

Estudo da Interação do torque no processo executivo de estacas Hélice-Contínua

Palavras-Chave: Estaca Hélice Contínua, Execução, Torque.

Autores(as):

Vitor Gabriel Silva Santos, FECFAU - UNICAMP

Prof. Dr. Paulo José Rocha de Albuquerque – FECFAU - UNICAMP

INTRODUÇÃO:

Visando todos os conceitos de aplicação, é primordial que estudos sejam realizados para uma continuidade de produção com a maior possibilidade de mitigação de erros possíveis em todo o processo, garantindo-se, a qualidade do processo. Uma criação de uma base de estudos se faz necessária para a máxima eficiência do trabalho, principalmente no quesito de solos e fundações, onde as variações permutam em todos os trabalhos e geram grandes complicações quando não bem estudadas.

Em vista da grande quantidade de Estacas Hélice Contínua produzidas no Brasil, o maior aprofundamento em seus conceitos e técnicas, como a interação de torque nas máquinas provedoras de todo o processo executivo, intervém em ponto chave de garantia de um bom trabalho, além do aspecto de redução de custos que pode haver diluindo os riscos provenientes de todo o processo e garantia de melhores resultados futuros, com a viabilidade prática.

METODOLOGIA:

A pesquisa foi iniciada a partir das bases e diretrizes de execução da estaca Hélice contínua além da escolha do tipo de solo e o conhecimento de suas características principais tomando profundidade no tema em específico e analisando todos os critérios pertinentes para a pesquisa em si.

Perante toda a análise de contextualização, estudo do processo e inter-relação de parâmetros de ensaio e execução, foram aprofundados os estudos de execução de uma Estaca Hélice Contínua dentro do Campus da Unicamp em Campinas-SP. Para isso foi escolhido uma rotina de sondagens escolhendo a SP.04 como referência proveniente da quadra 49, área 162 do Campus da Unicamp.

Com base nas análises de solos deferidas, foram aprofundados os estudos sobre os aparatos da perfuratriz Hélice Contínua, priorizando por sua vez o conhecimento sobre a mesa rotatória da máquina a qual fornece o principal meio de torque para a execução da perfuração de forma contínua e eficaz. Desse modo foi buscado compreender a proveniência do torque estudando sua inter-relação desde a inspeção de sondagem do terreno, aliando dados do ensaio SPT-T e suas correlações no momento de execução das estacas, como a própria execução em si, que prioriza o mínimo de avarias possíveis para que o êxito da execução.

Assim foi buscada a correlação por meio de fórmulas semi-empíricas de modo a averiguar e obter os parâmetros de toque junto aos dados do solo com a sugestão de execução de Estacas Hélice Contínua no terreno definido previamente. Com tais equações foram possíveis averiguar a eficiência de três maquinários de perfuratrizes distintas em performance do equipamento, levando em conta o seu torque máximo permitido e as variações particulares de cada equipamento. Desse modo, foi estabelecido uma correlação entre as bases de dados obtidas dentro desta pesquisa unindo os fatores de correlação a dados de ensaios antigos feitos do campus da Unicamp, possibilitando comparação usual e visibilidade da correlação entre o torque da máquina, as sondagens SPT e sondagens SPT-T com medição de torque, evidenciadas nos anexos.

Dados do Solo de Análise			Correlação Semi-Empírica	Torque Exigido	Desempenho de Máquinário		
Tipo de Solo	NSPT,eq	N60	Fator K		HC-26 BRISTOL (113,0 kN.m)	CZM - EM1000/26 (200,0 kN.m)	Casagrande - B250-1 (217,0 kN.m)
Argila Arenosa	3,6	2,2	12	25,9	OK	OK	OK
Argila Siltosa	25,2	15,1	10	151,2	NÃO OK	OK	OK
Silte Argiloso	32,0	19,2	10	192,0	NÃO OK	OK	OK
Areia Argilosa	47,5	28,5	13	370,5	NÃO OK	NÃO OK	NÃO OK
Areia Siltosa	75,0	45,0	13	585,0	NÃO OK	NÃO OK	NÃO OK

Figura 1 – Base de Dados de Cálculo de Torque mediante as camadas de solo e eficiência de maquinário.

Autoria Pessoal

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

A partir dos estudos realizados e a síntese de todas as somas de estudos e análises feitas acerca do solo de estudo e do maquinário chegamos as respectivas síntese de resultados:

- Primeira Camada: Argila Arenosa; NSPT,med = 3,6; C = 5,60 m
- Segunda Camada: Argila Siltosa; NSPT,med = 25,2; C = 11,00 m
- Terceira Camada: Silte Argiloso; NSPT,med = 32,0; C = 11,70 m
- Quarta Camada: Areia Argilosa; NSPT,med = 47,5; C = 14,00 m
- Quinta Camada: Areia Siltosa; NSPT,med = 75; C = 15,25 m

Seguidos dos respectivos níveis de torque para cada camada:

- Primeira Camada: Argila Arenosa; Torque exigido = 25,9 kN.m
- Segunda Camada: Argila Siltosa; Torque exigido = 151,2 kN.m
- Terceira Camada: Silte Argiloso; Torque exigido = 192,0 kN.m
- Quarta Camada: Areia Argilosa; Torque exigido = 370,5 kN.m
- Quinta Camada: Areia Siltosa; Torque exigido = 585,0 kN.m

Com todas as bases de análises juntando-se ao aparato de torque dos maquinários, foi esboçada uma tabela que consta em anexo contendo a possibilidade de perfuração, tipos de maquinário com suas respectivas características e tipos de solo com suas respectivas características. Constata-se que conforme a dureza do solo, maior a necessidade de torque exigido pelo maquinário devido ao esforço para penetração da camada de solo.

Temos então a breve previsibilidade da execução de estacas hélice contínua na região demarcada anteriormente com desempenho de torque estimado até 11,70m de profundidade selando a camada de silte argiloso como demonstrado no relatório de sondagem nos anexos. Dessa forma, cabe a uma análise técnica mais profunda e contumaz nos quesitos de dimensionamento, averiguação e execução das estacas para que estas atinjam uma profundidade certa averiguada em projeto, obedecendo por sua vez todas as normativas

corretas além de inspeção em rigor de engenheiros, técnicos e operadores responsáveis por todo o critério de maquinário e execução específicos.

CONCLUSÕES:

Mediante todas as análises e sínteses realizadas em conjunto sobre as Estacas Hélice Contínua, partindo desde os conhecimentos sobre como funciona o método executivo de realização da estaca, as bases técnicas e históricas do emprego desse tipo de estaca em nosso país, colocando como parâmetro de referência de estudo e conceituação o torque, temos ao final que este se idealiza como um dos principais fundamentos para a realização da Estaca Hélice Contínua, sendo chave para a decisão do maquinário ideal para as funcionalidades e técnicas de perfuração do solo de tal modo que se relaciona diretamente com a resistência deste, permitindo análise na visão que, se o parâmetro de torque não é atendido mediante a dureza do solo durante a execução, todo o processo executivo se põe a perder não apenas na estaca que está sendo executada naquele momento, mas podendo resultar em não continuidade do projeto de fundações seja de forma parcial ou completa, vide a proporcionalidade de desconfinamento do solo que pode ser gerado ao não atendimento prioritário de torque exigido.

AGRADECIMENTOS:

Aos meus queridos pais e minha família, exemplos para minha vida. Ao professor Paulo Albuquerque que com muita paciência soube instruir cada passo para que essa pesquisa fosse realizada, sempre com atenção e apoio integral. A toda comunidade da FECFAU, que sempre estão dispostos a ajudar. Aos amigos, Rafael Riboldi, Felipe Rodrigues, Giovanna Franchini, Suellen Oliveira, Lucas Albergaria, Francisco Miller e Luiz Roque por todo apoio durante a caminhada. Ao Miguel Sugai e Gentil Miranda, por todo apoio e confiança. Ao querido amigo Josemaria, por ensinar o valor das pequenas coisas do cotidiano.

ANEXOS:

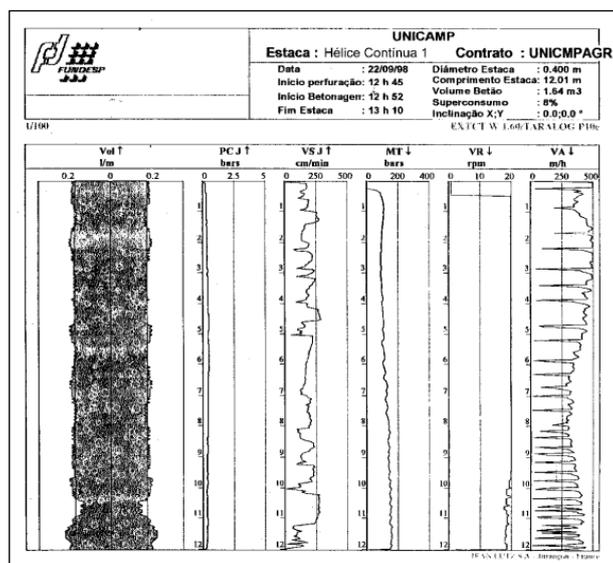


Figura 2 – Base de Dados de execução de estaca Hélice Contínua executada no campus da Unicamp com análises próprias da estaca e de toque do maquinário.

Fonte: <<https://www.fec.unicamp.br/~pjra/wp-content/uploads/2020/01/03-Disserta%C3%A7%C3%A3o-de-doutorado-2001.pdf>>

Ensaio	1º Trecho – 0 -5m	2º Trecho – 5 -12m
SPT (N_{SPT})	$f_u = 7,9 * N_{SPT}$	$f_u = 6,6 * N_{SPT}$
SPT-T (Torque)	$f_u = 2,2 * \bar{T}_{m\acute{a}x}$	$f_u = 1,0 * \bar{T}_{m\acute{a}x}$
CPT - Delft	$f_u = 0,0325 * \bar{q}_c$	$f_u = 0,0313 * \bar{q}_c$
CPT - Begemann	$f_u = 0,0211 * \bar{q}_c$ $f_u = 0,65 * \bar{f}_s$	$f_u = 0,0202 * \bar{q}_c$ $f_u = 0,24 * \bar{f}_s$
Cone Elétrico	$f_u = 0,0125 * \bar{q}_c$ $f_u = 0,89 * \bar{f}_s$	$f_u = 0,0206 * \bar{q}_c$ $f_u = 0,32 * \bar{f}_s$

Figura 3 – Tabela de bases de correlações de medição de torque e sondagem SPT e SPT-T para análises de parâmetros da Estaca Hélice Contínua.

Fonte: <<https://www.fec.unicamp.br/~pjra/wp-content/uploads/2020/01/03-Disserta%C3%A7%C3%A3o-de-doutorado-2001.pdf>>

CONTRATANTE	ADREIA CONSTRUTORA E ENGENHARIA LTDA - EPP.			FOLHA	57/9									
OBRA/SERVIÇO	EDIFICAÇÃO			ESCALA	1 : 100									
LOCAL	UNICAMP - CAMPINAS / SP.			TRAB. N.º	665/2010									
SONDAGEM	SP.04	COTA	0,00	DATA DE INÍCIO	26/06/10									
				COORD. N	7474801,40									
				E	288410,39									
				TÉRMINO	26/06/10									
COTA (m)	PERFIL GEOLO- GICO	N.º DE GOLPES S. P. T.	RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO							PROFUN- CAMADA (m)	INTER- GEOLO- GICA	CONDIS- TÊNCIA* OU COMPA- CIDADE**	CLASSIFICAÇÃO DA CAMADA	N. A. (m)
			AMOSTRADOR TIPO TERZAGHI N.º DE GOLPES / 30 cm.											
			5	10	15	20	25	30	35					
-5,00		1 1 1 15 15 15										MUITO MOLE*	Argila pouco arenosa, com pedregulhos finos e detritos vegetais, marrom avermelha	7,40 26/06/10
		1 2 3 15 15 15										MOLE*		
		1 2 3 15 15 15											Argila siltosa pouco arenosa, variegada (marrom avermelhada)	
		1 2 2 15 15 15										MUITO MOLE*		
		1 1 1 15 15 15								5,60			Argila siltosa pouco arenosa, variegada (marrom avermelhada)	
		2 3 6 15 15 15										MEDIA*		
		3 4 7 15 15 15								7,90	SARBPR	RUA*	Argila siltosa, com fragmentos de rocha, variegada (cinza)	
		10 20 27 15 15 15												
-10,00		6 13 19 15 15 15											Silte argiloso pouco arenoso, variegado (cinza)	
		7 9 18 15 15 15												
		8 15 17 15 15 15								11,00			Areia fina argilosa, com pedregulhos médios, variegada (cinza)	
		10 20 20 15 15 10								11,70				
		14 19 28 15 15 15											Areia silto-argilosa, com pedregulhos finos, variegada (cinza)	
		23 20 15 8								14,00				
-15,00		20 25 15 10												
										15,25				
Leitura	Data	N.A.(m)	Método	Início(m)	Fim(m)	Lavagem por tempo - 10 min.			NOTA :					
INICIAL	26/06/10	7,90	T. Cavadeira	0,00	8,00	Profun. de Início (m) : ---	Para melhor verificação do nível d'água,			abrir poço de maior diâmetro na época da obra.				
FINAL	26/06/10	7,40	T. Espiral	---	---	Estagio 1 (cm) : ---								
			Lavagem	8,45	15,25	Estagio 2 (cm) : ---								
						Estagio 3 (cm) : ---								

Figura 4 – Relatório de Sondagem NSPT – Sondagem SP.04 – Unicamp, Quadra 49, área 162, Campinas -SP.



Figura 5 – Máquina Perfuratriz H.C.M, BRISTOL – HC-26.

Fonte:

<<https://www.bristol.ind.br/produtos/perfuratrizes/perfuratriz-hidraulica-hc-26/>>



Figura 6 – Máquina Perfuratriz H.C.M, CZM – EM1000/26.

Fonte: <<https://czm.com.br/produtos/helice-continua/em1000-26/>>



Figura 7 – Máquina Perfuratriz H.C.M, B250-1.

Fonte: <<https://www.omniamachinery.com/find-a-machine/casagrande-b250-cfa-piling-rig/>>

BIBLIOGRAFIA:

- a. ALBUQUERQUE, P. J. R. Estacas escavadas, hélice contínua e ômega: estudo do comportamento à compressão em solo residual de diabásio, através de provas de carga instrumentadas em profundidade. 2001, 263 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.
- b. ALMEIDA NETO, J. A. Análise do desempenho de estacas hélice contínua e ômega – Aspectos executivos. Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, SP, (2002) p. 187.
- c. ALONSO, U. R. Reflexões sobre os principais tipos de fundações de uso corrente. In: WORKSHOP PRÁTICA DE FUNDAÇÕES PROFUNDAS. 2001, São Paulo. SINDUSCON-SP. p. 11.
- d. AMANCIO, L. B.; MIRANDA, A. N. Monitoramento da capacidade de carga de estacas hélice contínua durante a perfuração. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA GEOTÉCNICA, 16., 2012, Porto de Galinhas: ABMS, 2012, CD-ROM.
- e. ANTUNES, W.R.; TAROZZO, H. Execução de fundações profundas: estacas tipo hélice contínua. In: HACHICH, W.; FALCONI, F.F.; SAES, J.L.; FROTA, R.G.Q.; CARVALHO, C.S.; NIYAMA, S. (Org.). Fundações: teoria e prática. 2. ed. São Paulo: Pini, 1998. p. 345- 348.
- f. AOKI, N.; VELLOSO, D. A. Um método aproximado para estimativa da capacidade de carga de estacas. In: PANAMERICAN CONFERENCE ON SOILS MECHANICS AND FOUNDATION ENGINEERING, 5°, 1975, Buenos Aires, Proceedings...Buenos Aires, 1975. v.1, 367-376 p.
- g. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT NBR 6122/2022 - Projeto e Execução de Fundações.
- h. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT NBR 6118/2014 - Projeto de estruturas de concreto - Procedimento.
- i. COSTA, C. M. C. et al. Análise comparativa entre o NSPT e o torque obtido no monitoramento de estacas hélice contínua. In: SEMINÁRIO DE ENGENHARIA DE FUNDAÇÕES ESPECIAIS E GEOTECNIA (SEFE). 6., 2008, São Paulo. Anais... São Paulo: ABMS, 2008. v. 1, p. 297-311.
- j. FALCONI, Frederico et al. Fundações: teoria e prática. 3 ed. São Paulo: Pini, 2016.
- k. LÁZARO, A.A.; WOLLE, M.C. Trabalho apresentado no SEFE V–Seminário de Fundações Especiais e Geotecnia–São Paulo– SP Novembro/2004 - Volume I – p. 57.
- l. MUCHETTI
- m. REGALIN, B.; MASSOCO, S.N. (2011). Aplicabilidade e Medição de Torque para obtenção de parâmetros de resistência por meio de dados de monitoramento de estacas hélice contínua. COBRAMSEG 2020 - Disponível em <<https://doi.org/10.4322/cobramseg2022.0623>>
- n. SILVA, C.M. (2011). Energia e Confiabilidade Aplicadas aos Estaqueamentos Tipo Hélice Contínua. Tese de Doutorado, Publicação G.TD - 070/11, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, p. 311.
- o. TAVARES, C.A.A., 2009. Elaboração e aplicação de uma metodologia de controle de qualidade para o processo executivo de estacas hélice contínua monitoradas. Dissertação de Mestrado, Publicação EDM 009A/09, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília/DF, p. 117.
- p. TOSCANO, U.G.; HUBEDA DA SILVA, M.; DE OLIVEIRA, R.H.; Artigo do Trabalho de Conclusão de Curso, Graduação em Engenharia Civil, EE, UPM, São Paulo (2021).
- q. NAVES, L.A.A. (2018). Análise Comparativa Técnico-Econômica entre Fundações Tipo Estaca Escavada e Hélice Contínua Monitorada para um Projeto de Edificação Situada na Orla 14 em Palmas - TO. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) - Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).
- r. SALES, M. M. et al. Estaca hélice contínua monitorada – Avaliação do desempenho de alguns métodos empíricos na previsão da capacidade de carga. In: SEMINÁRIO DE ENGENHARIA DE FUNDAÇÕES ESPECIAIS E GEOTECNIA, V SEFE, 2004, São Paulo. Anais... São Paulo:ABEF e ABMS, 2004,v.2, p.379-390.