

ESTUDO DE REDUÇÃO DO PRAZO DE EXECUÇÃO DE UM EMPREENDIMENTO PELO EMPREGO DE ESTACAS MEGA COMO FUNDAÇÃO¹

Mario Sergio Brasil Junior – msbrasiljr@gmail.com

Rodrigo Taira – rodrigotaira1996@gmail.com

Thales Mazieiro Vergueiro da Silva – tamazieiro@gmail.com

Vinicius Alves Barone – viniciusbarone3@gmail.com

Prof. Msc. Kamila Rodrigues Cassares Seko (Orientadora) – kamila.seko@mackenzie.br

RESUMO

Por inúmeros motivos, existem casos de obras que apresentam problemas em suas fundações e que apresentam a necessidade de execução de um reforço da mesma. Uma das possibilidades de reforço são as estacas Mega, que possibilitam um acréscimo na capacidade de suporte e o aumento imediato da segurança após a sua cravação, além de não causar qualquer trauma à superestrutura e sua execução ser silenciosa. Com o objetivo de aprofundar os conhecimentos ao meio técnico sobre este tipo de fundação, foi realizado uma pesquisa em que a estaca Mega é utilizada como fundação principal de um edifício, propiciando economia no tempo de execução da obra. Em um primeiro momento, os blocos de coroamento foram considerados como fundação direta e provisória para que fosse possível a execução da superestrutura. Sem que ocorresse a programação de uma interrupção da obra, as estacas Mega foram utilizadas como fundação principal, e sua execução foi considerada concomitante com serviços, como acabamento ou instalações elétricas e hidráulicas estiverem em andamento.

Palavras-chave: Estaca Mega. Fundação principal. Redução de prazo construtivo.

STUDY OF TIME REDUCING IN A REAL ESTATE BUILDING CONSTRUCTION USING MEGA PILES AS FOUNDATION

¹ Artigo do Trabalho de Conclusão de Curso, Graduação em Engenharia Civil, EE, UPM, São Paulo, 2019.

ABSTRACT

By several reasons there are buildings having foundation problems where a reinforcement work shows necessary. One of the foundation reinforcement option is the reaction Mega Piles system that gives an increase of supporting in the deep soil and a quick safety result after carried out without damages consequences for the super structure and in a silent way for the neighborhood. Objecting to increase technical knowledge about this foundation method it was done a work using Mega reaction piles as the main foundation system of a new building resulting in a reduction of construction time and a feasible technical method. In principle it will be considered dimensioned transition concrete blocks enough to support structure's own weight with no piles and carry out Mega foundation Piles works simultaneously with the finishing, roofing and utilities works.

Key words: Mega Piles Foundation; Main Foundation System; Reduction Construction Time

1 INTRODUÇÃO

Desde o primeiro governo de Getúlio Vargas, famílias de baixa renda passam por problemas de moradia que ocasionam a opção por moradias ilegais e precárias como favelas e cortiços, desprovidos de qualquer infraestrutura. Hoje este déficit habitacional, segundo estudos da Fundação Getúlio Vargas (FGV, 2015), é de 7,8 milhões de moradias. Por isso, começaram a ser implementados projetos e políticas de habitação social para este tipo de família.

O trabalho tem como base um empreendimento financiado pela Caixa Econômica Federal e beneficiado pelo programa Minha Casa Minha Vida, localizado em Diadema – SP. Este consiste em quatro prédios, com cinco blocos geminados cada, cada bloco com 5 andares e dois apartamentos de 50 m² por andar, ajudando cerca de 726 pessoas segundo um jornal local. Com isso podemos ver o a importância de empreendimentos do gênero, e da necessidade destes serem entregues da forma mais rápida possível.

Portanto, com este objetivo em mente, propõem-se o emprego de um método construtivo voltado para residências e edifícios de pequeno porte, com enfoque na redução do período de execução da fundação do edifício, sem levar em consideração o fator custo.

As fundações, também chamadas de alicerce, são elementos que tem a finalidade de receber os esforços da estrutura e transmiti-los às camadas resistentes de solos. Existem diversos tipos de fundações, e sua escolha depende das situações de projeto como cargas geradas pela estrutura, resistência do solo, além de fatores externos, como topografia do terreno e cota de implantação que serão analisadas pelo projetista.

Para este trabalho, foi utilizado a estaca Mega, uma estaca cravada em segmentos cilíndricos de concreto pré-moldado ou metálica. Normalmente, seu emprego tem por objetivo reforçar a fundação de uma estrutura já existente, seja por problemas estruturais ou por acréscimo de carga, sem a necessidade de interferir no uso da edificação.

Esta consiste em uma estaca composta pela cravação de segmentos cilíndricos de concreto pré-moldado ou metálico de seção transversal tubular. Também conhecidas como estacas prensadas, a estaca tipo Mega está no grupo de estacas prensadas e pré-moldadas. Sua tecnologia provém dos Estados Unidos, da empresa Estacas Franki Ltda.

Utilizada, normalmente, como reforço de fundações, as estacas são cravadas por meio de um conjunto macaco-bomba hidráulico, onde a bomba pode ser do tipo manual ou elétrica.

As estacas podem ser de concreto pré-moldado ou metálicas com seção tubular, sendo sua escolha dependente da profundidade, carga de projeto ou carga suportada pela estrutura até sua reação.

Figura 1 – Estacas Mega de concreto



Fonte: JJ LIMA EMPREITEIRA, 2018

A estrutura dos elementos pré-fabricados de concreto armado (tanto barras de ferro, quanto fibras) corresponde ao formato de um cilindro vazado de aproximadamente 25 cm de diâmetro externo. Contudo, as características dos elementos podem variar de empresa para empresa. Destaca-se que a área de contato com outro tubo é significativamente maior que a área vazada, sendo, apenas quando necessário ou estipulado em projeto, esse espaço vazado o suficiente para injeção de nata de cimento, argamassa ou a colocação de barras de aço para transformar os tubos seccionados em um único elemento. Os tubos não têm um encaixe ou uma conexão entre eles, sendo apenas posicionados um em cima do outro e alinhados para evitar excentricidade nas estacas. Por conta da magnitude do seu diâmetro, considera-se que não há

riscos de os tubos deslocarem lateralmente durante o processo de cravação, independente da inexistência de encaixe ou rosca (Oliveira, 2018).

A resistência dos tubos depende de seu estado limite de serviço onde se considera o tipo de material, geometria e dimensões. No caso das estacas Mega de concreto têm sua carga limitada a 450 kN (45tf), para evitar que o segmento de concreto se rompa durante a cravação.

Ambos os tipos de estacas são executados da mesma maneira, variando apenas, como descrito, seu material e sua capacidade de carga. Sua execução consiste no macaco hidráulico prensar o tubo contra o solo, cravando-o solo adentro. Para essa cravação, esse tipo de serviço necessita que haja alguma carga sobre o macaco e o tubo para servir de estrutura de reação. Enquanto a força peso sobre o macaco for maior que a resistência do solo, a estaca será aprofundada, porém caso a resistência do solo seja superior à carga peso sobre o macaco, a cravação deverá ser cessada para não comprometer a estrutura.

Após atingir a profundidade ou a carga desejada, ou caso a força do macaco hidráulico esteja movimentando a estrutura acima dele, a estaca recebe um encunhamento de elementos de concreto e um envelopamento de chapisco de graute apenas para proteção da cabeça sem fins estruturais.

Uma situação em que se emprega o reforço de fundações por estaca Mega com frequência é o reforço de um bloco de coroamento por conta de um acréscimo de carga do pilar. Para execução deste tipo de serviço, é necessária a abertura de uma vala para ter espaço suficiente para o macaco, o tubo e os calços de cravação. O primeiro tubo é posicionado a prumo no local indicado em projeto e o macaco é colocado em cima do mesmo e ao ser acionado, seu pistão sobe, tensionando todo o sistema e conforme o pistão se desloca o tubo é cravado no solo. Ao abrir espaço suficiente para colocar outro tubo, o pistão é recolhido e o novo elemento é alinhado ao restante dos seguimentos de estaca já prensados. O processo se repete até que se atenda o que foi pedido em projeto, como comprimento máximo ou carga máxima da estaca.

O objetivo desse trabalho é apresentar a otimização do tempo de execução da obra, substituindo a fundação originalmente proposta em projeto pela estaca Mega, que seria executada apenas após o termino da superestrutura, com o prédio construído e juntamente as instalações prediais.

2 METODOLOGIA

Para realização deste trabalho, foi feita uma comparação entre o método executivo tradicional, em que primeiro se executam as fundações profundas, em seguida os blocos de

coroamento e, por fim a superestrutura, com o método que consiste em utilizar a sapata como fundação primária, suportando num primeiro momento apenas metade do carregamento previsto para edifício (sem a consideração de cargas acidentais), pois, segundo Alonso (2010), as cargas permanentes da edificação representam 50% de sua carga total, e com o término da construção da superestrutura seria executada a Mega como fundação principal, suportando a carga total do edifício (cargas acidentais e permanentes).

Para o método executivo tradicional foi considerada a solução de fundação em estaca Hélice Contínua Monitorada que foi proposta no projeto original de um empreendimento existente. Para o método proposto em sapatas e estacas Mega, o dimensionamento foi realizado de acordo com a norma de fundações vigente (NBR6122:2010).

2.1 MÉTODOS DE CAPACIDADE DE CARGA PARA ESTACAS

No caso das fundações profundas, a capacidade de carga das estacas consiste no menor valor entre a resistência estrutural do material que constitui a estaca e da interação solo-estaca.

Para a previsão de capacidade de carga em estacas existem inúmeros métodos disponíveis na literatura. Os mais empregados para cálculos de fundações são o método de Aoki e Velloso, e o método proposto por Décourt e Quaresma. Neste trabalho será utilizado o método Aoki-Velloso, pois este se apresentou menos conservador, quando utilizado o coeficiente para estaca cravada, já que este apresenta o comportamento mais próximo do esperado pela estaca prensada.

O método de Aoki-Velloso consiste na determinação da capacidade de carga da estaca de ruptura (PR), através de correlações entre métodos de investigação de subsolo, atrito lateral e carga de ponta.

$$PR = PL + PP \quad (1)$$

$$PL = U \cdot \Sigma (\Delta l \cdot rl) \quad (2)$$

$$PP = A \cdot rp \quad (3)$$

onde:

PR é a capacidade de carga da estaca de ruptura (kN);

PL é a capacidade de carga por atrito lateral da estaca (kN);

PP é a capacidade de carga da ponta da estaca (kN);

U consiste no perímetro da seção transversal do fuste da estaca (m);

A é a área da projeção da ponta da estaca (m²);

Δl é o comprimento da estaca em contato com cada camada de solo (m);

r_p é a tensão resistente de ponta unitária (kPa);

r_l é a tensão resistente lateral unitária (kPa).

Aoki e Velloso basearam seu método na análise de provas de carga de estacas e ensaios de investigação do solo, desenvolvendo assim coeficientes de correlação entre os ensaios de penetração estática CPT ("*cone penetrometer test*") e ensaios dinâmicos SPT ("*standard penetration test*").

Nesse método as considerações são as seguintes:

$$r_p = \frac{q_c}{F_1} = \frac{K \cdot N}{F_1} \quad (4)$$

$$r_l = \frac{f_s}{F_2} = \frac{\alpha \cdot K \cdot N}{F_2} \quad (5)$$

$$P = \frac{PR}{FS_g} \quad (6)$$

r_p é a tensão resistente de ponta unitária (kPa);

r_l é a tensão resistente lateral unitária (kPa).

q_c é resistência de ponta do ensaio CPT (kPa);

f_s é a resistência lateral medida na luva de Begemann do CPT (kPa);

α e K são tabelados em função do tipo de terreno (Tabela 3);

F_1 e F_2 são fatores de transformação que variam de acordo com o tipo de estaca (Tabela 2);

PR é a capacidade de carga da estaca de ruptura (kN);

P é a carga admissível da estaca (kN);

FS_g é o fator de segurança global definido pela NBR6122:2010;

Sendo r_l calculado pelo valor N médio obtido no ensaio ao longo do fuste da estaca, sem considerar o N da ponta. E no cálculo de r_p , o N é o valor obtido imediatamente após a cota de apoio da estaca.

Tabela 1 - Fatores de Transformação F1 e F2

Tipos de Estaca	F1	F2
Franki	2,50	5,00
Metálica	1,75	3,50
Pré-Moldada	1,75	3,50
Escavadas	3,00	6,00

Fonte: Aoki-Velloso(1975).

Após análises com estacas cravadas de pequenos diâmetros foi observado que o fator de transformação era muito conservador, sendo então considerado o seguinte cálculo:

$$F1 = 1 + \frac{D}{0,8} \quad (7)$$

$$F2 = 2 \cdot F1 \quad (8)$$

F1 e F2 são fatores de transformação que variam de acordo com o tipo de estaca (tabela 1); D é diâmetro da estaca (cm);

Tabela 2 - Coeficientes K e α

Tipo de Solo	K (Mpa)	α (%)
Areia	1,00	1,4
Areia Siltosa	0,80	2,0
Areia Silto-Argilosa	0,70	2,4
Areia Argilosa	0,60	3,0
Areia Argilo-Siltosa	0,50	2,8
Silte	0,40	3,0
Silte Arenoso	0,55	2,2
Silte Areno-Argiloso	0,45	2,8
Silte Argiloso	0,23	3,4
Silte Argilo-Arenoso	0,25	3,0
Argila	0,20	6,0
Argila Arenosa	0,35	2,4
Argila Areno-Siltosa	0,30	2,8
Argila Siltosa	0,22	4,0
Areia Silto-Arenosa	0,33	3,0

Fonte: Aoki-Velloso(1975).

2.2 DIMENSIONAMENTO GEOMÉTRICO DE ESTACAS

Para cálculo disposição das estacas no bloco de coroamento depende do espaçamento mínimo entre elas, sendo este calculado da seguinte forma:

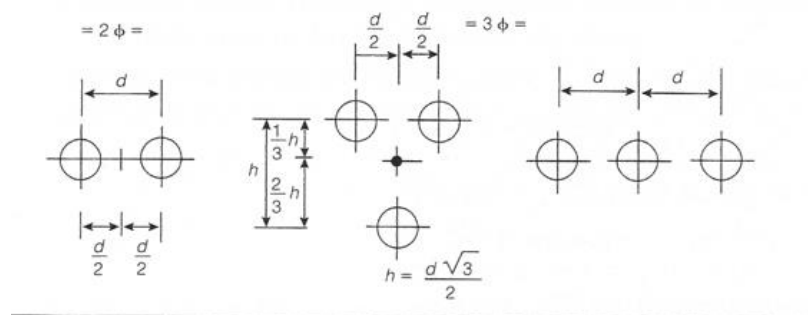
$$d = 2,5\phi \geq 60cm; \text{ para estacas pré-moldadas ou } \quad (9)$$

$$d = 3,0\phi \geq 60cm; \text{ para estacas moldadas } in-loco. \quad (10)$$

em que: d = distância entre as estacas
 ϕ = diâmetro das estacas

Para locação das estacas em relação ao centro de carga do pilar, temos as seguintes relações para blocos de 2 a 4 estacas (figura 2):

Figura 2 - Espaçamento entre estacas



Fonte: Alonso (2010).

Segundo Alonso (2010), para locar as estacas de seu centro até a extremidade mais próxima do bloco, deve-se utilizar a seguinte equação:

$$u = D/2 + 15 \text{ cm} \quad (11)$$

Com isso, segundo Alonso (2010), conseguimos determinar a distância mínima entre as estacas e a distância da estaca até a extremidade do bloco de coroamento.

2.3 TENSÃO ADMISSÍVEL DO SOLO

Segundo NBR 6122:2010, a tensão admissível do solo pode ser calculada por métodos teóricos, semi-empíricos e prova de carga sobre placa. No trabalho, será calculada pelo método semi-empírico através de uma sondagem SPT.

A tensão será obtida a partir do valor médio do N_{spt} da sondagem, em que os valores deverão estar entre a cota de apoio da sapata e o final de seu bulbo de tensões, de acordo com a seguinte fórmula:

$$\sigma_s = \frac{N_{spt} \text{ (médio)}}{50} \quad (12)$$

em que:

σ_s = tensão admissível do solo (MPa).

Segundo Alonso (2010), a profundidade do bulbo de tensões, deve ser considerada a partir da cota de apoio da sapata, com o objetivo de calcular o Nspt médio, a profundidade do bulbo será considerada igual a duas vezes a largura da sapata. O método recomenda que sejam considerados Nspt's entre 5 e 20, caso haja valores fora desse intervalo a solução deverá ser revista.

2.4 DIMENSIONAMENTO DE SAPATA

O cálculo de dimensionamento da sapata será o mesmo para o bloco de coroamento, pois esse elemento trabalhará, em um primeiro momento, como sapata e depois, na hora de receber as estacas Mega, trabalhará como bloco de coroamento.

Para sapatas, suas áreas de contato com o solo irão receber todos os esforços provenientes dos pontos de grauteamento e distribuir para o subsolo. Para isso, a área mínima da base pode ser calculada pela expressão apresentada a seguir:

$$A = a * b = \frac{P + pp}{\sigma_s} \quad (13)$$

a e b são as dimensões da sapata(m);

P é a carga proveniente do pilar(kN);

pp é peso próprio do bloco ou da sapata(kN);

σ_s é a tensão admissível do solo(kPa);

Para essa área calculada, devem ser seguidas algumas regras, como garantir que seu centro de gravidade deverá ser o mesmo do centro de carga do pilar, a dimensão mínima para a sapata deverá ser de 60 cm, a relação entre os lados a e b deverá ser igual ou menor que 2,5, e quando possível, os lados maiores e menores da sapata devem estar paralelos respectivamente com os maiores e menores lados do pilar. Contudo, os cálculos serão feitos para sapatas com seção quadrada em seu dimensionamento.

3 RESULTADOS

Este método construtivo tem como objetivo a diminuição do tempo de obra por meio da proposta de fazer com que a etapa da execução da fundação profunda aconteça durante as fases de instalações elétricas e hidráulicas e acabamento. Devendo, obrigatoriamente, ser feita antes do edifício ser habitado, por conta das cargas elevadas finais e acidentais.

O método consiste em apoiar, em um primeiro momento, o edifício em sapatas para suportar as cargas do peso próprio do mesmo e em seguida, executar as estacas Mega após a superestrutura ser concluída, fazendo com que a sapata se torne um bloco de coroamento.

3.1 ESTUDO DO SUBSOLO

A sondagem para realização dos cálculos de dimensionamento e capacidade de carga das estacas Mega e sapatas (figura 3) foi escolhida com o intuito de fornecer resistência nas primeiras camadas que suportem a sapata, porém com o acréscimo de carga futuro, possibilite a execução de estaca Mega.

Como descrito na figura 3, seu perfil tem a profundidade de 19 metros, sendo o primeiro metro composto por um aterro de argila siltosa, com detritos vegetais, seguido de uma camada de 5 metros de silte arenoso pouco fofo e por fim, uma camada de 13 metros de argila pouco arenosa média a dura. O nível d'água está em 3,50 metros de profundidade.

Figura 3 - Sondagem para realização dos cálculos de dimensionamento e capacidade de carga das estacas Mega e sapatas.

Profundidade	SPT	Descrição do material
1,00	1/45	Aterro de argila siltosa, com detritos vegetais
2,00	5	Silte arenoso
3,00	6	
4,00	7	
5,00	6	
6,00	6	
7,00	6	
8,00	10	
9,00	15	
10,00	19	
11,00	15	
12,00	16	
13,00	11	
14,00	13	
15,00	29	
16,00	28	
17,00	28	
18,00	29	
19,00	29	

Fonte: Elaborado pelos autores

3.2 FUNDAÇÃO EXECUTADA NO ESTUDO DE CASO

A fundação executada para os edifícios foi hélice contínua, sendo que seus pontos de carga, segundo a tabela 3, mostraram cargas variando desde 420kN (42 tf) até 820 kN (82 tf). No projeto foram adotadas duas estacas tipo para todas as cargas, as duas sendo de 40 cm de diâmetro, porém uma tem o comprimento de 14 metros e deverá suportar uma carga de até 500 kN (50 tf) e a outra de comprimento de 16 metros e capacidade de suporte de até 650 kN (65 tf).

Tabela 3 – Cargas de projeto.

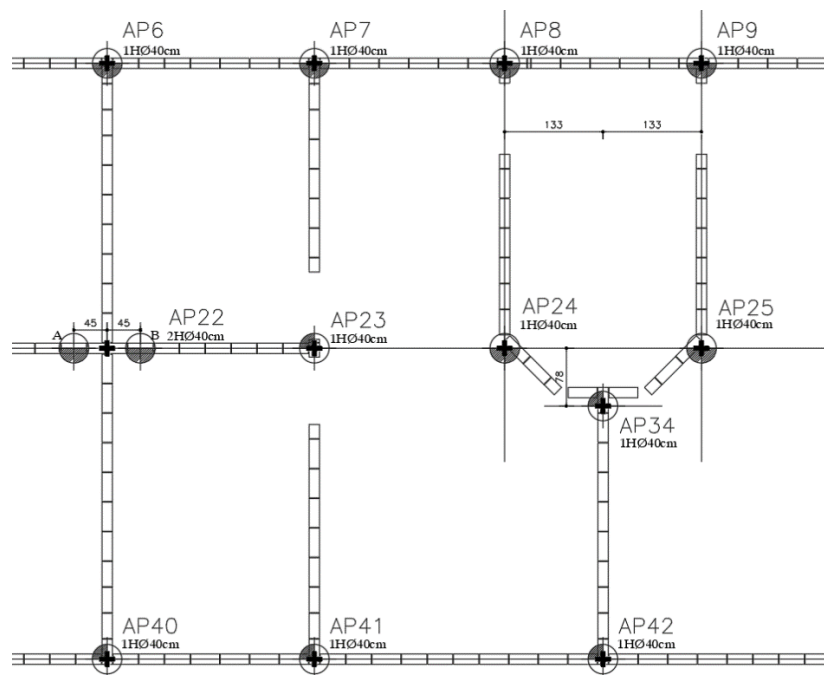
Pontos de Carregamento	Fz
AP6	45
AP7	42
AP8	44
AP9	46
AP22	82
AP23	55
AP24	48
AP25	48
AP34	64
AP40	48
AP41	62
AP42	55

(Esforços característicos; unidades: tf e m)

Fonte: Appogeo, 2015.

A disposição das estacas consiste, em basicamente, uma estaca por ponto de carga, com exceção de pontos em que a carga é muito elevada em que foram utilizadas duas estacas por ponto de carga, como apresentado na figura 4.

Figura 4 – Planta de fundação em estacas Hélice Contínua.



Fonte: Appogeo, 2015.

3.3 DIMENSIONAMENTO DAS FUNDAÇÕES RASAS PROPOSTAS

Os blocos de fundação trabalharão em um primeiro momento como sapatas, pois suportarão a carga permanente do edifício e para o dimensionamento das mesmas, deve-se considerar apenas metade das cargas totais especificadas em projeto (figura 5), pois a fundação do edifício só receberá a carga total depois que a fundação principal por estacas Mega estiver executada.

Para os cálculos das sapatas serão consideradas as cargas de 325 kN e 410 kN, dimensões quadradas correspondentes à 14cm para os pontos de grauteamento, profundidade de apoio da base do bloco de 2m um acréscimo de 5% da carga vertical permanente como peso próprio do elemento estrutural isto está previsto e solicitado no item 5.6 da NBR6122:2010.

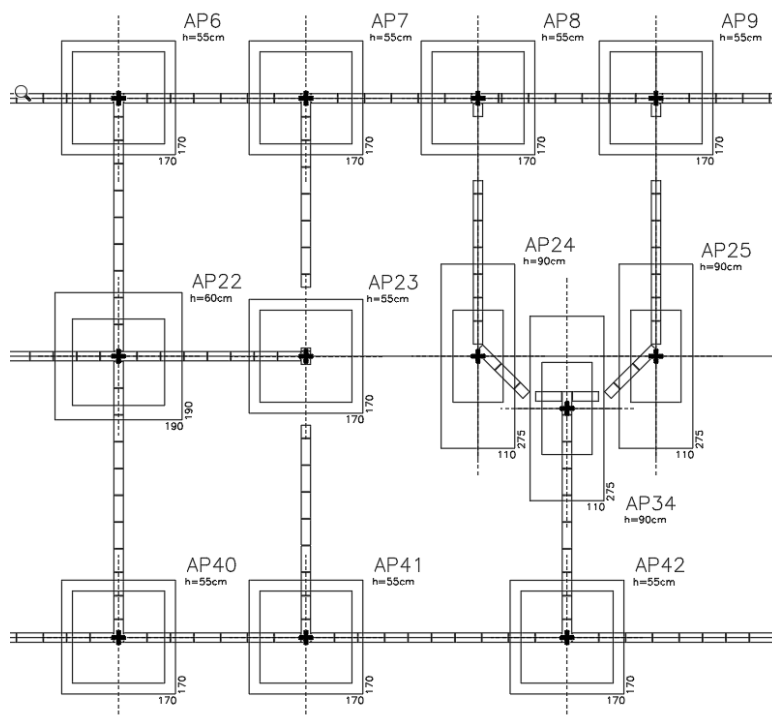
Com isso, a partir de uma tensão admissível do solo $\sigma_{adm} = 120kPa$, obteve-se as sapatas padrão para cargas de 325 kN com dimensões de 1,70 m X 1,70 m e altura de 0,55 m e para cargas de 410 kN com dimensões de 1,90 m X 1,90 m e altura de 0,60 m.

Para trechos em que não será possível executar a sapata quadrada por conta da falta de espaço, como mostrado na figura 3, serão feitas sapatas retangulares de dimensões 2,75 m X

1,10 m e altura de 0,90 m, conforme figura x em que apresenta um trecho do edifício com todos os tipos de sapatas dimensionadas.

As sapatas serão dimensionadas para receber, posteriormente, as estacas Mega, sendo seu dimensionamento feito de acordo com a figura 5 abaixo.

Figura 5 – Planta de fundação em sapatas.



Fonte: Elaborada pelos autores.

3.4 DIMENSIONAMENTO DE ESTACAS MEGA

Para os cálculos serão consideradas as cargas de 650kN e 820kN, desconsiderando as cargas acidentais e serão adotadas duas estacas por bloco.

O diâmetro da estaca Mega, será de 25 cm, com perímetro da seção transversal do fuste de 0,785m e área da base da estaca de 0,049m².

O método utilizado para o cálculo de capacidade de carga foi o Método Aoki-Velloso conforme apresentado no item 2.2.

Para efeitos de cálculo, foram utilizados os fatores de transformação F1 e F2 referentes a estacas pré-moldadas de concreto.

Tabela 4 – Tabela resumo de capacidade de carga

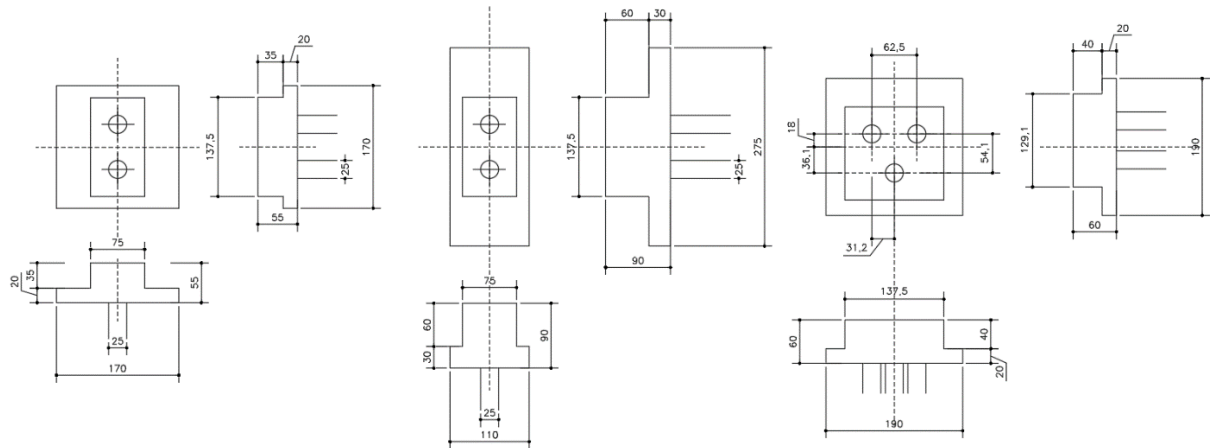
Profundidade do terreno (m)	SPT (N)	PR / FSg (kN)	Comprimento da estaca (m)	Carga total admissível na fundação (kN)	
				Com 02 estacas	Com 03 estacas
3	7	82,86	1	165,71	248,57
4	6	83,43	2	166,86	250,30
5	6	94,29	3	188,59	282,88
6	6	82,71	4	165,43	248,14
7	10	116,43	5	232,87	349,30
8	15	161,72	6	323,45	485,17
9	19	205,50	7	411,00	616,49
10	15	201,94	8	403,87	605,81
11	16	229,84	9	459,69	689,53
12	11	213,46	10	426,91	640,37
13	13	242,88	11	485,77	728,65
14	29	363,94	12	727,88	1091,82
15	28	385,04	13	770,08	1155,12
16	28	427,77	14	855,53	1283,30
17	29	468,24	15	936,48	1404,72
18	28	498,14	16	996,27	1494,41
19	29	543,64	17	1087,28	1630,91

Fonte: Elaborado pelos autores.

Conforme o resumo de capacidade de carga por comprimento e quantidade de estacas (tabela 4), a solução adotada para a carga de 650kN é a utilização de duas estacas de comprimento de 12 metros, tendo o solo a esta profundidade uma capacidade de carga de 363,94kN por estaca, totalizando assim 734kN. Quanto a carga de 820kN, a profundidade para apoio da ponta estaca necessária é de 12 metros, com capacidade de carga de 545,91kN por estaca, totalizando assim 1091,82kN ao considerar duas estacas por ponto de grauteamento.

Para o dimensionamento geométrico das estacas, a distância entre elas devem ser de, no mínimo 62,5 cm e sua distância do centro da estaca da extremidade até a extremidade do bloco de coroamento deve ser de, no mínimo, 37,5 cm, conforme descrito na figura 6.

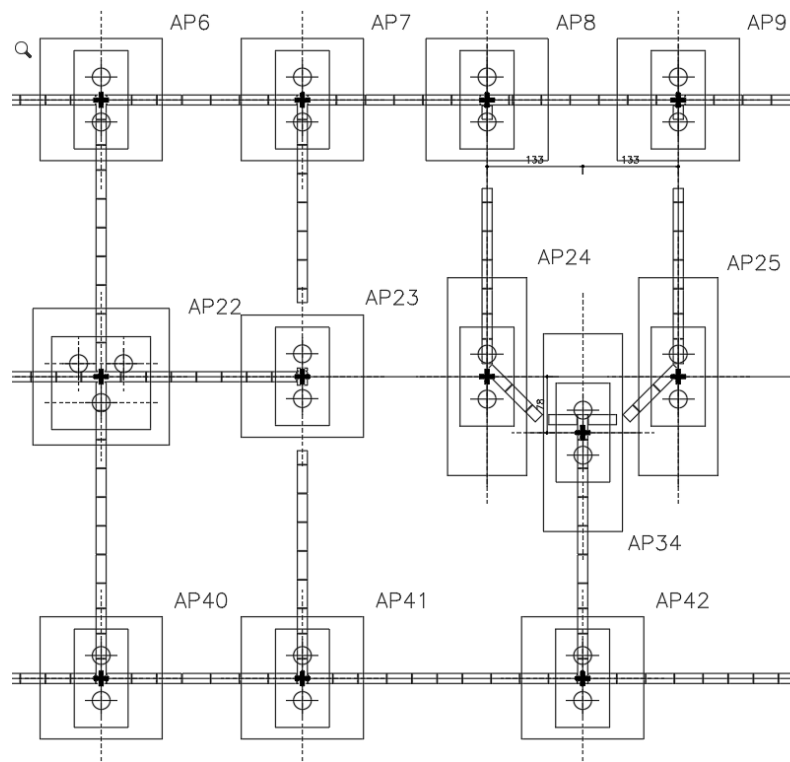
Figura 6 – Detalhamento dos blocos de coroamento



Fonte: Elaborada pelos autores.

Foram adotadas três estacas nos pontos de 820 kN, pois ao adotar duas estacas, cada uma trabalharia a 427,77kN, estando muito próximo da sua carga limite de 450kN, portanto, optou-se pela segurança ao adotar 3 estacas por bloco, conforme apresentado na figura 7.

Figura 7 – Planta de fundação em estacas Mega



Fonte: Elaborada pelos autores.

3.5 TEMPO DE EXECUÇÃO

Segundo dados passados pela construtora do empreendimento, a obra utilizou duas perfuratrizes de hélice contínua, sendo que uma entrou na data zero e outra no décimo segundo dia em relação a data zero do início de execução das fundações. Com isso, o tempo total de execução foi de 54 dias corridos ou 46 dias úteis. Porém, se as duas máquinas trabalhassem desde o começo da obra, o tempo total de execução por média de produção de cada máquina que é de 7,8 estacas/dia (ou 109,6 metros de estaca/dia), seria de 33 dias trabalhados na totalidade da etapa de fundação profunda da obra, conforme Mekbekian (2019).

Ao todo foram executadas 328 estacas com o diâmetro de 40 cm e a profundidade variando de 14 a 16 metros, conforme projeto, totalizando 4.880 metros.

Vale ressaltar que essa média de execução não é padrão, varia de obra para obra, contando com tipo de maquinário, manutenção de equipamento, condições climáticas desfavoráveis, atrasos na concretagem, tipo de solo, profundidade das estacas, topografia desfavorável e planejamento de obra. Outro tipo de atraso, que não ocorreu na obra, porém é muito comum é a troca de trado de escavação para execução de estacas de diâmetros diferentes, em que a atividade pode levar de duas a quatro horas de trabalho, portanto, diminuindo a produtividade.

Em relação as sapatas e blocos de fundações, para efeitos de tempo total de obra, foi adotado que o tempo de execução de um bloco de coroamento do projeto original leva o mesmo tempo para ser executado quanto a sapata projetada para o método executivo proposto.

Outro fator que leva mais tempo de obra dentro da parte para a realização das fundações, porém que não há números precisos que quantifiquem esse tempo, é o arrasamento da estaca. Este processo consiste em quebrar a cabeça da estaca até chegar na cota em que a mesma será incorporada ao bloco de coroamento. Quando se executa uma estaca hélice contínua monitorada, geralmente é feita a partir do nível do solo, concretada até este nível em questão e, então, precisa ser cortada até 5 cm acima da cota do nível em que o bloco de coroamento será apoiado, fazendo com que parte da estaca fique engastada no bloco. Essa quebra deve ser feita de maneira correta, sem que comprometa a armação ou gere a ruptura do concreto no restante da estaca, para que não haja problemas na própria fundação. O arrasamento da cabeça da estaca pode ser feito tanto manual quanto mecanicamente, entretanto, de qualquer maneira demanda tempo para ser executado. No caso do método proposto, como a estaca Mega é executada no fundo do bloco de coroamento, sendo apoiada pelo seu encunhamento e, portanto, não haverá

necessidade de arrasamento da cabeça das estacas, economizando também esse tempo de serviço.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como proposto inicialmente, um dos objetivos deste trabalho era compreender o uso da estaca Mega como fundação principal após a construção da estrutura com o intuito de reduzir o tempo total de obra por meio de uma alternativa que fosse viável executivamente. Ressaltando que para esse trabalho, não se objetivou determinar e comparar o custo de cada solução de fundação aqui apresentada.

Observa-se que os resultados obtidos podem ser considerados satisfatórios por conta do tempo economizado ao eliminar a fase executiva das fundações por hélice contínua monitorada, onde se gera uma redução no tempo total de obra de 33 dias de trabalho. Contudo, destaca-se que a redução do tempo total de obra deve ser obtida através da proposta de uma solução viável.

Com o objetivo de empregar uma solução exequível, foram realizados os dimensionamentos das sapatas para atender a carga primária de 50% da carga total, sendo suas dimensões para a carga de 375 kN de 1,70 m por 1,70 m e altura de 55 cm e em casos de falta de espaço para executar sapatas quadradas foi dimensionada sapatas retangulares de 1,10 m por 2,75 m e altura de 90 cm; e para a carga de 410 kN, dimensões de 1,90 m por 1,90 m com altura de 60 cm.

As dimensões em planta das sapatas também comportam, dentro dos limites estipulados pela norma, as duas estacas Mega de concreto que serão executadas, onde em uma segunda etapa a sapata passará a ter a função de um bloco de coroamento.

Em relação ao dimensionamento das estacas Mega, esta mostrou-se uma excelente ferramenta para a economia do tempo de obra pela sua versatilidade. De acordo com os cálculos feitos empregando o Método Aoki-Velloso e o dimensionamento da quantidade de estacas por ponto de grauteamento, chegou-se à um total de 688 estacas Mega de 25 cm de diâmetro, sendo 592 estacas de 12 metros para as cargas de 650 kN e 96 estacas de 12 metros para as cargas de 820 kN. Assim, há um total de 7.248 metros de estaca Mega, em detrimento as 328 estacas Hélice Contínua monitorada de 14 a 16 metros, que, considerando o projeto de fundações original e executado, seriam 4.880 metros de estaca Hélice Contínua ao todo. Embora houve um aumento na metragem total das estacas Mega em relação a estaca Hélice Contínua, a execução do serviço das estacas Mega pode ser distribuída durante toda a execução dos serviços internos do edifício, uma vez que as sapatas foram dimensionadas para aguentar todas as cargas

permanentes do edifício. Isto justifica assim a economia de tempo ao trocar o método executivo convencional pelo método proposto.

Não foram considerados nos cálculos qualquer ação de segunda ordem, como efeitos de ventos, momentos fletores e/ou cargas horizontais, apenas o peso próprio do edifício. Isso se deve ao fato do edifício ser em alvenaria estrutural e apresentar poucos pavimentos.

Também não foi considerado nesse estudo, a contribuição da estrutura como um todo para efeito do cálculo da carga de reação da estaca Mega, trabalhando exclusivamente com a carga pontual a ela aplicada, porém sendo menos impactante nesse estudo por se tratar de alvenaria estrutural, em que seu método executivo prevê vigas de travamento acima de seus pontos de grauteamento apontados em projeto para locação das estacas.

Para estudos futuros, pode-se avaliar a viabilidade econômica de cada método, com o intuito de observar, de forma detalhada, a diferença de custo com o método construtivo padrão. Além da realização de um estudo com o objetivo de determinar quais são os fatores limitantes para esta solução, como limitações executivas, que impeçam a utilização das estacas Mega por sua execução depender da reação exercida pela estrutura. Pode-se também verificar a viabilidade executiva, constatando se o método estudado consegue ser aplicado em edifícios maiores ou com cargas elevadas e efeitos de segunda ordem. O método executivo apresentado também permite sucessivos reforços de carga conforme a medida que a edificação é carregada, com as construções das lajes e acabamentos, até sua construção final de uso.

REFERÊNCIAS

- ALONSO, U. R. **Dimensionamento de fundações profundas**. 2. ed. São Paulo: Ed. Blusher, 2012.
- ALONSO, U. R. **Exercícios de fundação**. 2. ed. São Paulo: Ed. Blusher, 2010.
- ALONSO, U. R. **Previsão e controle das fundações**. 2. ed. São Paulo: Ed. Blusher, 2011.
- AOKI, N.; VELLOSO, D. A. **An approximate method to estimate the bearing capacity of piles**. 1975. Trabalho apresentado ao 5º Congresso Pan-americano de mecânica dos solos e engenharia de fundações, Buenos Aires, nov. 1975.
- APPOGEO. Projeto de fundações 01-015-YAM-FUN-TAC-R00. Diadema, 25 de mai de 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6122**: Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro, set. 2010.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6484**: Solo - Sondagens de simples reconhecimento com SPT - Método de ensaio. Rio de Janeiro, fev. 2001.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8036**: Programação de sondagens de simples reconhecimento dos solos para fundações de edifícios. Rio de Janeiro, jun. 1983.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9603**: Sondagem atrado. Rio de Janeiro, set. 1986.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE MEDICINA DO TRABALHO. **MTE N° 644**. Mai. 2013.
- BRASFOND. Disponível em <<http://www.brasfond.com.br.html>>. Acesso em: 29 abril 2019
- DE LIMA, B. A. A.; ZANIRATO, Silvia Helena. **Uma revisão histórica da política habitacional brasileira e seus efeitos socioambientais na metrópole paulista**. UNESP. Franca, 2014.
- DÉCOURT, L; QUARESMA, A. R. (1978). Capacidade de carga de estacas a partir de valores de SPT. In: CBMSEF, 6., Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro, v. 1.

DONADON, E. F. **Comportamento de estacas Mega de concreto, implantadas em solo colapsível**. UNICAMP. Campinas, 2009.

GEOFIX, 2018. Disponível: <<http://www.geofix.com.br/biblioteca.php>>. Acesso em 16 mai. 2019.

HACHICH, W., et al. **Fundações: teoria e prática**. 2. ed. São Paulo: Ed. Pini, 1998.

INFRAESTRUTURA URBANA. **Fundações e contenções - 3) Soluções técnicas: estacas Franki**. Ed 42. Ed. Pini, set 2014. Disponível em: <http://infraestruturaurbana17.pini.com.br>>. Acesso em: 16 de mai de 2019.

JJ LIMA EMPREITEIRA, 2018. Disponível em: <<https://www.jjlmaempreiteira.com.br>>. Acesso em 29 set. 2018.

JOPPERT JR., Ivan. **Fundações e contenções de edifícios** qualidade total na gestão do projeto e execução. 1ª ed. São Paulo: Pini, 2007.

MEKBEKIAN, G. **E-mail para os autores [mensagem pessoal]**. Mensagem recebida por <geraldo@grupovitoriasp.com.br> em 9 mar. 2019.

MONTEIRO, P. F. **Capacidade de carga de estacas**, método Aoki e Velloso. Relatório interno de Estacas Franki Ltda. 1997

SCHNAID, F. **Ensaio de Campo e suas aplicações à Engenharia de Fundação**. 2. ed. São Paulo: Ed. Oficina de Textos, 2000.

UNIÃO NACIONAL POR MORADIA POPULAR. **O que é a UNMP: história**. Disponível em: <<http://www.unmp.org.br>>. Acesso em: 10 de nov. 2018.

VELLOSO, D.; RESENDE, F. **Fundações - volume 1**. 2. ed. São Paulo: Ed. Oficina de Textos, 2011.

CORSINI, R. **Fundações e contenções - 1) Estacas pré-fabricadas de concreto**. 13. ed. Ed. Pini, abr. 2011. Disponível em: <<http://infraestruturaurbana17.pini.com.br/solucoes-tecnicas>>. Acesso em: 25 de mai. 2019.

MEGA REFORÇA, 2018. Disponível em: <<https://www.reforca.com.br/caracteristicas-das-estacas-mega/>>. Acesso em 25 de fev. 2019.