

Gestão

Economia

Ensaio durante as obras são a chave para a redução de custos

Verificação e a conferência de dados ao longo da execução do projeto podem racionalizar o uso de insumos e assegurar o cumprimento do cronograma de construção. Veja exemplos

Por Alexandra Gonzalez e Giovanni Gerolla
Edição 186 - Janeiro/2017 - Construção Mercado



Modelo renderizado e inserido na paisagem de Goiânia (GO) do Kingdom Park Residence

Depois de permanecer fechado por duas décadas, em 2014 o Groupe Allard reabriu o antigo Hospital Matarazzo, ao lado da Avenida Paulista, com uma exposição de arte contemporânea que reuniu 100 renomados artistas plásticos na mostra Made By... Feito por Brasileiros. Agora, o local, com 70 mil metros quadrados, vem passando por uma revitalização completa, que deverá ser concluída em 2018 com a inauguração do Cidade Matarazzo, que leva a assinatura do arquiteto Jean Nouvel.

O espaço manterá as características de prédio histórico protegido pelo Condephaat ao oferecer o primeiro hotel seis estrelas da América Latina, além de um complexo de lojas, restaurantes, cinema, teatro, centro de exposições, salas de eventos, galeria de arte e jardins.

Mauricio Linn Bianchi, diretor técnico do Groupe Allard e vice-presidente do Sinduscon-SP, atua nesse grande empreendimento reduzindo custos e otimizando processos, ao lançar mão de ensaios, que podem ser adotados antes do próprio projeto executivo, ou durante sua execução. "As obras que orçamos antes das concorrências têm sido entregues com redução de custos", afirma Bianchi.

O conta que a Tessler Gerenciadora, que os representa como proprietários perante as contratadas, tem todos os elementos sob controle e incentiva o uso de ensaios, fomentando ganhos compartilhados. Mas a vantagem de realizar testes não é apenas econômico-financeira. Dependendo do porte da obra, a segurança é quesito indispensável.

Outra empresa que só tem colhido bons frutos dos ensaios técnicos é a Sim Engenharia e Empreendimentos, de Goiânia. No caso de seu Kingdom Park Residence, com conclusão prevista para fevereiro de 2019, ensaios de prova de carga estática permitiram revisar o projeto de fundações, a fim de fixar a profundidade média das estacas em 22,6 metros, que alterou para mais os quantitativos inicialmente previstos, com consequente elevação dos custos orçados. No entanto, proporcionou uma execução muito mais segura, com total controle de qualidade do sistema, sem surpresas nem desperdícios, e sem atrasos no cronograma, seja por retrabalhos, seja por serviços de correção não listados.

"O objetivo principal dos ensaios de prova de carga, além de atender a exigências da ABNT NBR 6122/2010, era avaliar com precisão e realidade todos os parâmetros de dimensionamento empregados no projeto", justifica o civil da Sim, responsável técnico pela obra do Kingdom Park, Hugo Alexandre de Araújo.

Sondagens múltiplas e provas de carga

O anteprojeto de fundações do Kingdom Park Residence havia sido desenvolvido pela Engesol Engenharia de Solos, com base em um laudo de sondagens SPT executadas a partir do terreno natural, e apontava para a possibilidade de estacas tipo hélice contínua monitorada de profundidade de 16 metros. Um primeiro orçamento encontrou lastro nesse parâmetro.

"Decidimos, no entanto, que as demais fases do projeto de fundações só prosseguiriam com a realização de novas sondagens, depois da escavação do terreno, e a partir do nível do que viria a ser o subsolo 2 do edifício", conta Araújo.

SONDAGEM DE RECONHECIMENTO - SPT

Cliente: Sim Engenharia			SP 01
Obra: Residencial			
Local: Rua C248, Quadra 131, Lote 18, Setor Nova Suíça, Goiânia - GO			
Ref. n.º: 024-16	Data: 20/04/2016	Cota do furo: - 5,51 m	

PERFIL GEOTECNICO

Nível d'água	Amostra	Profundidade (m)	Penetração SPT - N golpes/30cm		GRÁFICO					NÍVEL D'ÁGUA		Tipo de Solo	Consistência / Compacidade		
		 1ª + 2ª penetrações							1,27 m					
		 2ª + 3ª penetrações		1ª+2ª	2ª+3ª	10	20	30	40	50			INÍCIO LAVAGEM	
										2,00 m		15/04/2016			
										20,07 m		CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL			
	00	-1,30													
	1	-2,30	7	9								2	Média(e)		
	2	-3,30	8	11								2	Rija(e)		
	3	-4,30	9	14								2	Rija(e)		
	4	-5,30	6	9								2	Média(e)		
	5	-6,30	7	10								2	Média(e)		
	6	-7,30	9	13								2	Rija(e)		
	7	-8,30	11	15								2	Rija(e)		
	8	-9,30	13	19								2	Rija(e)		
	9	-10,30	13	19								3	Compacto(a)		
	10	-11,30	13	19								3	Compacto(a)		
	11	-12,30	14	21								3	Compacto(a)		
	12	-13,30	9	13								3	Mediamente Compacto(a)		
	13	-14,30	10	17								3	Mediamente Compacto(a)		
	14	-15,30	18	27								3	Compacto(a)		
	15	-16,30	39/28	27/13								3	Muito Compacto(a)		
	16	-17,30	26	38								3	Compacto(a)		
	17	-18,30	29	45/27								3	Muito Compacto(a)		
	18	-19,30	36	50/25								3	Muito Compacto(a)		
	19	-20,30	45/25	27/10								3	Muito Compacto(a)		
	20	-21,30	27/7	-								3	Muito Compacto(a)		

Obs. O nível d'água foi encontrado, verificado em 16/04/2016 às 17:30 horas.

SONDAGEM DE RECONHECIMENTO - SPT

Cliente: Sim Engenharia			SP 01
Obra: Residencial			
Local: Rua C248, Quadra 131, Lote 18, Setor Nova Suíça, Goiânia - GO.			
Ref. n.º: 024-16	Data: 20/04/2016	Cota do furo: - 5,51 m	

PERFIL GEOTECNICO

Nível d'água	Amostra	Profundidade (m)	Penetração SPT - N golpes/30cm		GRÁFICO					NÍVEL D'ÁGUA		Tipo de Solo	Consistência / Compacidade	
		 1ª + 2ª penetrações							1,27 m				
		 2ª + 3ª penetrações		1ª+2ª	2ª+3ª	10	20	30	40	50			INÍCIO LAVAGEM
	00	-1,30												
	1	-2,30	7	9								2	Meda(s)	
	2	-3,30	8	11								2	Rja(s)	
	3	-4,30	9	14								2	Rja(s)	
	4	-5,30	6	9								2	Meda(s)	
	5	-6,30	7	10								2	Meda(s)	
	6	-7,30	9	13								2	Rja(s)	
	7	-8,30	11	15								2	Rja(s)	
	8	-9,30	13	19								2	Rja(s)	
	9	-10,30	13	19								3	Compacto(a)	
	10	-11,30	13	19								3	Compacto(a)	
	11	-12,30	14	21								3	Compacto(a)	
	12	-13,30	9	13								3	Mediamente Compacto(a)	
	13	-14,30	10	17								3	Mediamente Compacto(a)	
	14	-15,30	18	27								3	Compacto(a)	
	15	-16,30	39/28	27/13								3	Muito Compacto(a)	
	16	-17,30	26	38								3	Compacto(a)	
	17	-18,30	29	45/27								3	Muito Compacto(a)	
	18	-19,30	36	50/25								3	Muito Compacto(a)	
	19	-20,30	45/25	27/10								3	Muito Compacto(a)	
	20	-21,30	27/7	-								3	Muito Compacto(a)	

Obs. O nível d'água foi encontrado, verificado em 16/04/2016 às 17:30 horas.

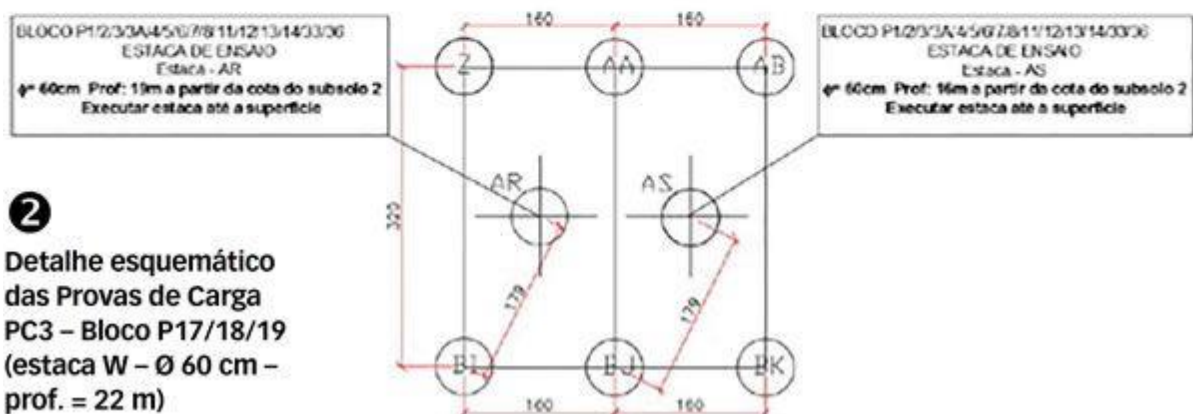
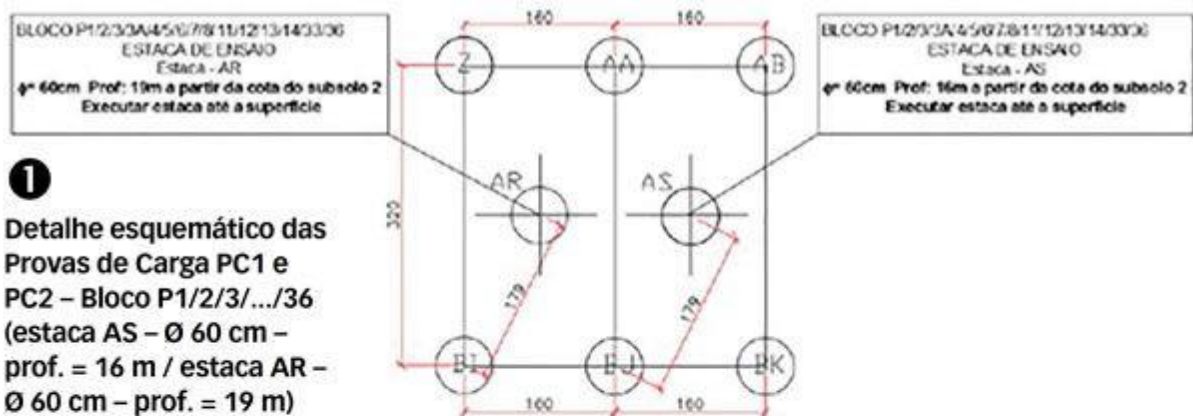
Sondagem SPT - SP 02, executada pela Engesol Engenharia de Solos

Zelo nunca é demais, e as sondagens realmente provaram que seria necessário ajustar a profundidade das estacas para 19 metros. O projeto, porém, ainda não estava definido, porque também era preciso atender a NBR 6.122/2010, que impõe a execução de provas de carga estática nas obras onde são empregadas mais de 100 estacas do tipo hélice contínua - e o Kingdom Park encaixava-se nesse padrão.

"Inicialmente, promovemos um ensaio com uma estaca de 16 metros, e outro com uma de 19 metros, para confirmar, in loco, parâmetros detectados nas novas sondagens. Na sequência, procedeu-se aos ensaios de prova de carga - eles atestaram, com maior precisão, o comportamento real da estaca em relação à capacidade de carga e proporcionaram avaliação de parâmetros relativos a recalques diferenciais (interação solo-estrutura - ISE)", conta Araújo.

Foi a SCCAP Engenharia, sob a supervisão do civil Fernando Rodrigo de Aquino, que realizou a prova de carga estática. Adotou-se como sistema de reação uma viga metálica de 500 cm x 100 cm x 50 cm (espessura), ancorada em barras de aço comum e concretadas no interior de estacas do tipo hélice contínua.

"Foram executadas duas estacas em cada extremidade da viga (figuras 10 e 2?). Sobre elas, foram confeccionados blocos de coroamento com 2 centímetros de face superior acima do nível natural do terreno após o corte", completa Aquino.



CARACTERÍSTICAS DAS ESTACAS ENSAIADAS*

Prova de Carga	Estaca / Bloco	Tipo	Diâmetro (m)	Comprimento executado (m)	Data do Ensaio
PC1	Estaca AS / P1,2,3...	Hélice Contínua	0,60	16,0	19/05/2016
PC2	Estaca AR / P1,2,3...	Hélice Contínua	0,60	19,0	20/05/2016
PC3	Estaca W / P17,18,19	Hélice Contínua	0,60	22,0	27/10/2016

CARGAS APLICADAS AOS ENSAIOS*

Prova de Carga	Carga Final do Ensaio (tf)	Tipo	Diâmetro (m)	Carga de Projeto ¹	FM ²
PC1	240	Hélice Contínua	0,60	158	1,52
PC2	300	Hélice Contínua	0,60	158	1,89
PC2	260	Hélice Contínua	0,60	158	1,65

1 – Segundo informações da projetista de fundações – baseada no limite estrutural da estaca • NBR 6122/2010;

2 – FM – Fator de majoração em relação a carga de projeto da estaca.

DESLOCAMENTOS MEDIDOS NO TOPO DA ESTACA PC1*

Carga (ton)	Carga (kN)	Deslocamento Vertical				Média (mm)
		E1 (mm)	E2 (mm)	E3 (mm)	E4 (mm)	
0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10,0	98,1	0,20	0,22	0,21	0,20	0,21
30,0	294,3	0,57	0,60	0,67	0,60	0,61
60,0	588,6	1,30	1,41	1,47	1,35	1,38
90,0	882,9	1,98	2,17	2,23	2,03	2,10
120,0	1177,2	2,84	3,08	3,21	2,86	3,00
150,0	1471,5	3,94	4,28	4,36	3,90	4,12
180,0	1765,8	5,59	6,03	6,02	5,48	5,78
210,0	2060,1	10,46	11,08	10,94	10,25	10,68
240,0	2354,4	48,10	48,94	48,65	47,87	48,39
180,0	1765,8	47,74	48,53	48,19	47,73	48,05
120,0	1177,2	47,03	47,75	47,38	47,01	47,29
60,0	588,6	46,00	46,65	46,23	46,78	46,42
0,0	0,0	44,33	44,89	44,40	43,34	44,24

*Fonte: relatório técnico dos resultados das provas de carga estática a compressão - SCCAP Engenharia

Primeira prova de carga estática

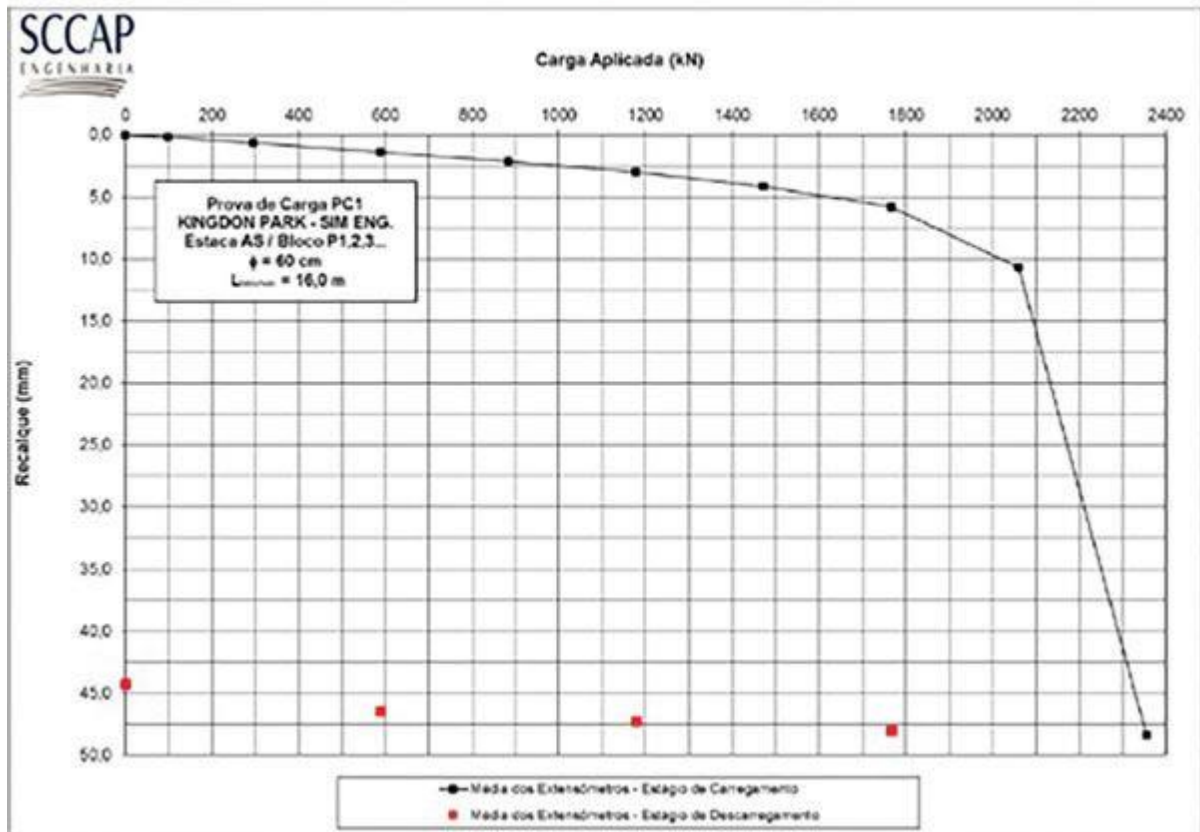
A primeira prova de carga estática descartou o uso de estacas de 16 metros (veja à direita os gráficos de Curva de Carga x Recalque, Curva de Tempo x Deslocamento e Curva de Carga x Recalque).



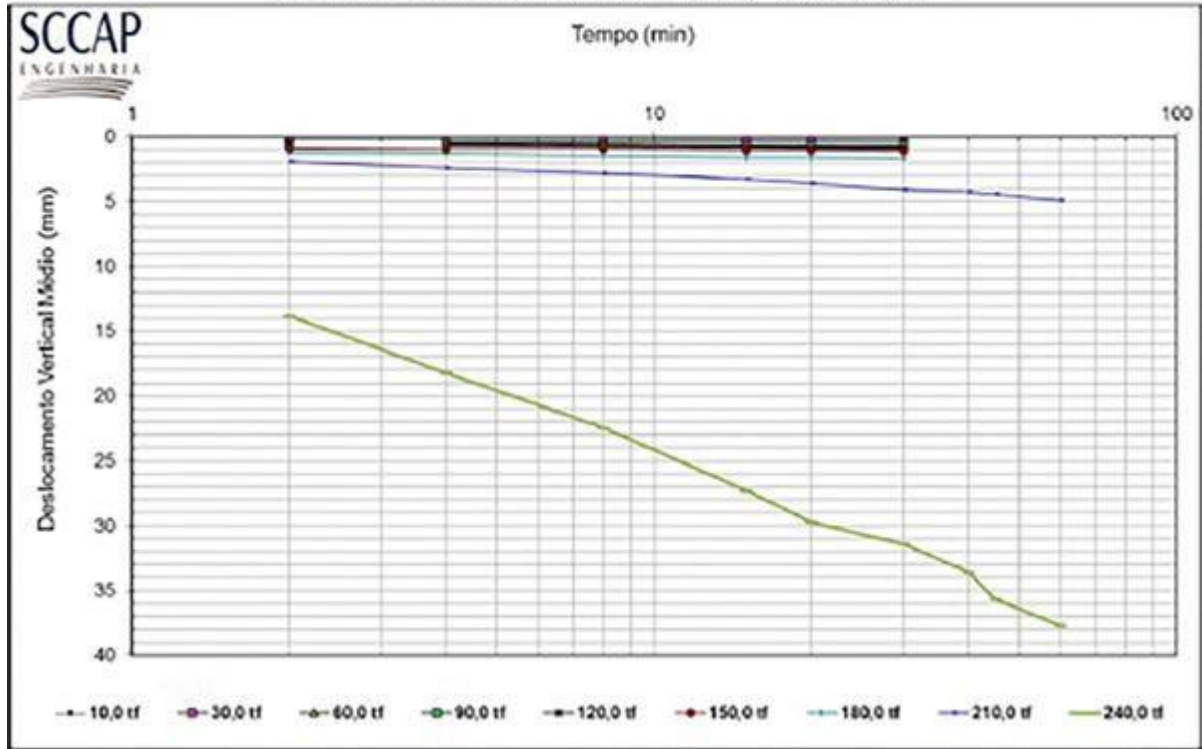
Prova de Carga Estática (PC1) realizada pela SCCAP: a vista aérea evidencia o posicionamento da estaca ensaiada e as estacas de reação

Ensaio de Prova de Carga Estática (PC1) realizada pela SCCAP Engenharia

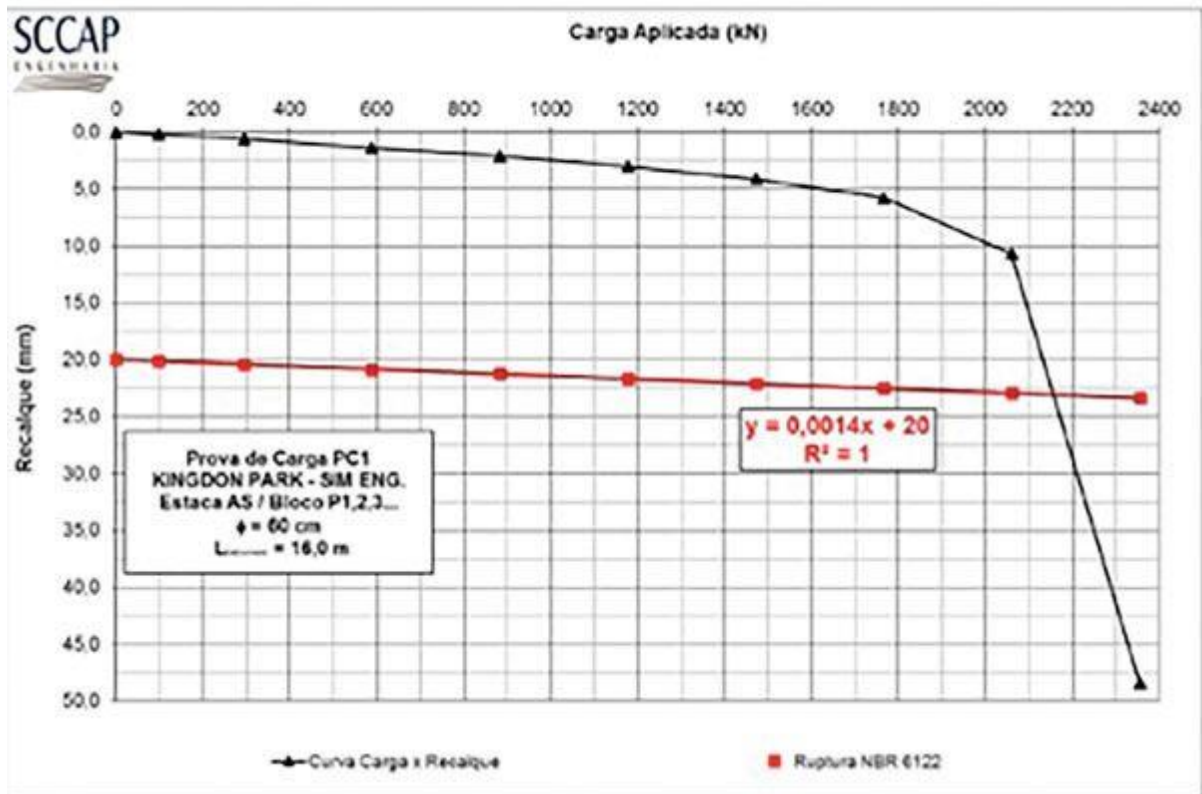
CURVA DE CARGA X RECALQUE, MÉDIA DOS MEDIDORES DE DESLOCAMENTO*



CURVAS DE TEMPO X DESLOCAMENTO – ESTACA PC1*



CURVA DE CARGA X RECALQUE – CRITÉRIOS DE RUPTURA – PC1*



Segunda prova de carga estática

Já a segunda prova de carga estática, com a estaca de 19 metros, revelou recalques, informação que foi crucial ao desenvolvimento do projeto estrutural (*veja à direita os gráficos de Curva de Carga x Recalque, Curva de Tempo x Deslocamento e Curva de Carga x Recalque*).

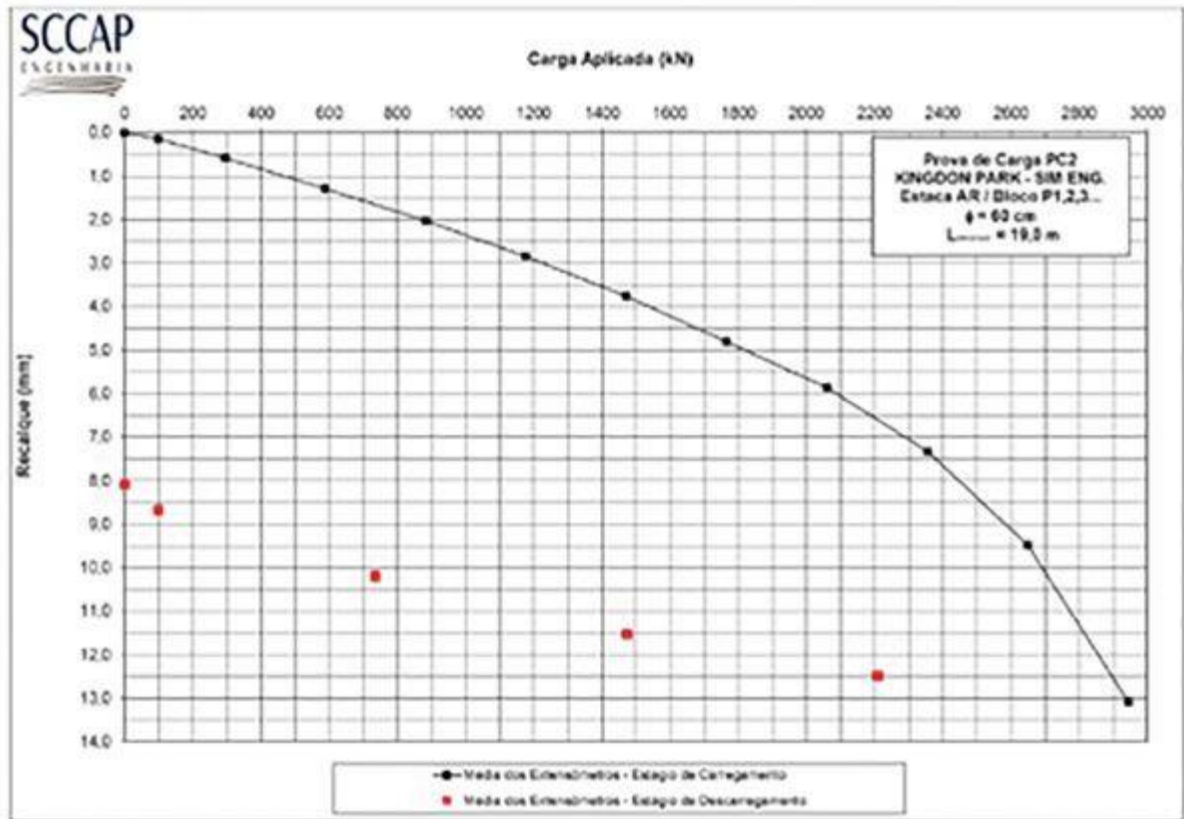
De acordo com o civil Hoover van Newton Paolucci, responsável pelo dimensionamento das fundações do Kingdom Park Residence, "normalmente se dimensionam a estrutura e a fundação de um edifício desprezando o fato de que as duas partes estão interligadas e de que a rigidez de cada uma delas vai interferir no comportamento do conjunto".

A compatibilidade das deformações, em razão da ISE, tem como resultado uma tendência de uniformização dos recalques. Esse efeito não altera o recalque médio, mas reduz distorções angulares. O recalque desigual entre pilares provoca a redistribuição dos esforços, causando um aumento de carga nos pilares que menos recalcam. "Durante a construção, a rigidez de um edifício cresce à medida que os pavimentos vão sendo levantados - diminuindo, na mesma proporção, as distorções angulares", explica Araújo.

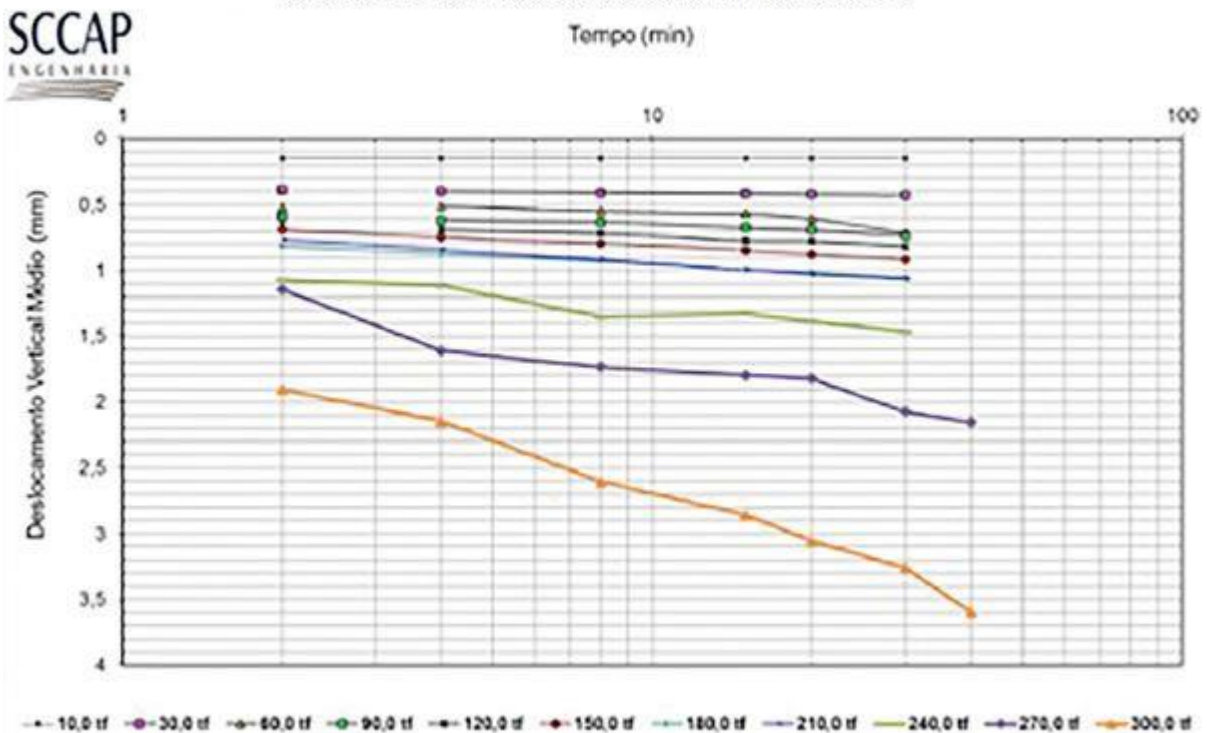
No caso do Kingdom Park, como a distorção angular entre as fundações P2/P4, P9/P10, P12/P14, P14/P21 e P17/18 apresentam valores ligeiramente maiores que o limite de perigo (1/600), o projeto executivo de fundações foi revisado e, apenas em sua versão final, apresentou as estacas de 22,6 metros de profundidade média.

Com o aumento na profundidade das estacas, a distorção angular entre as fundações ficaram abaixo do limite - a finalidade dos novos valores era justamente aumentar a rigidez do volume e reduzir recalques (*veja abaixo as tabelas de Recalques das Fundações e Coeficientes de Rigidez*).

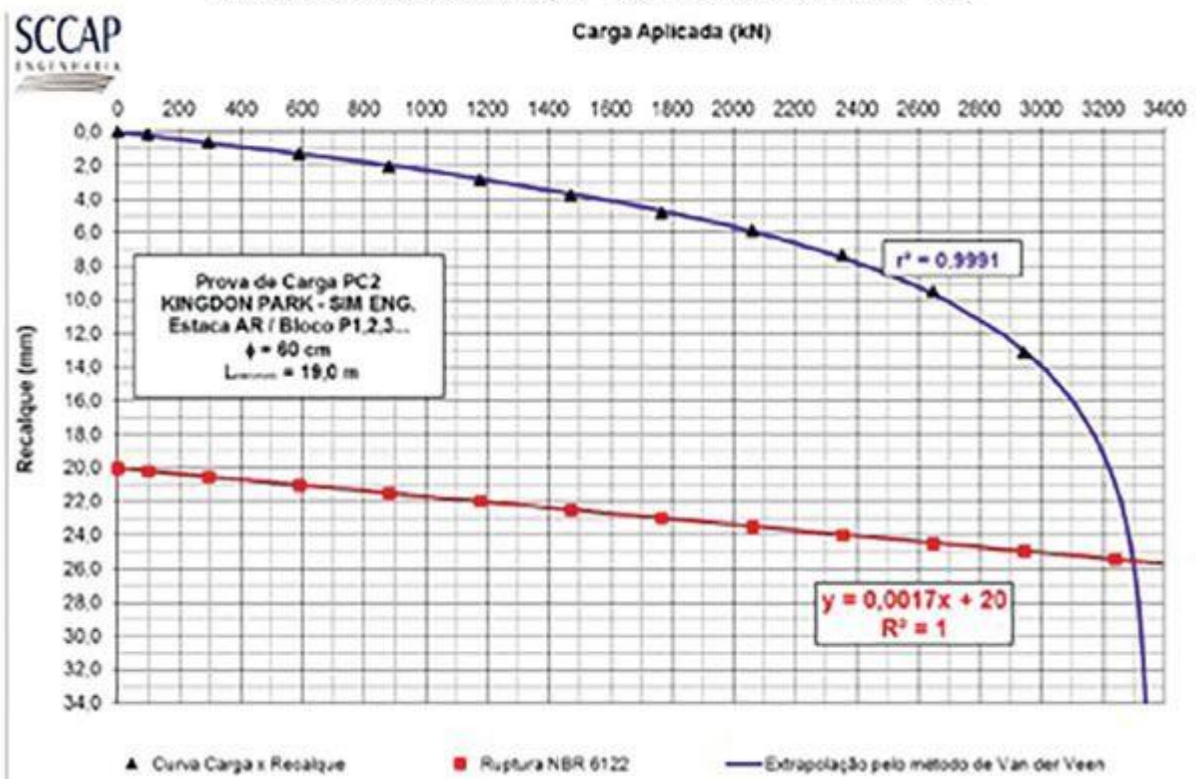
CURVA DE CARGA X RECALQUE, MÉDIA DOS MEDIDORES DE DESLOCAMENTO – ESTACA PC2*



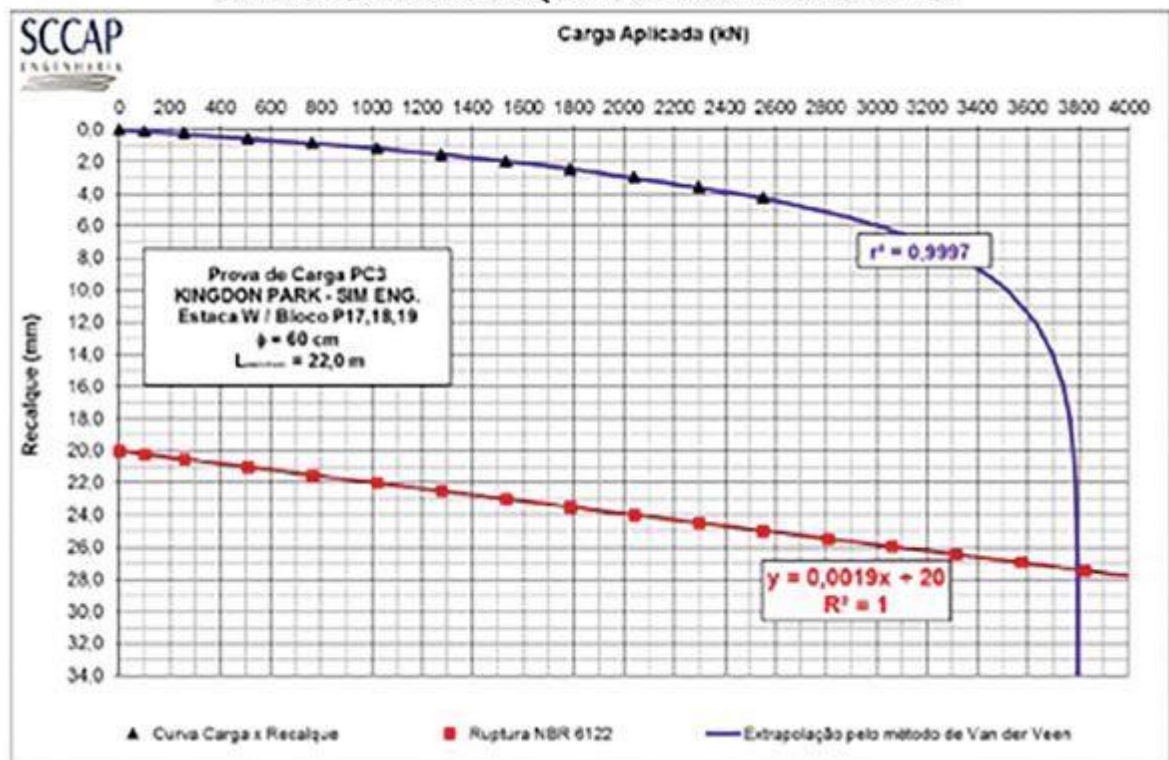
CURVAS DE TEMPO X DESLOCAMENTO – ESTACA PC2*



CURVA DE CARGA X RECALQUE – CRITÉRIOS DE RUPTURA – PC2*



CURVA DE CARGA X RECALQUE – CRITÉRIOS DE RUPTURA – PC2*



DESLOCAMENTOS MEDIDOS NO TOPO DA ESTACA PC2*

Carga (ton)	Carga (kN)	Deslocamento Vertical				Média (mm)
		E1 (mm)	E2 (mm)	E3 (mm)	E4 (mm)	
0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10,0	98,1	0,15	0,15	0,13	0,15	0,15
30,0	294,3	0,53	0,60	0,61	0,55	0,57
60,0	588,6	1,16	1,35	1,40	1,23	1,29
90,0	882,9	1,85	2,14	2,20	1,89	2,02
120,0	1177,2	2,63	3,03	3,06	2,64	2,84
150,0	1471,5	3,50	4,01	4,01	3,50	3,76
180,0	1765,8	4,48	5,10	5,13	4,51	4,81
210,0	2060,1	5,54	6,15	6,19	5,58	5,87
240,0	2354,4	6,92	7,66	7,69	7,04	7,33
270,0	2648,7	9,10	9,87	9,85	9,11	9,48
300,0	2943,0	12,41	14,22	13,24	12,44	13,08
225,0	2207,3	11,87	13,62	12,58	11,81	12,47
150,0	1471,5	10,97	12,65	11,59	10,89	11,53
75,0	735,8	9,64	11,30	10,20	9,59	10,18
10,0	98,1	8,19	9,73	8,58	8,13	8,66

RECALQUES DAS FUNDAÇÕES E COEFICIENTES DE RIGIDEZ*

Pilar	Carga (tf)	Recalque (mm)	Coef. de Rigidez (tf/m)
	ELU2/PERMACID/PP+ PERM+ACID R		
P1	1164	27,61	42154,1
P2	1073	21,72	49399,2
P3	696	37,40	18607,6
P4	1582	34,19	46273,5
P5	2599	26,67	97468,6
P6	3484	44,52	78251,7
P7	1779	46,51	38248,2
P8	1236	39,94	30947,2
P9	1257	31,88	39432,8
P10	3921	45,46	86249,8
P11	1748	47,46	36833,3
P12	1374	27,95	49155,7
P13	1056	49,65	21270,6
P14	2194	38,36	57195,0
P15	2268	30,75	73758,5
P16	1734	40,59	42716,7
P17	1109	43,12	25721,9
P18	1030	37,24	27656,9
P19	1923	35,32	54448,2
P20	1840	27,11	67864,1
P21	1050	19,54	53727,7

RECALQUES DAS FUNDAÇÕES E COEFICIENTES DE RIGIDEZ, APÓS A ALTERAÇÃO NA PROFUNDIDADE DAS ESTACAS PARA 22,6 METROS

Pilar	Carga (tf)	Recalque (mm)	Coef. de Rigidez (tf/m)
	ELU2/PERMACID/PP +PERM+ACID_R		
P1	1164	25,07	46439,3
P2	1073	21,04	50988,4
P3	696	30,63	22721,3
P4	1582	29,81	53071,2
P5	2599	24,91	104352,4
P6	3484	35,20	98977,3
P7	1779	35,32	50362,4
P8	1236	32,86	37616,4
P9	1257	29,49	42627,5
P10	3921	35,58	110196,2
P11	1748	36,25	48220,7
P12	1374	24,87	55242,8
P13	1056	36,77	28723,0
P14	2194	31,59	69445,8
P15	2268	29,11	77911,4
P16	1734	31,50	55044,1
P17	1109	32,14	34509,6
P18	1030	28,37	36300,8
P19	1923	26,72	71971,3
P20	1840	25,20	73021,7
P21	1050	18,72	56080,8
P3A	485	30,66	15817,6

Cidade Matarazzo

De volta ao Cidade Matarazzo, em São Paulo, foram definidas após a avaliação dos ensaios as metodologias executivas com otimização de processos e maior eficiência. "Contratamos a JDL Qualidade, Segurança do Trabalho e Meio Ambiente, representada pelo José Carlos de Arruda Sampaio, a fim de gerar um projeto de segurança", afirma Bianchi. Ele explica que esses procedimentos ajudam futuras construtoras a identificar caminhos críticos. "Nós recebemos o que queremos, sem perder tempo com conflitos que a todos são indesejáveis", afirma. Veja abaixo as opiniões de Bianchi sobre a importância de ensaios para otimizar a construção civil.



Renderização do Cidade Matarazzo, empreendimento do Groupe Allard, na região da Avenida Paulista, em São Paulo

Ensaaios são elementos de auxílio a todos. Deveriam ser incentivados por quem contrata

Como os ensaios podem ajudar a reduzir custos na construção civil?

Em uma obra, as decisões são embasadas na teoria. Entretanto, é possível otimizar projetos, reduzindo custos, quando executamos ensaios técnicos na busca de elementos e/ou resultados reais naquela construção. Apenas no quesito fundações, por exemplo, o objetivo desses ensaios é amplo. Por meio deles é possível obter maior assertividade na definição de capacidade de suporte de solo, de estacas e de permeabilidade.

Quanto custa utilizar ensaios em obras de grande porte?

O ensaio de conhecimento é um investimento, e não um custo. Obviamente há obras que não se beneficiam financeiramente de maneira direta, mas o impacto positivo nas contas poderá ser indireto. Obras pequenas nem sempre precisam lançar mão de ensaios de conhecimento. No caso de obras de grande porte, ele é fortemente recomendado. Paga-se pela maior assertividade nas soluções de projeto e também pela economia gerada, na maioria das vezes.

Em qual departamento da obra a redução de custos é mais notável com o uso de ensaios?

Sem dúvida em projetos e planejamento. A área de projetos, planejamento e orçamento das empresas é responsável pelo desempenho financeiro da construção, garantindo o lucro previsto. Em muitos cálculos são mostrados erroneamente que há redução de lucros com algum tipo de economia indireta. Por exemplo: um projeto tem alguns pilares de 4 metros de altura e escolhemos o uso de concreto autoadensável. Isso gerará um esforço na base do pilar de $4 \times 2,5 = 10 \text{ ton/m}^2$. Se ensaiarmos sistemas de fôrma com barras de ancoragem existentes, saberemos que teremos grandes limitações de mercado! Ou seja, irá estourar a fôrma e gerar prejuízos com reparos, aumento de consumo de material e, principalmente, com o custo do tempo do mestre e do diretor de obras. Aliás, o tempo é um dos maiores causadores de prejuízos para a empresa, e esse fator nem sempre é avaliado pelo departamento de projetos e planejamento no levantamento de custos. Um simples ensaio pode, antecipadamente, garantir custos e manter

lucros previstos, evitando os imprevistos.

Ainda há resistência para o uso de ensaios no mercado da construção civil?

Infelizmente sim. Atribuo esse hábito ruim a alguns comportamentos inexplicáveis, não inteligentes e geradores de outros prejuízos generalizados ao longo de toda a obra. Um ensaio de conhecimento pode ser comparado à contratação de um consultor, e seu custo deve estar previsto desde o começo - é uma questão de estratégia de negócio. Isso reduz riscos advindos do desentendimento entre as partes.

Por que isso acontece?

Os donos da obra, proprietários, incorporadores, gestores de fundos, fixam-se nos resultados dos empreendimentos sem se aprofundarem na segurança dos orçamentos, amparados por metodologias executivas e conteúdo técnico que auferem segurança à gestão de risco. Sem um planejamento correto, que inclui ensaios, as obras costumam ser explorado na redução de custos. estourar seus custos e alongar seus prazos. Assim, as empresas perdem. Um cronograma executivo apropriado e possível deveria ter projeto, soluções técnicas, quantitativos de insumos e serviços (BIM), além de se adequar ao prazo de uma concorrência. O certo é que esse cronograma fique sob a responsabilidade de quem contrata - e aí reside um dos maiores entraves para o desenvolvimento e a sistematização de ensaios na busca de soluções adequadas e customizadas.

O que é necessário para enriquecer um projeto com soluções alternativas visando reduzir custos?

Saber com segurança o que fazer, como fazer e quando fazer. É preciso fortalecer a área de soluções técnicas e de planejamento de maneira a construir uma base segura para todos. Esses procedimentos certamente vão garantir prazos, redução de custos e lucro para todos os envolvidos.

Ensaio de conhecimento

Ensaio de conhecimento podem proporcionar economia direta, indireta ou de melhoria de desempenho, todas bem-vindas em qualquer etapa da obra. Nas fundações, por exemplo, há grande espaço para ensaios, e seguramente eles trazem economia, embora nessa fase seu exercício ainda não seja praxe no segmento, exceto em obras de grande porte.

De acordo com a engenheira Stéphanie Domeneghini, da FG Empreendimentos, do Balneário Camboriú (SC), "o impacto da realização de sondagens antes do desenvolvimento do projeto de fundações é sempre positivo, já que traz maior assertividade às decisões".

Ela lembra que, sem os ensaios, haverá uma incerteza sobre quais condições de solo serão encontradas na execução, "o que muitas vezes poderia inviabilizar o empreendimento". Afinal, se o item fundação pode consumir, sozinho, 40% do volume total de concreto de uma obra, ou representar 5% (ou mais) do total de custos da obra, o impacto econômico- financeiro e a necessidade de projetar com total precisão são evidentes.

E não é só: para o quesito segurança (tanto na execução quanto no uso do ambiente construído), principalmente quando se fala de edificações muito altas, a sondagem apontará para uma base de sustentação firme e sólida - não é

possível projetar e só encarar a realidade do terreno na hora da execução. "Ensaio prévios, como sondagens e provas de carga, traçam diretrizes próximas da situação encontrada no canteiro. A questão é projetar com maior confiabilidade detalhes sobre as camadas de solo que serão encontradas, com base em modelos teóricos que nos levam a informações de resistência, caso a caso", afirma Stéphane.

É possível ainda utilizar ensaios de conhecimento com sucesso no dimensionamento de estruturas de concreto, aço ou alumínio, conduzir ensaios de túnel de vento, de traços de concreto e argamassas, esquadrias, desempenhos acústico e térmico - há, enfim, muito espaço a inclui ensaios, as obras costumam ser explorado na redução de custos.



Mudanças nas paredes-diafragma após ensaios significaram uma redução da ordem de R\$ 150 milhões, diretamente, e cerca de R\$ 200 milhões em custos indiretos

Ensaio durante a obra

Ensaio de conhecimento fazem parte de um diagnóstico "a montante" da construção, na fase de início de projetos. Porém, eles também podem ser inseridos durante a obra, sempre que surgirem oportunidades justificadas - nem é preciso se limitar a ensaios previstos em normas técnicas.

A vantagem de executar esses ensaios além dos obrigatórios é fugir da mesmice, da acomodação profissional, do medo de aprender, para chegar a soluções inovadoras - seja para a técnica, seja para o bolso, economizando água, energia, tempo trabalhado e manutenções corretivas.

Foi o que ocorreu no Kingdom Park Residence, da Sim, onde foi possível aplicar um concreto fck 50 MPa com adição de sílica ativa (alto controle de qualidade) na execução dos blocos de fundação (radier), que reduziu o consumo de cimento numa ordem de 150 kg/m³.

O traço ideal foi desenvolvido pelo civil e consultor especialista em dosagem e controle tecnológico de concreto Marcelo Cândido, da Dux Engenharia, que assessorou a Sim na análise da temperatura e tensões de origem térmica do concreto para os blocos de fundação. Ao associar o novo traço à metodologia executiva de concretagem em camadas, além da já mencionada e gigantesca economia no cimento, restou dispensado o pré-resfriamento do material com gelo, o que teria tido impactos orçamentários diretos - e pesados.

"Os blocos de fundação apresentam dimensões elevadas. Nosso radier estaqueado R5, por exemplo, tem área aproximada de 450 metros quadrados e altura de 1,90 metro - volume aproximado de 855 metros cúbicos. Para uma resistência de 50 MPa, nessas condições, seriam consumidos 500 quilos de cimento por metro cúbico", lembra Araújo.

Os técnicos da Sim previam antecipadamente a necessidade de fazer a concretagem em camadas, mas, mesmo assim, seria necessário resfriar os raders com gelo, a altos custos (inclusive logísticos). "O volume acumulado dos blocos ultrapassava 1.600 metros cúbicos", diz Araújo.

Os ensaios de temperatura previam um aquecimento máximo a 70° C, e Marcelo Cândido chegou ao traço ideal pela adição de 12% de sílica ativa, que reduzia em 30% o consumo de cimento. Ficou preestabelecido que a concretagem seria feita por camadas de altura < 45 centímetros, sem a necessidade de resfriamento do concreto. Para o monitoramento do processo, foram instalados termopares posicionados na altura média de cada camada concretada.

Além dos blocos de fundação, a execução de pilares também pôde se beneficiar dos resultados obtidos, e em razão de suas grandes dimensões foram assim monitorados:

MONITORAMENTO DA TEMPERATURA – PILAR P6 – SUBSOLO 2 (PICO = 54,9 °C)

Leitura	Data	Horário	Temperatura °C	Observação
1	19/11/2016	12:56:41	27,00	Lançamento do concreto.
2	19/11/2016	13:56:41	28,00	
3	19/11/2016	14:56:41	28,90	
4	19/11/2016	15:56:41	30,20	Início de pega.
5	19/11/2016	16:56:41	32,70	
6	19/11/2016	17:56:41	36,00	
7	19/11/2016	18:56:41	41,00	
8	19/11/2016	19:56:41	47,70	
9	19/11/2016	20:56:41	51,40	
10	19/11/2016	21:56:41	53,40	
11	19/11/2016	22:56:41	54,00	
12	19/11/2016	23:56:41	54,00	
13	20/11/2016	00:56:41	54,90	Pico máximo de temperatura.
14	20/11/2016	01:56:41	54,70	
15	20/11/2016	02:56:41	54,40	
16	20/11/2016	03:56:41	54,00	
17	20/11/2016	04:56:41	53,70	
18	20/11/2016	05:56:41	53,20	
19	20/11/2016	06:56:41	52,70	
20	20/11/2016	07:56:41	51,90	
21	20/11/2016	08:56:41	51,10	
22	20/11/2016	09:56:41	50,30	
23	20/11/2016	10:56:41	49,90	
24	20/11/2016	11:56:41	49,90	
25	20/11/2016	12:56:41	49,00	
26	20/11/2016	13:56:41	48,50	
27	20/11/2016	14:56:41	48,10	
28	20/11/2016	15:56:41	48,30	
29	20/11/2016	16:56:41	47,20	
30	20/11/2016	17:56:41	46,30	
31	20/11/2016	18:56:41	45,70	
32	20/11/2016	19:56:41	45,00	
33	20/11/2016	20:56:41	44,30	
34	20/11/2016	21:56:41	43,50	
35	20/11/2016	22:56:41	42,70	
36	20/11/2016	23:56:41	41,90	
37	21/11/2016	00:56:41	41,10	
38	21/11/2016	01:56:41	40,00	
39	21/11/2016	02:56:41	39,60	Finalização da monitoria



Radier estaqueado R5 (Volume = 855 m³) sobre 195 estacas (Ø 60 cm) com 22,6 m de profundidade



Concretagem da primeira camada do Radier estaqueado R5



Concretagem da última camada do Radier estaqueado R5



Instalação de termopar para monitoramento da temperatura do concreto no bloco de fundação



Equipamento empregado no monitoramento da temperatura do concreto

Ensaio: economia como resultado

Em toda sua carreira, Mauricio Bianchi conta que participou de diversas ações que se alteraram radicalmente após ensaios. Uma das mais recentes e impactantes é justamente o Cidade Matarazzo. Graças a um ensaio, a Maffei Engenharia alterou a solução prevista, com base em estudos de granulometria e permeabilidade de solo.

O ensaio mostrava paredes-diafragma com tirantes a cada andar de subsolo, para compensar a altura da terra removida, além de um piso de garagem com laje de concreto muito espessa e tirantes, para suportar a pressão gerada pelo lençol freático local. O ensaio permitiu evitar gastos da ordem de R\$ 150 milhões, diretamente, e cerca de R\$ 200 milhões em custos indiretos.

Com isso, Bianchi afirma que a cidade de São Paulo também ganhou ao deixar de receber 2.600 caminhões que circulariam pela região com o material retirado do solo - a economia ainda gerou um belo crédito de carbono, contribuindo para o controle de emissões de gases poluentes. Além disso, a empresa deixou de gastar com profissionais que estariam envolvidos na atividade - seriam 20 minutos de espera numa fila para cada caminhão descarregar; mais 50 minutos para concluir a tarefa.



Maquete física do Cidade Matarazzo, com projeto arquitetônico de Jean Nouvel