



Grupo de Estudo de Linhas de Transmissão-GLT

Análise das fundações de uma linha de transmissão de energia em estacas metálicas helicoidais

RONEY DE MOURA GOMES (1); ERISVALDO LIMA JUVÊNCIO (2); FERNANDO ARTUR BRASIL DANZIGER (2); JOSÉ DA PAZ MORAIS FILHO (3); Groundtech (1); UFRJ (2); SBEISK (3);

RESUMO

As estacas metálicas helicoidais têm uso bastante difundido e crescente no Brasil, sobretudo em fundações de torres de Linha de Transmissão de energia elétrica, por conta de sua versatilidade. Esse artigo tem como objetivo apresentar uma avaliação de um vasto banco de dados de execução de estacas metálicas helicoidais utilizadas em fundações de uma obra de linhas de transmissão de energia elétrica. Na obra em questão foram executadas estacas de 2 diferentes modelos, e cerca de 1200 elementos foram submetidos a ensaios de rotina ("arrancamento"). Foram disponibilizados também ensaios de convalidação. Os seguintes parâmetros foram considerados na análise: (i) geometria das estacas; (ii) profundidade e inclinação de instalação; (iii) torque registrado ao final da instalação e (iv) deslocamento medido nos ensaios de rotina. Foram avaliados os critérios de aceitação das estacas helicoidais. Ressalta-se que a questão dos deslocamentos sob carga é um assunto que necessita ainda muitos estudos.

PALAVRAS-CHAVE

Estaca Helicoidal, Fundação de Linhas de Transmissão, Capacidade de Carga, Fundações à Tração.

1.0 - INTRODUÇÃO

A motivação para este estudo se deu durante reuniões do grupo de trabalho GT-B2.07, do Comitê Nacional Brasileiro de Produção e Transmissão de Energia Elétrica (CIGRÉ) para estudo de fundações de linhas de transmissão de energia.

As estacas metálicas helicoidais têm uso crescente no Brasil em fundações de torres de linhas de transmissão de energia, sobretudo por conta de sua versatilidade.

Este trabalho consiste em avaliar as fundações de uma obra a partir de amplo conjunto de dados de execução de estacas metálicas helicoidais. A obra em questão é a LT 500 kV Marimbondo II – Assis, com extensão de cerca de 300 km, passando por municípios dos estados de São Paulo e Minas Gerais.

Para as análises foram utilizados dados geométricos das estacas, valores de torque medidos ao final da execução e resultados de ensaios de convalidação e ensaios de rotina, chamados também de "ensaios de arrancamento".



2.0 - ESTACAS HELICOIDAIS

A estaca metálica helicoidal é um elemento fabricado em aço de alta resistência (galvanizado ou do tipo patinável, sendo, portanto, mais resistente à corrosão), e composto por um conjunto de hélices fixadas ao tubo central, estrategicamente distribuídas, visando otimizar o seu desempenho em termos de capacidade de carga geotécnica.

Os componentes básicos da estaca metálica helicoidal são: (i) seção principal, que consiste numa haste com, tipicamente, 3 a 4 placas helicoidais soldadas de diâmetros entre 254 mm e 356 mm (10" e 14"), e (ii) prolongadores ou extensões, cuja função é permitir que a seção principal atinja profundidades elevadas. Em algumas configurações, as hastes prolongadoras também possuem placas helicoidais.

As principais vantagens das estacas metálicas helicoidais são: facilidade de instalação, simplicidade dos equipamentos utilizados na execução, possibilidade de utilização (carregamento) logo após instalação, adequação a áreas com acesso limitado, possibilidade de remoção e reutilização, minimização de ruídos e vibrações durante a instalação, e baixo custo (Zhang et al., 1998; Schmidt e Nasr, 2004; Livneh e Naggar, 2008; Sakr, 2009, 2011).

Uma desvantagem apresentada pelo sistema é a dificuldade de execução em solos de elevada rigidez, com presença de pedregulhos ou em rocha. Uma alternativa para avançar nesses tipos de material seria a utilização de uma ponta especial (Arup Geotechnics, 2005). Outra desvantagem é a suscetibilidade à corrosão, que limita a vida útil do elemento.

3.0 - AS FUNDAÇÕES DA OBRA

Nesta sessão é apresentada uma breve descrição da obra em questão e das características das estacas metálicas helicoidais utilizadas. Adicionalmente é comentada a prática de projetos de fundações de linhas de transmissão.

3.1 A obra

A obra em questão é a LT 500 kV Marimbondo II – Assis, que possui cerca de 300 km de extensão. A linha se inicia na cidade de Fronteira-MG e termina em Assis-SP, passando por São José do Rio Preto, Lins e Marília.

O empreendimento é constituído por um total de 606 torres, sendo 460 estaiadas (75,9%) e 146 autoportantes (24,1%). Destas estruturas, 416 tiveram suas fundações em estacas metálicas helicoidais, o que representa cerca de 70% do total.

3.2 As estacas helicoidais utilizadas

As estacas helicoidais adotadas para as fundações das linhas de transmissão são dos modelos SS200 e RSS3500.300, ambas fornecidas pela Hubbell.

As estacas do tipo SS200 são de seção transversal maciça quadrada (Figura 1a), com 50 mm (2") de lado. O torque resistente é de 21,69 kN.m (16.000 lb.ft). As estacas do tipo RS3500.300 são de seção transversal circular vazada (Figura 1b), com diâmetro de 89 mm (3,5") e parede de 7,6 mm (0,3"). O torque resistente é de 17,63 kN.m (13.000 lb.ft).

Sobre a configuração das placas helicoidais, ambas as estacas são semelhantes, com: (i) seção principal de 3,0 m de comprimento e 4 placas helicoidais (diâmetros de 8", 10", 12" e 14"); e (ii) haste de extensão com 2,0 m de comprimento e 2 placas helicoidais (diâmetro de 14"). Esta geometria é indicada na Figura 2.

Perko (2009) indica os seguintes métodos para a previsão de capacidade de carga de estacas helicoidais: Método da capacidade de carga individual; Método do cilindro de cisalhamento e o Método do Torque. Como



XXV SNPTEE
SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

10 a 13 de novembro de 2019
Belo Horizonte - MG

3990
GLT/24

não se dispunha de investigações geotécnicas nas proximidades dos ensaios de convalidação, restringiu-se esta análise ao Método do Torque.

A capacidade de carga axial (Q_{ult}) de uma estaca helicoidal pelo Método do Torque é obtida por:

$$Q_{ult} = K_t \cdot T \quad (1)$$

onde:

K_t = fator que relaciona capacidade de carga e torque [m⁻¹];

T = torque medido ao final da execução da estaca.

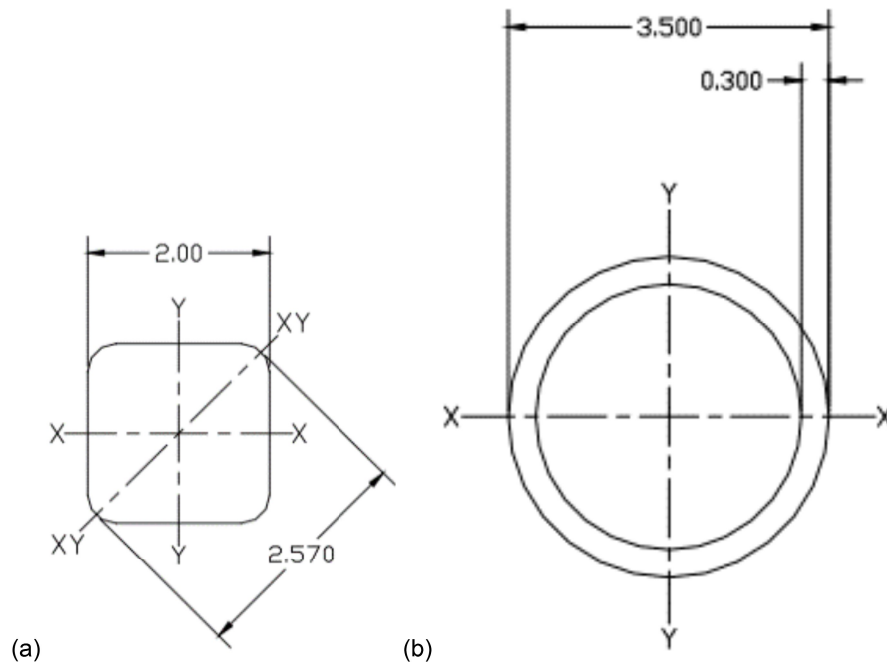


FIGURA 1 – Seção transversal das estacas (a) SS200 e (b) RS3500.300 (Catálogo da Hubbell, dimensões em polegadas).

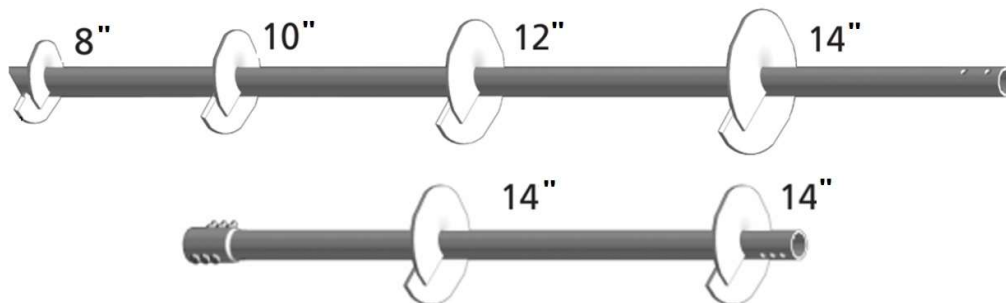


FIGURA 2 – Geometria das estacas helicoidais utilizadas (dimensões em polegadas).

Quanto à aplicação, as estacas SS200 foram utilizadas nos estais de diferentes tipos de torres, designados G53 e G54. O ângulo de instalação com a horizontal variou de $46,1^\circ$ a $53,4^\circ$, para cargas de trabalho de 329 kN e 393 kN, respectivamente. O fator de correlação entre a capacidade de carga e o torque (K_t), conforme Equação 1, foi definido pelo fabricante, igual a 33 m^{-1} .

Já as estacas RS3500.300 foram utilizadas nos mastros centrais das torres tipo G53 e G54, sempre na vertical. As cargas de trabalho variaram de 240 kN a 264 kN. O fator de correlação entre a capacidade de carga e o torque (K_t), conforme Equação 1, foi definido pelo fabricante, igual a $29,5 \text{ m}^{-1}$.

Um resumo das estacas utilizadas é apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Resumo dos tipos de estacas helicoidais utilizadas na obra.

Estaca	Tipo	Torre	Ângulo (c/ a horizontal)	Carga de trabalho	K_t (m^{-1})
--------	------	-------	--------------------------	-------------------	---------------------------



XXV SNTPEE
SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

3990
 GLT/24

10 a 13 de novembro de 2019
 Belo Horizonte - MG

		(kN)			
Estai	SS200	G53	46,1	329	33,0
		G54	53,4	396	
Mastro Central	RS3500.300	G53	90,0	218	29,5
		G54	90,0	240	



3.3 A prática de projetos de fundações de linhas de transmissão

A abordagem de projetos de fundações de linhas de transmissão de energia elétrica difere significativamente de fundações de estruturas convencionais. Como as forças de vento são as principais cargas a se considerar na estrutura e, conseqüentemente, nas fundações, há grande dificuldade em se obter uma estimativa realista das solicitações de projeto.

De maneira geral é definida uma carga de trabalho (Q_w), correspondente ao maior carregamento para determinado período de retorno de vento, conforme a vida útil da obra. A partir desta carga de trabalho, obtém-se uma carga denominada última (Q_u), multiplicando-se por um fator de majoração, que em muitos projetos é da ordem de 1,10.

Esta majoração segue orientação da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) para projetos de linhas de transmissão, e leva em conta a hipótese de que a segurança global da fundação deve ser maior do que a segurança da própria estrutura, pois a recuperação de uma linha em colapso estrutural de uma torre é mais prática em relação a uma torre com colapso da fundação. Os autores não concordam com esta prática, visto que a variabilidade de parâmetros geotécnicos não é levada em conta.

Por outro lado, são raros os relatos de colapso de fundações de Linhas de Transmissão. Isto pode ser explicado pelo superdimensionamento das cargas de trabalho (Q_w), e pela resistência dinâmica dos solos, visto que os carregamentos extremos tendem a ser muito rápidos.

Os autores recomendam que esta prática seja revista, investindo-se numa previsão de carregamentos mais realista. Sugere-se, ainda, a incorporação de uma abordagem probabilística, em termos de confiabilidade.

Sobre as investigações geotécnicas, é comum que sejam executadas sondagens a percussão apenas em algumas torres, muitas vezes com profundidades inferiores às das fundações a serem empregadas. Os autores recomendam que esta prática seja revista, sendo executada, no mínimo, uma sondagem por torre. Outros tipos de investigações poderão integrar uma campanha de investigações complementar às sondagens, objetivando a definição confiável dos parâmetros para o dimensionamento geotécnico das fundações.

No que se refere ao controle de qualidade, os ensaios usuais são ensaios de convalidação e ensaios de rotina, conforme descrito no Item 4.

4.0 - ENSAIOS REALIZADOS

Os ensaios realizados na obra foram: (i) ensaios de convalidação, realizados previamente para embasar o projeto executivo, e (ii) ensaios de rotina, realizados nas estacas da obra como controle de qualidade. Estes procedimentos são descritos a seguir.

4.1 Ensaio de convalidação

Os ensaios de convalidação são os ensaios de campo executados sobre um projeto preliminar da estaca helicoidal, anteriormente à emissão dos projetos executivos. Estes ensaios são de extrema importância, já que com eles o projetista poderá validar o elemento de fundação a ser aplicado.

Nesta etapa são realizados, usualmente, ensaios de compressão e tração (dependendo da aplicação). Os critérios de carregamento usuais para os ensaios são:

- Pré-carga: carga necessária para se eliminar todas as folgas do sistema de ensaio. A pré-carga é usualmente de 20% da carga de ensaio majorada, sem leitura de deslocamentos. Os autores consideram que seria interessante que os deslocamentos fossem medidos.

- Ciclos de carregamento e descarregamento: Os incrementos usuais tanto no carregamento quanto no descarregamento são de 20% da carga última majorada ou conforme definido pelo projetista da fundação. São realizados dois ciclos consecutivos, sem descarregamento total entre eles. O deslocamento residual é registrado após o segundo ciclo no descarregamento completo da estrutura.



XXV SNPTEE
SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

3990
GLT/24

10 a 13 de novembro de 2019
Belo Horizonte - MG

Após a realização dos ensaios o projetista da fundação deve definir parâmetros que serão utilizados no projeto executivo, como o valor de correlação torque x capacidade de carga (K_i) e as configurações mínimas necessárias.

4.2 Ensaio de rotina (“arrancamento”)

Os ensaios de rotina são realizados durante o período de instalação das estacas helicoidais, seguindo as orientações do projetista das fundações.

As etapas de ensaio usuais são as mesmas adotadas nos ensaios de convalidação, embora alguns critérios possam ser modificados, a critério do projetista.

Na obra em questão, os ensaios foram executados em 100% das estacas instaladas para os estais e em pelo menos uma por bloco do mastro central.

O sistema de aplicação de carga consistiu em um macaco hidráulico com manômetro acoplado e uma célula de carga. Os deslocamentos foram medidos por um par de deflectômetros mecânicos.

Foram aplicados 3 ciclos de carga, sendo o primeiro sem medida de deslocamento. Os ciclos seguintes tiveram 3 incrementos de carga até o valor da carga última (Q_u). As leituras dos deslocamentos foram realizadas nos tempos 0, 1 minuto e 2 minutos (apenas para o carregamento máximo).

O critério de aceitação para as estacas foi um deslocamento máximo de 50 mm. A definição de critérios de deslocamento para estacas helicoidais é um assunto que ainda merece muitos estudos.

5.0 - ANÁLISE DOS RESULTADOS

Nesta sessão é apresentada uma análise dos dados de execução das estacas helicoidais da obra, bem como os resultados dos ensaios de convalidação.

5.1 Análise dos resultados dos ensaios de convalidação

Os ensaios de convalidação foram executados nas proximidades das torres 68-2, 81-1 e 281-2. Em cada um desses pontos foram ensaiadas 2 estacas: uma do tipo SS200 (à tração) e uma do tipo RSS3500.300 (à compressão).

Os resultados, em termos de curvas carga versus deslocamento, são apresentados nas Figuras 3 e 4. Os deslocamentos apresentados são referentes à média dos valores em cada estágio.

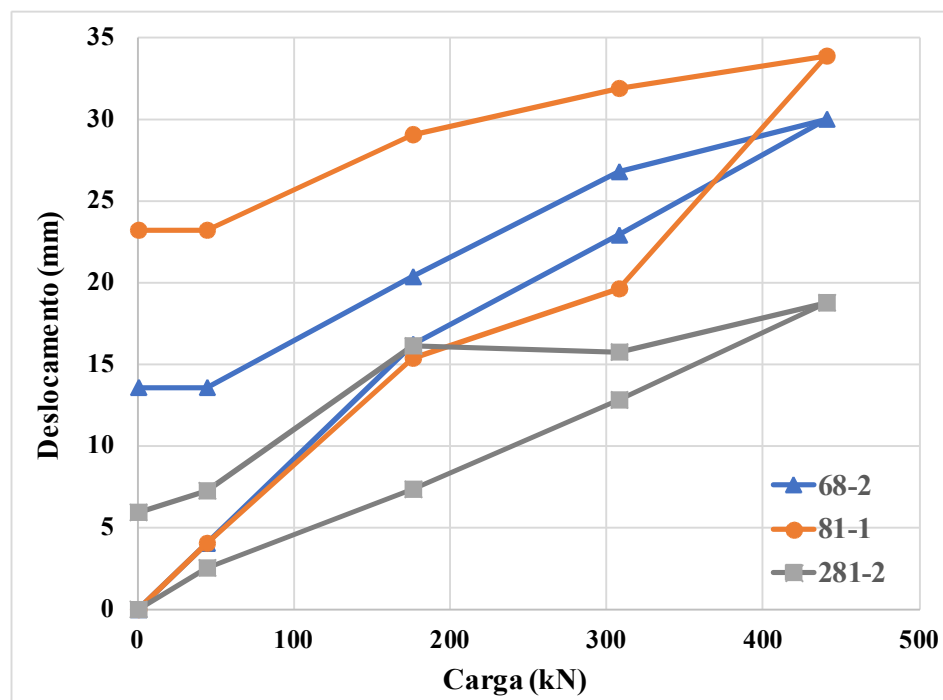


FIGURA 3 – Resultados dos ensaios de convalidação à tração nas estacas tipo SS200.

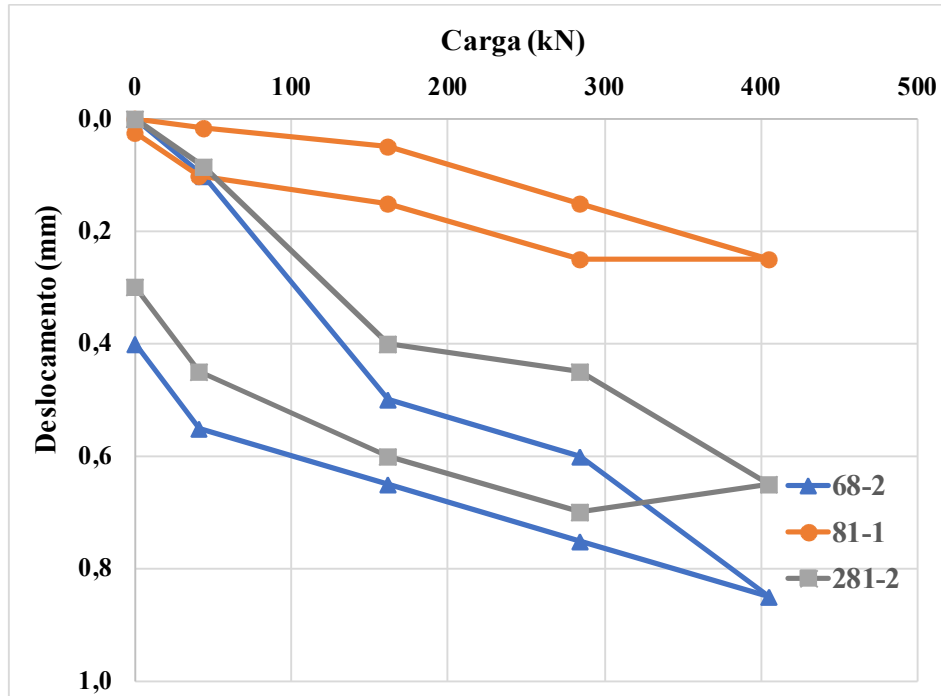


FIGURA 4 – Resultados dos ensaios de convalidação à compressão nas estacas tipo RS3500.300.

Como é possível observar, os deslocamentos máximos nos ensaios à tração foram muito menores do que os de compressão, que foram inferiores a 1,0 mm. É curioso esse comportamento, de vez que fundações à tração sofrem geralmente, deslocamentos muito pequenos, mesmo em carregamentos muito próximos à ruptura (e.g. BARATA et. al., 1978, 1979; DANZIGER, 1983). Uma explicação para este comportamento seria um possível posicionamento da hélice inferior em material relativamente rígido.

Buscou-se avaliar o critério de aceitação das estacas, que foi definido como um deslocamento absoluto máximo de 50 mm.

A definição da capacidade de carga geotécnica de estacas metálicas helicoidais não é uma tarefa trivial. A recomendação da AB CHANCE (2008) sugere que a ruptura pode ser definida por um dos seguintes critérios, adotando-se o que resultar em menor valor de carga de ruptura:

- (i) quando o deslocamento da ponta da estaca helicoidal exceder a compressão/tração elástica do fuste da estaca em $0,08 B$ (onde B é o diâmetro da maior hélice);
- (ii) quando a inclinação da curva carga versus deslocamento (no final do incremento) exceder $0,05$ polegadas / kip ($0,28$ mm / kN).

A aplicação destes critérios às curvas carga versus deslocamento não indicou uma carga de ruptura. Foi realizada uma tentativa de extrapolação desta curva por metodologias recomendadas na literatura técnica, mas não se obteve êxito por conta dos poucos incrementos de carga e pela curva carga versus deslocamento ainda não apresentar uma curvatura que indique grande plastificação do solo.

A aplicação do critério (i) às estacas e os carregamentos em questão levam a deslocamentos da ordem de 35 a 40 mm, inferiores ao valor de 50 mm estabelecido como critério de validação. Logo, este critério deve ser reavaliado.

Para permitir uma definição de deslocamento admissível mais criteriosa, os autores recomendam que os ensaios de convalidação sejam realizados com carregamentos mais elevados e com um número maior de



XXV SNPTEE
SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

10 a 13 de novembro de 2019
Belo Horizonte - MG

3990
GLT/24

estágios, de acordo com a NBR 12131:2006.

5.2 Análise dos dados de execução

Os critérios de aceitação para as estacas helicoidais – definidos em projeto – foram reavaliados a partir dos dados de execução, ou seja, comprimento, torque e deslocamento máximo no ensaio de rotina.

Um resumo dos ensaios de rotina executados é apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Ensaios de rotina executados na obra.

Estaca	Tipo	Torre	Ângulo (c/ a horizontal)	Carga de trabalho (kN)	Quantidade
Estai	SS200	G53	46,1	329	241
		G54	53,4	396	713
Mastro Central	RS3500.300	G53	90,0	218	55
		G54	90,0	240	178

Buscou-se avaliar a capacidade de carga desse conjunto de estacas helicoidais, a partir exclusivamente do torque medido, utilizando-se a Equação 1.

Com base nos valores de K_t mencionados anteriormente, foram definidos em projeto os valores mínimos de torques de instalação, conforme Tabela 3.

Tabela 3 – Valores mínimos de torque de instalação recomendados em projeto.

Estaca	Tipo	Torre	Carga de trabalho (kN)	Torque mínimo de instalação (kN.m)
Estai	SS200	G53	329	10,85
		G54	396	13,02
Mastro Central	RS3500.300	G53	218	8,13
		G54	240	9,08

Uma avaliação dos torques registrados ao final da instalação foi feita a partir de uma análise estatística simplificada, conforme apresentado na Tabela 4, onde a média, o desvio padrão e o coeficiente de variação são apresentados. Foi calculada também uma estimativa da probabilidade de o torque de instalação ser inferior ao torque mínimo de projeto ($p_{f,T}$), considerando uma função de distribuição normal.

Tabela 4 – Avaliação dos torques ao final da execução.

Estaca	Torre	Torque médio (kN.m)	Desvio Padrão do torque (kN.m)	Coeficiente de Variação	$p_{f,T}$ (%)
Estai	G53	12,89	1,94	0,15	14,5
	G54	14,19	1,56	0,11	22,5
Mastro Central	G53	12,66	2,17	0,17	1,9
	G54	12,92	1,84	0,14	1,9

Adicionalmente foi avaliada a probabilidade ($p_{f,L}$) dos comprimentos executados serem inferiores aos comprimentos mínimos estimados em projeto, que são de 7,5 m para as estacas tipo SS200 (tracionadas), e 7,0 para as estacas tipo RS3500 (comprimidas), conforme indicado na Tabela 5.

Tabela 5 – Avaliação dos comprimentos executados.

Estaca	Torre	Comprimento médio (m.)	Desvio Padrão do comprimento (m)	Coeficiente de Variação	$p_{f,L}$ (%)
Estai	G53	14,0	5,1	0,37	10,1
	G54	13,6	5,2	0,38	12,1
Mastro Central	G53	10,8	3,3	0,31	12,7
	G54	10,1	3,2	0,32	23,1



XXV SNPTEE
SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

10 a 13 de novembro de 2019
Belo Horizonte - MG

3990
GLT/24

Além disso, foi avaliada a probabilidade ($p_{f,w}$) dos deslocamentos medidos nos ensaios de rotina serem superiores ao critério de validação (50 mm). Um resumo do estudo consta da Tabela 6.

Tabela 6 – Avaliação dos deslocamentos máximos medidos nos ensaios de rotina.

Estaca	Torre	Deslocamento médio (mm)	Desvio Padrão do deslocamento (mm)	Coefficiente de Variação	$p_{f,w}$ (%)
Estai	G53	14,1	4,5	0,32	<0,01
	G54	13,1	4,4	0,33	<0,01
Mastro Central	G53	10,5	3,1	0,30	<0,01
	G54	10,3	3,0	0,30	<0,01

5.3 Avaliação do parâmetro K_t

A partir da avaliação de cerca de 300 provas de carga, Perko (2009) recomenda a correlação de K_t com o diâmetro efetivo do fuste da estaca (d_{eff}), definido a partir da seguinte expressão.

$$K_t = \lambda_k \cdot d_{eff}^{0,92}$$

(2)

onde:

λ_k = parâmetro de ajuste igual a 1433 mm^{0,92}/m.

Uma comparação entre os valores de K_t definidos em projeto e os calculados pela Equação (2) é apresentada na Tabela 7.

Tabela 7 – Avaliação do parâmetro K_t .

Estaca	Tipo	Torre	K_t (m ⁻¹)	
			Projeto	Perko (2009)
Estai	SS200	G53	33,0	34,6
		G54	29,5	23,0
Mastro Central	RS3500.300	G53	33,0	34,6
		G54	29,5	23,0

Como é possível observar, os valores de K_t recomendados em projeto são da mesma ordem de grandeza dos calculados pela expressão de Perko (2009), apresentando variação entre 5 e 25%. Isto indica que a fórmula parece razoável para o pré-dimensionamento. Estes valores são superiores ao valor médio de 21 m⁻¹ obtido por SILVA (2014), que analisou extenso banco de dados.

6.0 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nas análises realizadas neste trabalho, é possível fazer as seguintes considerações:

- recomenda-se que seja revisto o critério de definição da carga última (Q_u), usualmente obtido multiplicando-se a carga de trabalho (Q_w) por um fator de majoração da ordem de 1,10;
- recomenda-se a execução de sondagens a percussão a maiores profundidades, de modo a permitir a previsão de capacidade de carga por diferentes métodos;
- propõe-se que os ensaios de convalidação sejam realizados com carregamentos mais elevados e com um número maior de estágios, de modo a permitir a construção/extrapolação da curva carga versus deslocamento e a definição da carga de ruptura, permitindo uma melhor avaliação dos critérios de validação das estacas helicoidais;



XXV SNPTEE
SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

3990
GLT/24

10 a 13 de novembro de 2019
Belo Horizonte - MG

- a definição dos deslocamentos limites como critério de aceitação merece estudos urgentes;
- os valores de K_t recomendados em projeto são da mesma ordem de grandeza dos calculados pela expressão de Perko (2009), apresentando variação entre 5 e 25%, o que indica que esta fórmula parece razoável para o pré-dimensionamento; ressalta-se que o caráter empírico do parâmetro requer a execução de ensaios em tipos de solos distintos, e em estacas de diferentes características;
- os deslocamentos máximos nos ensaios à tração foram muito menores do que os de compressão, que foram inferiores a 1,0 mm; uma explicação para este comportamento seria um possível posicionamento da hélice inferior em material relativamente rígido.



7.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12131: Estacas – Prova de carga estática. Rio de Janeiro, 2006.
- (2) A.B. CHANCE Co. (2008). Guide to model specification - CHANCE® Civil Construction HELICAL PILES FOR STRUCTURAL SUPPORT. Copyright 2008 Hubbell, 210 North Allen St., Centralia, MO 65240.
- (3) ARUP GEOTECHNICS. (2005). Design of Screw Piles: Assessment of Pile Design Methodology. Ove Arup & Partners Ltd, London.
- (4) BARATA, F.E.; PACHECO, M.P.; DANZIGER, F.A.B. (1978). "Uplift tests on drilled piers and footings built in residual soils". Anais, 6°. CBMSEF, Rio de Janeiro, vol. 3, pp. 1-37.
- (5) BARATA, F.E.; PACHECO, M.P.; DANZIGER, F.A.B.; PEREIRA PINTO, C. (1979). "Foundations under Pulling Loads in Residual Soil – Analysis and Applications of the Results of Load Tests". Proceedings from the 6th Panamerican Conference of Soil Mechanics and Foundation Engineering, Lima, Peru.
- (6) DANZIGER, F.A.B (1983). Capacidade de carga de fundações submetidas a esforços verticais e tração. Dissertação de Mestrado, COPPE-UFRJ.
- (7) HOYT R. M.; CLEMENCE, S. P. (1989). "Uplift capacity of helical anchors in soil". Proceedings of The Twelfth International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, v.2, p. 1019-1022.
- (8) LIVNEH, B., NAGGAR, M.H.M. (2008). Axial testing and numerical modelling of square shaft helical piles under compressive and tensile loading. Can. Geotech. J., 45 (8), 1142–1155.
- (9) PERKO, H.A., 2009. Helical Piles: A Practical Guide to Design and Installation, 1st ed. John Wiley & Sons Inc, USA.
- (10) PERKO, H.A.; STAN, J.; RUIPIPER, P.E (2000). "Helix pier engineering handbook 2000". Ingal precision Foundations, INC. Worldwide Helix Pier Distributors.
- (11) SAKR, M. (2009) - Performance of helical piles in oil sand. Canadian Geotechnical Journal. 46 (9), 1046–1061.
- (12) SAKR, M. (2011) - Installation and performance characteristics of high capacity helical piles in cohesionless soils. Deep Found. J. (DFI) 5 (1), 39–57.
- (13) SCHMIDT, R., NASR, M. (2004). Screw piles: uses and considerations. Struct. Mag., 29–31.
- (14) SILVA, B. C. (2014). Estimativa da capacidade de carga à tração de estacas helicoidais com base no ensaio SPT. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos.
- (15) ZHANG, D.J.Y., CHALATURNYK, R., ROBERTSON, P.K., SEGO, D.C., CYRE, G. (1998). Screw anchor test program (Part I & II): instrumentation, site characterisation and installation. In: Proceedings of the 51st Canadian Geotechnical Conference. Edmonton.

8.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



XXV SNPTEE
SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

3990
GLT/24

10 a 13 de novembro de 2019
Belo Horizonte - MG

Roney de Moura Gomes

Engenheiro Civil graduado na UFRJ em 2011

Mestrado em Geotecnia pela COPPE-UFRJ concluído em 2016

Atua desde 2007 em pesquisa, projeto e consultoria geotécnica. Atualmente é sócio administrador da Empresa Groundtech Engenharia, Engenheiro Pesquisador na Fundação COPPETEC e professor da disciplina de Fundações no curso de pós-graduação em Engenharia Civil da UNISUAM.

