

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE AS CARGAS DE CRAVAÇÃO DE ESTACA MEGA METÁLICA E CARGAS ESTIMADAS POR MÉTODOS SEMI EMPÍRICOS

Juliana Eto de Freitas¹; Marcio José de Oliveira Júnior²; Sabrina da Silva Mancinelli³
Prof.º. Me Felipe Mantovani⁴
Universidade São Francisco

¹Aluna do Curso de Engenharia Civil, Universidade São Francisco; Campus Bragança Paulista

²Aluno do Curso de Engenharia Civil, Universidade São Francisco; Campus Bragança Paulista

³Aluna do Curso de Engenharia Civil, Universidade São Francisco; Campus Bragança Paulista

⁴Professor Orientador Felipe Mantovani, Curso de Engenharia Civil, Universidade São Francisco; Campus Bragança Paulista.

Resumo: A falta de conhecimento de profissionais, que avaliam não ser necessário um estudo preliminar do solo para a escolha do melhor tipo de fundação, faz com que a atenção direcionada à fundação seja insuficiente, trazendo diversos problemas podendo afetar por completo, a construção. Com isso, faz com que métodos inovadores sejam procurados para o melhor desempenho da fundação, que são elementos fundamentais para interação da estrutura com o solo. Deste modo faz-se necessário que o profissional analise minuciosamente a origem de tal patologia, para que se realize a sua recuperação. Um dos meios para que a estrutura seja recuperada, são as chamadas “Estacas Mega”, que mesmo sendo um meio muito eficiente, ainda é pouco estudada. O objetivo deste estudo é analisar o caso real de uma residência que apresentou focos de recalque em determinadas regiões, havendo a necessidade de reforço da fundação. Neste caso será utilizado o dado de cravação da estaca mega metálica, comparando com cargas de valores estimados através de métodos semi-empíricos.

Palavras-chave: Fundação, fissura, SPT, estaca, resistência

INTRODUÇÃO

A fundação de uma estrutura se faz necessária para que haja a transmissão de cargas ao solo. Inúmeros fatores podem afetar seu comportamento, sendo a curto ou longo prazo. Os motivos podem estar associados diretamente ao projeto, onde é feita uma análise inadequada do mesmo e do solo em questão, e pode estar ligado aos procedimentos construtivos ou acontecimentos após a implantação da construção, ou seja, durante o uso dela. (MILITITSKY, 1995)

Devido a crescente procura por novas construções e até mesmo o fator economia, muitas vezes estes estudos preliminares são feitos parcialmente ou até mesmo feitos inadequadamente, tendo como consequência as chamadas patologias, sendo necessário reforços nas fundações.

Um dos recursos utilizados para a realização desse reforço da fundação são as estacas prensadas ou cravadas, mais conhecidas como Estacas Mega, que é um tipo de reforço que opera com peças cravadas no solo com o auxílio de um macaco hidráulico, assim, recuperando a estrutura com eficiência.

A cravação das estacas Mega é realizada com base na terceira Lei de Newton, ou seja, o macaco hidráulico é posicionado sobre a peça, seja ela de concreto ou metal, aplicando uma força na estrutura, e como reação, a mesma força é aplicada contra o macaco hidráulico, desta forma a peça é cravada no solo.

Assim é visto que de fato é de suma importância a etapa de estudos, tanto do solo quanto da estrutura construída, podendo se evitar patologias futuras e se caso precise de reforço, qual será a carga exercida na estaca, para que ela seja cravada ao solo, tornando a execução viável em ser realizada.

Este artigo tem como objetivo principal apresentar e comparar os dados de ensaio de Sondagem SPT com dados de pressão de cravação de estacas mega metálicas.

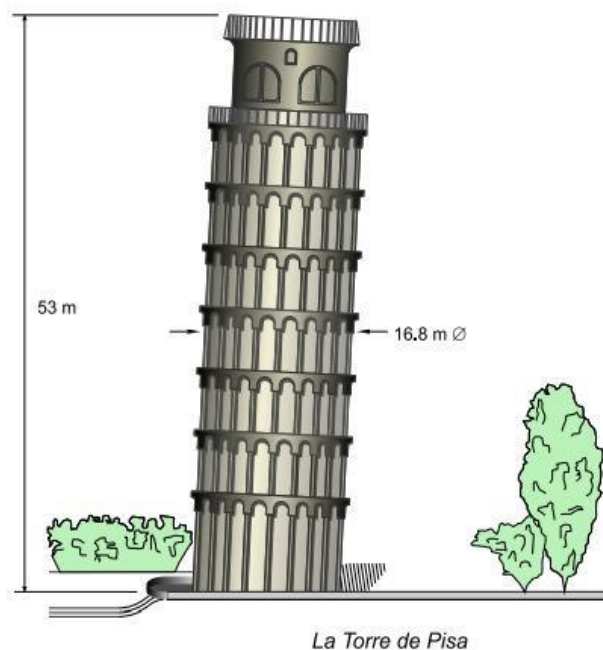
1. FUNDAÇÕES

As fundações desde cedo foram uma preocupação do homem. Um exemplo são os homens primitivos, que à procura de mais segurança, construíram suas cabanas em madeira. Quando se alojavam próximos a lagos e rios, eram instaladas sobre estacas, o que nos mostra que sempre houve o conhecimento e preocupação com a erosão do solo superficial, assim se precavendo com estacas, tendo maior resistência para as cabanas.

A fundação é uma estrutura que faz a transmissão de carga da construção para o solo. É uma das partes mais importantes de uma construção, pois a qualquer erro sendo de execução ou de projeto, pode acontecer patologias na estrutura da construção e/ou até desastres.

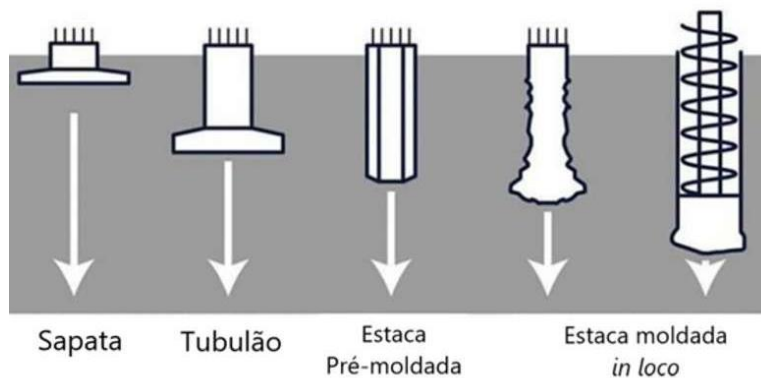
Já vimos alguns resultados de fundações más sucedidas, tendo como uma das mais famosas a Torre de Pisa (Itália), a construção original da torre era uma grandiosa catedral, a fundação construída seria suficiente para uma edificação retangular, mas não para uma torre com diâmetro menor, com apenas três metros de profundidade, não bastou muito para apresentar recalques, ao chegar ao terceiro andar uma das vistas já exibiu o afundamento. (FLORIANO, 2016, p.108).

Figura 1- Torre de Pisa inclinada.



Fonte: A torre de pisa, o movimento pendular e o direito: a transjuridicidade como o pêndulo estabilizador.

Figura 2: Principais tipos de fundação. Fonte: Diário Jaraguá.



Fonte:

2. SONDAGEM DO SOLO

2.1 Ensaio SPT (Standard Penetration Test)

O método mais utilizado, no Brasil, para a determinação da capacidade de carga, consistência e perfil do solo, é a chamada Sondagem à Percussão, também conhecida como sondagem de simples reconhecimento com SPT (Standart Penetration Test), cujo mesmo é identificado pela normalização da ABNT na NBR 6484.

Todas estas informações, possibilitam a definição mais precisa do tipo de fundação que será empregada em um determinado terreno, bem como definir se é necessário outros tipos de estudo geotécnicos mais aprofundados.

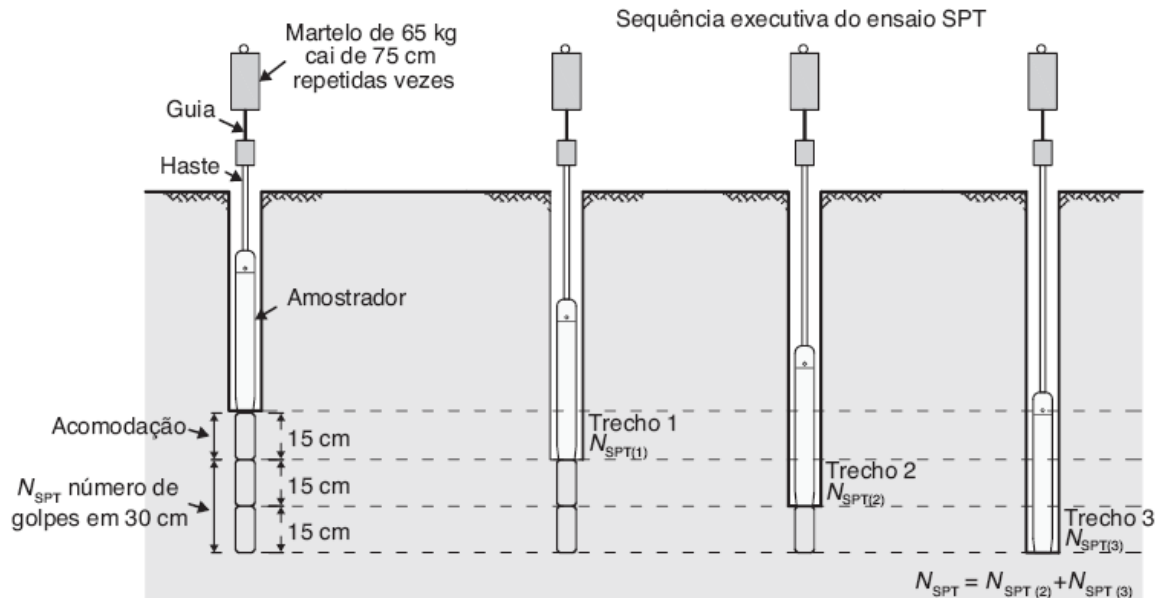
As vantagens deste ensaio são a simplicidade do equipamento, o baixo custo e a obtenção de informações cuja aplicação foi consagrada em métodos empíricos e semi empíricos de projeto. A sondagem é realizada por meio de ensaio em campo, com a cravação do chamado amostrador padrão no solo pelo impacto de um martelo de ferro. Dessa forma é coletado amostras metro a metro para ser feita a análise tátil e visual das camadas do solo estudado.

Uma série de procedimentos compõe a execução deste tipo de ensaio:

- Amostrador padrão: O operador posiciona o amostrador padrão para a realização do teste de resistência à percussão, logo que se atinge 1 metro de profundidade.
- Marcação: Com o auxílio de um giz, é feita a marcação de um segmento de 45cm, o qual é dividido em três partes iguais, sendo 15cm cada uma. Esta marcação servirá como referência na contagem dos golpes em cada segmento.
- Posicionamento do martelo: O martelo é posicionado a 75cm de altura dando golpes até que os 45cm sejam cravados.
- Coleta das amostras: O amostrador é retirado, após a cravação dos 45cm, iniciando a coleta das amostras do solo até que se encontre o lençol freático.
- Realização de teste de umidade: Caso se perceba que o solo escavado está úmido, deve-se realizar um teste para se saber se foi atingido o nível saturado. O teste se resume na utilização de um equipamento denominado “piu” o qual ao entrar em contato com a água, emite um som.

Por fim, o resultado desse teste representa a quantidade de golpes que é necessário para que o amostrador faça a penetração, no fundo do furo, nos seus últimos 30cm.

Figura 3: Execução do ensaio SPT. Fonte: Engenharia de Fundações, p.47



Fonte:

3. PATOLOGIA DAS FUNDAÇÕES

Tem-se notado com frequência na construção civil a ocorrência de patologias, havendo a necessidade de se executar reforços nas fundações, ocasionando desta forma um aumento significativo no custo da obra e prejudicando a reputação dos profissionais envolvidos no mercado de trabalho. (MILITITSKY; CONSOLI; SCHNAID, 2005).

Segundo Milititsky, 2005 o surgimento de patologias nas fundações, ocorrem na maioria das vezes devido a ineficiência do estudo e investigação do solo. Os problemas mais comuns que decorrentes desta ausência de investigação em fundações diretas são:

Recalques inadmissíveis ou ruptura, que surgem quando as tensões de contato não condizem com as reais;

- Surgimento de recalques, devido as fundações estarem em solo heterogêneo;
- Surgimento de recalques diferenciais, aparecimento ocasionado devido as fundações estarem apoiadas em materiais de comportamento muito diferente, sem junta.
- Aparecimento de rupturas ou grandes deslocamentos da fundação, devido às fundações estarem apoiadas em crosta dura sobre solos moles, não havendo análise de recalques.

Já os problemas ocorridos em fundações profundas segundo o autor, são:

- Ocorrência de mau comportamento devido construção de estacas não adequadas;
- Comprimento ou diâmetro inferiores ao adequado;
- Redução da carga admissível adotada para a estaca, pertencente a ocorrência de atrito negativo não previsto.

Figura 4: Detalhes de estacas pré-moldadas tubulares rompidas. Fonte: Patologia das fundações, 2015.



Fonte:

4. RECALQUE DAS FUNDAÇÕES

Denomina-se como recalque, as deformações que o solo sofre, quando é submetido a esforços. (REBELLO, 2008). Tendo como consequência, a movimentação da interação solo e estrutura, ocasionando grandes danos. Ou seja, recalque em fundação ocorre quando a ligação entre o solo e a estrutura se rompe fazendo com que a fundação desça mais do que se é esperado. Existem duas divisões para esse tipo de deformação, o recalque total, quando esta deformação ocorre em toda a fundação, e recalque diferencial quando ocorre somente em partes da fundação. (MILITITSKY, 2005).

Divide-se em três, os danos causados pelos recalques, sendo eles visuais ou estéticos, os quais não apresentam perigo para a estrutura, danos que comprometem a funcionalidade da estrutura e os danos estruturais, que colocam em risco a segurança do usufruidor. (MILITITSKY, 2005).

Segundo Thomaz (1989), a intensidade dos recalques não resulta apenas da característica do solo, mas também devido às dimensões da estrutura da fundação. Num solo totalmente permeável, como é a areia, os recalques acontecem em curtos períodos posteriormente à solicitação da carga. Já em um solo menos permeável, como a argila, os recalques podem durar por vários anos, já que o processo ocorre de maneira lenta.

Figura 5 – Trincas verticais causadas pelo recalque da fundação. Fonte: Patologias e reforço de fundações com estudo de caso utilizando o método de estacas mega, 2018.



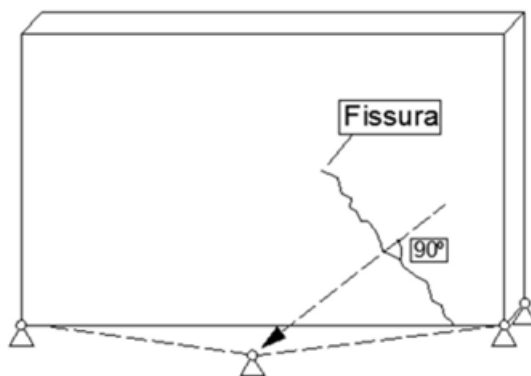
Fonte:

4.1. Regra da Mediatriz

Dessa forma, em 1970 surge a regra da Mediatriz, que consiste na metodologia criada pelo professor Dickran Berberian, onde seu objetivo é indicar possíveis mecanismos causadores de fissuras. (BERBERIAN, 2019).

A Mediatriz é uma reta perpendicular que passa pelo ponto médio deste segmento. Usando este método, é possível identificar os pontos com patologias usuais geradas por flechas ou recalques. Para o uso da regra, deve-se traçar uma reta perpendicular traçada no ponto médio (mediatriz) à fissura estudada e essa apontará para o possível causador do problema.

Figura 6 – Regra da Mediatriz. Fonte: Berberian (2019), adaptado pelo autor.



Fonte:

5. REFORÇO DE FUNDAÇÃO

5.1. Definição

Adota-se reforço de fundação como meio de intervir no solo, fundação e estrutura, quando um desses não apresentam um desempenho satisfatório diante das cargas exercidas sobre eles. (SILVA apud GOTLIEB, 1998)

Um dos meios utilizados para executar reforço de fundações, são as Estacas Mega, as quais aumentam imediatamente a segurança da estrutura em questão. (SILVA apud GOTLIEB, 1998). Sabendo que a aplicação de cada uma das técnicas é condizente com a situação da estrutura e do solo, é de extrema importância que sejam feitos estudos aprofundados das diversas técnicas que possibilitam o reforço da fundação, para que sejam definidas as corretas etapas, garantindo a eficiência da estrutura (SILVA, 2015).

No Brasil o primeiro registro da utilização de estaca prensada se deu em 13 de novembro de 1935 pela empresa do engenheiro Edgard Frankignoul, com tubos de aço recuperáveis. Esta mesma empresa intitulou estas estacas utilizadas como “Estacas Mega” instalando-as como reforço de fundações, utilizando como reação uma estrutura já existente no Rio de Janeiro, onde 62 estacas com diâmetro de 67,5 cm foram executadas. (DONADON apud JUNQUEIRA).

Para evitar o reforço, durante a construção da fundação é preciso realizar ensaios de integridade para averiguação da estrutura, com métodos e procedimentos adequados. (MILITITSKY, 2015). Pode-se afirmar que nos casos de patologias que haja a necessidade de reforço de fundação, os custos podem se tornar muito maiores que o custo inicial, fora o abalo na imagem dos profissionais envolvidos com a obra, o desgastante e prolongado tempo para descobrir as possíveis causas, e a evacuação de edifícios ou residências. Há casos onde esses problemas ocasionaram a falência das empresas. (MILITITSKY, 2015).

Figura 7 – Trinca devido ao recalque diferencial de fundação. Fonte: Donadon, 2009.



Fonte:

5.2. Utilização

As soluções para os serviços de reforços de fundações variam e muitas vezes dependem da condição do problema em que se é apresentado, como por exemplo: tipo de solo, urgência do serviço, carga exercida, espaço em que se encontra a estrutura. Dessa forma podem ser apresentadas algumas soluções viáveis de reforço para tal problema. (DONADON apud GOTLIEB, 1998)

Alguns dos fatores que podem ocasionar as rupturas e sedimentações são:

- Falta de sondagem do solo: Normalmente o que ocasiona o sedimento da fundação é a falta de sondagem, onde determina se o solo é ideal ou não. O que pode desencadear um dimensionamento incorreto da fundação, causando recalque diferencial, fazendo ocorrer a patologia na fundação.
- Umidade: É recomendado que se verifique a umidade do solo antes de iniciar o processo de fundação, para que o solo não ceda com o tempo por causa da quantidade de água no solo.
- Aterro mal compactado: O aterro feito de maneira incorreta também pode ocasionar recalque na fundação. Já que a terra também cederia com o tempo.

Se as complicações surgiram na deterioração dos materiais que formam os elementos da fundação, é recomendado que os mesmos passem por um processo de recuperação ou reforço. Tem-se como exemplo a ocorrência da corrosão das armaduras dos elementos que compõem a fundação. Portanto, é um obstáculo associado à estrutura e não à transmissão de carga da estrutura para o solo. (DONADON apud GOTLIEB, 1998).

Para os casos que seja necessário apenas diminuir os recalques diferenciais ocorridos, é recomendado que seja feito o enrijecimento da estrutura, que pode ser alcançado através de implantação de vigas de rigidez, interligando as fundações ou a adição de peças estruturais capazes de travar a estrutura. (DONADON apud GOTLIEB, 1998). Outro meio para que seja feito o reforço da fundação é a Estaca Mega, que será estudada no presente trabalho, a qual pelo fato de serem introduzidas no terreno através de uma bomba hidráulica, não provocam vibrações, reduzindo riscos de instabilidade que podem ocorrer devido às fundações estarem em estado defeituoso. Elas também provocam baixos ruídos, e por seus segmentos terem tamanhos reduzidos, esse tipo de reforço traz a facilidade de serem executados em lugares pequenos e com difícil acesso.

As estacas prensadas ou as chamadas Estacas Mega, são comumente utilizadas como meio de reforços de fundações, onde são cravadas com macacos hidráulicos que reagem contra a própria estrutura já existente. Esse tipo de estaca pode ser utilizado nos seguintes casos:

- Quando a estrutura apresenta sinais de recalques diferenciais que podem levar a estrutura a um grande estrago, podendo ser trincas, fissuras, ou até rachaduras. Esses casos podem ocorrer devido a ruptura das fundações, colapso do solo ou a inexistência de fundação.
- Outro caso em que a Estaca Mega é utilizada, é quando há mudança de carga da estrutura, exemplo comum são prédios residenciais que ao passar dos anos, se tornam comerciais, ou estruturas já existentes que são utilizadas para outras finalidades que necessitem de uma fundação que aguente uma carga maior.

6. ESTACAS MEGA

As Estacas cravadas à reação, também intituladas como Estaca Mega, são prensadas com o uso de macacos hidráulicos, onde a própria estrutura é utilizada como força de reação. A estaca mega pode ser em segmentos de concreto maciço, vazado, ou em tubos metálicos também vazados. (Manual de Execução de Fundações e Geotecnia - Práticas Recomendadas, 2012).

Figura 8 – Perfil metálico e cunhas para o auxílio do pistão. Fonte: Análise do uso de estacas mega como reforço de fundações superficiais: estudo de caso no município de Arcos/MG.



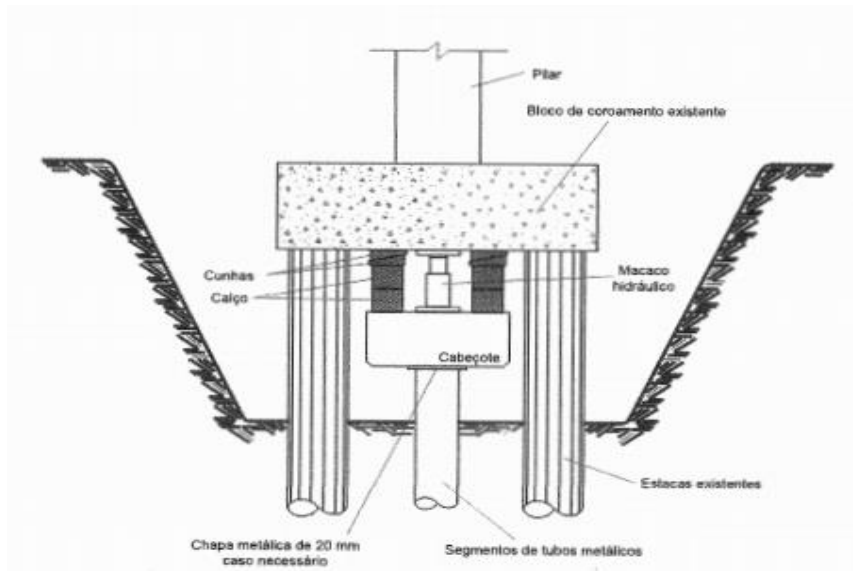
Fonte:

As estacas são segmentos de 0,5 á 1,0 m, que é decidida de acordo com o local e condições, normalmente o mais utilizado é o de 0,5m. Ela pode ter o formato retangular ou circular, mas usualmente se vê mais a utilização do formato circular. (DONADON, 2009)

As estacas em questão são ideais para operar em reforço de fundação, o método escora a estrutura quando há a possível tensão de ruptura do solo, protegendo as construções vizinhas. Com o constante uso, a estaca mega tem se tornado uma solução habitual para reforço de fundação e também utilizada como fundação definitiva para edifícios que foram aumentando seus pavimentos. (ARAÚJO, 2005)

Este tipo de fundação é indicado também devido ao seu tipo de cravação, que não proporciona vibrações, sendo assim não atrapalhando obras vizinhas e danificando suas estruturas. (LIMA, 2020).

Figura 9 – Esquema de cravação por macaqueamento, com reação contra a estrutura existente
Fonte: Manual de especificações de Produtos e Procedimento da ABEF (2012).



Fonte:

7. MATERIAIS E MÉTODOS

Os principais instrumentos utilizados no estudo de caso foram: Macaco hidráulico, tubos metálicos, Viga tipo “I”, “traveseiro”, chapa metálica e cunhas.

- **Macaco Hidráulico:** O Macaco hidráulico funciona através de um cilindro que é elevado por pressão hidráulica, neste caso foi utilizado um macaco manual, o qual é bombeado manualmente até o cilindro alcançar a altura máxima que no caso é de 18cm. A escolha de ser do tipo manual foi dada, devido ao pouco espaço. Além disso o macaco hidráulico também possui um marcador de pressão, dados em “BAR”, então a cada estágio da cravação dos segmentos era verificado a pressão de cravação necessária para o mesmo. Os dados apresentados no estudo já estão convertidos em KN. Conforme figura 10.

Figura 10 - Macaco hidráulico



Fonte: Próprio autor.

- Tubos Metálicos: Os tubos metálicos utilizados têm o diâmetro de 15cm, e espessura de 10mm, variando de 0,90m a 1,00m. Conforme havia a cravação quase por completo de um segmento, outro segmento metálico é soldado no mesmo, tendo no final um único tubo. Conforme figura 11.

Figura 11 - Tubos metálicos (Segmentos).



Fonte: Próprio autor.

- Viga tipo “I”: A viga “I” foi utilizada pois para o início do posicionamento do segmento e macaco hidráulico, é preciso aumentar a área de contato da estrutura de viga baldrame da casa para com o cilindro do macaco hidráulico, além de ter uma superfície plana distribuindo a carga do macaco uniformemente na estrutura da viga baldrame. Conforme figura 12.

Figura 12 - Viga Tipo “I”



Fonte: Própria autor.

- Travesseiro: O travesseiro é onde fica a “cabeça” da estaca criada, a penúltima peça colocada. Ela assim como a viga “I” é utilizada para aumentar a área de contato, mas

agora para com o segmento metálico. Conforme figura 13.

Figura 13 - Travesseiro.



Fonte: Próprio autor.

- Chapa metálica: A chapa metálica assim como os dois itens acima também é utilizada para aumentar a área de contato, mas agora do travesseiro para com o segmento metálico, pois como o travesseiro é de concreto haveria escoriação do material de concreto para com o metal, então a chapa metálica é posicionada em cima do último segmento metálico e soldada, após ela soldada o travesseiro é posicionado sob a mesma. Conforme figura 14.

Figura 14 - Chapa metálica. Obs: A chapa utilizada tem abertura no centro dela em forma quadrada.



Fonte: Próprio autor.

- Cunhas: As cunhas são utilizadas para a finalização da estaca e têm como função a transferência da carga do baldrame ao travesseiro. A inserção das mesmas se dá sob

pressão de maneira que, ao término, toda a carga já seja mobilizada pela estaca.

Figura 15 – Cunhas



Fonte: Próprio autor

7.1 Método Construtivo

Após a abertura da vala, com o operário dentro, inicia-se a preparação para a cravação onde, de cima para baixo tem-se: Viga tipo “I”, cunhas, traveseiro, chapa metálica e por fim os segmentos metálicos uns soldados aos outros. A formação acima dos segmentos metálicos se dá da seguinte forma, conforme figura 16:

Figura 16 - Formação dos materiais acima dos segmentos metálicos.



Fonte: Próprio autor

8. METODOLOGIA

8.1. Caracterização e localização

A pesquisa foi realizada através de estudo de caso referente a uma residência situada na região central da cidade de São Paulo, no bairro da Aclimação (figura 17).

Figura 17 - Localização da residência.

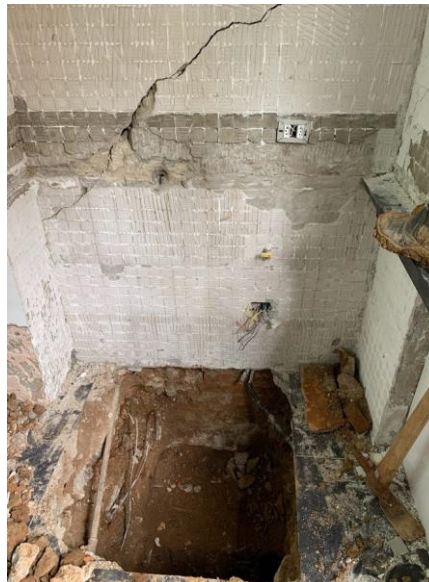


Fonte: Google Maps.

Trata-se de uma edificação da década de 50 que passou por uma ampliação há cerca de 5 anos. Nessa reforma, a residência, antes térrea, passou a contar com dois pavimentos. Algumas fissuras surgiram logo após a conclusão da reforma e uma piora foi notada ao longo dos anos, culminando com a solicitação pelo proprietário para vistoria e intervenção com reforço de fundações. As fissuras e rachaduras são notadas em diversas paredes internas e externas conforme a figura 18.

As patologias foram analisadas durante visita técnica ao local, com a constatação de diversas trincas a 45° . Os pontos de recalque foram então definidos a partir da aplicação da regra da mediatriz proposta por Dickran Berberian com o traçado de uma perpendicular à fissura, obtendo-se a indicação do ponto de recalque.

Figura 18 - Fissura típica de recalque em fundação.



Fonte: Próprio autor.

Com esses dados em mãos, é possível observar os locais de instalação da estaca mega e a quantidade de carga que receberá após a execução. Esse cálculo está relacionado também na escolha do macaco hidráulico para conseguir chegar na capacidade suficiente sobre pressão de cravar as peças ao solo.

profundidade da ordem de 2 metros para acesso à face inferior da viga baldrame a ser utilizada como reação para o cilindro de cravação. A execução das estacas Mega e leituras ocorreram da seguinte forma:

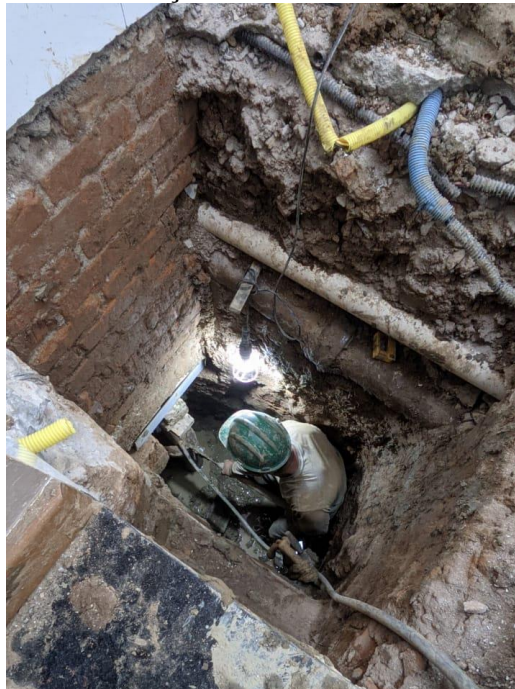
- a) Abertura da vala sob o baldrame e inserção do equipamento e elemento de concreto, conforme figura 20;
- b) Início da cravação do primeiro segmento e leitura de força inicial;
- c) Cravação de metade do elemento e leitura de força, conforme figura 21;
- d) Cravação total do segmento e leitura de força;
- e) Inserção de novo elemento de concreto e início de cravação com leitura de força;

Figura 20 - Abertura da Vala.



Fonte: Próprio autor.

Figura 21 - Cravação até metade do tubo metálico.

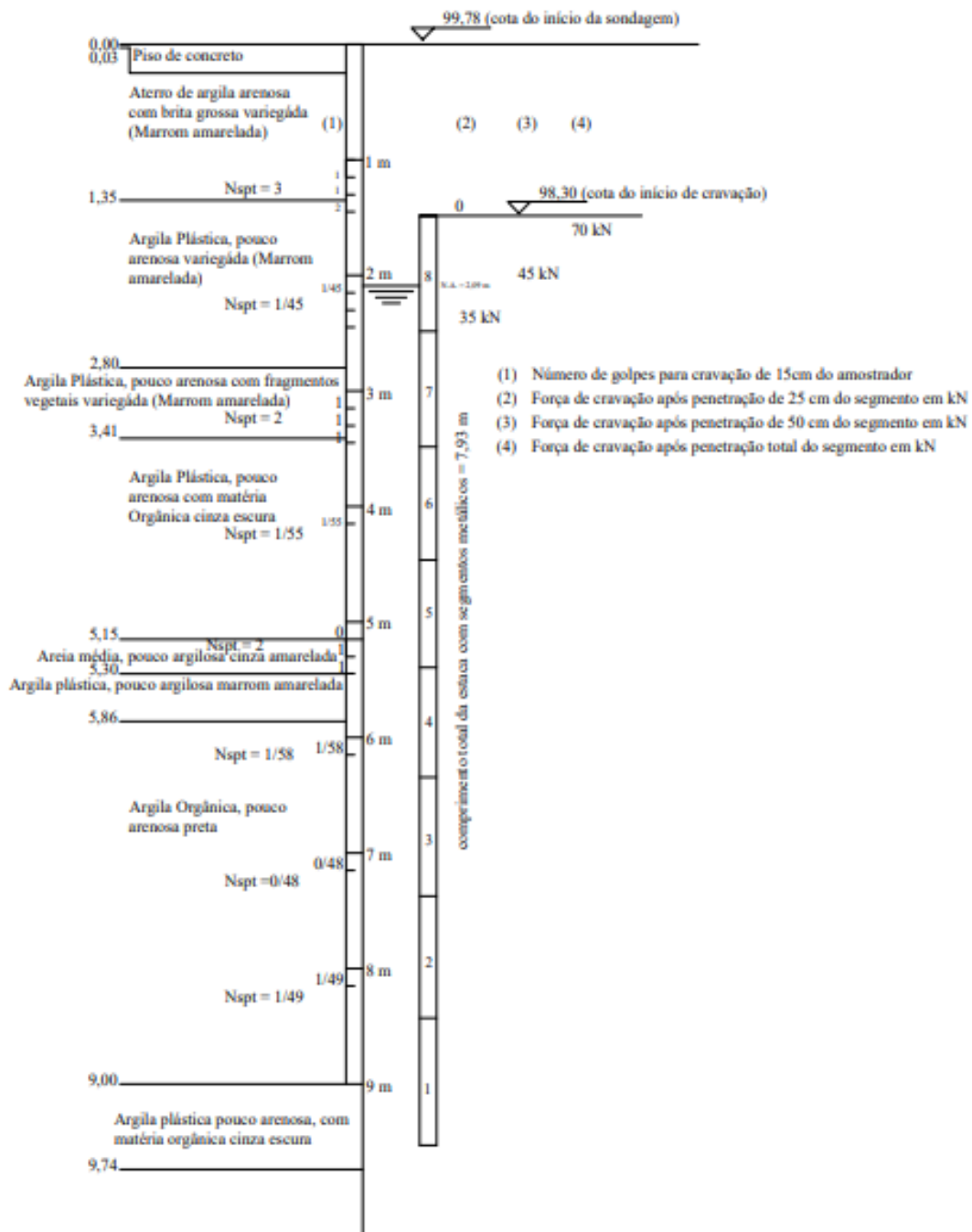


Fonte: Próprio autor.

Foram utilizados 8 segmentos metálicos para a estaca estudada. E ao final da cravação dos segmentos é feita a concretagem do interior dos segmentos, unindo o “travessero” aos tubos.

As informações relativas ao perfil do subsolo, aos valores de N_{spt}, às cotas de início das sondagens e das estacas e leituras de forças de cravação são apresentadas nas figuras 15.

Figura 22 - Dados de comparação NSPT e Cravação de Mega Estaca Metálica.



Fonte: Próprio autor

9. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com o método semi empírico de Decourt Quaresma aos 8 metros a capacidade de carga seria de 28 kN ou seja 2.800kg. Já o método semi empírico de Aoki Velloso a capacidade de carga resultou em apenas 8kN ou seja 800kg.

Figura 23 - Tabela de cálculo método Décourt- Quaresma e Aoki-Velloso.

Cota (m)	Prof. (m)	SPT	Solo	Décourt-Quaresma					Aoki-Velloso								
				K (kN/m ²) Coeficiente Tabelado	qp (kN/m ²) Tensão de ruptura de ponta	Qp (kN) Tensão de ruptura de ponta	qs (kN/m ²) Atrito lateral unitário	Qs (kN) Tensão de ruptura Lateral	Qtotal (kN) Tensão de Ruptura	Q/CS (kN) Carga de Ruptura - Coeficiente de segurança	K (kN/m ²) Coeficiente Tabelado	α (%) Coeficiente de tipo de solo	Qp (kN) Tensão de ruptura de ponta	Qa (kN) Carga de atrito lateral	Qtotal (kN) Tensão de Ruptura	Q/CS (kN) Carga de Ruptura - Coeficiente de segurança	
99,78	0	-	Argila arenosa	120	0	0	10	0	0	0	0	300	2,4%	0	0	0	0
98,78	1	3	Argila arenosa	120	360	6	20	9	16	8	8	300	2,4%	9	3	12	6
97,78	2	1	Argila arenosa	120	84	1	12	15	17	8	8	300	2,4%	2	4	6	3
96,78	3	2	Argila arenosa	120	240	4	17	23	27	14	14	300	2,4%	6	6	12	6
95,78	4	1	Argila arenosa	120	120	2	13	29	31	16	16	300	2,4%	3	6	10	5
94,78	5	2	Areia argilosa	400	800	14	17	37	51	26	26	500	3,0%	10	11	21	10
93,78	6	1	Argila arenosa	120	120	2	13	44	46	23	23	300	2,4%	3	12	15	7
92,78	7	-	Argila arenosa	120	0	0	10	48	48	24	24	300	2,4%	0	12	12	6
91,78	8	1	Argila arenosa	120	120	2	13	55	57	28	28	300	2,4%	3	12	16	8
90,78	9	-	Argila arenosa	120	0	0	10	59	59	30	30	300	2,4%	0	12	12	6
89,78	10	10	Argila arenosa	120	1200	21	43	80	101	50	50	300	2,4%	30	22	52	26
88,78	11	11	Silte arenoso	250	2750	49	47	102	150	75	75	550	2,2%	61	40	101	51
87,78	12	15	Silte arenoso	250	3750	66	60	130	196	98	98	550	2,2%	83	65	148	74
86,78	13	21	Silte arenoso	250	5250	93	80	168	260	130	130	550	2,2%	117	99	215	108

Fonte: Próprio autor.

Conforme o estudo de caso apresentado, a capacidade de carga exercida na Mega Estaca metálica foi de 70kN ou seja, 7.000kg. Dessa forma, houve a diferença de 40% entre a estaca mega metálica real apresentada, para o método de Décourt-Quaresma. Já para a comparação entre a estaca mega metálica real apresentada e o método Aoki-Velloso teve 11,42% de diferença, o que nos mostra a variação de altos valores entre os reais e dos métodos semi-empíricos. A grande diferença de valores, pode se dar pelo método construtivo, a forma de como a estaca foi executada.

O método de Décourt foi majorado em 40% da carga aplicada, trazendo um ar de ser um método muito conservador, pois diminui muito a carga resistida pela estaca mega metálica.

O método de Aoki-Velloso se mostra ainda mais conservador, pois diminui drasticamente a carga resistida pela estaca mega metálica.

Vale ressaltar que o intuito do presente estudo não é invalidar os métodos tratados acima por diminuir a carga resistida, pois essa diminuição é o nosso fator de segurança como todos elementos estruturais devem ter.

10. Conclusão

O presente trabalho, nos traz o quão importante se faz a análise adequado das preliminares de uma construção. Devido a alta no âmbito das construções, muitas vezes a fundação não é analisada conforme deve ser, acarretando problemas futuros. Problemas esses que não serão detectados em poucos dias ou meses, trazendo uma preocupação maior, pois após anos, deve ser feita outra avaliação para que seja encontrado o que acarretou tal problema, devido a fundação ser a etapa da obra em que fica enterrada ao solo.

A falta de estudo preliminar do solo causa enormes transtornos, fissuras e recalques diferenciais, que podem ser perigosos para os moradores, quando ocorridos os recalques e fissuras é necessário o reforço da fundação. O reforço de fundação é qualquer intervenção que seja necessário realizar para a fundação resistir aos esforços solicitados, um dos tipos de reforço de fundação é a estaca mega metálica, a que se baseou o estudo.

Conclui-se que a estaca mega metálica tem grande valor em resistência, muito maior do que a estipulada por métodos empíricos, trazendo claro um fator de segurança, mas nos mostrando que os métodos empíricos são muito conservadores.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradecemos a Deus, por nos dar paciência, fé e dedicação para a realização deste artigo.

Agradecemos aos nossos pais, irmãos, amigos e namorado(a) que de forma direta ou indireta nos incentivaram e estiveram conosco em todos os momentos, e que compreenderam a nossa ausência para que pudéssemos nos dedicar a esse estudo.

Ao nosso orientador Felipe Mantovani, pela dedicação e apoio, que sempre esteve disposto em nos ajudar e contribuir para que fizéssemos um bom trabalho.

REFERÊNCIAS

ABEF - Associação Brasileira de Empresas de Engenharia de Fundações e Geotecnia. **Manual de Execução de Fundações e Geotecnia: Práticas recomendadas**. São Paulo: Pini, 2012.

ALBUQUERQUE, Paulo José Rocha. GARCIA, Jean R. **Engenharia de Fundações**. Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2020. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521636977/>>. Acesso em: 05 de jun. de 2021

ALMEIDA, ALEX / UOL. **Prédios tortos Santos**. Disponível em: <https://economia.uol.com.br/album/1112113_predios_tortos_santos_album.htm#fotoNav=12>. Acesso em: 06 de jun. de 2021.

ARAÚJO, Renato Silva. **Estudo das Estacas tipo “Mega” Objetivando seu Projeto e sua Execução**. São Paulo, 2005.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6122. **Projeto e execução de fundações**. Rio de Janeiro: ABNT, 1996. p. 2.

CALISTO, Aline. KOSWOSKI, Regiane. **Efeito do recalque diferencial de fundações em estruturas de concreto armado e alvenaria de vedação**. Disponível em: <<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/3930>>. Acesso em: 06 de jun. de 2021.

CARRARO, Carolina Lemos; DIAS, João Fernando. **Diretrizes para prevenção de manifestações patológicas em Habitações de Interesse Social**. Ambient. constr. Porto Alegre , v. 14, n. 2, p. 125-139, Junho 2014.

CARSON, A. B. **Foundation Construction**. New York, McGraw-Hill Book Company Inc., 1965. Cap.4, p. 116-47: Underpinning.

CRUZ, THAYRIS. **Recalque**. Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/thayriscruz/recalque-fundaes>>. Acesso em 20 de jun. de 2021.

DENZIER, Bernadete Ragoni. LOPES, Francisco de Rezende. **Fundações em Estacas**. Rio de Janeiro: Grupo Editorial Nacional, 2021. p. 3.

DE, ALBUQUERQUE. Paulo. José. R. Engenharia de Fundações: Grupo GEN, 2020. 9788521636977. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521636977/>>. Acesso em: 19 nov. 2021, p.47.

DONADON, Emanuelle Fazendeiro. **Comportamento de estacas “Mega” de concreto, implantadas em solo colapsível**. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/jspui/bitstream/REPOSIP/258206/1/Donadon_EmanuelleFazendeiro_M.pdf>. Acesso em 10 de jun. de 2021.

FERNANDO, Luiz. Fundações082. **“Visita de Obra 1, 2 e 3”**. Disponível em: <<https://sites.google.com/site/fundacoes082/visita-de-obra-1>>. Acesso em 20 de jun. de 2021.

FLORIANO, Cleber. **Mecânica dos solos**. Porto Alegre : Sagah, 2016. p. 108.

JJ LIMA REFORÇOS. **Estacas Mega Metálicas**. Disponível em: <<https://www.jjlimaempreiteira.com.br/estaca-mega-metalica>>. Acesso em:14/6/21

LAU, Ana Isabella Bezerra; DA ROCHA, Cláudio Jannotti. **A TORRE DE PISA, O MOVIMENTO PENDULAR E O DIREITO: A TRANSJURIDICIDADE COMO O PÊNDULO ESTABILIZADOR.** In: Direito Material e Processual do Trabalho: VII Congresso Latino Americano de Direito Material e Processual do Trabalho. LTr Editora, 2019. p. 67.

MILITITSKY, Jarbas. Consoli, Nilo Cesar. Schnaid, Fernando. **Patologia das fundações.** 2. ed. rev. e ampl. -- São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

REFORT FUNDAÇÕES. **Estacas de reação minas gerais.** Disponível em: <http://estacas-mega-mg.comunidades.net/estacas-de-reacao-minas-gerais>>. Acesso em: 18 de jun. de 2021

SACHS, A. **Tratamento intensivo.** Técnica: 220, p. 40-44, São Paulo, julho de 2015.

SILVA, Alex Sales; SILVA, Wesley Henrique.; BERTEQUINI, Aline Botini Tavares. **Patologias e reforço de fundações com estudo de caso utilizando o método de estacas mega.** Disponível em: <<https://servicos.unitoledo.br/repositorio/handle/7574/2173>>. Acesso em: 15 de jun. de 2021.

SILVA, Vinícius de Carvalho. **Análise do uso de estacas mega como reforço de fundações superficiais: Estudo de caso no Município de Arcos/MG.** Disponível em: <<https://repositorioinstitucional.uniformg.edu.br:21074/xmlui/handle/123456789/311>> Acesso em: 18 de jun. de 2021

THOMAZ, E. **Tecnologia, Gerenciamento e Qualidade na Construção.** São Paulo: Pini, 2001.

WINTERKORN, H. F.; FANG. H.; WHITE, E. E. **Foundation Engineering Handbook.** New York, Van Nostrand Reinhold Company, 1975. Cap.22, p.632-9: Underpinning.