

DOI: 10.47094/COBRAMSEG2024/347

Prova de Carga Prévia em Estacas Hélice Contínua Longas – Caso de Obra

Luciana Martinez Borba Rocha - ZF & Engenheiros Associados, São Paulo, Brasil, luciana@zfsolos.com.br

Wanderley Perez Junior - ZF & Engenheiros Associados, São Paulo, Brasil, wanderley@zfsolos.com.br

Guilherme Silva Baracho - ZF & Engenheiros Associados, São Paulo, Brasil, guilherme@zfsolos.com.br

Celso Nogueira Correa - ZF & Engenheiros Associados, São Paulo, Brasil, celso@zfsolos.com.br

Frederico Fernando Falconi - ZF & Engenheiros Associados, São Paulo, Brasil, fred@zfsolos.com.br

RESUMO: Trata-se de uma abordagem prática para elaboração do projeto de fundação de 4 edifícios com 14 pavimentos na região de Sinop - MT. Foram executadas três campanhas de sondagens que apresentaram resultados diferentes. Foram utilizados os critérios estabelecidos por Teixeira A.H.(1993) e Rocha H.(2011) para definir a de melhor confiabilidade. Além disso, os métodos usuais e consagrados para cálculo de capacidade de carga apresentaram resultados sem viabilidade econômica para o empreendimento. Foram utilizados, o estudo apresentado por Romanini A. (2019) e provas de carga estáticas prévias para aferir os resultados. Fica evidente a necessidade de validar qualquer método de cálculo para um perfil geotécnico diferente da região estudada pelo autor.

PALAVRAS-CHAVE: Estacas Helice Continua, Prova de Carga Estatica, Capacidade de Carga.

ABSTRACT: This is a practical approach for preparing the foundation design for four 14 floors buildings in Sinop - MT region. The boring logs of three different companies presented very discrepant results and the criteria established by Teixeira A.H. (1993) and Rocha H. (2011) were used to define the one with the best reliability. Furthermore, the usual and established methods for estimated the load capacity presented results without economic feasibility. The study presented by Romanini A. (2019) was used and previous static load tests were carried out to assess the results. It's important and necessary to valid a semi empirical method to estimate the load capacity for a geotechnical profile different from the region studied by the author.

KEYWORDS: CFA Piles, Static Load Test, Load Capacity.

1 INTRODUÇÃO

O perfil geotécnico da região de Sinop é composto por solos sedimentares, da era cenozoica, do período terciário, com a presença de areias siltosas fofas a pouco compactas, com passagens de argilas siltosas mole a media, da Bacia Alto Xingu, da formação Ronuro, sedimento pouco consolidado, representado por areia, silte argiloso, coerentes com os obtidos nos ensaios de SPT.

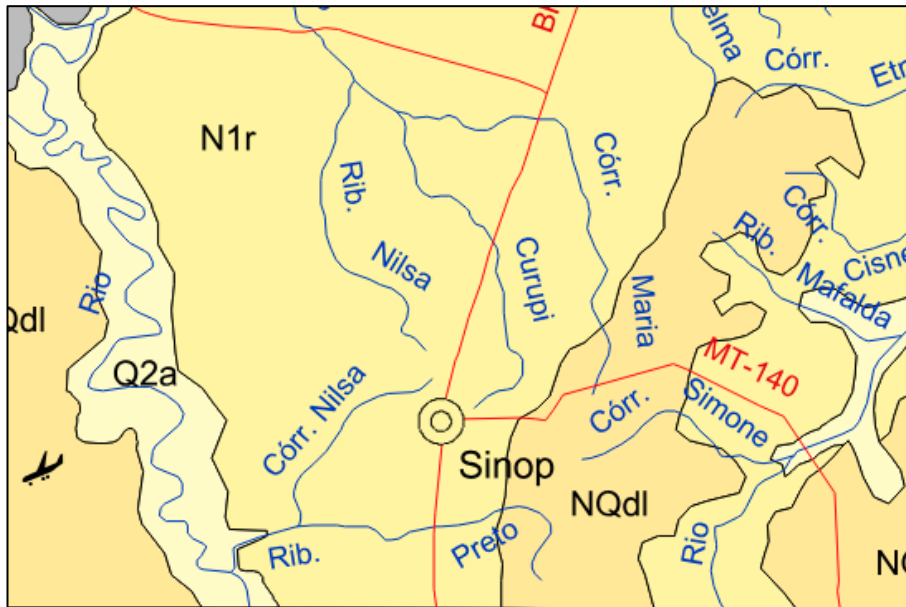


Figura 1- Mapa Geológico do Alto Xingu

2 CARACTERÍSTICAS DO PROJETO E ESTUDOS REALIZADOS

Para viabilidade do projeto de fundações do referido empreendimento, foram estudadas soluções em estacas pre moldadas de concreto ou metálicas, estacas escavadas com auxílio de fluido estabilizante e estacas hélice contínua. A solução de estaca hélice, com diâmetros de 50 a 70 cm e profundidade de 30 m, foi a de melhor viabilidade técnica e econômica, apesar da limitação do equipamento disponível para a região. Foram executadas 3 campanhas de sondagens a percussão, com 2 empresas diferentes, resumidas na campanha 3, cujos resultados apresentaram algumas divergências.

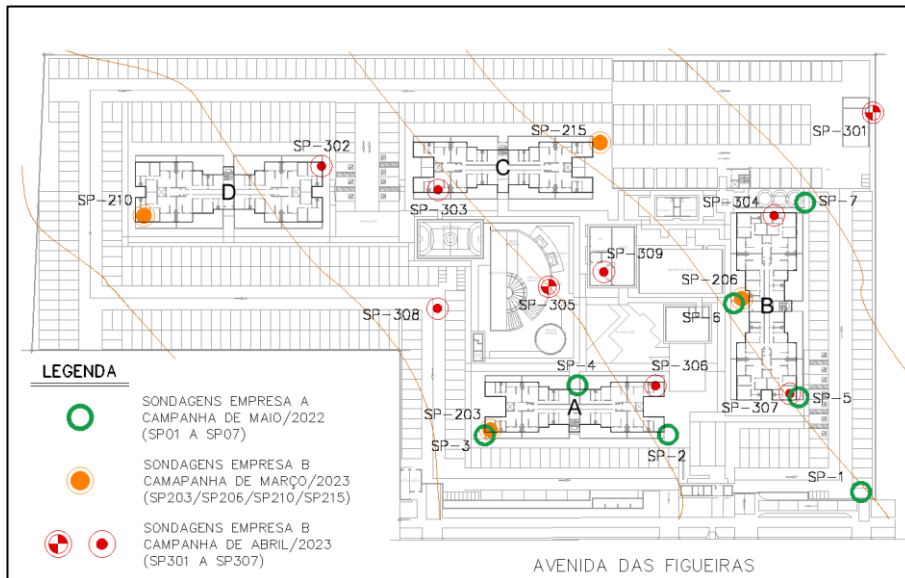


Figura 2 – Localização das Sondagens

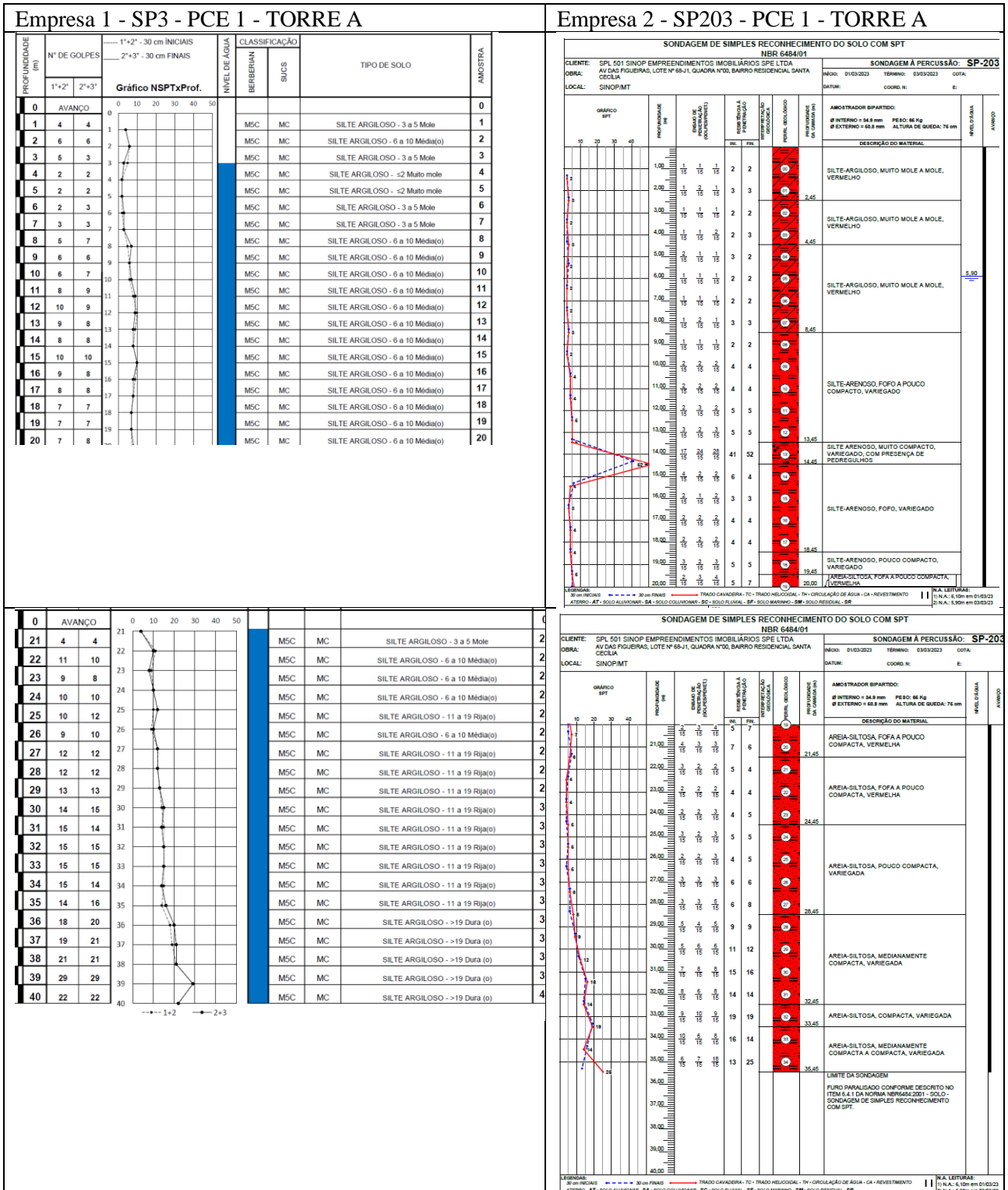


Figura 3 - Comparativo das sondagens SP3 - Empresa A x SP203 - Empresa B

Critério Comparativo	SP03- Empresa A	SP203- Empresa B	Diferença Atrito PL-A/B
Somatório de SPT	221	143	54%
Carga Ruptura Metodo Alonso KN	PL=1469 PP=405 PR=1874	PL=951 PP=545 PR=1496	54%
Davi Cabral	PL=1214 PP=550 PR=1764	PL=974 PP=687 PR=1662	24,6%
Decourt Quaresma	PL=1627 PP=165 PR=1791	PL=1053 PP=329 PR=1382	54,5%
Expectativa do projeto - Ruptura Com FS =1,6 (prova de carga previa)	PL=1000 PR=1600	PL=1000 PR=1600	

Tabela 1 - TORRE A – PCE 1- SP03x SP203 - Resumo comparativo dos resultados das sondagens e calculos de capacidade de carga pelos Metodos Alonso x Davi Cabral- estaca de 60 cm

Critério Comparativo	SP06- Empresa A	SP206- Empresa B	Diferença A/B
Somatório de SPT	237	145	63%
Carga Ruptura Metodo Alonso KN	PL=1576 PP=405 PR= 1981	PL=964 PP=358 PR=1323	63%
Davi Cabral	PL=1302 PP=537 PR=1839	PL=988 PP=524 PR=1511	31,8%
Decourt Quaresma	PL=1711 PP=160 PR=1871	PL=1047 PP=251 PR=1298	63%
Expectativa do projeto - Ruptura Com FS =1,6 (prova de carga previa)	PL=1000 PR=1600	PL=1000 PR=1600	

Tabela 2 - TORRE B – PCE 2- SP06x SP206 - Resumo comparativo dos resultados das sondagens e calculos de capacidade de carga pelos Metodos Alonso x Davi Cabral - estaca de 60 cm

Em função dos resultados dos ensaios , para efeito qualitativo ,

Critério Comparativo	SP203 PCE1 - Torre A	SP206 PCE2 - Torre B	SP215 PCE3 - Torre C	SP210 PCE4 - Torre D
Somatorio de SPT	143	145	151	156
Carga Ruptura Metodo Alonso KN	PL=951 PP=545 PR=1496	PL=964 PP=358 PR=1323	PL=1004 PP=398 PR= 1402	PL=1242 PP=633 PR= 1875
Davi Cabral	PL=974 PP=687 PR=1662	PL=988 PP=524 PR=1511	PL=1091 PP=589 PR= 1680	PL=1317 PP=942 PR= 2259
Decourt Quaresma	PL=1053 PP=329 PR=1382	PL=1047 PP=251 PR=1298	PL=1090 PP=321 PR=1411	PL=1126 PP=384 PR=1510

Tabela 3 - Estimativa das cargas de ruptura das estacas ensaiadas pelos métodos de Alonso, David Cabral e decourt Quaresma – estaca de 60 cm

Foram aplicados os critérios de aceitação de Teixeira, A.H. e Rocha H. para a segunda campanha, sem resultados consistentes, conforme mostra a figura abaixo, onde a linha tracejada em vermelho seria o aceitável. Ambas as campanhas ficaram abaixo da linha aceitável, indicando de forma mais evidente a necessidade da prova de carga prévia.

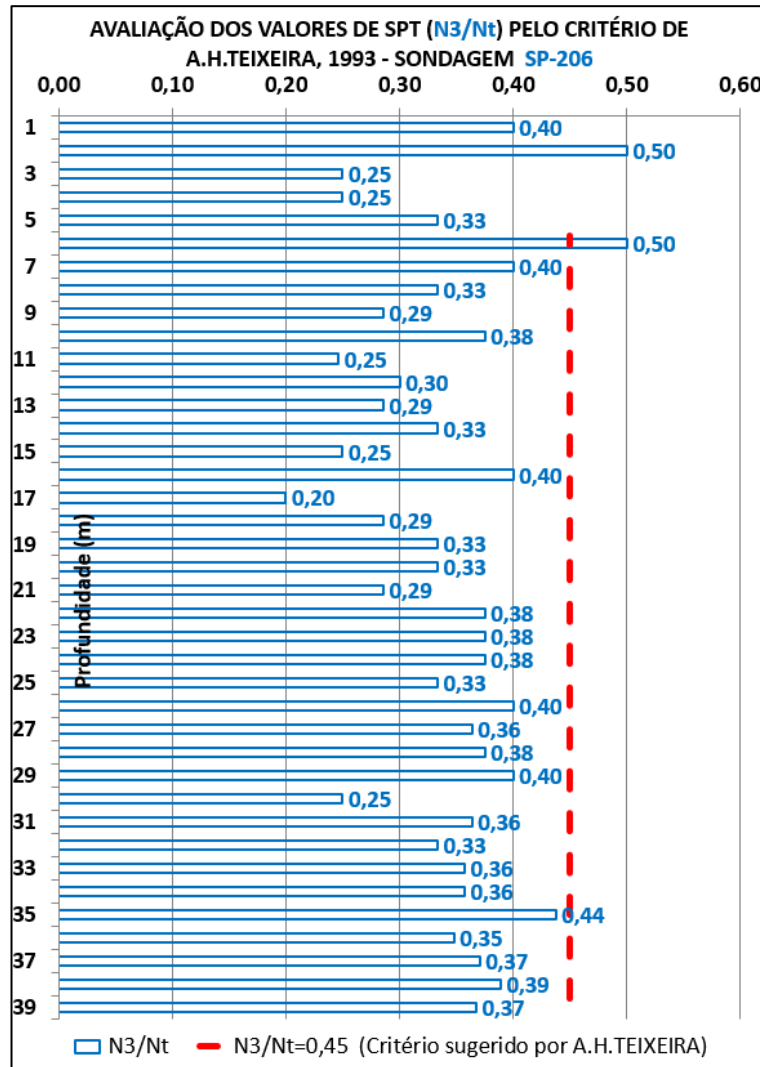


Figura 4 - Critério de Aceitação Teixeira Resumo dos SPT para - SP 206

Como as investigações geotécnicas se mostravam inconclusivas e devido à necessidade de tentar viabilizar o projeto, foi analisada a tese de mestrado de Romanini, A.(2019), que apresenta um estudo de mais 100 sondagens no perímetro urbano de Sinop - MT, além de resultados das provas de carga realizadas na mesma região.

Foram encontradas semelhanças nas sondagens das Edificações A e B, em relação a somatória do SPT, em torno de 124 a 160 golpes para 30 m.

Critério Comparativo	SPT01 Edificação A	SPT02 Edificação A	SPT01 Edificação B	SPT02 Edificação B	SPT MÉDIO 100 ensaios
Somatório de SPT	147	159	124	126	188

Tabela 4 - Comparativo das somatórias de SPT da obra em questão x banco de dados Romanini

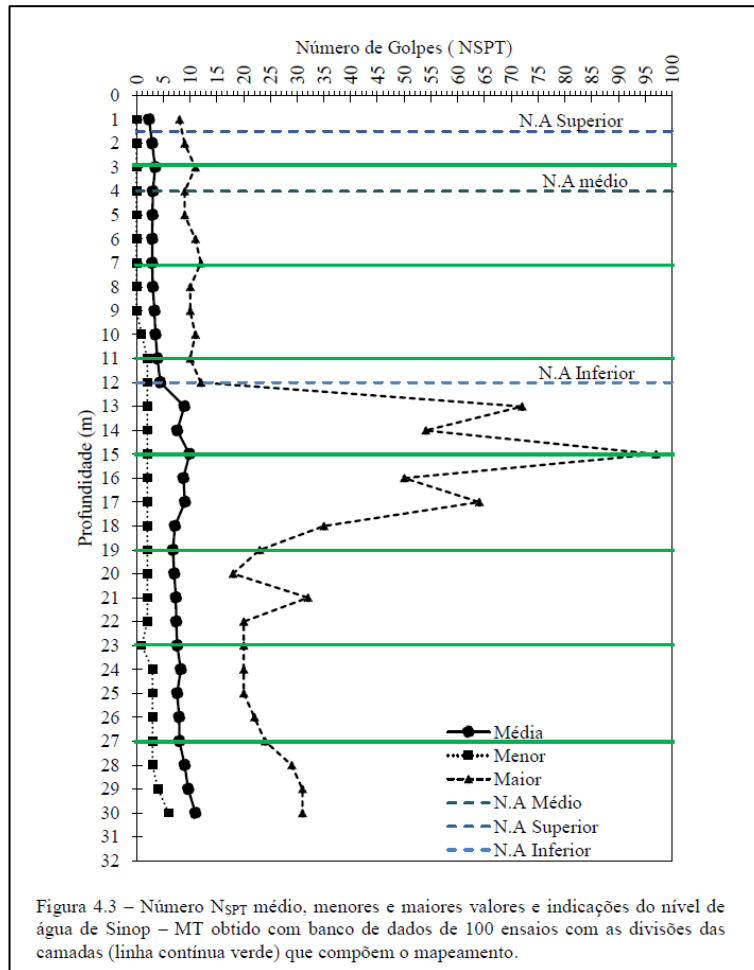


Figura 5 – Banco de Dados das Sondagens - Romanini

Os resultados das sondagens à percussão mostravam solos extremamente incompetentes conduzindo a estacas com comprimentos longos e baixa capacidade de carga. As provas de carga foram fundamentais para a definição da carga de trabalho das estacas.

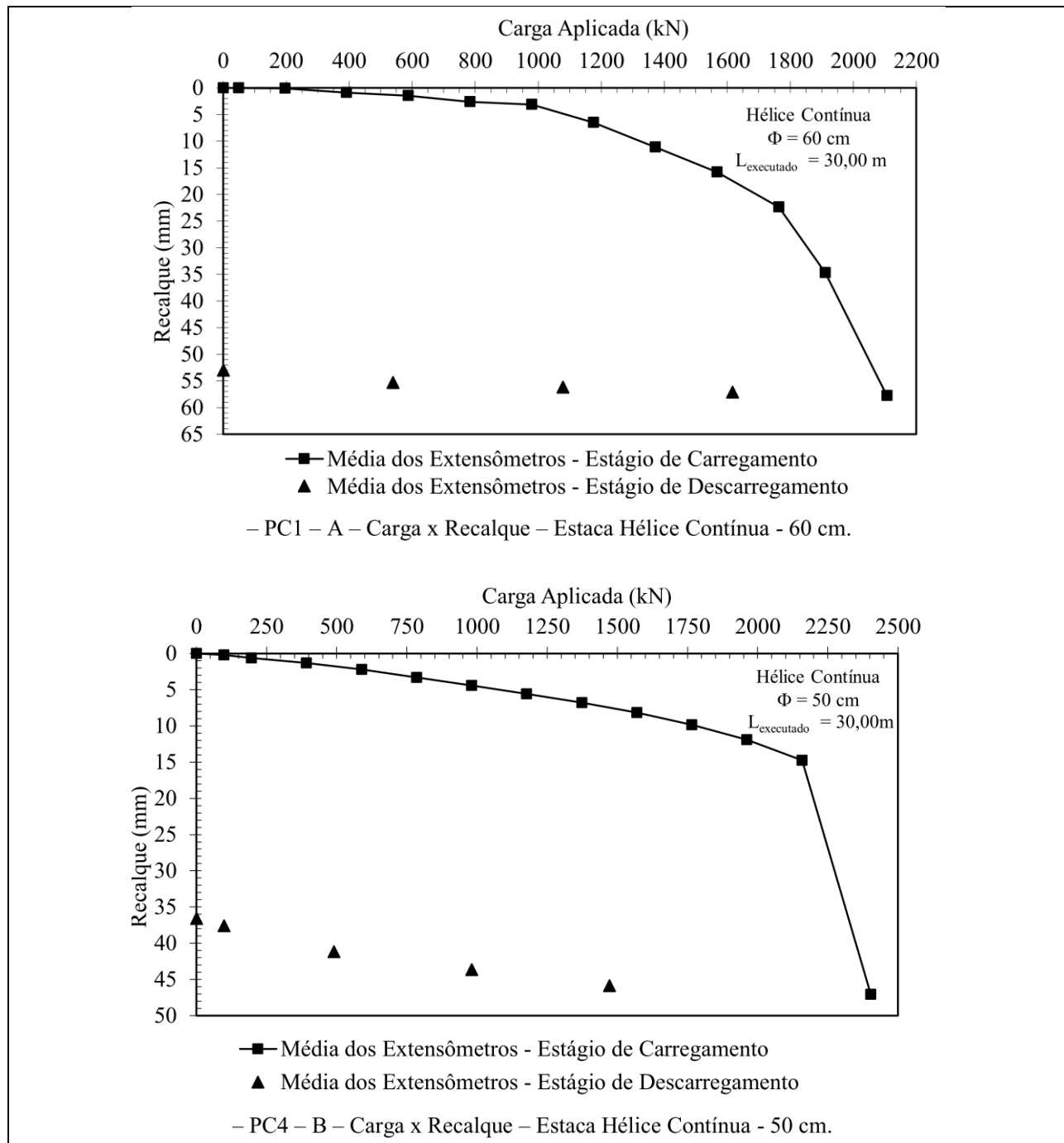


Figura 6 – Provas de Carga das edificações A (PCE01) e B (PCE04)

3 ENSAIOS COMPLEMENTARES REALIZADOS

3.1 Resultados das provas de cargas prévias

A implantação mostrada na Figura 7, indica as locações das provas de carga estáticas prévias e alguns ensaios de carregamento dinâmico.

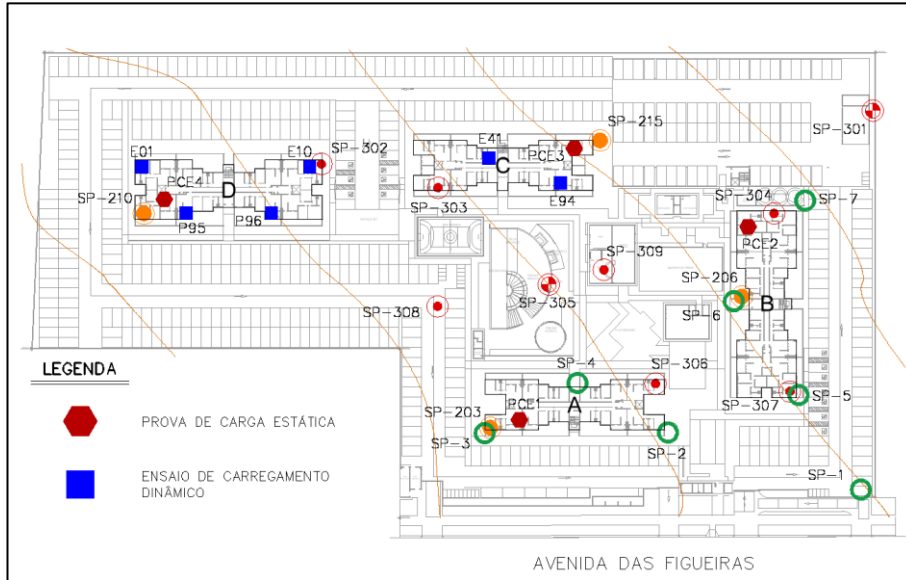


Figura 7 – Croqui de localização das provas de carga

Os resultados das 4 provas de carga prévias são mostrados na figura 8. Nota-se excelente desempenho para as Torres A e B e deslocamentos mais elevados para as demais torres, principalmente na região da Torre C.

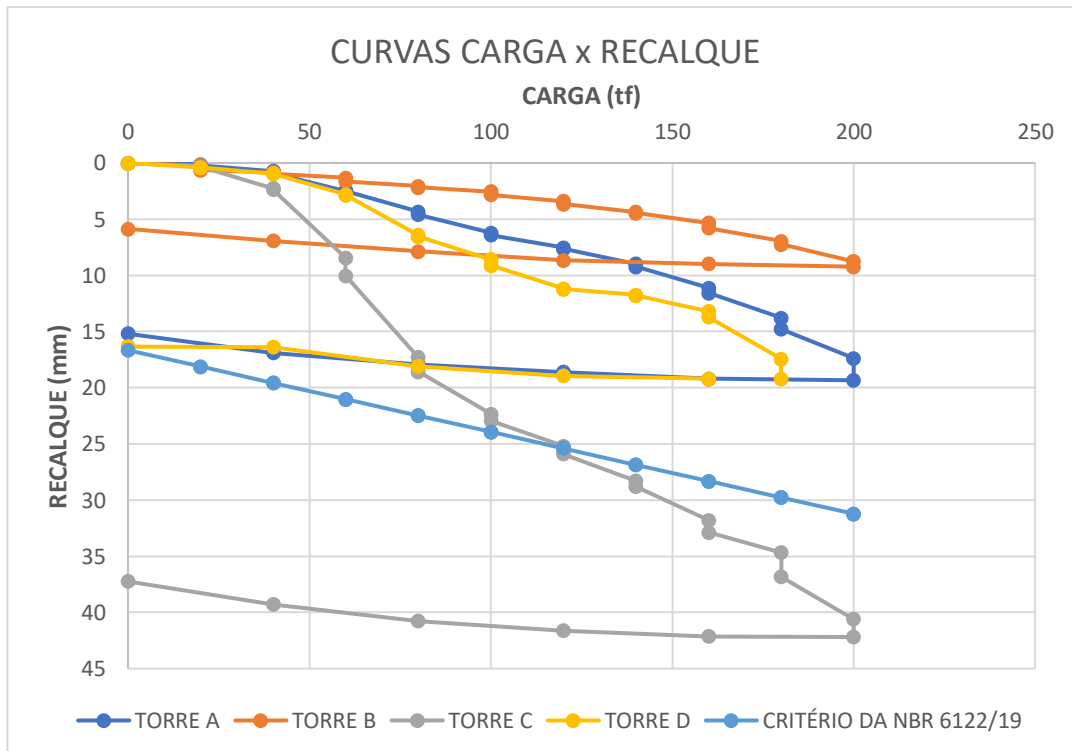


Figura 8 - Resultados das provas de carga estáticas para as Torres A a D –
Cargas em KN x Recalques em mm
Estacas com diâmetro 50 cm comprimento de 30 m

Em função dos resultados, foi realizada campanha complementar de ensaios de carregamento dinâmico, para tomada de decisão quanto a carga de trabalho a ser adotada, tendo em vista os recalques elevados na região da Torre C, além de medidas residuais.

3.2 Ensaios de carregamento dinâmico:

A seguir os resultados dos ensaios de carregamento dinâmico que foram realizados nas Torres C e D, em complemento às provas de carga estática:

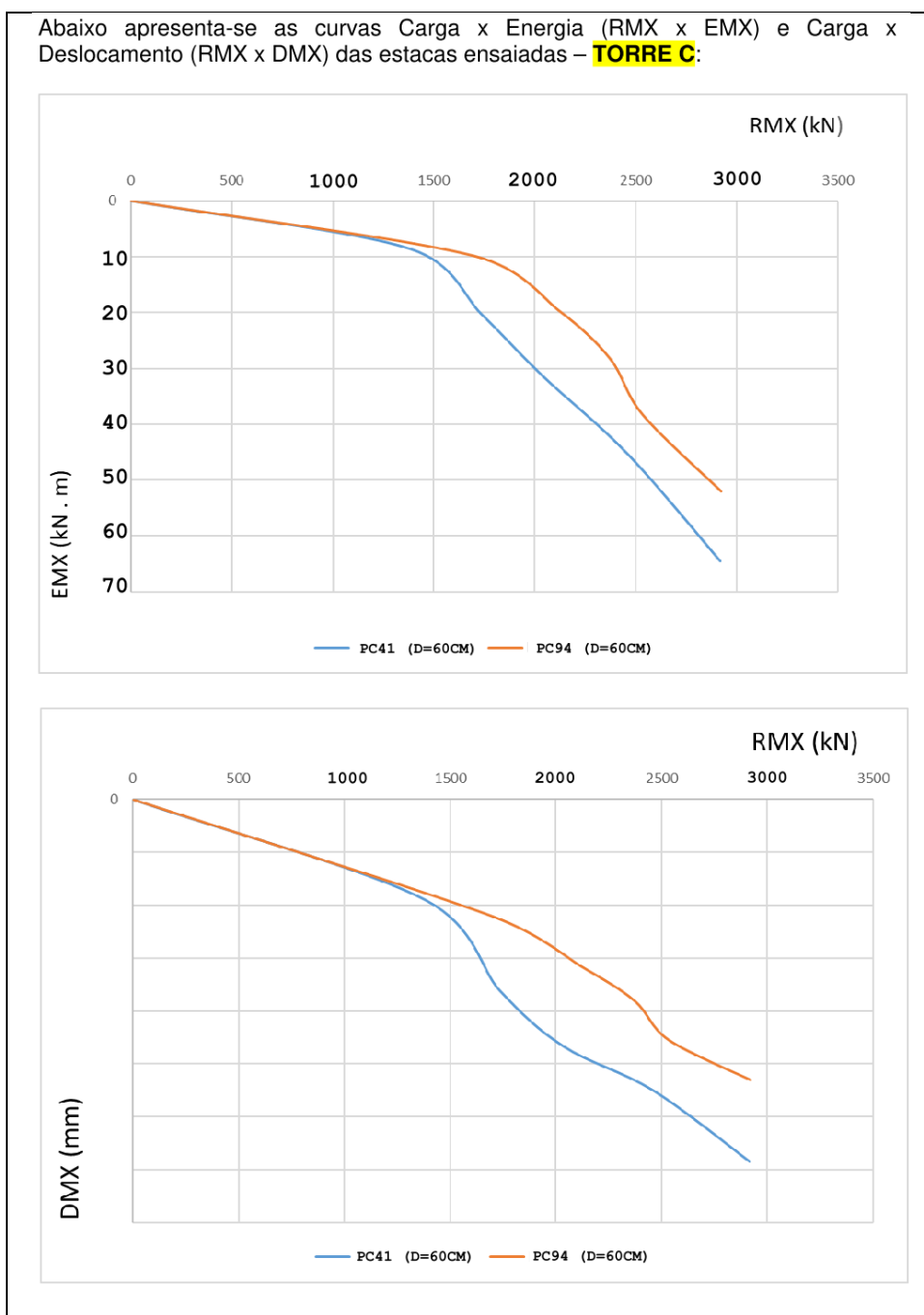


Figura 9 – Resultados CAPWAP Carga x Energia e RMX x DMX da Torre C

Abaixo apresenta-se as curvas Carga x Energia (RMX x EMX) e Carga x Deslocamento (RMX x DMX) das estacas ensaiadas – **TORRE D: Ø 500 mm:**

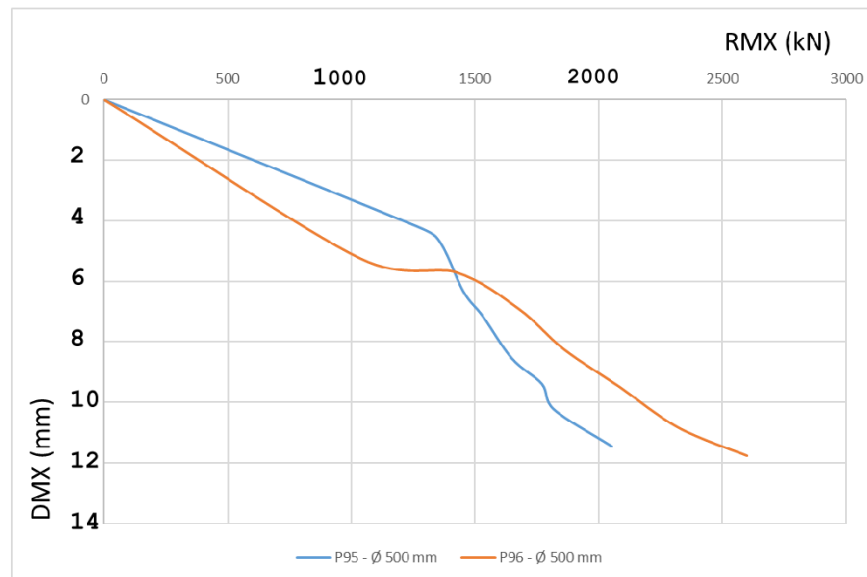
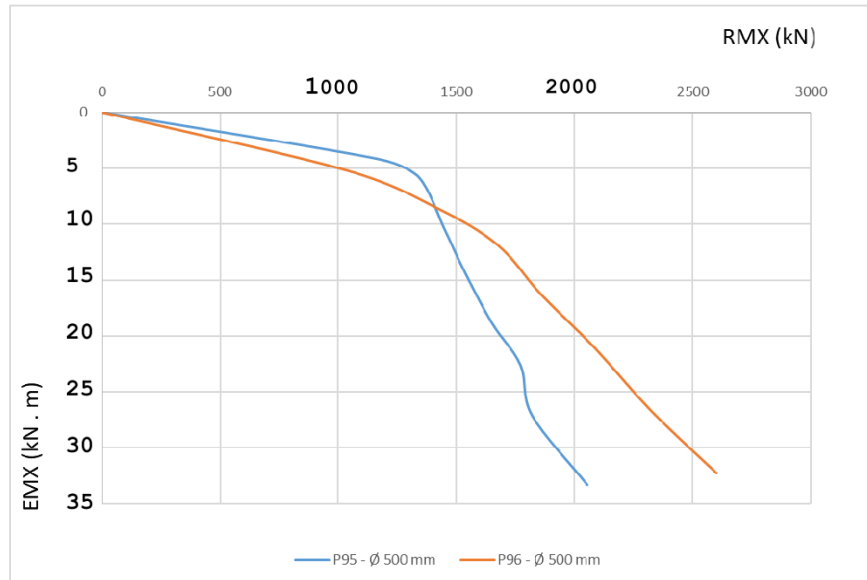


Figura 10 – Resultados CAPWAP Carga x Energia e RMX x DMX da Torre D

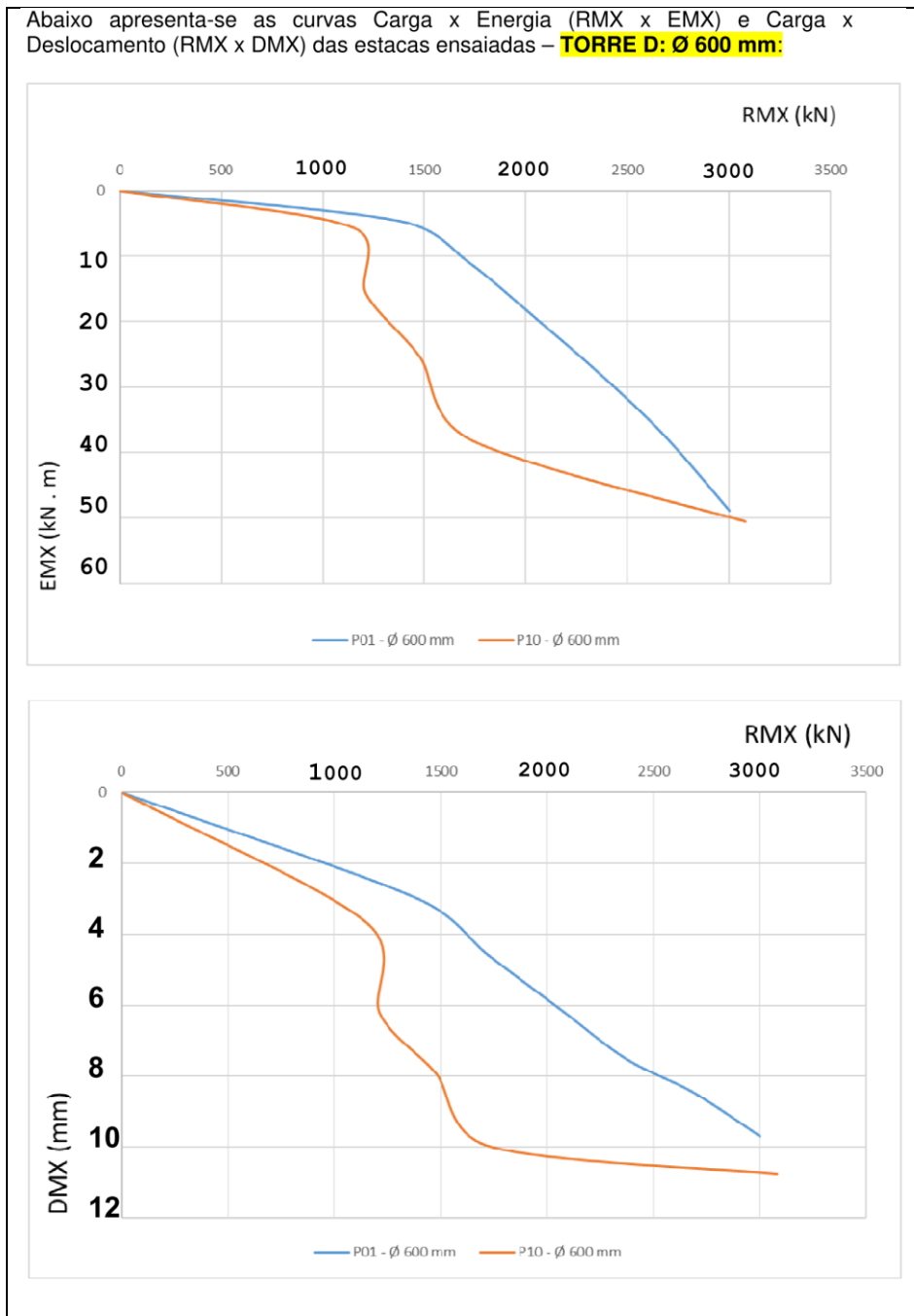


Figura 11 – Resultados CAPWAP Carga x Energia e RMX x DMX da Torre D

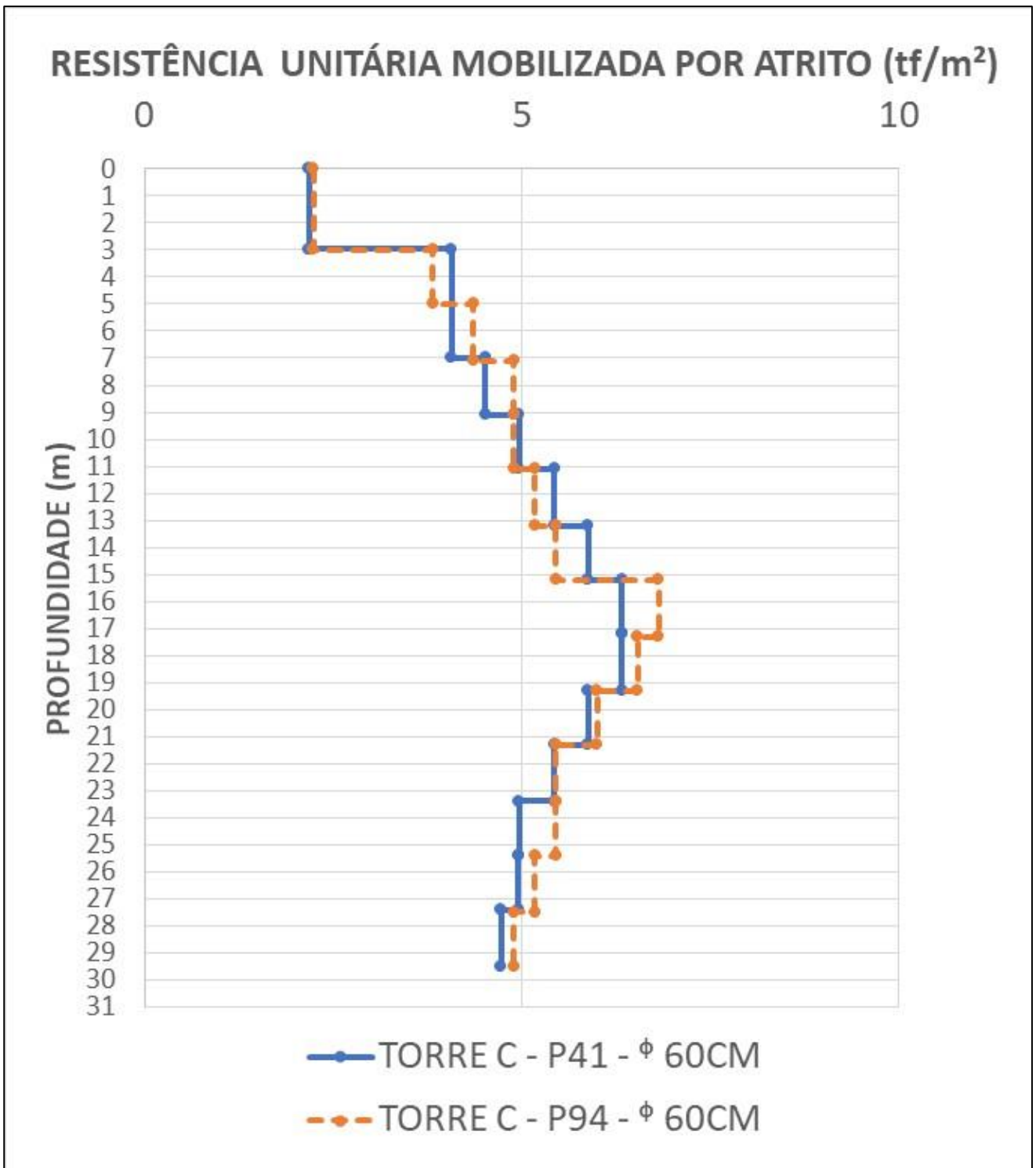


Figura 9 - Resultados obtidos do CAPWAP das resistências unitárias obtidas a partir dos ensaios de Carregamento Dinâmico nas estacas da **Torre C** - 2 estacas Ø 60 cm

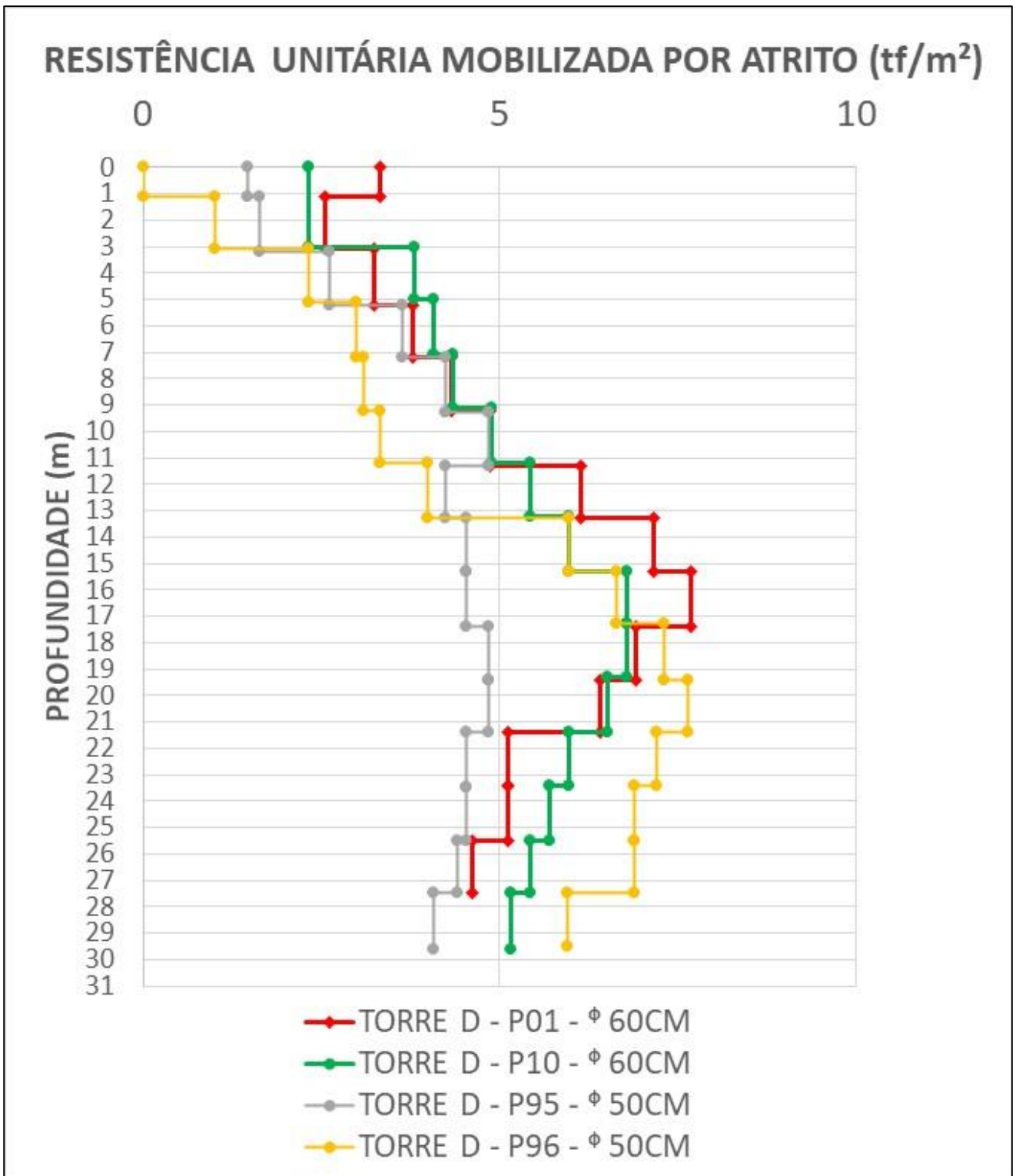


Figura 10 - Resultados CAPWAP das resistências unitárias obtidas a partir dos ensaios de Carregamento Dinâmico nas estacas da Torre D - 2 estacas Ø 50 cm e 2 Ø 60cm – Fonte Fundatest

Nas próximas figuras 14 , 15 e 16 , estão representadas as sobreposições dos resultados das 4 provas de carga prévias conforme a figura 8 e os ensaios de carregamento dinâmico nas respectivas torres (figuras 10 e 11) . Nota-se uma diferença entre as 2 metodologias.
Na Torre C, os diâmetros ensaiados foram diferentes, 50 cm para os ensaios estaticos (PCE -50 cm) e 60 cm para os ensaios dinamicos (PDA -60 cm).

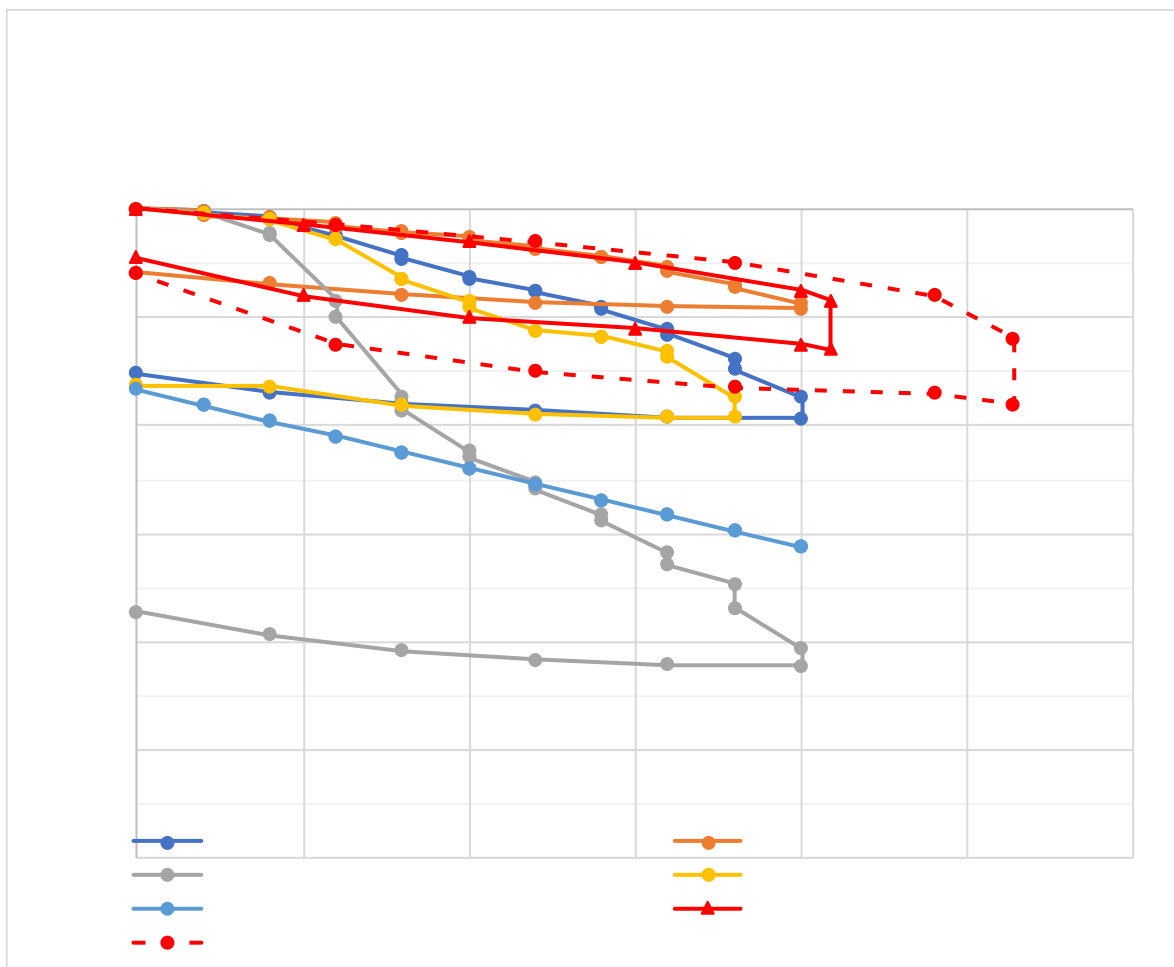


Figura 14- Resultados das provas de carga estáticas para as Torres A a D (PCE – 50 cm) mais PDA -50 cm (TORRE D) –

Cargas em KN x Recalques em mm
Todas Estacas com diâmetro 50 cm comprimento de 30 m

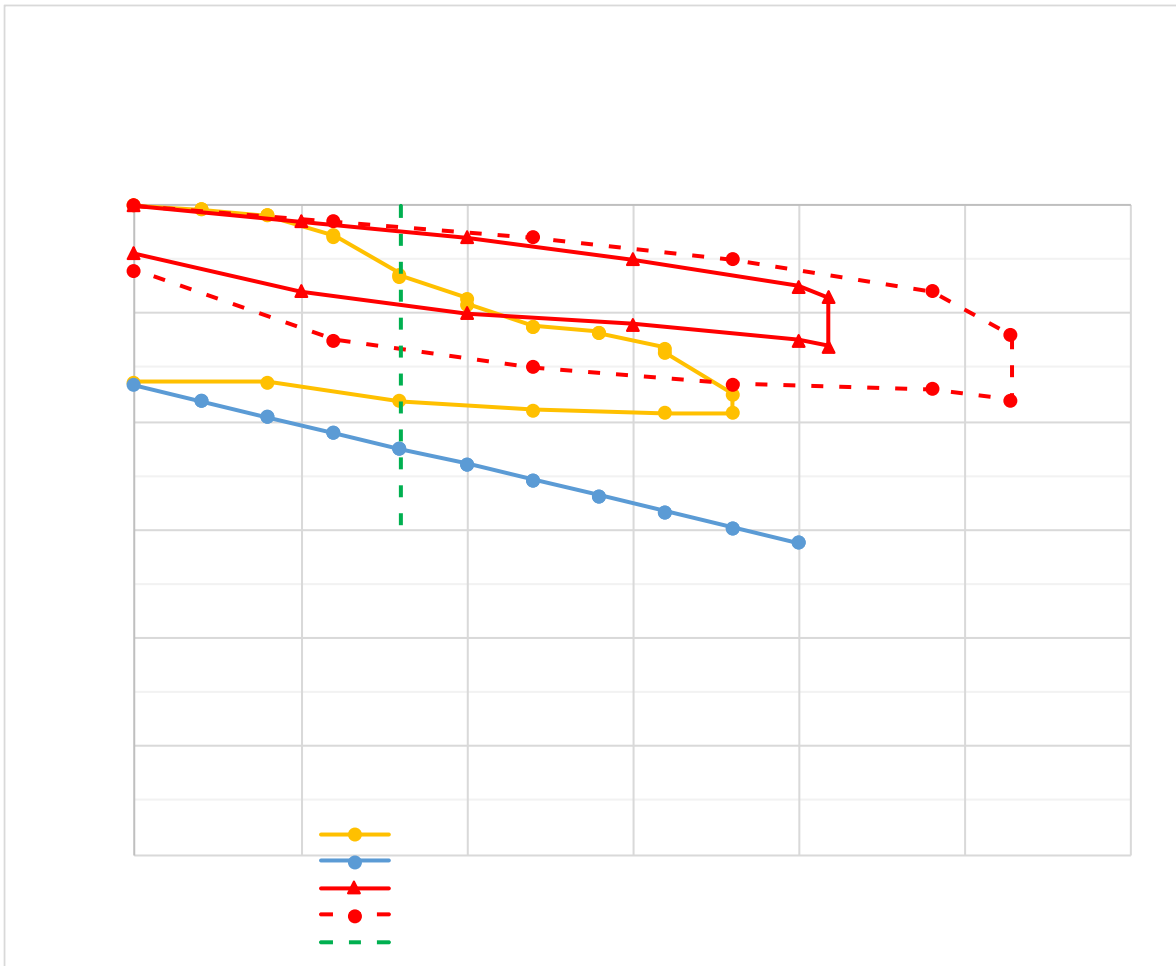


Figura 15- Resultados das provas de carga estáticas para a Torre D (PCE – 50 cm) mais PDA -50 cm
Cargas em KN x Recalques em mm
Todas Estacas com diâmetro 50 cm comprimento de 30 m

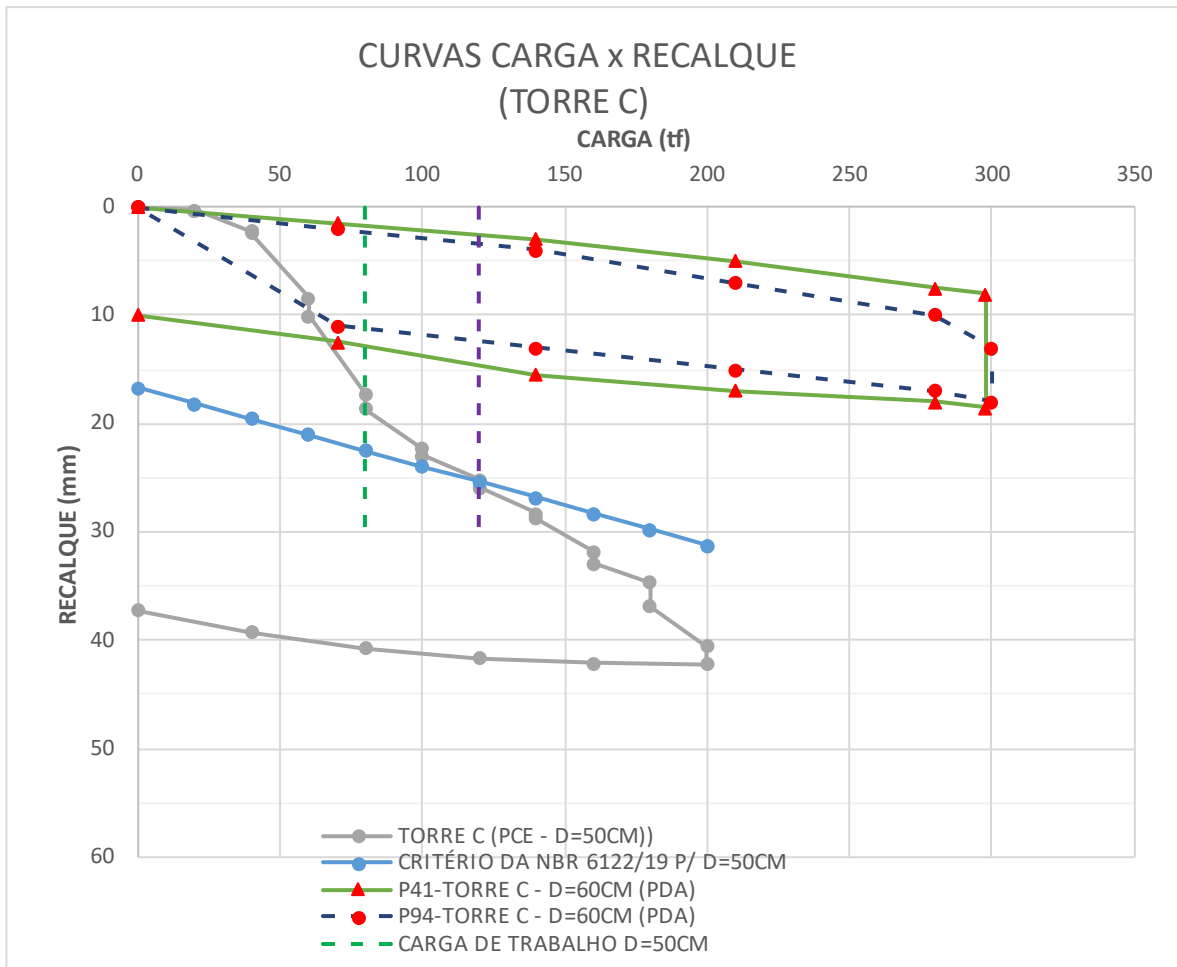


Figura 16- Resultados das provas de carga estáticas para a Torre C (PCE – 50 cm) **mais PDA -60 cm**
 Cargas em KN x Recalques em mm
 Estacas com diâmetro 50 cm e 60cm comprimento de 30 m

4. CONCLUSÕES:

Os resultados das provas de carga estáticas atingiram valores muito superiores aos obtidos nos métodos de cálculo de capacidade de carga semi empíricos utilizados, chegando a 200 tf sem indícios de ruptura. Como se esperava em estacas longas, o atrito lateral atingiu 90% da carga mobilizada da estaca nos ensaios de carregamento dinâmico.

O critério utilizado para definição da carga de trabalho foi a limitação das deformações de modo a evitar patologias no edifício de alvenaria estrutural. Atenuar as cargas de trabalho em parte das Torres C e D, foi o melhor caminho para minimizar eventuais recalques diferenciais.

Os resultados obtidos nos ensaios de carregamento dinâmico foram satisfatórios e complementaram as análises.

Para a carga de trabalho adotada são esperados recalques entre 10 a 15 mm e distorção angular máxima de 1/600. Caso utilizasse o critério de ruptura, com fator segurança 1,6 os recalques estimados poderiam atingir de 25 a 40 mm, com a distorção angular podendo chegar a 1/200.

O acompanhamento técnico da obra (ATO), ao lado do dimensionamento correto, é um fator essencial para garantia de sucesso, dadas as dificuldades técnicas superadas durante a execução das estacas.

A experiência local é fator preponderante para economia e viabilidade de empreendimentos. É importante a formação de um banco de dados e métodos observacionais em regiões ainda pouco exploradas e com poucos ensaios geotécnicos, para definir um método de cálculo de capacidade de carga mais aderente ao local, como já observado por vários autores. O controle de recalques previsto agregará mais informações para empreendimentos futuros.

AGRADECIMENTOS

A equipe técnica ZF, parceiros e fornecedores de serviço do empreendimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Albuquerque, P.J.A.; Garcia, J. R. (2020) Livro Engenharia de Fundações.

Alonso, Urbano Rodriguez (1996) Estacas hélice contínua com monitoração eletrônica: previsão da capacidade de carga através do ensaio SPT-T. Anais do 3º Seminário de Engenharia de Fundações Especiais e Geotecnia, v. 2, p. 141-151, 1996.

Antunes, W. R.; CABRAL, D. A. Capacidade de carga de estacas hélice contínua. 3º Seminário de Engenharia de Fundações e Geotecnia. São Paulo, v. 2, p. 105-109, 1996.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2006). NBR 12131. *Estacas- Prova de carga estática: método de ensaio*. Rio de Janeiro.

Banco de Dados interno da ZF Engenheiros Associados

Bjerrum, L. Allowable Settlement of structures. European Conference Soil Mechanics Foundation Engineer - Anais. Weisbaden (1963).

Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo da CPRM – Serviço Geológico do Brasil.

Décourt, L.; Quaresma Artur R. (1978); Capacidade de carga de estacas a partir de valores de SPT. In: Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações. V.11, p. 45-53.

Décourt, L. (2008) Provas de carga em estacas podem dizer muito mais do que têm dito. VI SEFE. Fundações profundas, v. 1, p. 221-245, 2008.

Rocha, H. (2011); Terreno Crítico. Revista Téchene, São Paulo, nº 172, p 30-35, jul/2011.

Romanini, Augusto (2019). Análise geotécnica em estacas hélice contínua no município de Sinop-MT. 2019.

Teixeira, A.H. (1993). Um aperfeiçoamento das sondagens de simples reconhecimento a percussão. IN: Solos do Interior de São Paulo, ABMS, Núcleo Regional de São Paulo, São Carlos, Brasil, p 75-93