

N. CLASS.	M 624.15
CUTTER	L 337 a
ANO/EDIÇÃO	2015

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS

ENGENHARIA CIVIL

ALLAN CRISTIANO LASMAR

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE FUNDAÇÕES PROFUNDAS: ESTACAS
ESCAVADAS E ESTACAS METÁLICAS DE TRILHOS – estudo de caso de
edifício residencial e comercial.**

Varginha - MG

2015

Grupo Educacional UNIS

ALLAN CRISTIANO LASMAR

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE FUNDAÇÕES PROFUNDAS: ESTACAS
ESCAVADAS E ESTACAS METÁLICAS DE TRILHOS – estudo de caso de
edifício residencial e comercial.**

Trabalho apresentado ao curso de Engenharia
civil do centro universitário do sul de minas
como pré-requisito para obtenção do grau de
bacharelado sob a orientação do prof. Armando
Belato Pereira

Varginha - MG

2015

ALLAN CRISTIANO LASMAR

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE FUNDAÇÕES PROFUNDAS: ESTACAS
ESCAVADAS E ESTACAS METÁLICAS DE TRILHOS – estudo de caso de
edifício residencial e comercial.**

Monografia apresentada ao curso de engenharia civil do centro universitário do sul de minas (UNIS-MG), como pré-requisito para obtenção do grau de bacharelado pela banca examinadora composta pelo membro:

Aprovado em 30 / 11 / 2015

Armando Belato Pereira

Elker Lucas Garroni

Antonio de Faria

OBS.:

Deixo esta memória aos meus pais,
Mário e Sílvia, Antônio, meus irmãos e
aos meus amigos (a) Marina, Cláudio,
Júlio, Pamela e Paula. Pela
confiança que todos depositaram em
mim.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, Maria e Marcos Antônio, meus irmãos e aos meus amigos (a) Marina Chagas, Josiana Penaforte e Paula Marcela. Pela confiança que todos depositaram em mim.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, a minha família pelo amor. E a todos meus colegas pela amizade nessa jornada.

RESUMO

As fundações profundas são aquelas em que a carga é transmitida ao terreno através de sua base (resistência de ponta) e/ou sua superfície lateral (resistência de atrito). As estacas são elementos estruturais esbeltos que, colocados no solo por cravação ou perfuração, tem a finalidade de transmitir cargas ao solo, seja pela resistência de ponta, seja pela resistência de atrito lateral ou pela combinação das duas. A carga admissível das estacas deve ser verificada pelos métodos de cálculo de capacidade de carga, que consideram a interação solo-estaca. Neste estudo, foi abordado o custo comparativo entre fundação profunda do tipo estaca escavado e estaca metálica em trilhos. As estacas escavadas são executadas por escavação mecânica, com uso ou não de lama bentonítica e de revestimento total ou parcial, e posterior concretagem. Podem ter forma circular ou qualquer outra. As estacas metálicas em trilho são tão eficientes quanto as Vigas/Perfis, a principal vantagem é o fato que se presta a cravação em quase todos os tipos de terreno permitindo fácil cravação e grande quantidade de carga. Hoje em dia já não existem preocupações com o problema de corrosão, pois os trilhos permanecem inteiramente enterrados em solo natural, neste caso a quantidade de oxigênio existente é tão pequena que a oxidação é interrompida em um pequeno espaço de tempo. No projeto utilizado para o estudo, as estacas do tipo escavadas já estavam dimensionadas. Para fazer o comparativo entre os tipos de estacas, foi feito, de acordo com o boletim de sondagem real, o dimensionamento da estaca metálica em trilhos. Através do dimensionamento da capacidade de carga, foi adotado um diâmetro comercial e, com o resultado obtido, adotado o número de estacas por pilar.

Palavras-chave: Fundação profunda, Estaca Escavada, Estaca metálica em trilhos.

ABSTRACT

The deep foundations are those in which the load is transmitted to the ground through the base (end resistance) and / or its lateral surface (frictional resistance).

The cuttings are slender structural elements placed on the ground by piling or drilling, it serves the purpose of transmitting loads to the ground or the tip resistance, is the side frictional resistance or a combination of the two. The load capacity of the piles should be checked by carrying capacity calculation methods, considering the soil-pile interaction. This study addressed the comparative cost between deep foundation type stake excavated and metal stake on track. The bored piles are performed by mechanical excavation, with or without use of bentonite slurry and total or partial coating, and subsequent concreting. They may have circular shape or any other. The metal stakes rail is as efficient as the Beams / Profiles, the main advantage is the fact that lends itself to spiking in almost all types of terrain allowing easy crimping and large amount of cargo. Today there are no longer concerns the corrosion problem because the tracks remain entirely buried in natural soil, in this case the amount of oxygen is so small that the oxidation is stopped in a short time. In the design used for the study, dug type the stakes was already scaled. To make the comparison between the types of c43ttings was made, according to the actual survey bulletin, the sizing of the metal stake on track. Through the load capacity scaling, a commercial diameter was adopted and with the results, adopted the number of metal cuttings per pillar.

Keywords: Deep Foundation Stake Excavated, metal cutting on track.

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Capacidade e consistência.....	15
Tabela 02 – Número de furos de sondagem.....	16
Tabela 03 – Valor do Coeficiente α e K.....	39
Tabela 04 – Valores F1 e F2.....	40
Tabela 05 – Valores F1 e F2 Aoki e Velloso.....	40
Tabela 06 – Valores reavaliados de.....	41
Tabela 07 – Mapa de cargas estrutura.....	46
Tabela 08 – Interação solo-estaca.....	49
Tabela 09 – Quantitativo das estacas.....	50
Tabela 10 – Quantitativo das estacas.....	51
Tabela 11 – Interação solo-estaca para estaca escavada.....	51
Tabela 12 – Quantitativo das estacas escavadas.....	51
Tabela 13 - Distribuição das estacas escavadas considerando apenas método.....	53
Tabela 14 - Tabela 14: Quantitativo das estacas metálicas a serem utilizadas.....	53
Tabela 15: Quantitativo de estacas metálicas a serem executadas.....	54
Tabela 16 – Preço por estaca de escavação.....	58
Tabela 17 – Custo total da escavação da estaca escavada.....	58
Tabela 18 – Preço por estaca Metálica.....	59
Tabela 19 – Preço total do estaqueamento.....	59

LISTA DE ILUSTRAÇÃO

Figura 01 – Esquema do Ensaio SPT.....	14
Figura 02 – Esquema de distribuição de cargas construída.....	18
Figura 03 – Esquema de distribuição de carga direta.....	19
Figura 04 – Caminhão-Perfuratriz.....	22
Figura 05 – Perfil Metálico.....	25
Figura 06 - Bate estaca, cravando Perfis metálicos.....	26
Figura 07 - Perfis Metálicos cravado no chão.....	27
Figura 08 - Bloco com estacas tradicional.....	29
Figura 09- Detalhamento de armadura metálica.....	31
Figura 10 - Detalhamento de armadura estaca metálica c/ bloco.....	32
Figura 11 – Gráfico do relatório de k e α	47
Figura 12 – Armação das estacas.....	49

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de normas técnicas

A_p : área da ponta da estaca;

F1: coeficientes de correção das resistências de ponta;

F2: coeficientes de correção das resistências lateral;

K: coeficiente de conversão da resistência de ponta do cone para N_{SPT} ;

KN – Kilograma Newton

MG – Estado de Minas Gerais

Mpa – Mega Pascal

N – Resistência a penetração

NBR – Normas Brasileiras

N_{est} = Número de estacas

Q_u = Capacidade de carga;

Q_{est} = Carga da estaca

Q_i = Carga do Pilar

U: Perímetro da estaca;

β : coeficiente para correção da resistência lateral;

Sh: Custo do salário/hora de cada trabalhador para a empresa

Sn: salário/hora normal do trabalhador

SPT – Standard penetrations test

SPTtotal = Preço total dos serviços – composições auxiliares

TCPO – tabela de composição de Preços para Orçamento

P. unit = Preço unitário

P. unit. Produ = Preço unitário de produtividade

P. unit. Impro = Preço unitário de improdutividade

Prod = Produtividade

CPU – Composição de Preço Unitário

Sumário

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVO GERAL	13
2.1 Objetivos Específicos	13
3 JUSTIFICATIVA	13
4 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO	14
4.2 Sondagem	14
4.2 Orçamento de obras civis	16
4.2.1 Custo Direto Unitário	16
4.2.2 Composição dos Preços Unitários.....	16
4.3 Fundações	17
4.3.1 Definição da Fundação Adequada.....	17
4.3.2 Tipos de Fundações	18
4.4 Fundações Rasas	19
4.5 Fundações Profundas	20
4.6 Metodologias de calculo de capacidade de carga e carga admissível das estacas	20
4.7 Estacas Escavadas	21
4.7.1 Perfuratriz para Execução De Estacas Escavadas	21
4.7.2 Execução de Estacas Escavadas	22
4.7.3 Concretagem de Estacas Escavadas	22
4.7.4 Controle de Qualidade de Estacas Escavadas	23
4.7.5 Vantagens e Desvantagens das Estacas Escavadas	24
4.8 Estacas Metálicas	24
4.8.1 Processo Executivo de Estacas Metálicas	26
4.8.2 Nega.....	28
4.8.3 Vantagens e Desvantagens das Estacas Metálicas	28
4.9 Bloco de Coroamento	29
5 METODOLOGIA	36
6 MÉTODO UTILIZADO PARA AS CARGAS ADMISSIVEIS DAS ESTACAS	37
6.1 Método Aoki e Velloso (1975).....	37
6.2 Dimensionamento	42
7. CUSTOS HORÁRIOS	43
7.1 Custos horários mão de obra.....	43
7.2 Elaboração dos custo direto.....	43
8 ESTUDO DE CASO	46
8.1 Descrições do Projeto	46
8.2 Mapa de Cargas.....	46
8.3 Perfil Geotécnico do Solo Local	47
8.4 Dimensionamentos da Fundação	49
8.5 Dimensionamentos das Estacas Escavadas	49
8.6 Dimensionamentos das Estacas Metálicas	53
9.CUSTOS ENVOLVIDOS	56
9.1 Custos da fundação – Estaca escavadas	56
9.2 Custos da fundação – Estaca Metálica de Trilhos.....	58
10. ANÁLISE DOS RESULTADOS	60

11. CONCLUSÃO	61
12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
13 ANEXOS	66

1 INTRODUÇÃO

Fundações são elementos estruturais responsáveis pela distribuição da carga do edifício (considerando carga permanente e carga acidental) que deverá ser distribuída adequadamente para o solo para que ele resista aos esforços solicitados.

Para isso, é de suma importância o conhecimento da resistência e rigidez do solo do local a ser instalado o empreendimento visando o planejamento e execução de uma fundação que atenda as características específicas do local.

A partir dos dados de sondagem executada e projeto estrutural, analisa-se a viabilidade dos diversos tipos de fundação e é escolhido o que agrega maior custo benefício.

No presente trabalho, é apresentado um estudo comparativo de uma obra já executada - compara-se a fundação por Estacas Escavadas (que foi executado no local) e a possível viabilidade da utilização de Estacas trilhos Metálicos no mesmo local e projeto visando um custo benefício diferenciado.

A estaca escavada é totalmente executada in loco o que não garante um severo controle de qualidade, fazendo com que os fatores de segurança utilizados sejam maiores do que outros métodos utilizados devido fatores que possam interferir na qualidade de execução do serviço (mão de obra não qualificada o suficiente, materiais armazenados incorretamente).

Já a estacas metálicas cravadas por percussão caracterizam-se pela cravação de elementos pela força de impacto de um “martelo” na cabeça das mesmas.

O comparativo entre os dois métodos se apresentará de forma quantitativa no valor de cravação/execução das fundações propostas (visando principalmente materiais e mão de obra necessária).

2 OBJETIVO GERAL

Este trabalho visa à elaboração de um estudo comparativo de fundações entre duas estacas a estaca escavada (já executado) e a estaca metálica de trilhos (redimensionada) de um edifício comercial e residencial. Ao final deste trabalho, serão apresentados os custos deste projeto onde notaremos a diferença entre valores entre eles.

2.1 Objetivos Específicos

- Análise da viabilidade de implantação da fundação em Estacas escavadas de um edifício residencial e comercial;
- - Dimensionamento da capacidade de carga das estacas metálicas de trilhos.
- - Elaborar um comparativo de custo para cada tipo de fundação.
- Análise comparativa de fundação entre o que foi executado (estaca escavada) e o novo dimensionamento (estaca metálica de trilhos) indicando o que atenderia melhor conforme as particularidades do local ou custo benefício.

3 JUSTIFICATIVA

A Estaca Concretada in loco e a Estaca trilhos Metálico são dois tipos de fundação bastante difundidos no mercado atualmente devido ao grande número de empresas que trabalham prestando serviços referentes a esses tipos específicos de fundação.

O presente trabalho aborda a importância dos conhecimentos geotécnicos referentes às áreas de implementação do empreendimento independente de sua finalidade, explorando os diferentes métodos de fundação bastante difundidos no mercado a fim de definir o que apresenta o melhor custo-benefício para o empreendimento.

O tema abordado se torna importante para a formação do profissional da construção civil, pois ele reforça a importância da racionalização do planejamento e dos processos construtivos na construção civil.

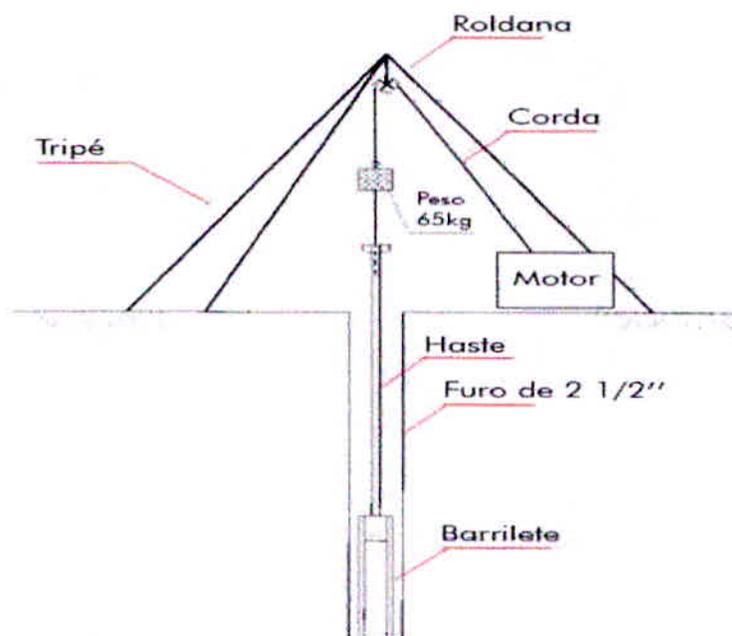
4 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

4.2 Sondagem

O Ensaio de Simples Reconhecimento de Solos (SPT), normalizado no Brasil pela NBR 6484/2001, constitui-se na obtenção de um índice de resistência conjugada com a coleta de amostras do solo em uma sondagem de simples reconhecimento através da cravação de um amostrador padrão sob a ação da queda de um martelo de 65 kg a uma altura de 75 cm. O valor do índice de resistência à penetração (NSPT) corresponde ao número de golpes para 30 cm de penetração do amostrador no solo, após uma cravação inicial de 15 cm (NEVES, 2004).

A norma brasileira padroniza a utilização de tripé para a execução de ensaios SPT, com hastes de diâmetro nominal de 25 mm com massa teórica de 3,23 kg/m, cabeça de bater de 90 mm de altura, amostrador de diâmetro externo de 50,8 mm e interno de 34,9 mm, martelo maciço ou vazado (NEVES, 2004). Na figura 01 abaixo podemos observar um modelo de equipamento utilizado para a realização do ensaio de sondagem SPT.

Figura 01: Esquema do Ensaio SPT..



Fonte: NFP, 2015

A sondagem se inicia com emprego do trado concha até a profundidade de 1 m quando, então, é instalado o amostrador no fundo do furo. Para as operações

subsequentes de perfuração, intercaladas às operações de amostragem, a norma trata da possível utilização de tubos de revestimento e circulação de água. Para cada metro perfurado, o amostrador é cravado 45 cm no solo em 3 intervalos de 15 cm. Com os últimos dois intervalos se obtém o índice de resistência à penetração (NSPT) para aquela profundidade (NEVES, 2004).

Durante a operação de perfuração, devem ser anotadas as profundidades das transições de camadas detectadas por exame táctil-visual e da mudança de coloração dos materiais trazidos à boca do furo pelo trado helicoidal ou pela água de lavagem (NBR 6484, 2001). As camadas de solo devem ser classificadas quando ao tipo de solo (ex: areia pouco argilosa), consistência ou compactidade (ex: de pouco compacta a compacta), cor (ex: marrom com manchas cinzas), origem (ex: solo residual) e presença de materiais diversos na amostra (ex: presença de pedregulhos) (NEVES, 2004). Na tabela 01 abaixo podemos observar a tabela de classificação para as amostras recolhidas:

Tabela 1: Tabela dos estados de capacidade e de consistência.

Solo	Índice de resistência à penetração (N_{SPT})	Designação
Areia e silte arenoso	≤ 4	Fofa (o)
	5 a 8	Pouco compacta (o)
	9 a 18	Medianamente compacta (o)
	19 a 40	Compacta (o)
	> 40	Muito Compacta (o)
Argila e silte argiloso	≤ 2	Muito Mole
	3 a 5	Mole
	6 a 10	Média (o)
	11 a 19	Rija (o)
	> 19	Dura (o)

Fonte: (NBR 6484, 2001).

De acordo com a NBR 8036/1983, os furos de sondagem, na fase de projeto, podem ser distribuídos de acordo com o critério específico estrutural, priorizando-se o conhecimento do solo nos pontos mais solicitados. Se obtiver mais de três pontos de sondagem não deve ser distribuídas ao longo de um alinhamento.

As sondagens devem obedecer ao número mínimo de pontos de acordo com a área do terreno a ser construída. A tabela 02 abaixo demonstra os números de sondagens por área construídas.

Tabela 02: Número de furos de sondagens por área construída.

ÁREA CONSTRUIDA	NÚMEROS DE SONDAGENS
De 200m ² até 1200m ²	1 sondagem para cada 200m ²
De 1.200m ² até 2400m ²	1 sondagem para cada 400m ² que exceda 1.200m ²
Acima de 2.400m ²	Será fixado a critério, dependendo do plano de construção.

Fonte: NBR8036/83

4.2 Orçamento de obras civis

Para Avilla, Librelotto e Lopes, 2003, orçar pode ser definido como o processo de quantificação dos insumos, mão de obra e também equipamentos necessários para a realização de um serviço previamente estabelecido em projeto, considerando o tempo de duração dos mesmos.

4.2.1 Custo Direto Unitário

Para que o orçamento seja realizado com sucesso é importante ter conhecimento a respeito do custo direto da obra (a soma dos custos de materiais, equipamentos e mão-de-obra utilizados).

Para Tisaka (2008), o custo direto unitário é o gasto de todos os itens a serem utilizados na construção da obra como materiais, equipamentos e mão de obra, incluindo as despesas de infra-estrutura para execução da obra.

4.2.2 Composição dos Preços Unitários

A composição dos preços unitários se dá através de cada insumo de acordo com seu consumo e produtividade, acrescentando seus preços de acordo com a unidade de serviço. Os insumos nas quais compõem as Composições de Preços Unitários (CPU's) são:

- Mão de obra: equivale ao salário do trabalhador e o tempo de horas para execução de determinada tarefa estabelecida.
- Materiais e equipamentos: consumo de todos os materiais e equipamentos a serem usados para a construção.

González (2008) se refere à composição unitária como “fórmulas” de cálculo para definição de custos de itens previamente determinados. Cada composição consiste das quantidades individuais do grupo de insumos (material, mão-de-obra e equipamentos) necessários para a execução de uma unidade de um serviço.

Atualmente para o cálculo dos preços dos materiais, equipamentos (por hora), mão-de-obra, existem tabelas e softwares de grande auxílio para os profissionais da área. Como exemplos temos a tabela de composição de Preços para Orçamento (TCPO) e softwares como o Volareambos da editora PINI.

Encargos Sociais

Para Tisaka (2008), os encargos sociais estão divididos em três grupos básicos:

- Encargos sociais básicos obrigatórios: são aqueles constantes na legislação em vigor e são iguais para horista e mensalista.
- Encargos incidentes e reincidentes: são os encargos resultantes da incidência ou reincidência sobre os encargos sociais básicos e outros, em conformidade com as obrigações legais.
- Encargos complementares: são os benefícios fornecidos aos trabalhadores tendo por critérios os acordos confirmados com sindicatos das categorias pertinentes em cada região.

4.3 Fundações

Para Azeredo (1977), fundações são elementos estruturais que tem como função a transmissão das cargas estruturais da estrutura ao terreno de apoio desta. Assim, as fundações devem ter resistência adequada para suportar às tensões causadas pelos esforços solicitantes. Além disso, o solo necessita de resistência e rigidez apropriadas para não sofrer ruptura e não apresentar deformações exageradas ou diferenciais.

4.3.1 Definição da Fundação Adequada

Para se escolher a fundação mais adequada, deve-se conhecer os esforços atuantes sobre a edificação, as características do solo e dos elementos estruturais que formam as fundações. Assim, analisa-se a possibilidade de utilizar os vários tipos de

fundação, levando em consideração a complexibilidade da execução e o valor que esta devesse incidir sobre a obra.

Os projetos pertinentes ao empreendimento (projeto arquitetônico, estrutural e o mapa de cargas) devem ser analisados com propriedade visando a escolha correta e feito de forma a reduzir o tempo de execução do serviço.

Fundações bem projetadas correspondem de 3% a 10% do custo total do edifício; porém, se forem mal concebidas e mal projetadas, podem atingir 5 a 10 vezes o custo da fundação mais apropriada para o caso (BRITO, 1987).

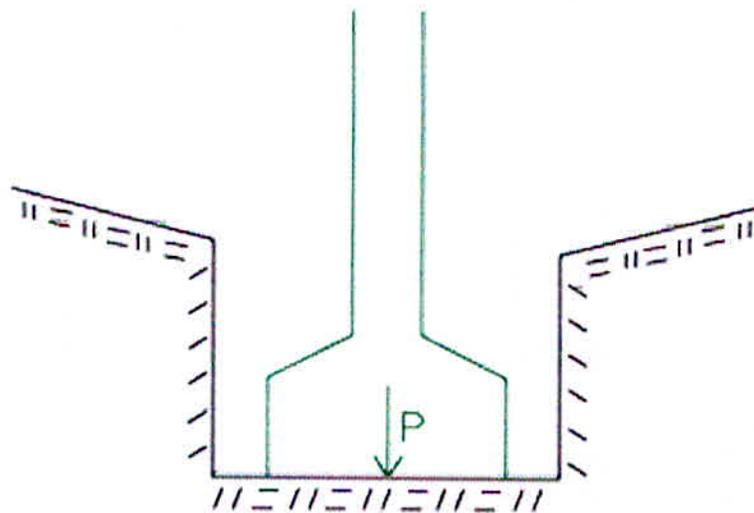
4.3.2 Tipos de Fundações

Há dois tipos de fundações: as fundações diretas e as fundações indiretas.

As fundações diretas são aquelas em que as cargas são transmitidas ao solo por pressões sob a base da fundação. A capacidade de transmissão de carga é diretamente proporcional ao tamanho da área (superfície de contato) com o solo. Já as fundações indiretas são aquelas em que as cargas são transmitidas ao solo através das pressões sob a base e também por atrito lateral ou adesão ao longo da superfície do elemento de fundação.

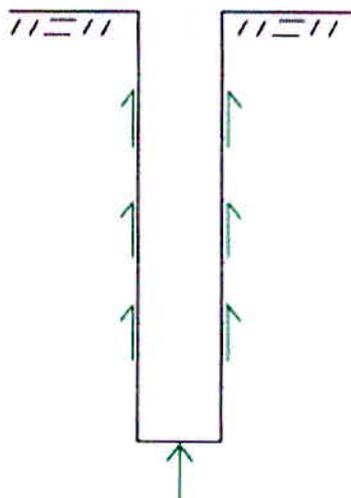
Nas figuras 02 e 03 podemos visualizar melhor o esquema de distribuição de cargas das fundações diretas e indiretas através do esquema:

Figura 02: Esquema de distribuição de cargas de uma fundação direta.



Fonte: (ROMAN, 2015.)

Figura 03: Esquema de distribuição de cargas de uma fundação indireta.



Fonte: ROMAN, 2015.

4.4 Fundações Rasas

Nas fundações rasas, as cargas são transmitidas ao terreno predominantemente pelas pressões distribuídas sob a base da fundação.

Em fundações rasas a profundidade de assentamento em relação ao terreno adjacente é inferior a duas vezes a menor dimensão da fundação; compreende as sapatas, os blocos, as sapatas associadas, os “radiers” e as vigas de fundação (MARANGON, 2012).

- Sapata: Elemento de fundação superficial de concreto armado, dimensionado de modo que as tensões de tração nele produzidas não podem ser resisitidas pelo concreto, de que resulta o emprego de armadura. Pode ter espessura constante ou variável e sua base em planta é normalmente quadrada, retangular ou trapezoidal (MARANGON, 2012);
- Bloco: Elemento de fundação superficial de concreto, dimensionado de modo que as tensões de tração nele produzidas possam ser resistidas pelo concreto, sem necessidade de armadura. Pode ter as faces verticais, inclinadas ou escalonadas e apresentar planta de seção quadrada ou retangular (MARANGON, 2012);
- Sapata Associada: Sapata comum a vários pilares, cujos centros, em planta, não estejam situados em um mesmo alinhamento (MARANGON, 2012);

- “Radier”: Sapata associada que abrange todos os pilares de obras ou carregamento distribuídos (tanques, depósitos, silos, etc.) (MARANGON, 2012);
- Vigas de Fundação: Fundação comum a vários pilares, cujos centros, em planta, estejam situados no mesmo alinhamento ou para carga linear (MARANGON, 2012).

4.5 Fundações Profundas

As fundações profundas garantem sua resistência através da transmissão da carga ao terreno pela base (resistência de ponta), por sua superfície lateral (resistência de atrito do fuste) ou por uma combinação das duas (MARANGON, 2012).

- Estacas: Elemento estrutural esbelto que, colocado ou moldado no solo por cravação ou perfuração, tem a finalidade de transmitir cargas ao solo, seja pela resistência sob sua extremidade inferior (resistência de ponta ou de base), seja pela resistência ao longo de sua superfície lateral (resistência de fuste) ou por uma combinação das duas (MARANGON, 2012);
- Tubulão: Elemento de fundação profunda, cilíndrico, em que, pelo menos na sua etapa final de escavação, há descida de operário. Pode ser feito a céu aberto ou sob ar comprimido (pneumático), e ter ou não base alargada. Na verdade a transmissão de carga de um tubulão não segue o conceito literal de Fundação Profunda, por ser desprezado o atrito lateral do fuste. Mesmo assim, é referida como fundação profunda por se tratar de profundidades de apoio como estas (MARANGON, 2012).

4.6 Metodologias de cálculo de capacidade de carga e carga admissível das estacas

Para calcular a capacidade de carga de uma estaca existem dois métodos a serem considerados:

- Realização de provas de carga;
- Métodos semi-empíricos;

O método a ser usado para calcular a capacidade de carga ou carga admissível de estacas, será o semi-empíricos – Método de Aoki e Velloso (1975).

4.7 Estacas Escavadas

As estacas escavadas são elementos de fundação profunda, executado com trado mecânico, com diâmetros de 25cm e profundidade de 12,00m previamente estabelecido conforme sondagem executada.

- Concreto usinado fck maior ou igual à 20MPa, consumo mínimo de cimento de 370 kg/m³; slump de 22 cm + 2 e deverá ser preparado com brita 0, areia e cimento (não utilizar aditivos e nem pó de pedra);
- Armação integral ou arranque – Aço CA-50.
É utilizada principalmente nos casos abaixo:
- Para locais onde não será atingido o nível d'água na perfuração e solos predominantemente coesivos ou com parcela de argila;
- Equipamento com grande mobilidade e alta produtividade, sem causar vibrações e permitindo a amostragem do solo escavado em boas condições para ser analisado;
- Para locais onde se necessite execução próxima às divisas e/ou construções existentes.

4.7.1 Perfuratriz para Execução De Estacas Escavadas

É um método de escavação onde os equipamentos para perfuração são executados através de um trado helicoidal mecânico. (LORENZI, 2012). Na figura 04 abaixo podemos visualizar um caminhão onde os equipamentos para perfuração foram acoplados.

Figura 04: Caminhão-Perfuratriz.



Fonte: LORENZI, 2012.

4.7.2 Execução de Estacas Escavadas

A execução da fundação deve estar obrigatoriamente de acordo com o Projeto Estrutural específico da Obra e atendendo as Normas Técnicas vigentes.

A escavação das estacas só pode ser iniciada após a verificação da locação das estacas pela Fiscalização. Deve ser utilizada uma padronização de cores nos piquetes de demarcação, em função da capacidade das estacas.

Deve ser feito o posicionamento do piquete de locação, para que se inicie a perfuração. O comprimento da escavação feito pela empresa contratada deverá ser confirmada pela Fiscalização. Todos os cuidados devem ser tomados para garantir o exato posicionamento e a verticalidade da estaca.

Antes do lançamento do concreto, deve-se apliluar o fundo da perfuração com pilão apropriado.

4.7.3 Concretagem de Estacas Escavadas

1. O concreto usinado será lançado através de funil (com comprimento igual a 5 vezes o seu diâmetro interno), até um diâmetro acima a cota de arrasamento,

devido este excesso ser cortado por ocasião da execução do acabamento da cabeça da estaca, que deve ficar plana, horizontal e 5cm acima do lastro de concreto magro do bloco de fundação.

2. Utilizar vibrador de imersão apenas nos 2m superiores.
3. No caso de estacas simples, a armação de arranque é simplesmente introduzida no concreto fresco, deixando acima da cota de arrasamento o comprimento indicado no Projeto.
4. No caso de estacas armadas, após apiloamento do fundo, a armação é posicionada no furo antes do lançamento do concreto. A descida da armadura e concretagem devem ser feitas na mesma jornada de trabalho da escavação da estaca.
5. O concreto usinado utilizado deve ter no mínimo $f_{ck}=15\text{MPa}$ e deve ter consistência plástica (“slump” 22 ± 2).
6. Antes da instalação da armadura projetada e do início da concretagem, as estacas devem ser inspecionadas quanto às suas dimensões, excentricidades, desaprumo em relação ao eixo do fuste, tipo de solo atravessado e limpeza.
7. No caso de estacas próximas, até 4 diâmetros, a escavação e concretagem de cada estaca deve ser feita em jornada diferente de trabalho, com intervalo de pelo menos 24 horas, de modo a impedir que a escavação ou a concretagem sejam executadas na proximidade de furos abertos ou de concreto recém-lançado.
8. Qualquer modificação que se fizer necessária, devido a impossibilidade executiva, só poderá ser feita com autorização da Fiscalização, com anuência do responsável técnico pelo Projeto Estrutural.

4.7.4 Controle de Qualidade de Estacas Escavadas

Deverá ser feita a anotação em tabela dos seguintes dados, conforme NBR 6122/2010:

- Comprimento real da estaca abaixo do arrasamento;
- Desvio de locação;
- Lote do concreto e usina fornecedora;

- Consumo de concreto por estaca e comparação com consumo real em relação ao teórico;
- Controle de posicionamento da armadura durante a concretagem;
- Anormalidades de execução;
- Horário de início e fim de escavação;
- Horário de início e fim de cada etapa de concretagem.

4.7.5 Vantagens e Desvantagens das Estacas Escavadas

Como vantagens da estaca escavada podemos citar:

- Execução das estacas sem vibração e ruídos;
- Possibilidade de atravessar camadas do solo de grande resistência devido as ferramentas de escavação;
- Execução rápida;
- Possibilidade de atingir grandes profundidades;
- Possibilidade de resistir a grandes cargas com um único elemento de fundação;
- Reduzindo deste modo o volume dos blocos;
- Executada com ferramenta mecânica “clam-shell”.

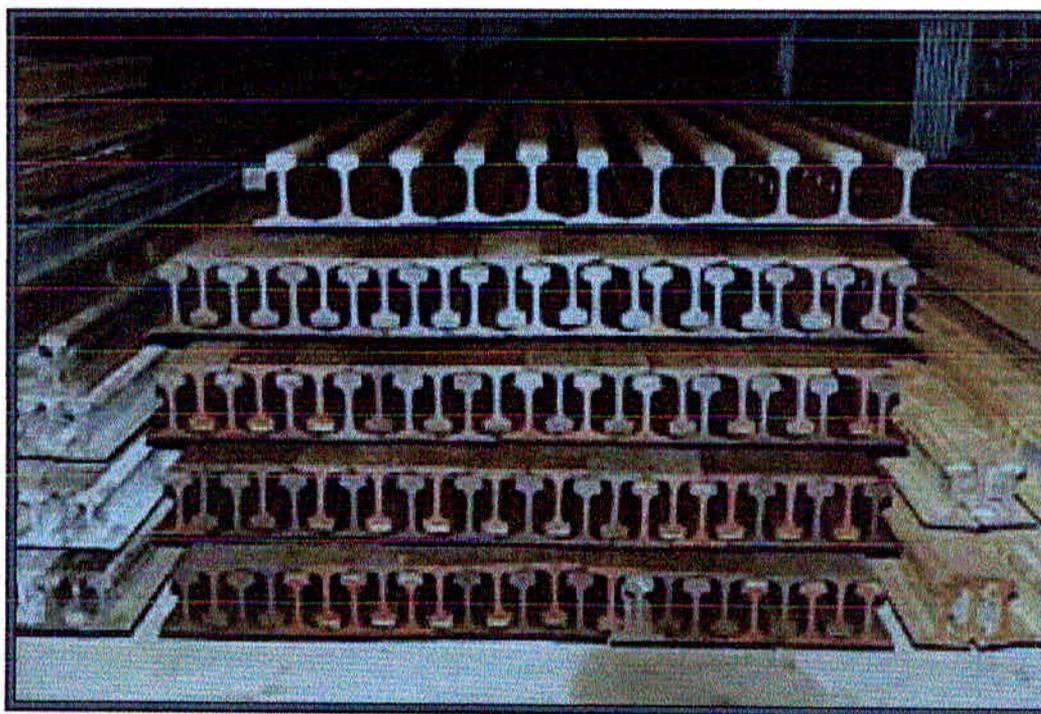
Como principais desvantagens podemos citar o método de construção já antiquado para o mercado atual que conta com equipamentos mais modernos de execução para outros tipos de estacas que garantem maior resistência em menos diâmetro, ou seja, o método construtivo é mais econômico quanto a materiais e mão-de-obra. O tempo de execução das estacas escavadas também é maior que outros métodos já difundidos no mercado.

4.8 Estacas Metálicas

Para a Perfis Gerdau Aço Minas 2008, as estacas metálicas tem um papel de destaque nas obras civis. Elas tem aplicação têm aplicação destacada nas construções industriais, em edifícios de andares múltiplos, pontes e viadutos, portos e torres de transmissão. Nas estruturas de contenção têm papel preponderante em função da facilidade de cravação, de sua alta resistência e da versatilidade de integração com elementos construtivos complementares.

Constituída por peças de aço laminadas ou soldado, podendo ser perfis de seção I ou H, chapas dobradas de seção circular ou ate mesmo trilhos. Que geralmente são reutilizadas quando perdem sua utilidade por desgaste nas linhas férreas. Fácil de cravação possui grande capacidade de carga e apreciável rígidos a flexão. Já foram feitos vários estudos sobre a corrosão dos perfis metálicos totalmente enterrados no solo, constando baixo teor de oxigênio contido nos solos, responsável pela reação química que gera a corrosão. Na figura 05 abaixo, podemos visualizar alguns perfis metálicos a serem utilizados na construção de um edifício.

Figura 05: Perfis metálicos a serem utilizados na construção de um empreendimento.



Fonte: (PANFER, 2006).

Para considerar o efeito da corrosão de perfis metálicos a NBR 6122/2010, de forma conservadora, segundo alguns autores, determina a redução de 1,5 mm da espessura do perfil, em todo o seu perímetro, exceto quando se usa proteção especial de eficiência comprovada – pintura ou proteção catódica, como exemplos. Atualmente a

NBR 6122 está em processo de revisão. Caso venha a ter contato com água os perfis recomenda se encamisa-lo com concreto armado nesses trechos estendendo num trecho de 2 a 3 m no terreno natural sem presença de água.

A NBR 6122/2010 assim se expressa no item 7.8.2.4.2: “Quando as estacas de aço constituídas por perfis laminados ou soldados trabalharem à compressão, basta uma penetração de 20 cm no bloco. Pode-se, eventualmente, fazer uma fretagem através de espiral, em cada estaca neste trecho”. Consta do 7.8.2.4.3: “No caso de estacas metálicas trabalhando a tração, deve-se soldar uma armadura capaz”.

4.8.1 Processo Executivo de Estacas Metálicas

Os trilhos são cravados nos solos com uma ajuda de um bate estaca em queda livre ou diesel como nas figuras 06 e 07 a baixo e são feitas emendas quando não atingida a profundidade adequada do projeto e com isto fazem a emenda dos trilhos com solda e os perfis são alinhados com o auxílio de talas laterais soldadas e por final fazem um corte com maçarico do excedente e preparo da cabeça. Raramente e usado um só trilho como estacas. Os trilhos mais descartáveis são os TR25, TR32 TR57 e TR68, cujo índice indica o peso por metro 25, 32, 57 e 68 kg/m.

Figura 06: Bate estaca, cravando Perfis metálicos.



Fonte: (TEC-GEO, 2014).

Figura 07: Perfis Metálicos cravado no chão.



Fonte: (TEC-GEO, 2014).

Estacas de aço têm sido utilizadas em todo o mundo há mais de 120 anos e sua durabilidade tem excedido todas as estimativas teóricas de durabilidade, especialmente em solos muito agressivos ou contaminados por produtos químicos. Não há caso relatado na literatura internacional de falha estrutural causada pela corrosão de estacas de aço. A farta literatura disponível tem indicado que os solos naturais são tão deficientes em oxigênio que o aço não é apreciavelmente afetado pela corrosão, independentemente do tipo de solo ou de suas propriedades.

O processo de corrosão de uma estaca cravada em solos cujo pH esteja situado entre 4 e 10, isto é, quase que a totalidade dos solos naturais encontrados. Na ausência a corrosão não acontecerá.

O primeiro metro de solo apresenta certa oxigenação; abaixo disso, a concentração desta substância decresce rapidamente com a profundidade, e sua reposição é extremamente dificultada. A difusão de gases em meios porosos contendo água é um processo muito lento. Uma estaca recentemente cravada no solo consome todo este oxigênio disponível nas redondezas durante processo de corrosão, exaurindo-o. Para que o processo tenha continuidade, mais oxigênio deve chegar ao sítio de reação, o que não pode acontecer com facilidade. Este é o motivo pelo qual os resultados experimentais disponíveis têm revelado a grande resistência do aço frente à corrosão, independentemente do tipo de solo ou de suas propriedades. Outras

propriedades dos solos, tais como, drenagem, resistividade elétrica, ou composição química não são de grande valia na determinação de sua corrosividade.

4.8.2 Nega

A cravação de uma estaca é um fenômeno dinâmico e, portando, além da resistência estática do solo, há a mobilidade da resistência dinâmica. Desta formula a carga *de* trabalho obtida pelas formulas dinâmicas, deve ser feita dividindo-se a resistência a cravação por um coeficiente de correção que fara o devido desconto da resistência dinâmica (VELLOSO e LOPES, 2002)

O controle utilizando-se a nega, e mantido ate hoje, apesar de outros processos terem tido grandes avanços, o método continua sendo utilizado em praticamente todas as obras. A nega, corresponde a penetração permanente da estaca causada pela aplicação de um golpe do pilão; em geral e medida por um seria de dez golpes.

4.8.3 Vantagens e Desvantagens das Estacas Metálicas

Um dos principais fabricantes nacional de estacas metálicas (Perfis Gerdau Aço Minas) informa aos clientes as principais vantagens da utilização deste material:

- Reduzido nível de vibração durante sua cravação, quer seja com martelos de queda livre ou com os modernos martelos hidráulicos;
- Possibilidade de cravação em solos de difícil transposição como, por exemplo, argilas rijas a duras, pedregulhos e concreções (laterita, limonita, etc) sem o inconveniente do “levantamento” de estacas vizinhas já cravadas (como ocorre, por exemplo, no caso das estacas pré-moldadas de concreto e Franki) e sem perdas de estacas “quebradas” que oneram não só o estaqueamento como os blocos que deverão ser redimensionados (aspectos de custo e prazo);
- Resistência a esforços elevados de tração (da ordem de grandeza da carga de compressão, exceto quando as estacas se apoiam em rocha) e de flexão (o porque de seu emprego muito ligado às estruturas de contenção);
- Possibilidade de tratamento à base de betume especial (pintura), com a finalidade de reduzir o efeito do “atrito negativo”;
- Facilidade de corte e emenda de modo a reduzir “perdas” decorrentes da variação da cota de apoio do extrato resistente, principalmente em solos residuais jovens.

Na utilização das estacas como elemento de fundação, podemos citar as seguintes vantagens:

- Atingem grandes profundidades;
- Podem atravessar camadas resistentes de solo;
- Pequena vibração durante a cravação;
- Não apresenta atrito negativo;
- Uma estaca pode ser feita com vários perfis soldados um ao outro;
- Emenda fácil de executar; Podem ser cravadas formando um ângulo de inclinação com a vertical.

Como desvantagens deste tipo de material utilizado como elemento de fundação podemos citar:

- Custo relativamente elevado;
- Fácil oxidação quando da flutuação do nível da água.

4.9 Bloco de Coroamento

Conforme estabelecido pela NBR 6118:2014, blocos de coroamento ou blocos sobre estacas são estruturas de volume utilizadas para transmitir às estacas as cargas provenientes da estrutura do empreendimento.

Blocos de coroamento com uma estaca não possuem estabilidade nas duas direções e blocos com duas estacas não possuem estabilidade em uma direção. Com isto a estabilidade dos blocos também é garantida pelas vigas alavancas que fazem parte do projeto. Mas como foco deste trabalho não e blocos, e sim comparativos de estacas não vamos entrar muito a fundo sobre.

O bloco de coroamento utilizado é o definido pela NBR 6118:2014 como bloco rígido, cujo comportamento estrutural é caracterizado por:

“ trabalho à flexão nas duas direções, mas com trações essencialmente concentradas nas linhas sobre as estacas (reticulado definido pelo eixo das estacas, com faixas de largura igual a 1,2 vezes seu diâmetro); Cargas transmitidas do pilar para as estacas essencialmente por bielas de compressão, de forma e dimensões complexas; trabalho ao cisalhamento também em duas direções, não apresentando ruptura por tração diagonal, e sim por compressão das bielas, analogamente às sapatas”. (NBR, 2014)

- **Fabricação dos Blocos de Coroamento para Estacas Escavadas**

Os blocos de coroamento são moldados in loco conforme as instruções fornecidas pelo engenheiro projetista nos detalhes do Projeto de Fundações em ANEXO F.

Sua forma é escavada de forma que ele atinja as dimensões previamente estabelecidas, na cota desejada, para que sejam colocadas as armaduras previamente estabelecidas em projeto e por fim feito o seu enchimento com concreto de 20 MPa.

- **Armação dos Blocos de Coroamento para Estacas Escavadas**

O bloco de coroamento necessita, conforme determina a NBR 6118:2014, de armaduras de flexão, de distribuição, de suspensão, de arranque dos pilares e armadura lateral e superior.

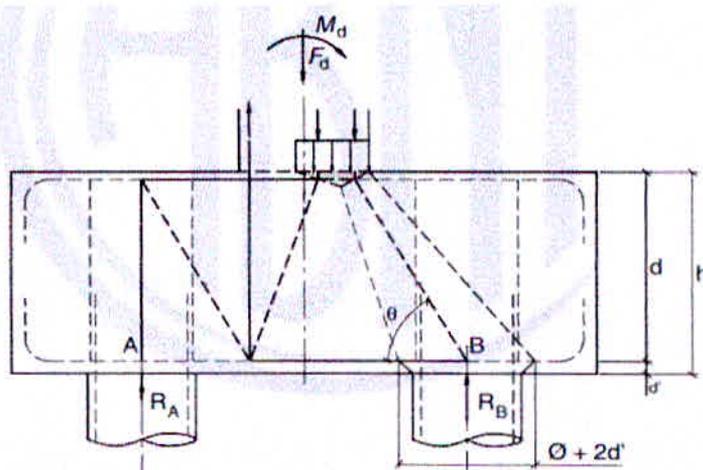
A NBR 6118:2014 estabelece que a armadura de flexão “Deve ser disposta essencialmente (mais de 85%) nas faixas definidas pelas estacas, em proporção de equilíbrio das respectivas bielas”.

As barras devem se estender de face a face do bloco e terminar em gancho nas duas extremidades.

Deve ser garantida a ancoragem da armadura de cada uma dessas faixas, sobre a estaca, medida a partir das faces internas das estacas. “Pode ser considerado o efeito favorável da compressão transversal às barras, decorrente da compressão nas bielas.”

A figura 06 abaixo ilustra como deve ser feita a inserção de armadura no bloco para que ocorram as transferências de carga de formas corretas:

Figura 08: Bloco com estacas tracionadas.



Fonte: ABNT/NBR 6118:2014.

A armadura de distribuição é utilizada no controle de fissuras. Deve ser prevista armadura positiva adicional, independente da armadura principal de flexão, em malha uniformemente distribuída em duas direções para 20% dos esforços totais (ABNT NBR 6118:2014).

Quando prevista a armadura de suspensão deve ter capacidade de distribuição para mais de 25% dos esforços totais ou se o espaçamento total entre as estacas do bloco for maior que três vezes o tamanho do diâmetro da estaca, deve ser prevista uma armadura de suspensão para a parcela de carga a ser equilibrada (ABNT NBR 6118:2014).

A armadura de arranque dos pilares deve ser ancorada nos blocos (que devem ter altura suficiente para suportá-las). Considera-se favorável o efeito da compressão transversal às barras decorrente da flexão do bloco (ABNT NBR 6118:2014).

A armadura lateral e superior é utilizada apenas em blocos que contenham mais de duas estacas em linha reta (ABNT NBR 6118:2014).

É importante citar que, em blocos de grande volume, é de suma importância a verificação da necessidade de armadura complementar.

- **Fabricação dos Blocos de Coroamento Para Estacas Metálicas**

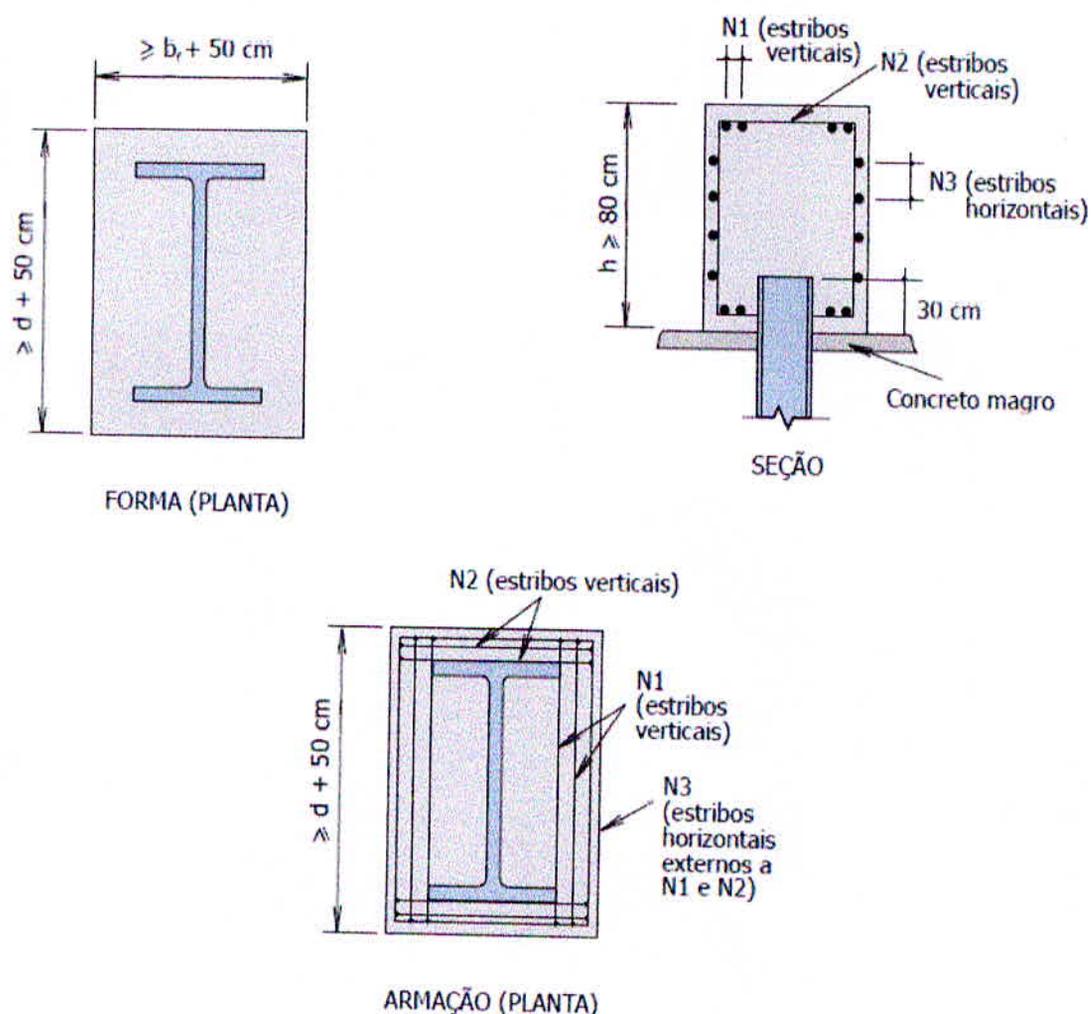
A NBR 6122/2010 tem recomendações específicas para as estacas metálicas. Apresenta-se a disposição típica das armaduras para a solução recomendada para o embutimento do perfil no bloco.

Deve-se considerar que, quando não utilizado o bloco rígido, deve-se envolver o trecho embutido da estaca metálica no bloco, por uma espiral de aço para garantir que não haja ruptura por puncionamento (PERFIS GERDAU AÇOMINAS, 2006).

Para efeitos práticos, não se deve usar espaçamento inferior a 100 cm entre eixo de estacas. Este espaçamento pode ser usado para os perfis metálicos $d < 40$ cm. Para os demais perfis pode-se adotar 150 cm como espaçamento mínimo (PERFIS GERDAU AÇOMINAS, 2006).

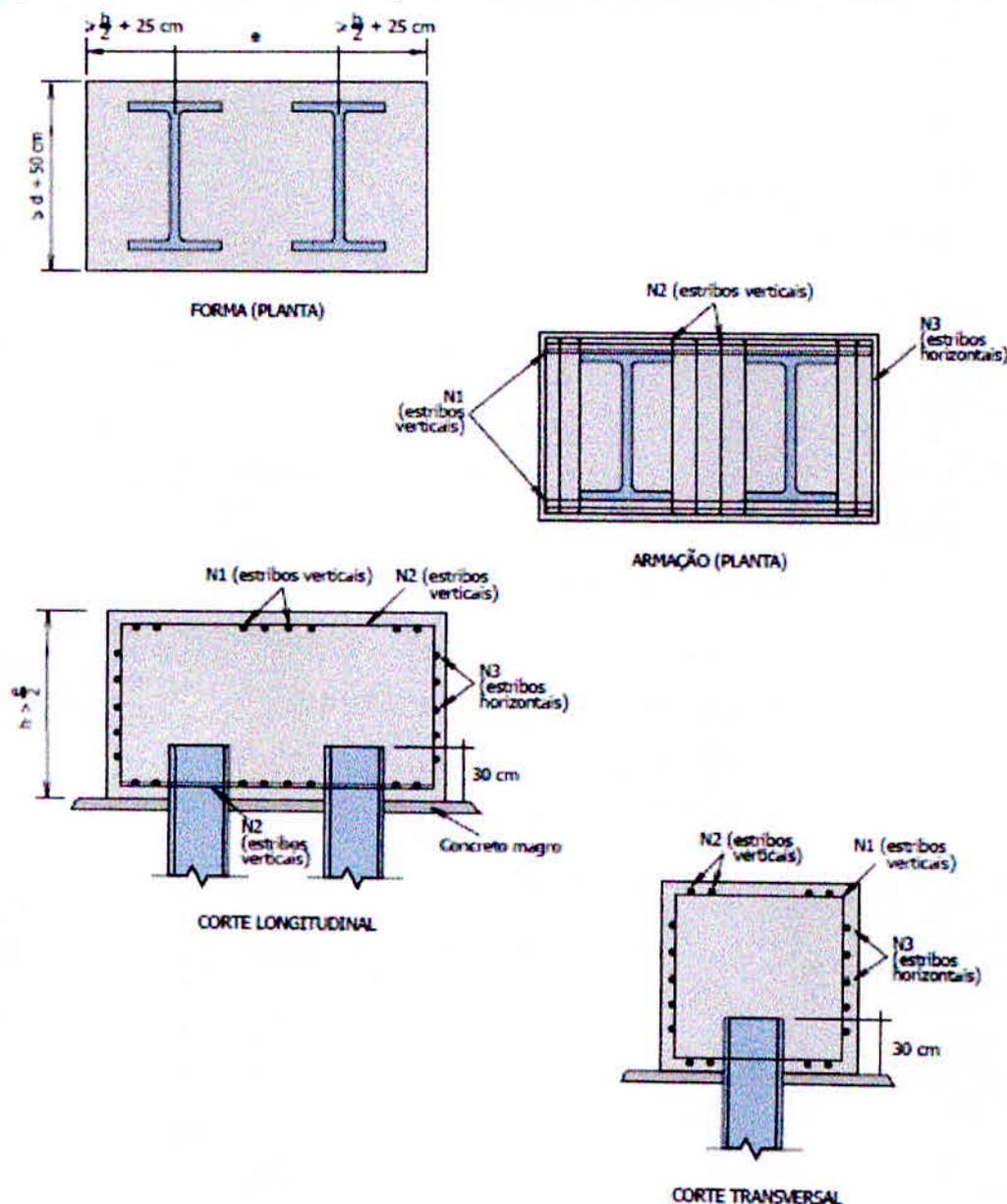
Nas figuras 07 e 08 abaixo serão apresentados os modelos para disposições típicas da armadura dos blocos com uma e duas estacas metálicas, independente das dimensões deste.

Figura 09: Detalhamento de armadura para estacas metálicas com bloco de uma estaca



Fonte: (PERFIS GERDAU AÇOMINAS, 2006).

Figura 10: Detalhamento de armadura para estacas metálicas com bloco de duas estacas.



Fonte: (PERFIS GERDAU AÇOMINAS, 2006).

- **Armação dos Blocos de Coroamento para Estacas Metálicas**

O bloco de coroamento necessita, conforme determina a NBR 6118:2014, de armaduras de flexão, de distribuição, de suspensão, de arranque dos pilares e armadura

lateral e superior. As barras devem se estender de face a face do bloco e terminar em gancho nas duas extremidades.

Deve ser garantida a ancoragem da armadura de cada uma dessas faixas, sobre a estaca, medida a partir das faces internas das estacas. “Pode ser considerado o efeito favorável da compressão transversal às barras, decorrente da compressão nas bielas.”

- **Concreto para Blocos de Coroamento**

Conforme citado em projeto, o concreto utilizado para preenchimento dos blocos terá resistência de 20 MPa (pois o concreto será dosado em volume (caixas, latas, etc) e não em massa (não há balança) com estimativa da umidade de areia. Com isso, o concreto irá ter a resistência de 200 kg/cm², atendendo o que foi previamente estabelecido em projeto.

- **Formas**

De acordo com Iglesia (2006 apud PEDERIVA, 2009) Fôrmas são consideradas um conjunto de componentes nas quais suas funções e dar forma ao concreto, segurar o concreto fresco até atingir sua forma e resistência e proporcionar textura à superfície do concreto.

A NBR que estabelece a normatização para o processo de projeto, dimensionamento e execução de fôrmas e escoramentos é a NBR 15.696.

No plano da obra deve constar a descrição do método a ser seguido para construir e remover estruturas auxiliares, devendo ser especificados os requisitos para manuseio, ajuste, contraflecha intencional, desforma e remoção. A retirada de fôrmas e escoramentos deve ser executada de modo a respeitar o comportamento da estrutura em serviço. No caso de dúvidas quanto ao modo de funcionamento de uma estrutura específica, o engenheiro responsável pela execução da obra deve entrar em contato com o projetista, a fim de obter esclarecimento sobre a sequência correta para retirada das fôrmas e do escoramento (SINDUSCON-CE, 2014).

Escoramentos e fôrmas não devem ser removidos, em nenhum caso, até que o concreto tenha adquirido resistência suficiente para (SINDUSCON-CE, 2014):

- Suportar a carga imposta ao elemento estrutural nesse estágio;

- Evitar deformações que excedam as tolerâncias especificadas;
- Resistir a danos para a superfície durante a remoção.

5 METODOLOGIA

O trabalho apresenta uma análise comparativa de custos entre fundações profundas, estaca escavada e estaca metálica, sendo ela feita de acordo com o boletim de sondagem e mapa de cargas real. (estudo de caso).

O projeto do TCC foi iniciado com uma pesquisa bibliográfica, com o objetivo de se avaliar o método mais eficiente de fundações específicas, de forma comparativa, de estacas, o custo entre fundações profundas de Estacas Escavadas e Estacas Metálicas.

Primeiramente, foram estabelecidos os tópicos a serem pesquisados em livros e também em consultas online (em artigos acadêmicos e também sites de empresas que prestam serviços em estacas escavadas e metálicas).

O trabalho será iniciado através do levantamento dos estudos já realizados que podem se relacionar com o tema abordado, para que possam ser utilizados na revisão bibliográfica. Tal pesquisa inicial será utilizada como um filtro de materiais expondo qual o possível roteiro do trabalho para dar sequência ao seu desenvolvimento. Através do roteiro previamente estabelecido com o auxílio do orientador, será feita a pesquisa para fundamentar ainda mais os temas estabelecidos e firmar a qualidade de referências técnicas do trabalho.

Através do estudo do trabalho, serão analisados os projetos arquitetônicos e o mapa de carga pertinente, para elaboração dos cálculos referentes à fundação por estaca escavada e por trilhos metálicas. A partir da conclusão deste estudo o quantitativo de materiais será definido partindo para o estudo dos valores dos materiais a serem utilizados.

Para a elaboração de Orçamento serão formadas composições de preços unitários (CPU's) que serão retiradas da tabela valores para orçamento (TCPO). Será executado também um estudo de análise de preços no mercado atual e, em paralelo a esta análise, por final será elaborado um estudo de custo comparativo, analisando qual fundação será a mais viável, no ponto de vista econômico e na execução da obra.

O trabalho elaborado segue padrões estabelecidos pela instituição seguindo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

6 MÉTODO UTILIZADO PARA AS CARGAS ADMISSÍVEIS DAS ESTACAS

Existem duas cargas admissíveis na estaca: carga admissível estrutural e carga admissível geotécnica. A menor das duas define a real carga admissível, pois, não adianta o maciço suportar o carregamento se a estrutura componente da estaca não suportar e, vice versa.

6.1 Método Aoki e Velloso (1975)

Este método foi originalmente concebido a partir de correlações entre os resultados dos ensaios de penetração estática (cone, CPT) e dinâmicos (amostrador, SPT) (MARANGON, 2015).

Para que a metodologia para avaliar a capacidade de carga de estacas possa ser aplicada nos ensaio de penetração estática, deve-se utilizar o coeficiente k para que possa estimar a capacidade de carga com os resultados do SPT.

A dedução para se calcular a capacidade de carga é expressa como:

$$R = R_L + R_p \quad (1)$$

Onde:

R = Capacidade de carga

R_p = Resistência de ponta;

R_L = Resistência lateral

Sendo que a resistência lateral (R_L) e de ponta são dadas, respectivamente como:

$$R_L = U \sum (\tau_L \Delta_L) \quad (2)$$

Onde:

U = Perímetro da estaca;

τ_L = incógnita geotécnica

Δ_L = espessura da camada em análise;

$$R_p = r_p A_p \quad (3)$$

Onde:

R_p = Resistência de ponta;

r_p = incógnitas geotécnicas

A_p = área da ponta da estaca;

Ou seja, a capacidade de Carga (R) é igual a:

$$R = U \Sigma (R_L \Delta_L) + r_p A_p \quad (4)$$

em que r_L e r_p são incógnitas geotécnicas.

Essas incógnitas estão relacionadas aos ensaios de penetração estática *CPT*, por meios de valores da resistência de ponta do cone (q_c) e do atrito lateral unitário na luva (f_s):

$$r_p = \frac{q_c}{F_1} \quad (5)$$

Onde:

q_c = Resistência de ponta do cone

F_1 = coeficientes de correção das resistências de ponta, cujos valores estão representados na tabela 05;

$$r_L = \frac{f_s}{F_2} \quad (6)$$

Onde:

f_s = atrito lateral unitário na luva

F_2 = coeficientes de correção das resistências lateral, conforme a tabela 05;

Em que F_1 e F_2 é a diferença de comportamento entre a estaca (protótipo) e o cone *CPT* (modelo) e a influência de cada tipo de estaca. Como no Brasil o método mais usado é o *SPT* e não o *CPT*, o valor da resistência (q_c) pode ser substituído por uma correlação com o índice de resistência à penetração (N_{spt})

$$q_c = K N_{spt} \quad (7)$$

Onde:

K = coeficiente de conversão da resistência de ponta do cone para N_{spt} , (tabela 03);

N_{spt} : valor obtido nos ensaios de *SPT* da resistência penetração dinâmica.

Onde o coeficiente K varia com o tipo de solo.

Com essa substituição possibilita a modificação do atrito lateral em função do N_{spt} com a utilização do atrito (α):

$$\alpha = \frac{f_s}{q_c} \quad (8)$$

Onde:

α = Fator de correção da resistência lateral e ponta do cone no ensaio CPT, conforme o tabela 03.

logo temos:

$$f_s = \alpha q_c = \alpha k N_{spt} \quad (9)$$

Sendo que α é função do tipo do solo.

O método Aoki-Velloso, a razão de atrito é a partir do tipo de solo, conhecido pela sondagem *SPT*.

As expressões r_p e r_L são dadas como:

$$r_p = \frac{K N_p}{F_1} \quad (10)$$

Onde:

N_p = Índice de resistência a penetração:

$$r_L = \frac{\alpha K N_L}{F_2} \quad (11)$$

Onde:

N_L = e o índice de resistência à penetração média na camada de solo de espessura Δ_L

Em que N_p e N_L são o índice de resistência à penetração na cota de apoio da ponta da estaca, e o índice de resistência à penetração média na camada de solo de espessura Δ_L , com isso, a capacidade de carga (R) de um elemento isolado de fundação pode ser estimado pela forma semiempírica:

$$R = \frac{K N_p}{F_1} A_p + \frac{U}{F_2} \sum_1^n (\alpha K N_L \Delta_L) \quad (12)$$

De acordo com o método Aoki e Velloso os valores de α e K estão representados na tabela 03, onde os autores basearam-se em suas experiências e em valores literários. Os fatores de correção F_1 e F_2 estão representados na tabela 5, esses valores foram

ajustados com 63 provas de carga realizados em vários estados do Brasil, e foi sendo aprimorado pelo decorrer dos anos pelos estudiosos da área.

Tabela 03: Valores do Coeficiente α e K

Coeficiente K em razão do atrito α		
Solo	K (MPa)	α (%)
Areia	1,00	1,40
Areia Siltosa	0,80	2,0
Areia siltoargilosa	0,70	2,4
Areia argilosa	0,60	3,0
Areia argilossiltosa	0,50	2,8
Silte	0,40	3,0
Silte arenoso	0,55	2,2
Silte arenoargiloso	0,45	2,8
Silte argiloso	0,23	3,4
Silte argiloarenoso	0,25	3,0
Argila	0,20	6,0
Argila arenosa	0,35	2,4
Argila Arenossiltosa	0,30	2,8
Argila siltosa	0,22	4,0
Argila siltoarenosa	0,33	3,0

Fonte: (AOKI N, 2010)

Os coeficientes F1 e F2 levam em consideração a diferença de comportamento entre a estaca (protótipo) e o cone (modelo). Seus valores foram determinados por comparações com resultados de provas de carga (MARANGON, 2009).

Os valores da tabela 01 de F1 e F2 foram inicialmente avaliados para estacas Franki, Metálica, Pré-moldada de concreto e depois escavada sem distinção do diâmetro. Posteriormente estes valores foram reavaliados (1988) e sugeridos novos parâmetros para outras estacas, assim como, para os valores apresentados na Tabela 2.4

- de Coeficientes k e α . Estes valores foram publicados por Laprovitera (1988) em dissertação de mestrado. Estes, contudo não vem sendo utilizados com certa frequência pelo meio técnicos (MARANGON, 2015).

Tabela 04: Valores para F1 e F2.

TIPO DE SOLO	F1 – reavaliados (1988)	F2 – reavaliados (1988)
Franki	2,5	5,0 – 2,0
Metálica	1,75 – 1,7	3,5 – 3,0
Pré-moldada de concreto D<60cm	1,75 – 1,9	3,5 – 1,4
Pré-moldada de concreto D>60cm	2,5	1,4
Escavada D < 60cm	3,0 – 6,1	6,0 – 5,2
Strauss	4,2	3,8

Fonte: (MARANGON, 2015).

Observa-se que na versão original a relação entre coeficientes foi de $F2/F1=2$, exceto para as estacas strauss. Em uma segunda versão foram publicados os seguintes valores para F1 e F2, abaixo na tabela 05. (MARANGON, 2015):

Tabela 05: Valores de F1 e F2 Aoki e Velloso.

TIPOS DE ESTACA	F1	F2
Pré-moldadas	1,75	3,50
Metálicas*	1,75	3,50
Franki	2,50	5,00
Escavadas*	3,50	7,00

Fonte: (MARANGON, 2015).

*F1 e F2 de acordo com Aoki, Velloso e Salomoni (1978)

Registra-se também publicação da Estacas Franki - Eng. Paulo Frederico de Figueiredo Monteiro - Gerente Técnico (MARANGON, 2015).

Partindo das tabelas 03 e 04 foram estabelecidos para k e α os valores constantes da tabela 06 (obs.: $1 \text{ kg/cm}^2 = 100 \text{ kPa} = 0,1 \text{ MPa}$).

Tabela 06: Valores reavaliados de k e α .

TIPO DE SOLO	K (Kgf/cm ²) - reavaliados (1988)	α (%) - reavaliados (1988)
Areia	10,0 - 6,0	1,4
Areia siltosa	8,0 - 5,3	2,0 - 1,9
Areia silto argilosa	7,0 - 5,3	2,4
Areia argilosa	6,0 - 5,3	3,0
Areias argilo-siltosa	5,0 - 5,3	2,8
Silte	4,0 - 4,8	3,0
Silte arenoso	5,5 - 4,8	2,2 - 3,0
Silte areno-argiloso	4,5 - 3,8	2,8 - 3,0
Silte argiloso	2,3 - 3,0	3,4
Silte argilo-arenoso	2,5 - 3,8	3,0
Argila	2,0 - 2,5	6,0
Argila arenosa	3,5 - 4,8	2,4 - 4,0
Argila areno-siltosa	3,0 - 3,0	2,8 - 4,5
Argila siltosa	2,2 - 2,5	4,0 - 5,5
Argila silto-arenosa	3,3 - 3,0	3,0 - 5,0

Fonte: MARANGON, 2015

6.2 Dimensionamento

Obtidos os valores de atrito e base unitários, tem-se o valor final de capacidade de carga na ruptura (último) multiplicando-se estes valores pelas suas áreas correspondentes:

$$R_p = r_p \cdot A_p \quad \text{Resistência de ponta.} \quad (13)$$

$$P_{su} = A_{fuste} \cdot f_u \quad \text{Atrito lateral méd.} \quad (14)$$

A profundidade de assentamento da base ou ponta da estaca é aquela, como recomenda a Norma de Fundações NBR – 6122/2010, correspondente a uma carga de ruptura mínima de pelo menos duas vezes a carga admissível (útil) da estaca. Ou seja: Adota-se no método o Fator de Segurança igual a 2.

$$R_u > 2 \times \text{Carga útil da estaca} \quad (15)$$

- Elaborar um comparativo de custo para cada tipo de fundação.

- Analisar quais das fundações fornece o melhor custo benefício.

7. CUSTOS HORÁRIOS

7.1 Custos horários mão de obra

“Para se calcular o custo de mão de obra, além dos salários, deve ser computado as leis sociais e os encargos complementares de mão de obra referentes às despesas de alimentação, transporte, EPI e ferramenta de uso pessoal” (Tisaka, 2008).

O custo do salário/hora de cada trabalhador é calculado de acordo com a fórmula a seguir

$$Sh = Sn \times \left(1 + \frac{LS}{100} + \frac{EC}{100} \right) \quad (16)$$

Sendo:

Sh= Custo do salário/hora de cada trabalhador para a empresa

Sn= salário/hora normal do trabalhador

LS = Leis Sociais

EC = Encargos complementares

7.2 Elaboração dos custo direto

Para elaboração do projeto, primeiro deve-se fazer a relação de todos os serviços envolvido sendo assim, fazer o levantamento dos quantitativos de cada unidade envolvida, depois, deve se colocar os respectivos custos unitários obtidos pelas composições do preço unitário e por ultimo multiplicar os quantitativos pelos custos unitários.

Os dados a serem obtidos serão retirados da ultima tabela de composições de preço unitário (TCPO) de agosto de 2015.

A fórmula para calcular o preço total de serviços diretos é:

$$P_{total} = E_{Ptotal} + M_{total} + S_{total} + M_{Ototal} \quad (17)$$

Onde:

EPtotal = Preço Total dos Equipamentos

MPtotal = Preço total do material

SPtotal = Preço total dos serviços – composições auxiliares

MOPTotal = Preço total da mão de obra

Para calcular o preço total dos equipamentos é dado por:

$$EP_{total} = Quant \times Prod \times P. \text{ unit. } Produ + Quant \times Impro \times P. \text{ unit. } Impro \quad (18)$$

Onde:

EPtotal = Preço Total dos Equipamentos

Quant = Quantidade

Prod= Produtividade

P. unit. Produ = Preço unitário de produtividade

Impro = Improdutividade

P. unit . Impro = Preço unitário de improdutividade

O preço total do material é expressado por:

$$M_{total} = Quant \times P. \text{ unit} \quad (19)$$

Onde:

MPtotal = Preço total do material

Quant = Quantidade

P. unit = Preço unitário

O preço total dos serviços – Composições auxiliares é apresentada como:

$$SP_{total} = Quant \times P. \text{ Unit} \quad (20)$$

Onde:

SPtotal = Preço total dos serviços – composições auxiliares

Quant = Quantidade

P. Unit = Preço unitário

Para se calcular o preço total da mão de obra deve seguir a formula abaixo:

$$\text{MOPtotal} = \text{Quant} \times \text{P. Unit} \quad (21)$$

Onde:

MOPtotal = Preço total da mão de obra

Quant = Quantidade

P. Unit = Preço unitário

8 ESTUDO DE CASO

8.1 Descrições do Projeto

O estudo de caso refere-se à um edifício comercial e residencial de 05 pavimentos, garagem no sub solo, uma loja com mezanino no térreo e três últimos andares em apartamentos residenciais tipos, localizado na Rua Ten. Eurípedes L. Oliveira, no Bairro Mons. Otaviano Cidade, em Santo Antônio do Monte – Minas Gerais.

Os arquivos em extensão. PDF em formato A4 dos arquitetônicos da loja e pavimento tipo com cortes e fachadas, estão no **ANEXO B**.

8.2 Mapa de Cargas

A planta de locação dos pilares e das cargas que são descarregadas no bloco está no **ANEXO F**. A tabela 7 resume o conteúdo deste anexo como diâmetro dos pilares e as cargas que são solicitadas para fundação.

Tabela 7: Tabela resumo do mapa de cargas da estrutura.

Pilar	Carga (Tf)	Dim. do Pilar (cmxcm)
P01	37,30	20x40
P02	55,60	20x40
P03	49,00	20x40
P04	59,50	20x40
P05	8,30	20x40
P06	34,20	20x40
P07	60,30	20x40
P09	51,00	20x40
P10	106,30	20x40
P11	109,10	20x40
P12	139,50	25x50
P13	130,00	25x50

P14	88,30	20x40
P16	36,70	20x40
P18	40,30	20x40
P21	14,80	20x40
P22	66,00	20x40
P23	111,30	20x40
P24	61,30	20x40
P25	64,00	20x40
P26	85,80	20x40
P27	96,30	20x40
P29	47,60	20x60
P30	33,90	20x40
P31	16,60	15x40
P34	16,60	20x40
P35	69,30	20x40
P36	34,20	20x40
P37	35,50	20x40
P38	41,20	20x40
P39	63,30	20x40
P40	65,40	20x40
P41	57,90	20x40
P42	32,90	15x40

Fonte: Fornecido pelo cliente.

8.3 Perfil Geotécnico do Solo Local

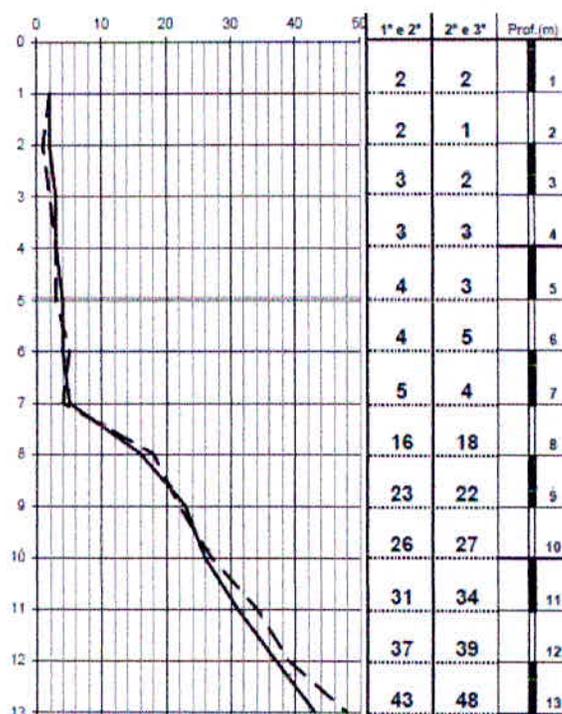
O perfil geotécnico foi feito através do standard penetration test (SPT), foram feitos várias sondagens e foi adotado a pior situação para todo o projeto. Os dados da sondagem realizada encontra-se no **ANEXO A**.

Considera-se o F2 como o furo crítico devido a necessidade de maior perfuração no solo para encontrar maior resistência – é essencial em trabalhos de fundação

considerar sempre a pior situação para que o solo consiga acompanhar todas as movimentações adequadas.

No F2, foi encontrado aterro de solo misturado até a profundidade de 5 metros. Silte arenoso pouco argilo nas colorações vermelho e amarelo. Sua classificação conforme NBR 6484/2001 varia de pouco compacto a medianamente compacto. Aos 09,50 m (nove metros e meio) o solo já foi caracterizado como solo residual jovem, com cores variegadas sendo classificado pela NBR como compacto a muito compacto. O limite do furo à percussão é em 12,45 m (doze metros e quarenta e cinco centímetros). Foi encontrada água no furo na profundidade de 10,20 m (dez metros e vinte centímetros). Na figura 09 abaixo podemos visualizar o gráfico presente no relatório de sondagem que caracteriza o aumento de resistência do solo conforme aumento da profundidade do furo.

Figura 11: Gráfico do Relatório de Sondagem.



Fonte: Fornecido pelo cliente.

A profundidade de uma estaca se justifica pela sondagem e interação do solo-estaca apresentada no trabalho. Conforme a profundidade aumenta, a capacidade de carga também aumenta. Isso é verificado na interação solo-estaca. Trabalhando com tentativas em planilha até que conseguimos uma estaca que suportasse pelo menos as cargas dos pilares onde seria viável economicamente estacas individuais. A partir daí estabelecemos os blocos para estacas.

8.4 Dimensionamentos da Fundação

Para o dimensionamento da capacidade de carga foi usado o método de Aoki e Velloso citado no item 6.1.

Para dar início ao dimensionamento da capacidade de carga foram adotados alguns parâmetros:

1º passo: é calcular o fator de correção de acordo com a estaca adotada, o fator de correção está apresentado na tabela 05, F1 e F2.

2º passo: é calcular a resistência lateral (**RL**), onde ela varia de acordo com o solo e profundidade.

3º Passo: é calcular a resistência de ponta, é onde a ponta da estaca vai parar, ela é em função do tipo de solo, N_{spz} e o fator de correção F1.

4º Passo: é calcular a Capacidade de Carga da estaca, que é a somatória da resistência lateral (RL) e a resistência de ponta (RP)

5º Passo: é Fator de segurança global, para as estacas de fundação equivale a 50%.

8.5 Dimensionamentos das Estacas Escavadas

O dimensionamento das estacas escavadas foi fornecido pelo empreendedor. Podemos observar nas tabelas 08 e 09 abaixo, o valor considerado de carga admissível para as estacas escavadas no local, levando em consideração os golpes de sondagem do F2, como pior situação. É importante considerar que para cálculo do cliente foram considerados diversos métodos de cálculos pela planilha de dimensionamento **(Verificar interação solo-estaca no ANEXO C deste trabalho)**.

Tabela 8: Interação solo-estaca para estaca escavada – dados obtidos através de média entre formas de cálculo.

Ø Diâmetro	Carga (Tf)	Profundidade (m)
300	37,4	12
400	55,7	12
500	79,9	12

Fonte: Autor.

Tabela 9: Quantitativo das estacas escavadas a serem executadas.

\emptyset Diâmetro	Unidades
300	12
400	19
500	11

Fonte: Autor.

Assim, conforme as cargas limites estabelecidas por esse método, temos os valores na tabela 9 relacionados abaixo para o quantitativo de estacas a serem escavadas no empreendimento.

Para dimensionar o número de estacas por bloco necessário para transmitir a carga do pilar ao solo de fundação, a equação é dada por:

$$N_e \geq \frac{Q_{pilar}}{Q_{adm}} \quad (22)$$

Onde:

N_e = Número de estacas

Q_{pilar} = Carga do pilar

Q_{adm} = Carga admissível da estaca

Abaixo podemos observar os novos resultados obtidos através do método Aoki-Veloso. O detalhamento dos valores obtidos exato da carga admissível se encontra no ANEXO C deste trabalho.

Nas tabelas 11 abaixo observamos o dimensionamento das estacas através do método de estacas escavadas utilizando como referencial para os valores de carga admissível somente o método Aoki-Veloso.

Tabela 10: Interação solo-estaca para estaca escavada conforme método Aoki-Velloso.

Ø Diâmetro	Carga (Tf)	Profundidade (m)
300	36,8	12
400	60,3	12
500	89,4	12

Fonte: Autor.

Tabela 11: Quantitativo das estacas Escavadas a serem executadas.

Ø Diâmetro	Unidades
300	9
400	17
500	14

Fonte: Autor.

Assim, conforme as cargas limites estabelecidas pelo método Aoki-Velloso, temos os valores relacionados na tabela 11 abaixo para o quantitativo de estacas a serem escavadas a serem executadas no empreendimento. Será esse o método comparativo a ser analisado com o mesmo método de cálculo para estacas metálicas.

Na tabela 12, o fator é dado como se fosse o coeficiente de verificação, pra saber quanto o dimensionamento se adequa. Por exemplo, a carga que a estaca suporta é de 10 e a carga solicitado é 8. Então seria $10/8 = 1,25$ (Valor do Fator). Lembrando que isso não é critério para dimensionamento, é apenas para ter uma visão geral básica do que foi calculado.

Tabela 12: Quantitativo de estacas escavadas a serem executadas conforme método Aoki-Velloso.

Pilar	Carga (Tf)	Dim. do Pilar (cmxcm)	Quant.	Ø Estaca	Carga adm (Tf)	Fator	Prof. (m)
P01	37,30	20x40	1	400	60,3	1,62	11
P02	55,60	20x40	1	400	60,3	1,08	11
P03	49,00	20x40	1	400	60,3	1,23	11
P04	59,50	20x40	1	500	89,4	1,50	11
P05	8,30	20x40	1	300	36,8	4,43	11
P06	34,20	20x40	1	400	60,3	1,76	11
P07	6,30	20x40	1	300	37,4	5,94	11
P09	51,00	20x40	1	500	89,4	1,75	11

P10	106,30	20x40	2	400	60,3	1,13	11
P11	109,10	20x40	2	400	89,4	1,64	11
P12	139,50	25x50	2	500	89,4	1,28	11
P13	130,00	25x50	2	500	89,4	1,38	11
P14	88,30	20x40	1	500	89,4	1,01	11
P16	36,70	20x40	1	300	36,8	1,00	11
P18	40,30	20x40	1	400	60,3	1,50	11
P21	14,80	20x40	1	300	36,8	2,49	11
P22	66,00	20x40	1	500	89,4	1,35	11
P23	111,30	20x40	2	400	60,3	1,08	11
P24	61,30	20x40	1	500	89,4	1,46	11
P25	64,00	20x40	1	500	89,4	1,40	11
P26	85,80	20x40	1	500	89,4	1,04	11
P27	96,30	20x40	2	400	60,3	1,25	11
P29	47,60	20x60	1	400	60,3	1,27	11
P30	33,90	20x40	1	300	36,8	1,09	11
P31	16,60	15x40	1	300	36,8	2,22	11
P34	16,60	20x40	1	300	36,8	2,22	11
P35	69,30	20x40	1	500	89,4	1,29	11
P36	34,20	20x40	1	300	36,8	1,08	11
P37	35,50	20x40	1	400	60,3	1,70	11
P38	41,20	20x40	1	400	60,3	1,46	11
P39	63,30	20x40	1	500	89,4	1,41	11
P40	65,40	20x40	1	500	89,4	1,37	11
P41	57,90	20x40	1	400	60,3	1,04	11
P42	32,90	15x40	1	300	36,8	1,12	11

Fonte: Autor

8.6 Dimensionamentos das Estacas Metálicas

O dimensionamento das estacas metálicas foi feito através de planilhas para o fim específico a fim de garantir a exatidão nos cálculos. **(Verificar interação solo-estaca nos ANEXO D deste trabalho).**

Para melhor atender o projeto, foram consideradas outras dimensões de estacas metálicas em perfil I além das que mais se aproximavam dos diâmetros estabelecidos anteriormente a fim de garantir que não haja superdimensionamento no projeto. O detalhamento dos valor obtidos exato da carga admissível se encontra no **ANEXO D** deste trabalho. Segue abaixo as tabelas 14 e 15 abaixo.

Tabela 13: Distribuição das estacas escavadas considerando apenas método Aoki-Velloso.

Ø Diâmetro	Carga (Tf)	Profundidade (m)
200	21,4	12
310	43,6	12
360	56,1	12
410	70,2	12

Fonte: Autor.

Tabela 14: Quantitativo das estacas metálicas a serem utilizadas.

Ø Diâmetro	Quant. Un.
200	5
310	11
360	14
410	12

Fonte: Autor.

A seguir apresentamos a carga admissível das estacas metálicas, a profundidade que esta deve atingir minimamente para garantir a carga solicitada e as principais características estabelecidas pelo fabricante. Segue na tabela 15 abaixo.

Para dimensionar o número de estacas por bloco necessário para transmitir a carga do pilar ao solo de fundação, a equação é dada por:

$$N_e \geq \frac{Q_{pilar}}{Q_{adm}} \quad (23)$$

Onde:

N_e = Número de estacas

Q_{pilar} = Carga do pilar

Q_{adm} = Carga admissível da estaca

Tabela 15: Quantitativo de estacas metálicas a serem executadas conforme método Aoki-Velloso.

Pilar	Carga (Tf)	Dim. do Pilar (cmxcm)	Quant.	Ø Estaca	Carga adm (Tf)	Fator	Prof. (m)
P01	37,30	20x40	1	310	43,6	1,17	11
P02	55,60	20x40	1	360	56,1	1,01	11
P03	49,00	20x40	1	360	56,1	1,14	11
P04	59,50	20x40	1	410	70,2	1,18	11
P05	8,30	20x40	1	200	21,4	2,58	11
P06	34,20	20x40	1	310	43,6	1,27	11
P07	6,30	20x40	1	200	21,4	3,40	11
P09	51,00	20x40	1	360	56,1	1,10	11
P10	106,30	20x40	2	360	56,1	1,06	11
P11	109,10	20x40	2	360	56,1	1,03	11
P12	139,50	25x50	2	410	70,2	1,01	11
P13	130,00	25x50	2	410	70,2	1,08	11
P14	88,30	20x40	2	360	56,1	1,27	11
P16	36,70	20x40	1	310	43,6	1,19	11
P18	40,30	20x40	1	310	43,6	1,08	11
P21	14,80	20x40	1	200	21,4	1,45	11
P22	66,00	20x40	1	410	70,2	1,06	11
P23	111,30	20x40	2	360	56,1	1,01	11
P24	61,30	20x40	1	410	70,2	1,15	11
P25	64,00	20x40	1	410	70,2	1,10	11
P26	85,80	20x40	2	310	43,6	1,02	11
P27	96,30	20x40	2	360	56,1	1,17	11
P29	47,60	20x60	1	360	56,1	1,18	11
P30	33,90	20x40	1	310	43,6	1,29	11

P31	16,60	15x40	1	200	21,4	1,29	11
P34	16,60	20x40	1	200	21,4	1,29	11
P35	69,30	20x40	1	410	70,2	1,01	11
P36	34,20	20x40	1	310	43,6	1,27	11
P37	35,50	20x40	1	310	43,6	1,23	11
P38	41,20	20x40	1	310	43,6	1,06	11
P39	63,30	20x40	1	410	70,2	1,11	11
P40	65,40	20x40	1	410	70,2	1,07	11
P41	57,90	20x40	1	410	70,2	1,21	11
P42	32,90	15x40	1	310	43,6	1,33	11

Fonte: Autor.

9.CUSTOS ENVOLVIDOS

Para a contratação de empresas executoras foram feitos orçamentos em no mínimo duas empresas para cada área pesquisada, sendo assim, adotando sempre a de melhor custo benefício.

Todos os valores apresentados são para o mês de outubro de 2015, contado em empresas de Belo Horizonte e Divinópolis – MG.

9.1 Custos da fundação – Estaca escavadas

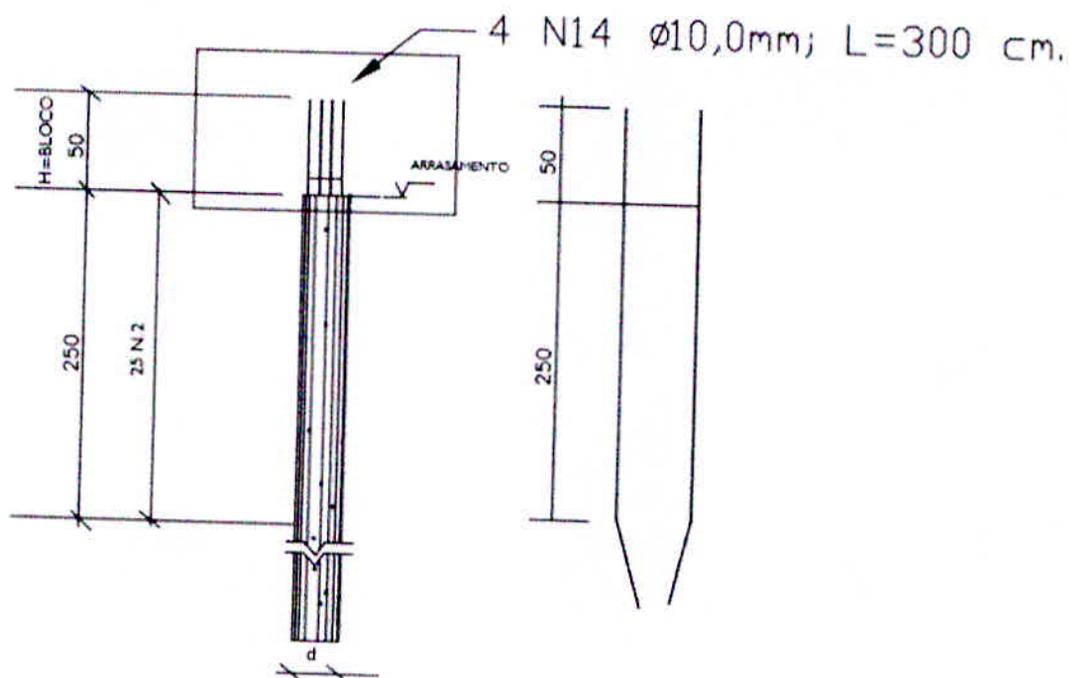
Para orçamento e a escavação obteve contratação de empresas de Divinópolis/MG.

A figura 12 mostra o posicionamento das armaduras na estaca escavada.

Figura 12 – Armação das estacas

ARMAÇÃO PARA AS ESTACAS ESCAVADA

PROFUNDIDADE TOTAL DAS ESTACAS = 11 metros.



Fonte: Fornecido pelo cliente.

- **Concreto Usinado**

Para o fornecimento do concreto usinado foi contratada a empresa ITAmix concreto.

O concreto bombeado utilizado para a estaca escavada deve possuir:

- resistência característica de concreto $f_{ck} = 20\text{Mpa}$;
- consumo de cimento não inferior a 400kg/m^3

- **Escavação**

Para execução de escavação da estaca escavada, foi contratada a empresa Habsondas - sondagens e fundações.

- **Aço**

O fornecimento do material para armação foi da empresa ArceloMittal.

Para execução das armaduras, foi feita composição de preços unitários (APÊNDICE E) de acordo com a última tabela de composição de preços para orçamento (TCPO do mês agosto).

- **Estimativa de custo**

Na tabela 16, estão abordando o preço por estaca.

- Na utilização de uma perfuratriz foi escavado 11m, cada estaca.
- Em cada estaca foi utilizado 4 barras de 3m com diâmetro de 10mm.
- Aço adotado é o CA-50, $f_{yk} \geq 500\text{MPa}$.
- Foi utilizado cimento usinado fck20 em todas as estacas.

Tabela 16 – Preço por estaca de escavação.

Estaca Escavada				
θ (cm)	Perfuração/m	Concreto/m ³	θ 10mm	TOTAL
40	R\$ 22,00	R\$ 210,00	R\$ 21,10	R\$ 253,10

Fonte: Autor.

De acordo com a tabela 16 que representa o preço por estaca, e com alguns parâmetros a seguir, podemos então apresentar na tabela 17 o custo total da escavação e concretagem.

- Quantidade de estaca do projeto: 47 estacas
- Comprimento total das estacas: 517 metros
- Área das estacas a ser concretadas 73m³.
- A taxa de mobilização da bomba na obra é de R\$ 2.000,00.
- Mobilização da Perfuratriz na obra R\$ 2.000,00.
- Duração de 4 dias pra execução total da fundação.

Tabela 17 – Custo total da escavação da estaca escavada.

Estaca Escavada					
Perfuração	Mobil. Perf.	Ø 10mm	Mobil. Bomba / 4 dia	Concreto (m ³)	Total
R\$ 11.374,00	R\$ 2.000,00	R\$ 996,40	R\$ 2.000,00	R\$ 15.330,00	R\$ 31.700,40

Fonte: Autor.

9.2 Custos da fundação – Estaca Metálica de Trilhos

O projeto de estaca metálica de trilhos já está todo dimensionado de acordo com sondagem de solo no **ANEXO A**.

O orçamento dos materiais para estaqueamento foi todo orçado na cidade de Belo Horizonte/MG.

- **Cravação.**

E a cravação de todas as estacas metálicas foi feito pela empresa Alencar Sondagem. Utilizando bate estaca.

- **Metal**

O fornecimento das estacas metálicas foi da empresa Trilhos Brasil de Belo Horizonte - MG.

Algumas considerações sobre as estacas metálicas utilizadas são:

- As estacas usadas no dimensionamento do estudo são os Trilhos TR 68.
- Utilizado solda em cada estaca.
- Media de 170m de cravação por dia tendo duração de 3 dias pra execução total das estacas.

- **Estimativa de custo**

A tabela 18 está apresentada o preço por estaca do material utilizado.

Tabela 18 – Preço por estaca Metálica

Estaca Metálica Trilhos				
Trilho	Trilho (m)	Solda	Cravação/m	Total
TR 68	R\$ 98,60	R\$ 45,00	R\$ 35,00	R\$ 178,60

Fonte: Autor.

De acordo com a tabela 19 que representa o preço por estaca, e com alguns parâmetros a seguir, podendo apresentar o custo de mobilização.

- A taxa de mobilização do equipamento de cravação é de R\$ 2.000,00
- Transporte das vigas metálicas de trilhos 3.000,00

A tabela 19 está o preço total do estaqueamento do projeto em estaca metálica de trilhos.

Tabela 19 – Preço total do estaqueamento

Estaca Metalica de Trilhos						
Trilhos	Trilho (m)	Solda	Cravação/m	Mobil. Maq.	Mobil. Mat.	TOTAL
TR 68	R\$ 50.976,20	R\$ 2.115,00	R\$ 18.095,00	R\$ 2.000,00	R\$ 3.000,00	R\$ 76.186,20

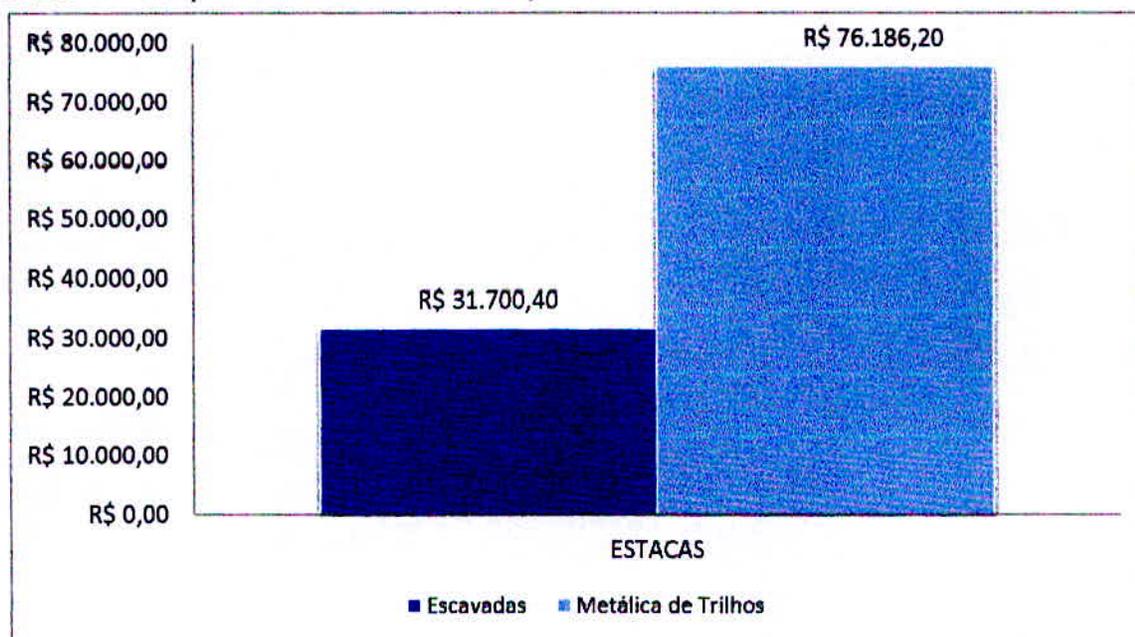
Fonte: Autor

10. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Fornecidas todas as estimativas de custo da fundação das estacas escavadas e metálicas de trilhos, são obtidos os gráficos apresentando o custo total das estacas.

O gráfico 01 apresenta o custo total de fundação para todas as estacas estudadas.

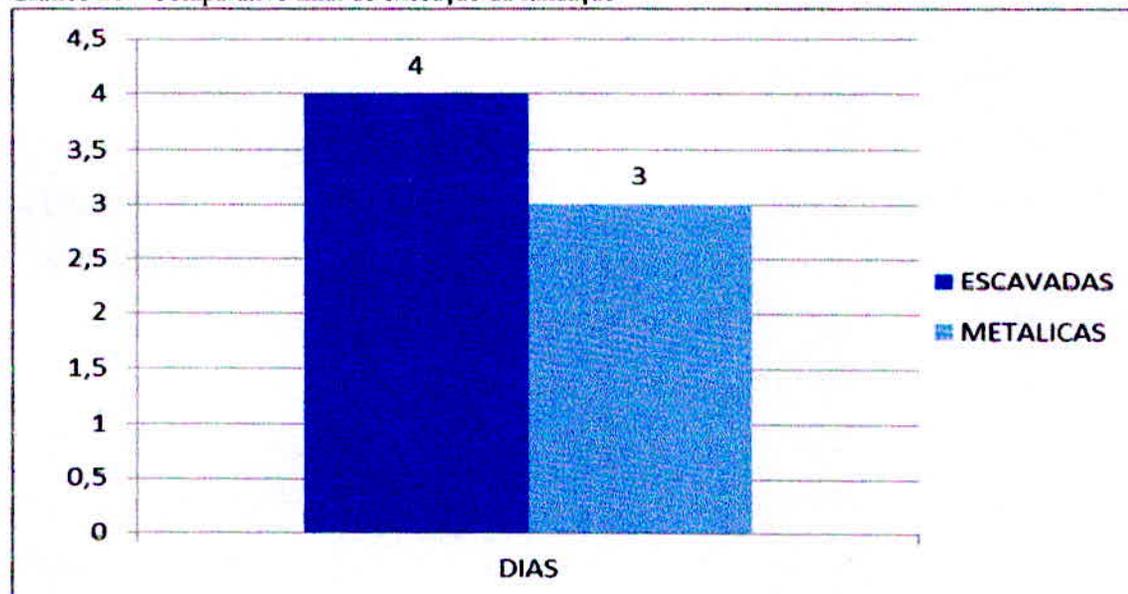
Gráfico 01 – Comparativo final de custo da fundação



Fonte: Autor.

O gráfico 02 apresenta tempo gasto na execução total da fundação.

Gráfico 21 – Comparativo final de execução da fundação



Fonte: Autor.

Analisando os resultados do Gráfico 01, podemos observar a grande discrepância entre os valores. O processo de cravação das estacas, juntamente com os materiais consumidos e processo de corte e emenda de estacas conforme necessidade onera a obra em valores consideráveis.

Enquanto o processo de escavação feito com a perfuratriz retira o solo e cria grande excesso de material no canteiro de obra, o bate-estaca faz com que haja menos desprendimento do material visto que, conforme a cravação da estaca, o solo vai sendo afastado e compactado para dar passagem à estaca e, o material desprendido ainda tem menor volume que o gerado pelo da perfuratriz. É importante verificar também a diferença nas medições entre as estacas. Observa-se que os métodos de execução abordados são bastante distintos e requer mão de obra específica.

A estaca metálica não tem sido muito utilizada devido a inconstância do método. Por diversas vezes, a sondagem indica que a fundação irá parar em determinado ponto porém a estaca não atinge a nega. Assim, o processo de cravação continua. Essa imprevisibilidade torna o método não eficiente perante os padrões necessários, que requerem um orçamento mais preciso possível sobre os serviços. Outro ponto negativo é que, a duração da obra pode ser prorrogada devido ao aumento da profundidade da fundação.

Já a perfuratriz opera de forma a atingir o que foi estabelecido em projeto. É possível controlar a profundidade de escavação, o consumo de concreto (que pode ser usinado ou não) é determinado previamente e a armação (quantitativo de consumo de aço) também, o que a torna mais atrativa para processos de licitação, por exemplo.

11. CONCLUSÃO

Analisando os resultados finais, obtivemos uma diferença significativa para estacas metálicas de trilhos e estacas escavadas. Ambos os métodos são bastante difundidos no ramo da construção civil, porém, as estacas metálicas tem se tornado não eficientes perante as novas tecnologias (como a hélice contínua, por exemplo).

Apesar de ter um valor elevado, as estacas metálicas, quando cravadas utilizando o método construtivo adequado, possuem eficiência comprovada na literatura e alta durabilidade. Pode não ser o método mais indicado para o local de estudo apresentado no presente trabalho, porém, recomendam-se sempre estudos específicos para todos os casos e, a partir daí, observar se é viável ou não a utilização das estacas metálicas.

A facilidade de execução da estaca escavada faz com que atualmente ela seja um dos tipos de fundação mais requisitados no meio da construção civil.

Conforme os dados obtidos a partir dos projetos e dos estudos e levantamentos feitos, pode-se observar também que as estacas em trilhos metálicos possuem grande desvantagem perante as estacas escavadas, pois provoca muitas vibrações no local podendo danificar casas vizinhas. As estacas escavadas não tem esse tipo de problema e pode ser executada conforme verificações sem maiores problemas nos grandes centros urbanos.

Devido a grande concorrência do mercado atual na construção civil, torna-se um fator importante a realização de um orçamento bem elaborado e quando possível tentar otimizar ao máximo o custo da obra, sempre de acordo com a segurança.

12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOKI, N, & VELLOSO, D. A. - **Um Método Aproximado para Estimativa da Capacidade de Carga de Estacas.** In: CONGRESSO PANAMERICANO DE MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA DE FUNDAÇÕES, V, 1975, Buenos Aires, Anais, p.367-376.

AVILLA, A.V., LIBRELOTTO, L.I., LOPES, O.C. **Orçamento de obras – Construção Civil.** Disponível em: <<http://pet.ecv.ufsc.br/arquivos/apoio-didatico/ECV5307-%20Or%C3%A7amento.pdf>>. Disponível em: 27 de abril de 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT (2010). **Projeto e execução de fundações** – NBR 6122/10. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT (2001). **Sondagens de simples reconhecimento do solo** – NBR 8464/01. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT (1983). **Programação de sondagens de simples reconhecimento dos solos para fundações de edifícios** – NBR 8036/83. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT (2004). **Execução de estruturas de concreto: Procedimento** – NBR 14931/2004. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT (2009). **Fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto - Projeto, dimensionamento e procedimentos executivos** – NBR 15.696/2009. Rio de Janeiro.

AZEREDO, H. A. **O Edifício Até sua Cobertura.** São Paulo. Ed. Edgar Blucher Ltda. 1977.

BEGEMANN, H. K. S. **The friction jacket cone as an aid in determining the soil profile.** Proceedings of the 6th International Conference on Soil Mechanics and

Foundation Engineering, ICSMFE, 1965. Montreal, September 8 - 15, Vol. 2, pp. 17 - 20.

BRITO, José Luis Wey de. **Fundações do edifício**. São Paulo, EPUSP, 1987.

GERADOR DE PREÇOS BRASIL. **Fundações Profundas – Estacas Pré-Fabricadas – Estacas Metálicas**. Disponível em: <http://www.brasil.geradordeprecos.info/obra_nova/Fundacoes/Profundas/Estacas_pre-fabricadas/Estaca_metalica.html>. Acessado em 13 de maio de 2015.

GONZALEZ, M. A. S. **Noções de Planejamento e Orçamentos de Obras**. Disponível em: <http://www.grancursos.com.br/novo/upload/ORCAMENTO_PLANEJAMENTO_OBRAS_14_05_2010_20100514171559.pdf>. Acessado em 13 de maio de 2014.

LORENZI, V. **Avaliação do desempenho de estacas escavadas com o método de alargamento do fuste**. Disponível em: <http://wwwp.coc.ufrj.br/teses/mestrado/Novas_2012/TESES/LORENZI_V_12_ra_M.PDF>. Acessado em 04 de maio de 2014.

MARANGON, M. **Previsão do comportamento de Fundações**. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/nugeo/files/2009/11/GF04-Considera%C3%A7%C3%B5es-sobre-funda%C3%A7%C3%B5es-diretas-20121.pdf>>. Acessado em 27 de abril de 2015.

MARANGON, M. **Métodos diretos para cálculo de Capacidade de Carga por meio do SPT**. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/nugeo/files/2009/11/GF06-CapCargaProf-por-meio-SPT-2009.pdf>>. Acessado em 04 de maio de 2015.

NEVES, L. F. S. **Metodologia para a determinação da eficiência do ensaio SPT através de prova de carga estática sobre o amostrador padrão**. Disponível em: <<http://www.dicionariogeotecnico.com.br/dissertacao.pdf>>. Acessado em 13 de maio de 2015.

NFP, Sondagens e Fundações. **Sondagem a percussão (SPT)**. Disponível em: <http://www.nfsondas.com.br/sondagem_percussao.html>. Acessado em 27 de abril de 2015.

PEDERIVA, P. F. **Comparação dos custos envolvidos na construção de pavilhões com estruturas pré-moldadas e moldadas in loco**. 2009. 65 p. TCC – universidade regional do nordeste do estado do Rio Grande do Sul.

PERFIS GERDAU AÇOMINAS. **Coletânea do uso do aço: Perfis Gerdau Açominas aplicados como estacas metálicas em fundações profundas**. Disponível em: <http://www.skylightestruturas.com.br/downloads/5_Fundacao.pdf>. Acessado em 07 de maio de 2015.

ROMAN, H.R. **Fundações – Classificação das Fundações**. Disponível em: <<http://www.npc.ufsc.br/gda/humberto/102.pdf>>. Acessado em 27 de abril de 2015.

SINDUSCON-CE. **Manual de fundamentos do Projeto Estrutural**. Disponível em: <<http://www.sindusconce.com.br/downloads/links/Manual-de-Fundamentos-do-Projeto-Estrutural-Capas.pdf>>. Acessado em 29 de abril de 2014.

TISAKA, Maçahico: **Orçamento na Construção civil: consultoria, projeto e execução**. 2. Ed. rev. e ampl. São Paulo : Pini, 2011

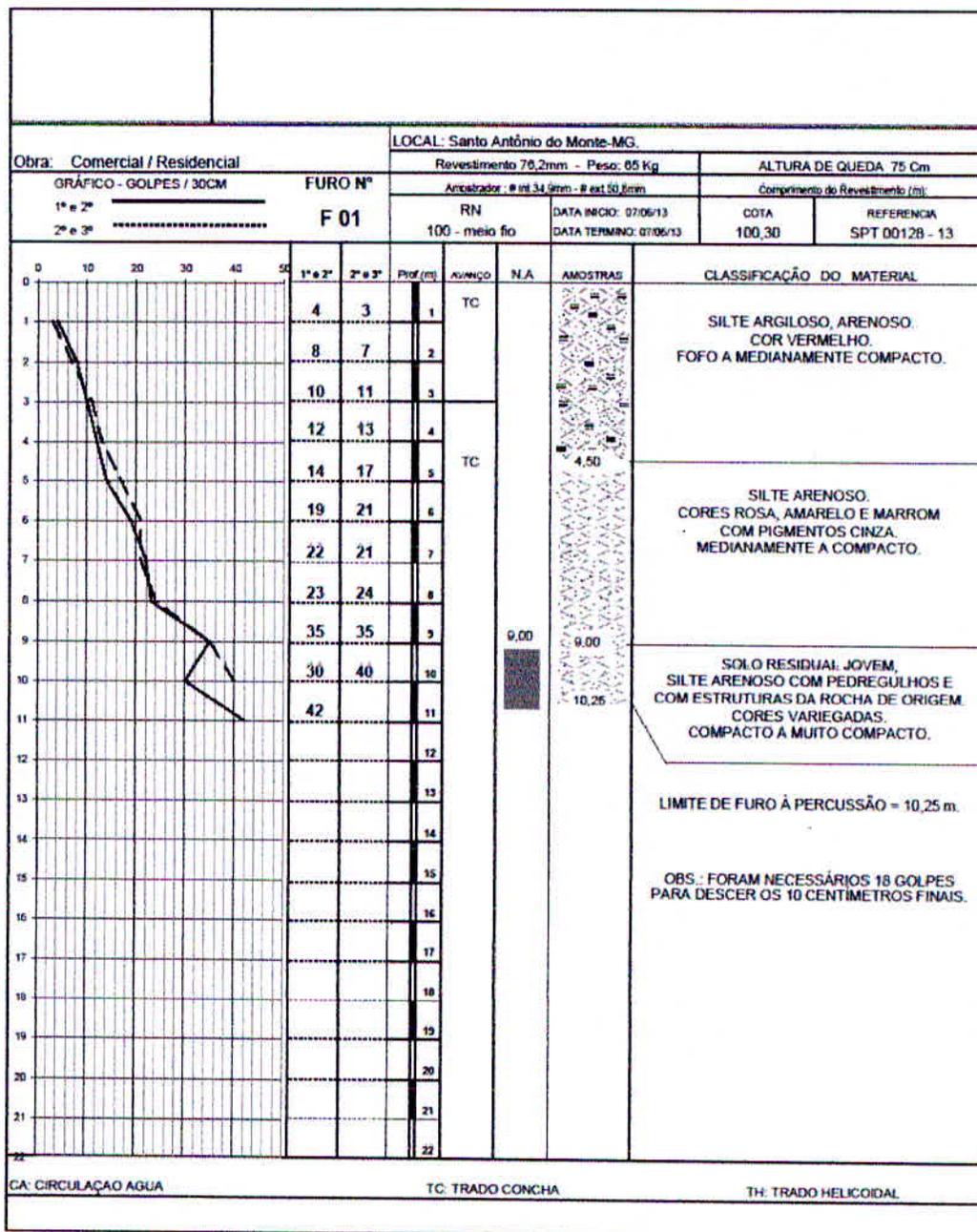
TISAKA, Maçahico: **Orçamento na Construção civil: consultoria, projeto e execução**. 2. Ed. rev. e ampl. São Paulo : Pini, 2011

TCPO, tabelas de composições de preços para orçamento, 14ed. São Paulo: PINI, 2012

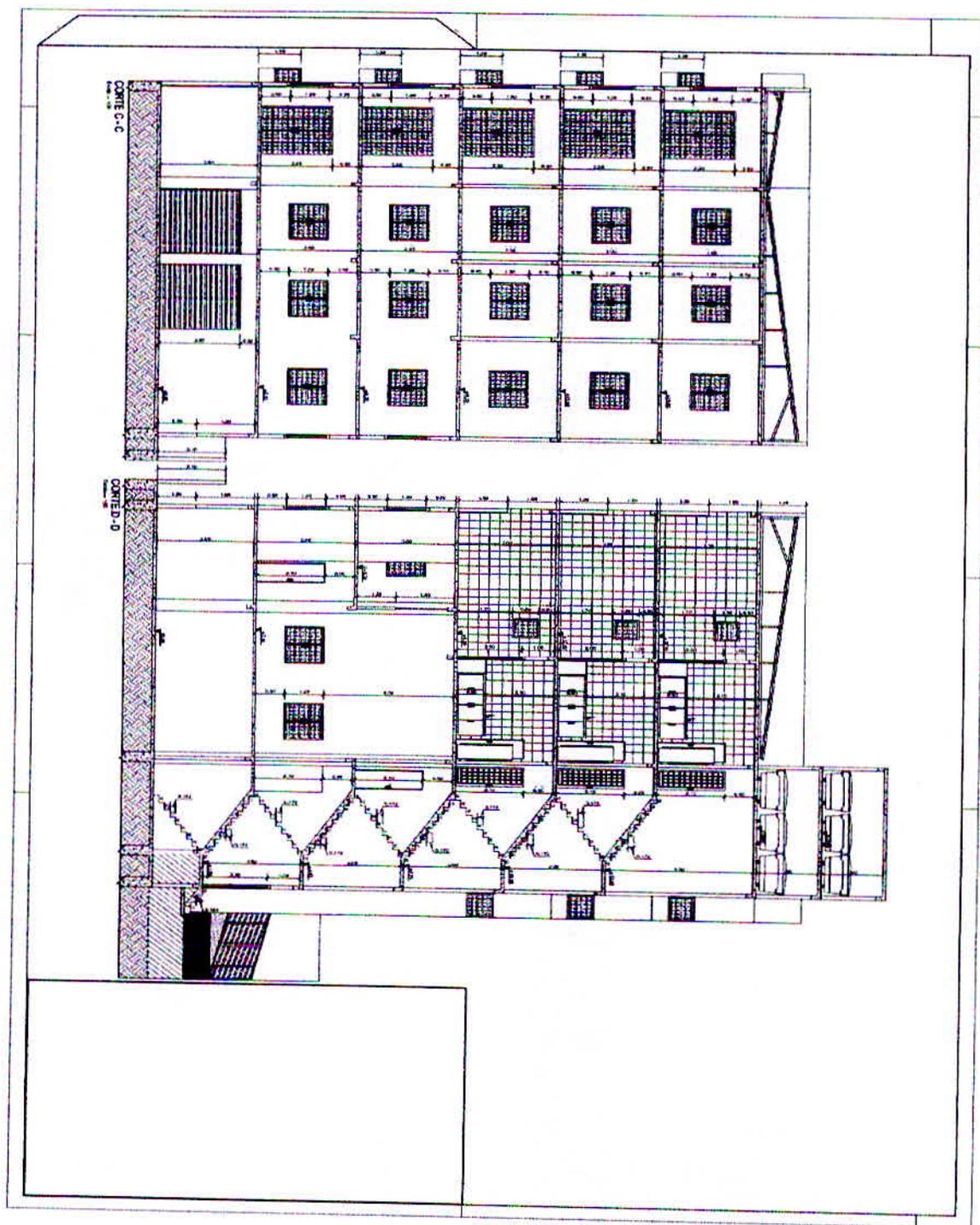
MILITO, J. A. de. **Técnicas de construção civil e construção de edifícios**. Apostila. Coordenador Eng. Civil e Prof. Da PUC-Campinas. Sorocaba: Faculdade de Engenharia de Sorocaba (FACENS), 2006, 303p.

13 ANEXOS

ANEXO A – BOLETIM DE SONDAGEM



Obra: Comercial / Residencial		LOCAL: Santo Antônio do Monte-MG.																																																																																																																																																																									
GRÁFICO - GOLPES / 30CM		Revestimento 75,2mm - Peso: 65 Kg																																																																																																																																																																									
FURO Nº		Amostrador: # int. 34,9mm - # ext. 50,8mm																																																																																																																																																																									
F 02		RN																																																																																																																																																																									
1ª e 2ª		DATA INICIO: 07/06/13																																																																																																																																																																									
2ª e 3ª		DATA TERMINO: 07/06/13																																																																																																																																																																									
		COTA																																																																																																																																																																									
		100,30																																																																																																																																																																									
		REFERENCIA																																																																																																																																																																									
		SPT 0012B - 13																																																																																																																																																																									
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Prof. (m)</th> <th>1ª e 2ª</th> <th>2ª e 3ª</th> <th>Prof. (m)</th> <th>Avanço</th> <th>N.A.</th> <th>AMOSTRAS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>2</td><td>1</td><td>TC</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td>2</td><td>1</td><td>2</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td>3</td><td>2</td><td>3</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td>3</td><td>3</td><td>4</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td>4</td><td>3</td><td>5</td><td>TC</td><td></td><td>5,00</td></tr> <tr><td>6</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td>5</td><td>4</td><td>7</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td>16</td><td>18</td><td>8</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td>23</td><td>22</td><td>9</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td>26</td><td>27</td><td>10</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>11</td><td>31</td><td>34</td><td>11</td><td></td><td>10,20</td><td></td></tr> <tr><td>12</td><td>37</td><td>39</td><td>12</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>13</td><td>43</td><td>48</td><td>13</td><td></td><td></td><td>12,45</td></tr> <tr><td>14</td><td></td><td></td><td>14</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td></td><td></td><td>15</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>16</td><td></td><td></td><td>16</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>17</td><td></td><td></td><td>17</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>18</td><td></td><td></td><td>18</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>19</td><td></td><td></td><td>19</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>20</td><td></td><td></td><td>20</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>21</td><td></td><td></td><td>21</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>22</td><td></td><td></td><td>22</td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	Prof. (m)	1ª e 2ª	2ª e 3ª	Prof. (m)	Avanço	N.A.	AMOSTRAS	0							1	2	2	1	TC			2	2	1	2				3	3	2	3				4	3	3	4				5	4	3	5	TC		5,00	6	4	5	6				7	5	4	7				8	16	18	8				9	23	22	9				10	26	27	10				11	31	34	11		10,20		12	37	39	12				13	43	48	13			12,45	14			14				15			15				16			16				17			17				18			18				19			19				20			20				21			21				22			22				<p>CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL</p> <p>ATERRO DE SOLO MISTURADO. CORES VERMELHO E MARROM.</p> <p>SILTE ARENOSO POUCO ARGILO. VERMELHO E AMARELO. POUCO COMPACTO A MEDIANAMENTE COMPACTO.</p> <p>SOLO RESIDUAL JOVEM, SILTE ARENOSO COM PEDREGULHOS E COM ESTRUTURAS DA ROCHA DE ORIGEM. CORES VARIEGADAS. COMPACTO A MUITO COMPACTO.</p> <p>LIMITE DE FURO À PERCUSSÃO = 12,45 m.</p>
Prof. (m)	1ª e 2ª	2ª e 3ª	Prof. (m)	Avanço	N.A.	AMOSTRAS																																																																																																																																																																					
0																																																																																																																																																																											
1	2	2	1	TC																																																																																																																																																																							
2	2	1	2																																																																																																																																																																								
3	3	2	3																																																																																																																																																																								
4	3	3	4																																																																																																																																																																								
5	4	3	5	TC		5,00																																																																																																																																																																					
6	4	5	6																																																																																																																																																																								
7	5	4	7																																																																																																																																																																								
8	16	18	8																																																																																																																																																																								
9	23	22	9																																																																																																																																																																								
10	26	27	10																																																																																																																																																																								
11	31	34	11		10,20																																																																																																																																																																						
12	37	39	12																																																																																																																																																																								
13	43	48	13			12,45																																																																																																																																																																					
14			14																																																																																																																																																																								
15			15																																																																																																																																																																								
16			16																																																																																																																																																																								
17			17																																																																																																																																																																								
18			18																																																																																																																																																																								
19			19																																																																																																																																																																								
20			20																																																																																																																																																																								
21			21																																																																																																																																																																								
22			22																																																																																																																																																																								
CA: CIRCULAÇÃO AGUA		TC: TRADO CONCHA																																																																																																																																																																									
		TH: TRADO HELICOIDAL																																																																																																																																																																									



DIÂMETRO 400

Tipo de Estaca								
Tipo do solo								
Sondagem								
Cota (m)	N° SPT	Argila Silty	Argila Arenosa	Silte Argiloso	Silte Arenoso	Areia Argilosa	Areia Silty	Areia com pedregulhos
1	2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	18	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	22	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	27	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	34	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	39	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13	48	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
23		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
24		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
25		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
26		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
27		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
28		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
29		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

○ Premoldada (concreto ou aço)

○ Franki

○ Hélice Contínua

● Escavadas sem revestimentos

○ Escavadas com revestimentos ou lama

○ Hollow Auger

○ Raiz

Comprimento total da estaca (m)
12 m

Diâmetro seção circular
400,0 mm

Volume base alargada (Franki) (L)
litros

Tipo de carregamento "P.P.C.V"
Compressão

Resultado dos "processos"

	Carga admissível da estaca (t)	Capacidade de carga total da estaca (t)	Capacidade de carga resistência de ponta (t)	Capacidade de carga atrito lateral (t)
Pedro Paulo Costa Velloso	60,8	70,2	131,0	52,4
Aoki-Velloso	30,7	89,8	120,5	60,3
Decourt-Quaresma	46,9	76,0	123,0	55,1
Alberto Henriques Teixeira	30,7	30,7	96,0	51,2
Urbano Rodrigues Alonso	56,4	62,8	119,2	59,6
Média dos processos	45,1	65,9	117,9	55,7

Fonte: Planilha de calculo de carga

DIÂMETRO 500

Tipo de Estaca									
ok		Tipo do solo							
Sondagem									
Cota (m)	N° SPT	Argila Siltosa	Argila Arenosa	Silte Argiloso	Silte Arenoso	Areia Argilosa	Areia Siltosa	Areia	Areia com pedregulhos
1	2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	18	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	22	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	27	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	34	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	39	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13	48	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14	48	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
23		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
24		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
25		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
26		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
27		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
28		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

○ Premoldada (concreto ou aço)

○ Franki

○ Hélice Contínua

● Escavadas sem revestimentos

○ Escavadas com revestimentos ou lama

○ Hollow Auger

○ Raiz

Comprimento total da estaca (m) ok

12 m

Diâmetro seção circular ok

500,0 mm

Volume base alargada (Franki) (L)

litros

Tipo de carregamento "P.P.C.V"

Compressão

Resultado dos "processos"

	Carga admissível da estaca (t)	Capacidade de carga total da estaca (t)	Capacidade de carga resistência de ponta (t)	Capacidade de carga atnto lateral (t)
Pedro Paulo Costa Velloso	76,0	100,9	176,9	70,8
Aoki-Velloso	38,3	140,4	178,7	89,4
Decourt-Quaresma	58,7	118,8	177,5	74,8
Alberto Henriques Teixeira	109,2	109,2	190,9	81,7
Urbano Rodrigues Alonso	70,5	95,4	165,8	82,9
Média dos processos	70,5	112,9	178,0	79,9

Fonte: Planilha de calculo de carga

ANEXO E – PLANILHA DE CÁLCULO CARGA ADMISSÍVEL DA ESTACA METÁLICA.

DIÂMETRO 200:

Tipo de Estaca									
ok		Tipo do solo							
Sondagem									
Cota (m)	N° SPT	Argila Silty	Argila Arenosa	Silte Argiloso	Silte Arenoso	Areia Argilosa	Areia Silty	Areia	Areia com pedregulhos
1	2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
2	1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
3	2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
4	3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
5	3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
6	5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
7	4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
8	18	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
9	22	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
10	27	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
11	34	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
12	39	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
13	48	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
14		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
23		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
24		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
25		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
26		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
27		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
28		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Premoldada (concreto ou aço)
 Franki
 Hélice Contínua
 Escavadas sem revestimentos
 Escavadas com revestimentos ou lama
 Hollow Auger
 Raiz

ok

Comprimento total da estaca (m)

12 m

ok

Diâmetro seção circular

200,0 mm

Volume base alargada (Franki) (L)

litros

Tipo de carregamento "P.P.C.V"

Tração

Resultado dos "processos"

	Carga admissível da estaca (t)	Capacidade de carga total da estaca (t)	Capacidade de carga resistência de ponta (t)	Capacidade de carga atrito lateral (t)
Pedro Paulo Costa Velloso	35,9	0,0	35,9	14,4
Aoki-Velloso	18,2	24,5	42,8	21,4
Decourt-Quaresma	36,1	15,2	51,3	31,6
Alberto Henriques Teixeira	32,7	11,2	43,9	21,9
Urbano Rodrigues Alonso	33,7	10,9	44,6	22,3
Média dos processos	31,3	12,4	43,7	22,3

Fonte: Planilha de calculo de carga

DIÂMETRO 250

Tipo de Estaca										
ok		Tipo do solo								
Sondagem										
Cota (m)	N° SPT	Argila Siltosa	Argila Arenosa	Silte Argiloso	Silte Arenoso	Areia Argilosa	Areia Siltosa	Areia	Areia com pedregulhos	
1	2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
2	1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
3	2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
4	3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
5	3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
6	5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
7	4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
8	18	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
9	22	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
10	27	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
11	34	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
12	39	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
13	48	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
14		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
15		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
16		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
17		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
18		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
19		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
20		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
21		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
22		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
23		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
24		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
25		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
26		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
27		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
28		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Premoldada (concreto ou aço)
 Franki
 Hélice Contínua
 Escavadas sem revestimentos
 Escavadas com revestimentos ou lama
 Hollow Auger
 Raiz

ok

Comprimento total da estaca (m)
12 m

ok

Diâmetro seção circular
250,0 mm

Volume base alargada (Franki) (L)
litros

Tipo de carregamento "P.P.C.V"
Tração

Resultado dos "processos"

	Carga admissível da estaca (t)	Capacidade de carga total da estaca (t)	Capacidade de carga - resistência de ponta (t)	Capacidade de carga atnto lateral (t)
Pedro Paulo Costa Veloso	44,9	0,0	44,9	18,0
Aoki-Veloso	22,8	38,3	61,1	30,5
Decourt-Quaresma	45,1	23,8	68,9	40,7
Alberto Henriques Teixeira	40,8	17,5	58,4	29,2
Urbano Rodrigues Alonso	42,2	17,1	59,2	29,6
Média dos processos	39,2	19,3	58,5	29,6

Fonte: Planilha de calculo de carga

DIÂMETRO 310

Tipo de Estaca										
ok		Tipo do solo								
Sondagem										
Cota (m)	N° SPT	Argila Siltyosa	Argila Arenosa	Silte Argiloso	Silte Arenoso	Areia Argilosa	Areia Siltyosa	Areia	Areia com pedregulhos	
1	2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
2	1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
3	2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
4	3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
5	3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
6	5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
7	4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
8	18	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
9	22	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
10	27	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
11	34	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
12	39	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
13	48	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
14		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
15		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
16		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
17		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
18		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
19		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
20		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
21		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
22		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
23		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
24		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
25		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
26		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
27		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
28		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Premoldada (concreto ou aço)
 Franki
 Hélice Contínua
 Escavadas sem revestimentos
 Escavadas com revestimentos ou lama
 Hollow Auger
 Raiz

ok

Comprimento total da estaca (m)

12 m

ok

Diâmetro seção circular

310,0 mm

Volume base alargada (Franki) (L)

litros

Tipo de carregamento "P.P.C.V"

Tração

Resultado dos "processos"

	Carga admissível da estaca (t)	Capacidade de carga total da estaca (t)	Capacidade de carga resistência de ponta (t)	Capacidade de carga atrito lateral (t)
Pedro Paulo Costa Veloso	55,7	0,0	55,7	22,3
Aoki-Veloso	28,3	58,9	87,2	43,6
Decourt-Quaresma	56,0	36,5	92,5	52,2
Alberto Henriques Teixeira	50,6	26,9	77,6	38,8
Urbano Rodrigues Alonso	52,3	26,2	78,5	39,2
Média dos processos	48,6	29,7	78,3	39,2

Fonte: Planilha de calculo de carga

DIÂMETRO 410

Tipo de Estaca									
ok		Tipo do solo							
Sondagem									
Cota (m)	N° SPT	Argila Siltosa	Argila Arenosa	Silte Argiloso	Silte Arenoso	Areia Argilosa	Areia Siltosa	Areia	Areia com pedregulhos
1	2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
2	1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
3	2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
4	3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
5	3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
6	5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
7	4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
8	18	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
9	22	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
10	27	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
11	34	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
12	39	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
13	48	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
14		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
23		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
24		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
25		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
26		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
27		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Premoldada (concreto ou aço)

Franki

Hélice Contínua

Escavadas sem revestimentos

Escavadas com revestimentos ou lama

Hollow Auger

Raiz

ok

Comprimento total da estaca (m)

12 m

ok

Diâmetro seção circular

410,0 mm

Volume base alargada (Franki) (L)

litros

Tipo de carregamento "P.P.C.V"

Tração

Resultado dos "processos"

	Carga admissível da estaca (t)	Capacidade de carga total da estaca (t)	Capacidade de carga resistência de ponta (t)	Capacidade de carga atrito lateral (t)
Pedro Paulo Costa Veloso	73,6	0,0	73,6	29,5
Acki-Velloso	37,4	103,0	140,4	70,2
Decourt-Quaresma	74,0	63,9	137,9	72,9
Alberto Henriques Teixeira	67,0	42,3	109,3	54,6
Urbano Rodrigues Alonso	69,1	44,0	113,1	56,6
Média dos processos	64,2	50,6	114,9	56,7

Fonte: Planilha de calculo de carga

APÊNDICE E – Composição de preços unitários CPU (HHT, Armadura e Concreto usinado) - TCPO de mês agosto 2015.

COMPOSIÇÃO DO PREÇO UNITÁRIO					
OBRA :	Trabalho Conclusão de Curso				
Serviço:	Armadura CA - 50 para estrutura de concreto armado, corte.				
Unid:	m				
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	UNID.	QUANT.	VALOR UNIT.	VALOR TOTAL
1	Mão-de-obra				
1.1	Ajudante Armador	h	0,14	12,40	1,74
1.2	Armador	h	0,08	17,93	1,43
	Subtotal 1				3,17
2	Materiais				
2.1	Aço CA - 50	kg	1,10	3,15	3,47
2.2	Arame recozido nº 18 BWG - Ø 10,00mm	kg	0,03	21,20	0,53
					-
	Subtotal 2				4,00
3.	Ferramentas/equipamentos				
					-
					-
	Subtotal 3				-
4	Outros				
					-
					-
					-
	Subtotal 4				-
	SUBTOTAL GERAL				7,17
	BDI (%)	0,00%			-
	CUSTO UNITÁRIO				7,17

COMPOSIÇÃO DO PREÇO UNITÁRIO					
OBRA:	Trabalho Conclusão de Curso				
Serviço:	Concreto dosado em central Fck = 20 Mpa				
Unid:	m³				
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	UNID.	QUANT.	VALOR UNIT.	VALOR TOTAL
1	Mão-de-obra				
	Subtotal 1				
2	Materiais				
2.1	Concreto dosado em central Fck=20MPa	m³	1,00	210,00	210,00
	Subtotal 2				
3.	Ferramentas/equipamentos				210,00
	Subtotal 3				
4	Outros				
	Subtotal 4				
	SUBTOTAL GERAL				
	BDI (%)	0,00%			210,00
	CUSTO UNITARIO				210,00

ANEXO F – PROJETO DE FUNDAÇÃO (PLOTADO).