

ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE MÉTODOS DE FUNDAÇÃO: Estaca Mega vs Estaca Hélice Contínua

Lucas Cavalcanti Leite¹

Geisla Ap. Maia Gomes²

RESUMO

Este trabalho analisa a viabilidade financeira de dois tipos de fundação em uma edificação, a Estaca Mega e a Estaca Hélice contínua. Ao apreciar os resultados do estudo, os profissionais da área poderão ter mais embasamento teórico/prático para propor soluções tecnicamente viáveis e economicamente vantajosas para abordar situações semelhantes que possam vir a surgir na região. O objetivo é realizar estudo de um caso real que apresenta necessidade de execução de reforço estrutural em uma edificação onde foi detectado lençol freático entre 3 e 4 metros de profundidade, embasado por análises em campo das condições da edificação e ponderações sobre custos diretos e indiretos da implantação das estacas mega, comprado com os custos diretos e indiretos da implantação de estacas com hélice contínua. A análise evidenciou as vantagens e desvantagens dos dois métodos e demonstrou que para a edificação estudada, a Estaca Hélice Contínua se demonstrou mais viável, apesar do estudo levantar novas possibilidades de abordagens que podem ser ainda mais adequadas para a situação.

Palavras-chave: Fundação. Estaca Mega. Hélice Contínua. Reforço Estrutural. .

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho se propõe a realizar um estudo de caso real de uma obra, na cidade de Lambari-MG, onde é necessário o planejamento e execução de reforço estrutural para uma edificação antiga. Para executar tal reforço precisa-se definir o método de fundação economicamente mais vantajoso dadas as condições do solo.

¹ COLOCAR

² COLOCAR

Tal abordagem tenta responder a questão se financeiramente, é vantajoso usar a tecnologia de “estaca mega” para executar fundações necessárias para o reforço estrutural da edificação em questão ou seria melhor fazer a demolição parcial para viabilizar o uso do método de “hélice contínua”.

É importante definir a escolha mais adequada entre duas abordagens para lidar com a necessidade de reforço estrutural em uma edificação: o uso do método de "estaca mega" para executar fundações ou a demolição parcial para permitir a aplicação do método “hélice contínua”, onde é necessário um espaço mínimo para operação dos equipamentos de escavação desse método. O dilema é identificar qual abordagem é mais vantajosa financeiramente. Nesse cenário encontramos a grande dificuldade de utilização do método hélice contínua, que aparentemente seria o sistema mais viável, porém implica em custos indiretos relevantes visto que o mesmo precisa espaço de trabalho para o equipamento de perfuração operar. Para tanto seria necessário realizar um reforço estrutural provisório de toda edificação e uma demolição parcial das alvenarias de vedação no ponto de perfuração, para permitir a operação do equipamento. Após a implantação da estaca e do pilar estrutural, essas alvenarias precisariam ser recompostas, correndo-se ainda o risco de danos estruturais não previstos, gerados pelo procedimento.

Esse problema é relevante no cenário da construção civil, pois utilizar uma ou outra dessas abordagens pode ter implicações significativas tanto em termos de custos, quanto de eficácia na garantia da estabilidade e segurança da edificação. Portanto, a pesquisa deve investigar de forma abrangente as vantagens e desvantagens de cada opção, levando em consideração os aspectos econômicos, técnicos e de segurança.

Para realização do estudo, inicialmente foi realizada uma visita técnica ao local para identificação dos pontos de amostragem que serão utilizados. Foram feitos registros fotográficos das condições da estrutura nesses pontos, assim como eventuais patologias na edificação que indiquem algum eventual problema estrutural já existente.

Logo em seguida, foi analisado o relatório do ensaio SPT, para se entender as condições e características do solo naquele ponto. Analisamos em seguida o reforço estrutural proposto pelo projeto, considerando que o mesmo já esteja adequado para as necessidades de reforço. Não foi julgado o mérito do cálculo ou mesmo da indicação do reforço estrutural em si. Apenas foram analisados os esforços envolvidos na conexão deste reforço ao solo.

Avaliamos ainda as expectativas de profundidades necessárias para que se atinja a resistência esperada do solo, para cada uma das opções de estacas propostas por esse estudo.

Com base nas informações a obtidas, foram realizados orçamentos no mercado em busca de fornecedores para cada uma das opções de estaca. Além da proposição dos valores diretos, coube aos fornecedores realizar visita técnica ao local para que sejam identificadas todas e quaisquer interferências e dificuldades operacionais que eles encontrarão para execução de cada modalidade de estacas. Foi realizada uma projeção dos custos indiretos necessários para sanar as dificuldades e interferências apontadas pelos executores. Baseado em todas informações obtidas, fizemos uma análise comparativa de viabilidade operacional e financeira considerando todos os custos diretos e indiretos envolvidos, assim como as dificuldades operacionais de cada tipo de instalação, a fim de determinar qual método seria mais adequado para a situação em questão.

Ao apreciar os resultados do estudo, os profissionais da área podem ter mais embasamento teórico/prático para propor soluções tecnicamente viáveis e economicamente vantajosas para abordar situações semelhantes que podem vir a surgir na região.

2 REFORÇO ESTRUTURAL E FUNDAÇÕES

Reforços estruturais são os elementos estruturais adicionados em uma edificação já concluída, e esses por sua vez precisam ter suas tensões transmitidas para o solo de maneira adequada através de uma fundação, atendendo os padrões de segurança estabelecidos.

A necessidade de reforços estruturais, seja por patologias instaladas ou mesmo pela modernização de edificações antigas é uma realidade. Todo reforço estrutural implantado, necessita por sua vez de uma fundação bem planejada para fazer a sua conexão ao solo e distribuir adequadamente os os esforços garantindo segurança e estabilidade. Determinar o tipo de fundação e o método de implantação mais adequado é fundamental para o sucesso do engenheiro civil.

2.1 Fundações

Fundações são os elementos estruturais responsáveis por transmitir para o solo todos os esforços gerados pela estrutura de uma edificação. Essa ligação “solo-estrutura” precisa

garantir um perfeito equilíbrio de forças entre os elementos conectados, não interferindo nas características naturais do solo ao mesmo tempo que promove estabilidade à edificação.

Neves (2010), afirma que quando a fundação apresenta um mau desempenho em termos de transmissão dos esforços atuantes para o solo por alterações inesperadas nas condições de solo ou mesmo por uma necessidade de incremento de novas cargas, é necessário realizar um reforço estrutural.

De acordo com a NBR 6122, criada pela Associação Brasileira de Normas e Técnicas (ABNT, 2010 apud SILVA; SILVA, 2018), as fundações superficiais são aquelas onde a carga é transmitida pelas pressões geradas sob a base da fundação, tendo a profundidade de assentamento, em relação ao terreno adjacente, inferior à duas vezes a menor dimensão da fundação.

Por outro lado, a fundação profunda é definida como o “elemento de fundação que transmite a carga ao terreno pela base (resistência de ponta), por sua superfície lateral (resistência de fuste) ou por uma combinação das duas”, (ABNT, 2010 apud SILVA; SILVA, 2018).

A escolha do tipo de fundação adequado para cada situação é totalmente influenciada pelas características do solo. Para se identificar o tipo de solo e conseqüentemente a escolha do tipo de fundação. Hachich (1996 apud SILVA; SILVA, 2018) diz que é recomendável a realização de investigações geotécnicas, como sondagem de simples reconhecimento a percussão (SPT); medição de torque em sondagens de simples reconhecimento (SPT-T); e índice de torque (TR) e conceito de N equivalentes (NEP).

Várias patologias de fundações estão relacionadas com quantidades insuficientes ou mesmo com a ausência de ensaios para investigação do solo ou mesmo pela análise inadequada dos dados. Em mais de 80% dos casos de mau desempenho de fundações de obras pequenas e médias, a ausência completa de investigação é o motivo de adoção de soluções inadequadas, de acordo com Milititsky, Consoli e Schnaid (2005). No Quadro 01, Milititsky, Consoli e Schnaid (2005) correlacionam problemas típicos ocasionados pela ausência de investigação correta do solo com o tipo de fundação.

Quadro 1 - Problemas originados na inexistência ou ineficiência de estudo do solo

Tipo de Fundação	Problemas Típicos Decorrentes
Fundações Diretas	Tensões de contato excessivas, incompatíveis com as reais características do solo, resultando em recalques inadmissíveis ou ruptura
	Fundações em solos/aterros heterogêneos, provocando recalques diferenciais
	Fundações sobre solos compressíveis sem estudos de recalques, resultando grandes deformações
	Fundações apoiadas em materiais de comportamento muito diferente, sem junta, ocasionando o aparecimento de recalques diferenciais
	Fundações apoiadas em crosta dura sobre solos moles, sem análise de recalques, ocasionando a ruptura ou grandes deslocamentos da fundação
Fundações Profundas	Estacas de tipo inadequado ao subsolo, resultando mau comportamento
	Geometria inadequada, comprimento ou diâmetro inferiores aos necessários
	Estacas apoiadas em camadas resistentes sobre solos moles, com recalques incompatíveis com a obra
	Ocorrência de atrito negativo não previsto, reduzindo a carga admissível nominal adotada para a estaca

Fonte: Milititsky, Consoli e Schnaid (2005, p. 29).

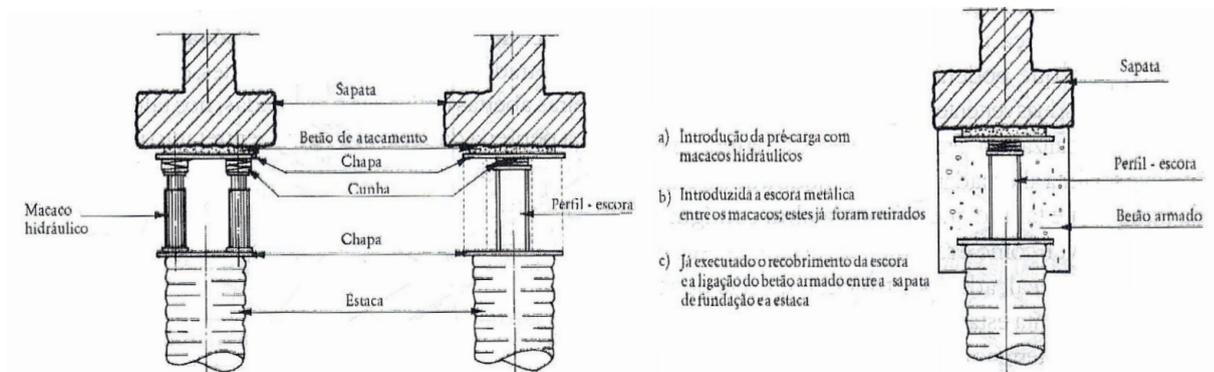
2.2 Estaca Mega

Ao adotar-se a aplicação de uma fundação profunda, principalmente em uma situação onde o lençol freático excessivamente raso inviabiliza a aplicação de uma fundação rasa, dois métodos de execução podem ser considerados: Estaca Mega e Estaca Hélice Contínua.

Entende-se como Estaca Mega, a cravação de segmentos sobrepostos de estacas através da reação aplicada por macaco hidráulico contra uma cargueira ou mesmo contra a própria estrutura da edificação caso ela seja capaz de resistir a esse esforço. A norma ABNT NBR 6.122:2019 (ABNT, 2019), guia os procedimentos de implantação das estacas mega, identificando as características gerais da estaca, o método e a carga de cravação, assim como

o controle de qualidade a ser seguido. A Figura 01 ilustra os equipamentos utilizados e o processo executivo da estaca Mega:

Figura 1 - Equipamentos utilizados e processo executivo da estaca Mega.



Fonte: Neves (2010)

Dentro das possibilidades de aplicação de Estaca Mega, pode-se considerar duas opções: A estaca Mega pré-moldada que consiste em se cravar diversos segmentos de concreto dimensões 50 cm de comprimento por 25 cm de diâmetro com um furo de 8 cm no meio devido o método de centrifugação na fabricação.

(OLIVEIRA (a), 2016) aborda uma importante característica que deve ser considerada pelo projetista ao se trabalhar com estaca Mega pré-moldada. Como seu método de cravação consiste em realizar expulsão própria, observa-se o efeito de incremento na pressão neutra dentro do solo. Isso pode ocasionar no relaxamento da cravação em um segundo momento.

Esta é uma importante característica do reforço que deve ser considerado pelo projetista que queira aplicar este tipo de reforço. Observa-se segmentos de desse tipo de Mega na Figura 2 abaixo:

Figura 2 - Segmentos para estaca Mega de Concreto



Fonte: Faraggi (2016)

De acordo com (TEIXEIRA, 2020), esse tipo de estaca Mega, possui uma capacidade de suporte de 45tf, é indicado para estacas de até 10 metros de profundidade. Porém se aplicado em situações onde as estacas atinjam comprimentos superiores a 10 metros ou se atingir-o solo com predominância de argilas muito moles, a capacidade de carga cairá devido ao efeito de flambagem de 2ª ordem. É possível observar a estaca Mega de concreto instalada na Figura 03 abaixo:

Figura 3 - Estaca Mega de concreto instalada.



Fonte: Lima (a) (2020).

Segundo Oliveira (2016), o método da estaca Mega Metálica, caracteriza-se pela cravação dos segmentos metálicos através de cisalhamento do solo. Após a realização da cravação, é realizado o preenchimento da estaca com concreto armado e fibras, que aumentam sua resistência, estabilidade e coeficiente de segurança da estrutura de reforço. É feito na sequência o encunhamento do topo da estaca. Realiza-se ainda a concretagem da cabeça para preencher os vazios entre o encunhamento e o corpo da estaca. Os segmentos são constituídos por tubos metálicos de 75cm de diâmetro, tendo suas ligações feitas através de roscas e luvas. Pode-se observar na Figura 04 os segmentos metálicos e na Figura 05 um exemplo de estaca Mega metálica instalada.



Fonte: Lima (a) (2020).

Segundo (OLIVEIRA (a), 2016) o método da estaca Mega Metálica, caracteriza-se pela cravação dos segmentos metálicos através de cisalhamento do solo. Após a realização da cravação, é realizado o preenchimento da estaca com concreto armado e fibras, que aumentam sua resistência, estabilidade e coeficiente de segurança da estrutura de reforço. É feito na sequência o encunhamento do topo da estaca. Realiza-se ainda a concretagem da cabeça para preencher os vazios entre o encunhamento e o corpo da estaca. Os segmentos são constituídos por tubos metálicos de 75cm de diâmetro, tendo suas ligações feitas através de roscas e luvas. Pode-se observar na Figura 04 os segmentos metálicos e na Figura 05 um exemplo de estaca Mega metálica instalada.

Figura 04 – Segmentos da composição da estaca Mega metálica



Fonte: Lima (b) (2020).

Figura 05 – Estaca Mega metálica instalada.



Fonte: Fonseca (2020).

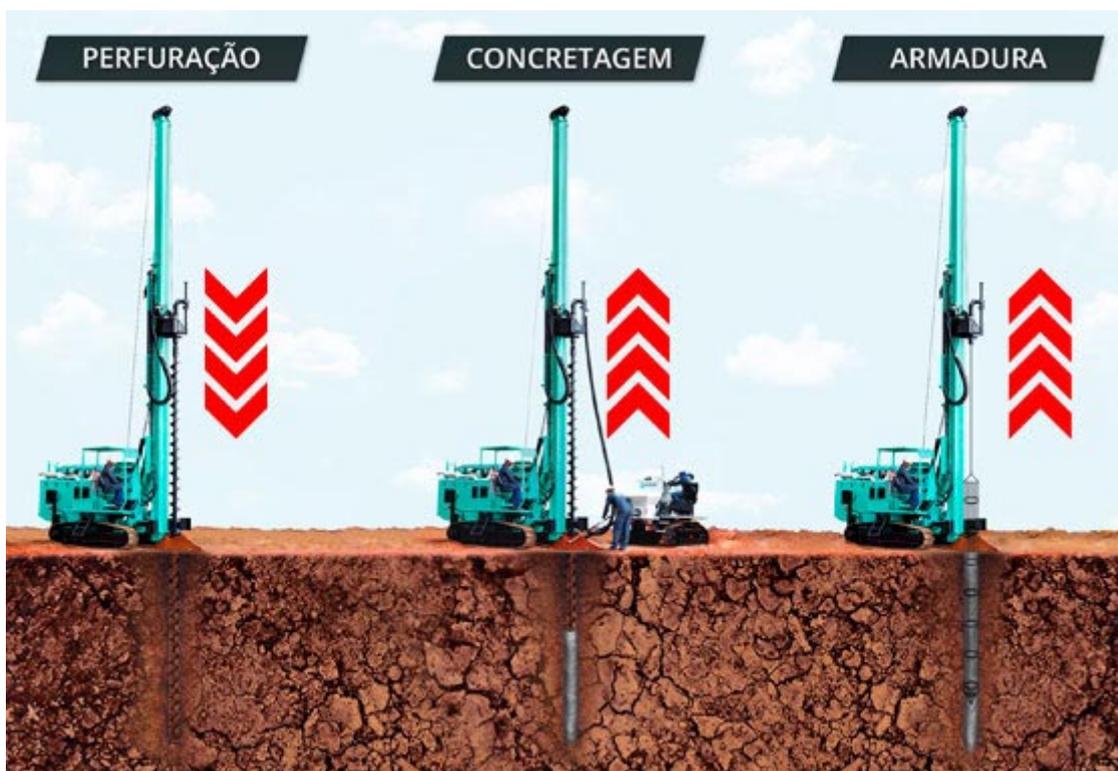
2.3 Estaca Hélice Contínua

A estaca hélice contínua se caracteriza por um tipo de fundação profunda como sendo de concreto, moldada in loco e executada através da inserção, por rotação, de um trado helicoidal contínuo no terreno até à profundidade definida em projeto, de acordo com ABNT NBR 6.122:2019 (ABNT, 2019). Injeta-se o concreto sob pressão controlada através da haste e ao mesmo tempo o trado é removido. A armadura é instalada após a finalização da concretagem, devendo ser introduzida com o concreto ainda fresco.

Seus primeiros usos registrados no Brasil remontam a 1987 e a partir da metade da década de 90 foi amplamente difundida com a importação de equipamentos específicos para sua execução (Hachich et al., 1998).

Albuquerque et al. (2001, p. 10) caracterizam as estacas tipo hélice, como um tipo de estaca que é feita no local da obra através da escavação do solo por um trado, que tem seu interior vazado como uma agulha. A ponta do trado é revestida por uma tampa metálica para evitar sua obstrução durante a escavação. Após atingir a profundidade desejada, o trado é removido do solo ao mesmo tempo que o concreto é injetado, preenchendo todos os espaços escavados.

Figura 6 - Esquema Técnico das Etapas executivas da Hélice Contínua



Fonte: <https://www.reihelicecontinua.com.br/estaca-helice-continua.php>

De acordo com Antunes (1998), as estacas hélice contínua são uma solução técnica e economicamente viável em casos de: centros urbanos onde não se deseja ter vibrações ou ruídos, obras industriais ou de grande porte, onde se deseja elevada produtividade; estruturas de contenção próximas a estruturas existentes, desde que esforços horizontais sejam compatíveis com comprimentos de armação permitidos. Pode-se observar na figura 06 o Esquema Técnico das Etapas Executivas da Hélice Contínua.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Conforme salientamos na introdução, analisamos os dados obtidos através de visita técnica em uma obra, na cidade de Lambari-MG, onde consideramos os dados obtidos pelo estudo de viabilidade que foi realizado pela equipe de engenharia juntamente com o proprietário do imóvel.

Figura 7 - Imóvel em Lambari - MG



Fonte: O Autor

Trata-se de um imóvel composto de térreo e 1º pavimento, onde funcionou um hotel na cidade de Lambari-MG. As atividades do hotel se encerraram a muitos anos e o imóvel permaneceu desocupado desde então. Recém adquirido pelos novos proprietários que pretendem reformá-lo e destinar seu uso para moradias multifamiliares. Além disso uma demanda dos novos proprietários é adicionar um terceiro pavimento à edificação. A premissa dos proprietários é de não demolir o imóvel e sim reformá-lo, adaptá-lo para sua nova destinação.

Durante os estudos da equipe de engenharia contratada, detectou-se que não existia um padrão adequado de projeto estrutural. Não foram encontrados pilares e vigas adequados. Nem mesmo uma fundação de base existia. Trata-se de uma edificação muito antiga, construída de forma muito rudimentar, como podemos observar na figura 08 abaixo, onde detectamos que não existe sequer uma viga baldrame transmitindo uniformemente os esforços ao solo:

Figura 8 - Detalhe Fundação Inexistente



Fonte: O Autor

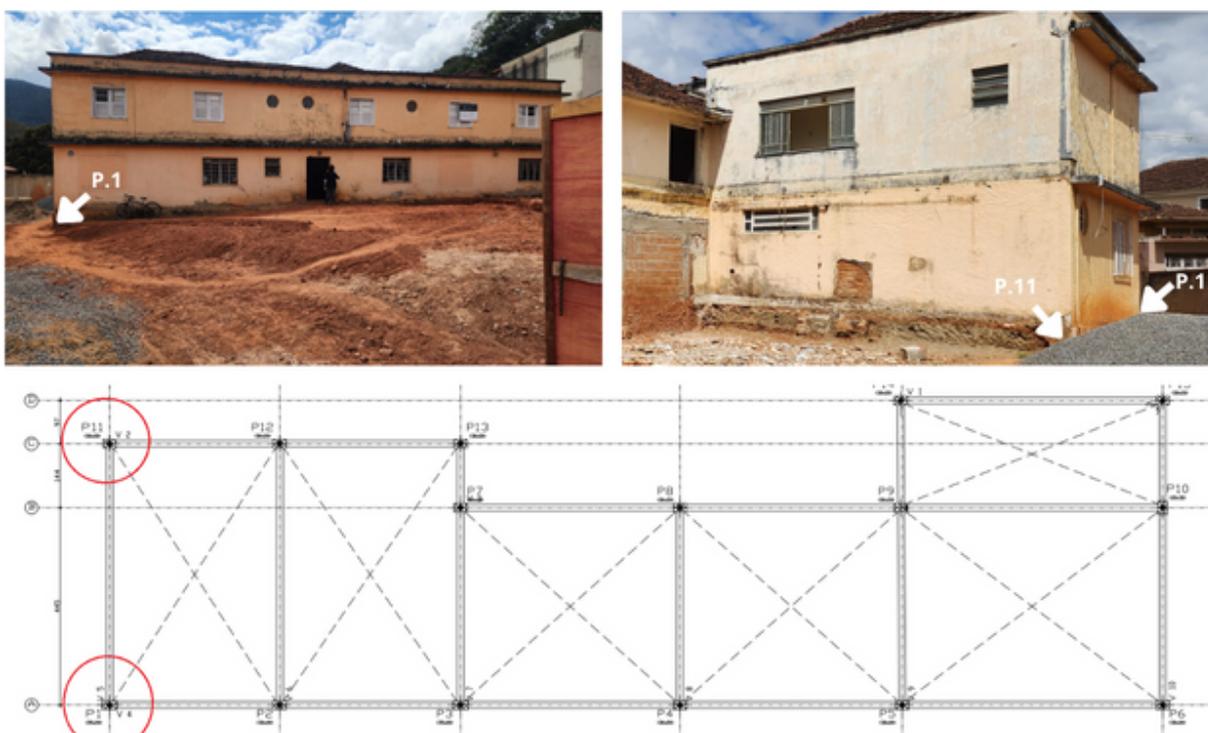
Para enfrentar tal desafio a equipe de engenharia mapeou pontos onde já haviam patologias estruturais instaladas. Realizou um estudo estrutural calculando todos os reforços estruturais necessários para atender as necessidades de estabilização, já considerando a adequação do imóvel para a nova destinação. Além disso, realizaram os estudos do solo, para dimensionar adequadamente as fundações necessárias para transmitir os esforços ao solo. Depois de tudo isso definido, a equipe foi ao mercado buscar fornecedores com capacidade técnica de entregar cada uma das etapas, assim como possíveis alternativas tecnicamente adequadas para resolver cada um dos desafios.

Esse artigo se propõe a analisar esses dados e avaliar especificamente no caso das fundações profundas, qual técnica seria mais adequada para atender a necessidade. Estaca Mega ou Estaca Hélice Contínua. A análise se concentra apenas em 2 estacas escolhidas como amostra para fazer um comparativo de viabilidade entre as duas técnicas.

4 RESULTADO E DISCUSSÃO

Para dar início à análise o primeiro passo foi escolher um ponto de amostragem. O Ponto escolhido fica evidenciado na figura 09 através de registro fotográfico e um fragmento do projeto estrutural produzido pela engenharia:

Figura 09 - Amostragem



Fonte: O Autor.

Foi realizado pela equipe de engenharia o cálculo para determinação dos esforços dos pilares estruturais que precisam ser implantados. Evidenciamos abaixo os dados obtidos especificamente para os pilares objetos da nossa amostragem:

Figura 10 - Esforços

Pilar	Planta	Dimensão (cm)	Tramo (m)	Hipótese	Base						Ext.Sup.					
					N (kN)	Mx (kN-m)	My (kN-m)	Qx (kN)	Qy (kN)	T (kN-m)	N (kN)	Mx (kN-m)	My (kN-m)	Qx (kN)	Qy (kN)	T (kN-m)
P1	Laje 03	30x20	5.60/7.70	Peso próprio	23.2	2.1	4.2	1.5	3.0	0.0	19.6	-1.1	-2.0	1.5	3.0	0.0
				Cargas permanentes	44.1	5.1	7.0	4.2	5.1	0.0	44.1	-3.7	-3.7	4.2	5.1	0.0
				Sobrecarga	4.0	0.4	0.9	0.3	0.6	0.0	4.0	-0.2	-0.5	0.3	0.6	0.0
	Laje 02	30x20	2.80/5.00	Peso próprio	52.5	3.2	5.8	2.9	5.2	0.0	48.8	-3.2	-5.7	2.9	5.2	0.0
				Cargas permanentes	90.2	4.8	8.6	4.2	7.7	0.0	90.2	-4.5	-8.4	4.2	7.7	0.0
				Sobrecarga	8.3	0.7	1.1	0.6	1.0	0.0	8.3	-0.7	-1.0	0.6	1.0	0.0
	Laje 01	30x20	0.00/2.20	Peso próprio	81.5	1.4	2.8	1.7	3.3	0.0	77.7	-2.3	-4.5	1.7	3.3	0.0
				Cargas permanentes	135.7	2.8	4.9	3.1	5.3	0.0	135.7	-4.0	-6.9	3.1	5.3	0.0
				Sobrecarga	12.6	0.3	0.5	0.3	0.6	0.0	12.6	-0.5	-0.8	0.3	0.6	0.0
	Baldrame	30x20	-0.80/-0.40	Peso próprio	89.0	-0.0	0.4	0.1	2.5	0.0	88.3	-0.1	-0.6	0.1	2.5	0.0
				Cargas permanentes	174.6	1.4	4.6	11.3	29.0	0.0	174.6	-3.2	-7.0	11.3	29.0	0.0
				Sobrecarga	13.1	-0.0	-0.0	-0.2	0.0	0.0	13.1	0.0	0.1	-0.2	-0.2	0.0

P11	Laje 03	30x20	5.60/7.70	Peso próprio	21.3	1.6	-3.9	1.1	-2.7	0.0	18.2	-0.7	1.8	1.1	-2.7	0.0
				Cargas permanentes	43.1	4.9	-6.4	4.1	-4.6	0.0	43.1	-3.7	3.3	4.1	-4.6	0.0
				Sobrecarga	3.7	0.3	-0.8	0.2	-0.6	0.0	3.7	-0.1	0.4	0.2	-0.6	0.0
	Laje 02	30x20	2.80/5.00	Peso próprio	48.2	2.7	-5.7	2.4	-5.1	0.0	44.9	-2.6	5.6	2.4	-5.1	0.0
				Cargas permanentes	88.4	4.5	-8.0	3.9	-7.2	0.0	88.4	-4.1	7.9	3.9	-7.2	0.0
				Sobrecarga	7.9	0.6	-1.1	0.6	-1.0	0.0	7.9	-0.6	1.0	0.6	-1.0	0.0
	Laje 01	30x20	0.00/2.20	Peso próprio	74.9	1.1	-2.9	1.4	-3.3	0.0	71.6	-1.9	4.3	1.4	-3.3	0.0
				Cargas permanentes	133.4	2.8	-4.8	3.1	-5.2	0.0	133.4	-4.0	6.6	3.1	-5.2	0.0
				Sobrecarga	12.0	0.2	-0.5	0.3	-0.6	0.0	12.0	-0.4	0.8	0.3	-0.6	0.0
	Baldrame	30x20	-0.80/-0.40	Peso próprio	82.2	0.0	-0.3	0.4	-2.2	0.0	81.6	-0.1	0.5	0.4	-2.2	0.0
				Cargas permanentes	172.1	1.5	-4.8	11.2	-29.1	0.0	172.1	-3.0	6.9	11.2	-29.1	0.0
				Sobrecarga	12.6	-0.0	0.1	-0.1	0.3	0.0	12.6	0.0	-0.1	-0.1	0.3	0.0

Fonte: O Autor.

Para transmitir tais esforços ao solo é necessário conhecer as características do mesmo na região estudada. A equipe de engenharia realizou o levantamento através do estudo S.P.T. Os laudos de S.P.T. evidenciam uma grande predominância de solo argiloso nas camadas superficiais. Foi detectado nível de água de 3 a 4 metros de profundidade nas regiões amostradas.

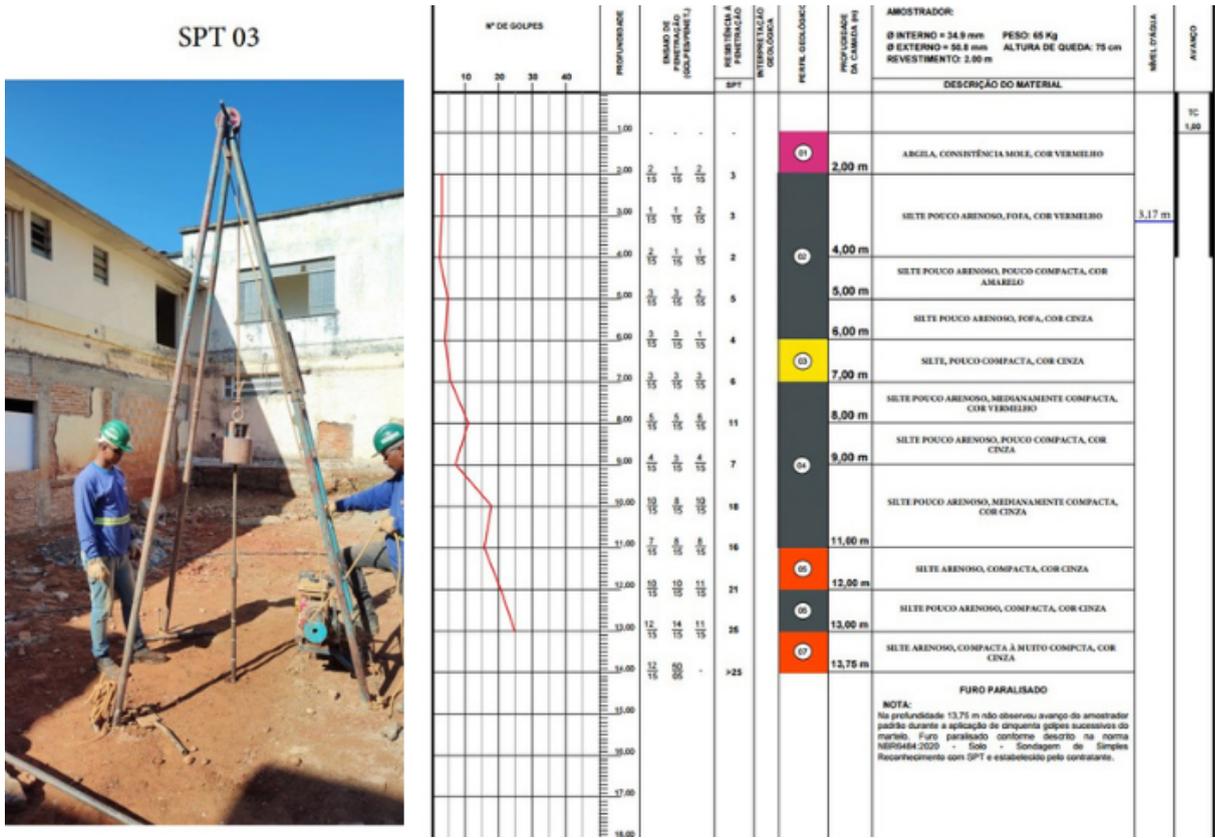
Figura 11 - SPT 02



Nº DE GOLPES		PROFUNDIDADE	ENXARTE DE ENCLAVAMENTO (SOLAPAMENTO)	RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO	INTERVALO DE PROFUNDIDADE	PERFIL GEOLÓGICO	PROFUNDIDADE DA CAMADA (m)	AMOSTRADOR: Ø INTERNO = 34,9 mm PESO: 65 Kg Ø EXTERNO = 55,8 mm ALTURA DE QUEDA: 75 cm REVESTIMENTO: 2,00 m	MPL. PLÁGIO	ALTI. MÓD.
10	20									
		1,00	-	-	-					
		2,00	1/15	2/15	1/15	3	2,00 m	ARGILA SILTOSA, CONSISTÊNCIA MOLE, COR VERMELHO		
		3,00	7/15	7/15	8/15	15	3,00 m	ARGILA, CONSISTÊNCIA RÍGA, COR VERMELHO		
		4,00	4/15	3/15	3/15	6	4,00 m	ARGILA, CONSISTÊNCIA MÉDIA, COR VERMELHO	3,65 m	
		5,00	2/15	2/15	2/15	8	6,00 m	ARGILA, CONSISTÊNCIA MOLE, COR VERMELHO		
		6,00	2/15	1/15	2/15	3	7,00 m	SILT, FOFA, COR VERMELHO		
		7,00	4/15	2/15	4/15	3	8,00 m	SILT, FOFA, COR AMARELO		
		8,00	1/15	2/15	2/15	4	9,00 m	SILT POUCO ARENOSO, POUCO COMPACTA, COR AMARELO		
		9,00	2/15	3/15	3/15	6	10,00 m	SILT, POUCO COMPACTA, COR AMARELO		
		10,00	3/15	3/15	4/15	7	11,00 m	SILT, MEDIANAMENTE COMPACTA, COR AMARELO		
		11,00	4/15	5/15	4/15	9	12,00 m	SILT, MEDIANAMENTE COMPACTA, COR VERMELHO		
		12,00	6/15	7/15	8/15	15	13,00 m	SILT POUCO ARENOSO, MEDIANAMENTE COMPACTA, COR AMARELO		
		13,00	7/15	7/15	7/15	14	14,00 m	SILT, MEDIANAMENTE COMPACTA, COR VERMELHO		
		14,00	8/15	8/15	8/15	16	15,00 m	SILT POUCO ARENOSO, COMPACTA, COR VERMELHO		
		15,00	8/15	10/15	10/15	25	15,83 m	SILT ARENOSO, COMPACTA A MUITO COMPACTA, COR CINZA		
		16,00	50/50	-	-	>25		FURO PARALISADO		
		17,00						NOTA: Na profundidade 15,83 m não observou avanço do amostrador durante a aplicação de cinquenta golpes sucessivos de martelo. Furo paralisado conforme descrito na norma NBR 12248-2012 - Solo - Sondagem de Simples Reconhecimento cpte SPT e encoberto pelo contratante.		
		18,00								

Fonte: Impacto SPT

Figura 12 - SPT 03



Fonte: Impacto SPT

Após a análise completa de todos os dados, considerando o estudo de cargas e o estudo de solo foi determinado pela equipe de engenharia que seria necessário, especificamente para o P.1 e P.11 de nossa amostragem, a implantação de estacas de cerca de 12 metros de profundidade e 300mm de diâmetro.

Foram realizados orçamentos para execução especificamente dessas estacas, tanto através da técnica da “Estaca Mega - de Concreto” quanto através da técnica de “Hélice Contínua”. Além disso foram levantadas todas as dificuldades e custos operacionais do uso de cada uma das técnicas que ficam demonstrados através da tabela a seguir:

Figura 13 - Análise de Viabilidade Econômica

Análise de Viabilidade “Estaca Mega” vs “Estaca Hélice Contínua” – P.1 e P.11			
Estaca Mega <i>12 metros de profundidade</i> <i>300mm diâmetro</i>		Dificuldades operacionais	Vantagens Operacionais
		Necessidade de ponto estável Reação para Cravamento	Insumos Pré Fabricados
		Equipamento Especializado	Capacidade de Carga Elevada
		Prazo de Execução demorado e incerto	Controle Preciso da Resistência alcançada
Estaca Hélice Contínua <i>12 metros de profundidade</i> <i>300mm diâmetro</i>		Dificuldades operacionais	Vantagens Operacionais
		Necessidade de Demolição Parcial e Escoramento provisório	Controle Preciso de Profundidade e Diâmetro
		Espaço Limitado	Baixo Deslocamento Lateral
		Estaca moldada in loco, com várias etapas de produção	Prazo de Execução relativamente ágil
Estudo Econômico			
Estaca Mega	Custo Direto (por estaca)	Custos indireto (por estaca)	Custo total
P.1	R\$ 2.725,00	R\$ 3.125,00	R\$ 5.850,00
P.11	R\$ 2.725,00	R\$ 3.125,00	R\$ 5.850,00
TOTAL			R\$ 11.700,00
Estaca Hélice Contínua	Custo Direto (por estaca)	Custos indireto (por estaca)	Custo total
P.1	R\$ 2.107,85	R\$ 2.500,00	R\$ 4.607,85
P.11	R\$ 2.107,85	R\$ 2.500,00	R\$ 4.607,85
TOTAL			R\$ 9.215,70

Figura 14 - Detalhamento dos Custos diretos e Indiretos

Relação de Custos Diretos Estaca Mega				Relação de Custos Diretos Hélice Contínua			
Custos diretos por estaca 12m (Estaca Mega)				Custos diretos por estaca 12m (Hélice Contínua)			
	Quantidade	\$	Total		Quantidade	\$	Total
Segmentos 30mm	12	R\$ 80,00	R\$ 960,00	Concreto m³	1,176	R\$ 550,00	R\$ 646,80
Cravação (m)	12	R\$ 120,00	R\$ 1.440,00	Escavação (m)	12	R\$ 33,00	R\$ 396,00
			R\$ 0,00	Ferragem (kg)	94,728	R\$ 9,00	R\$ 852,55
Sub Total			R\$ 2.400,00	Sub Total			R\$ 1.895,35
Custos Rateados para 40 estacas				Custos Rateados para 40 estacas			
	\$ Total	n° Estacas	\$ unitário por estaca		\$ Total	n° Estacas	\$ unitário por estaca
Frete	R\$ 4.000,00	40	R\$ 100,00	Bombeamento	R\$ 4.500,00	40	R\$ 112,50
Deslocamento	R\$ 9.000,00		R\$ 225,00	Deslocamento	R\$ 4.000,00		R\$ 100,00
Sub Total			R\$ 325,00	Sub Total			R\$ 212,50
TOTAL			R\$ 2.725,00	TOTAL			R\$ 2.107,85
Relação de Custos Indiretos Estaca Mega				Relação de Custos Indiretos Hélice Contínua			
Custos Rateados (por área de cobertura)				Custos Rateados (por área de cobertura)			
Tipo	\$ Total	n° Estacas cobertas	Total	Tipo	\$ Total	n° Estacas cobertas	Total
Ponto de Reação	R\$ 2.000,00	2	R\$ 1.000,00	Escoramento	R\$ 4.000,00	4	R\$ 1.000,00
Reforço em Baldrames	R\$ 3.000,00	4	R\$ 750,00	Demolição Parcial	R\$ 2.000,00	4	R\$ 500,00
Reforço em Radier	R\$ 3.500,00	4	R\$ 875,00	Recomposição Parcial	R\$ 4.000,00	4	R\$ 1.000,00
Escoramento	R\$ 2.000,00	4	R\$ 500,00				
Sub Total Por estaca			R\$ 3.125,00	Sub Total Por estaca			R\$ 2.500,00

Fonte: O Autor.

Ao analisar o cenário como um todo podemos entender melhor o problema e as possíveis abordagens para solução.

A Estaca Mega possui sim algumas vantagens, principalmente em relação aos mecanismos de controle já que seus insumos não são moldados in loco. A cadeia de trabalho é mais simples e com menos etapas. Mas isso não garante uma diminuição da sua complexidade.

Por outro lado, seu custo médio costuma ser bem mais alto se comparado à Hélice contínua. E apresenta ainda várias dificuldades operacionais, que se agravam ainda mais pelas condições da edificação estudada.

O maior desafio para implantação da Estaca Mega é que além de necessitar de uma mão de obra muito especializada, o processo de execução é muito complexo. Trata-se de uma cravação por reação. Para tanto, é necessário um ponto de contra-reação adequado para que os segmentos sejam cravados ao solo. Visto que a edificação não possui nenhum tipo de estrutura de base, seria necessário a criação de um reforço estrutural de base, para que esse transmita adequadamente a carga da edificação para o ponto de reação de cravamento dos segmentos das estacas. Se hipoteticamente fosse realizado o processo de cravação, utilizando a estrutura da base existente sem uma fundação que distribua uniformemente a reação o resultado seria no colapso de parte da estrutura e incapacidade de cravar os segmentos da Estaca Mega. Como agravante ainda temos o fato do pavimento novo não existir. Por mais que seja criado uma estrutura de base para usar a edificação como ponto de contra-reação da estaca, não teríamos a contra-reação do pavimento novo para atingir a profundidade que garanta o fator de segurança adequado para edificação.

Em contrapartida, a Hélice contínua também possui suas vantagens e desvantagens. São equipamentos mais difundidos no mercado, e apesar de ser uma instalação especializada, existe um bom número de fornecedores disponíveis.

Ao utilizar esse método, consegue-se ter uma precisão maior em determinar e atingir os fatores de segurança e resistência necessários para reforçar a estrutura existente e ainda prever os esforços gerados pelo novo pavimento a ser construído.

O maior desafio em aplicá-lo em uma edificação já existente é que é necessário fazer uma demolição parcial na região do entorno do eixo da estaca. Essa área demolida deve ser suficiente para o posicionamento do equipamento de perfuração. Para tanto, é necessário realizar o escoramento provisório de toda área adjacente à demolição, e após a implantação da estaca, deve-se recompor a edificação, já lançando o pilar estrutural sobre a estaca implantada.

5 CONCLUSÃO

Respondendo a pergunta inicial, se seria mais vantajoso empregar a Estaca Mega ou Hélice contínua para o caso em estudo, concluímos que entre as duas opções, apesar de todo transtorno indireto gerado a Hélice contínua ainda atenderia melhor. O edifício impossibilita de certo modo a implantação da Estaca Mega, já que seriam necessárias várias intervenções preliminares só para possibilitar tal execução. Mesmo fazendo tudo isso, o fato da operação da cravação de segmentos ser extremamente complexo a equipe teria que lidar com vários fatores imprevisíveis, e a complexidade tende a aumentar. Apesar da Hélice contínua também gerar impactos indiretos, esses seriam menos drásticos e os resultados mais garantidos, por se tratar de uma implantação menos complexa, que envolve menos interações de vetores de esforços

Cabe destacar ainda que durante a realização desse estudo, foram consultados vários especialistas do setor outras possibilidades de fundação foram propostas. Caberia um estudo mais aprofundado acerca dessas outras opções, como a técnica da Micro-Estaca.

ECONOMIC FEASIBILITY STUDY OF FOUNDATION METHODS: Mega Pile vs Continuous Helix Pile

ABSTRACT

This work analyzes the financial viability of two types of foundation in a building, the Mega Pile and the Continuous Helix. By appreciating the results of the study, professionals in the field will be able to have more theoretical/practical basis to propose technically viable and economically advantageous solutions to address similar situations that may arise in the region. The objective is to carry out a study of a real case that presents the need to carry out structural reinforcement in a building where a water table was detected between 3 and 4 meters deep, based on field analyzes of the building's conditions and considerations on direct and indirect costs of the implementation of mega piles, purchased with the direct and indirect costs of

implementing piles with a continuous helix. The analysis highlighted the advantages and disadvantages of the two methods and demonstrated that for the building studied, the continuous helix proved to be more viable, despite the study raising new possibilities for approaches that may be even more appropriate for the situation.

Keywords: Foundation. Mega Stake. Continuous Helix. Structural reinforcement

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, P. J. R.; FAIÇAL, M.; CARVALHO, D.; FERREIRA, M. A. M. **Comportamento à compressão de estacas escavadas, hélice contínua e hélice tipo ômega, em solo residual de diabásio.** São Paulo: UNICAMP, 2001.

ANTUNES, W. R.; TAROZZO, H. Estacas Tipo Hélice Contínua In: HACHICH, W.; FALCONI, F. F.; SAES, J. L.; FROTA, R. G. Q.; CARVALHO, C. S.; NIYAMA, S. *Fundações: teoria e prática.* 2. ed. São Paulo: Pini, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 6.122:2019: Projeto e execução de fundações. 1 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

FARAGGI, Ivo. Estaconsolida, Estaconsolida Engenharia de Consolidações Ltda, 2016. Disponível em: <http://www.estaconsolida.com.br/estaca-mega-concreto/>. Acesso em: 22 de agosto de 2023.

FONSECA, Fabio. Estaca Mega Metálica. FUNDAÇON. 2020. Disponível em: <https://www.fundacon.com/servicos/estaca-mega-metalica/>. Acesso em: 22 de agosto de 2023.

HACHICH, Waldemar et al. *Fundações: Teoria e Prática.* 2ª ed. São Paulo: Pini, 1998.

LIMA (b), Dieres. Estaca Mega Metálica. JJ Lima – Empreiteira e Estaqueamento Ltda, 2020. Disponível em: <https://www.jjlmaempreiteira.com.br/estaca-mega-metalica>. Acesso em: 22 de agosto de 2023.

MILITITSKY, Jarbas; CONSOLI, Nilo César; SCHNAID, Fernando. Patologia das Fundações. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2005

NEVES, Manuel João Niza das. Técnicas de Recalçamento e Reforço de Fundações: metodologias, dimensionamento e verificações de segurança. 2010. 189 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2010. Disponível em: <https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/395142103007/Tese%2056426.pdf>. Acesso em: 22 de agosto de 2023.

OLIVEIRA (a), Armando. Entrevista à revista Fundações e Obras Geotécnicas no site da Mega Reforça. 2016. Disponível em: <http://reforca.com.br/novo/caracteristicas-das-estacas-mega/> Acesso em: 22 de agosto de 2023.

SILVA, A.S.; SILVA, W.H. Patologias e reforço de fundações com estudo de caso utilizando o método de estacas mega. 2018.

TEIXEIRA, André Tavares et al: Análise de reforço de fundação com estaca mega metálica. 2020. Disponível em <https://dspace.mackenzie.br/items/864ca2fd-f974-4181-99b7-c85967c97a60> Acessado em 23 de agosto de 2023