outras unidades geotécnicas que não apresentam profundidade considerável.

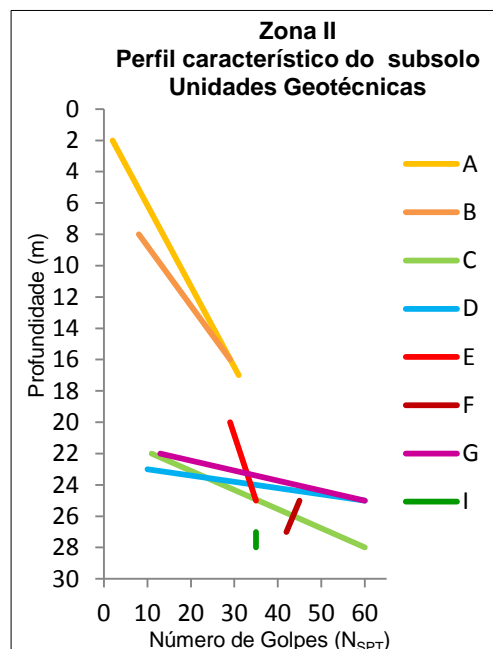


Gráfico 2: Descrição dos subsolos encontrados na Zona II com seus respectivos índices de resistência à penetração (N_{SPT}), havendo argila muito siltosa com 8 metros de profundidade, juntamente argila siltosa até 14 metros de profundidade

Fonte: Autores, 2014

No gráfico 2, observou-se que a unidade geotécnica A tem aproximadamente de 14 metros de profundidade e a unidade geotécnica B apresentou-se com aproximadamente com 8 metros de profundidade com



a presença de argila muito siltosa, demonstrou-se com isso uma diferença nas características encontradas na zona II em relação com a zona I.

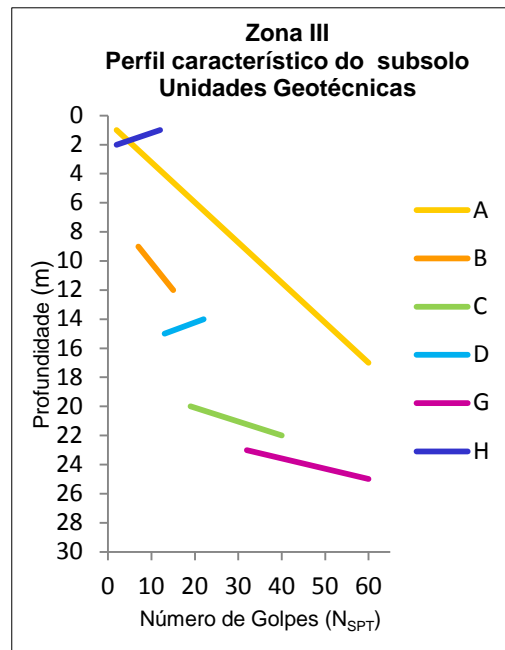


Gráfico 3: Descrição dos subsolos encontrados na Zona III com seus respectivos índices de resistência à penetração (N_{SPT}) e apresenta nos primeiros 2 metros aterro residual, diferindo das zonas I e II, entretanto há a predominância de argila siltosa a profundidade próxima dos 17 metros

Fonte: Autores, 2014

No gráfico 3, pôde-se observar o aparecimento de uma característica de solo ainda não observada, que é o aterro residual; o que altera a expectativa de relação as zonas I e zona II, porém, há predominância da unidade geotécnica A, que é argila siltosa.

Com base nos resultados obtidos fez-se uma comparação entre as unidades geotécnicas do estudo realizado por Câmara e Pereira (2005), com análises de solos realizadas no CEFET/RN. Foi possível comprovar que a classificação de solo arenoso, com presença mínima de finos, silte e argila, trata-se de diferentes tipos de solo em relação aos solos de Maringá, os quais predominam a argila e silte.

A partir da análise das sondagens, além de traçado o perfil característico das unidades geotécnicas das zonas I, II e III, da região central de Maringá, obteve-se a descrição de consistência do subsolo de cada camada perfurada, conforme NBR 7250 (ABNT) e nível de água, quando encontrado. Como demonstram as figuras 2, 3 e 4.

Observou-se na figura 2 que a zona I teve os primeiros onze metros de profundidade houve predominância da consistência mole de solo e abaixo dos doze metros houve predominância da consistência dura. Notou-se ainda, que o nível d'água se fez presente apenas na primeira e segunda perfuração SPT e nas demais perfurações não houve presença de água subterrânea.

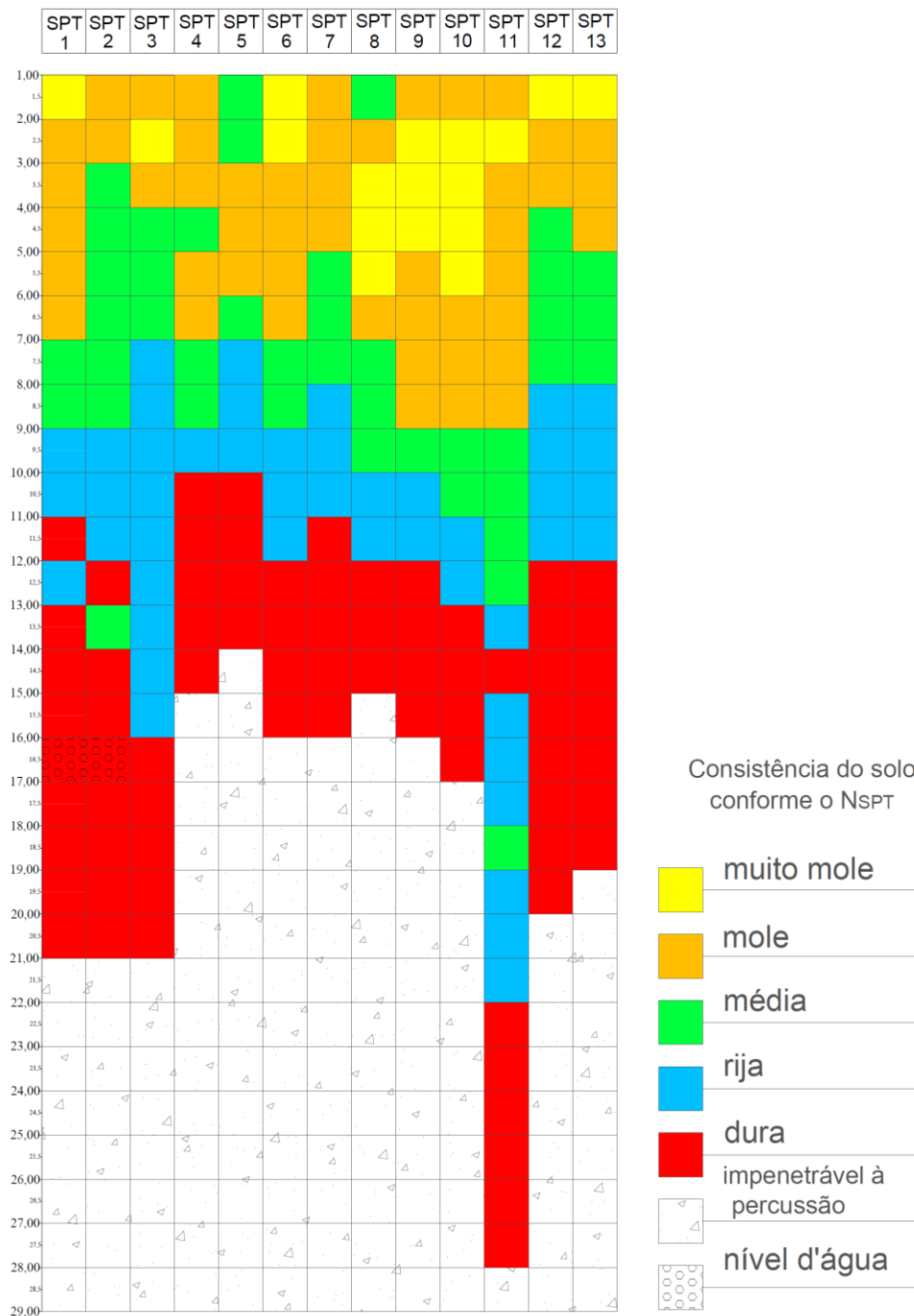


Figura 2: Interpretação dos dados obtidos através das sondagens de subsolo na Zona I, apresentando a consistência de solo encontrada em cada perfuração SPT e respectivas profundidades

Fonte: Autores, 2014

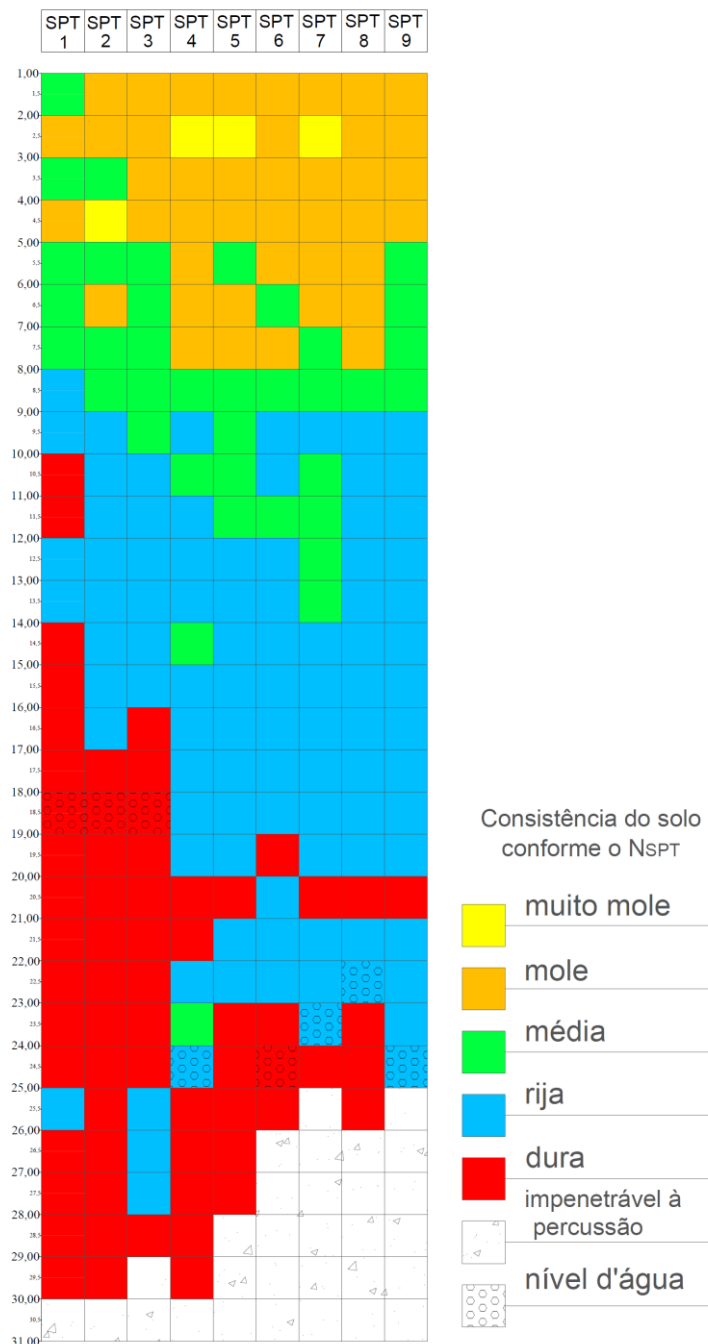


Figura 3: Interpretação dos dados obtidos através das sondagens de subsolo na Zona II, apresentando a consistência de solo encontrada em cada perfuração SPT e respectivas profundidades

Fonte: Autores, 2014

Na figura 3, pôde-se observar que a zona II apresenta em seus oito primeiros metros de profundidade, a consistência mole de solo e abaixo dos nove metros de profundidade predomina a consistência rija de solo. Observou-se que o nível d'água surge em pontos intermitentes às perfurações. Comparando-se a zona II com a zona I, nota-se que a camada impenetrável à percussão aumentou em média nove metros de profundidade.

Figura 4: Interpretação dos dados obtidos através das sondagens de subsolo na Zona I, apresentando a consistência de solo encontrada em cada perfuração SPT e respectivas profundidades

Fonte: Autores, 2014

Na zona III, figura 4, observou-se a partir da 20ª perfuração SPT, camadas de solos com consistências diferentes (muito mole, mole e média) em profundidades menores que seis metros, por se tratar de área de aterro



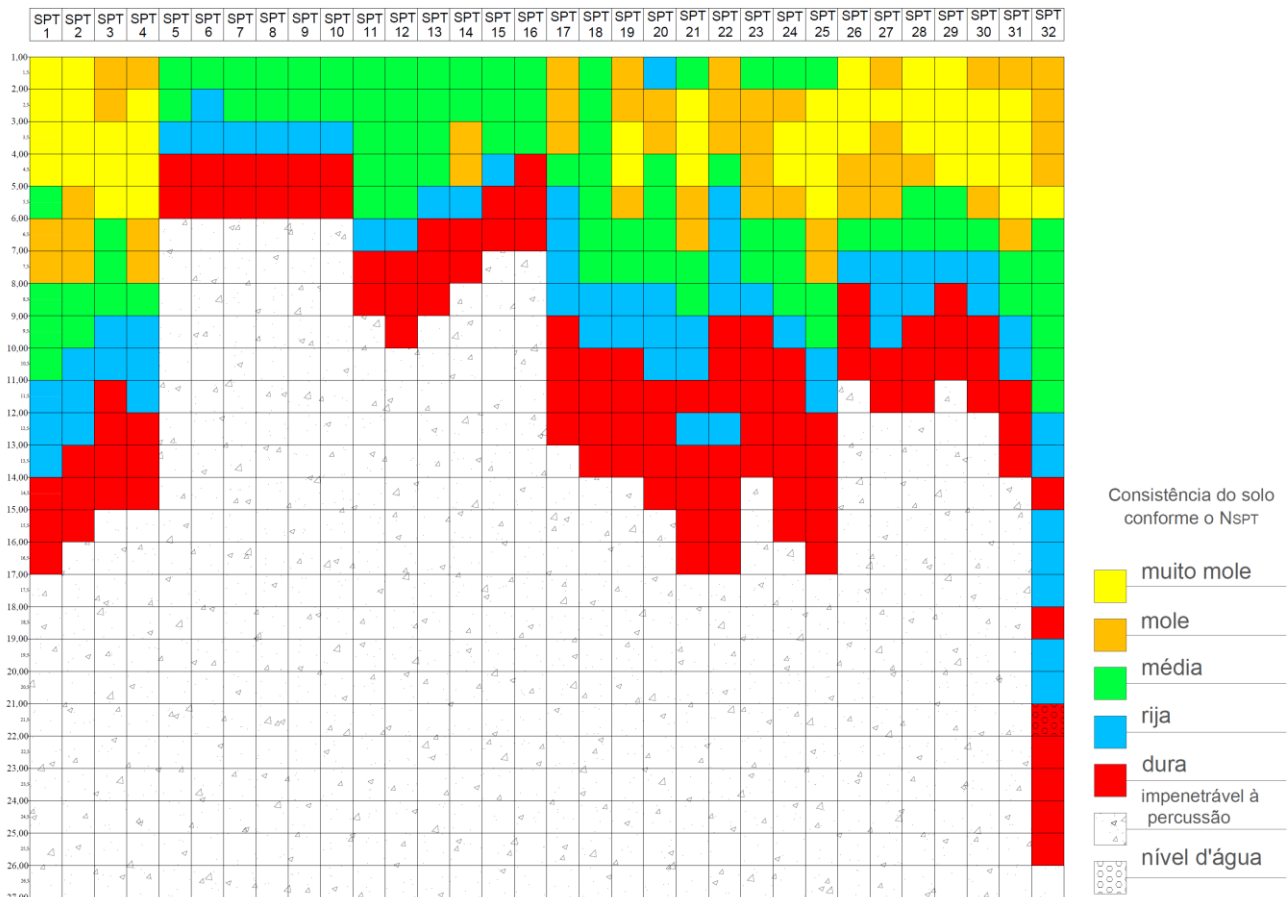
residual. O nível d'água foi alcançado apenas na 32ª perfuração SPT que mostrou-se a mais profunda em relação as demais perfurações. Notou-se que as perfurações de sondagem não atingiram grandes profundidades, limitando-se entre cinco e dezessete metros até atingirem a camada de solo impenetrável à percussão.

4 CONCLUSÃO

Este trabalho foi importante, pois até o presente momento não havia a elaboração de projeto de pesquisa que defina, organize e classifique os resultados de sondagens SPT no subsolo de Maringá, descrevendo as características geotécnicas da região central do município contribuindo para sua prévia identificação e uso na engenharia de fundações.

O objetivo do estudo foi alcançado, pois realizou-se a coleta e classificação dos relatórios de sondagens por ensaio SPT, bem como a interpretação dos dados contidos nestes relatórios caracterizando-os conforme unidades geotécnicas, consistência do solo de cada camada, nível de água, índice de resistência à penetração SPT e respectivas profundidades

Como continuação dos estudos, e a partir da obtenção de maior número de relatórios de sondagens, propõe-se a criação de um banco de dados que auxiliará na interpretação de novas sondagens, bem como em futuros projetos de fundações.





REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **6484**: Solo - Sondagens de simples reconhecimento com SPT - Método de ensaio. Rio de Janeiro /RJ: ABNT, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7250**: Identificação e descrição de amostra de solos obtidas em sondagens de simples reconhecimento dos solos. Rio de Janeiro /RJ; ABNT, 1982. 3 p. Disponível em: <[http://files.ilcoribeiro.webnode.com.br/200000076-edc18ee3e7/NBR 7250.pdf](http://files.ilcoribeiro.webnode.com.br/200000076-edc18ee3e7/NBR_7250.pdf)>. Acesso em: 17 mar. 2015.

BEZERRA, John Eloi. **Aplicação de técnicas geostatísticas no processo de otimização de projetos de fundações estacadas**. 2014. 246 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geotecnia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2014. Disponível em: <<http://www.geotecnia.unb.br/downloads/teses/092>>. Acesso em: 15 mar. 2015.

BORGES, Alberto de Campos. **Prática das Pequenas Construções**. 9. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2009. 385 p. Rev. e ampl. José Simão Neto, Walter Costa Filho.

CÂMARA, Kadson Ranniere da Rocha; PEREIRA, Alexandre da Costa. **Análises de perfis de sondagem SPT e caracterização geotécnica de solos do município de Natal**. 2005. 16 f. TCC (Graduação) - Curso de Tecnologia em Produção na Construção Civil, Cefet/RN, Natal/ RN, 2005. Disponível em: <<http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article>>. Acesso em: 02 dez. 2014.

KERKHOFF, Juliane Aparecida. **A política ambiental de Maringá como instrumento de desenvolvimento sustentável: uma análise a partir da legislação ambiental municipal**. 2010. 327 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Departamento de Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá/PR, 2010. Disponível em: <<http://sites.uem.br/pge/documentos-para-publicacao/dissertacoes-1/2011/JulianeAparecidaKerkhoff.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2015.

LUKANTCHUKI, Juliana Azoia. **Interpretação de resultados de ensaio SPT com base em instrumentação dinâmica**. 2012. 320 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Geotecnia, Escola de Engenharia de São Carlos - Usp, São Carlos/SP, 2012. Disponível em: <<http://www.bv.fapesp.br/pt/auxilios/25000/interpretacao-de-resultados-de-ensaios-spt-com-base-em-energia/>>. Acesso em: 01 fev. 2015.

PINTO, Carlos de Sousa. **Curso básico de Mecânica dos Solos em 16 aulas**. 3. ed. São Paulo/SP: Oficina de Textos, 2006. 367 p.

SANTANA, Valeria Barreiro Postoli. **Rigidez normativa e circuito inferior em Maringá/PR: tentativas, atividades e atores**. 2013. 251 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geografia, Departamento de Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá/PR, 2013. Disponível em: <http://sites.uem.br/pge/documentos-para-publicacao/teses-2013-pdfs/valeria_barreiropostoli.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2015.

SOARES, Wanessa Cartaxo. **Banco de dados geológico - Geotécnicos com base em sondagem à percussão e uso de Sig: Análise espacial da profundidade do lençol freático e do Nspt para obras de Fundação em João Pessoa-PB**. 2011. 215 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia, Geotecnia, Universidade de São Paulo, São Carlos/SP, 2011. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18132/tde-15052012->>. Acesso em: 15 mar. 2015.