

# XXI Encontro de Iniciação à Pesquisa

Universidade de Fortaleza  
19 à 23 de Outubro de 2015

## Interpretação de Resultados de Sondagem à Percussão com Medição de Torque em Subsolo Arenoso.

Tiago Melo Monteiro 1\* (IC), Márcio Bertrand Diniz Nazareth Filho 2 (IC), Leila Maria Coelho de Carvalho 3 (IC), Marcos Fábio Porto de Aguiar 4 (PQ), Francisco Heber Lacerda de Oliveira 5 (PQ).

1. Universidade de Fortaleza – PBICT/FUNCAP
  2. Universidade de Fortaleza – Curso Engenharia Civil
  3. Universidade de Fortaleza – Curso Engenharia Civil
  4. Universidade de Fortaleza – Curso Engenharia Civil
  5. Universidade de Fortaleza – Curso Engenharia Civil
- tiagomelomont@gmail.com

**Palavras-chave:** *Investigação do Subsolo. Sondagem com medição de torque. Solos arenosos. Índice de torque.*

### Resumo

Tendo em vista o aumento do número de construções no litoral do nordeste do Brasil, devido ao crescimento industrial, turístico e também ao crescente potencial das usinas eólicas, surge a necessidade de estudos e investigação do subsolo nessas áreas. Este artigo tem como objetivo estudar o método de ensaio à percussão com medição de torque (SPT-T), bem como analisar os dados de Índice de Torque (T/N), a partir de ensaios SPT-T. O ensaio SPT-T foi idealizado por Ranzini (1988) quando sugeriu adicionar ao ensaio SPT convencional a medida do torque necessária para rotacionar o amostrador logo após sua cravação. Para o desenvolvimento deste trabalho foram realizadas 61 sondagens SPT-T de acordo com a ABNT 2001, sendo os dados obtidos trabalhados em forma de tabelas e gráficos para caracterização do subsolo como também para estudar potenciais correlações entre os índices encontrados e o perfil do subsolo. Ao final do artigo foi concluído que a compacidade ou consistência do solo são fatores que têm influência direta no índice de torque.

### Introdução

As regiões litorâneas estão sendo cada vez mais utilizadas para a construção de obras civis. Existe então a necessidade em aprimorar os métodos existentes de caracterização de solos, a fim de obter resultados mais próximos da realidade. Nas obras, sejam elas edificações ou rodoviárias, é necessário ter um conhecimento adequado do solo e, para isso, realizam-se estudos geotécnicos. Assim, identificam-se e classificam-se as diversas camadas do subsolo. Esses estudos são de fundamental importância para o projeto de fundação, pois é a partir deles que se determinam parâmetros, como a tensão admissível do solo, para o dimensionamento de fundações, sejam superficiais ou profundas.

Dos ensaios de investigação geotécnica, o mais utilizado no Brasil é o ensaio SPT (“Standard Penetration Test”), também conhecido como sondagem de simples reconhecimento a percussão. Este procedimento de penetração dinâmica é capaz de fornecer um perfil do subsolo, além da posição do nível d’água e os índices de resistência à penetração (N) a cada metro. O índice de resistência à penetração (N) é determinado através do número de golpes necessários para fazer penetrar os 30 cm finais do amostrador padrão no solo. A metodologia do ensaio é padronizada pela ABNT 2001.

O ensaio à percussão com torque (SPT-T) é um complemento ao ensaio de penetração tradicional, com o auxílio do torquímetro. Assim, ao final de cada metro perfurado pelo ensaio tradicional SPT, é realizada a medição do torque, fornecendo além do número N, uma medida de torque em Kgf.m. A sugestão de se medir o torque após a execução do ensaio de percussão foi feita por Ranzini (1988) e a introdução

desse ensaio na rotina dos serviços de sondagem, assim como o abastecimento das regras básicas para sua interpretação foi feita por Quaresma (1998).

O ensaio SPT-T tem utilidade como elemento de aferição ao SPT convencional, visto que solos contendo camadas com pedregulhos ou rocha podem apresentar valores de N mais elevados que o real, por influência de alguma pedra interferindo no ensaio. Com a medição do torque pode-se aferir se o resultado é coerente ou não. Outra aplicação é a obtenção do atrito lateral através dos dados referentes à adesão-atrito solo-amostrador, dados estes que podem ser utilizados no dimensionamento de estacas.

Para a realização do ensaio SPT-T, logo após o procedimento de ensaio SPT convencional, ainda com o amostrador dentro do solo, retira-se a cabeça de bater, como ilustrado na figura 01, e a luva com auxílio de uma chave soquete. Em seguida coloca-se o disco centralizador e a luva (figura 2). O disco centralizador tem a utilidade de impedir que a haste se movimente, fato que pode alterar o valor da resistência medida pelo torquímetro.



**Figura 01:** Cabeça de Bater



**Figura 02:** Disco centralizador com luva

Com a luva na haste encaixa-se de novo a cabeça de bater e nela coloca-se o pino adaptador (Figura 3). O torquímetro é então conectado no pino adaptador. A sequência na haste é disco centralizador, luva, cabeça de bater, pino adaptador e torquímetro, ilustrado na Figura 4.



**Figura 03:** Cabeça de bater com pino adaptador



**Figura 04:** Torquímetro pronto para medição

A relação entre o valor medido pelo torquímetro em Kgf.m e o valor N do SPT é definido como Índice de Torque (T/N). O estabelecimento de correlações estatísticas entre o valor de torque (T) medido em Kgf.m e o valor da resistência à penetração N permite enquadrar os solos em um novo tipo de classificação, onde sua estrutura desempenha papel fundamental (HACHICHI, 1996).

## **Metodologia**

Para este trabalho foi feita a análise de 61 sondagens a percussão com medição de torque (SPT-T), realizadas no município de Guamaré-RN. Estes resultados foram expostos em planilhas e verificados quanto ao comportamento do  $N_{spt}$ , torque máximo e o índice de torque. Para a análise verificou-se a influência no

comportamento das variáveis analisadas em relação à profundidade e estratigrafia, isto é, tipo e estado do material das camadas prospectadas.

## Resultados e Discussão

As Figuras 5 e 6 apresentam os valores Nspt ao longo da profundidade, com os ensaios obtidos verificamos que até a profundidade média de 7 m variando até 9 m, encontra-se areia fofa a compacta. Dos 7 m para o ensaio 07 e 9 m para o ensaio 61, é encontrado argila rijas a duras. É possível observar que os valores de Nspt, não dependem da profundidade, e sim do estado do solo.

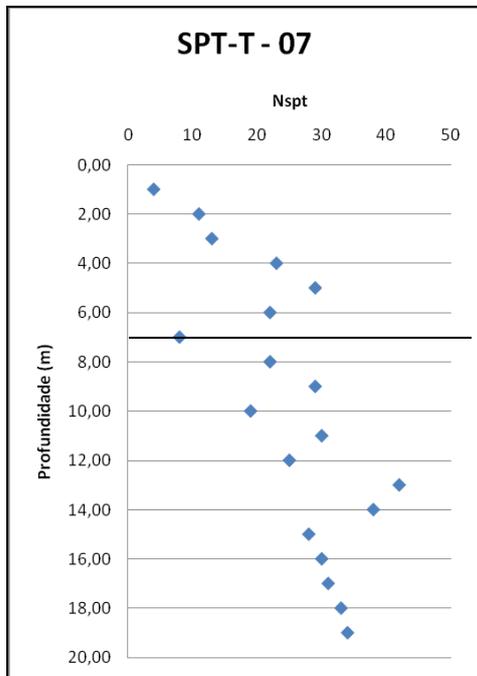


Figura 5: Nspt x Prof. (m) ensaio 07

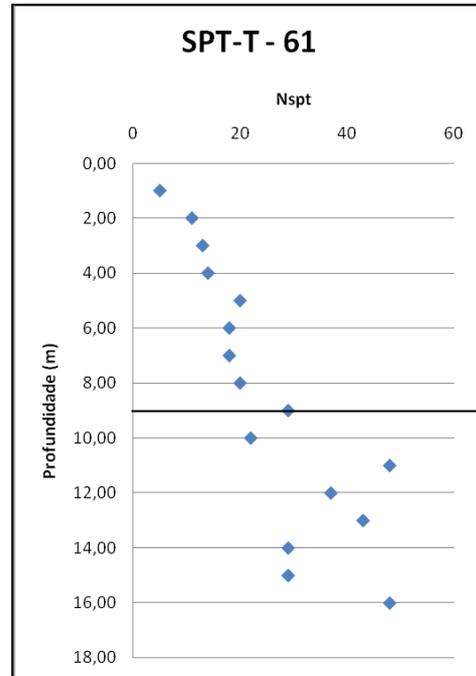


Figura 6: Nspt x Prof. (m) ensaio 61

As Figuras 7 e 8 apresentam os valores de torque medidos. Assim como ocorrido com os índices de resistência à penetração, os valores de torque não variam com a profundidade, e sim com a estratificação do solo. Os valores de torque variaram de 3 Kgf.m a 60 Kgf.m.

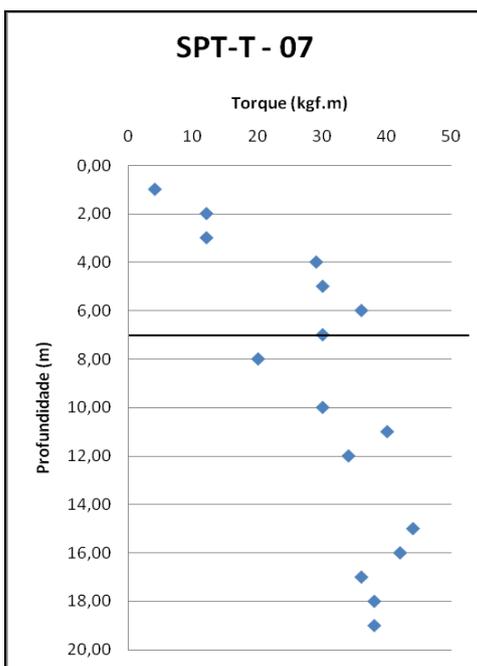


Figura 7: Torque x Prof. (m) ensaio 07

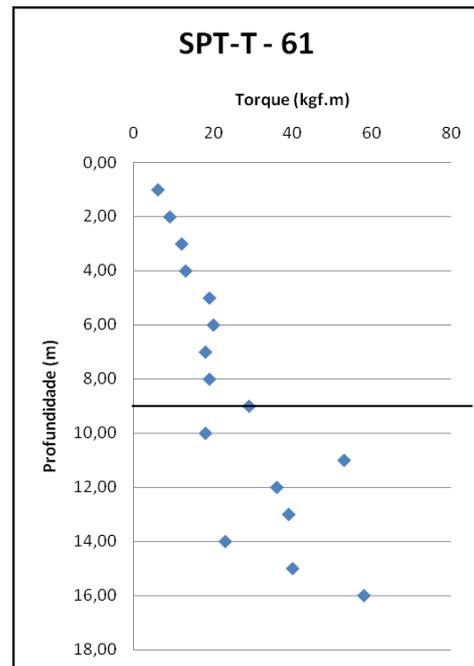


Figura 8: Torque x Prof. (m) ensaio 61

As Figuras 9 e 10 apresentam os valores do índice de torque (T/N) ao longo da profundidade. Observa-se que o menor valor encontrado nos ensaios em questão foi de 0,80. O maior valor foi 3,75. O valor médio de T/N encontrado para todos os furos, separados por estado do solo encontra-se nas Tabelas 1 e 2. O resultado teve uma grande dispersão de valores, devido a esta dispersão, uma análise desvinculada à média obtida, poderia afirmar que para cada estado do solo de um mesmo material, observa-se uma tendência ao crescimento do valor, com pouca dispersão. No caso de Guimarães, à medida que a profundidade aumenta, o estado do solo tende a mudar de forma crescente.

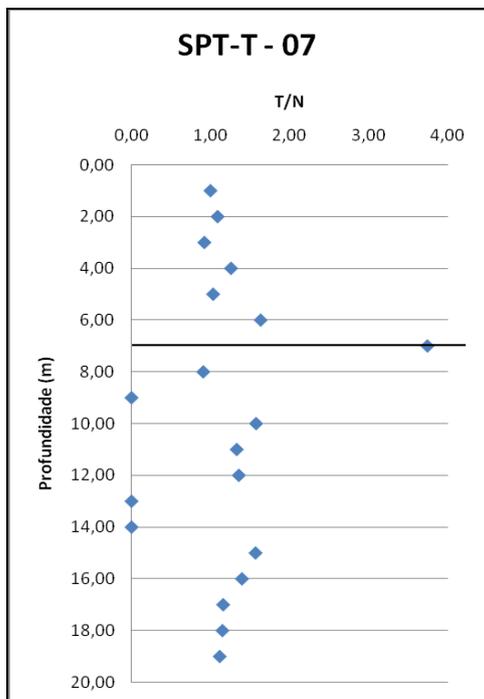


Figura 9: Torque x Prof. (m) ensaio 07

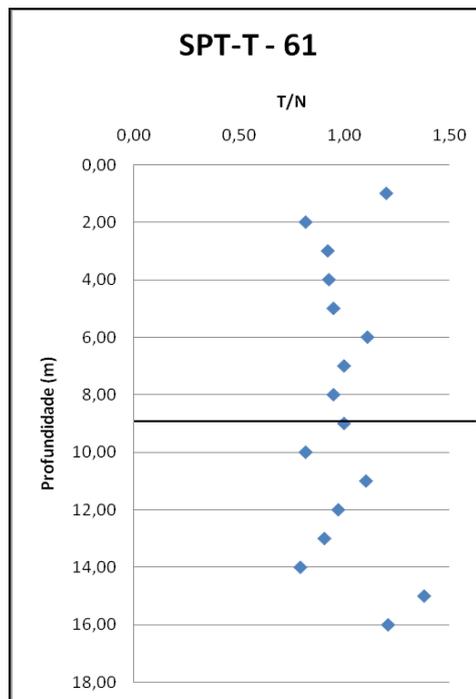


Figura 10: Torque x Prof. (m) ensaio 61

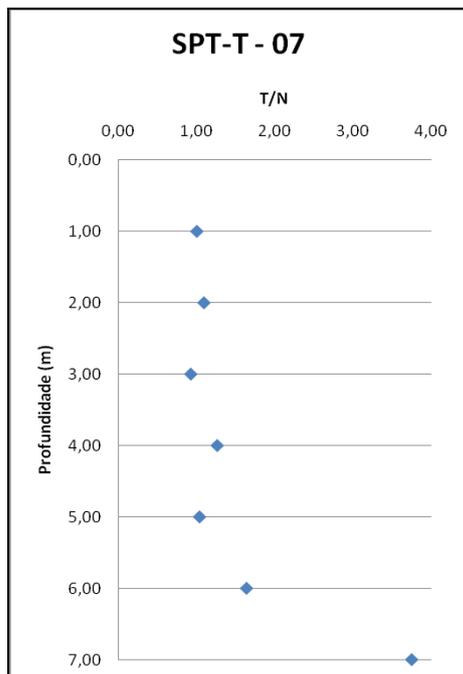
FURO SPT-T	ÍNDICE DE TORQUE MÉDIO MÁXIMO (Kgf/m)				
	ESTADO DA AREIA E SILTE ARENOSO				
	FOFA	POUCO COMPACTA	MÉDIA COMPACTA	COMPACTA	MUITO COMPACTA
MÉDIA	1,48	1,44	1,28	1,20	0,75
AMOSTRAS	20	46	57	38	4

Tabela 1: Índices de torque médio em solos arenosos

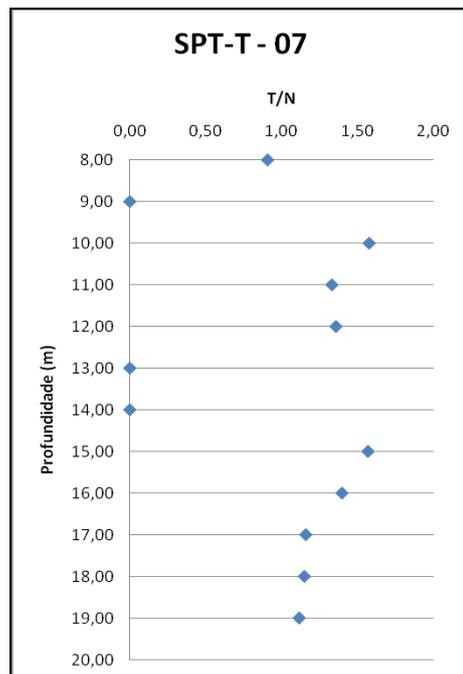
FURO SPT-T	ÍNDICE DE TORQUE MÉDIO MÁXIMO (Kgf/m)				
	ESTADO DA ARGILA E SILTE ARGILOSO				
	MUITO MOLE	MOLE	MÉDIA COMPACTA	RIJA	DURA
MÉDIA	0,00	0,00	2,40	1,91	1,48
AMOSTRAS	0	0	15	26	34

Tabela 2: Índices de torque médio em solos argilosos

As Figuras 11 e 12 foram obtidas através da divisão do ensaio SPT-T por tipo de solo. Com areia variando de fofa a compacta e argila de rija a dura.

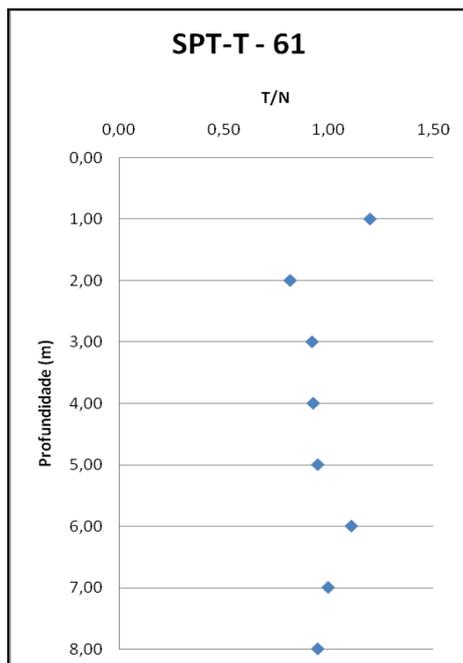


**Figura 11:** T/N de solo arenoso ensaio 07

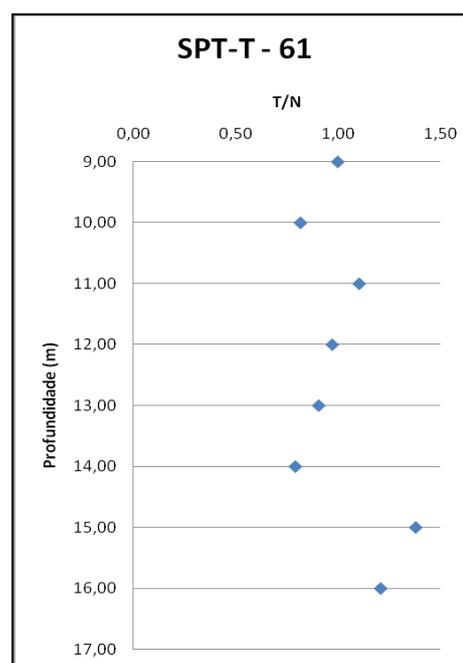


**Figura 12:** T/N de solo argiloso ensaio 07

As Figuras 13 e 14 foram obtidas através da divisão do ensaio SPT-T por tipo de solo. Com areia variando de fofa a compacta e argila de rija a dura.



**Figura 13:** T/N de solo arenoso ensaio 61



**Figura 14:** T/N de solo argiloso ensaio 61

A tendência de crescimento de T/N com a profundidade foi inicialmente apresentada por Décourt e Quaresma Filho (1994) para solos residuais de São Paulo. Esta tendência é confirmada, na verdade para um mesmo tipo de solo ocorre um comportamento crescente no índice de torque. No caso em que existe uma troca de material, o índice de torque tende a mudar, para posteriormente crescer novamente.

Para Decourt (1991) os valores de T/N nas areias fofas a compactas deveriam estar entre 0,5 e 1 dependendo da posição em relação ao nível de água. Abaixo do NA haveria uma redução de 50% nos valores de T/N. Comparando os valores com os índices estudados este comportamento não é confirmado.

## Conclusão

De acordo com os ensaios estudados, o Nspt não depende da profundidade. A variação é observada devido ao estado do solo. Quanto mais resistente for o solo, maior será o Nspt. Em relação ao Torque, assim como no Nspt, observa-se uma tendência ao crescimento de acordo com a resistência do solo.

Para um mesmo tipo de solo, e estado, o valor de T/N tende ao crescimento. Os solos argilosos obtiveram T/N superior aos valores encontrados nos solos arenosos. Supõe-se que devido à coesão da argila ser bem superior à da areia.

Os valores de T/N encontrados para areias de dunas variam entre 0,5 e 3,8. Em geral, os valores mais baixos são encontrados para areias fofas à medianamente compactas e os valores mais altos são encontrados em areias compactas à muito compactas. Estes valores são substancialmente diferentes daqueles encontrados para solos residuais e sedimentares da região sudeste do Brasil.

O valor de T/N não obedece uma tendência clara de crescimento, já que está relacionado com o Nspt e o Torque que dependem da estratificação do solo. Não há valores de T/N convergentes para os diversos tipos de solos analisados até o momento e já que a dispersão de valores é muito grande, pode-se dizer que este índice seja afetado principalmente pelo estado de tensões do solo. Os outros fatores tais como granulometria, textura, posição em relação ao lençol freático teriam participação pouco relevante no valor T/N.

As pesquisas com o SPT-T estão em constante expansão. Até o momento, algumas propriedades do solo vêm sendo estudadas em função do índice de torque sem apresentarem-se conclusivas. Entretanto, ainda é necessária a realização de mais estudos, de forma a utilizar a medida de torque a cada execução do SPT.

## Referências

- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 6484, **Solo – Sondagens de simples reconhecimento com SPT – Método de ensaio**, 2001.
- DECOURT, L.; QUARESMA FILHO, A. R. – **Practical Applications of the Standard Penetration Test Complemented by Torque Measurements, SPT-T; Present Stage and Future Trends**. Proc. of XIII ICSMFE. Vol.I. New Delhi – Índia, 1994.
- DECOURT, L.; QUARESMA FILHO, A. R. - **The SPT-CF, improved SPT**. SEFE II. Vol. I. São Paulo, 1991.
- HACHICH W.; FALCONI F. F.; SAES J. L.; FROTA R. G. Q.; CARVALHO C. S.; NIYAMA S. **Fundações: teoria e prática**. 2. ed. São Paulo: Pini, 1998.
- QUARESMA, A. R.; DÉCOURT, L.; QUARESMA FILHO, A. R.; ALMEIDA, M. S. S.; DANZIGER, F. **Fundações: Teoria e Prática**, in: Cap. 3. São Paulo – SP: Editora Pini, 1998.
- RANZINE, S.M.T.; **Standard Penetration Test with Friction - SPTF**. Revista Solos e Rochas.Vol. 11, p. 29-30, 1988.

## Agradecimentos

Agradece-se à Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP) pela bolsa do autor<sup>1</sup>.