



UNISUL

UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA

RAFAEL DE SIQUEIRA MAGALHÃES

**ANÁLISE COMPARATIVA DOS RESULTADOS DE ENSAIOS SPT COM
TORQUES DE EQUIPAMENTOS DE FUNDAÇÕES DO TIPO HÉLICE CONTÍNUA
MONITORADA**

Palhoça
2018

RAFAEL DE SIQUEIRA MAGALHÃES

**ANÁLISE COMPARATIVA DOS RESULTADOS DE ENSAIOS SPT COM
TORQUES DE EQUIPAMENTOS DE FUNDAÇÕES DO TIPO HÉLICE CONTÍNUA
MONITORADA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia Civil
da Universidade do Sul de Santa Catarina
como requisito parcial à obtenção do título
de Engenheiro Civil.

Orientadora: Prof^ª. MSc FERNANDA SOARES DE SOUZA OLIVEIRA.

Palhoça

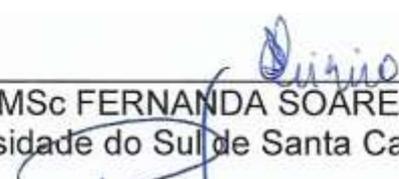
2018

RAFAEL DE SIQUEIRA MAGALHÃES

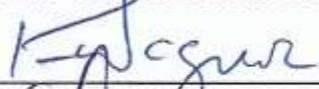
**ANÁLISE COMPARATIVA DOS RESULTADOS DE ENSAIOS SPT COM
TORQUES DE EQUIPAMENTOS DE FUNDAÇÕES DO TIPO HÉLICE CONTÍNUA
MONITORADA**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado à obtenção do título de Engenheiro Civil e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Civil da Universidade do Sul de Santa Catarina.

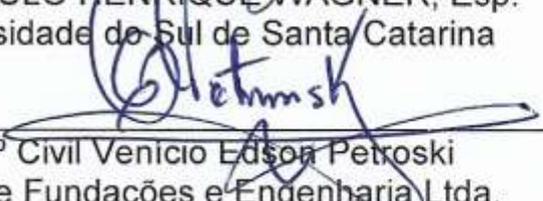
Palhoça, 07 de Novembro de 2018.



Professora e orientadora MSc FERNANDA SOARES DE SOUZA OLIVEIRA
Universidade do Sul de Santa Catarina



Prof. PAULO HENRIQUE WAGNER, Esp.
Universidade do Sul de Santa Catarina



Engº Civil Venício Edson Petroski
Unibase Fundações e Engenharia Ltda.

A minha esposa, minha filha e minha mãe.

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer a minha família que esteve comigo ao longo de toda esta caminhada, em especial a minha mãe que sempre me deu força.

A minha esposa e minha filha por estarem comigo durante todo este período, suportando junto a mim meus estresses, angústias, ansiedades e agora podendo compartilhar comigo este momento de felicidade.

Agradeço aos amigos e empresas que me ajudaram ao longo do processo de formação, colaborando e ampliando meus conhecimentos.

Um agradecimento aos professores, todos aqueles que contribuíram na minha formação, em especial a professora Fernanda que me orientou com tanta sabedoria nesse trabalho em um momento de extrema importância em sua vida pessoal.

Muito obrigado a todos.

“A mudança não acontecerá se nós esperarmos por outra pessoa ou se esperarmos por algum outro momento. Nós somos as pessoas pelas quais esperávamos. Nós somos a mudança que buscamos.” (Barack Obama, 2008).

RESUMO

O presente trabalho de conclusão de curso tem a finalidade de encontrar resultados com valores de amostras de sondagens SPT e compará-los com resultados de torques médios extraídos de equipamentos de Hélice Contínua Monitorada, em obras executadas na região da grande Florianópolis. Com base nesses valores encontrados buscar-se-á elaborar uma planilha comparativa analisando os dois valores, Nspt e torque, e, a partir desta comparação, encontrar alguma relação entre esses dois valores para que com essa informação possam ser tomadas atitudes na obra durante a execução de um estaqueamento do tipo Hélice Contínua, considerando que em alguns casos a sondagem não é confiável.

Palavras-chave: Hélice Contínua Monitorada (HCM); Torque; Sondagem a Percussão (SPT); Número de golpes de um SPT (Nspt).

ABSTRACT

The present work of course completion has the purpose of finding results with values of samples of SPT probes and compare them with results of average torques extracted from Continuous Flight Augers equipment in works executed in the region of the great Florianópolis. Based on these values, a comparative worksheet will be developed analyzing the two values, N_{spt} and torque, and, from this comparison, find some relationship between these two values so that with this information can be taken in the work during the execution of a Stake of the type Continuous Flight Augers, considering that in some cases the probe is not reliable.

Keywords: Monitored Continuous Propeller (CFA); Torque; Percussion drilling (SPT); Number of strokes of an SPT (N_{spt}).

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Equipamento de sondagem a Percussão - (SPT).....	23
Figura 2 - Exemplo de Sondagem CPT.....	25
Figura 3 - Exemplo sondagem rotativa.....	27
Figura 4 - Tipos de fundações superficiais.....	28
Figura 5 - Modelo de sapata isolada.....	29
Figura 6 - Modelo de sapata corrida.....	30
Figura 7 - Sapata Associada.....	31
Figura 8 - Bloco de fundação direta.....	32
Figura 9 - Radier.....	33
Figura 10 - Estacas de madeira.....	34
Figura 11 - Estaca pré-moldada de concreto.....	35
Figura 12 - Estacas metálicas.....	36
Figura 13 - (a) Tubulão sem revestimento, (b) Tubulão com revestimento de concreto, (c) Tubulão com revestimento metálico.....	38
Figura 14 - Tubulão pneumático.....	38
Figura 19 - Processo executivo estaca Raiz.....	40
Figura 20 - Execução de estaca tipo Strauss: (a) escavação, (b) limpeza do furo, (c) concretagem após a colocação da armadura, (d) estaca pronta.....	41
Figura 21 - Execução estaca Franki.....	42
Figura 15 - Perfuração com Equipamento pesado.....	44
Figura 19 - Limpeza do topo da estaca.....	45
Figura 17 - Colocação da armadura.....	46
Figura 18 - Sequência executiva de uma estaca tipo hélice contínua: perfuração, concretagem e instalação da armadura.....	47
Figura 22 - Representação de Torque.....	48
Figura 23 - Perfuratriz CZM EM800/30.....	49
Figura 24 - Relatório de dados extraídos da Estaca.....	50
Figura 25 - Perspectiva do Empreendimento Hermínio Jacques.....	51
Figura 26 - Gráfico com Torques médios e N_{spt} 1.....	54
Figura 27 - Gráfico com Torques médios e N_{spt} 5.....	57
Figura 28 - Perspectiva do empreendimento.....	58
Figura 29 - Gráfico com Torques médios e N_{spt} 3.....	60

Figura 30 - Gráfico com Torques médios e N_{spt} 4	62
Figura 31 - Gráfico com as médias de torques em Solo Argiloso.....	64
Figura 32 - Gráfico com as médias de torques em Solo Arenoso/Siltoso	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tamanho dos Grãos.....	15
Tabela 2 - Classificação Geral SUCS	17
Tabela 3 - Índice de Compacidade Relativa das Areias	18
Tabela 4 - Classificação do solo pela penetração	20
Tabela 5 - Resistencia do Solo em função do N_{spt}	24
Tabela 6 – Torques obtidos nas estacas próximas ao SPT1	52
Tabela 7 - Média Aritmética dos dados da Tabela 6	53
Tabela 8 - Torques obtidos nas estacas próximas ao SPT5	55
Tabela 9 - Media Aritmética dos dados da Tabela 9	56
Tabela 10 - Torques obtidos nas estacas próximas ao SPT3	59
Tabela 11 - Média Aritmética dos dados da Tabela 11	60
Tabela 12 - Torques obtidos nas estacas próximas ao SPT4	61
Tabela 13 - Média Aritmética dos dados da Tabela 13	61
Tabela 14 - Correlação entre Torque e N_{spt} (Argila)	63
Tabela 15 - Correlação entre Torque e N_{spt} (Areia)	63
Tabela 16 - Correlação entre Torque e N_{spt} (Argila)	64
Tabela 17 - Correlação entre Torque e N_{spt} (Areia)	64

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	OBJETIVOS	12
1.1.1	Objetivo Geral	12
1.1.2	Objetivo Específico	13
1.2	JUSTIFICATIVA	13
1.3	METODOLOGIA	14
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1	TIPOS DE SOLOS	15
2.1.1	Solos orgânicos	17
2.1.2	Solos arenosos	17
2.1.3	Solos argilosos	19
2.1.4	Solos siltosos	20
2.2	PROSPECÇÃO DO SUBSOLO	21
2.3	TIPOS DE SONDAGENS	22
2.3.1	Sondagem a Percussão – Standard Penetration Test (SPT)	22
2.3.2	Sondagem a penetração do Cone – Cone Penetration Test (CPT)	24
2.3.3	Sondagem Piezocone - Piezocone Penetration Test – (CPTu)	25
2.3.4	Sondagem Rotativa	26
2.4	TIPOS DE FUNDAÇÕES	27
2.4.1	Fundações Superficiais	27
2.4.1.1	Sapata Isolada	28
2.4.1.2	Sapata Excêntrica	29
2.4.1.3	Sapata Corrida	30
2.4.1.4	Sapata Associada	30
2.4.1.5	Bloco	31
2.4.1.6	Radier	32
2.4.2	Fundações Profundas	33
2.4.2.1	Estacas de madeira	33
2.4.2.2	Estaca pré-moldadas de Concreto	35
2.4.2.3	Estacas metálicas	36
2.4.2.4	Estacas tubulão	37
2.4.2.5	Estacas Raiz	39

2.4.2.6 Estacas Strauss.....	40
2.4.2.7 Estacas Franki.....	41
2.4.2.8 Estacas Hélice Contínua Monitorada.....	42
2.4.2.8.1 Perfuração.....	43
2.4.2.8.2 Concretagem.....	44
2.4.2.8.3 Colocação da Armadura.....	45
3 ESTUDO DE CASO	48
3.1 DADOS ANALISADOS.....	48
3.2 OBRA 1 – CONSTRUTORA PLACON – CENTRO DE FLORIANÓPOLIS	51
3.2.1 Dados da Obra 1 para Análise	52
3.3 OBRA 2 – CONSTRUTORA GAMADELTA – CAMPECHE.....	57
3.3.1 Dados da Obra 2 para Análise	58
3.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	65
4 CONCLUSÃO	68
5 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	70
REFERÊNCIAS.....	71
ANEXOS	74
ANEXO 1 – EXEMPLO DE RELATÓRIO DE SONDAÇÃO SPT	75
ANEXO 2 – CROQUI OBRA HERMÍNIO JACQUES.....	76
ANEXO 3 – PROJETO DE FUNDAÇÃO HERMÍNIO JACQUES	77
ANEXO 4 – RELATÓRIO DE SONDAÇÃO SPT1A	78
ANEXO 5 – RELATÓRIO DE SONDAÇÃO SPT1B	79
ANEXO 6 – RELATÓRIO DE SONDAÇÃO SPT5A.....	80
ANEXO 7 – RELATÓRIO DE SONDAÇÃO SPT5B	81
ANEXO 8 – CROQUI OBRA GAMA DELTA.....	82
ANEXO 9 – PROJETO DE FUNDAÇÃO GAMA DELTA	83
ANEXO 10 – RELATÓRIO DE SONDAÇÃO SPT3	84
ANEXO 11 – RELATÓRIO DE SONDAÇÃO SPT4	85

1 INTRODUÇÃO

Em muitas situações na construção de edifícios e estruturas de um modo geral, são verificados problemas associados a erros de projeto e a erros de execução, em decorrência da falta de conhecimento do subsolo.

As obras de engenharia vêm cada vez mais exigindo estudos geotécnicos para melhor desenvolverem seus projetos de fundação. Baseado nesse pretexto é importantíssimo ter acesso a levantamentos de sondagens precisos que nos auxilie na formatação do dimensionamento do projeto específico.

Esses estudos quando bem elaborados apresentam um excelente resultado nos projetos de fundações, uma vez que se podem desenvolver as melhores soluções que hoje estão disponíveis no mercado, utilizando as mais variadas tecnologias.

Por outro lado, quando não temos estes estudos bem elaborados, temos o desenvolvimento da tecnologia da hélice contínua monitora, cada vez mais presente em nossas obras, e que apresenta diversos parâmetros para tomadas de decisões. É o caso do torque, um destes parâmetros apresentados pelos equipamentos de HCM.

O presente trabalho analisará levantamentos de sondagens efetuados em obras na cidade de Florianópolis e irá compará-los com dados de torque extraídos de máquinas perfuratrizes, utilizadas em fundações do tipo Hélice Contínua Monitorada.

1.1 OBJETIVOS

Os objetivos serão divididos em gerais e específicos.

1.1.1 Objetivo Geral

Comparar os resultados de ensaios de sondagens SPT (Standard Penetration Test) com dados de torques extraídos de equipamentos perfuratrizes durante a execução de fundação do tipo Hélice Contínua Monitorada.

1.1.2 Objetivo Específico

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Analisar o comportamento de diferentes tipos de solos na região da Grande Florianópolis;
- Analisar os resultados de sondagens do tipo SPT em cada tipo de solo;
- Analisar os resultados dos torques extraídos de perfuratrizes; e,
- Comparar os resultados de ensaios SPT com os de torques extraídos de equipamentos HCM.

1.2 JUSTIFICATIVA

As fundações são de extrema importância para as obras de engenharia e as estacas do tipo Hélice Contínua Monitorada vem se tornando uma excelente opção para fundações, tanto pela capacidade de carga, modelo executivo, diminuição de ruídos em grandes centros, mas também pelos diversos tipos de parâmetros de controle disponíveis, como volume de concreto, profundidade, rotação, torque, entre outros.

Inúmeras são as ocasiões em que encontramos obras com relatórios de sondagens incompatíveis com a realidade. É comum encontramos relatórios de sondagens que não condizem com o solo encontrado no momento do serviço de estaqueamento. Nessa etapa, se faz necessário um bom conhecimento em solo, que possa nos auxiliar no entendimento do comportamento do material encontrado, facilitando a compreensão e resolução da situação apresentada e não relatada nos boletins de sondagens.

No estaqueamento do tipo Hélice Contínua Monitorada é possível extrair uma informação que nos permite analisar qual a resistência aproximada do solo que estamos trabalhando – o torque.

Através do conhecimento destas informações é que se buscará alguma relação entre os resultados apresentados para que se possam utilizar estas

informações em ocasiões futuras onde os boletins de sondagens não condizem com o solo apresentado no momento do estaqueamento.

Trata-se de um trabalho importante para justificar um bom planejamento de sondagens, elaboração de perfis estratigráficos e a contratação de empresas confiáveis.

1.3 METODOLOGIA

Este trabalho busca identificar uma relação de resistência do solo através de sondagem SPT e o valor de torques médios extraídos de máquinas perfuratrizes em Hélice Contínua Monitorada.

Por meio de sondagens efetuadas em diferentes terrenos, uma no Centro e outra no bairro Campeche, na cidade da Florianópolis, em Santa Catarina, os valores dos resultados de torque e N_{spt} serão analisados e comparados, tentando obter alguma correlação de seus valores.

Com base nos dados obtidos, será elaborada uma planilha de comparação, metro a metro, com todos os dados necessários, entre eles profundidade, tipos de solo, resistência a SPT, torque, entre outros que se fizerem necessários.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 TIPOS DE SOLOS

Para a engenharia civil o conhecimento do solo e do subsolo é de extrema importância, tendo em vista que suas fundações estarão apoiadas direta ou indiretamente sobre eles.

Sendo assim, conhecer os tipos básicos de solos e suas constituições se torna necessário para o desenvolvimento de um bom projeto de fundação.

Todo solo é derivado de rochas, que ao longo de milhões de anos sofreram de alguma forma influencias que os deixaram como encontramos hoje no meio ambiente.

Os tipos de solos podem ser classificados, inicialmente, em função do diâmetro das partículas que os compõem, apresentando diferentes denominações. Partindo do maior diâmetro para o menor temos: rocha sã, matacão, pedras, areia, silte e por fim as argilas, conforme a tabela 1.

Tabela 1 - Tamanho dos Grãos

FRAÇÃO GRANULOMÉTRICA	Diâmetro Equivalente
Matacão	entre 200 mm até 1000 mm
Pedra de mão	entre 60 mm até 200 mm
Pedregulho	entre 2,0 mm até 60 mm
Pedregulho Grosso	entre 00 mm até 60 mm
Pedregulho médio	entre 6,0 mm até 20 mm
Pedregulho fino	entre 20 mm até 2,0 mm
Areia	entre 0,06 mm até 2,0 mm
Areia Grossa	entre 0,6 mm até 2,0 mm
Areia Média	entre 0,2 mm até 0,6 mm
Areia Fina	entre 0,06 mm até 0,2 mm
Silte	entre 0,002 mm até 0,06 mm
Argila	menores que 0,002 mm

Fonte: NBR 6502/1995

Parte importante do estudo do tipo de material que compõe o solo é conhecer sua coesão, quando nos referimos às argilas e, do seu ângulo de atrito, quando nos referimos a areia.

Conforme a NBR 6502 (1995, p.6).

Ângulo de Atrito é o ângulo formado com o eixo das tensões normais pela tangente, em um determinado ponto da curva envoltória de Mohr, representativa das resistências ao cisalhamento da rocha, sob diferentes tensões normais.

De acordo com Gil Carvalho Paulo de Almeida (2004, p.16).

Coesão é a parcela de resistência ao cisalhamento de um solo, independente da tensão efetiva normal atuante, provocada pela atração físico-química entre partículas ou pela cimentação destas. A coesão é tanto maior quanto menores forem os diâmetros das partículas e maior o seu grau de "achatamento". Em linguagem popular, é o "grudar" ou "colar" entre partículas. Observe que só existe coesão (entre partículas muito pequenas) havendo água, que muita água diminui a coesão e pouca água a aumenta.

A classificação do solo também é importante. É através dessa classificação que poderemos estabelecer as resistências que cada camada deste solo resistirá e a qual profundidade precisará alcançar para atender aos requisitos de projeto.

Um problema muito encontrado no atual cenário é a falta de conhecimento ou de experiência de alguns técnicos em análises de solos e em classifica-los, pode-se desta forma classificar solos de formas errôneas e com essas informações levar o projetista de fundações a conclusões erradas.

Para efeito prático, é preciso conhecer o comportamento que se espera de um solo quando este receber os esforços. Para tanto, a Mecânica dos Solos divide os solos através de sua formação, sendo residuais, transportados ou sedimentares e por sua classificação, podendo ser solos grossos, finos ou orgânicos.

Abaixo estão relacionados os principais tipos de solos:

- Solos orgânicos;
- Solos arenosos;
- Solos siltsos; e,
- Solos argilosos.

Tabela 2 - Classificação Geral SUCS

Classificação Geral	Tipos Principais	Símbolos
	Pedregulho ou solo Pedregulhoso (Gravel)	GW, GP, GC e GM
SOLOS GROSSOS (menos que 50% passando na #200)	Areia (Sand) ou solo Arenoso	SW, SP, SC e SM
		Baixa compressibilidade (LL < 50) ML, CL e OL
SOLOS FINOS (mais de 50% PASSANDO NA #200)	Silte (M) ou Argila ©	Alta compressibilidade (LL > 50) MH, CH e OH
SOLOS ALTAMENTE ORGÂNICOS	Turfa (Peat)	Pt

Fonte: Apostila Solos Gil Carvalho Paulo de Almeida (2004)

2.1.1 Solos orgânicos

São solos facilmente identificáveis, seja pelo odor ou pela coloração mais escura.

Conforme Carlos de Souza Pinto (2006, p.73).

São chamados de solos orgânicos aqueles que contem uma quantidade apreciável de matéria decorrente da decomposição de origem vegetal ou animal, em vários estágios de decomposição.

Solos orgânicos não são recomendáveis para receber cargas provenientes de estruturas civis por serem muito compressíveis.

Em alguns casos, devido o excesso de concentração de material de origem vegetal, há a formação de “turfa”, que nada mais é que um solo orgânico de maioria de decomposição de origem vegetal.

2.1.2 Solos arenosos

São aqueles em que a areia predomina. Este se compõe de grãos grossos, médios e finos, mas todos visíveis a olho nu.

Como característica principal a areia não tem coesão, ou seja, os seus grãos são facilmente separáveis uns dos outros.

Souza Pinto (2006, p.67), explica que as areias são uma parcela do solo em forma granular mais grossa. Um solo arenoso não significa que apenas areia esteja em sua composição, mas sim que a parcela mais significativa seja composta por areia, em qualquer de suas granulometria.

Podem ser divididos em areias finas, médias e grossas. Existem ainda os pedregulhos, que são parcelas de areia de granulometria maiores.

As areias, em seus subgrupos, podem ser assim separadas:

- Areia fina (entre 0,06 mm e 0,2 mm);
- Areia média (entre 0,2 mm e 0,6 mm); e,
- Areia grossa (entre 0,6 mm e 2,0 mm).

As areias podem ainda ser divididas quanto à compactidade relativa (CR), conforme tabela 2.

De acordo com Braja Das (2011, p.48), o termo compactidade relativa geralmente é usado para indicar o estado de compactidade das areias em Situ. É definido como:

$$CR = \frac{e^{\max} - e}{e^{\max} - e^{\min}}$$

Onde:

CR – compactidade relativa;

e – índice de vazios em situ;

e^{\max} – índice de vazios do estado mais fofo da areia; e,

e^{\min} – índice de vazios do estado mais compacto da areia.

Tabela 3 - Índice de Compactidade Relativa das Areias

CR (%)	Descrição
0 - 15	Muito Fofa
15 - 50	Fofa
50 - 70	Medianamente Compacta
70 - 85	Compacta
85 - 100	Muito Compacta

Fonte: adaptado de Fernando Schnaid (2000, p.20)

As areias, quanto mais compactas, maior será sua resistência e menor será a sua deformação.

As areias apresentam elevado ângulo de atrito interno (Φ).

2.1.3 Solos argilosos

De acordo Almeida (2004, p.16) e Pinto (2006, p.184), o terreno argiloso caracteriza-se pelos grãos microscópicos, de cores vivas e de grande impermeabilidade e podendo admitir baixa ou alta compressibilidade. Como consequência do tamanho dos grãos, as argilas:

- São fáceis de serem moldadas com água;
- Têm dificuldade de desagregação;
- Forma material plástico e viscoso quando úmido; e,
- Permitem taludes com ângulos praticamente na vertical. É possível achar terrenos argilosos cortados assim onde as marcas das máquinas que fizeram o talude duraram dezenas de anos.

Em termos de comportamento, a argila é o oposto da areia. Devido à sua plasticidade e capacidade de aglutinação, o solo argiloso é usado há milhares de anos como argamassa de assentamento, argamassa de revestimento e na preparação de tijolos.

A maior parte do solo brasileiro é de solo argiloso e este tem sido utilizado de maneiras diferentes ao longo da nossa história.

Os solos argilosos distinguem-se pela alta impermeabilidade. Aliás, são tão impermeáveis, que se tornou o material preferido para a construção de barragens de terra, claro que devidamente compactadas. Quando não há argila nas imediações vai se buscar onde ela estiver disponível, em regiões que passam a ser denominadas “áreas de empréstimo”.

As argilas possuem tamanhos inferiores a 0,002 mm.

Quanto à Consistência, podem ser quantitativamente definidas conforme o Índice de Consistência. A consistência difere para cada solo, mas depende muito do teor de umidade.

Qualitativamente, a consistência de uma argila é avaliada como:

- Muito mole, se escorre entre os dedos, quando apertada nas mãos;
- Mole, se pode ser facilmente moldada pelos dedos;
- Média, se pode ser moldada pelos dedos;
- Rija, se requer grande esforço para ser moldada pelos dedos; e,

- Dura, se não pode ser moldada, e quando submetida à grande esforço os torrões desagregam-se.

A tabela 4 apresenta esta classificação.

Tabela 4 - Classificação do solo pela penetração

Classificação dos Solos conforme a Resistência a Penetração		
Solo	Índice de Resistência à Penetração - N	Designação (*)
Areia e Silte Anenoso	≤ 4	Fofa
	5 a 8	Pouco Compacta
	9 a 18	Medianamente Compacta
	19 a 40	Compacta
	> 40	Muito Compacta
Argila e Silte Argiloso	≤ 2	Muito Mole
	3 a 5	Mole
	6 a 10	Média
	11 a 19	Rija
	> 19	Dura

(*) As expressões empregadas para a classificação da compactação das areias (fofa, compacta, etc.), referem-se à deformabilidade e resistência destes solos, sob o ponto de vista de fundações, e não devem ser confundidas com as mesmas denominações empregadas para a designação da compactação relativa das areias ou para a situação perante o índice de vazios críticos, definidos na Mecânica dos Solos.

Fonte: Adaptado NBR 6484/2001

Argilas com grande volume de vazios, cujos poros estejam parcialmente cheios de ar recebem ainda a complementação “porosa”.

Ainda de acordo com Pinto (2012, p.51), encontramos argilas como “lodo”, que é a parcela orgânica da argila e “lama”, que é a parcela amolgada.

2.1.4 Solos siltosos

O silte não se agrega como a argila, e ao mesmo tempo suas partículas são muito pequenas e leves. A produção do silte ocorre pelo esmigalhamento mecânico das rochas, ao contrário da erosão química que resulta nas argilas. Este esmigalhamento mecânico pode ser devido à ação de geleiras, pela abrasão, pela erosão eólica, bem como pela erosão devido às águas, como nos leitos dos rios e córregos.

De acordo com Gil Carvalho Paulo de Almeida (2004, p.16).

Solo que apresenta baixa ou nenhuma plasticidade e que exibe baixa resistência quando seco ao ar.

Quando secos seus torrões facilmente se desagregam quando pressionados pelos dedos.

O Silte está entre a areia e a argila e é o “primo pobre” destes dois materiais nobres. É um pó como a argila, mas não tem coesão apreciável. Também não tem plasticidade digna de nota quando molhado.

Compreende grãos de 0,06 mm até 0,002 mm.

Estradas construídas com solo siltoso formam material lamacento na época de chuva e muito pó quando na seca. Cortes feitos em terreno siltoso não têm estabilidade prolongada, sendo vítima fácil da erosão e da desagregação natural precisando de mais manutenção e cuidados para se manter.

2.2 PROSPECÇÃO DO SUBSOLO

A prospecção do solo é de extrema importância e indispensável para projetar obras de engenharia. É nesta fase que se descobrem as camadas de solo abaixo do terreno a ser construído. Através destes estudos é possível descobrir os tipos de solos, estratificação deste solo, nível do lençol freático e suas propriedades mecânicas, que serão utilizadas no projeto de fundações e também possíveis falhas e matacões.

A NBR 8036/83 define uma quantidade mínima de investigações do solo (furos de sondagem), relacionadas à área de projeção da edificação a ser construída no referido terreno. Faz-se necessário 01 (um) furo a cada 200 m² para área de projeção de até 1200 m². Para áreas de projeção entre de 1200 m² até 2400 m², faz-se necessário 01 (um) furo extra a cada 400 m² e, para áreas acima de 2400 m² a quantidade de sondagens do solo deverá ser de forma a atender as necessidades da construção particular.

A mesma NBR ainda descreve que devemos atender aos seguintes itens:

- 02 (dois) furos de sondagem para uma projeção de edifício de até 200 m²;

- 03 (três) furos de sondagem para áreas de projeção entre 200 e 400 m².

Há uma recomendação para que os furos de sondagens não ultrapassem 25 (vinte e cinco) metros entre eles e que seja disposto no mínimo 2 furos para cada lote, preferencialmente.

Existem alguns tipos de sondagens. Algumas superficiais, utilizadas para um reconhecimento mais generalizado de uma região, e algumas mais profundas, necessárias para um conhecimento mais específico de um determinado terreno.

A seguir apresentaremos alguns modelos de sondagens mais usualmente utilizadas no Brasil.

2.3 TIPOS DE SONDAgens

No Brasil são mais comumente utilizados alguns tipos de sondagens, que serão discutidos neste capítulo.

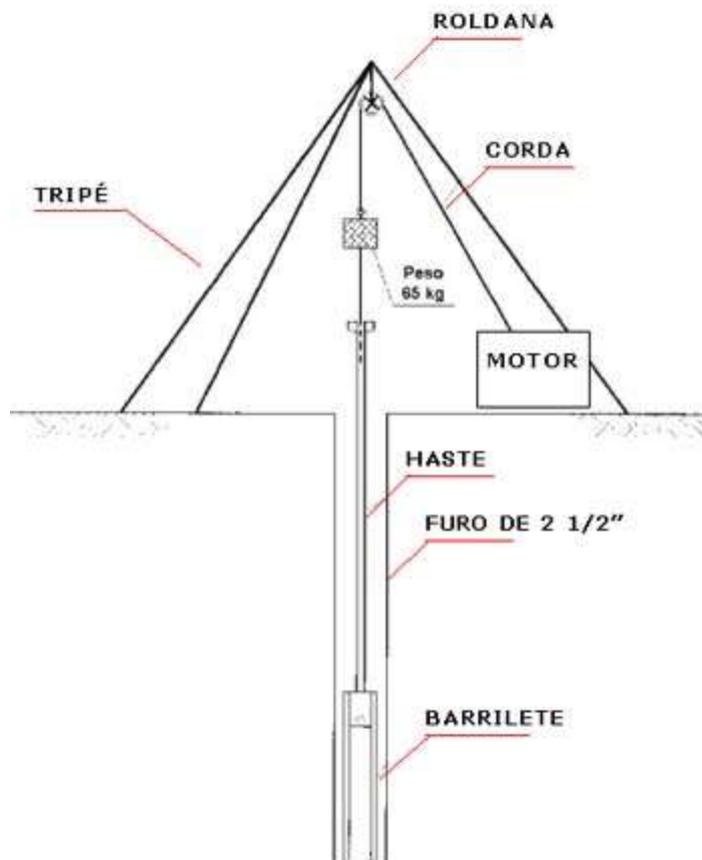
2.3.1 Sondagem a Percussão – Standard Penetration Test (SPT)

O ensaio Standard Penetration Test, mais conhecido como Sondagem a Percussão, é reconhecidamente a mais popular, rotineira e econômica ferramenta de investigação em praticamente todo o mundo, devido ao seu baixo custo, praticidade e versatilidade, pois pode adequar-se tanto a obras de grande porte, quanto a obras de pequeno porte. Todavia, há inconvenientes como a dependência do operador, variações nos procedimentos do ensaio e más condições de equipamento.

A sondagem à percussão SPT (Standard Penetration Test) é normalizada pela NBR 6484/2001.

O ensaio é realizado a cada metro de sondagem e consiste na cravação de um amostrador por meio de golpes, com peso de 65 kg, despencando da altura de 75 cm. Esse peso faz com que o amostrador crave no solo. Após esta fase anota-se o número de golpes necessários para cravar os 45 cm em 3 (três) conjuntos de golpes de 15 cm conforme ilustrado na figura 1.

Figura 1 - Equipamento de sondagem a Percussão - (SPT)



Fonte: Schnaid (2000, p. 10)

O laudo de sondagem (Anexo 1) do ensaio SPT é elaborado pela anotação dos números de golpes necessários para penetrar os 30 cm finais (Desprezando-se os primeiros 15 cm, devido o amolgamento do solo, embora o número de golpes para essa penetração seja também fornecido).

A cada metro perfurado são retiradas e analisadas as amostras do solo contidas dentro do amostrador através de um tubo acoplado na ponta denominado tubo de Amostrador Bipartido. Com essas amostras recolhidas faz-se uma análise visual do tipo de solo encontrado. Através deste ensaio também se verifica o nível do lençol freático medindo seu nível após a realização do ensaio e após 24 horas.

É muito importante indicar na sondagem a cota de nível tanto do terreno quanto do furo de sondagem em questão, uma vez que esse solo poderá sofrer cortes que interferirão no entendimento de sua real profundidade e necessidade.

Existe ainda a coleta da informação de torque, processo implantado desde 1988, para complementar a sondagem. A medição do torque é medida metro a metro através de um torquímetro pelo operador de sondagem. Esse procedimento

se chama SPT-T. Existe uma correlação entre o N_{spt} e o valor do torque obtido, que é o $N_{equivalente}$ ($N_{eq} = \text{Torque} / 1,2$).

Daldegan apresenta a tabela 5 com as resistências aproximadas em função do tipo de solo e do N_{SPT} retirado da sondagem.

Tabela 5 - Resistencia do Solo em função do N_{spt}

TIPO DE SOLO	NÚMERO DE GOLPES (SPT)	RESISTÊNCIA DO SOLO (kgf/cm ²)
Areia e Silte	0 a 4	0 a 1
	5 a 8	1 a 2
	9 a 18	2 a 3
	19 a 40	≥ 4
Argila	0 a 2	0 a 0,25
	3 a 5	0,5 a 1
	6 a 10	1,5 a 3
	11 a 19	3 a 4
	> 19	≥ 4

Fonte: Eduardo Daldegan (2016).

2.3.2 Sondagem a penetração do Cone – Cone Penetration Test (CPT)

O método de sondagem CPT consiste na penetração estática de hastes emendáveis, ou seja, na prensagem de uma ponteira cônica acoplada a um conjunto de hastes, com o monitoramento contínuo da resistência necessária, o que resulta em valores que apresentam resistências tanto de ponta como também de atrito lateral.

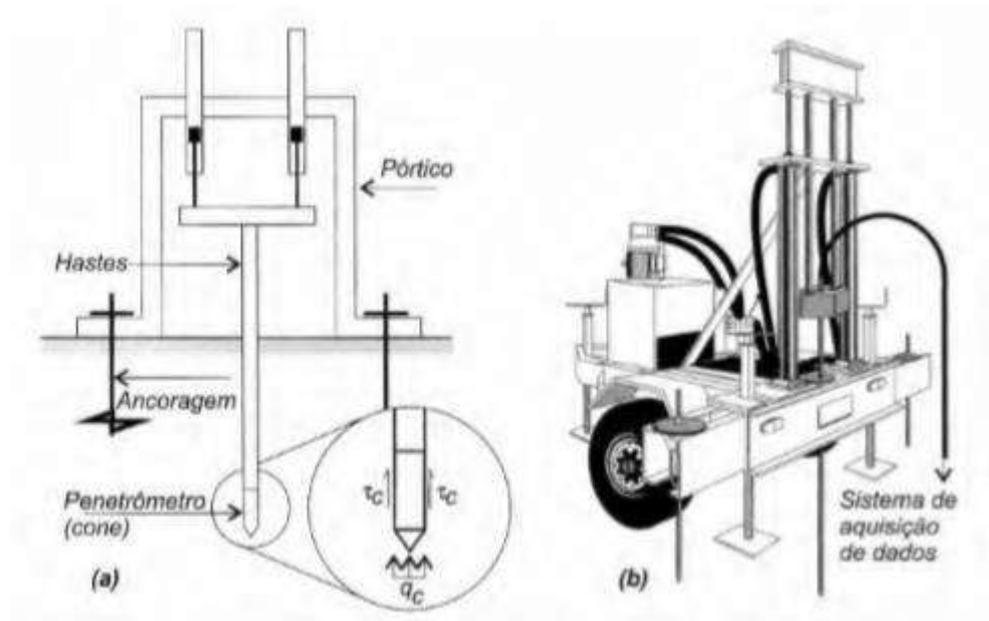
Este método passou por vários processos de melhorias desde seu desenvolvimento na Holanda em 1930 para verificação de solos moles.

No Brasil o ensaio era regulamentado pela NBR 12069/2014, e consistia basicamente na cravação de uma haste possuindo 10 cm² de diâmetro com velocidade constante de 1 cm/s. Neste ensaio a sondagem é aferida sucessivamente a cada 20mm de profundidade.

A grande vantagem deste ensaio é que os resultados são apresentados ao longo de toda a profundidade da sondagem.

A Figura 2 mostra um equipamento de CPT.

Figura 2 - Exemplo de Sondagem CPT



Fonte: Veloso e Lopes (2012, p. 42)

2.3.3 Sondagem Piezocone - Piezocone Penetration Test – (CPTu)

O ensaio de Piezocone é hoje uma das mais importantes ferramentas de investigação geotécnica. Seu uso é recomendado principalmente em depósitos de solos moles compressíveis e de baixa resistência.

Este ensaio tem sido utilizado principalmente para a classificação e estratigrafia do depósito de solo mole, estimativa do comportamento típicos dos solos, obtenção de parâmetros geotécnicos e aplicações em projetos de fundações.

Segundo Schnaid (2012) os ensaios de Piezocone conhecidos pelas siglas CPTu (Piezocone Penetration Test), caracteriza-se internacionalmente como uma das mais importantes ferramentas de prospecção geotécnica para solos moles.

A utilização do instrumento Piezocone no Brasil tem sido fundamentalmente científica, em universidades, como poucas utilizações comerciais.

O equipamento de cravação de CPTu em solos muito moles deve ser bastante leve, de forma a facilitar a sua acessibilidade, sobretudo em áreas de baixa capacidade de carga. Além disso, a resistência utilizada na maioria das correlações do ensaio de Piezocone é denominada resistência corrigida, pois a poro pressão atua de forma desigual na geometria da ponta. Assim, a resistência medida na ponta do cone deve ser corrigida.

As medidas contínuas de resistência ao longo da profundidade, associadas à extrema sensibilidade observada no monitoramento das poros pressões, possibilitam a identificação precisa de camadas de solos. Pode-se assim, definir pequenas camadas drenantes com pouca espessura (SCHNAID, 2012).

2.3.4 Sondagem Rotativa

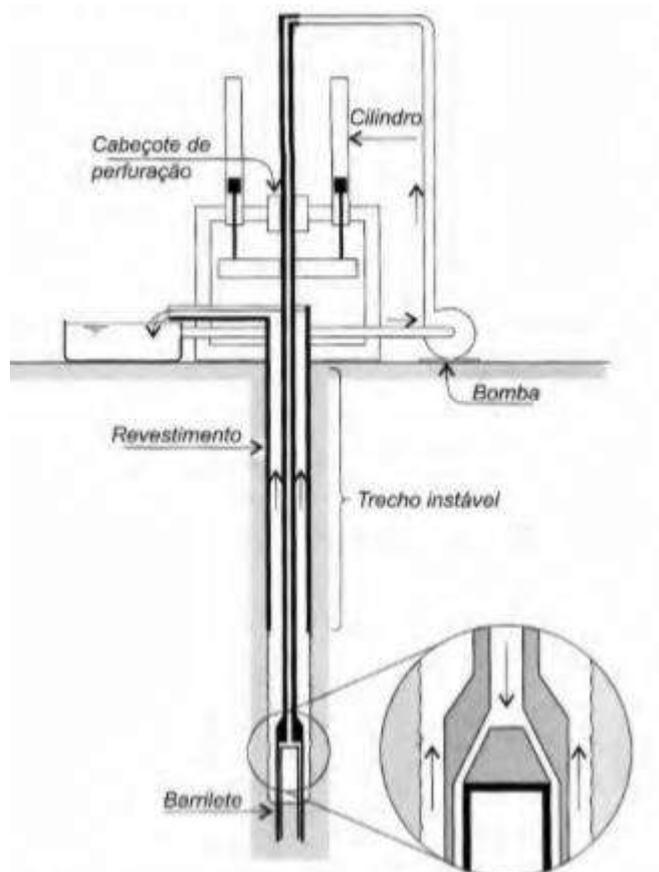
Esta sondagem se faz necessária quando o terreno a ser ultrapassado se torna impenetrável aos métodos anteriores. Este tipo de ensaio é realizado devido à necessidade de investigar a incidência de rochas (matacões), e ainda a distinção quando necessária de cada uma destas rochas.

Conforme Veloso e Lopes, (2012 p.40) a sondagem consiste em girar o cabeçote de rotação e força-las para baixo por um sistema hidráulico, este processo de sondagem rotativa contempla uma ferramenta tubular chamada barrilete que tem em sua ponta inferior uma coroa diamantada ou vídia e através do desgaste da rocha com a circulação da água permite a coleta de testemunhos rochosos.

Nesse modelo é preciso ultrapassar 4 metros na rocha evitando assim a possibilidade de estar assentando uma possível fundação sobre um matacão solto e isolado no solo profundo.

A figura 3 mostra uma ilustração de um equipamento utilizado para sondagem rotativa.

Figura 3 - Exemplo sondagem rotativa



Fonte: Veloso e Lopes (2012, p. 40)

2.4 TIPOS DE FUNDAÇÕES

Existem diversos tipos de fundações para as mais variadas situações. Iremos fazer uma breve citação quanto aos mais corriqueiros tipos de fundação utilizados atualmente, sejam elas superficiais ou profundas.

2.4.1 Fundações Superficiais

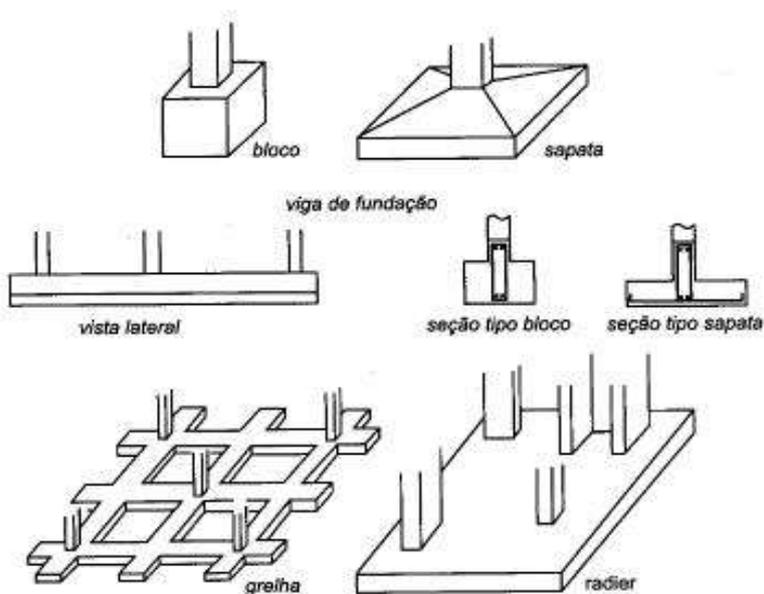
As fundações superficiais são aquelas em que as cargas oriundas das construções serão descarregadas diretamente sobre o solo aparente, sem a necessidade de escavação ou cravação de estacas para atingir uma profundidade maior, entendendo assim que a camada de solo existente já apresenta resistência suficiente para suportar as cargas ali solicitadas.

Essas soluções são as mais baratas e de fácil execução. Podemos classificar as fundações superficiais como:

- Sapata: elemento de fundação de concreto armado, menor que o bloco em altura, possuindo armadura para resistir aos esforços de tração;
- Bloco: elemento de fundação de concreto simples, dimensionado de forma que as tensões de tração nele geradas possam ser resistidas apenas pelo concreto, sem armadura; e,
- Radier: elemento de fundação que se erradia pelo piso da edificação e que receberá todos os pilares da edificação.

A figura 4 demonstra estes tipos de fundações superficiais.

Figura 4 - Tipos de fundações superficiais



Principais tipos de fundações superficiais

Fonte: Hachich (1998, p. 213)

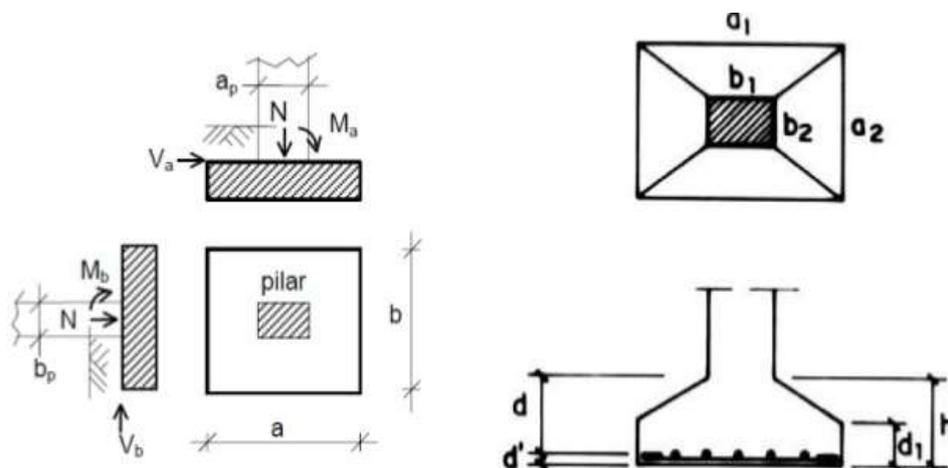
2.4.1.1 Sapata Isolada

Segundo Rabello (2011, p.42) denomina-se sapata isolada uma placa de concreto armado cujas dimensões em planta são da mesma ordem da grandeza. Suas dimensões são determinadas em função das cargas aplicadas sobre os pilares e em consequência da resistência do solo ali encontrado.

As tensões admissíveis do solo tem que resistir às tensões ali aplicadas e distribuídas ao longo das sapatas.

As sapatas podem ser quadradas, retangulares ou circulares. Sua geometria esta relacionada à dimensão do pilar ou a gestão construtiva da edificação. A figura 5 exemplifica uma sapata isolada.

Figura 5 - Modelo de sapata isolada



Fonte: Velloso e Lopes (2004, p. 132)

2.4.1.2 Sapata Excêntrica

Modelo de sapata utilizada quando o carregamento se encontra em divisas de terrenos, querendo desta forma utilizar toda área do lote. Desta forma se faz necessário deslocar o centro de gravidade da sapata para uma de suas extremidades, necessitando assim que a sapata seja excêntrica.

Este modelo caracteriza-se pela distribuição não uniforme das tensões no solo, necessitando de um cálculo elevado de armadura para atender as exigências dos momentos fletores atuante sob a sapata. Estas sapatas podem inclusive surgir tensões negativas nas extremidades das sapatas, em consequências de grandes carregamentos ou grandes excentricidades.

São comumente utilizadas em conjunto com vigas de equilíbrio a fim de equilibrar os esforços dos carregamentos aplicados.

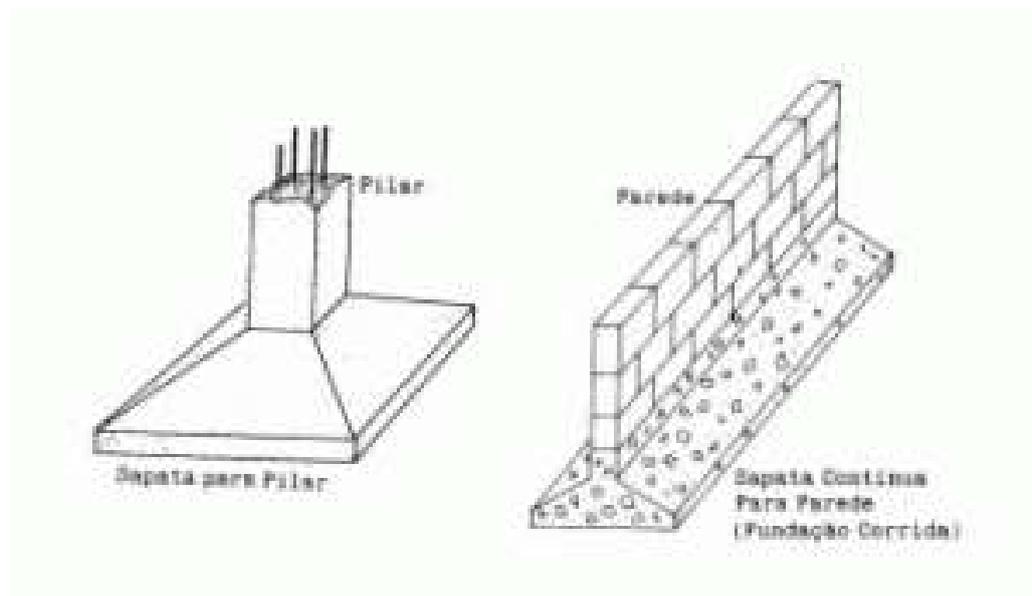
2.4.1.3 Sapata Corrida

Sapata corrida é aquela em que uma das dimensões, neste caso o comprimento, é muito maior que a largura. São modelos de fundações utilizados quando temos cargas distribuídas linearmente ao longo de seu comprimento.

“Para edificações cujas cargas não sejam muito grandes, como residência, pode-se utilizar alvenaria de tijolos. Caso contrário, ou ainda para profundidades maiores do que 1,0m tornam-se mais adequado e econômico o uso de concreto armado.” (MELHADO et al., 2011, p 6.)

Deve-se ter o cuidado de se utilizar este tipo de sapata sobre um solo mais homogêneo, uma vez que em virtude de sua fina espessura pode haver recalques diferenciado ao longo da sapata, que resultarão em fissuras e rachaduras na edificação suportada. A figura 6 demonstra uma sapata corrida.

Figura 6 - Modelo de sapata corrida



Fonte: Melhado et. al (2002 p. 6).

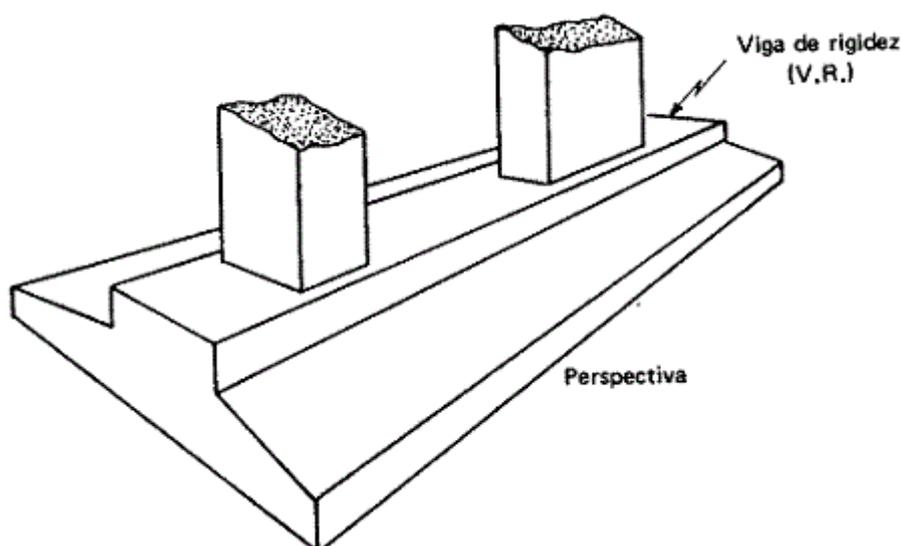
2.4.1.4 Sapata Associada

Segundo Hachich et al. (1996, p. 229), quando dois ou mais pilares estiverem muito próximos ou as cargas estruturais forem elevadas, poderá se ter o risco da sapata não suportar os esforços com a sua tensão admissível, sendo assim,

há necessidade de fazer uma sapata para os pilares, sendo que a sapata será centrada com o centro de gravidade dos pilares e a sua área será calculada de acordo com as cargas dos dois pilares.

Esta solução somente deverá ser utilizada quando não houver a possibilidade de se executar sapatas isoladas em consequência de elevados carregamentos e/ou baixa resistência do solo. A figura 7 demonstra uma sapata associada.

Figura 7 - Sapata Associada



Fonte: Barreiros (2013).

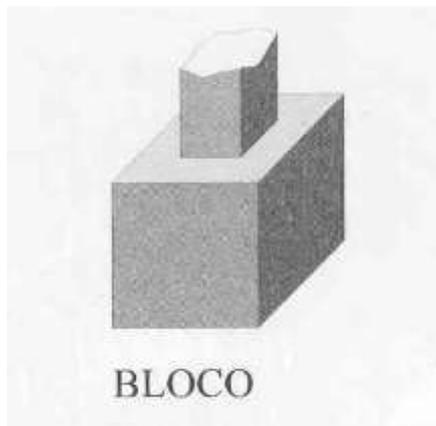
2.4.1.5 Bloco

Blocos de fundação são elementos que devido suas dimensões dispensam armaduras em função do elevado grau de rigidez. As tensões nele aplicadas são totalmente atendidas pelo concreto, não necessitando de armaduras para flexão inferior. Conforme figura 8.

Conforme Hachich et al. (1996, p. 227)

São elementos de apoio construídos de concreto simples e caracterizado por uma altura relativamente grande, necessária para que trabalhem essencialmente à compressão. Normalmente, os blocos assumem a forma de um bloco escalonado, ou pedestal, ou de um tronco de cone. A altura H de um bloco é calculada de tal forma que as tensões de tração atuantes no concreto, possam ser absorvidas pelo mesmo, sem necessidade de armar o piso da base.

Figura 8 - Bloco de fundação direta



Fonte: ECV UFSC

2.4.1.6 Radier

São fundações em que uma única placa de concreto se estende por toda a área da edificação e todos os pilares serão apoiados e distribuídos no solo a partir dele. É uma fundação unificada e pode ser considerada como uma enorme sapata ou laje.

Modelo muito utilizado quando as áreas das sapatas, quando adotadas isoladas, se aproximam uma das outras, transferindo e permitindo muita influencia interna.

Solução muito utilizada quando se quer reduzir os recalques em função da capacidade do solo adjacente. Também considerado um piso com carregamento invertido, onde os esforços estão na base inferior, neste caso, a reação do solo.

O radier é uma excelente solução para edificações populares, uma vez que sua concepção permite utiliza-la de forma a dispensar a execução do contra piso e apoiar as paredes diretamente sobre ele, não exigindo a existência de vigas.

Segundo Rabello (2011, p.67) o seu uso torna-se econômico quando a soma das áreas das sapatas for superior à metade da área da projeção da edificação.

O radier se comporta muito bem em solos com SPT superior a 9.

A figura 9 ilustra um modelo de Radier.

Figura 9 - Radier



Fonte: Velloso e Lopes (2012, p. 12)..

2.4.2 Fundações Profundas

As fundações profundas tendem a atender à necessidade de resistir aos esforços que não são atendidos ao nível do solo. Essas fundações buscam camadas de solos profundas, cujas suas resistências são consideravelmente superiores àquelas encontradas na superfície.

Trata-se de fundações com estacas. E quando falamos de estacas estamos falando de diversos tipos disponíveis no mercado atualmente. Com certa frequência novos tipos de estacas são introduzidos no mercado. Podem ser dos tipos: cravadas ou deslocamento e as escavadas.

Listamos abaixo os principais tipos de estacas, mais comumente utilizadas no Brasil.

2.4.2.1 Estacas de madeira

As estacas de madeira são elementos constituídos de troncos de árvores, retilíneos, com resistência necessária a suportar os esforços da edificação. Possuem tratamento em sua superfície a fim de garantir sua integridade por mais tempo, evitando assim recalques inesperados.

Com o passar dos anos as estacas de madeira caíram em desuso, sendo substituídas por diversos outros tipos, como a pré-fabricada de concreto ou a hélice contínua, porém em casos de construções provisórias ou contenções ainda são bastante empregadas, em virtude de seu custo acessível, fácil execução e abundância de madeira.

Em casos de obras permanentes deve se ter o cuidado de mantê-las sempre dentro d'água, sob o risco de apodrecimento e perda considerável de sua empregabilidade.

Segundo a NBR 6122/2010, as estacas de madeira devem obrigatoriamente atender as seguintes especificações:

- A ponta e o topo devem ter diâmetros maiores que 15 cm e 25 cm respectivamente, em um segmento de reta ligando aos centros das seções de ponta e topo deve estar integralmente no interior da estaca;
- Os topos das estacas devem ser protegidos por amortecedores adequados para minimizar danos durante a cravação. Durante a cravação, se ocorrer algum dano na cabeça da estaca, a parte afetada deve ser cortada. Quando se tiver de penetrar ou atravessar camadas resistentes, as pontas devem ser protegidas por ponteira de aço.

A figura 10 mostra uma estaca de madeira.

Figura 10 - Estacas de madeira



Fonte: Brasil Gerador de preços

2.4.2.2 Estaca pré-moldadas de Concreto

As estacas pré-fabricadas de concreto foram por muito tempo o modelo de estaca mais utilizado no Brasil, por serem de concreto, um material de excelente comportamento junto aos agentes agressivos presentes no solo. São estacas industrializadas que possuem rigoroso controle na produção, armazenamento, cura, transporte e instalação, o que lhe garante um excelente resultado.

De acordo com Veloso e Lopes (2012, p. 197) as estacas pré-moldadas são desenvolvidas em fabricas de elementos pré-moldados e podem ser classificadas quanto à forma de confecção em: concreto vibrado, centrifugado e extrusão e em relação à armadura, podem ser armados ou protendidas.

Podem ser de seções quadradas (ver Figura 11) ou circulares, vazadas ou maciças. Possuem resistências bastante variadas e de acordo com cada fabricante. Deve-se atentar as emendas, ou capuz, que são normalmente metálicos e que se não executados de forma correta acabam por soltar durante a cravação prejudicando o resultado do estaqueamento, e também ao seu transporte e içamento, uma vez que estas estacas não possuem armaduras suficientes para suportes excessivos esforços.

As estacas pré-fabricadas de concreto podem ser cravadas por prensagem, vibração ou percussão. O processo de prensagem evita barulho e vibração e no processo de percussão o martelo cai sobre a estaca cravando-a no solo.

Figura 11 - Estaca pré-moldada de concreto



Fonte: Brasil Gerador de preços

2.4.2.3 Estacas metálicas

As estacas metálicas estão disponíveis no mercado de diversas seções. São perfis laminados ou soldados, tubos, perfis “I”, “T”, “H”, trilhos entre outros, conforme Figura 12.

Por serem perfis fabricados podem possuir diversas bitolas o que possibilita atender a inúmeras situações. Os tipos de aço mais utilizado seguem os padrões do ASTM A36 e A575.

São utilizadas, principalmente, em situações em que o uso de estacas de concreto não é adequado ou devido a situações particulares da obra. (RABELLO, 2011, p. 90).

São estacas de fácil manuseio, cortes e emendas, transporte, cravação e possui elevada resistência.

Devida a sua elevada resistência e desenho do perfil consegue atingir camadas mais profundas elevando sua capacidade de suporte.

Os seus maiores problemas são o seu custo elevado, por se tratar de aço, e sua corrosão quando não considerado o tratamento. A NBR 6122 exige que seja considerada uma espessura de sacrifício das estacas metálicas quando totalmente enterradas.

Figura 12 - Estacas metálicas



Fonte: Brasil Gerador de preços

2.4.2.4 Estacas tubulão

Tubulão é um elemento de fundação profunda, escavado no terreno em que, pelo menos na sua etapa final, há descida de pessoas, que se faz necessária para executar o alargamento de base ou pelo menos a limpeza do fundo da escavação, uma vez que neste tipo de fundação as cargas são transmitidas preponderantemente pela ponta (ABNT, 2010).

Durante a execução do tubulão pode ser necessário o uso ou não de revestimento e, dependendo do caso, pode ser necessário o uso de ar comprimido, segregando a técnica em dois tipos:

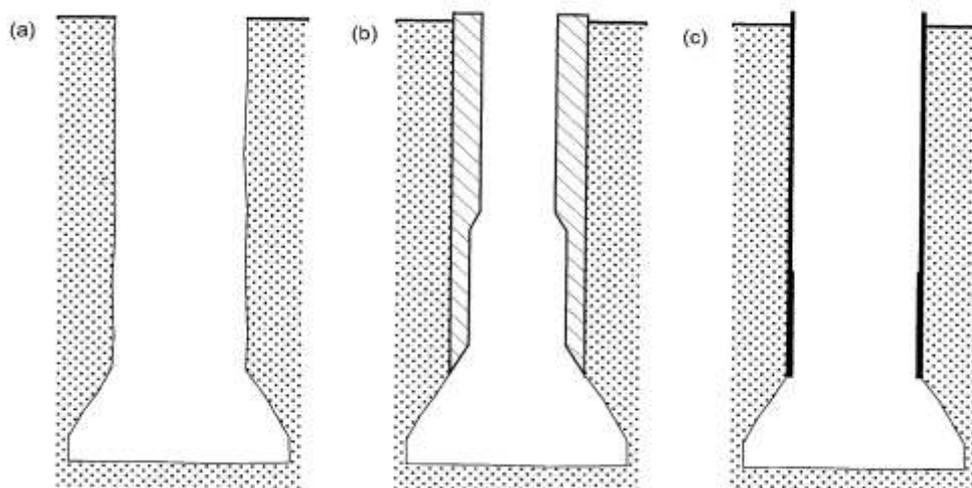
- Tubulões a céu aberto (sem ar comprimido): limitado a solos coesivos e/ou acima do nível d'água em que o solo se apresente estável;
- Tubulões a ar comprimido (tubulão pneumático): viabilizado com a presença de revestimento de concreto ou metálico. É adotado em casos em que existe a presença de água e/ou risco de desmoronamento.

A norma vigente estabelece que durante a sequencia executiva é necessária a inspeção do material de base pelo engenheiro, que comprovará a capacidade suporte do material in loco pra autorizar a concretagem. A NBR 6122:2010 também destaca a importância do cumprimento dos pré-requisitos para trabalhos em ambiente sob ar comprimido da NR 18 nos casos de tubulões pneumáticos.

É importante lembrar que devido à presença de operários no processo executivo o diâmetro mínimo do fuste deve ser 80 cm.

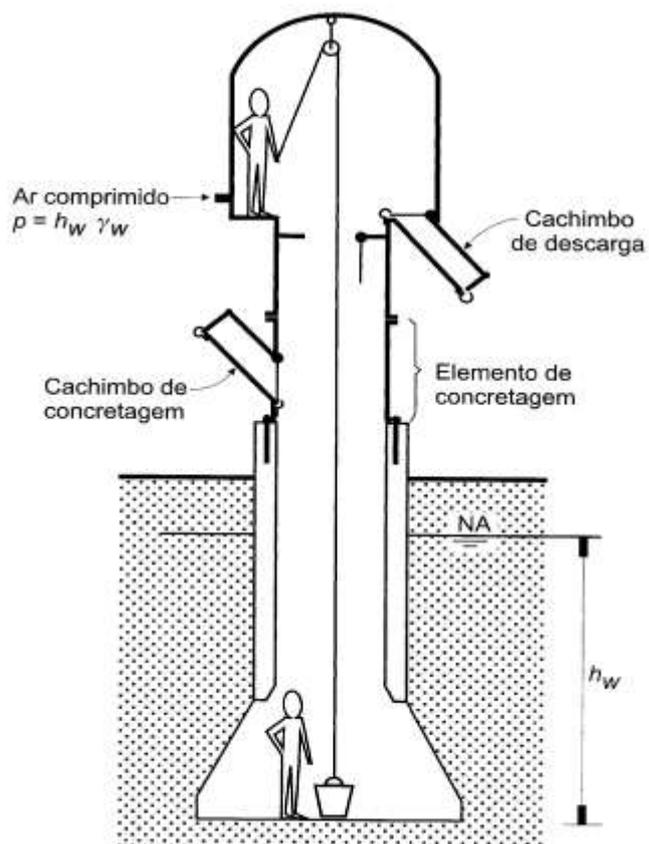
A Figura 13 e a Figura 14 apresentam diferentes perfis de tubulões.

Figura 13 - (a) Tubulão sem revestimento, (b) Tubulão com revestimento de concreto, (c) Tubulão com revestimento metálico.



Fonte: Velloso & Lopes (2010)

Figura 14 - Tubulão pneumático



Fonte: Velloso & Lopes (2010)

2.4.2.5 Estacas Raiz

A estaca Raiz é um tipo de fundação profunda que se enquadra nas estacas escavadas injetadas.

Como características gerais, segundo a NBR 6122 (ABNT, 2010, p.74):

A estaca raiz é uma estaca moldada in loco, em que a perfuração é revestida integralmente, em solo, por meio de segmentos de tubos metálicos (revestimento) que vão sendo rosqueados à medida que a perfuração é executada. O revestimento é recuperado. A estaca raiz é armada em todo seu comprimento e a perfuração é preenchida por uma argamassa de cimento e areia.

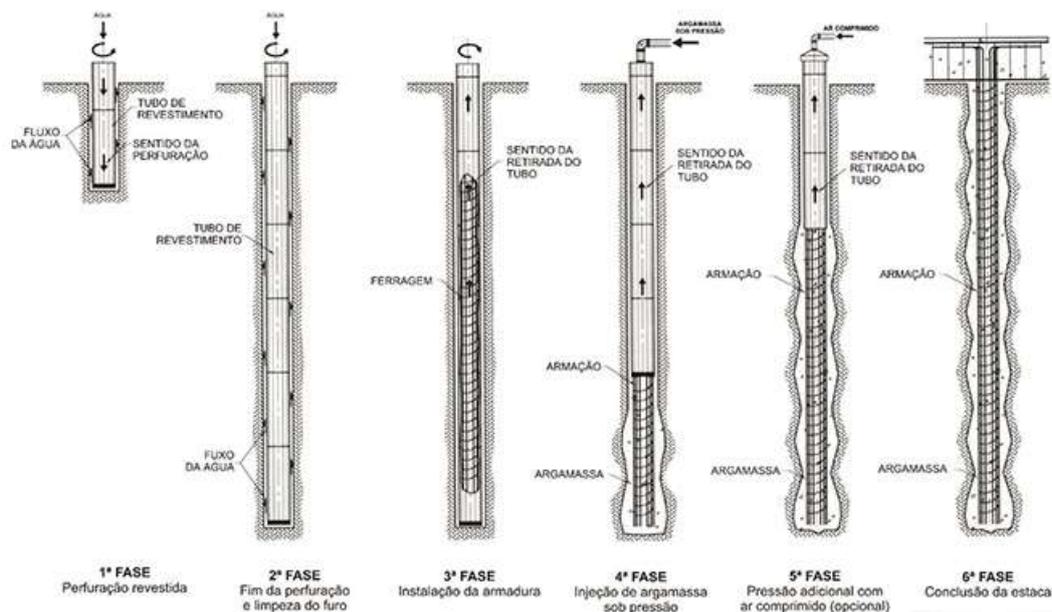
Segundo a NBR 6122 (2010, p. 74), é uma estaca moldada in loco, com perfuração rotativa ou retrospectiva e revestida integralmente com o uso de circulação direta de água injetada no seu interior, seu revestimento na sua maioria é recuperável.

Após a perfuração se procede com a colocação da armadura e em seguida com a injeção de argamassa, finalizando com a pressurização do material para garantir o total preenchimento dos possíveis vazios gerados no interior da estaca.

Na sua origem esse tipo de fundação era usado em contenção de encostas, seguido de reforços e fundações comuns em hoje dia. A estaca raiz tem suas próprias peculiaridades que são a sua perfuração em rocha e em terrenos de alta resistência, não produzem vibrações, equipamento de pequeno porte e podem ser executadas verticalmente ou em qualquer outra inclinação. (VELOSO; LOPES, 2012, p. 224).

A figura 15 apresenta o processo executivo.

Figura 15 - Processo executivo estaca Raiz



Fonte: ESTE Geotecnia e Fundações

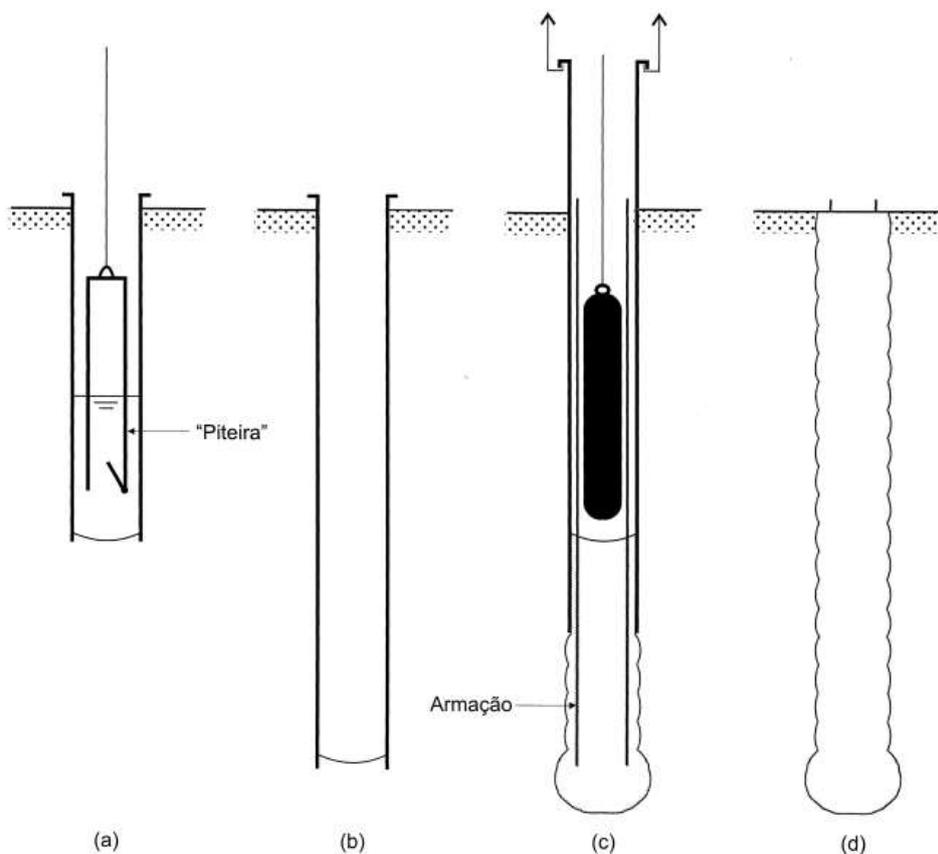
2.4.2.6 Estacas Strauss

A estaca Strauss é executada mecanicamente com furo geralmente revestido. Sua escavação é efetuada com um equipamento denominado Balde Strauss. Sua perfuração é executada através da queda livre da piteira com a utilização de água. Atingida a profundidade do projeto, o furo é limpo e concretado um pouco acima da cota de projeto, para permitir o arrasamento. (REBELLO, 2011, p. 73).

Estaca executada por perfuração do solo com uma sonda ou piteira e revestimento total com camisa metálica, realizando-se o lançamento do concreto e a retirada gradativa do revestimento com simultâneo apiloamento do concreto (ABNT, 2010).

A Figura 16 ilustra a sequência executiva deste método.

Figura 16 - Execução de estaca tipo Strauss: (a) escavação, (b) limpeza do furo, (c) concretagem após a colocação da armadura, (d) estaca pronta.



Fonte: Velloso & Lopes (2010)

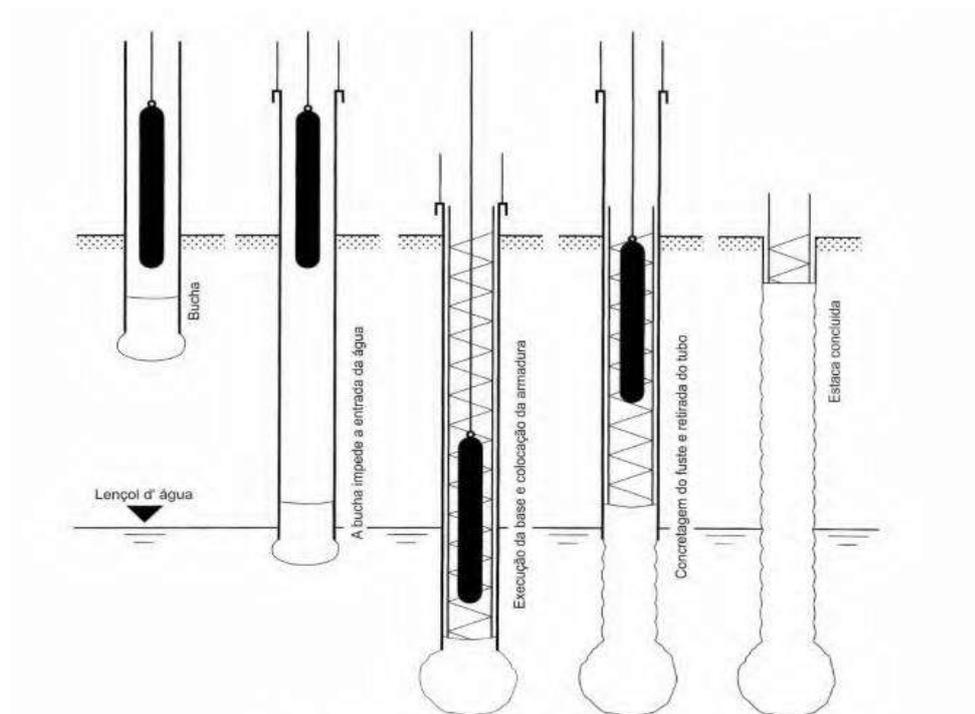
2.4.2.7 Estacas Franki

Executada através da cravação de um tubo, com golpes de um pilão em uma bucha seca de pedra e areia aderida ao tubo. (NBR 6122, 2010)

Estaca com grande capacidade de carga e elevada vibração, durante sua execução, uma mistura de areia com brita é colocado na ponta inferior do tubo metálico e socado com um pilão, sendo assim, recomenda-se um terreno de maior resistência. Quando sua armadura for inserida, o concreto é lançado e o tubo removido (MOREIRA, 2013).

A Figura 17 mostra a execução da Estaca Franki.

Figura 17 - Execução estaca Franki



Fonte: Velloso e Lopes (2012, p. 207).

2.4.2.8 Estacas Hélice Contínua Monitorada

É uma estaca de concreto moldada in loco, executada por meio de trado contínuo e injeção de concreto, sob pressão controlada, através da haste central do trado simultaneamente a sua retirada (HACHICH et. al, 1998).

É o método mais difundido para fundações de edifícios no Brasil devido a suas vantagens: pouca emissão de ruídos e vibrações, alta produtividade, controle e monitoramento automatizado de cada elemento de executado, diversas opções de diâmetros (podendo ultrapassar 1000 mm), pode superar os 30 metros de profundidade e execução viável abaixo do nível d'água.

Por outro lado é importante lembrar que a EHCM não atravessa elementos rochosos e tem movimentação limitada devido à robustez do equipamento.

A execução da Hélice Contínua pode ser dividida em três etapas principais, sendo elas:

- Perfuração;
- Concretagem; e,
- Colocação da armadura.

2.4.2.8.1 Perfuração

O equipamento normalmente empregado para cravar a hélice no terreno é constituída por uma torre metálica, de altura apropriada a profundidade da estaca; mesa rotativa de acionamento hidráulico com torque apropriado ao diâmetro e profundidade da estaca a ser executada, e guincho compatível com os esforços de arrancamentos necessários, conforme figura 18.

A perfuração consiste na cravação da hélice no terreno até a profundidade citada no projeto e com torque apropriado. A haste é composta por uma hélice espiral desenvolvida em torno de um tubo central solidarizado na hélice e com dentes na sua extremidade. Quando o terreno é mais resistente, pode-se substituí-los por ponteira de vídia. Essa haste é responsável pela retirada do solo, pois fica confinado nela.

Na parte inferior do trado há uma tampa metálica, na qual a maioria das vezes é recuperável. A mesma serve para não deixar o solo entrar no tubo, sendo solta após o início da concretagem pela pressão causada pelo concreto.

Na fase de perfuração, a força vertical atuante que é aplicado no solo é o peso próprio da máquina.

De acordo com Almeida Neto (2002, p. 12):

A perfuração contínua sem a retirada da hélice do furo garante a principal característica da estaca hélice contínua que é a de não permitir alívio significativo do terreno, tornando possível a sua execução tanto em solos coesivos quanto em arenosos, na presença ou não de lençol freático. Esta característica da estaca também permite a sua execução em terrenos bem resistentes com valores de SPT acima de 50.

Figura 18 - Perfuração com Equipamento pesado



Fonte: do autor

2.4.2.8.2 Concretagem

Depois de atingida a profundidade desejada do projeto das estacas, inicia-se o processo de concretagem. A tampa metálica é expulsa pela pressão, sendo na maioria das vezes recuperável através do tubo central, preenchendo a cavidade deixada pela hélice que é extraída girando lentamente (solos arenosos) ou não. A velocidade de extração do trado está diretamente relacionada com o seu sobre consumo e pressão, de forma que não haja vazios ou possíveis estrangulamentos nas estacas (HACHICH et al. 1998 apud ANTUNES; TAROZZO; 1997).

O concreto tem que ter resistência característica mínima de 20 MPa, composto por areia e pedriscos. Consumo de cimento fica em torno de 400 a 450 kg/m³, fator água e cimento é geralmente em torno de 0,53 a 0,56 e Slump 22 cm +/- 2 cm (NBR 6122; 2010).

É de suma importância o controle do sobre consumo de concreto a fim de garantir a integridade da estaca. Também é muito importante a limpeza do topo da estaca, conforme figura 19, para a colocação da armadura. Grande parte das patologias existentes nas estacas do tipo hélice continua ocorrem pelo surgimento de vazios quando não controlado o sobre consumo ou a má limpeza no topo, deixando neste último cair material que não concreto para o interior da mesma. A figura 16 apresenta a limpeza de uma estaca.

Figura 19 - Limpeza do topo da estaca



Fonte: do autor

2.4.2.8.3 Colocação da Armadura

A armadura é dimensionada em forma de gaiola e colocada imediatamente após o término da concretagem. Ela é mergulhada no concreto por gravidade (RABELLO; 2011, p. 77), conforme figura 20.

A armação deve ter peso e rigidez compatível com seu comprimento e as cargas solicitadas, além de espaçadores do tipo rolete. Sua extremidade inferior deve ser levemente afunilada, para evitar a sua deformação.

As estacas submetidas à compressão geralmente não necessitam ser armadas, somente se passar de uma tensão de 6 Mpa, mas a norma preconiza um mínimo de comprimento, que no caso da (HCM) é de 4 metros, podendo ser maior no caso de solicitações como tração, esforços horizontais e momentos fletores e as

vezes quando for solicitado, a armadura poderá preencher toda estaca (NBR 6122; 2010).

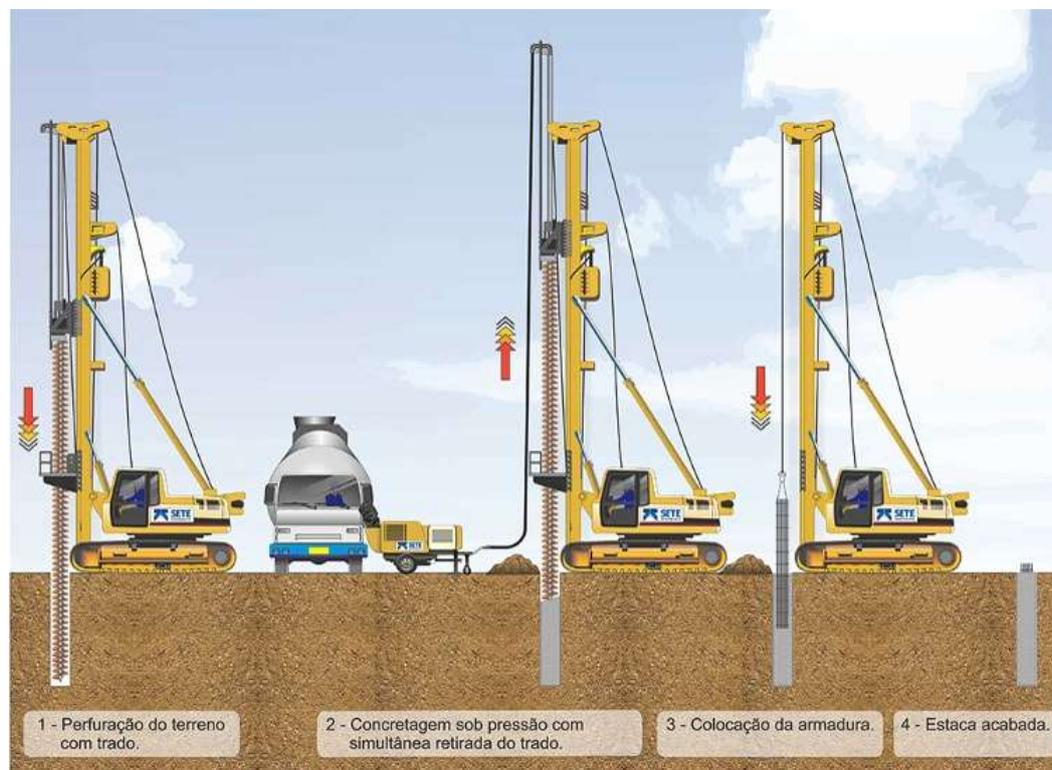
Figura 20 - Colocação da armadura



Fonte: Do autor

A Figura 21 ilustra o processo executivo.

Figura 21 - Sequência executiva de uma estaca tipo hélice contínua: perfuração, concretagem e instalação da armadura.



Fonte: SETE Engenharia (2018)

Sua difusão se dá a partir dos anos 80, sendo hoje o modelo mais utilizado para obras no Brasil.

Possui processo construtivo controlado eletronicamente. Os equipamentos utilizados caracterizam-se por conter diversos sensores capazes de fornecer várias informações importantes à execução e controle da estaca.

São sensores que medem profundidade, rotação, torque, volume de concreto, velocidade de cravação e extração, inclinação verticalizada da torre durante a execução da estaca, além de funcionamento do equipamento motriz.

De acordo com Rebello (2011, p.77).

A sua execução é monitorada eletronicamente, podendo-se a qualquer instante obter informações a respeito da inclinação da haste, da profundidade de perfuração, do torque e velocidade de rotação da hélice, da pressão de bombeamento do concreto, como também do consumo e perdas do concreto.

3 ESTUDO DE CASO

3.1 DADOS ANALISADOS

Objetivando obter uma relação entre os números de golpes SPT e o torque gerado pelo equipamento de fundação Hélice Continua Monitorada faz-se necessário entender o que é torque.

Em Mundo Educação (2018), a grandeza física associada ao movimento de rotação de um determinado corpo em razão da ação de uma força é denominada torque, ou seja, o torque é definido como o produto da força F aplicada em relação a um determinado ponto (polo) pela distância que separa o ponto de aplicação dessa força ao ponto (polo). A figura 22 representa o esquema de torque.

Figura 22 - Representação de Torque



Fonte: Mundo Educação

A alavanca será rotacionada em virtude da aplicação da força F .

No equipamento de HCM existem sensores espalhados pelo corpo da perfuratriz designados a medirem diversos parâmetros durante a execução da estaca conforme já foram apresentados anteriormente. Um deles é o torque.

O torque é medido por um transdutor de pressão que está instalado na tubulação do sistema hidráulico do motor da mesa de rotação. A pressão medida deve ser correlacionada ao torque aplicado na haste do trado através de um gráfico fornecido pelo fabricante do equipamento, conforme Figura 24.

É necessário interpretar esses dados de maneira rápida e objetiva, com base nas premissas de cálculo e projeto, interferindo imediatamente caso as mesmas não sejam verificadas no momento da execução.

O equipamento HCM utilizado neste trabalho, em ambas as obras, fora o CZM EM800/30, apresentado na figura 23. Uma perfuratriz da marca CZM, fabricada no Brasil, em Minas Gerais. Todos seus implementos são de fabricação própria.

Figura 23 - Perfuratriz CZM EM800/30

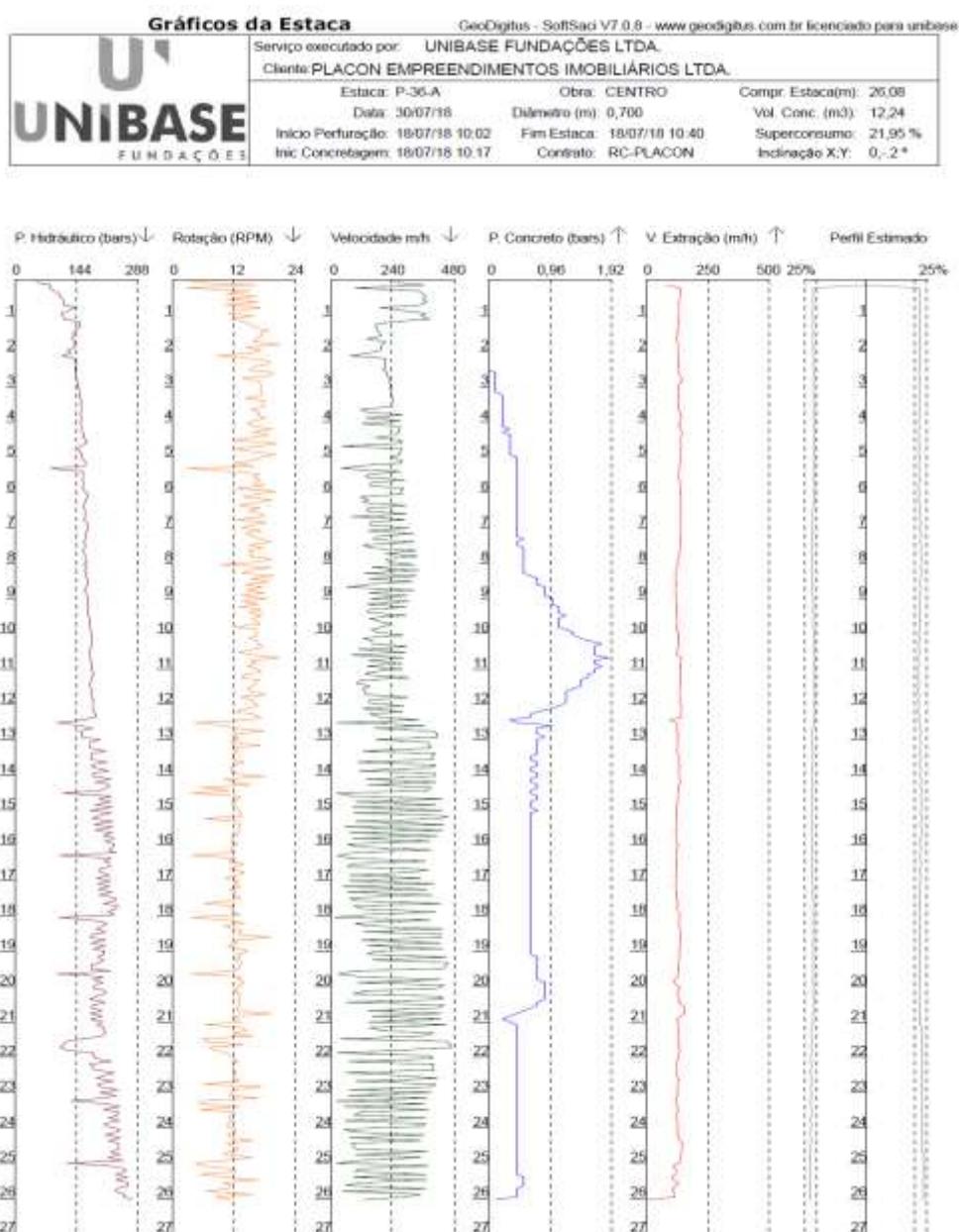


Fonte: CZM

Os equipamentos de medição utilizados para a obtenção dos dados de torque e profundidades, além dos demais que não foram utilizados neste trabalho, foi o Saci. Estes equipamentos (Sensores e computadores) possui um software muito utilizado no campo de fundações do tipo Hélice Contínua: o SoftSaci.

É através deste software que se extrai todas as informações necessárias para a elaboração de uma planilha contendo todos os resultados, metro a metro, do torque obtido e, mais ao final, um relatório gráfico apresentado o resumo de todas as informações extraídas, conforme figura 24.

Figura 24 - Relatório de dados extraídos da Estaca



Fonte: Do autor.

As obras a serem estudadas são duas construções em Florianópolis com solos bem distintos e homogêneos.

Trata-se de uma obra no centro da cidade com solo predominantemente argiloso e outra no bairro Campeche com solo predominantemente arenoso.

Ambas possuem sondagens de fontes reconhecidas no mercado regional como confiáveis e de excelente qualidade.

3.2 OBRA 1 – CONSTRUTORA PLACON – CENTRO DE FLORIANÓPOLIS

A primeira obra estudada esta sendo construída no centro de Florianópolis e esta localizada na Rua Hermínio Jacques, sob a responsabilidade da Placon Empreendimentos Imobiliários.

Trata-se de um edifício de 12 pavimentos com 2 subsolos. São apartamento de 2 e 3 dormitórios com previsão de entrega para 2020.

O empreendimento compreende de um Espaço Gourmet, Espaço Fitness além de um excelente Terraço Spa. A figura 25 ilustra este empreendimento.

Figura 25 - Perspectiva do Empreendimento Hermínio Jacques



Fonte: site da construtora

3.2.1 Dados da Obra 1 para Análise

As informações recebidas para a análise de correlação da referida obra foram os relatórios de sondagem SPT, o projeto de fundação com a posição das estacas no terreno e os valores de torque metro a metro de cada estaca.

A sondagem da obra foi elaborada pela empresa Brasecol Engenharia e Fundações, fonte reconhecidamente confiável na região. Trata-se de um estudo de terreno composto por 2 furos de sondagem, conforme mostra o croqui disposto no Anexo 2 apresentado ao final deste trabalho.

Analisando a sondagem elaborada pela Brasecol pode-se verificar que se trata de um solo argiloso, em alguns momentos misturados com silte e em outros com material arenoso.

Com base nesse relatório e de acordo com o Projeto de Fundação, Anexo 3, analisaram-se as estacas mais próximas aos furos de sondagem, que são respectivamente as estacas P17 e P18 referentes ao SPT1 (Anexo 4 e 5) e a estaca P46 referente ao SPT5 (Anexo 6 e 7).

Através dos relatórios gerados pelo equipamento foram levantados os torques de cada estaca, ao longo da profundidade. Este parâmetro é gravado a cada 8 cm de perfuração, gerando desta forma 12 valores para cada estaca por metro. Para facilitar o entendimento e as variações no torque, os dados foram separados a cada metro, variando até a profundidade final de escavação, gerando uma planilha conforme a Tabela 6, para as estacas próximas ao SPT1 e a Tabela 8 para as estacas próximas ao SPT2.

Tabela 6 – Torques obtidos nas estacas próximas ao SPT1

ANÁLISE SPT 1					
PROFUNDIDADE (m)	Torque medido (Bar)				
	P17-A	P17-B	P18-A	P18-B	P18-C
1	69	80	65	87	73
2	157	126	143	138	142
3	177	145	138	157	145
4	149	166	165	171	143
5	163	164	174	155	168
6	170	179	175	185	168
7	180	185	182	147	187
8	175	165	177	161	163

9	186	184	198	158	167
10	191	173	167	166	174
11	189	177	186	175	166
12	178	186	189	186	169
13	189	185	187	197	154
14	184	195	189	164	173
15	179	194	181	180	165
16	191	184	184	173	175
17	192	195	189	178	179
18	187	170	191	178	190
19	198	202	181	174	188
20	195	198	184	174	186
21	203	226	195	164	187
22	213	184	194	177	179
23	212	181	200	190	194
24	219	195	206	210	193
25	220	207	231	213	196
26	249	207			

Fonte: do autor

A partir da tabela 6 foi elaborada uma nova tabela e um gráfico com a média aritmética dos dados obtidos a fim de generalizar e tentar obter alguma relação aproximada destes dados. Observe os resultados na tabela 7 e no gráfico da figura 26.

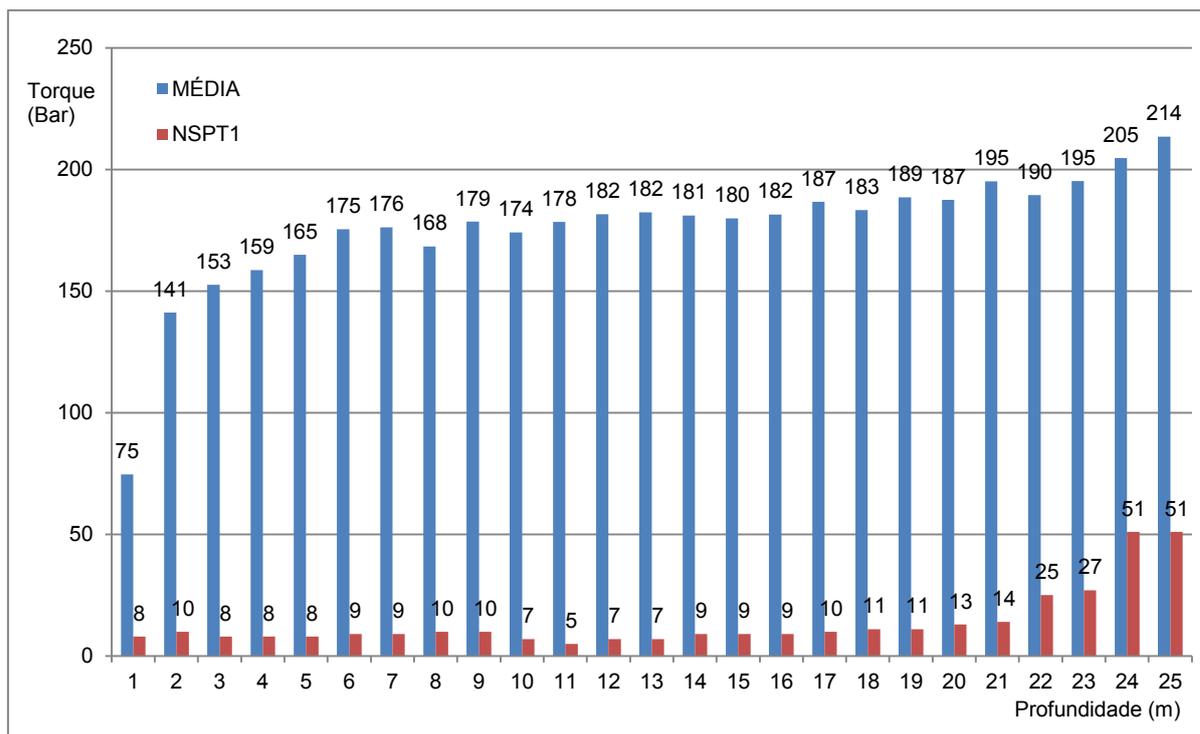
Tabela 7 - Média Aritmética dos dados da Tabela 6

SPT 1			
PROFUNDIDADE (m)	DESVIO PADRÃO (unid)	MÉDIA TORQUE (Bar)	NSPT1
1	8,9	75	8
2	11,2	141	10
3	15,4	153	8
4	11,8	159	8
5	7,0	165	8
6	7,0	175	9
7	16,3	176	9
8	7,3	168	10
9	15,9	179	10
10	10,0	174	7
11	9,3	178	5
12	8,1	182	7
13	16,3	182	7

14	12,5	181	9
15	10,4	180	9
16	7,2	182	9
17	7,4	187	10
18	9,1	183	11
19	11,8	189	11
20	9,5	187	13
21	22,5	195	14
22	14,9	190	25
23	11,8	195	27
24	10,7	205	51
25	13,2	214	51
26		228	
Média Desvio Padrão		11,4	

Fonte: do autor

Figura 26 - Gráfico com Torques médios e Nspt 1



Fonte: do autor

Tabela 8 - Torques obtidos nas estacas próximas ao SPT5

ANALISE SPT 5		
PROFUNDIDADE (m)	Torque Medido (Bar)	
	P46-A	P46-B
1	67	85
2	167	117
3	191	137
4	183	145
5	168	134
6	169	162
7	163	178
8	181	173
9	177	185
10	186	170
11	172	187
12	175	172
13	179	183
14	188	175
15	195	189
16	198	191
17	196	196
18	202	187
19	196	206
20	210	198
21	207	203
22	206	196
23	204	203
24	201	202
25	211	221
26	203	227

Fonte: do autor

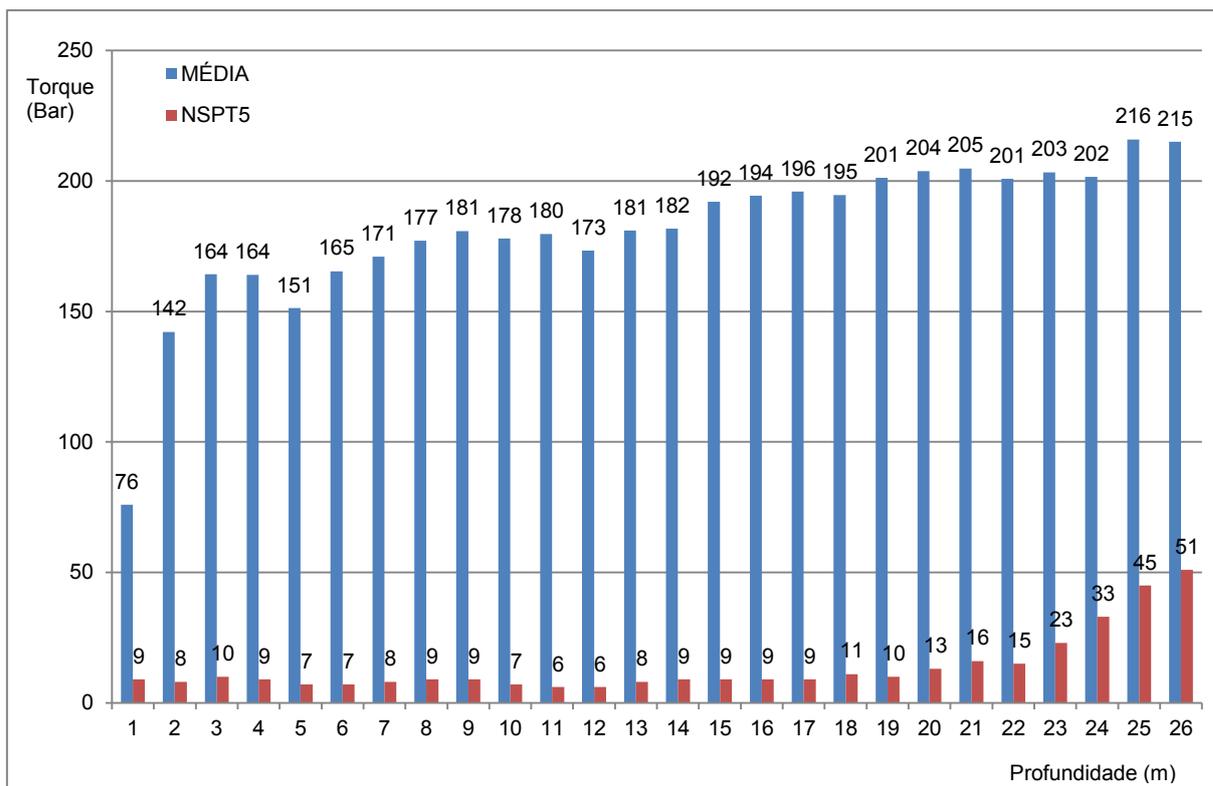
E a partir da tabela 8 foi elaborada outra tabela e gráfico com a média aritmética dos dados obtidos a fim de generalizar e tentar obter alguma relação aproximada destes dados. Observe os resultados na tabela 9 e no gráfico da figura 27.

Tabela 9 - Media Aritmética dos dados da Tabela 9

SPT 5			
PROFUNIDADE (m)	DESVIO PADRÃO (unid.)	MÉDIA TORQUE (Bar)	NSPT5
1	13	76	9
2	36	142	8
3	38	164	10
4	26	164	9
5	24	151	7
6	5	165	7
7	11	171	8
8	5	177	9
9	6	181	9
10	12	178	7
11	11	180	6
12	2	173	6
13	3	181	8
14	9	182	9
15	4	192	9
16	5	194	9
17	0	196	9
18	10	195	11
19	7	201	10
20	9	204	13
21	3	205	16
22	7	201	15
23	1	203	23
24	1	202	33
25	7	216	45
26	18	215	51
Média Desvio Padrão	10,5		

Fonte: do autor

Figura 27 – Gráfico com Torques médios e Nspt 5



Fonte: do autor

3.3 OBRA 2 – CONSTRUTORA GAMADELTA – CAMPECHE

A segunda obra a ser analisada é uma estrutura de concreto pré-moldado construído no bairro Campeche.

Construído pela Mattera Engenharia, o empreendimento da Administradora de Bens Gama Delta chama-se Costa Leste e está situado na Avenida Pequeno Príncipe. A obra será um edifício comercial composto por 2 blocos de 2 pavimentos, sendo divididos em salas comerciais e empresariais, contendo um total de 2.800 m². O bloco a ser analisado será o bloco dos fundos, também chamado de bloco B.

Figura 28 - Perspectiva do empreendimento



Fonte: Gama Delta Administradora de Bens

3.3.1 Dados da Obra 2 para Análise

Analogamente a Obra 1, as informações recebidas para a análise da correlação da referida obra 2 foram os relatórios de sondagem SPT, o projeto de fundação com a posição das estacas no terreno e os valores de torque metro a metro de cada estaca.

Assim como na Obra 1, a sondagem da obra 2 também foi elaborada pela empresa Brasecol Engenharia e Fundações, fonte reconhecidamente confiável na região. Trata-se de um estudo de terreno composto por 4 furos de sondagem conforme mostra o croqui, disposto no Anexo 4, apresentado ao final deste trabalho. Os furos de sondagens a serem abordados neste trabalho serão o SPT3 (Anexo 8) e o SPT 4 (Anexo 9), ambos alocados no Bloco B.

Analisando a sondagem elaborada pela Brasecol pode-se verificar que se trata de um solo arenoso, de granulometria fina e com pouca mistura siltosa.

Com base nesse relatório e de acordo com o Projeto de Fundação, Anexo 5, analisaram-se as estacas mais próximas aos furos de sondagem, que são respectivamente as estacas P25 referente ao SPT3 e a estaca P17 referente ao SPT4.

O mesmo procedimento de levantamento e análise dos dados gerados se fez para esta obra, analisando os relatórios gerados pelo equipamento, os torques de cada estaca, ao longo da profundidade. Este parâmetro também é gravado a cada 8 cm de perfuração, gerando desta forma 12 valores para cada estaca por metro perfurado. Para facilitar o entendimento e as variações no torque, os dados foram separados a cada metro, variando até a profundidade final de escavação, gerando uma planilha conforme a Tabela 11, para o SPT3 e Tabela 13 para o SPT4.

Tabela 10 - Torques obtidos nas estacas próximas ao SPT3

ANÁLISE SPT 3		
PROFUNDIDADE (m)	Torque Medido (Bar)	
	P25-A	P25-B
1	80	50
2	97	71
3	95	72
4	105	88
5	117	105
6	109	87
7	118	82
8	112	88
9	114	81
10	127	81
11	109	84
12	131	83
13	117	91
14	118	100
15	108	100
16	111	113
17	134	124
18		

Fonte : do autor

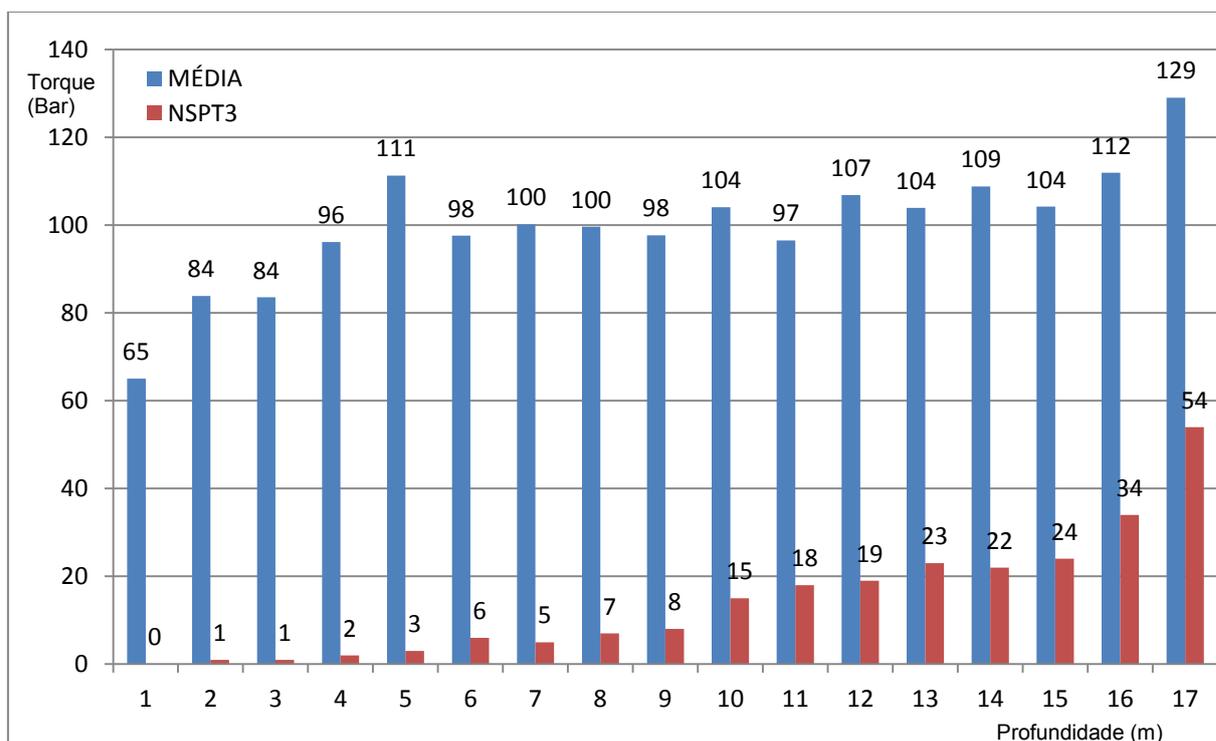
A partir da tabela 10 foi elaborada uma nova tabela e gráfico com a média aritmética dos dados obtidos a fim de generalizar e tentar obter alguma relação aproximada destes dados. Observe os resultados na tabela 11 e nos gráfico da figura 29.

Tabela 11 - Média Aritmética dos dados da Tabela 11

SPT 3			
PROFUNDIDADE (m)	DESVIO PADRÃO (unid.)	MÉDIA TORQUE (Bar)	NSPT3
1	15	65	0
2	13	84	1
3	11	84	1
4	9	96	2
5	6	111	3
6	11	98	6
7	18	100	5
8	12	100	7
9	17	98	8
10	23	104	15
11	13	97	18
12	24	107	19
13	13	104	23
14	9	109	22
15	4	104	24
16	1	112	34
17	5	129	54

Fonte: do autor

Figura 29 - Gráfico com Torques médios e Nspt 3



Fonte: do autor

Tabela 12 - Torques obtidos nas estacas próximas ao SPT4

ANALISE SPT 4			
PROFUNDIDADE (m)	Torque Medido (Bar)		
	P17-A	P17-B	P17-C
1	59	55	27
2	78	75	52
3	79	83	80
4	107	93	80
5	102	107	83
6	112	100	82
7	109	100	74
8	115	102	68
9	127	108	71
10	109	103	75
11	101	101	77
12	113	108	75
13	103	103	76
14	124	119	96
15	138	119	95
16	138	136	100
17	138	119	88
18	120	119	94
19	160	109	101

Fonte: do autor

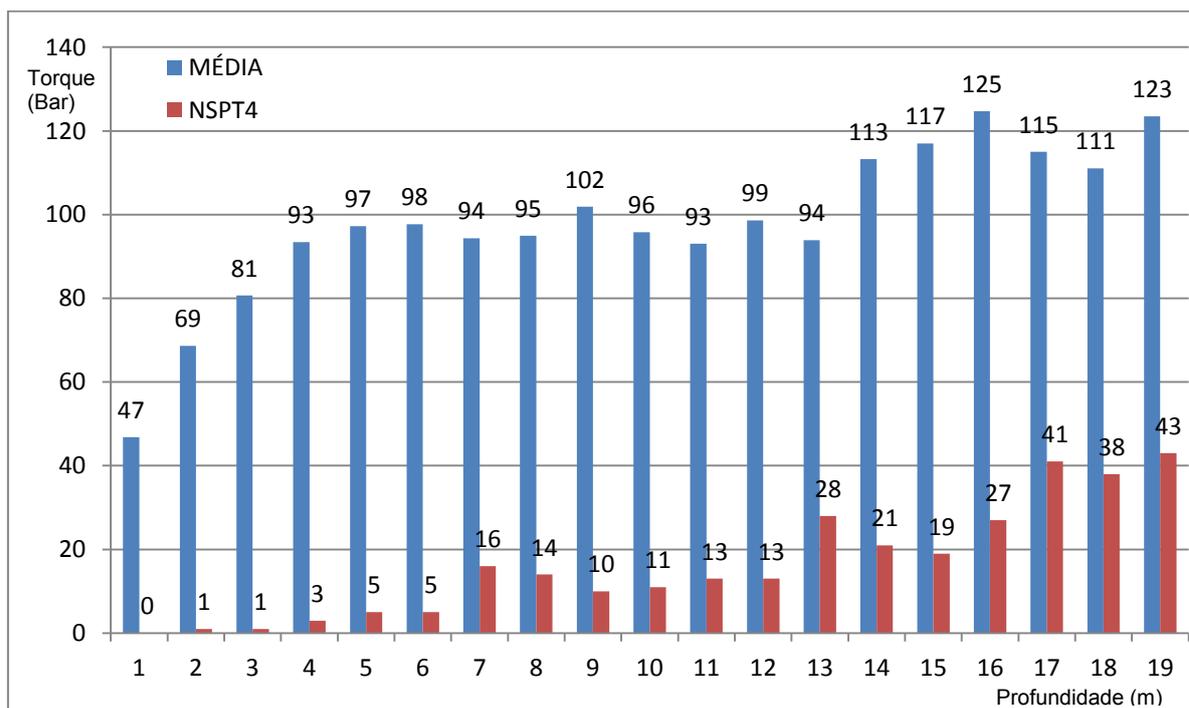
Tabela 13 - Média Aritmética dos dados da Tabela 13

SPT 4			
PROFUNDIDADE (m)	DESVIO PADRÃO (unid.)	MÉDIA TORQUE (Bar)	NSPT4
1	14	47	0
2	11	69	1
3	2	81	1
4	9	93	3
5	10	97	5
6	11	98	5
7	13	94	16
8	18	95	14
9	21	102	10
10	14	96	11
11	11	93	13
12	16	99	13
13	12	94	28
14	11	113	21

15	15	117	19
16	16	125	27
17	18	115	41
18	11	111	38
19	25	123	43

Fonte: do autor

Figura 30 - Gráfico com Torques médios e Nspt 4



Fonte: do autor

Podemos a partir dos dados apresentados nas tabelas acima estabelecer uma relação entre os dois valores: torque e Nspt. Considerando os valores obtidos nas tabelas 7, 9, 11 e 13, e analisando os gráficos das figuras 26, 27, 29 e 30, podemos elaborar uma nova tabela contendo novas médias, agora as correlacionando com os dados da tabela 5 deste trabalho e que faz parte da NBR 6484/2001.

Esses dados nos apresentam valores aproximados do que poderia ser uma relação entre as duas grandezas considerando para cada uma destas tabelas o respectivo solo. Observem as tabelas 14 e 15 a seguir.

Tabela 14 - Correlação entre Torque e Nspt (Argila)

TIPO DE SOLO	NÚMERO DE GOLPES (SPT)	TORQUES (Bar)
Argila	0 a 2	-
	3 a 5	-
	6 a 10	174
	11 a 19	195
	> 19	>208

Fonte: do autor

Tabela 15 - Correlação entre Torque e Nspt (Areia)

TIPO DE SOLO	NÚMERO DE GOLPES (SPT)	TORQUE (Bar)
Areia e Silte	0 a 4	88
	5 a 8	98
	9 a 18	100
	19 a 40	113

Fonte: do autor

Para os dados apresentados nas tabelas 14 e 15 foram desconsiderados os valores de torques obtidos no primeiro metro de cada estaca relacionada. Essa atitude se faz necessário em virtude de um torque residual a ser considerado nos cálculos.

O torque residual é o valor de torque necessário para fazer o equipamento girar sem o atrito com o solo, apenas considerando o atrito das engrenagens, trado e demais peças mecânicas. Para o equipamento em questão, uma Perfuratriz CZM EM30/800, este valor varia em torno de 80 Bar.

Querendo estabelecer um valor de Torque, de acordo com Geodigitus, a relação torque/pressão é dada por $T = (C \times R \times P) / 62832$.

De forma geral existe uma relação direta entre os dois valores, podendo ser adotada a seguinte proporção: $T = 0,46 \times P$, onde:

- T é o torque em kN.m (quilo Newton metro);
- C é a cilindrada total dos motores da mesa em cm³ (centímetro cúbico);
- R é a redução total entre o motor e o trado; e,
- P é a pressão em bar.

Sendo assim, as tabelas 14 e 15 podem ser reescritas conforme segue nas tabelas 16 e 17, ainda mantendo um paralelo com a tabela 5 da NBR. Observe

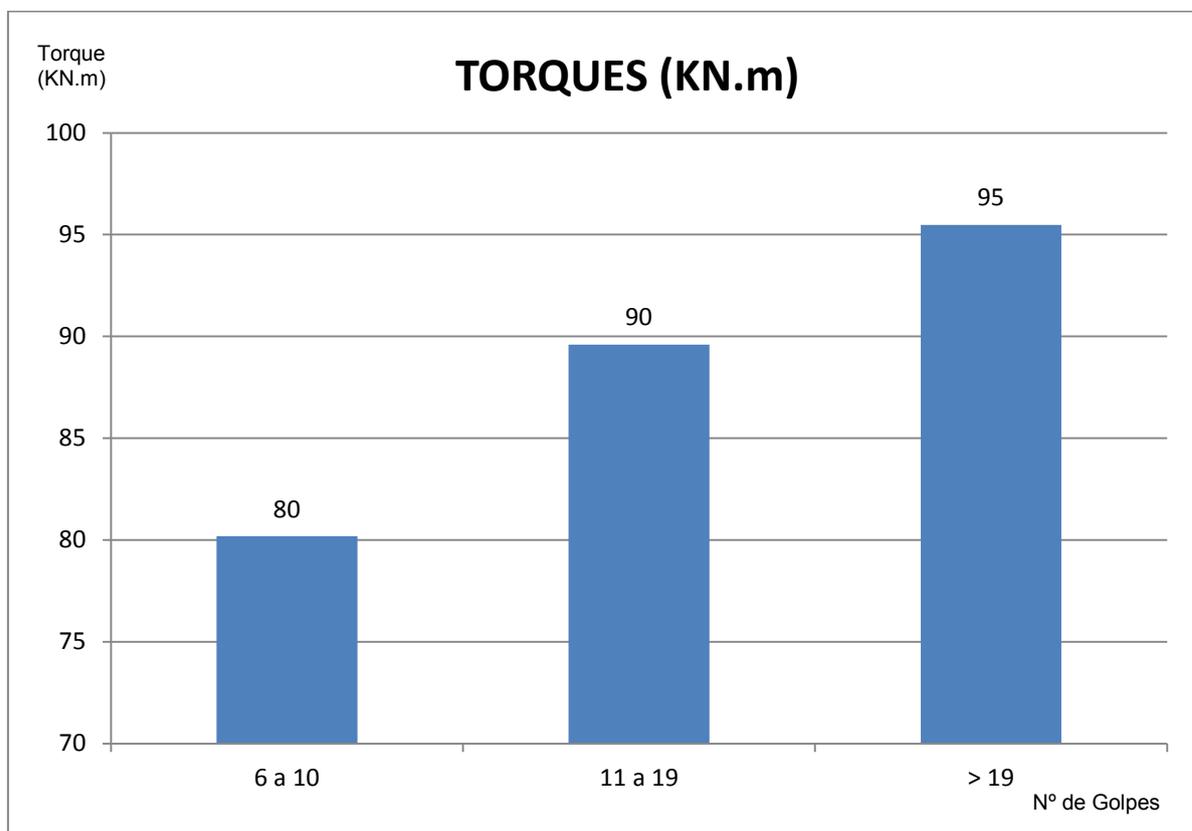
também os gráficos das figuras 31 e 32, que correlacionam as faixas de golpes de cada tipo de solo com a resistência ao torque médio encontrado.

Tabela 16 - Correlação entre Torque e N_{spt} (Argila)

TIPO DE SOLO	NÚMERO DE GOLPES (SPT)	TORQUES (KN.m)
Argila	0 a 2	-
	3 a 5	-
	6 a 10	80
	11 a 19	90
	> 19	>95

Fonte: do autor

Figura 31 - Gráfico com as médias de torques em Solo Argiloso



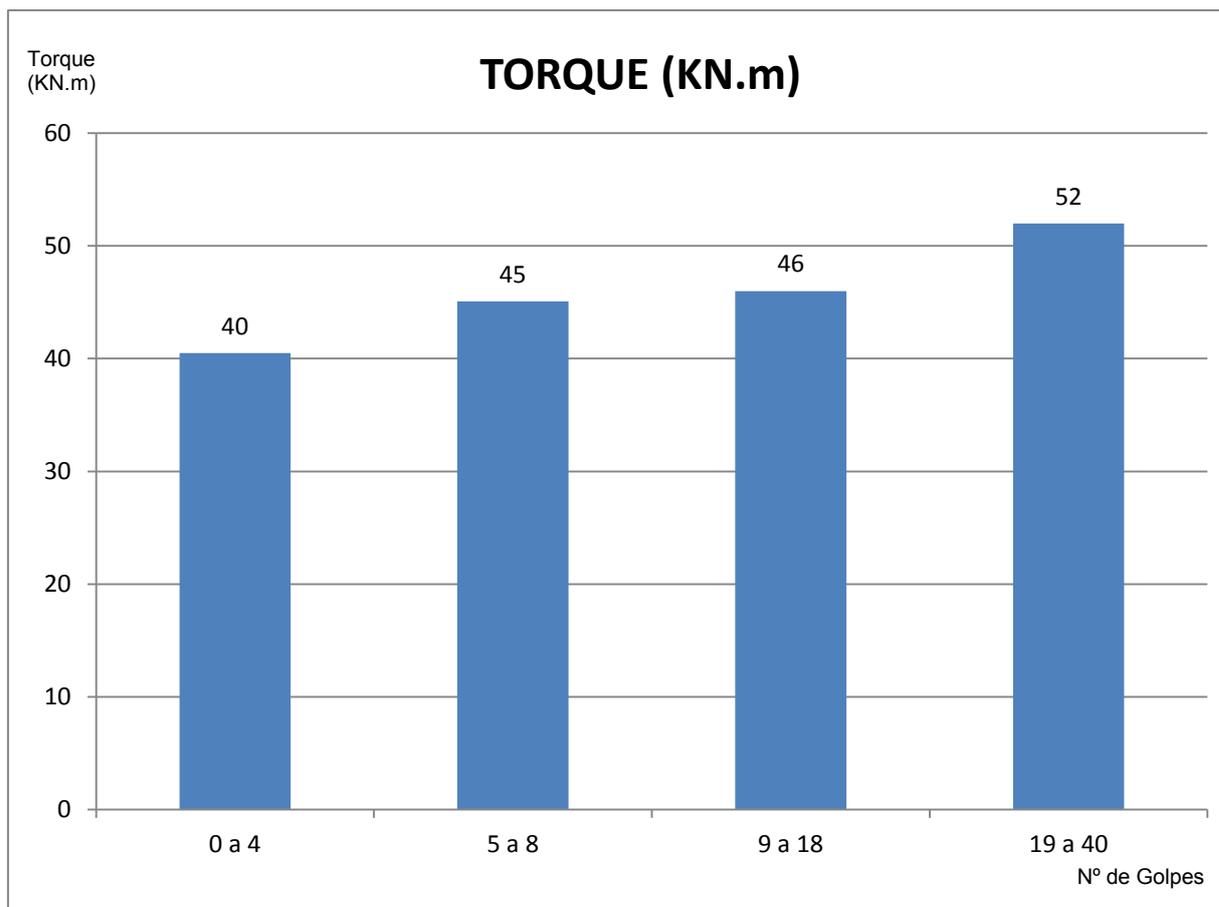
Fonte: do autor

Tabela 17 - Correlação entre Torque e N_{spt} (Areia)

TIPO DE SOLO	NÚMERO DE GOLPES (SPT)	TORQUES (KN.m)
Areia e Silte	0 a 4	40
	5 a 8	45
	9 a 18	46
	19 a 40	52

Fonte: do autor

Figura 32 - Gráfico com as médias de torques em Solo Arenoso/Siltoso



Fonte: do autor

3.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Analisando esses resultados é importante salientar que esses valores podem sofrer alterações em consequência da sua obtenção. Tanto nos resultados do SPT quanto no torque gerado pelo equipamento de HCM podem sofrer influências de seus equipamentos e operadores.

Durante a execução das estacas alguns parâmetros são gerados e que servem para dar respaldo aos valores de torque obtidos, informando também a rotação do trado, velocidade de avanço do trado e são valores inversamente proporcionais ao torque. Um solo em que o torque se apresenta baixo gera uma rotação maior e o uma velocidade de cravação também superior, enquanto que em um solo mais resistente produz um torque maior e como consequência uma rotação menor e velocidade de cravação também inferior.

Segundo Lázaro e Wolle (2004, p. 2), a grande diversidade de equipamentos existentes em nosso mercado, e o fato de o valor de pressão

registrada referir-se à pressão do sistema hidráulico da mesa rotativa, durante a perfuração e não ao torque aplicado à ponteira da hélice, são considerados fatores que diminuem a confiabilidade desses números.

Lázaro e Wolle (2004, p. 10), apresenta alguns fatores que interferem nos resultados da monitoração de estacas do tipo hélice contínua e na sua correlação com os resultados das sondagens, podendo ser classificadas em 3 grupos: quanto ao solo, quanto ao aspecto mecânico e quanto ao processo executivo.

1) Quanto ao solo

- Heterogeneidade do solo;
- Cotas de profundidades das estacas; e,
- Energia de cravação do ensaio SPT.

2) Aspectos mecânicos

- Precisão dos sensores e variação entre equipamentos;
- Desgaste dos motores e sistema hidráulico; e,
- Desgaste dos equipamentos de cravação.

3) Processos executivos

- Experiência do operador;
- Utilização de tubo prolongador;
- Tempo de perfuração; e,
- Alívio de material para diminuição da pressão hidráulica.

De acordo com Silva e Carvalho (2010, p. 6), o software de monitoramento da hélice contínua, o conceito de controle de qualidade confere ao processo de execução de um estaqueamento condições para que as estacas individualmente atinjam a capacidade de carga planejada. Neste software, que controla o sistema de monitoramento SACI, da Geodigitus, visando garantir qualidade e condições para que as diretrizes de projeto sejam atendidas, destacam-se:

- Indicação, em tempo real, durante a escavação das estacas, da velocidade crítica para o avanço da escavação; abaixo desta

velocidade, que é função das dimensões da hélice e de sua rotação, pode-se ter descompressão do solo;

- A medição automática do torque e do trabalho realizado durante a execução de cada estaca do estaqueamento;
- O tratamento estatístico de uma amostra pré-estabelecida do subconjunto de dados da população, o estaqueamento, obtendo as medidas de tendência central e os momentos da amostra.
- A orientação da operação durante a escavação de cada estaca, indicando quando ela deve ter sua cota de apoio aumentada. Estacas que não estejam atendendo as condições pré-estabelecidas, em termos de trabalho mínimo realizado.
- A sinalização da velocidade máxima de extração, garantindo que o volume de concreto, mais o superconsumo que caracteriza cada tipo de solo, sejam suficientes para o preenchimento adequado das estacas.
- Indicar para o projetista se a obra apresenta, ou não, regiões onde provavelmente as características geotécnicas são diferentes, ou seja, fazem parte de populações diferentes com média e desvio padrão discrepantes.

Para prova real, devem-se coletar amostras próximas a uma prova de carga, pois assim podem-se associar as propriedades estatísticas desta amostra com a capacidade real de uma estaca. Quando não for possível esta associação, sugere-se que a amostragem seja feita em região com características geotécnicas conhecidas, como por exemplo, privilegiando regiões onde as sondagens são confiáveis e que apresentem pouca variabilidade.

Entre as rotinas para um bom serviço de estaqueamento destacam-se a orientação da perfuração, indicando a velocidade mínima e máxima que a estaca deve ser perfurada para evitar o desconfinamento e o monitoramento da concretagem, com a orientação da extração da hélice através da contabilização do concreto injetado e da pressão de injeção do concreto.

4 CONCLUSÃO

Analisando os diferentes tipos de solos da região da grande Florianópolis pode-se verificar a grande variabilidade de solos em regiões muito próximas uma da outra. Pode-se encontrar em um mesmo furo de sondagem diversos tipos de solo, com as suas mais variadas formações, granulometrias, variados pesos específicos e demais variações em seus índices físicos. Em uma única amostra de sondagem pode-se encontrar areia, argila e silte, não necessariamente nesta ordem.

Cada um desses tipos de solo apresentam características muito distintas. Alguns coesos. Outros menos coesos. Outros sem nenhuma coesão e assim por diante. E essa grande variação interfere diretamente no resultando e comportamento dos equipamentos, tanto de sondagem quanto de estaqueamento.

Os resultados das amostras de sondagem apresentam solos que variam de puramente argilosos ou puramente arenosos até solos completamente variados. (Estes últimos não foram analisados neste trabalho).

São resultados bastante satisfatórios quando se trata de projetos de fundação, atendendo bem as necessidades de projeto. Porém, como ainda se trata de processos manuais, podem ocorrer variações que interferirão diretamente no projeto de fundação, como por exemplo, o erro de contagem de golpes, uma altura variada de queda do peso, a energia disposta para operar o equipamento, entre outros. Fora isso, a escolha de empresas de sondagem se torna um fator importante no projeto, uma vez que existem diversas empresas que sequer se dão ao trabalho de elaborarem amostras de sondagens diferentes do solo, importando ou copiando valores de amostras próximas ou até inventando valores para economia de tempo e obtenção de lucros.

A utilização das NBR 6484/2001 e NBR 8036/83 e suas orientações se fazem de muita importância quando se trata da definição da quantidade de amostras de sondagens e dos limites de profundidades de perfuração.

Os resultados apresentados pelos equipamentos de HCM podem também apresentar diversas alterações ao longo da perfuração. Isso tudo acontece em consequência do manuseio do operador, da utilização de pistão de impulso, do excesso de alívio do material, entre outros.

É de extrema importante seguir regras de perfuração para que se possa atingir um resultado satisfatório ou, caso contrário, pode-se gerar resultados com valores que não condizem com o solo pesquisado.

Logo, para resultados mais aproximados seriam necessários abordar uma amostragem maior de estacas com confiabilidade também superior em seus resultados, podendo preferencialmente acompanhar estaca a estaca, sondagem a sondagem, metro a metro, a fim de transformar seus valores em números mais precisos.

Um fato que chamou a atenção durante o trabalho foi o de não encontrar referências bibliográficas sobre o assunto. Parâmetro bastante comum às fundações do tipo HCM, porém não estudado ainda em livros e pesquisas disponíveis. A comparação entre torque e N_{spt} é muito comum nas fundações, porém não existe uma correlação aprimorada e detalhada sobre esse assunto.

Os valores e parâmetros aqui apresentados podem representar um avanço no controle tecnológico das estacas hélices e das fundações profundas, pois os conceitos apresentados podem ser aplicados a outros tipos de estacas.

A aplicação de conceitos físicos e das características estatísticas na engenharia de fundações podem trazer segurança e confiabilidade para as obras monitoradas, superando problemas como o da variabilidade estratigráfica do solo e garantindo que as condições de projeto, capacidade de carga e recalque, sejam atendidas individualmente por todas as estacas.

Considerando estes argumentos pode-se dizer que os resultados foram satisfatórios para as amostras estudadas. Percebeu-se que um solo puramente argiloso, possui uma capacidade de carga superior quando comparado ao solo puramente arenoso, talvez como consequência da falta de coesão da areia, permitindo um desconfinamento maior do solo e conseqüentemente uma perda da sua capacidade de carga, isto apenas considerando o torque como parâmetro.

5 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Sugere-se que para trabalhos futuros busque uma análise de uma população maior de estacas, preferencialmente todas as estacas do projeto envolvido e maiores amostras de SPT no terreno, aumentando suas estatísticas, diminuindo seus erros e considerando resultados mais precisos;
- Sugere-se ainda que busquem executar estacas com sistemas operacionais padrões com finalidades científicas, ou seja, sem utilização de pistão de impulso, sem desconfinamento do solo (alívio de material), e tomando o cuidado com o tempo de execução;
- Utilizar-se de análise estatísticas mais elaboradas, alcançando valores mais aproximados da realidade; e,
- Desta forma, e somente assim, pode-se estabelecer uma relação mais aproximada de torque de equipamento HCM e N_{spt} , considerando os diversos tipos de solos presentes no terreno.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA NETO, José Albuquerque. **Análise do desempenho de estacas hélice contínua e ômega – Aspectos executivos**. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2002, São Paulo. 187p.
- ALMEIDA, Gil Carvalho Paulo de. **Caracterização Física e Classificação dos Solos**. Juiz de Fora: UFJF, 2004. 145 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6122: Projeto e execução de fundações**. Rio de Janeiro, 2010. 18 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6502: Rochas e Solos**. Rio de Janeiro, 1995. 91 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6484: Solo - Sondagens de simples reconhecimento com SPT - Método de ensaio**. Rio de Janeiro, 2001. 17 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8036: Programação de sondagens de simples reconhecimento dos solos para fundações de edifícios - Procedimento**. Rio de Janeiro, 1983. 3 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12069: Solo - Ensaio de penetração de cone in situ (CPT) - Método de ensaio**. Rio de Janeiro, 2014. 11p.
- BRASIL GERADOR DE PREÇOS. **Fundações Profundas**. Disponível em: <http://www.brasil.geradordeprecos.info/obra_nova/Fundacoes/Profundas.html>. Acesso em 16 maio 2018.
- CAPUTO, Homero Pinto. **MECANICA DOS SOLOS E SUAS APLICACOES: MECANICA DAS ROCHAS - FUNDACOES - OBRAS DE TERRA**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1987. 498 p.
- CARDOSO, Decio Lopes; LAZZARI, Clademir Victor; KAMINSKI, Talita Baseggio. **CORRELAÇÃO ENTRE ÍNDICE SPT E MEDIDA DE TORQUE EM SOLOS DA REGIÃO DE FOZ DO IGUAÇU, PR**. In: SEFE VI - SEMINÁRIO DE ENGENHARIA DE FUNDAÇÕES ESPECIAIS E GEOTECNIA, 2008, São Paulo. São Paulo: Sefe, 2008. p. 01 - 06.
- COSTA, C.M.C., TAVARES, C.A.A., MOTA, N.M.B. & RIBEIRO, L.F.M. **Análise Comparativa entre o NSPT e o Torque obtido no monitoramento de estacas hélice contínua**. In: SEFE VI - Seminário de Engenharia de Fundações Especiais e Geotecnia, São Paulo. 2008.
- CZM Foundation Equipment. **Equipamentos Hélice Contínua**. 2018. Disponível em: <http://www.czm.com.br/produtos/helice_continua_monitorada>. Acesso em 06 outubro 2018.

Mattera Engenharia Ltda. **Gama Delta Administradora de Bens – Centro Empresarial Costa Leste**. 2018. Disponível em: <<http://matteraengenharia.com.br/centro-executivo-da-administradora-de-bens-gama-delta-campeche/>>. Acesso em 09 outubro 2018.

DAS, Braja M.. **Fundamentos de Engenharia Geotécnica**. 6. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011. 562 p.

DALDEGAN, Eduardo. **Sondagem de Solo: Metodologia executiva e importância para obra**. Engenharia Concreta, 2016. Disponível em: <https://www.engenhariaconcreta.com/sondagem-de-solo-metodologia-executiva-e-importancia-para-obra/>. Acesso em: 28 de setembro de 2018.

Escola Engenharia - **Estaca Hélice Contínua – Vantagens e Desvantagens**. Disponível em: <https://www.escolaengenharia.com.br/estaca-helice-continua>. Acesso em 19 maio 2018.

ESTE GEOTECNIA E FUNDAÇÕES. **Estacas Raiz**. 2018. Disponível em: <www.este.com.br/servicos.php>. Acesso em: 29 maio 2018.

GEODIGITUS INSTRUMENTAÇÃO ELETRÔNICA PARA FUNDAÇÕES. **SACI**. 2018. Disponível em: <<http://www.geodigitus.com.br/produtos.htm>>. Acesso em: 06 Outubro 2018.

HACHICH, Waldemar et al (Ed.). **Fundações: Teoria e prática**. 2. ed. São Paulo: Pini, 1998. 762 p.

LÁZARO, Alberto Alonso; WOLLE, Claudio Michael. **ESTACAS HÉLICE CONTÍNUA: CORRELAÇÕES ENTRE A MONITORAÇÃO E CARACTERÍSTICAS DOS SOLOS**. In: SEMINÁRIO DE FUNDAÇÕES ESPECIAIS E GEOTECNIA, V., 2004, São Paulo. São Paulo: Sefe, 2004. p. 13.

MACIEL FILHO, Carlos Leite. **INTRODUCAO A GEOLOGIA DE ENGENHARIA**. 2. ed. Brasília: CPRM - UFSM, 1997. 284 p.

MELHADO, Silvio et al. **Fundações**. São Paulo, 2012. 30 p.

MILITITSKI, Jarbas; CONSOLI, Nilo Cesar; SCHNAID, Fernando. (2005). **Patologia das fundações**. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2010.

Mundo Educação. **Momento ou Torque de uma Força**. 2018. Disponível em: <<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/momento-ou-torque-uma-forca.htm>>. Acesso em: 06 outubro 2018.

PINTO, Carlos de Souza. **CURSO BASICO DE MECANICA DOS SOLOS**. 3. ed. Sao Paulo: Oficina de Textos, 2006. 367 p.

PLACON Empreendimentos Imobiliários. **Residencial Hermínio Jacques**. 2018. Disponível em: <http://placonempreendimentos.com.br/empreendimentos/residencial-herminio-jacques/>. Acesso em: 06 outubro 2018.

REBELLO, Yopanan C.p. **FUNDAÇÕES: GUIA PRÁTICO DE PROJETO, EXECUÇÃO E DIMENSIONAMENTO**. 3. ed. São Paulo: Ziguarte Editora, 2011.

SCHNAID, Fernando. **Ensaio de campo e suas aplicações à engenharia de fundações**. São Paulo: Oficina dos Textos, 2000. 189 p.

SETE Engenharia Ltda. **Fundações Hélice Contínua**. 2018. Disponível em: <[http://sete.eng.br/estacas-elice-ontinua-onitoradas-1024-servico-10880#!prettyPhoto\[gal\]/8/](http://sete.eng.br/estacas-elice-ontinua-onitoradas-1024-servico-10880#!prettyPhoto[gal]/8/)>. Acesso em: 06 outubro 2018.

SILVA, C.M.; CAMAPUM DE CARVALHO, J. (2010). **Monitoramento e Controle de Qualidade dos Estaqueamentos Tipo Hélice Contínua Durante a Execução da Obra**. XV Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, Gramado: ABMS, v. 1, p. 1-12.

VELLOSO, Dirceu de Alencar; LOPES, Francisco de Resende. **Fundações: Critérios de projeto – Investigações de Subsolo – Fundações Superficiais**. Rio de Janeiro: Oficina de Textos, 2004. 1 v.

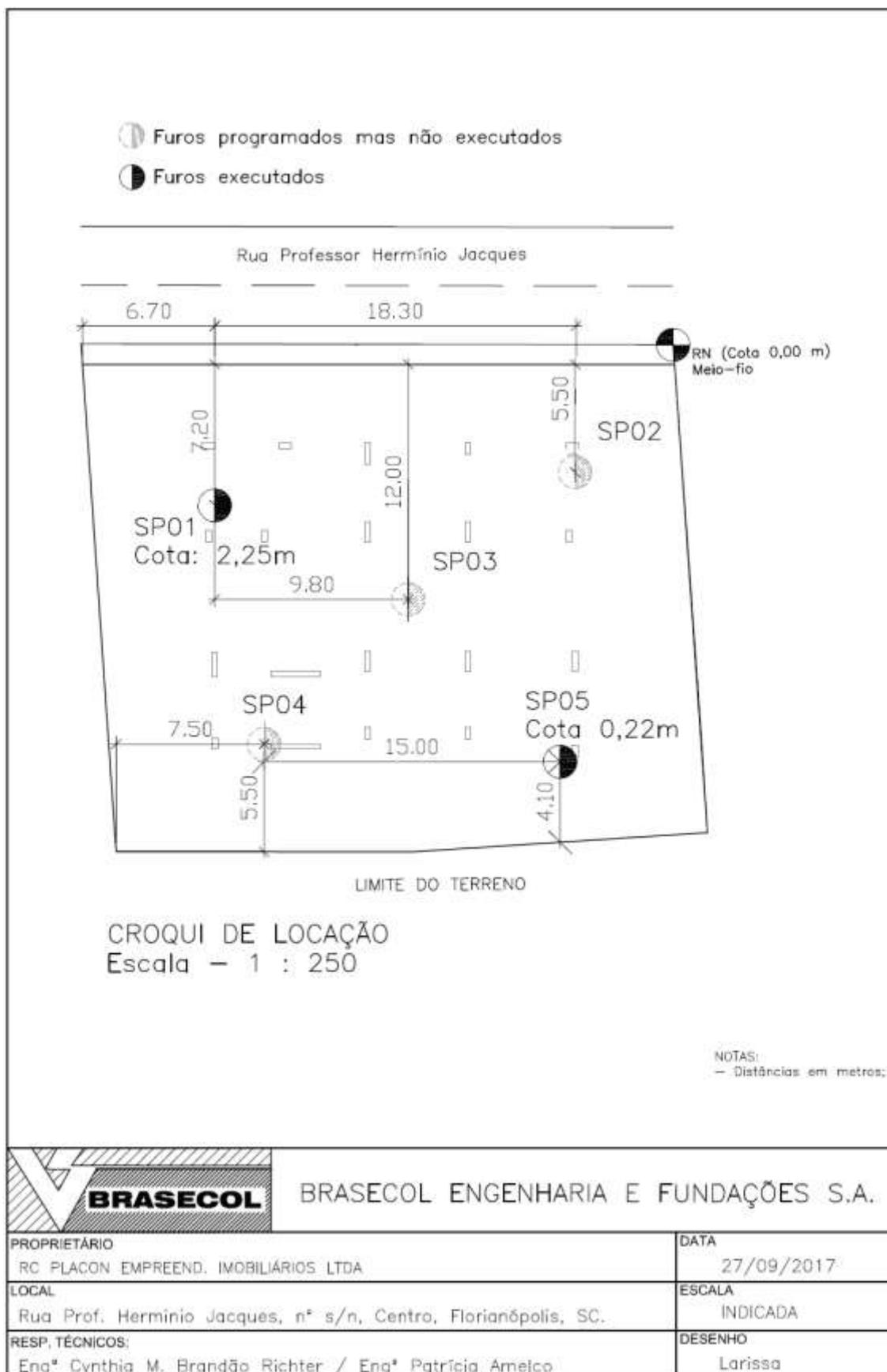
VELLOSO, Dirceu de Alencar; LOPES, Francisco de Resende. **Fundações: Fundações profundas**. Rio de Janeiro: COPPE-UFRJ, 2002. 2 v.

ANEXOS

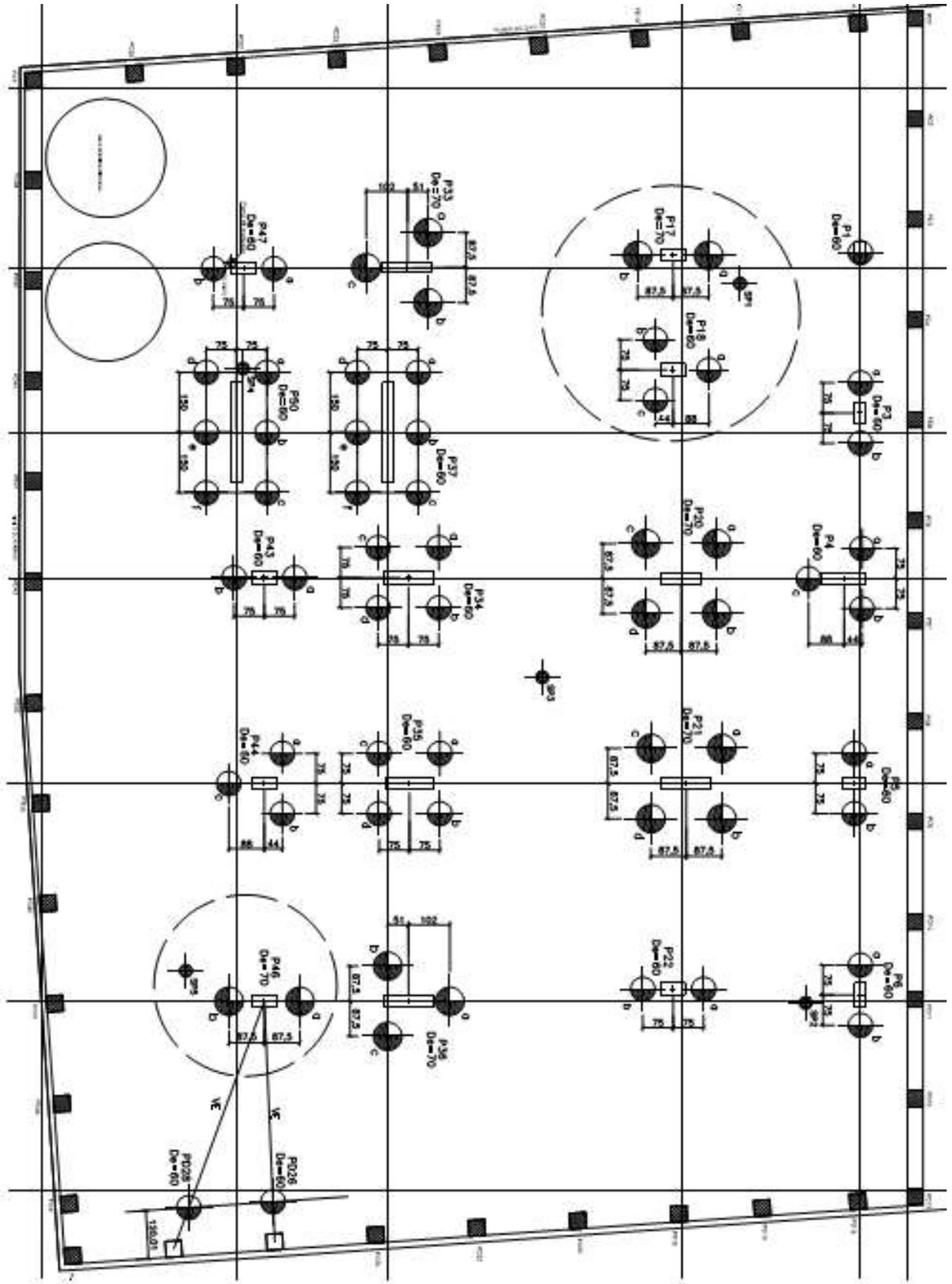
ANEXO 1 – Exemplo de Relatório de Sondagem SPT

		<i>36 3095</i>				Folha nº 01 / 02		
						Referência R025		
S O N D A G E M A P E R C U S S ã O								
Diâmetro nominal do revestimento : BW			Data de início : 21/07/2018					
Diâmetro amostrador: ∅ int.= 34,9 mm ∅ ext.= 50,8mm			Data de término : 23/07/2018					
Cliente : JURERE PREMIER CONSTRUCAO SPE LTDA.			Responsável :					
Local do serviço : Rua Professor Renato Barbosa - Florianópolis - SC.			Eng. Eduardo João Amandio					
Sondagem nº : SP-01 Cota = 10,125 Escala : 1/100			CREA-SC 059039-6					
Reves-timento (m)	Cota da camada (m)	Amostra Nº	ENSAIO DE PENETRAÇÃO				Prof (m)	CLASSIFICAÇÃO DAS AMOSTRAS
			Golpes / cm					
			1º + 2º	cm	2º + 3º	cm		
1,50	9,625 9,125	1	6 30	6 30	6 30	1,00	Aterro - Silte arenoso, vermelho.	
		2	25 30	41 30	30 30	2,00	Areia fina, com fósseis marinhos, cinza escura.	
		3*	30 30	48 30	30 30	3,00	Idem, pouco compacta.	
		4*	15 30	16 30	30 30	4,00	Idem, muito compacta.	
		5*	9 30	10 30	30 30	5,00	Idem, medianamente compacta a pouco compacta.	
		6	5 30	7 30	30 30	6,00		
	3,125	7	9 30	12 30	30 30	7,00		
		8	12 30	14 30	30 30	8,00	Areia fina, com fósseis marinhos, cinza clara, medianamente compacta.	
		9	42 30	30 30	15 30	9,00	Idem, muito compacta a compacta.	
		10	24 30	30 30	30 30	10,00		
		11	16 30	24 30	30 30	11,00		
		12	21 30	35 30	30 30	12,00		
	-2,725	13*	14 30	13 30	30 30	13,00	Areia fina, argilosa, cinza escura, medianamente compacta.	
	-3,895	14	5 30	5 30	30 30	14,00	Argila, cinza escura, mole.	
		15	4 30	5 30	30 30	15,00		
		16	4 30	5 30	30 30	16,00		
		17	4 30	4 30	30 30	17,00		
						Obs.:	(*) Não veio amostra.	

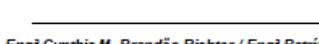
ANEXO 2 – Croqui Obra Hermínio Jacques



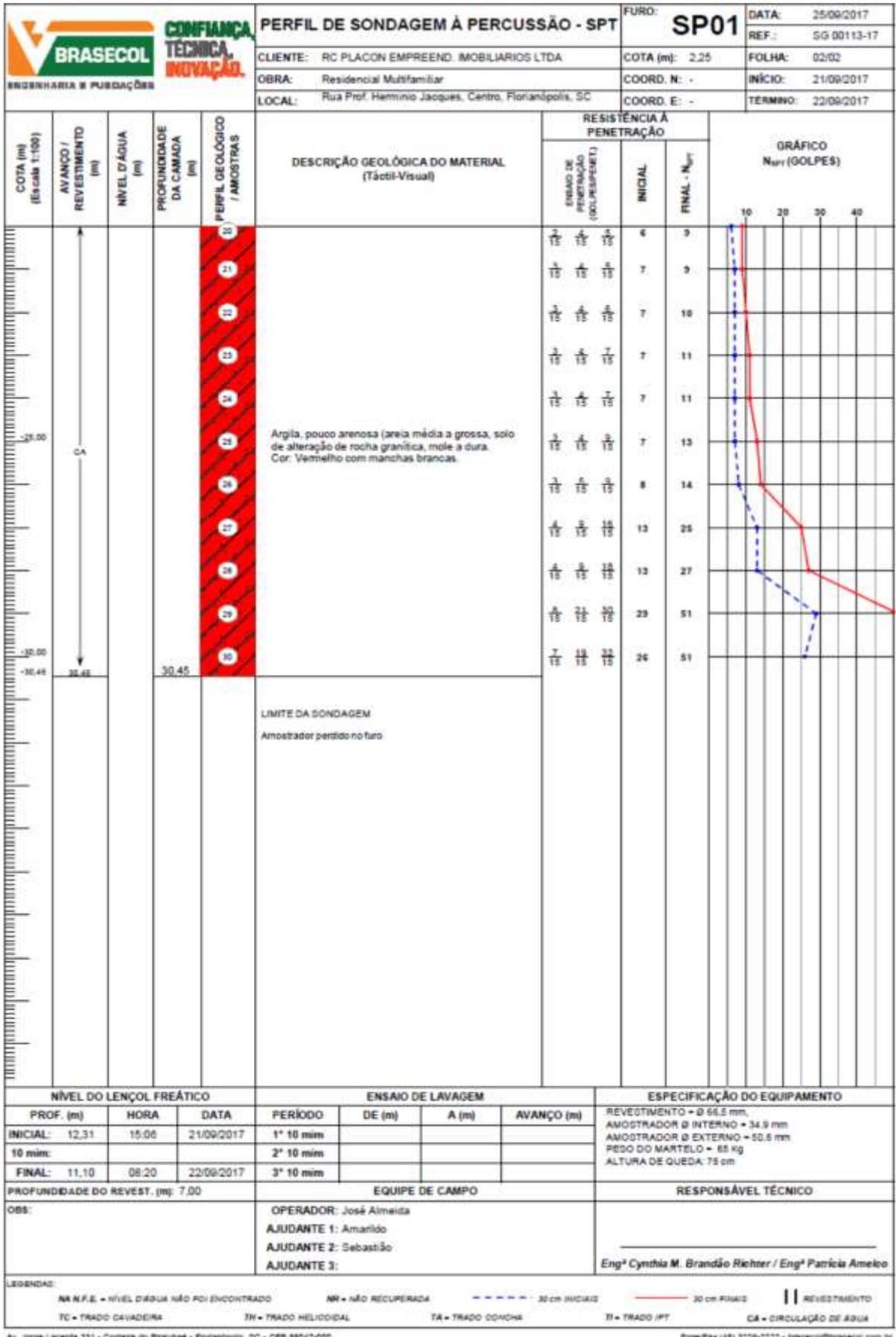
ANEXO 3 – Projeto de Fundação Hermínio Jacques



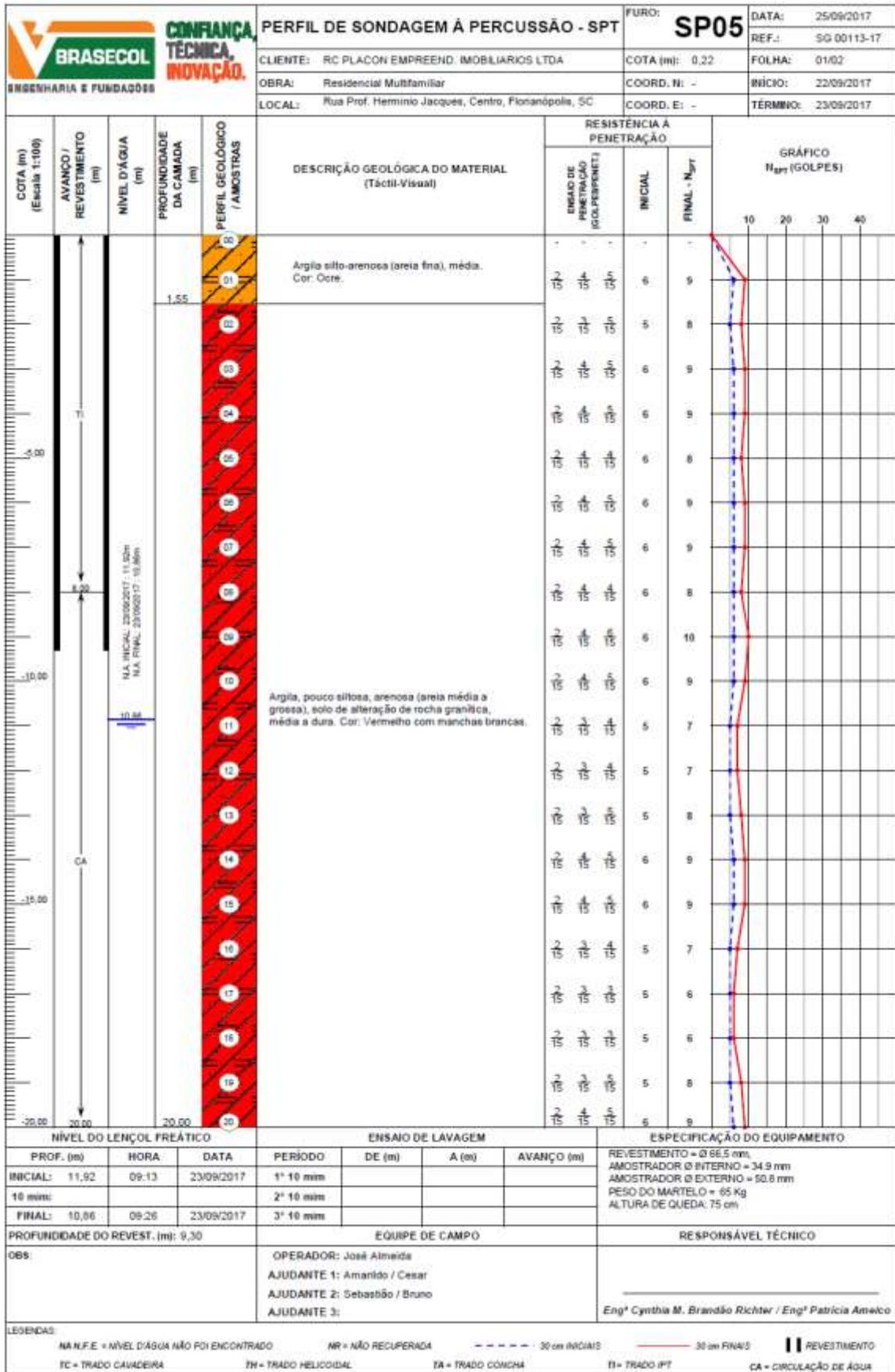
ANEXO 4 – Relatório de Sondagem SPT1A

 CONFIANÇA, TÉCNICA, INOVAÇÃO.					PERFIL DE SONDAÇÃO À PERCUSSÃO - SPT			FURO: SP01	DATA: 25/09/2017					
					CLIENTE: RC PLACON EMPREEND. IMOBILIARIOS LTDA			COTA (m): 2,25	REF.: SG 00113-17					
					OBRA: Residencial Multifamiliar			COORD. N: -	FOLHA: 01/02					
					LOCAL: Rua Prof. Herminio Jacques, Centro, Florianópolis, SC			COORD. E: -	INÍCIO: 21/09/2017					
								TERMINO: 22/09/2017						
COTA (m) (Escala 1:100)	AVANÇO / REVESTIMENTO (m)	NÍVEL D'ÁGUA (m)	PROFUNDIDADE DA CAMADA (m)	PERFIL GEOLÓGICO / AMOSTRAS	DESCRIÇÃO GEOLÓGICA DO MATERIAL (Tátil-Visual)	RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO			GRÁFICO N _{SPT} (GOLPES)					
						ENSAIO DE PENETRAÇÃO (GOLPES/15cm)	INICIAL	FINAL - N _{SPT}	10	20	30	40		
-20,00			20,00	00		-	-	-	-	-	-	-	-	-
-15,00				01	Argila arenosa (areia fina a média), solo de alteração de rocha granítica, média. Cor: Vermelho com manchas brancas.	2/15	4/15	4/15	6	8				
				02		2/15	4/15	5/15	6	9				
				03		2/15	4/15	5/15	6	9				
				04		2/15	3/15	5/15	5	8				
				05		2/15	3/15	4/15	5	7				
				06		2/15	4/15	5/15	6	9				
				07		2/15	3/15	5/15	5	8				
				08		2/15	4/15	5/15	6	10				
				09		2/15	3/15	5/15	5	8				
				10		2/15	3/15	5/15	5	8				
				11		2/15	3/15	5/15	5	8				
				12		2/15	4/15	5/15	6	9				
				13		2/15	4/15	5/15	6	9				
				14		2/15	4/15	6/15	6	10				
				15		2/15	4/15	5/15	6	10				
			16,00	16	Argila, pouco arenosa (areia média a grossa), solo de alteração de rocha granítica, mole a dura. Cor: Vermelho com manchas brancas.	2/15	3/15	4/15	5	7				
				17		2/15	2/15	3/15	4	5				
				18		2/15	3/15	4/15	5	7				
				19		2/15	3/15	4/15	5	7				
				20		2/15	3/15	4/15	5	7				
			20,00	20		2/15	4/15	5/15	6	9				
NÍVEL DO LENÇOL FREÁTICO						ENSAIO DE LAVAGEM			ESPECIFICAÇÃO DO EQUIPAMENTO					
PROF. (m)	HORA	DATA	PERÍODO	DE (m)	A (m)	AVANÇO (m)	REVESTIMENTO - Ø 66,5 mm, AMOSTRADOR Ø INTERNO - 34,9 mm AMOSTRADOR Ø EXTERNO - 50,8 mm PESO DO MARTELO - 65 Kg ALTURA DE QUEDA: 75 cm							
INICIAL: 12,31	15:06	21/09/2017	1° 10 mim											
10 mim:			2° 10 mim											
FINAL: 11,10	08:20	22/09/2017	3° 10 mim											
PROFUNDIDADE DO REVEST. (m): 7,00						EQUIPE DE CAMPO			RESPONSÁVEL TÉCNICO					
OBS:						OPERADOR: José Almeida AJUDANTE 1: Amarildo AJUDANTE 2: Sebastião AJUDANTE 3:			 Engª Cynthia M. Brandão Richter / Engª Patrícia Amelco					
LEGENDAS:														
NA N.F.E. = NÍVEL D'ÁGUA NÃO FOI ENCONTRADO NR = NÃO RECUPERADA - - - - - 30 cm INICIAIS ——— 30 cm FINAIS REVESTIMENTO TC = TRADO CAVADEIRA TH = TRADO HÉLICOIDAL TA = TRADO CONCHA TI = TRADO IPT CA = CIRCULAÇÃO DE ÁGUA														

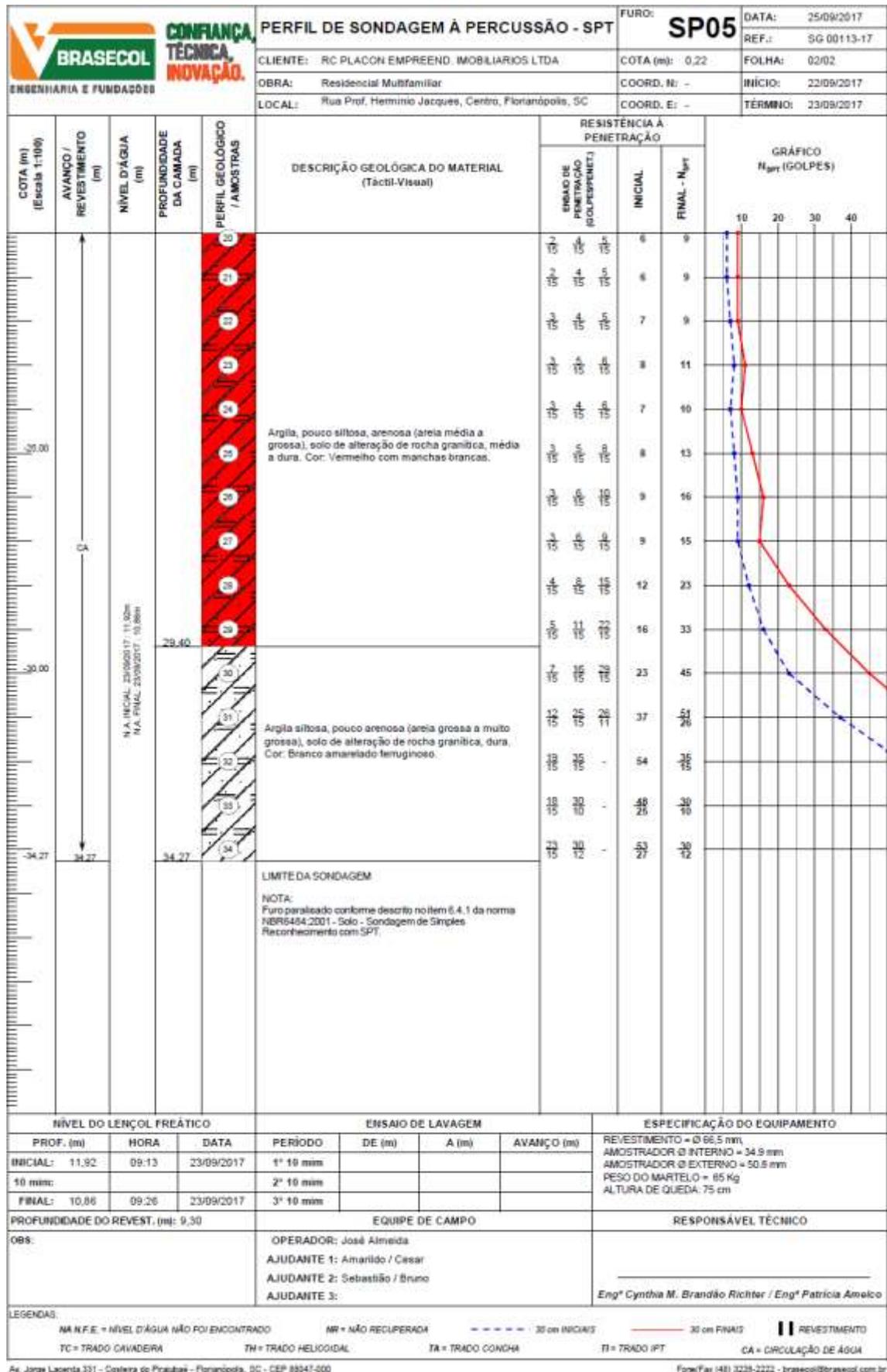
ANEXO 5 – Relatório de Sondagem SPT1B



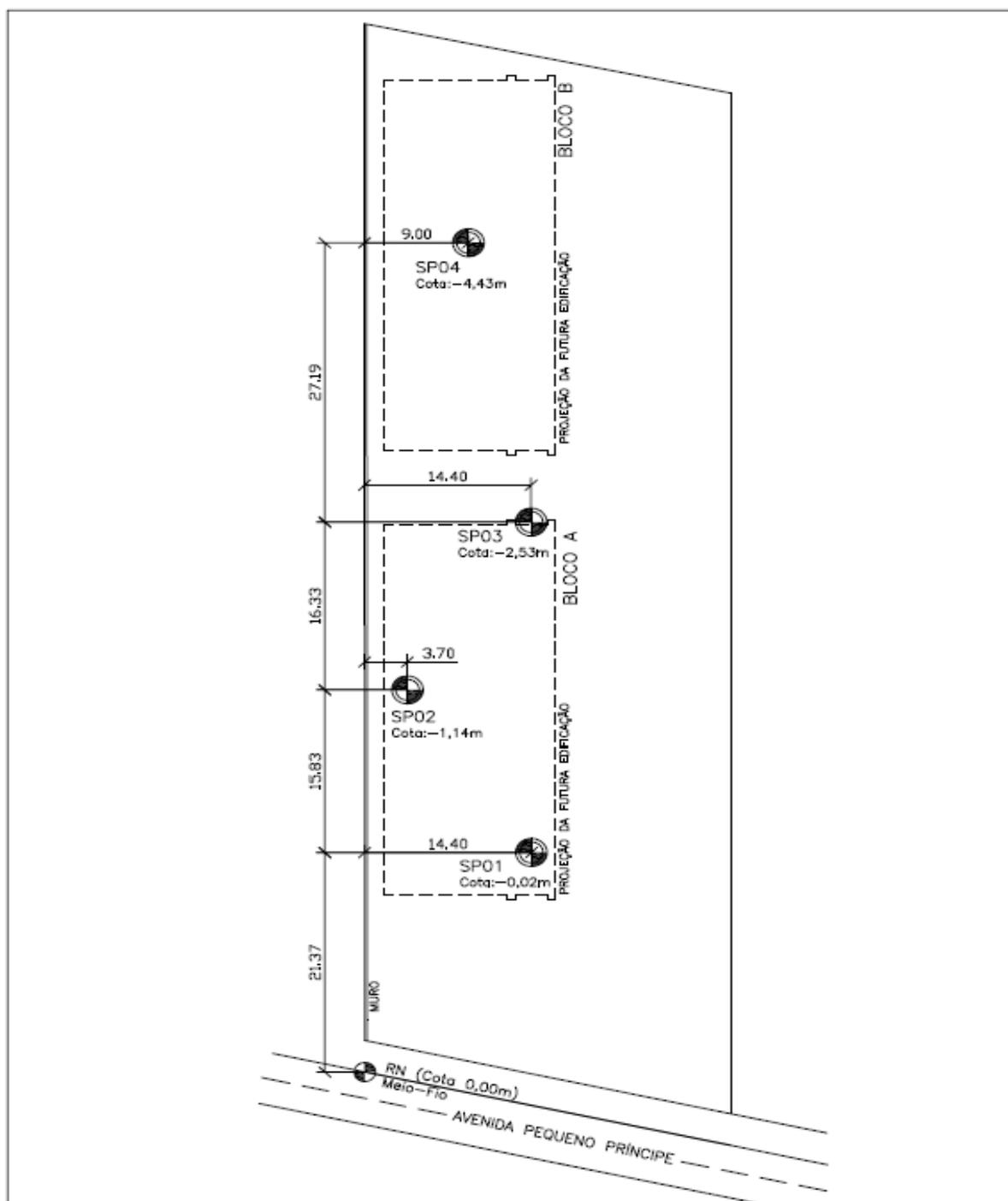
ANEXO 6 – Relatório de Sondagem SPT5A



ANEXO 7 – Relatório de Sondagem SPT5B

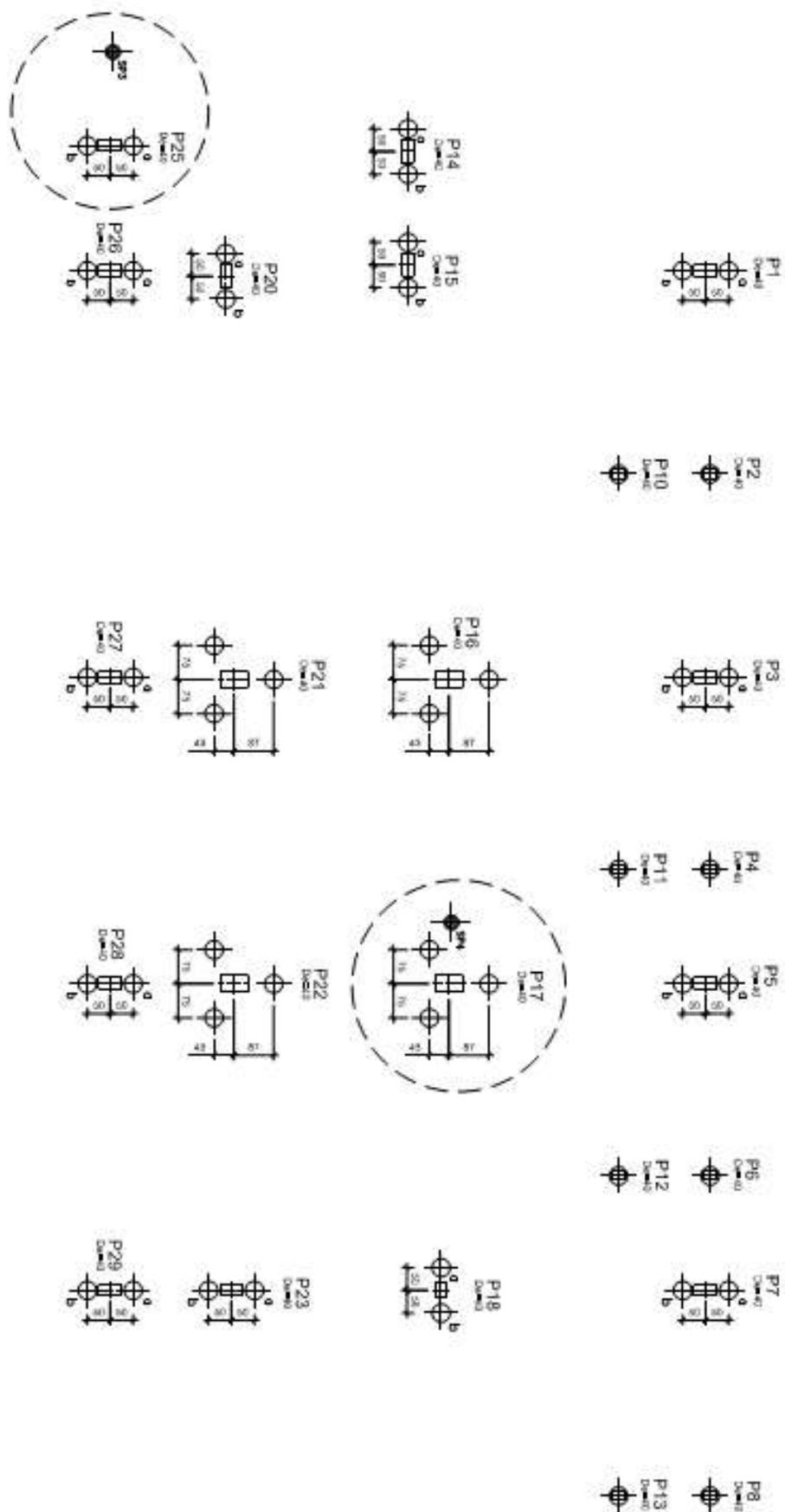


ANEXO 8 – Croqui Obra Gama Delta



 BRASECOL ENGENHARIA E FUNDAÇÕES LTDA	
PROPRIETÁRIO ADMINISTRADORA DE BENS GAMA DELTA LTDA	DATA 04/05/2012
LOCAL Av. Pequeno Príncipe, s/ nº, Campeche, SC	ESCALA 1 : 500
RESP. TÉCNICOS: Eng ^o .Keiti Biff Dal Pont / Geólogo Sérgio Freitas Borges	DESENHO Christianne Paiva

ANEXO 9 – Projeto de Fundação Gama Delta



ANEXO 10 – Relatório de Sondagem SPT3

		BRASECOL - ENGENHARIA E FUNDAÇÕES LTDA. Av. Jorge Lacerda, 331 - Costeira do Pirajubaé - CEP 88.047-000 Florianópolis-SC. Fone/Fax (48) 3226.2222 www.brasecol.com.br / brasecol@brasecol.com.br						
Cliente: ADMINISTRADORA DE BENS GAMA DELTA LTDA				Código: 00038/12				
Local: Av. Pequeno Príncipe, s/ nº, Campeche, SC			Profundidade do Revestimento: 8,70 m		Data: 23/04/2012			
Sond.: SP03		Cota: -2,53 m		Escala: 1:100				
Data Início: 21/04/2012			Data Término: 21/04/2012					
Resp. Técnico: Eng ^o Keiti Biff Dal Pont Geólogo Sérgio Freitas Borges								
Classificação do Material								
Nível d'água: 7,05 m	Ensaio de Penetração					Amostra Nº Prof. das Camadas		
	Cota da camada	Golpes / cm						
		1º 2º	cm	2º 3º			cm	
	-1,00	1	45					00
	-2,00	1	31	1			17	01
	-3,00	1	30	1			15	02
	-4,00	2	30	3			30	03
	-5,00	3	30	4			30	04
	-6,00	5	30	6			30	05
	-7,00	3	30	5			30	06
	-8,00	5	30	7			30	07
	-9,00	6	30	8			30	08
	-10,00	11	30	15			30	09
	-11,00	12	30	18			30	10
	-12,00	14	30	19			30	11
	-13,00	17	30	23			30	12
	-14,00	16	30	22			30	13
	-15,00	17	30	24			30	14
	-16,00	27	30	34			30	15
	-17,00	38	30	54			25	16
	-18,00	55	30	39			15	17
-19,00	60	30	41	15		18		
-20,00	54	30	35	15	19			
					20			
					21			
Areia fina, pouco siltosa, fofa a compacta. Cor: Castanho avermelhado.								
Areia fina, pouco siltosa, compacta a muito compacta. Cor: Bege claro.								
Limite de sondagem a percussão, por penetração.								
Cota nível d'água: 7,05 m abaixo da cota do furo.			Obs.: Impenetrável a percussão conforme NBR 6484- item 5.4 / Furo a trado até 1,0 m.					
Ensaio de lavagem	nº de ensaio	Profund. Inicial	Profundidade Final	Avanço (p/ 10 min)	Especificação do Equipamento			
	01				Revestimento = Ø 66,5 mm , Amostrador			
	02				Ø interno = 34,9 mm / Ø externo = 50,8 mm			
					Peso 65 Kg - Altura de queda = 75 cm			
Operador: José Almeida			Ajudantes: João Ottoniel					

ANEXO 11 – Relatório de Sondagem SPT4

 BRASECOL - ENGENHARIA E FUNDAÇÕES LTDA. Av. Jorge Lacerda, 331 - Costeira do Pirajubaé - CEP 88.047-000 Florianópolis-SC. Fone/Fax (48) 3226.2222 www.brasecol.com.br / brasecol@brasecol.com.br		 ANO 40 40 ANOS DE EXPERIÊNCIA E TECNOLOGIA A SERVIÇO DA CONSTRUÇÃO					
Cliente: ADMINISTRADORA DE BENS GAMA DELTA LTDA			Código: 0003B/12				
Local: Av. Pequeno Príncipe, s/nº, Campeche, SC			Profundidade do Revestimento: 6,80 m				
Sond.: SP04			Data Início: 21/04/2012				
Cota: -4,43 m			Data Término: 21/04/2012				
Escala: 1:100			Resp. Técnico: Engº Keiti Biff Dal Pont Geólogo Sérgio Freitas Borges				
Nível D'água	Cota da camada	Ensaio de Penetração			Anos- m SP	Prof. das Camadas	Classificação do Material
		1º 2º	cm	2º 3º			
	-1,00	1	46			01	Areia fina, pouco argilosa, com matéria orgânica, fofa. Cor: Cinza claro.
	-2,00	1	30	1	15	02	
	-3,00	1	30	1	15	03	
	-4,00	2	30	3	30	04	Areia fina, pouco silto-argilosa, fofa a pouco compacta. Cor: Castanho avermelhado.
	-5,00	4	30	5	30	05	
	-6,00	4	30	5	30	06	
-6,50 m	-7,00	11	30	16	30	07	-7,20 m
	-8,00	11	30	14	30	08	
	-9,00	9	30	10	30	09	
	-10,00	10	30	11	30	10	
	-11,00	11	30	13	30	11	
	-12,00	10	30	13	30	12	
	-13,00	19	30	28	30	13	
	-14,00	17	30	21	30	14	Areia fina, pouco siltoosa, medianamente compacta a muito compacta. Cor: Bege claro.
	-15,00	14	30	19	30	15	
	-16,00	19	30	27	30	16	
	-17,00	58	30	41	15	17	
	-18,00	53	30	38	15	18	
	-19,00	64	30	43	15	19	
	-20,00	59	30	40	15	20	
						21	
Cota nível d'água: 6,50 m abaixo da cota do furo.			Obs.: Impenetrável a percussão conforme NBR 6484- Item 6.4 / Furo a trado até 1,0 m.				
Ensaio de lavagem	Nº de ensaio	Profund. Inicial	Profundidade Final	Avanço (p/ 10 min)		Especificação do Equipamento	
	01					Revestimento = Ø 66,5 mm , Amostrador	
	02					Ø interno = 34,9 mm / Ø externo = 50,8 mm	
Operador : José Almeida		Ajudantes : João Otaniel					
		Peso 65 Kg - Altura de queda = 75 cm.					