

PAES; Magno de Oliveira Rumen ¹

RESUMO

A etapa de infraestrutura de uma obra apresenta cada vez mais relevância, pois é ela que garante a segurança da estrutura em contato com o solo. Estudar o comportamento do solo, entender e compreender seu processo de interação solo-estrutura é fundamental para que se tenha uma obra segura e econômica. O presente estudo apresenta como finalidade uma análise comparativa de métodos de estimativa capacidade de carga utilizados no Brasil, aplicadas em fundações profundas, como a Estaca Hélice Contínua adotada para um edifício residencial de dez pavimentos. Para a estimativa da capacidade de carga nas estacas os métodos mais utilizados são os semi-empíricos Aoki Velloso e Decourt Quaresma e suas correlações predominantes estão atreladas ao ensaio SPT (Standard Penetration Test). Com os resultados obtidos pelos dois métodos, chegou-se à conclusão que para este projeto, o método de Decourt Quaresma foi mais eficiente e econômico, quando comparado ao método de Aoki Velloso, gerando uma diferença considerável no quantitativo de estacas atreladas às suas resistências, entre os métodos para uma mesma profundidade, ocasionando assim uma redução de custos no empreendimento.

Introdução A engenharia de fundações constitui uma área específica que trata de projetos de infraestrutura e execução de fundações. Para Caputo (1988) a arte de planejar e desenvolver seu projeto, tem como função de estudar, obter os dados existentes e possíveis problemas que podem vir a ocorrer. Adotar uma viabilidade técnica e econômica de um empreendimento se faz necessário observar qual seu processo executivo mais vantajoso. Todo projeto de fundação considera as cargas provenientes da edificação e a resposta do solo a estas solicitações (Pinto, 2006). Para que uma obra permaneça estável sem sofrer patologias estruturais como: trincas, rachaduras, recalques diferenciais, entre outros é imprescindível ter um alicerce bem dimensionado segundo a NBR vigente. Quando não calculada de forma correta pode levar sérios riscos a construção e até mesmo ao colapso estrutural. O artigo tem como propósito analisar os dois métodos de capacidade de carga utilizados e seus resultados gerados para um empreendimento residencial em concreto armado, optando dessa forma a melhor escolha.

Objetivos Determinar através dos métodos semi-empíricos Decourt-Quaresma e Aoki-Velloso estudos comparativos, afim de adotar qual método usar com base nos resultados das capacidades de carga admissível, para determinado tipo de solo encontrado por sua sondagem.

Metodologia Entre os métodos semi-empíricos fornecidos, estão o Aoki e Velloso, onde inicialmente era baseado no ensaio de cone, e mais tarde suas considerações foram adaptadas ao ensaio SPT. A capacidade carga é avaliada indiretamente, por meio das correlações estabelecidas para solos brasileiros, com o índice N_{spt} e os parâmetros de resistência obtidos no ensaio de Cone de Penetração Estática. A consideração do N/m médio para resistência lateral tomou-se como base a Média da N_{spt} de cada camada anterior:

a m a d a

n A consideração do N_p para resistência de ponta tomou-se como base a camada atual onde a encontra a ponta da estaca:

$N_p = N_{spt}$ Dessa forma os resultados obtidos acima são utilizados nas formulações para determinar a resistência lateral e de ponta respectivamente: $R_l = . K . N_{média} . l . U$ $R_p = K . N_{ponta} .$

¹ Faculdade Redentor, magno_oliveira_@hotmail.com

F1 Para o dimensionamento de suas respectivas resistências e para o tipo de fundação hélice contínua, foram usados pelos estudos de Monteiro (1997) os dados dos parâmetros, conforme tabelas a seguir:

Tabela 01 - Valores de K e

Tipo de solo K (kgf/cm²) (%) Areia 7,3 2,1 Areia siltosa 6,8 2,3 Areia siltoargilosa 6,3 2,4 Areia argilossiltosa 5,7 2,9 Areia argilosa 5,4 2,8 Silte arenoso 5 3 Silte arenoargiloso 4,5 3,2 Silte 4,8 3,2 Silte argiloarenoso 4 3,3 Silte argiloso 3,2 3,6 Argila arenosa 4,4 3,2 Argila arenossiltosa 3 3,8 Argila siltoarenosa 3,3 4,1 Argila siltosa 2,6 4,5 Argila 2,5 5,5

Fonte: Livro Velloso e Lopes (2004)

Tabela 02 - Valores de $F1$ e $F2$

Tipo de estaca $F1$ $F2$ Franki de fuste

apilado 2,3 3,0 Franki de fuste vibrado 2,3 3,2 Metálica 1,75 3,5 Pré-moldada de concreto cravada a percussão 2,5 3,5 Pré-moldada de concreto cravada por prensagem 1,2 2,3 Escavada com lama bentonítica 3,5 4,5 Raiz 2,2 2,4 Strauss 4,2 3,9 Hélice contínua 3,0 3,8

Fonte: Livro Velloso e Lopes

(2004) Entretanto, para valores indicados em estacas do tipo hélice contínua necessitam de um cuidado em consequência do pequeno o número de provas de carga disponível, justifica Monteiro (1997). No mecanismo Décourt e Quaresma (1978) inicialmente apresenta um processo para estimar a capacidade de carga de ruptura, onde o mesmo é fundamentado exclusivamente em resultados de ensaios SPT (SCHNAID, 2000). Através do valor N do ensaio SPT, Décourt-Quaresma (1978) desenvolve o método para determinação da capacidade de carga, o processo foi desenvolvido para estacas cravadas, sendo posteriormente adequadas para estacas em geral (MAGALHÃES, 2005). Sua capacidade de carga é representada pela parcela da resistência do atrito lateral (RI) e resistência da ponta (Rp). Para estimativa da tensão do atrito lateral é representado pelo Nl médio (média dos valores de N ao longo do fuste, exceto o da camada da ponta e do primeiro metro na superfície) para resistência lateral:

$$Nl = \frac{\sum N}{n}$$

Camadas anteriores

n

Para Np médio (média do número de golpes do ensaio SPT entre 3 valores obtidos ao nível da ponta da estaca, nível acima e nível abaixo) para resistência de ponta:

$$Np = N^{\circ} \text{ camada anterior} + N^{\circ}$$

amada atual + N° camada posterior

3 Os resultados obtidos acima são adicionados nas formulações para determinar a resistência lateral e de ponta respectivamente:

$$RI = 10 \cdot (Nl/3 + 1) \cdot u \cdot L$$

$$Rp = c \cdot Np \cdot Ab$$

Segundo Magalhães (2005), Décourt (1996) introduziu parâmetros α e β para melhor ajuste do método, minorando ou majorando a resistência lateral e ponta da estaca. A tabela 03 contém os valores dos coeficientes α e β em função do tipo de estaca e do solo.

Tabela 03 – Fatores de segurança globais mínimos

Estaca Cravada (estaca padrão) Escavada (em geral) Escavada (c/bentonita) Hélice Contínua Raiz Injetada (alta pressão) Solo Argilas Solos** α β α β α β α β α β

1,00* 1,00* 0,85 0,80 0,85 0,90* 0,30* 1,00* 0,85* 1,50* 1,00* 3,00* 1,00* 1,00* 0,60 0,65 0,60 0,75* 0,30* 1,00* 0,60* 1,50* 1,00* 3,00* Areias 1,00* 1,00* 0,50 0,50 0,50 0,60* 0,30* 1,00* 0,50* 1,50* 1,00* 3,00*

*valores para o qual a correlação inicial foi desenvolvida *valores apenas indicativos diante do reduzido número de dados disponíveis **solos intermediários Fonte: uff.br (2009) Pode-se notar diferenças significativas entre os métodos, podendo verificar de forma mais clara na tabela 04 e qual utilizar para o projeto de estacas em determinada situação. Na investigação do solo foram executadas 3 sondagens: SPT 01, 02 e 03, conforme a figura 02:

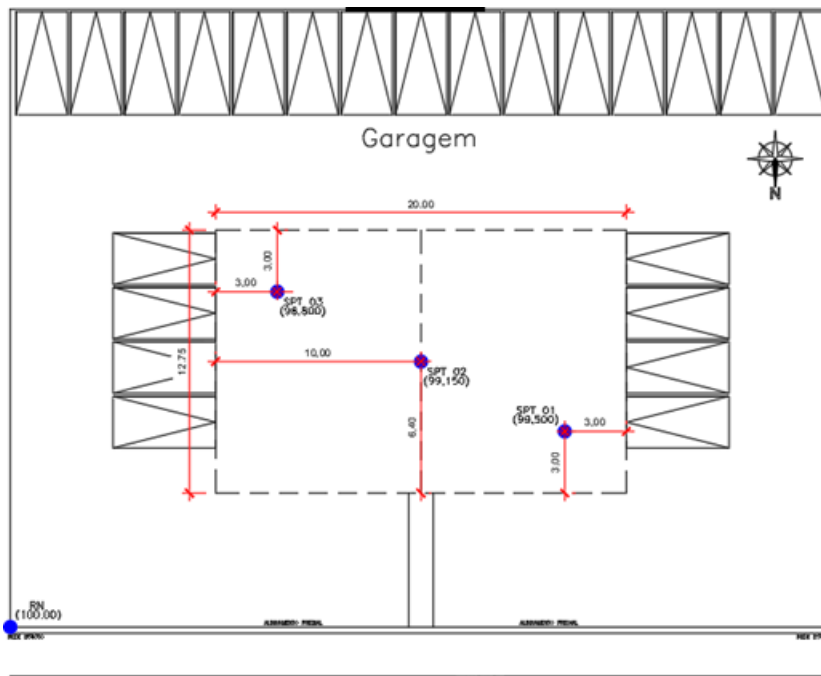


Figura 01

– **Planta de localização dos furos das sondagens** Fonte: Autores (2020). Mas para fins de análise pelos métodos Décourt-Quaresma e Aoki-Velloso foi escolhido a sondagem SPT 02 (Anexo A) em virtude de estar localizado na região central do terreno, logo para efeitos de análise comparativo torna-se interessante pois recebe maior carga. A Tabela a seguir mostra os valores encontrados resultantes dos cálculos das resistências lateral e ponta, sua capacidade de carga admissível e quantitativo de estacas. **RESULTADOS** Através das considerações dos métodos apresentados acima e do tipo de solo fornecido pelo SPT, foram gerados resultados organizados na tabela abaixo: Tabela 04 – Valores de resistência lateral e de ponta para cada método **Décourt-Quaresma Aoki-Velloso**

	Pilar R	R lateral (kN)	R ponta (kN)	Qadm (tf)	N Estacas
P3	366,33	47,31	29,94	4	239,47
P4	366,33	47,31	29,94	4	239,47
P8	366,33	47,31	29,94	4	239,47
P11	366,33	47,31	29,94	4	239,47
P12	479,16	54,24	38,97	4	310,73
P19	366,33	47,31	29,94	3	239,47
P20	366,33	47,31	29,94	3	239,47
P23	418,67	61,80	34,42	6	273,68
P24	429,83	54,24	35,10	4	264,92
P27	366,33	47,31	29,94	3	239,47
P28	366,33	47,31	29,94	3	239,47
P31	366,33	47,31	29,94	4	239,47
P32	366,33	47,31	29,94	4	239,47

Fonte: Autores (2020) Pelos dados fornecidos na tabela 01, é possível perceber uma considerável diferença entre os métodos, onde o processo realizado por Décourt-Quaresma apresentou uma estimativa mais próxima em relação à do Aoki e Velloso. Após a determinação de suas resistências e composições do solo, foi possível projetar uma fundação segura, determinando o modelo ideal com sua profundidade necessária em 10, 11 e 12 metros. De acordo com formulações apresentadas foi definido o método Décourt-Quaresma para a sequência do dimensionamento em virtude por apresentar valores aproximados garantindo assim uma maior confiabilidade, segundo seus autores. **CONCLUSÕES** A importância da investigação do solo deve estar presente em qualquer obra de todos os portes. As notáveis informações encontradas como as camadas que compõem o solo, a presença do lençol freático, cota inicial, entre outros, é fundamental para compreender sua capacidade de carga através de estimativas pelos métodos semi-empíricos e no seu comportamento. O profissional de engenharia civil deve-se atentar as comparações por diferentes métodos, como sendo uma etapa muito importante. Para se obter um excelente projeto, os pilares desse conceito se dão a uma estrutura bem dimensionada aliada com seus gastos otimizados da obra, esse resultado se faz presente na realização de comparativos de métodos existentes

aplicados. Pela análise pelos dois mecanismos de capacidade de carga no solo, foi adotado o Método Décourt-Quaresma em virtude de suas considerações dos parâmetros para o tipo de fundação empregado em solos argilosos, predominante na profundidade de 10 metros e para alguns blocos específicos estacas de 11 e 12 metros, definidos em cálculo. **ANEXO A – RELATÓRIO DE SONDAGEM SPT 02**

FUNGEO [®]		FUNDAÇÕES E GEOLOGIA LTDA		Cliente: EDILSON BERTA	
FUNDAÇÕES E GEOLOGIA		fungeo@fungeo.com.br		Obras: BARRACÃO COMERCIAL PRÉ-MOLDADO	
		(45) 3324-6102		Local: CASCAVEL - PR	
Relatório de Sondagem N° 030220					
Cota relação R.N.		Cota Inicial 99,150		30 cm finais	
Furo SPT 02		Cota Final 80,700		30 cm iniciais	
SPT - Standard Penetration Test					
Camadas - Classificação dos solos					
Revestimento (m)	Processo de Perfuração	N.A. Final (m)	Nº de golpes/ penetração	Índice SPT final/30cm	Prof. Camada (m)
1,00	T.H.				
	Perf. C.A.	9,10			
			0 0 0 0		0
			2 2 2 4		1
			4 4 4 8		2
			5 4 4 8		3
			4 3 4 7		4
			2 2 2 4		5
			3 3 3 6		6
			4 4 4 8		7
			4 5 6 11		8
			5 6 7 13		9
			4 4 6 10		10,45
			8 9 9 18		11
			9 9 10 19		12,45
			4 5 5 10		13
			8 9 10 19		14
			10 12 13 25		15
			7 8 11 19		16
			14 13 14 27		17
			11 12 13 25		18,45
					19
					20
					21
					22
					23
					24
					25
					26
					27
					28
					29
					30
					31
					32
					33
					34
					35
					36
					37
Trado Helicoidal (T.H.)		Amostrador		Revestimento Ø 2 1/2"	
Circulação d'água (C.A.)		Ø Interno 1 3/8"		Peso 65,0 kg	
N.A. Inicial: 6,20m.		Ø Externo 2"		Altura de queda 75,0 cm	
N.A. Final: 9,10m.				Data de execução	
Digitador: Vitor A. C. Pavan		Geólogo: Gerson A. Lorenzi - CREA-PR 21.205-D		Início: 02/03/2020	
				Término: 03/03/2020	
MATRIZ: CASCAVEL - Av. Carlos Gomes, 711, Bairro Faculdade - CEP: 85.819-350 - www.fungeo.com.br - fungeo@fungeo.com.br					

PALAVRAS-CHAVE: Infraestrutura, capacidade de carga, estaca.