

**FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA CIVIL
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

GUILHERME ALVES CAMBRAIA - 201220048

LÍVIA SABOYA MATOS - 201220228

RITCHELLI ANDRADE CAMPOS – 201311534

FUNDAÇÕES MISTAS EM SOLOS VARIADOS

VOLTA REDONDA

2017

**FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA CIVIL
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

FUNDAÇÕES MISTAS EM SOLOS VARIADOS

Trabalho de conclusão de Curso apresentada ao Curso de Engenharia Civil do UniFOA como requisitos à obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Alunos:

GUILHERME ALVES CAMBRAIA

LÍVIA SABOYA MATOS

RITCHELLI ANDRADE CAMPOS

Orientador:

PROF. M.Sc. André da Silva Freitas

VOLTA REDONDA

2017

A persistência é o caminho do êxito.

AGRADECIMENTOS:

Agradeço primeiramente a Deus, pois sem ele eu não seria nada. Agradeço aos meus professores que sempre se mostraram dispostos quando solicitados e também aos meus pais e amigos pelo constante apoio.

RESUMO

Neste projeto relata-se aspectos relacionados à importância da investigação geotécnica na elaboração de um projeto de fundações. Enfatizando os casos onde se faz necessário a aplicação de diferentes tipos de fundações devido à heterogeneidade do solo. Tendo como objetivo salientar a importância da execução adequada do levantamento dos subsolos. Por meio de um ensaio SPT realizado conforme as exigências estabelecidas pela norma, obtêm-se resultados específicos que determinam qual o melhor tipo de fundação a ser aplicado. Evitando possíveis transtornos, reduzindo custos e garantindo a segurança. Foi anexado um estudo de caso no qual o ensaio de sondagem realizado no local, irá demonstrar essas variações de solo levando ao uso de fundação mista devido às resistências oferecidas pelo terreno. O relatório de sondagem também está anexado com o objetivo de comprovar a importância de um estudo prévio dos solos, bem como o estudo do comportamento da estrutura perante o recalque diferencial.

Palavras-chave: SPT; Fundações; Investigação do Solo.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVO GERAL	14
2.1	Objetivos Específicos.....	14
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
3.1	Investigação do subsolo.....	15
3.1.1	Ensaio SPT (Standart Penetration Test)	15
3.1.2	Ensaio de Cone (CPT).....	17
3.1.3	Ensaio de Cone (CPTU)	18
3.2	Fundações	19
3.2.1	Sapata	20
3.2.2	Blocos de Fundação	21
3.2.3	Radiers	22
3.2.4	Estaca de Madeira	23
3.2.5	Estacas Metálicas	24
3.2.6	Estacas Pré-moldadas	25
3.2.7	Estacas de Concreto Moldadas no Solo	26
3.2.8	Estacas Escavadas.....	34
3.2.9	Estacas Prensadas	38
3.2.10	Tubulões	39
4	ESTUDO DE CASO	41
4.1	Considerações Iniciais	41
4.2	Caso de Fundação Rasa	45
4.3	Caso de Fundação Profunda	47
4.4	Modelos Estáticos Prevendo Recalque Diferencial.....	48
5	CONCLUSÃO	57

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	58
7 ANEXOS	63

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Equipamento de sondagem a percussão (SPT).	16
Figura 2 - Detalhamento do equipamento de sondagem a percussão (SPT).....	17
Figura 3 - Ensaio CPT: (a) princípio de funcionamento e (b) vista de um equipamento (desenvolvido pela COPPE-UFRJ juntamente com a GROM – Automação e Sensores).....	18
Figura 4 - Correções aplicadas às medidas de ensaios de piezocone.....	19
Figura 5 - Ilustração do atrito entre a fundação profunda e o solo.	20
Figura 6 - Ilustração de sapata e demonstração da interação entre a sapata e solo.	21
Figura 7 - Ilustração de blocos de fundação.	22
Figura 8 - Ilustração de radiers.....	23
Figura 9 - Ilustração de estacas de madeira.	23
Figura 10 - Execução de estacas metálicas.....	25
Figura 11 - Ilustração de estacas pré-moldadas de concreto.....	26
Figura 12 - Execução de estaca tipo broca com trado manual.....	27
Figura 13 - Execução de estacas tipo strauss.....	28
Figura 14 - Execução de estacas Franki standard.	29
Figura 15 - Ilustração de estacas Franki tubada.	30
Figura 16 - Execução de estacas Franki mista.....	31
Figura 17 - Execução de estacas Franki com fuste vibrado.....	33
Figura 18 - Execução de estacas Franki com martelo automático e fuste vibrado....	34
Figura 19 - Execução de estacas escavadas.	35
Figura 20 - Execução de estaca hélice contínua.....	38
Figura 21 - Execução de estaca prensada.	39
Figura 22 –Tubulão a céu aberto de concreto armado.....	40
Figura 23 –Locação dos furos do ensaio SPT de sondagem simples.....	41
Figura 24 – Locação dos furos do ensaio SPT de sondagem mista.	42
Figura 25 – Croqui da locação dos pilares em planta.	43
Figura 26 – Perfil geotécnico (em croqui) do solo referente ao furo SP01.	46
Figura 27 – Perfil geotécnico (em croqui) do solo referente ao furo SP03.	47
Figura 28 – Estrutura sem cargas e sem recalque.....	49
Figura 29 – Estrutura com o recalque e sem as cargas	50

Figura 30 – Estrutura com as cargas aplicadas e recalque em um dos apoios.....50

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Modelo de estrutura com os dois apoios engastados.....	51
Gráfico 2 - Diagrama de força normal para estrutura bi engastada.....	51
Gráfico 3 - Diagrama de força cortante para estrutura bi engastada.....	52
Gráfico 4 - Diagrama de momento fletor para estrutura bi engastada.....	52
Gráfico 5 - Diagrama de deformação para estrutura bi engastada.....	53
Gráfico 6 - Modelo de estrutura com um apoio engastado e o outro apoiado	53
Gráfico 7 - Diagrama de força normal para estrutura engastada/apoiada.....	54
Gráfico 8 - Diagrama de força cortante para estrutura engastada/apoiada.....	54
Gráfico 9 - Diagrama de momento fletor para estrutura engastada/apoiada.....	55
Gráfico 10 - Diagrama de deformação para estrutura engastada/apoiada.....	55

LISTA DE ANEXOS

ANEXO I - Relatórios de Sondagem	63
ANEXO II - Mapa de Cargas	84

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparativo de momento fletor máximo	56
---	----

1 INTRODUÇÃO

O processo construtivo das fundações é iniciado pelo levantamento de superfícies, que consiste basicamente da descrição dos solos e das rochas encontrados nas localidades do terreno. A descrição inclui a análise geomorfológica, que possibilita a interpretação do relevo, obtendo os tipos de formações e suas estruturas geológicas.

Os dados são colhidos por meio das descrições de campo juntamente com fotografias aéreas que são principalmente obtidas através de pares estereoscópicos, esses dados são lançados em um mapa. É válido considerar informações colhidas anteriormente sobre área, podendo incluir mapas geológicos, dados de sondagem e descrição de formações.

O acesso aos mapas e as seções geológicas nos dá uma noção global da área de interesse que facilita a interpretação das próximas etapas de investigação.

Feito à análise geomorfológica dos solos, inicia-se o levantamento das superfícies e subsuperfícies, que são dadas por diferentes métodos de investigação.

Os métodos de sondagem mais usados são: sondagens a trado, poços de inspeção, galerias, sondagens à percussão, sondagens rotativas e sondagens usando a técnica de perfuração a rotopercussão.

A partir desse conhecimento de solo, inicia-se o projeto de fundação. A descrição dos solos e das rochas encontradas será determinante para a escolha da fundação adequada, a qual transmite toda carga da edificação para o solo.

O presente estudo apresenta um projeto que retrata a importância da análise dos solos antes da execução do projeto de fundação, visto que o mesmo, devido à variabilidade dos solos necessita de dois tipos de fundações, sendo elas profundas e rasas. Vale ressaltar a importância não só da boa análise quanto ao estudo dos solos, mas também em relação ao comportamento da estrutura quando submetida a diferentes recalques, recorrente nas fundações mistas.

A variação dos solos presentes nesse caso comprova a importância da investigação geotécnica de qualidade, tendo em vista que em um mesmo terreno existem diferentes tipos de solos que acarretam ao uso de diferentes tipos de fundações.

A execução de projetos sem o reconhecimento dos solos, ou ainda que este seja feito sem qualidade, pode causar transtornos e prejuízos, como: possíveis desabamentos, dificuldades na escavação, uso de fundações inadequadas.

A problemática delineada nesse estudo, tem como base a falta do planejamento adequado na fase inicial do projeto, uma vez que, os ensaios geotécnicos muitas das vezes não são realizados, ou são realizados sem a devida qualidade.

A fase de estudo dos subsolos nem sempre recebe a devida importância pelos profissionais que a realizam, tendo como consequência, possíveis transtornos e erros de projeto. Esses transtornos afetam tanto os profissionais envolvidos quanto os contratantes. Perda de materiais, rupturas nas construções, atrasos na entrega prevista, são os que afetam diretamente os profissionais. Já os contratantes podem ter o seu lado emocional e financeiro prejudicado, devido ao risco de segurança que poderá ser apresentado pela estrutura, que pode acarretar na necessidade de deslocamento para locais seguros ou até mesmo a perda de vidas.

Tendo em vista os problemas citados no presente trabalho, uma boa investigação do subsolo é facilmente justificada, se levarmos em consideração o seu baixo custo quando comparado ao preço total da obra e de possíveis prejuízos.

2 OBJETIVO GERAL

O estudo aborda a importância do levantamento prévio dos solos para a execução de um projeto de fundações, visto que podem ocorrer variações no subsolo, levando a implantação de fundações profundas e/ou rasas na mesma obra.

2.1 Objetivos Específicos

- Apresentar um projeto em que ocorrem as condições citadas durante o presente estudo
- Apresentar os resultados obtidos pela sondagem realizada no local com diferentes características de solo
- Apresentar a necessidade do uso de fundações mistas devido a variação dos tipos de solo

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Investigação do subsolo

Para criar e executar um projeto de fundações é necessário o estudo prévio dos solos, que pode ser obtido por diferentes métodos de investigação, os principais são:

3.1.1 Ensaio SPT (Standart Penetration Test)

A sondagem a percussão é um procedimento que por meio da amostragem do subsolo mede a resistência do mesmo conforme a profundidade perfurada. Trata-se de um procedimento padronizado pela norma NBR-6484/2001.

É realizada por um equipamento composto de um tripé do qual se deixa cair em queda livre um martelo, com peso de 65 kg, a uma altura padrão de 75 cm, cravando o amostrador no solo, conforme ilustrado nas Figuras 01 e 02. O procedimento tem início após a perfuração atingir 1 m de profundidade, onde são contabilizados o número de golpes necessários para cravar o amostrador a uma profundidade de 45 cm, contando-se intermediariamente o número de golpes para cada 15 cm. O índice de resistência a penetração N_{spt} é o número de golpes dos últimos 30 cm para cada metro perfurado. Esse número irá determinar a resistência, a consistência e a capacidade do solo, e também a coesão que é obtida por correlação. A cada metro são recolhidas as amostras do solo retido no amostrador e com essas é feita a classificação visual identificando a sua granulometria (MACIEL FILHO, 2011).

O processo de sondagem continua sendo executado, quando o material a ser atravessado não apresenta coesão ou está abaixo do nível da água o trado não consegue mais cavar, e a perfuração passa a ser feita por meio de circulação de água que é denominado “avanço com percolação de água”. Esta água sai por furos existentes no trépano, que é a ferramenta que substitui o amostrador, o avanço só é

possível pela injeção da água que diminui a resistência do solo e pela rotação do trépano.

Os furos são dispostos de 15 m a 30 m com exceção dos casos em que devem ser feitas essas interpretações em diversos planos, os furos não devem ser feitos em pontos alinhados uma vez que a marcação desses furos de sondagem é realizada em posições próximas a grandes solicitações de cargas e em locais próximos aos limites de projeção.

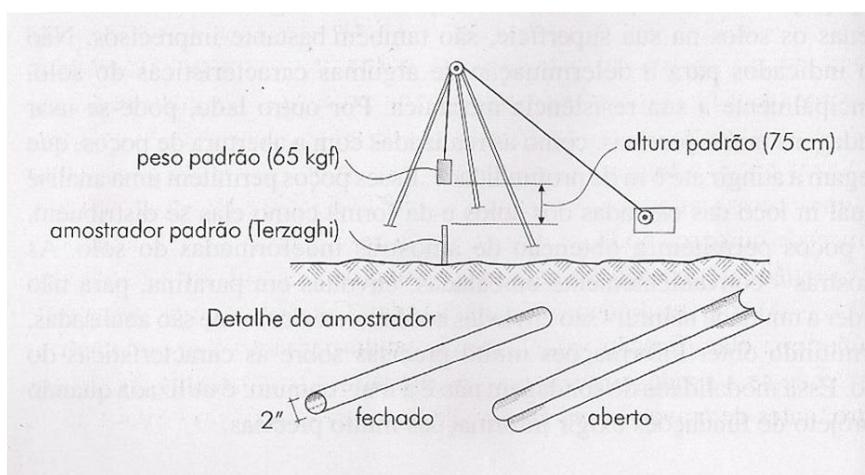


Figura 1 - Equipamento de sondagem a percussão (SPT).

Fonte – REBELLO (2008),

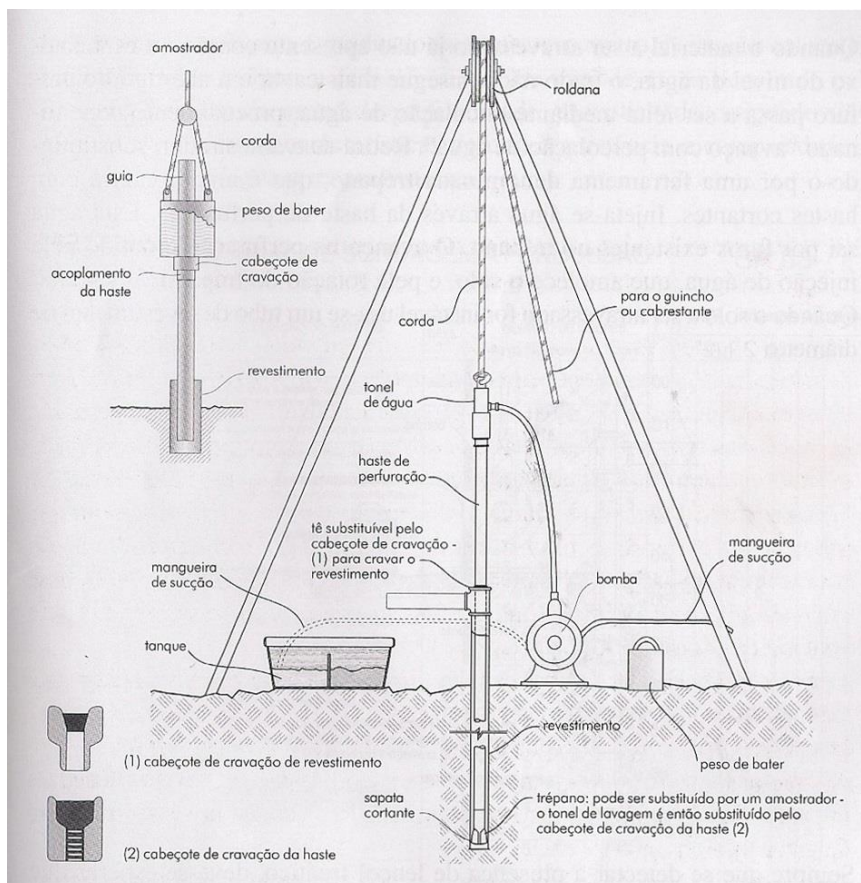


Figura 2 - Detalhamento do equipamento de sondagem a percussão (SPT).
Fonte - REBELLO (2008).

3.1.2 Ensaio de Cone (CPT)

O ensaio CPT (*cone penetration test*) vem sendo considerado um dos mais importantes métodos de prospecção geotécnica. Este ensaio determina o perfil estratigráfico dos solos, a propriedade dos materiais, principalmente em depósitos de argilas moles, e também é utilizado para prever a capacidade de carga das fundações.

O ensaio de cone é simples, consistindo basicamente na cravação no terreno de uma ponteira cônica (60° de ápice), a uma velocidade constante de 20 mm/s, como pode-se observar na Figura 03. A sessão transversal é de 10 cm², podendo ser de até 15 cm² para equipamentos mais robustos, com maior capacidade de carga. Existem duas categorias em que podem ser classificados os equipamentos: Cone mecânico e cone elétrico (SCHNAID, 2000).

O equipamento de cravação é composto por uma estrutura de reação e um sistema, normalmente hidráulico, para aplicação das cargas. A penetração é obtida por meio da cravação contínua das hastes, que tem comprimento de um metro, seguida da retração do pistão hidráulico para o posicionamento de nova haste.

Em conclusão a principal vantagem desse ensaio é o registro contínuo da resistência à penetração, oferecendo uma descrição detalhada da estratigrafia do subsolo, que eliminam qualquer influência do operador nas medidas de ensaio.

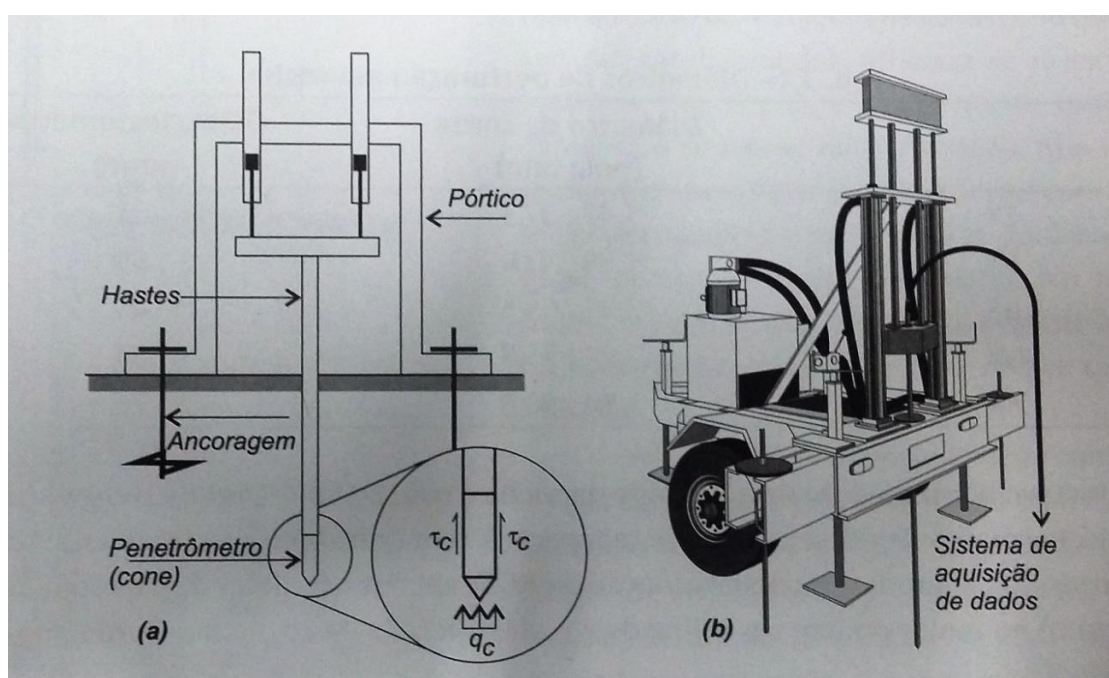


Figura 3 - Ensaio CPT: (a) princípio de funcionamento e (b) vista de um equipamento (desenvolvido pela COPPE-UFRJ juntamente com a GROM – Automação e Sensores).

Fonte – VELLOSO E LOPES (2011).

3.1.3 Ensaio de Cone (CPTU)

O ensaio de cone CPTU consiste na incorporação dos elementos que medem a poro-pressão aos cones elétricos, pois a poro-pressão associada à resistência oferecida pelo solo contribui para uma nova interpretação dos dados. (NUMMER, 2000).

O equipamento é a união da sonda piezométrica com o ensaio de cone elétrico. A sonda corrige a resistência de ponta por meio do monitoramento das poro-pressões, que são especialmente importantes na avaliação de argilas moles, como indica na Figura 04.

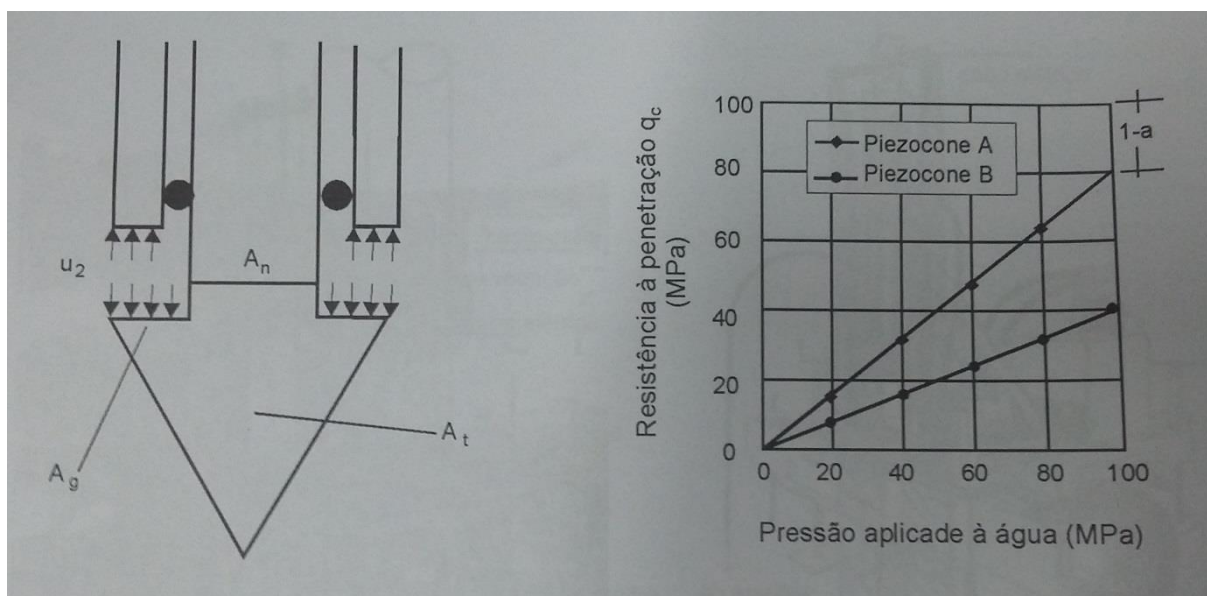


Figura 4 - Correções aplicadas às medidas de ensaios de piezocone.

Fonte – SCHNAID (2009).

3.2 Fundações

Feita a análise completa do solo, é dado início ao projeto de fundações, que pode ser classificada em dois grandes grupos: Fundações superficiais e profundas.

Define-se como fundação superficial ou rasa aquela em que as cargas da edificação (superestrutura) são transmitidas ao solo logo nas primeiras camadas. Para isso ocorrer, obviamente é necessário que o solo, logo nessas primeiras camadas, tenha resistência suficiente para suportar essas cargas (REBELLO, 2009).

A fundação profunda é adotada quando a fundação direta não for aconselhada, ou seja, quando o número de golpes da sondagem (SPT) maior ou igual a oito estiver à profundidade superior a dois metros. Este tipo de fundação transmite a carga da

superestrutura através do seu corpo, usando o atrito entre ela e o solo e a resistência na sua ponta, conforme Figura 05.

Existem diferentes tipos de classificação para as fundações profundas, entre estas estão: As fundações moldadas in loco ou pré-moldadas

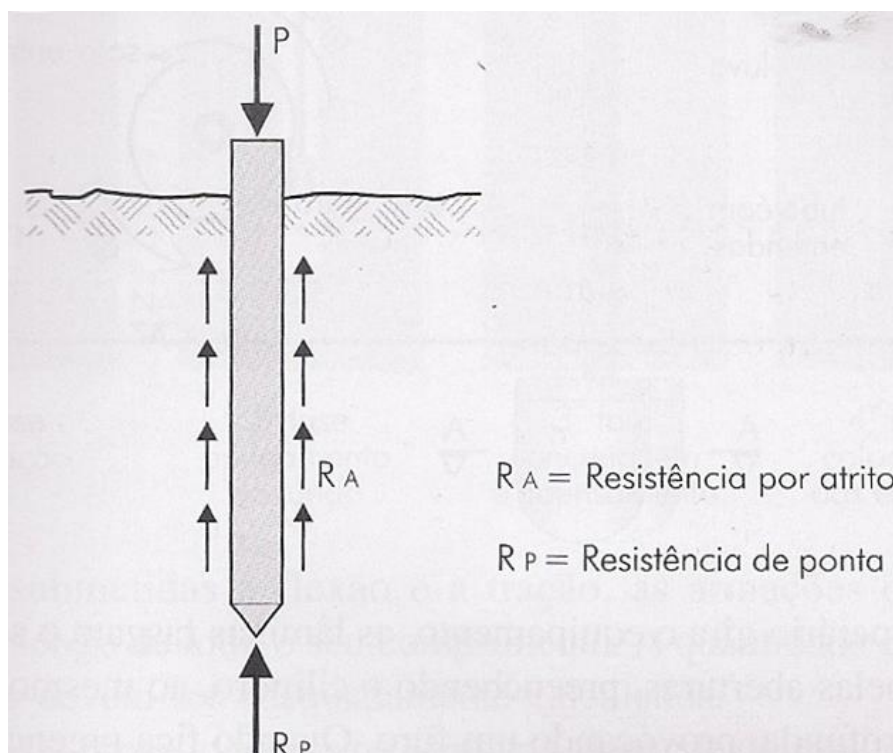


Figura 5 - Ilustração do atrito entre a fundação profunda e o solo.
Fonte - REBELLO (2008).

3.2.1 Sapata

Segundo a NBR 6122/2010, sapata é o elemento de fundação superficial de concreto armado, dimensionado de modo que as tensões de tração nele resultantes sejam resistidas por armadura especialmente disposta para este fim.

As dimensões das sapatas são determinadas pelas cargas aplicadas e pela resistência do solo, de forma que as tensões no solo sejam no máximo iguais a sua tensão admissível (VELLOSO e LOPES, 2011), como indicado na Figura 06.

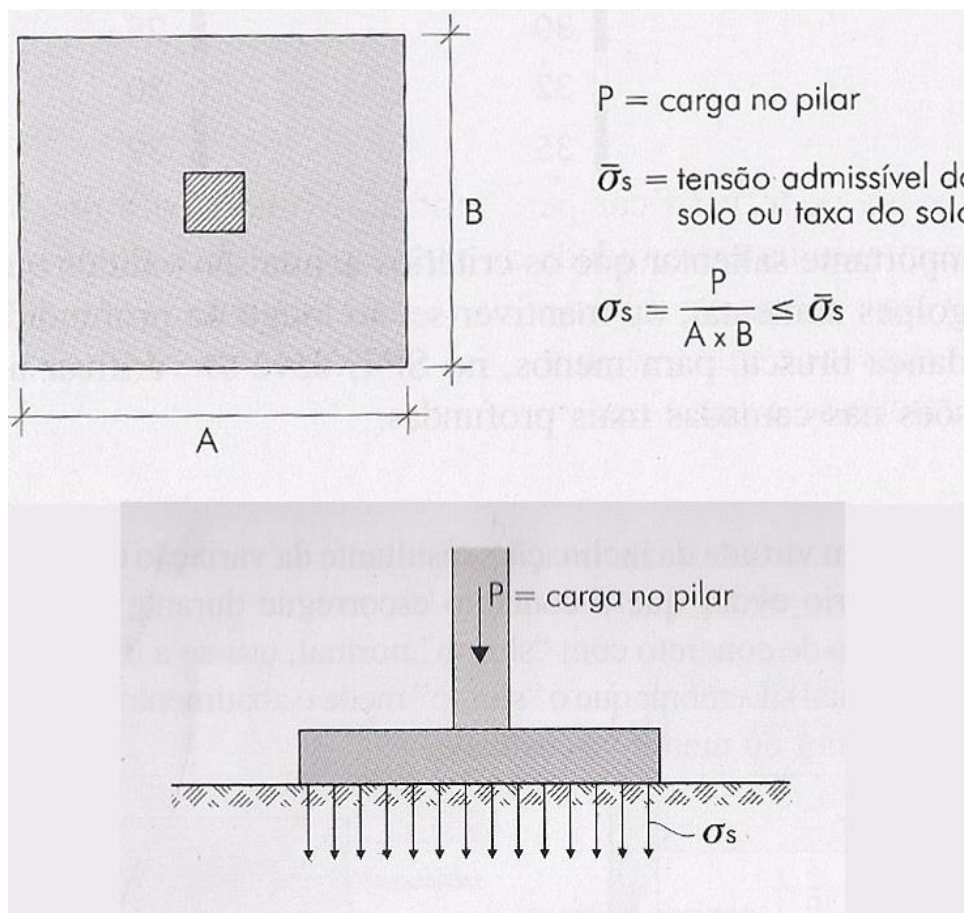


Figura 6 - Ilustração de sapata e demonstração da interação entre a sapata e solo.
Fonte - REBELLO (2008).

3.2.2 Blocos de Fundação

Os blocos são dimensionados estruturalmente, de forma a dispensar armadura. Em vista disso, os blocos são calculados sem necessidade de uma análise posterior de flexibilidade da fundação (ou da interação solo-fundação), como ilustrado na Figura 07.

O dimensionamento estrutural dos blocos é feito de tal maneira que dispensem armação (horizontal) para flexão. Assim, as tensões de tração que são máximas na base, devem ser inferiores à resistência à tração de concreto. Nessa condição, a segurança ao cisalhamento estará atendida. Ainda, ao dimensionar a altura do bloco, esta deve permitir a ancoragem dos ferros do pilar (VELLOSO e LOPES, 2011).

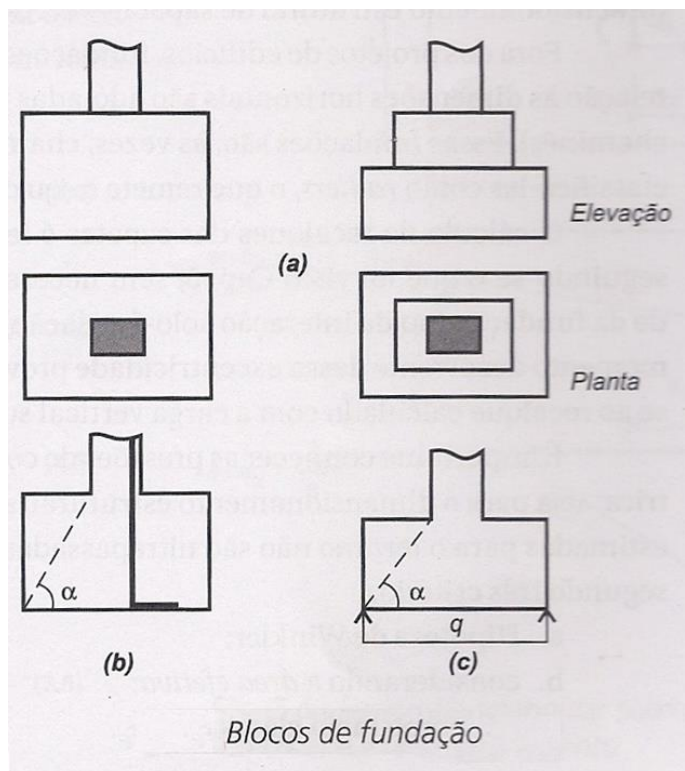


Figura 7 - Ilustração de blocos de fundação.
Fonte - REBELLO (2008).

3.2.3 Radiers

Segundo a norma brasileira de fundações, o nome radier é usado uma vez que uma fundação superficial associada recebe todos os pilares da obra, radier geral, ou se recebe uma parte deles, radier parcial.

O radier é usado como fundação quando, por exemplo, as áreas das sapatas estão próximas ou quando se interpenetram devido às cargas elevadas nos pilares e/ou as tensões de trabalho baixas. Esse tipo de fundação também pode ser aplicado quando se deseja uniformizar os recalques por meio de uma fundação associada. Uma vez que a área total das sapatas for maior que a metade da área da construção deve-se adotar radier.

Os raders são classificados quanto a sua forma ou sistema estrutural em quatro tipos principais: Radier liso; Radier com pedestal ou cogumelo; Radier nervurado; Radier em caixão. Como ilustrado na Figura 08. Os tipos listados estão em ordem crescente de rigidez relativa (SANTOS, 1987).

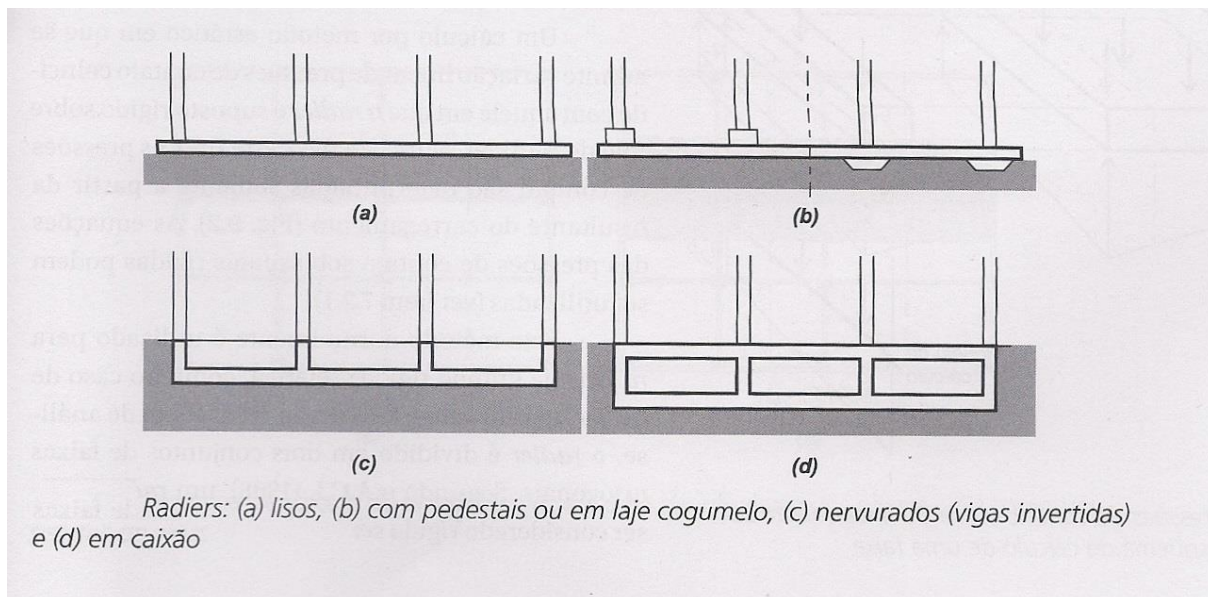


Figura 8 - Ilustração de radiers.
 Fonte - VELLOSO E LOPES (2011).

3.2.4 Estaca de Madeira

As estacas de madeira são feitas de troncos de árvores, razoavelmente retilíneos, com uma preparação do topo e ponta para cravação, além da limpeza da superfície lateral, e quando são utilizadas em obras permanentes deve ser feito um tratamento com produtos que garantem a proteção da madeira, Figura 09.

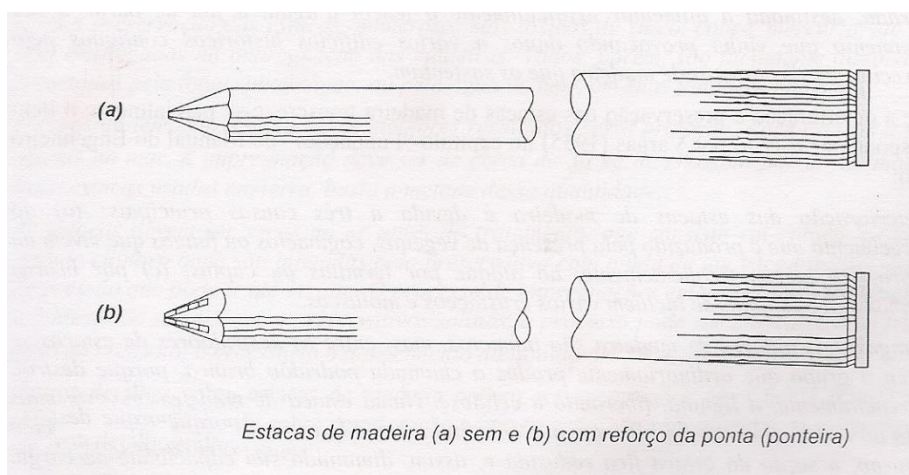


Figura 9 - Ilustração de estacas de madeira.
 Fonte - VELLOSO E LOPES (2002).

No Brasil, as estacas de madeira são atualmente utilizadas quase sempre em obras provisórias. No entanto, obras realizadas no passado, como por exemplo, o Teatro Municipal do Rio de Janeiro, utilizaram estacas de madeira permanentemente. Nos Estados Unidos e na Europa elas são muito utilizadas em obras permanentes.

Dentre as suas vantagens, estão: a sua longa duração, quando mantidas permanentemente debaixo d'água, pois quando sujeitas a mudanças de secura e umidade inicia-se o processo de deterioração; facilidade de manuseio; facilidade de corte e preparo para cravação.

Segundo LOPES (2002), para manter em bom estado as estacas de madeira, elas devem ser arrasadas sempre abaixo do nível mínimo, nas regiões onde o nível de lençol d'água está sujeito a variações.

A deterioração é dada por três principais causas: o apodrecimento devido à presença de vegetais, cogumelos ou fungos presentes na madeira; o ataque de cupins ou térmitas; brocas marinhas onde estão incluídos vários crustáceos e moluscos. No caso da utilização de estacas de madeira em obras terrestres, onde permanecem completamente ou parcialmente acima do lençol d'água é necessária aplicação de preservativos ou o uso de madeiras mais resistentes.

3.2.5 Estacas Metálicas

As estacas metálicas também conhecidas como estacas de aço, possuem várias formas, desde perfis a tubos. Entre os perfis laminados, estão os trilhos, que são normalmente utilizados após serem retirados das ferrovias. Os Perfis são utilizados isolados ou associados, como mostra a Figura 10.

As principais vantagens na utilização desse tipo de estaca são: facilidade de adaptação a cada caso, pois são fabricadas com seções de várias formas e dimensões; oferecem maior capacidade de carga por unidade de área de seção transversal; baixo peso quando é levada em consideração a resistência de compressão, tração e flexão, além de facilitar o transporte e a manipulação; facilidade de corte com maçarico ou emendas por solda; em casos especiais podem-se utilizar aços resistentes à corrosão.

As principais desvantagens são: possuem alto custo se analisado isoladamente, sem levar em conta as facilidades de transporte e garantia de manipulação; possuem facilidade de corrosão se a estrutura é exposta a atmosfera e a água, o que pode ser corrigido com a utilização de uma proteção adequada.



Figura 10 - Execução de estacas metálicas.

Fonte – Site Brasil Gerador de Preços

3.2.6 Estacas Pré-moldadas

Segundo REBELLO (2009), as estacas pré-moldadas são fornecidas prontas, normalmente já confeccionadas em indústria e são cravadas no solo utilizando o equipamento denominado bate-estaca. As estacas pré-moldadas podem ser de madeira, de aço ou de concreto. Em algumas situações, quando for conveniente, podem ser compostas de dois materiais diferentes. Por exemplo, pode-se usar uma estaca mista de concreto e aço quando for preciso atravessar solos mais rígidos. Neste caso, a parte metálica facilita a cravação, Figura 11.

Dentre as vantagens à estaca pré-moldada oferece maior segurança na passagem por camadas muito moles, uma vez que a concretagem in loco pode

apresentar problemas. Por outro lado, as estacas pré-moldadas podem apresentar dificuldades de adaptação às variações do terreno.

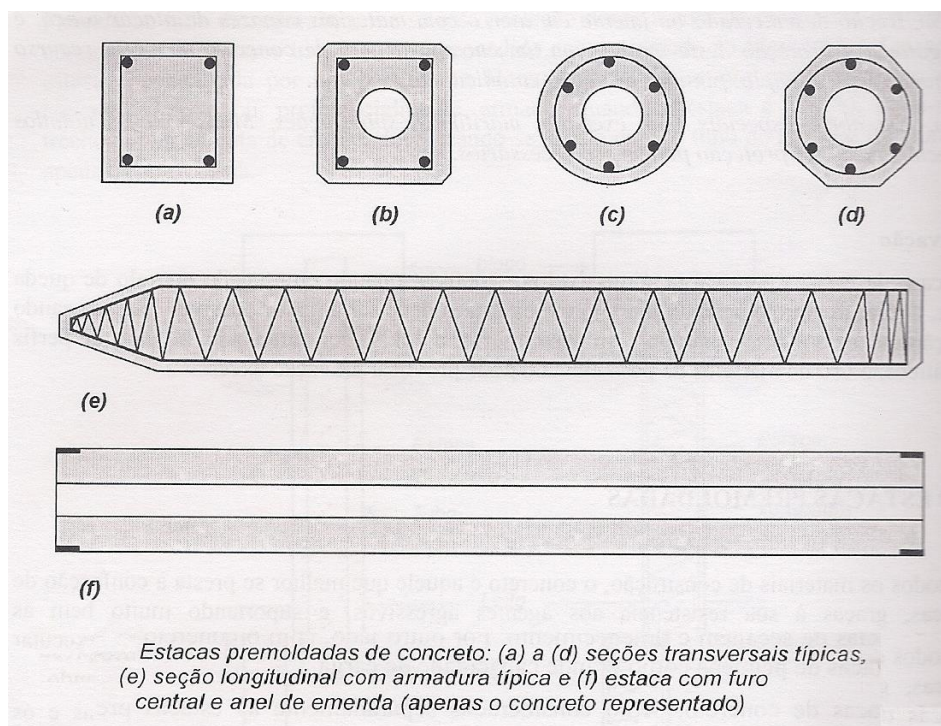


Figura 11 - Ilustração de estacas pré-moldadas de concreto.
Fonte - VELLOSO E LOPES (2002).

3.2.7 Estacas de Concreto Moldadas no Solo

As estacas de concreto moldadas no solo se destacam quando comparadas as pré-moldadas devido à possibilidade de executar a concretagem no comprimento exatamente necessário.

3.2.7.1 Estacas tipo Broca

Esse tipo de estaca é normalmente utilizado em obras com baixa carga e é considerada a forma mais rudimentar, executada geralmente com trado manual, conforme Figura 12.



Figura 12 - Execução de estaca tipo broca com trado manual.

Fonte – Site Eng Carlos

Segundo a norma NBR 6122/2010 no item 7.8.5, é executada com trado manual, sem uso de revestimento. A escavação atinge até a profundidade prevista no projeto, após essa etapa faz-se a limpeza do fundo removendo o material desagregado que foi acumulado durante a escavação. Diante dessa forma de execução só poderão ser utilizadas abaixo do lençol d'água se o furo puder ser seco antes da concretagem. O concreto é lançado com auxílio de um funil, sendo constituído de cimento superior a 300 kgf/m^3 , em geral não são armadas, utiliza-se apenas ferro de ligação com bloco. Como consequência das condições mecânicas oferecidas pelo terreno a esse tipo de estaca, as cargas de trabalho tendem a ser baixas.

3.2.7.2 Estacas Strauss

São indicadas em solos conhecidos, os profissionais que realizam a execução não necessitam de muita especialização, sendo necessários um tripé e um pequeno pilão, Figura 13.

A perfuração é feita através de um tubo que perfura no terreno ou por escavação com uma ferramenta chamada “piteira”. Utiliza-se concreto com fck não inferior a 15 MPa e o cimento deve ser superior a 300 kgf/m^3 . Se por ventura houver água no fundo do furo, que não possa ser retirada por sonda, é lançado um concreto seco para obturar o fundo e é desconsiderada a contribuição da ponta da estaca. Podem ser armadas, e, quando não armadas deve haver uma ligação com o bloco por ferragem.

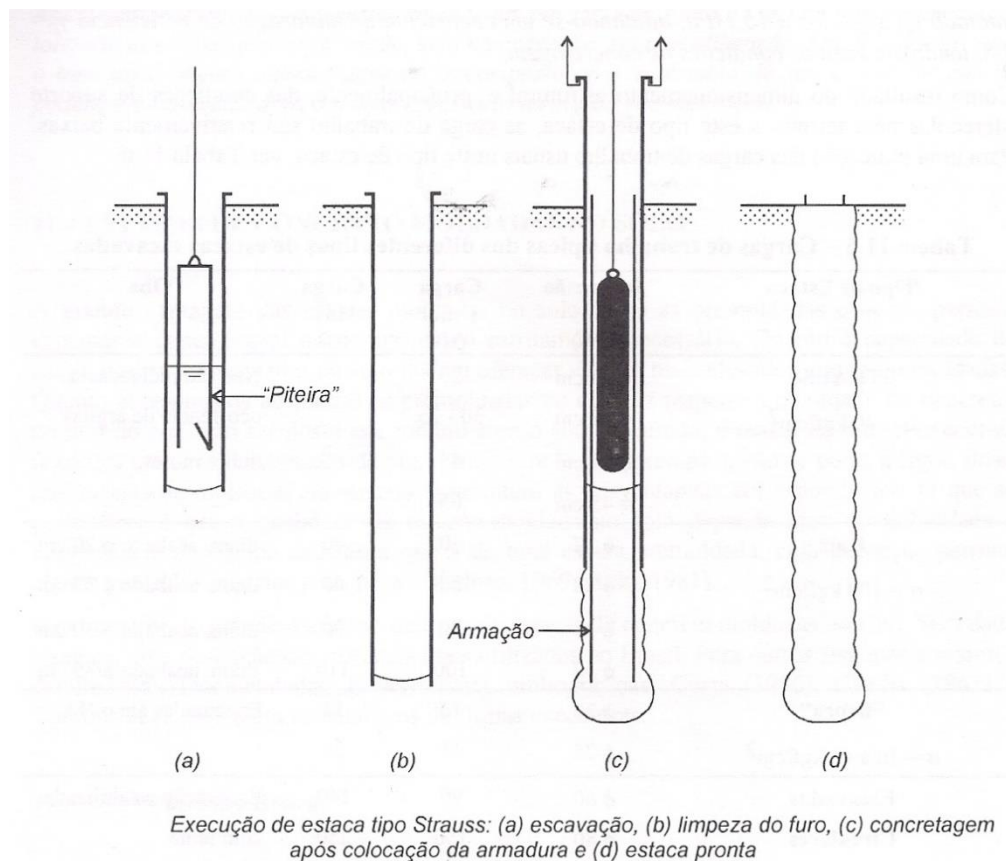


Figura 13 - Execução de estacas tipo Strauss.

Fonte - VELLOSO E LOPES (2002).

3.2.7.3 Estaca apiloada

Em algumas localidades do país é utilizada esse tipo de estaca, que é executada por meio de um soquete para perfurar o solo, sem revestimento.

3.2.7.4 Estacas tipo Franki (Standart)

Das estacas de concreto moldadas no solo, a tipo Franki é uma das mais utilizadas no Brasil. A estaca Frank padrão é executada em quatro fases (SANTA MARIA, 1993), como indicado na Figura 14.

A primeira fase é a cravação do tubo, o qual é posicionado verticalmente segundo a inclinação indicada para a estaca, logo após é lançada sobre ele brita e areia que se choca de encontro ao terreno, através de golpes de um pilão de um a

quatro toneladas. A brita e a areia formam no fundo uma “bucha” que protege o tubo da água e do solo, que passam a não penetrar.

A segunda fase é a execução da base alargada, onde é feita a expulsão da bucha e o alargamento da base da estaca.

A terceira fase é a colocação da armadura, utilizada nos casos onde o terreno necessite da estaca armada ou os esforços a que a estaca é submetida necessite. Essa disposição é realizada de forma que a armadura fique entre o tubo e o pilão, para que o pilão trabalhe livremente no interior da armadura.

A quarta fase é a concretagem do fuste da estaca, concluída a armadura, executa-se o fuste, apiloando concreto em camadas de espessura indicada, e simultaneamente retira-se o tubo, havendo cuidado para que a quantidade de concreto não permita a entrada de água e solo.

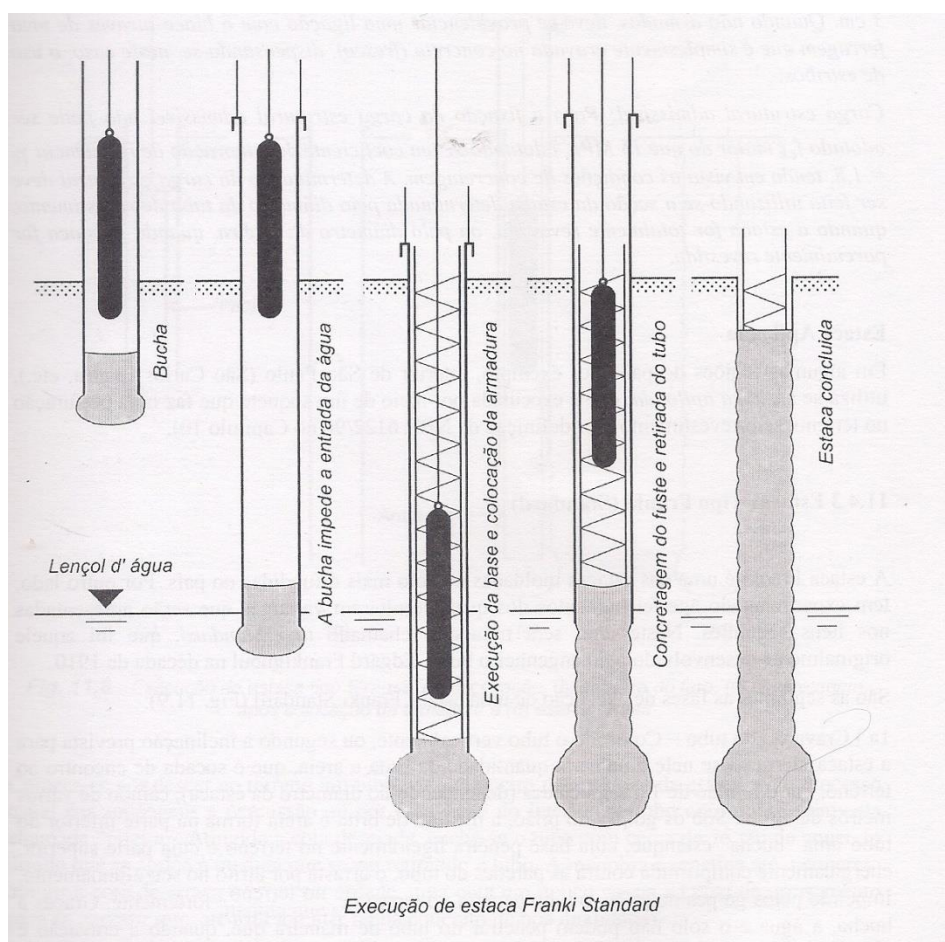


Figura 14 - Execução de estacas Franki standard.

Fonte - VELLOSO E LOPES (2002).

3.2.7.5 Estacas Franki tubada

Nas construções de pontes e obras marítimas a estaca Frank tubada tem sido muito utilizada, uma vez que essa é indicada nos casos em que a estaca tem uma parte em água ou ar. Uma das vantagens notadas ocorre durante sua execução, visto que não é imposto às estruturas de apoio da máquina esforços muito elevados em função de não ocorrer a fase de extração do tubo de cravação, Figura 15. No entanto, o trecho que irá compor o tubo deve ser reforçado de maneira que suporte os esforços na cravação e alargamento da base (SANTA MARIA, 1993).

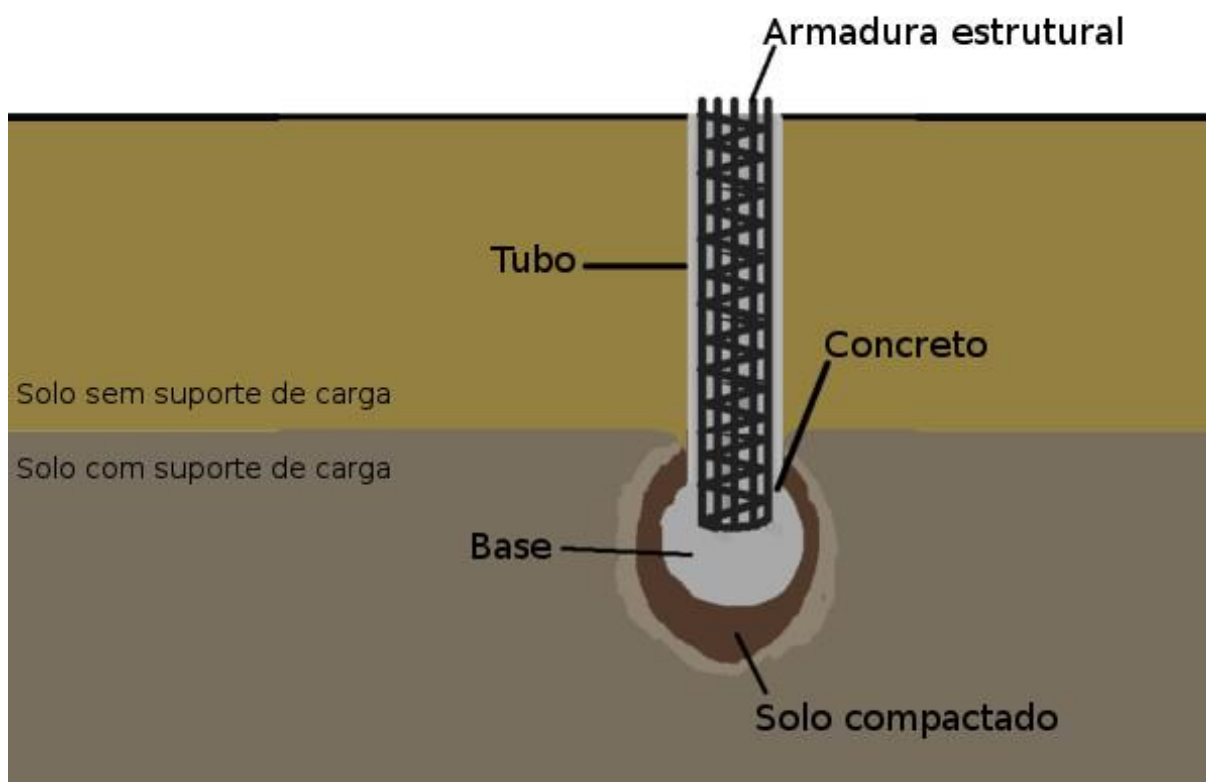


Figura 15 - Ilustração de estacas Franki tubada.

Fonte – Site E Civil Net

3.2.7.6 Estacas Franki mista

Primeiramente o tubo é fincado com a bucha e a base alargada pelo processo padrão, conforme estaca Frank (Standart), a partir daí é lançado sobre a base uma

determinada quantidade de concreto de ligação. A seguir coloca-se a parte pré-fabricada na base, que contém pontas de vergalhão, que possibilitam a amarração do elemento na extremidade inferior. Então é extraído o tudo de cravação finalizando o processo, como na Figura 16.

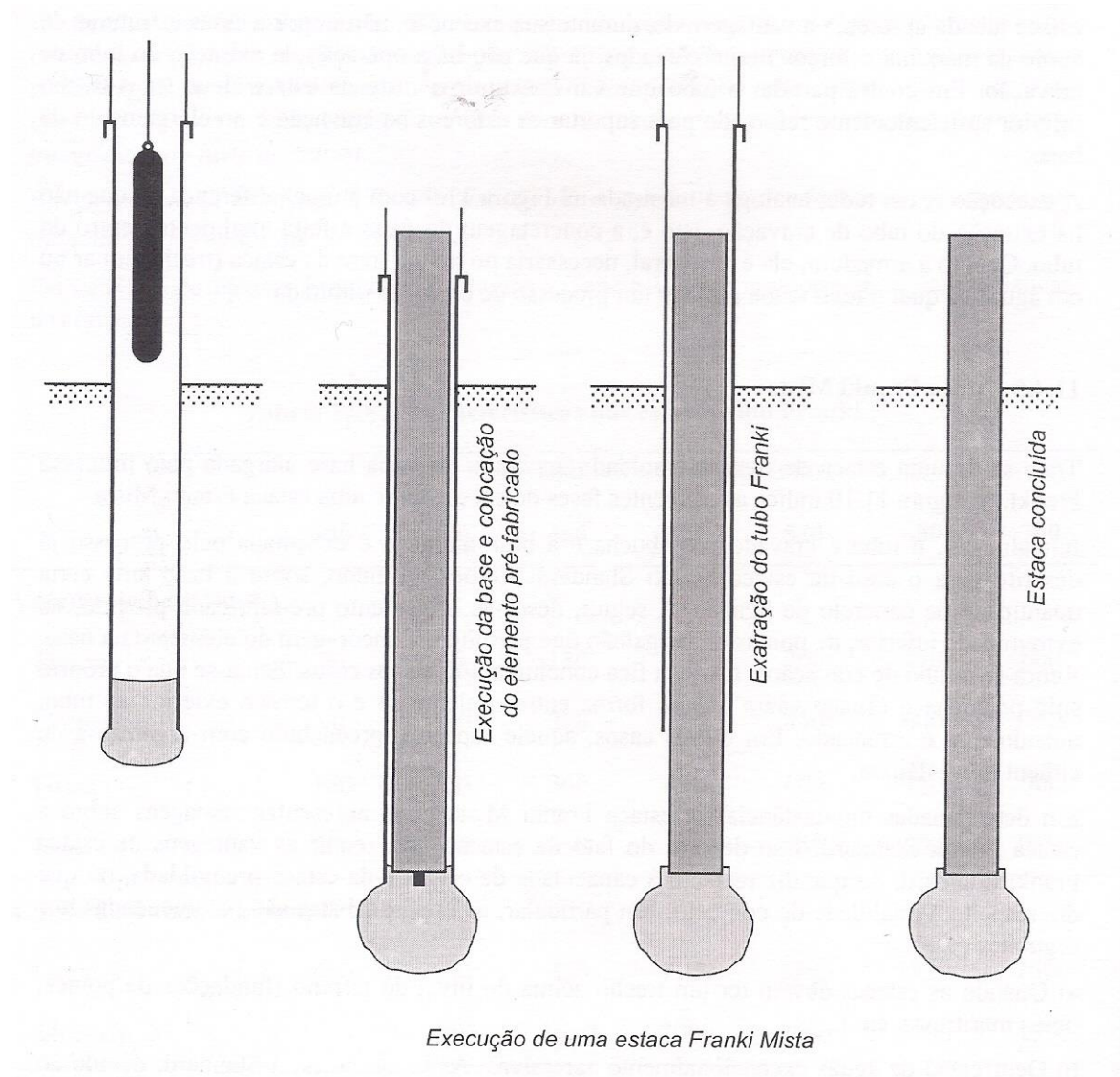


Figura 16 - Execução de estacas Franki mista.

Fonte - VELLOSO E LOPES (2002).

O espaço criado entre o elemento e o terreno é preenchido no momento em que este é arrancado do solo. Em outros casos o espaço é ocupado com argamassa de cimento ou asfáltica.

Esse tipo de estaca é indicado quando há uma parte acima do terreno e quando há presença de águas agressivas, pois o concreto utilizado tem elevada compacidade. Em casos de elevada agressividade é recomendada a utilização de uma pintura betuminosa no fuste.

3.2.7.7 Estaca Franki com fuste vibrado

Na intenção de aperfeiçoar a execução das estacas tipo Franki e preservar o aspecto fundamental dessa estaca, que é a alta capacidade de carga devido a base alargada, foram introduzidos dois processos para otimizar a execução. O primeiro deu origem à estaca Franki com fuste vibrado (VALENTIM, 2012).

A execução é realizada conforme a estaca (Standart) até a fase de armadura e então o tubo é preenchido por completo em um só momento com concreto plástico. Depois da concretagem, adéqua-se ao tubo um vibrador específico, de vibração unidirecional vertical, e a retirada do tubo acontece com o auxílio do bate estacas. É indicado nos casos de terrenos com argila mole pois facilita a concretagem do fuste, conforme Figura 17.

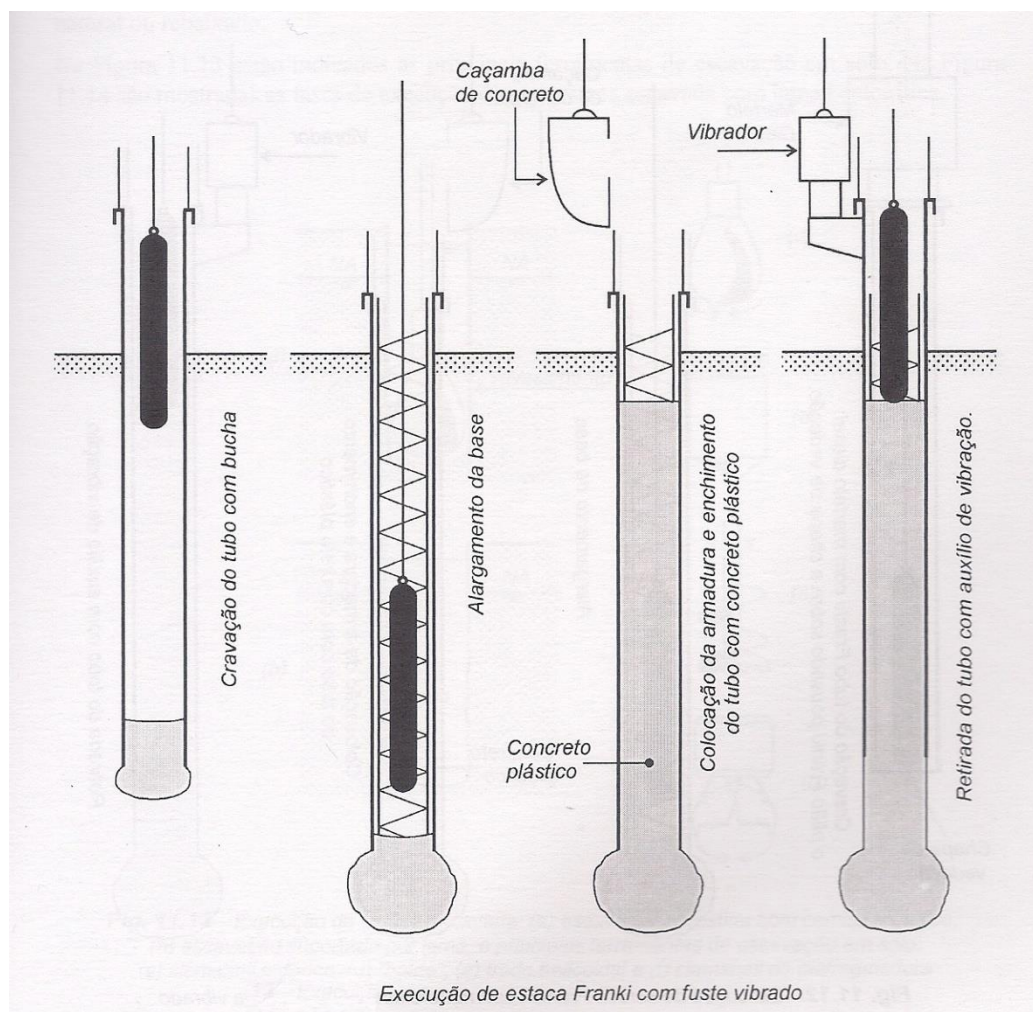


Figura 17 - Execução de estacas Franki com fruste vibrado.

Fonte - VELLOSO E LOPES (2002).

3.2.7.8 Estaca Franki com cravação por martelo automático e fruste vibrado

O segundo processo utilizado na intenção de aperfeiçoar é o uso de um martelo automático para cravação do tubo. A bucha que é normalmente composta de brita e areia ou concreto é trocada por uma chapa de aço e o tubo é fixado até a profundidade prevista. A partir daí é inserido o pilão de queda livre que tem como função mover a chapa de aço da base do tubo, promovendo o alargamento da base (VALENTIM, 2012).

Parte-se para a colocação da armadura e o martelo é substituído pelo vibrador, concretando-se à estaca com fruste vibrado, Figura 18.

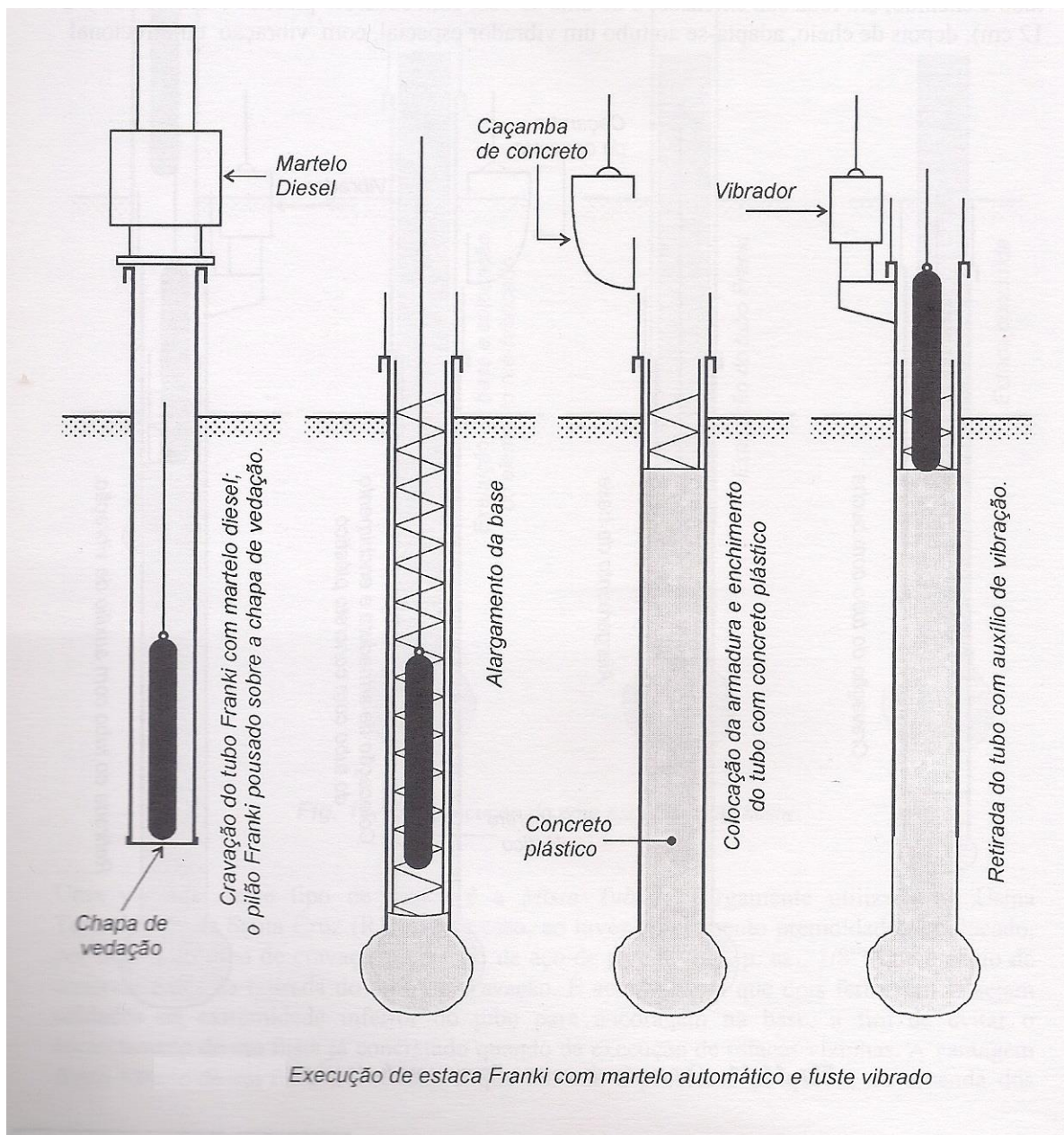


Figura 18 - Execução de estacas Franki com martelo automático e fuste vibrado.

Fonte - VELLOSO E LOPES (2002).

3.2.8 Estacas Escavadas

As estacas escavadas são executadas a partir de uma perfuração no terreno, e a retirada desse material seguida da concretagem do tubo que foi perfurado, como na Figura 19.

Existem casos em que a base é alargada. As paredes do local perfurado podem ter suporte, que em alguns casos possuem revestimento. Nos casos de terrenos coesivos, ou seja, acima do lençol d'água é permitida a perfuração sem suporte.

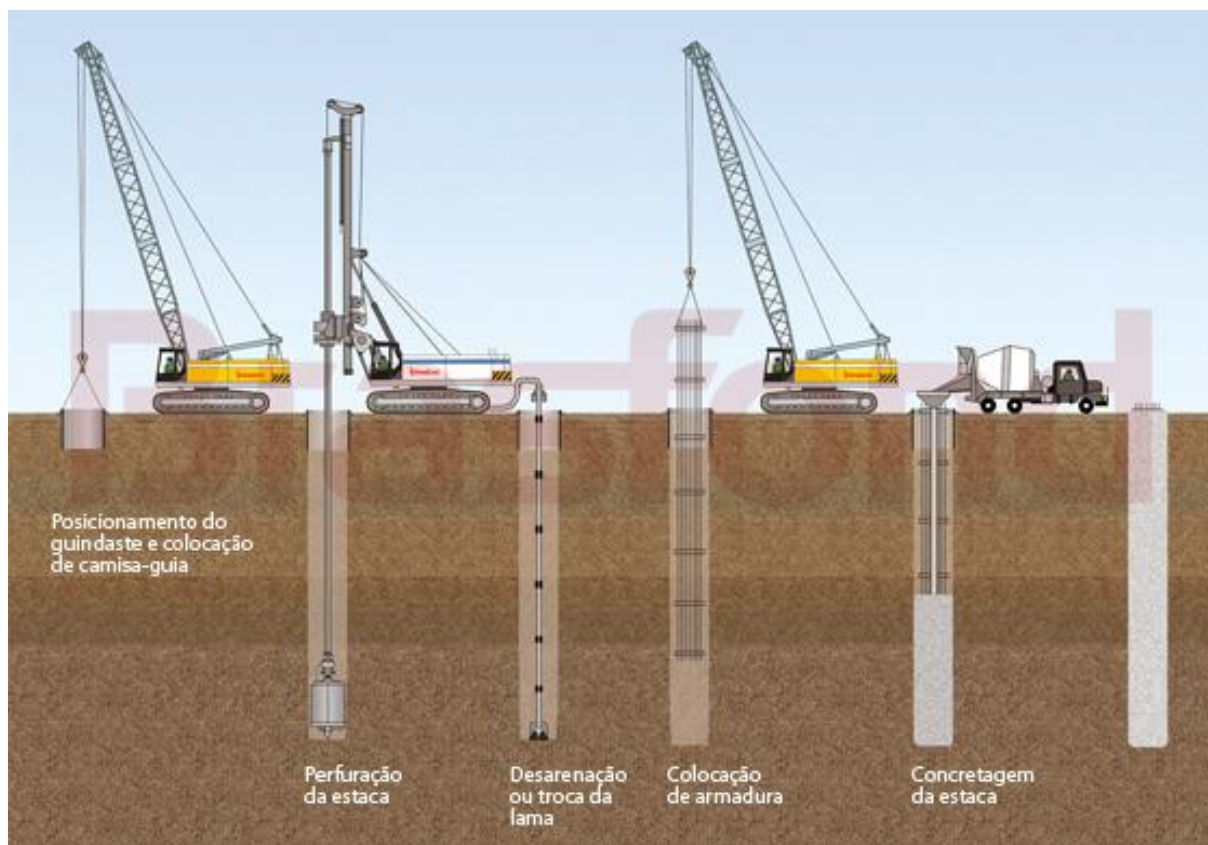


Figura 19 - Execução de estacas escavadas.

Fonte – Site Bras Fond

Quando se tem a perfuração não suportada, com ausência de água, o concreto é simplesmente lançado do topo. Quando a perfuração é suportada com revestimento perdido, sem a presença de água, o concreto também é lançado do topo sem o auxílio da tromba. No caso de perfuração suportada com revestimento perdido ou a ser recuperado com presença de água, ou seja, em que a concretagem é realizada submersa, é necessário à ajuda da tremonha ou outro método. Outro tipo de estaca cravada é a perfuração suportada com revestimento a ser recuperado, sem a presença de água, o concreto é lançado em quantidades reduzidas e com fator água/cimento baixo. Após o tubo ser completo de concreto plástico o mesmo é retirado

de maneira que o fuste seja preservado. Por último há a perfuração suportada por lama, onde a concretagem é realizada submersa, com o auxílio da tremonha.

3.2.8.1 Estacas Escavadas com injeção

As estacas escavadas com injeção compreendem as estacas-raízes e microestacas. As microestacas são executadas com uso da pressão dos tirantes injetados em múltiplos estágios, de maneira que estes garantam a abertura das manchetes (válvulas múltiplas) e posteriormente a injeção a altas pressões. As estacas tipo raiz usam perfuração revestida, após o fim da perfuração é feita a limpeza do furo, e posteriormente a instalação da armadura, feito isso a argamassa é aplicada sob pressão na extremidade superior com ar comprimido durante a retirada do tubo de revestimento. As pressões utilizadas são baixas, visto que tem como finalidade manter a integridade da estaca (VELLOSO e LOPES, 2002).

Essas estacas têm características específicas que possibilitam o seu emprego em casos em que os outros tipos não são indicados, dentre eles estão: não produzir choques nem vibrações; podem ser executadas, com as ferramentas específicas, mesmo em matacões ou peças de concreto; a sua execução é possível em áreas restritas, devido aos equipamentos necessários serem de pequeno porte; não há limitações quanto à inclinação; podem ser usadas como reforço, uma vez que é possível incorporá-las. Diante de tantas características as estacas escavadas com injeção quase retiraram do mercado as chamadas estacas prensadas.

3.2.8.2 Estacas tipo Hélice contínua

A estaca tipo hélice contínua é constituída por concreto e é moldada “in loco” e executada através de um trado contínuo, com injeção de concreto pela própria haste do trado. Utilizadas nos Estados Unidos e Europa desde a década de 1970, foram introduzidas no Brasil há pouco tempo pela vantagem de possuir baixo nível de vibrações e elevada produtividade. Existem dois tipos de estacas tipo hélice contínua, com deslocamento de solo e com escavação do solo, como ilustrado na Figura 20.

O tipo hélice contínua com escavação do solo é composta por uma hélice de chapas em espiral que se desenvolvem em torno do tubo central, a extremidade inferior é constituída de garras que permitem cortar o terreno e de uma tampa que impossibilita a entrada do solo no tubo central durante a escavação. A perfuração é basicamente a introdução da hélice no solo através do movimento rotacional, gerado pelos motores hidráulicos acoplados na extremidade superior da hélice. Vale salientar que a hélice não é retirada da perfuração em nenhum momento até que a cota do projeto seja atingida. A concretagem é iniciada assim que a profundidade desejada é alcançada, o concreto é bombeado através do tubo central ao mesmo tempo em que a hélice é retirada, sem girar, ou girando lentamente no mesmo sentido da perfuração. A velocidade de extração da hélice deve ser de maneira que a pressão no concreto se mantenha positiva (HACHICH e FALCONI, 2008).

O processo de colocação da armadura é realizado após o término da concretagem, a gaiola da armadura é introduzida na estaca manualmente ou com o auxílio de um vibrador pelo operador. As estacas que são submetidas apenas a esforços de compressão levam uma armadura no topo com 2m de comprimento (abaixo da cota de arrasamento). Já as submetidas a esforços transversais ou de tração a armadura é introduzida com maior comprimento.

Os principais tipos de estaca hélice contínua com deslocamento do solo são: Estaca ômega e estaca atlas. Vale ressaltar que estas estacas diferem das citadas anteriormente, na medida em que o trado penetra o terreno de maneira a afastar o solo lateralmente na hora em que a ferramenta é introduzida ou extraída.

As estacas ômega têm a perfuração realizada por movimento de rotação e, eventualmente, força de compressão do trado onde o tubo central é fechado por uma ponta metálica que será perdida, a armadura é introduzida em todo o comprimento da estaca. O concreto é injetado no momento da retirada do tubo por movimento de rotação.

As estacas atlas podem atingir comprimentos de até 25 metros, sendo a sua execução semelhante à da estaca ômega, diferindo apenas no seu processo de retirada do tubo, que é feita pelo movimento de rotação no sentido contrário ao da introdução.

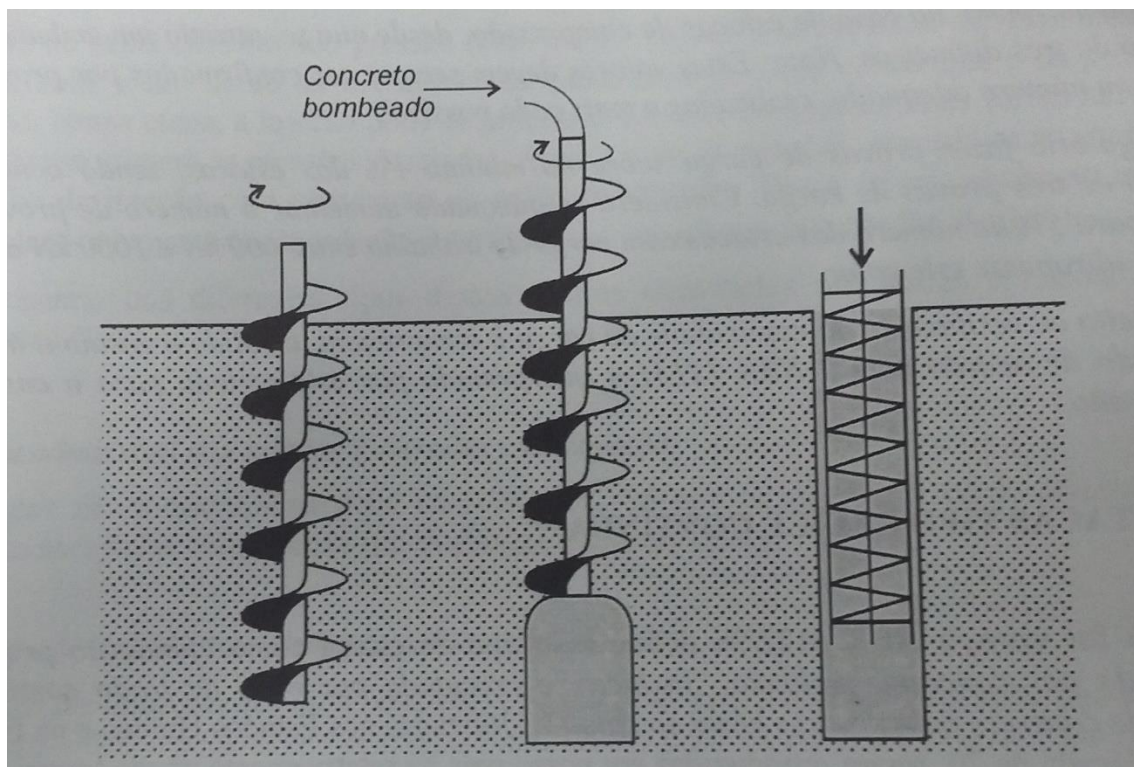


Figura 20 - Execução de estaca hélice contínua.
Fonte - VELLOSO E LOPES (2002).

3.2.9 Estacas Prensadas

As estacas prensadas, vulgarmente conhecidas como estacas tipo Mega, são compostas por partes pré-moldadas de concreto ou por partes metálicas, que são cravados por prensagem, com auxílio de macacos hidráulicos. Foram criadas a princípio para reforço de fundações, no entanto, têm sido utilizadas como fundações normais, nos casos em que há necessidade de evitar vibrações ou choques, Figura 21.

No seu processo de cravação utiliza-se uma plataforma com sobrecarga ou até mesmo o próprio equipamento é utilizada como carga. Nos casos de utilizar a própria estrutura como carga é necessário verificar se o terreno será capaz de receber a carga de uma só vez.

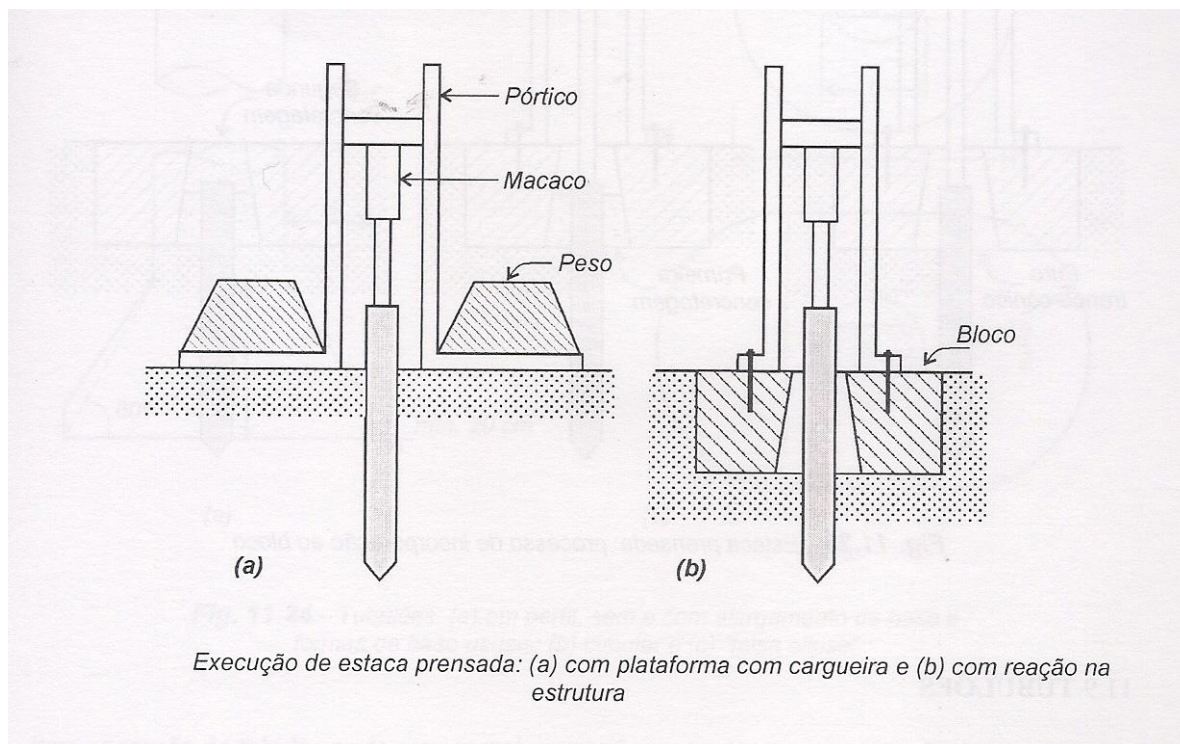


Figura 21 - Execução de estaca prensada.

Fonte - VELLOSO E LOPES (2002).

A grande vantagem da estaca prensada sobre as demais é que em toda estaca cravada é necessário à realização de uma prova de carga igual a 150% da carga de trabalho.

3.2.10 Tubulões

Os tubulões têm sempre o fuste cilíndrico, e a base pode ser alargada ou não, esses alargamentos poderão ser circulares ou elípticos, de forma que dispense armadura, como Figura 22. A forma da base também será determinada pela estabilidade de escavação (ALONSO E GOLOMBEK, 2008).

Para a execução do tubulão pode ser necessário o uso de revestimento, esse revestimento poderá ser metálico ou de concreto. A concretagem poderá ser feita de duas maneiras, a seco ou com o auxílio de uma tromba ou tremonha em casos de ser concretado embaixo d'água. Pode-se fazer uso do ar comprimido para eliminar a água presente no interior do tubulão durante a sua execução.



Figura 22 –Tubulão a céu aberto de concreto armado.
Fonte – Site: Brasil gerador de preços.

4 ESTUDO DE CASO

4.1 Considerações Iniciais

Para retratar de maneira clara a necessidade do estudo geotécnico antes da elaboração do projeto de fundações, foi utilizado um Estudo de Caso de uma obra localizada na Avenida Lúcio Meira, Volta Redonda-RJ, de um galpão comercial, que será construído de concreto pré-moldado, em que por meio de ensaios geotécnicos (SPT) foram encontrados solos com características diferentes, obrigando o uso de diferentes tipos de fundações para o mesmo galpão.

Foram executados 12 furos de sondagem a percussão com circulação de água e protegidos por revestimento de 2 ½" (NBR-6484/2001). Perfazendo um total de 46,05 metros perfurados, Figura 23.

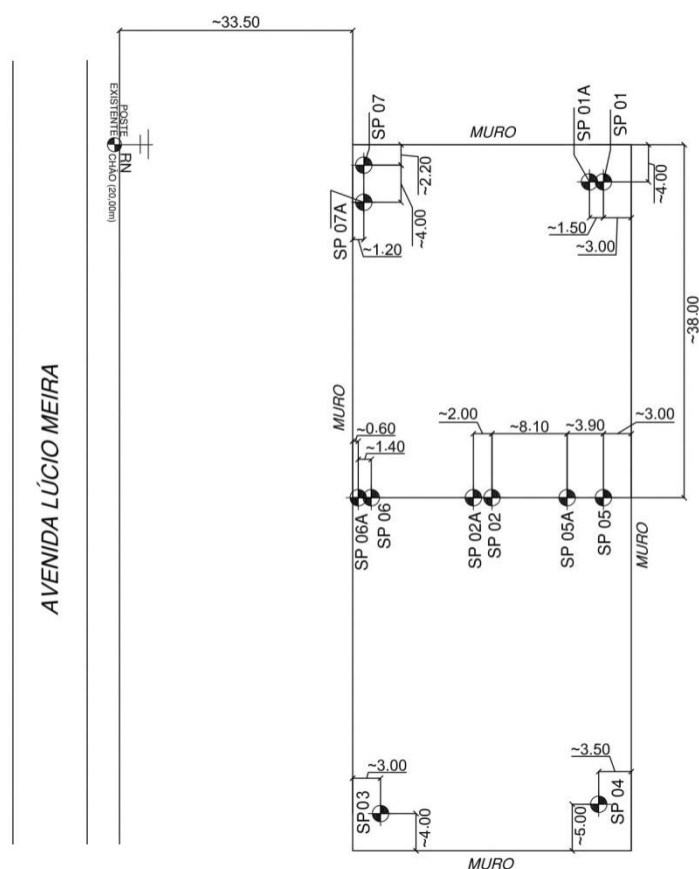


Figura 23 –Localção dos furos do ensaio SPT de sondagem simples.

Fonte – Anexo I.

Após a realização da sondagem simples reconheceu-se a necessidade da execução de sondagem mista para melhor interpretação do subsolo, a qual foram executados 2 furos de sondagem mista com circulação de água e protegidos por revestimento BW (ABGE), perfazendo um total de 4,96 metros perfurados com índice SPT, 11,81 metros perfurados com sonda rotativa em alteração de rocha e 10,10 metros perfurados com sonda rotativa em rocha fraturada, Figura 24.

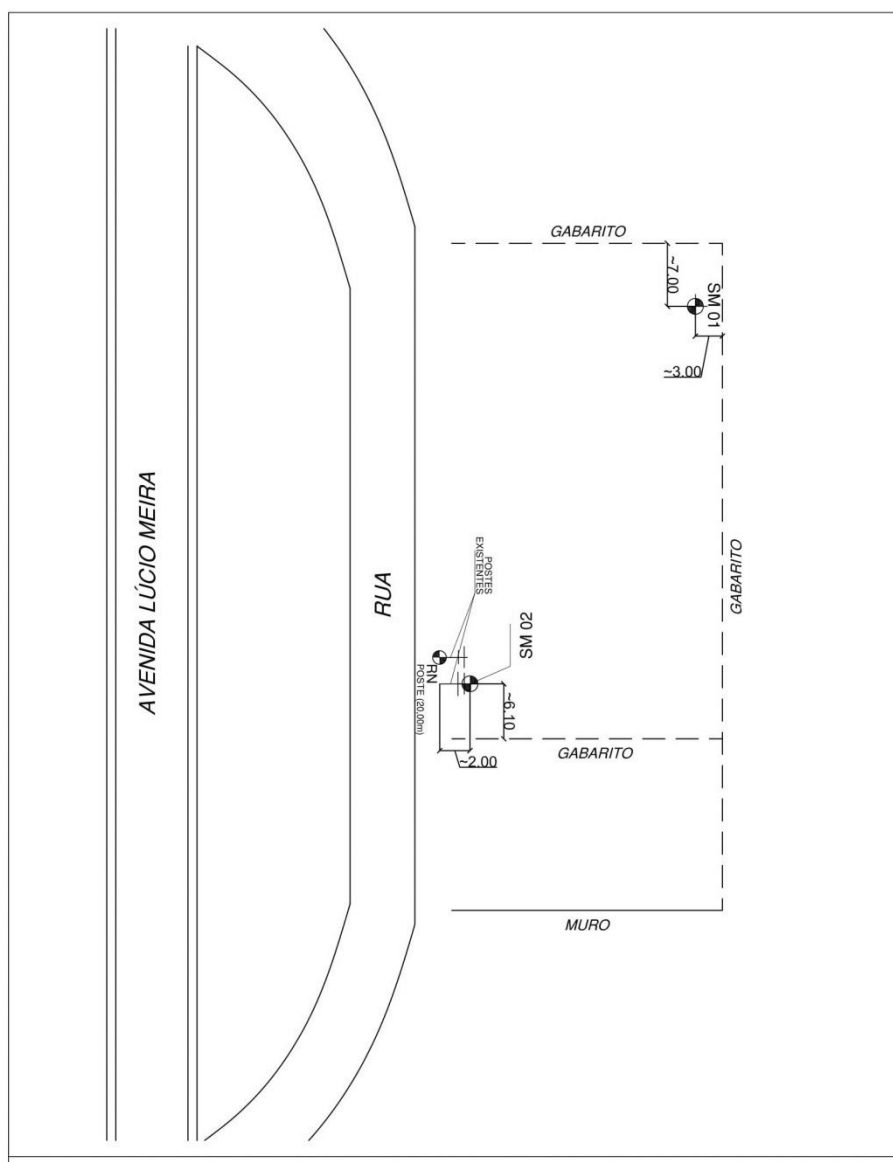


Figura 24 – Localização dos furos do ensaio SPT de sondagem mista.

Fonte – Anexo I.

Ao analisar os relatórios de sondagem simples e mista é possível observar o comportamento heterogêneo do subsolo. O terreno onde será realizado o empreendimento pode ser dividido basicamente em duas partes que se diferem quanto as suas características de resistências do solo, conforme Anexos I e II. A parte superior, ou seja, próximo à divisa, é composta de um solo predominantemente resistente, com presença de rocha florada a baixa profundidade. Já na parte inferior, na direção da futura ampliação, encontra-se um solo com baixa resistência em alta, Figura 25.

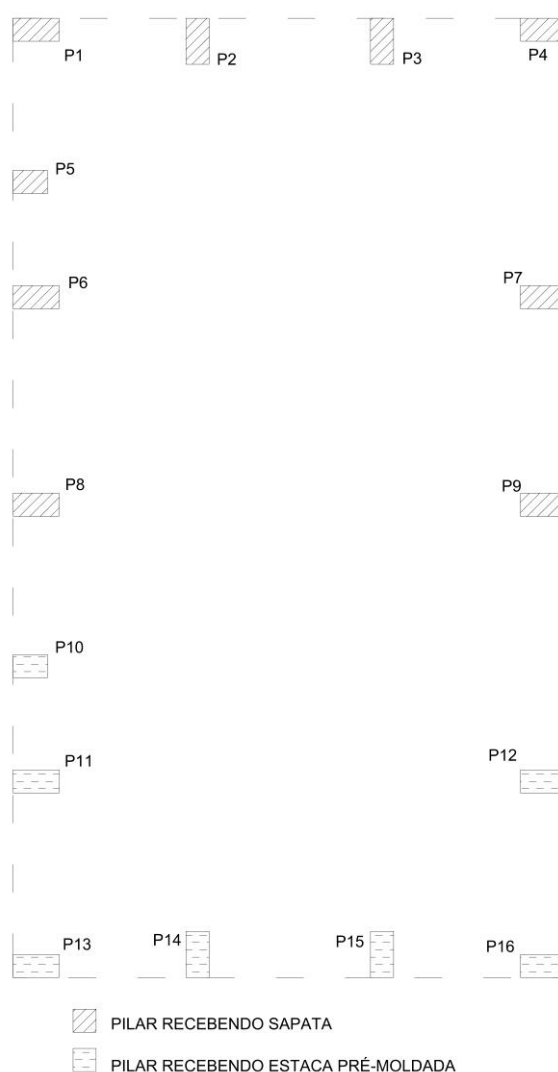


Figura 25 – Croqui da locação dos pilares em planta.
Fonte – Elaborado pelos autores.

A estrutura é comporta por 16 pilares de diferentes dimensões, variando entre 60/35cm, 30/50cm, 40/30cm, para mais detalhes vide Anexo II.

A escolha deste Estudo de Caso tem como principal objetivo ressaltar a importância do estudo prévio dos solos, visto que, a realização de um projeto de fundações sem as informações obtidas nos ensaios, estaria prejudicada, ressaltando que nas fundações mistas a possibilidade de ocorrência de recalque diferencial é maior, obrigando o projetista a tomar as medidas para evitar ao máximo que o mesmo ocorra. Uma das saídas, quando possível, é a divisão da estrutura em setores que possuem o mesmo tipo de fundação, e conseqüentemente comportamento similar. A estrutura utilizada foi em concreto pré-moldado que possui uma deslocabilidade desejada, ou seja, permitindo pequenos deslocamentos não havendo necessidade de dividir a estrutura em setores. Houve também a necessidade de combater o deslocamento gerado devido às cargas aplicadas, que foi realizado através de vigas reforçadas de amarração, que contenham esse deslocamento.

Neste projeto foram implantadas fundações mistas (profundas e rasas). Nas regiões onde o solo apresentou resistência em baixa profundidade, aplicou-se fundações do tipo rasa (Sapata), já nas regiões onde o solo apresentou resistência em alta profundidade (13 metros), foi necessária a aplicação de estacas pré-moldadas, acompanhadas de blocos de coroamento.

Durante o estudo foram destacados dois casos específicos, um onde foi implantada fundação rasa, tipo sapata, e outro onde foi implantada fundação profunda, tipo estaca pré-moldada. No primeiro caso a escolha do tipo de fundação foi dada em função das informações obtidas nos relatórios de sondagem, cuja sondagem representativa é a SP01, conforme Anexo I, em que o solo apresentou resistência necessária logo no começo do ensaio, com uma baixa profundidade, devido à presença de rocha. Além da escolha adequada de fundação este estudo permitiu um planejamento quanto à forma de escavação, visto que esse tipo de material requer equipamentos específicos.

Para o segundo caso, a sondagem representativa é a SP03, conforme Anexo I, na qual o solo se apresenta com características diferentes da primeira quanto a sua resistência, obrigando a utilização de uma fundação profunda, já que apresentou resistência necessária em maior profundidade.

Vale ressaltar que apesar dos dois casos receberam a mesma carga, as fundações são distintas devido ao solo apresentar diferentes características de resistência, comprovando ainda mais a necessidade do estudo, já que a escolha da fundação foi dada principalmente em função do tipo de solo.

4.2 Caso de Fundação Rasa

Em posse das informações contidas na sondagem é definido qual tipo de fundação será usada. Nesse caso específico, no furo (SP01) conforme anexo I constatou-se, que não foi observado a presença de água subterrânea durante a execução das sondagens a percussão e foi encontrado um solo composto basicamente de silte areno-argiloso fofo, logo após silte arenoso medianamente compacto, seguido de areia fina e média siltosa muito compacta, materiais provavelmente advindos de um antigo aterro, seguido de rocha. Vale ressaltar que a rocha citada foi encontrada a uma pequena profundidade, obrigando o encerramento da perfuração, tendo em vista que o amostrador não conseguiu penetrar mesmo sofrendo golpes, como indicado na Figura 26. Como o solo encontrado apresentou alta resistência em uma baixa profundidade, utilizou-se fundação rasa, mais especificamente sapata.



Figura 26 – Perfil geotécnico (em croqui) do solo referente ao furo SP01.

Fonte – Elaborado pelos autores.

Tendo em vista que a rocha estava em baixa profundidade, mesmo se tratando de uma fundação rasa que pressupõe um processo de escavação simples, necessitou-se de um processo mais elaborado para realização da escavação. Processo esse que inclui máquinas e equipamentos capazes de romper o solo rochoso.

As sapatas foram implantadas na parte superior do terreno, onde está localizada a divisa, visto que nessa localidade o solo apresentou alta resistência em baixa profundidade.

Sabendo-se que a estrutura será em concreto pré-moldado, a parte superior da sapata foi modificada de maneira a aperfeiçoar o encaixe do pilar na mesma. Além disso, se a parte superior da sapata (a que recebe o pilar) tivesse as dimensões exatamente iguais às do pilar poderia gerar danos a estrutura, visto que o guindaste utilizado não consegue trabalhar com a precisão necessária, obrigando a existência dessa folga proporcionada pelo alargamento.

Após este encaixe, é lançado “graute” que tem como objetivo preencher a seção, este processo está especificado no anexo II, em detalhe genérico para embutimento dos pilares.

4.3 Caso de Fundação Profunda

No caso do furo (SP03) conforme Anexo I, foi observado que o nível de água subterrânea é variável conforme a concentração pluviométrica do período e por alívio de pressão. O solo só apresentou boa resistência a uma alta profundidade, primeiramente foi encontrado silte areno-argiloso fofo, seguido por uma longa camada de silte arenoso pouca compacta, passando inclusive pelo nível d'água, logo após uma camada de silte arenoso fofo, passando também por uma camada espessa de argila silto-arenosa mole a média, e finalmente chegando à alteração de rocha muito compacta, como indicado na Figura 27.



Figura 27 – Perfil geotécnico (em croqui) do solo referente ao furo SP03.

Fonte – Elaborado pelos autores.

Como o solo não apresentou boa resistência nas primeiras camadas, foi necessária a aplicação de fundação profunda, neste caso, estaca pré-moldada devido a segurança que a mesma oferece na passagem por camadas muito moles.

Além disso, os blocos de coroamento tiveram suas dimensões adaptadas para receberem o pilar de concreto, pois o pilar é pré-moldado. Observa-se que apesar das fundações serem submetidas às mesmas cargas a escolha do tipo de fundação foi determinada pelo comportamento dos solos, constatados pelo ensaio geotécnico (SPT), conforme anexo I.

Outro fator importante para a escolha da fundação profunda é que se nessas condições fosse adotada fundação rasa, a execução da mesma incluiria um alto volume de escavação, quando comparado ao próprio volume da fundação. Outro aspecto que dificultaria é que a natureza do solo obrigaria a construção de calhas de contenção para tornar possível a construção da mesma. Diante desses fatores citados a cima, no ponto de vista econômico é inviável a escolha da fundação rasa.

4.4 Modelos Estáticos Prevendo Recalque Diferencial

O recalque diferencial ocorre nas fundações de diferentes tipos, visto que fundações de diferentes tipos tendem a recalcar de maneira diferente, o que pode causar danos à estrutura. Porém se previsto no projeto pode-se tomar as medidas necessárias para combater esse recalque diferencial.

As estruturas submetidas a esse recalque precisam ser dimensionadas prevendo esses maiores esforços que serão gerados. Mostrando dois diferentes modelos estáticos, que retratam o comportamento da estrutura quando submetidas a essas possíveis situações. Os dois pórticos possuem 5 metros de altura e os apoios se distanciam em 10 metros. Ambos serão submetidos as mesmas cargas hipotéticas, visando demonstrar que apesar de estarem submetidos as mesmas cargas, as estruturas se comportam de maneira diferente. O primeiro será com os dois apoios do pórtico engastados, o segundo com um apoio engastado e o outro apoiado, sofrendo um recalque.

Segue abaixo um demonstrativo das etapas para elaboração dos pórticos no software Ftool.

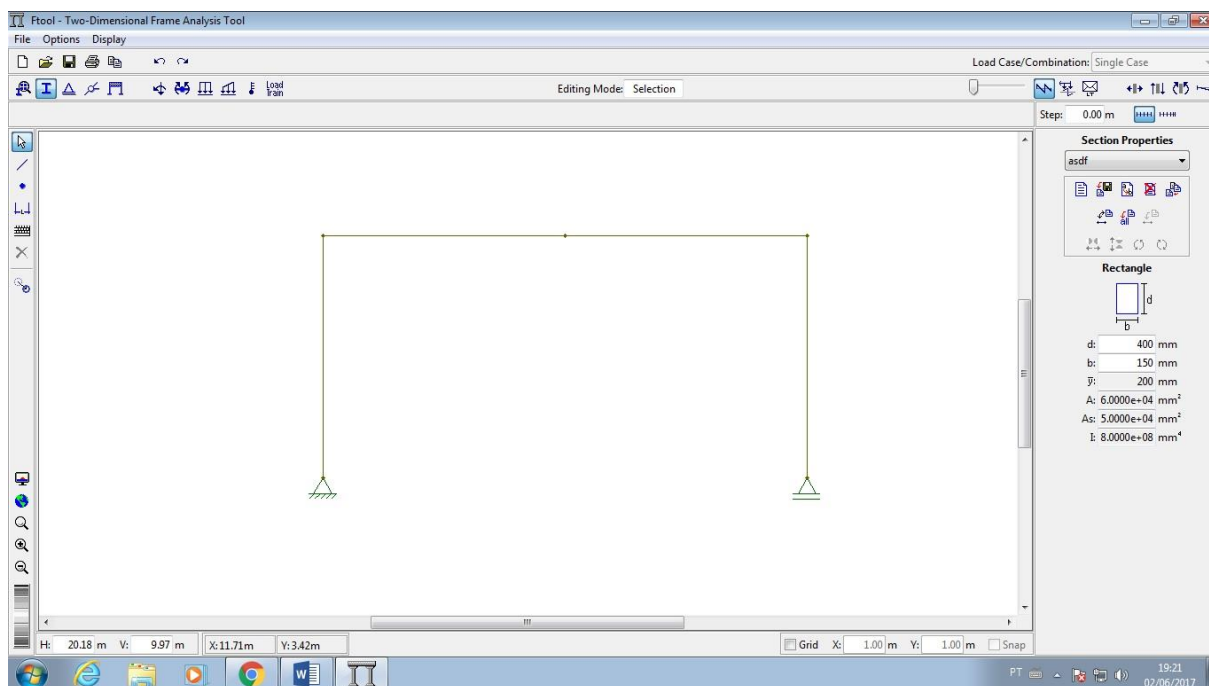


Figura 28 – Estrutura sem cargas e sem recalque
Fonte – Elaborado pelos autores.

Nesta primeira etapa a estrutura já está elaborada, porém ainda sem as cargas e o apoio sem o recalque, como mostrado na Figura 28. Após isso é incluído um recalque de 100 mm no apoio direito, para simular o recalque diferencial, conforme Figura 29.

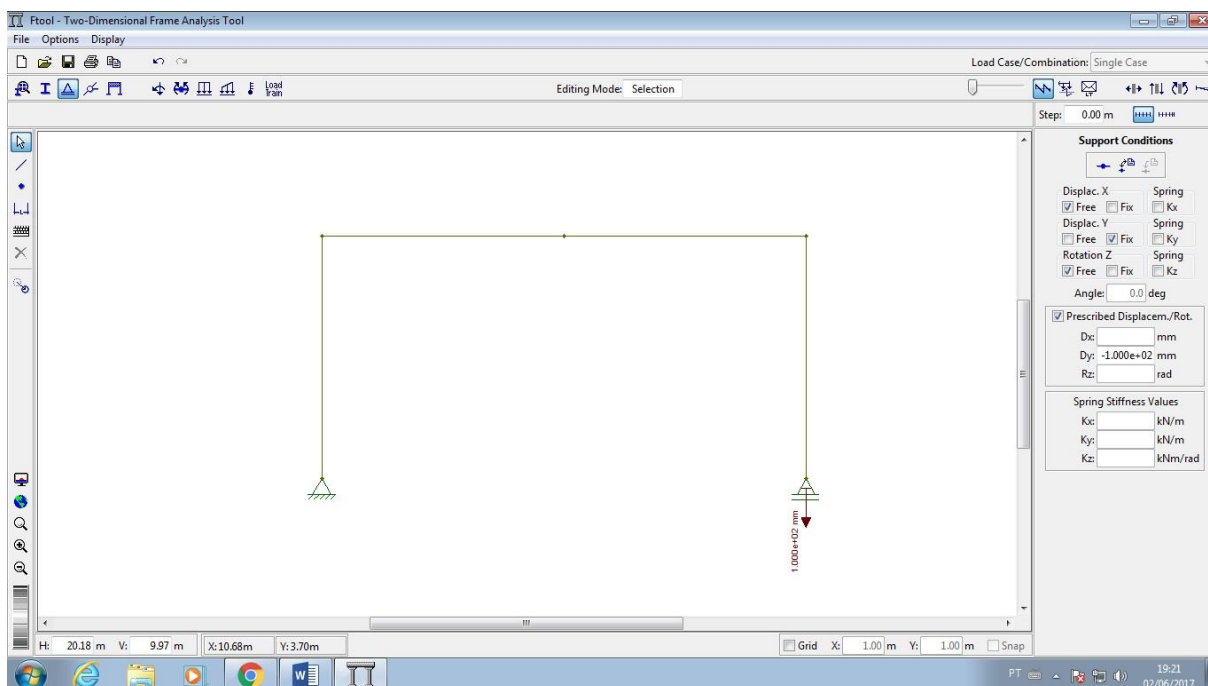


Figura 29 – Estrutura com o recalque e sem as cargas
Fonte – Elaborado pelos autores.

Nesta última etapa aplica-se a carga pontual de 100 kN no centro da estrutura e também a carga distribuída de 10 kN/m, de acordo com a Figura 30.

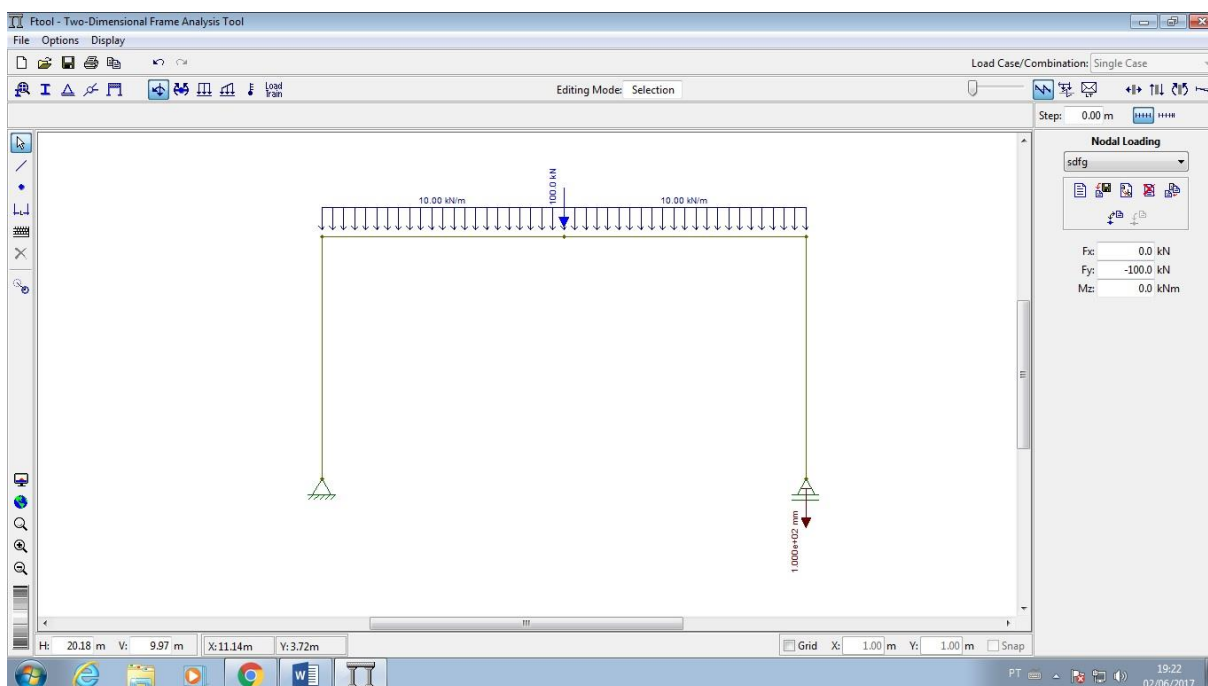


Figura 30 – Estrutura com as cargas aplicadas e recalque em um dos apoios
Fonte – Elaborado pelos autores.

Esses pórticos têm como finalidade retratar o comportamento da estrutura quando submetida a recalque diferencial, por conter fundações de diferentes tipos em função de estar localizada em solo heterogêneo.

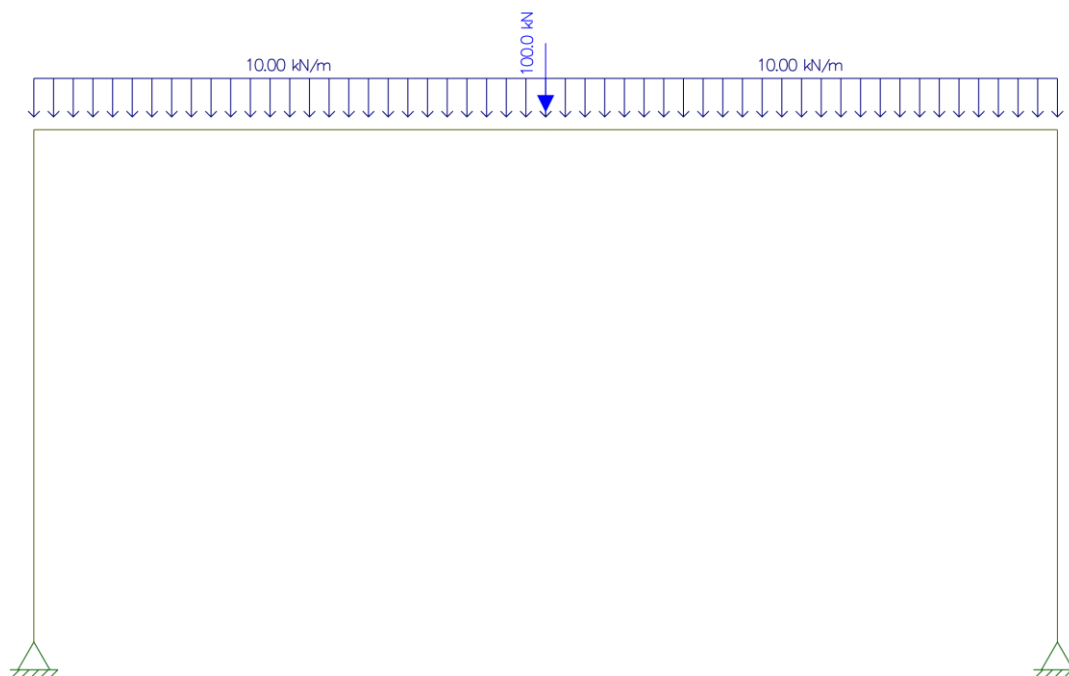


Gráfico 1 - Modelo de estrutura com os dois apoios engastados

Fonte – Elaborado pelos autores.

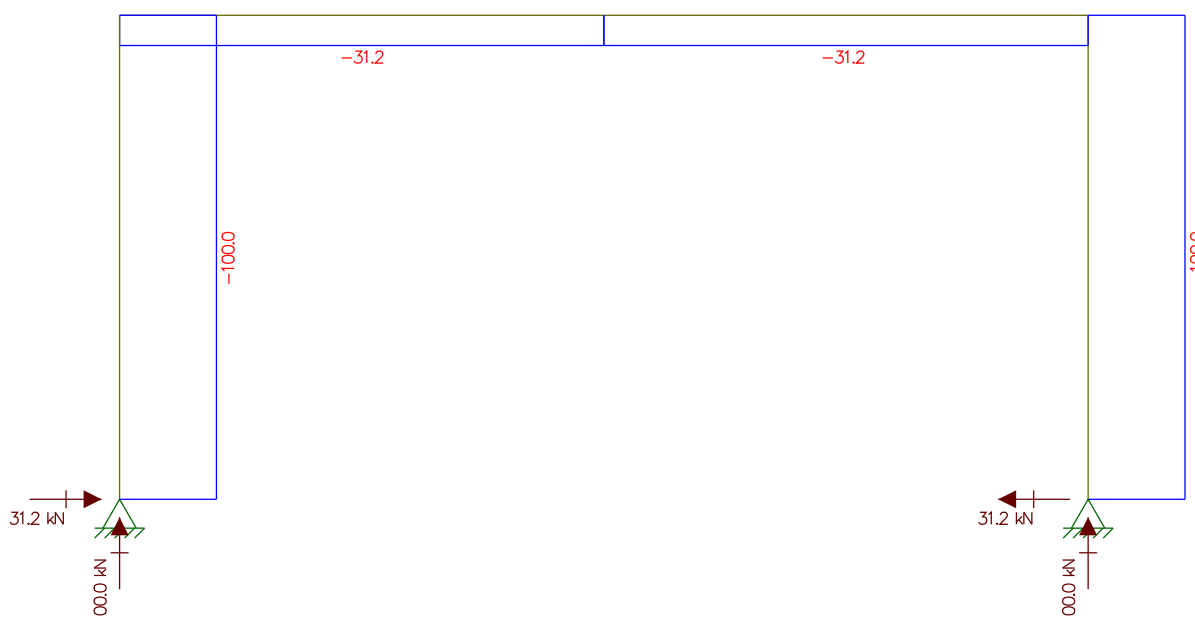


Gráfico 2 - Diagrama de força normal para estrutura bi engastada

Fonte – Elaborado pelos autores.

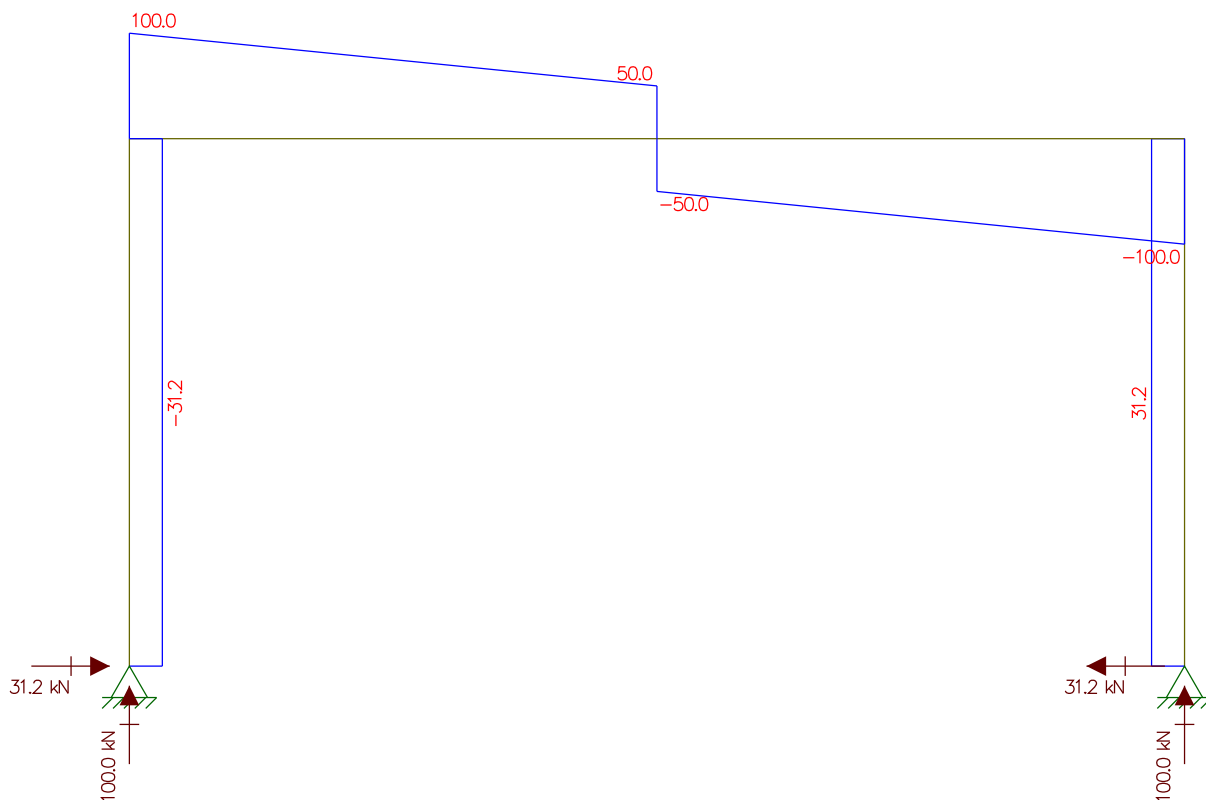


Gráfico 3 - Diagrama de força cortante para estrutura bi engastada
Fonte – Elaborado pelos autores.

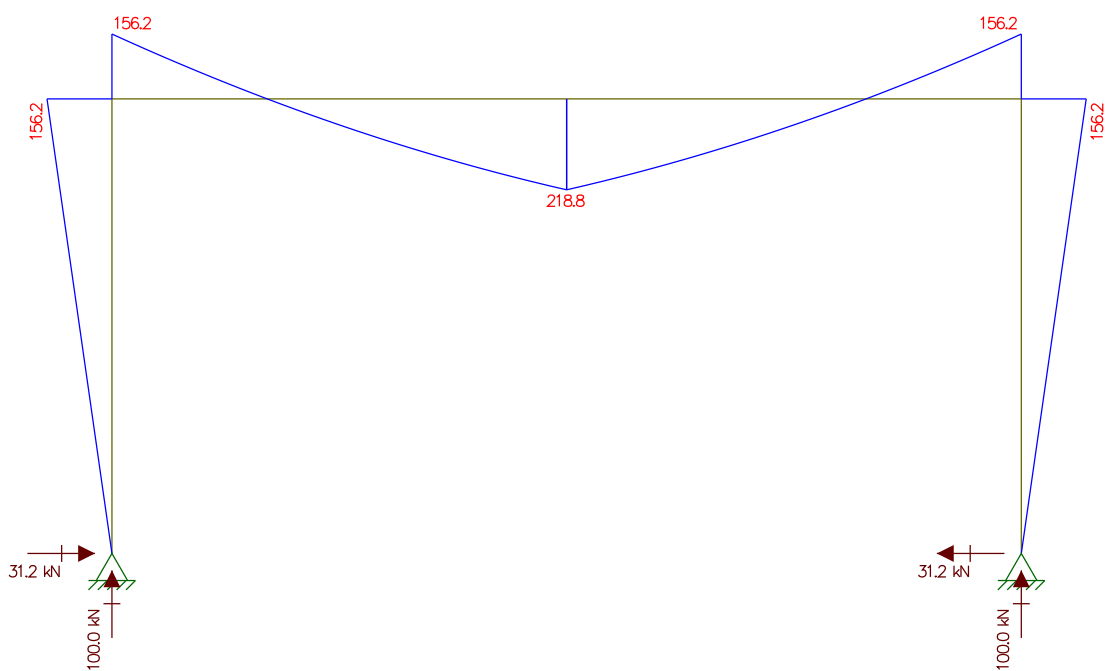


Gráfico 4 - Diagrama de momento fletor para estrutura bi engastada
Fonte – Elaborado pelos autores.

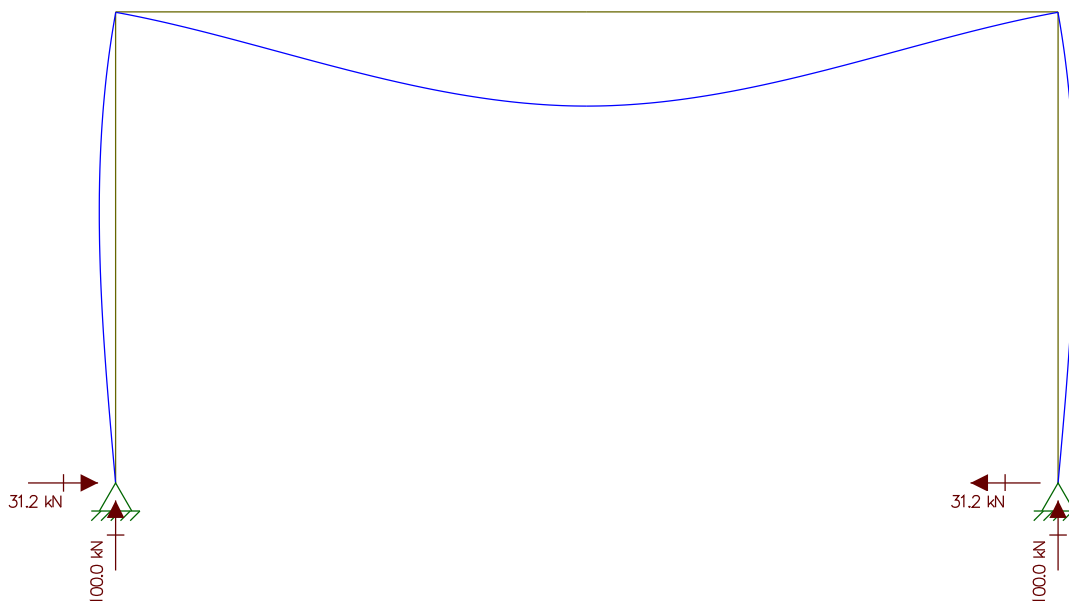


Gráfico 5 - Diagrama de deformação para estrutura bi engastada
Fonte – Elaborado pelos autores.

Os gráficos acima mostram o comportamento de uma estrutura quando submetida a um contexto normal, ou seja, sem recalque diferencial.

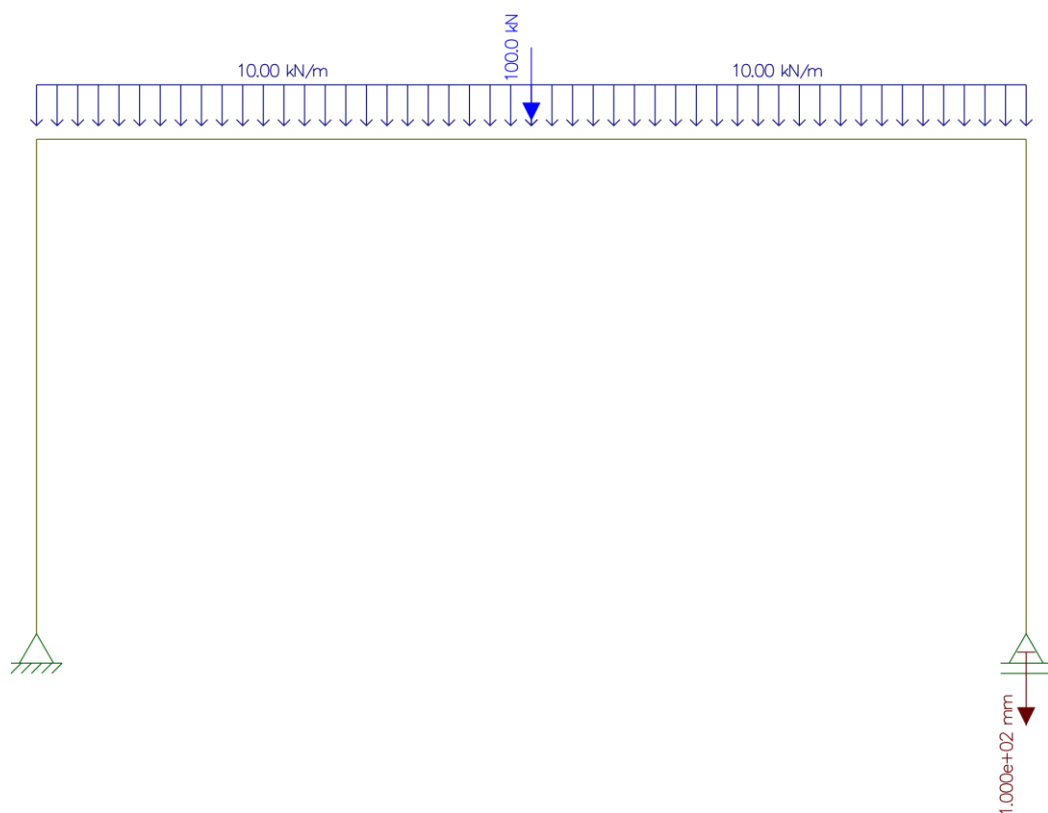


Gráfico 6 - Modelo de estrutura com um apoio engastado e o outro apoiado
Fonte – Elaborado pelos autores.



Gráfico 7 - Diagrama de força normal para estrutura engastada/apoiada
Fonte – Elaborado pelos autores.

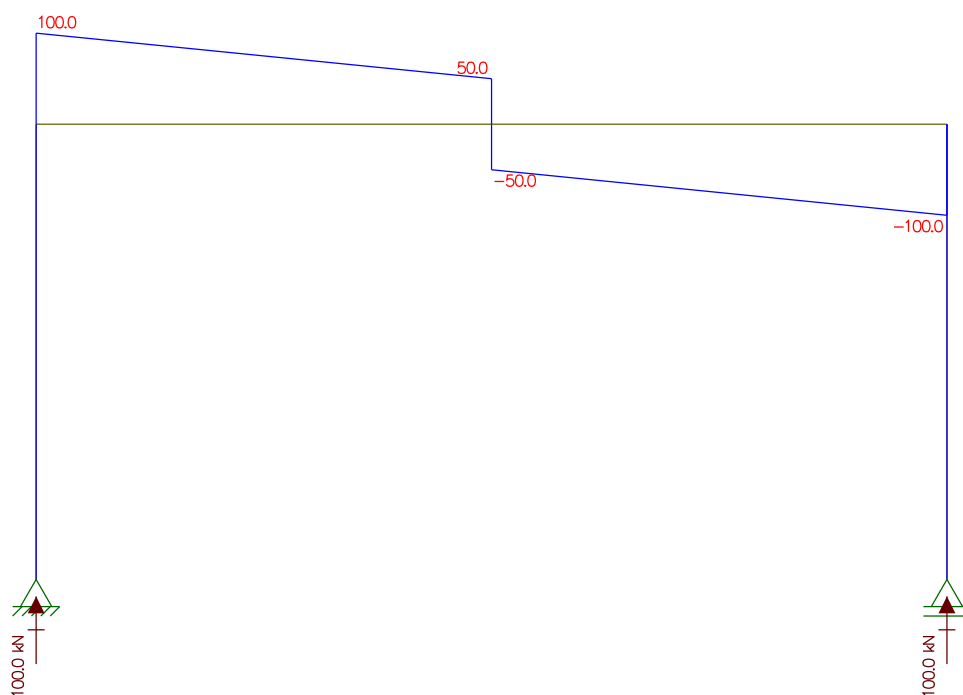


Gráfico 8 - Diagrama de força cortante para estrutura engastada/apoiada
Fonte – Elaborado pelos autores.

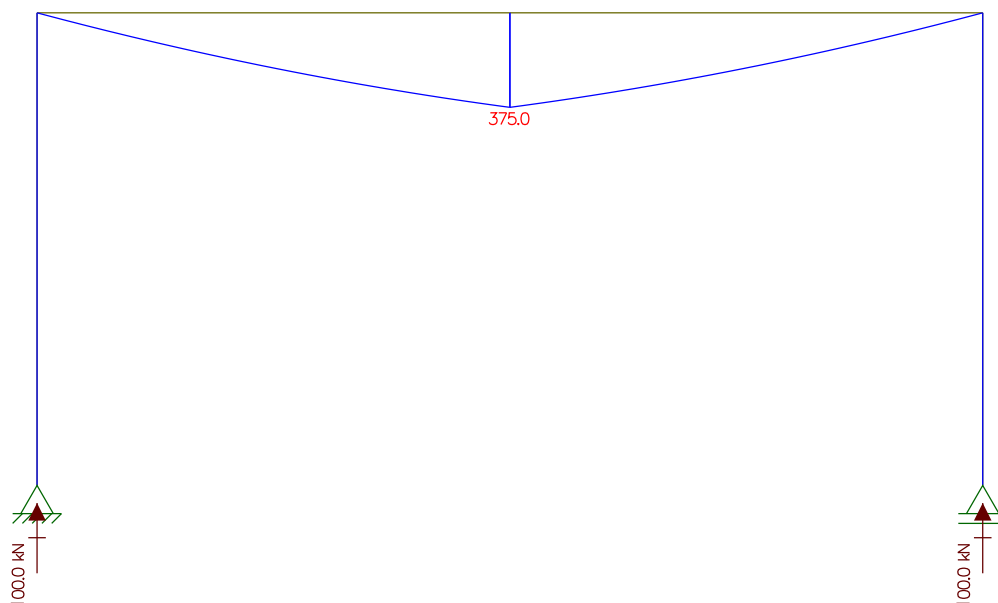


Gráfico 9 - Diagrama de momento fletor para estrutura engastada/apoiada
Fonte – Elaborado pelos autores.

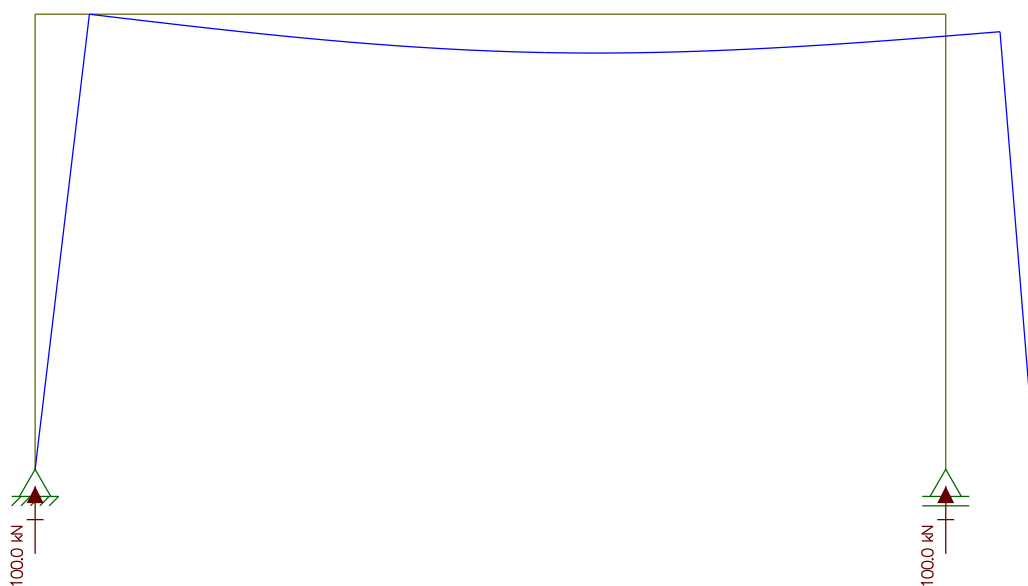


Gráfico 10 - Diagrama de deformação para estrutura engastada/apoiada
Fonte – Elaborado pelos autores.

Como se observa nos gráficos acima, o comportamento da estrutura mediante aos esforços gerados será diferente quando houver o recalque diferencial, obrigando um dimensionamento capaz de resistir a esses esforços. A grande diferença

acontece na flexão da estrutura, pois o recalque diferencial provoca um momento fletor adicional, conforme Tabela 01.

Tipos de Estrutura	Momento Fletor máximo(KN.m)
Estrutura bi engastada sem recalque	218.8
Estrutura engastada/apoiada com recalque	375

Tabela 1 – Comparativo de momento fletor máximo

Fonte - Elaborado pelos autores

5 CONCLUSÃO

Conclui-se que a investigação dos solos de boa qualidade é de suma importância para que o projeto de fundações seja elaborado corretamente. Lembrando que a avaliação geotécnica deve ser realizada de forma criteriosa, sendo em alguns casos preciso ir além das exigências estabelecidas pela norma ABNT NBR 6484/2001 e ABNT NBR 8036/1983.

A boa investigação possibilita a percepção da variação dos solos, numa mesma localidade, acarretando ao uso de dois tipos de fundações na mesma estrutura. A fundação mista requer uma atenção especial, pois a ocorrência do recalque diferencial é visto de maneira negativa por muitos profissionais, porém quando se dimensiona a estrutura conforme o comportamento estático causado pelo recalque diferencial, é possível realiza-la. Uma das maneiras para se combater esse fenômeno, é dividindo a estrutura em setores, de maneira que cada setor tenha somente um tipo de fundação, conseqüentemente recalque igual ou o mais próximo possível.

Vale ressaltar que a realização de diferentes tipos de fundações pode ser a medida mais econômica, pois muitas das vezes para que não se tenha uma fundação mista, aplica-se, por exemplo, sapata com altas cotas de assentamento, o que resulta num alto custo de escavação, sendo que a aplicação de estacas evitaria esse custo desnecessário.

O Estudo de Caso abordado neste presente estudo descreve claramente, que em alguns casos, a aplicação de fundações mistas é necessária, visto que as configurações do terreno levam ao uso de dois diferentes tipos de fundações, ou seja, fundações rasas e profundas. Como a estrutura é dada em concreto pré-moldado não houve a necessidade da divisão da estrutura em setores para combater o recalque diferencial.

Portanto, a fundação mista que muitas das vezes é tida como empecilho, pode ser utilizada normalmente, desde que seja prevista a ocorrência do recalque diferencial.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALONSO, Urbano Rodriguez. **Previsão e controle das fundações: uma introdução ao controle da qualidade em fundações**. 2ª edição, Editora Edgard Blucher Ltda, 2011.

AOKI, N., e Alonso, U. R. **Instabilidade dinâmica na cravação de estacas em solos moles da Baixada Santista**, Anais, Simpósio sobre Depósitos Quaternários das Baixadas Brasileiras, Rio de Janeiro, ABMS/ABGE. 1988.

AOKI, N. **Esforços horizontais em estacas de pontes provenientes da ação de aterros de acesso**, Anais, 4º. CBMSEF, Rio de Janeiro, vol. 1, tomo I, 1970.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6122: **Projeto e execução de fundações**. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6484: **Solo, Sondagens de simples reconhecimento com SPT, Método de ensaio**. Rio de Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8036: **Programação de sondagens de simples reconhecimento dos solos para fundações de edifícios**. Rio de Janeiro, 1983.

BRANCO, J. E. Castelo; OLIVEIRA, L. C. R. de. **Os túneis da ligação ferroviária**. Ponta Grossa – Apucarana. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 4., Belo Horizonte. Anais.. Belo Horizonte: ABGE, v.3.p.285-302, 1984.

BRAS FOND. **Execução de Estacas Escavadas**. Disponível em: <<http://www.brasfond.com.br/fundacoes/egdiametro.html>>. Acesso em: 15 de mar. 2017.

BRASIL GERADOR DE PREÇOS. **Execução de Estacas Metálicas**. Disponível em: <http://www.brasil.geradordeprecos.info/obra_nova/Fundacoes/Profundas/Estacas_p_re-fabricadas/Estaca_metalica.html>. Acesso em: 15 de mar. 2017.

BRASIL GERADOR DE PREÇOS. **Tubulão a céu aberto de concreto armado**. Disponível em: <http://www.brasil.geradordeprecos.info/obra_nova/Fundacoes/Profundas/Tubuloes/Tubulao_a_ceu_aberto_de_concreto_armado>. Acesso em: 04 de maio. 2017.

CHIOSSI, Nivaldo José. **Geologia aplicada à engenharia**. São Paulo: Grêmio Politécnico, 427p, 1979.

DANZINGER, F. A. B. **Desenvolvimento de equipamento para realização de ensaio de piezocone**: aplicação a argilas moles. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 1990.

DÉCOURT, L. e QUARESMA, A. R. "**Capacidade de carga de estacas a partir de valores SPT**", in: Proc. VI COBRAMSEF, Rio de Janeiro, 1978.

DORO ALTAN, V.: **Técnica "CCP" de consolidação de solos por cimentação a jato** – em: "A Construção São Paulo" – Ed. Pini, São Paulo, nº 2013, 2014 e 2015, Set. 1986.

E CIVIL NET. **Ilustração de estacas Franki Tubada**. Disponível em: <<http://www.ecivilnet.com/dicionario/o-que-e-estaca-franki.html>>. Acesso em: 15 de mar. 2017.

ENG CARLOS. **Execução de Estaca tipo Broca com trado manual**. Disponível em: <<http://engcarlos.com.br/wp-content/uploads/2014/05/Trado.jpg>>. Acesso em: 15 de mar. 2017.

FTOOL. **Modelos Estáticos**. Disponível em: Software Ftool. Acesso em: 29 de mar. 2017.

GIAMMUSSO, Salvador E, **Orçamento e Custos na Construção Civil**, Editora Pini, São Paulo, 1988.

MACIEL FILHO, Carlos Leite. **Introdução à geologia de engenharia** /Carlos Leite Maciel Filho, Andrea Valli Nummer. 4ª edição. Santa Maria: Ed. da UFSM, 2011.

MCCORMAC, Jack C. **Análise estrutural: usando métodos clássicos e métodos matriciais** / Jack C. McCormac ; tradução e revisão técnica Amir Kurban. – Rio de Janeiro : LTC, 2009.

RABCEWICZ, L. V. **Princípios e modos de aplicação do novo método austríaco de abertura de túneis com atenção particular às condições geotécnicas e topográficas brasileiras**. São Paulo: ABGE, 35p. Tradução n. 8, 1979.

RATTON, E. **Dimensionamento de estacas carregadas lateralmente em profundidade**, Solos e Rochas, vol. 8, no. 1, 1985.

REBELLO, Yopanan C. P. **Fundações: guia prático de projeto, execução e dimensionamento**. 2ª edição. São Paulo: Ziguarte Editora, 2008.

RICARDO, Hélio de Souza. **Manual prático de escavação: terraplanagem e escavação de rocha** / Hélio de Souza Ricardo, Guilherme Catalani. – 3. Ed. ver. e ampl. – São Paulo: Pini, 2007.

SANTA MARIA, P. E. L. **Um caso de levantamento de estacas tipo Franki: procedimentos executivos, medições e ensaios**, Anais, COPPEGEO: Simpósio Comemorativo dos 30 anos da COPPE, Rio de Janeiro, PP. 309-320, 1993.

SANTOS, M. J. C. **Contribuição ao projeto de fundações em radier**. Tese M. Sc. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 1987.

SCHNAID, Fernando. **Ensaio de Campo e suas aplicações à Engenharia de Fundações** / Fernando Schnaid. 2ª reimpressão. São Paulo: Oficina de Textos, 2000.

SILVA, C. B. L. **Estudo do efeito vibratório causado por cravação de estacas**, Tese de M. Sc., COPPE-UFRJ, Rio de Janeiro, 1996.

TEIXEIRA, Laís Longo de Moraes; SANTOS, Letícia Gabriela; CASSAVARA, Paula Renata Batista. **Investigação geotécnica aplicada ao projeto de fundações**. Volta Redonda: UNIFOA, 105 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil), Volta Redonda, 2015.

VELLOSO, Dirceu de Alencar. **Fundações, volume 1: critérios de projeto – investigação do subsolo – fundações superficiais** / Dirceu Alencar Velloso, Francisco

de Rezende Lopes. 2ª edição com normas atualizadas. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

VELLOSO, Dirceu de Alencar. **Fundações, volume 2: fundações profundas** / Dirceu de Alencar Velloso, Francisco de Rezende Lopes. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2002.

VELLOSO, D. A., e ALONSO, U. R. **Observações sobre os deslocamentos horizontais de argila mole sob aterro e seu efeito no fuste de estacas**, Anais, 7º. CBMSEF, Recife, vol. 3, 2000.

VELLOSO, P. P. C., E GRILO, S. **Previsão, controle e desempenho de fundações**, Previsão de Desempenho – Comportamento Real, ABMS-NRSP, 1982.

7 ANEXOS

ANEXO I - Relatórios de Sondagem

Ref.: Sondagem a Percussão (SPT)

Foram executados 12 (doze) furos de sondagem a percussão (SPT) com circulação de água e protegidos por revestimento de 2 1/2" (**NBR- 6484/2001**), perfazendo um total de 46,05 (quarenta e seis vírgula zero cinco) metros perfurados.

A extração de amostras procedeu-se com a cravação do amostrador de solos tipo SPT.

Anotou-se o nº de golpes de um peso de 65 kg caindo em queda livre de uma altura de 75 cm, necessários para a penetração de 30 cm de profundidade. Os nºs obtidos nos fornecem a indicação da consistência ou capacidade de carga do terreno sondado.

A anotação impenetrável à percussão, porventura citada nos perfis, não indica necessariamente que se tenha atingido rocha, mas apenas que foi encontrado um obstáculo não perfurável pela ferramenta normal de sondagem a percussão.

O presente relatório resume-se a uma sondagem de simples reconhecimento do subsolo.

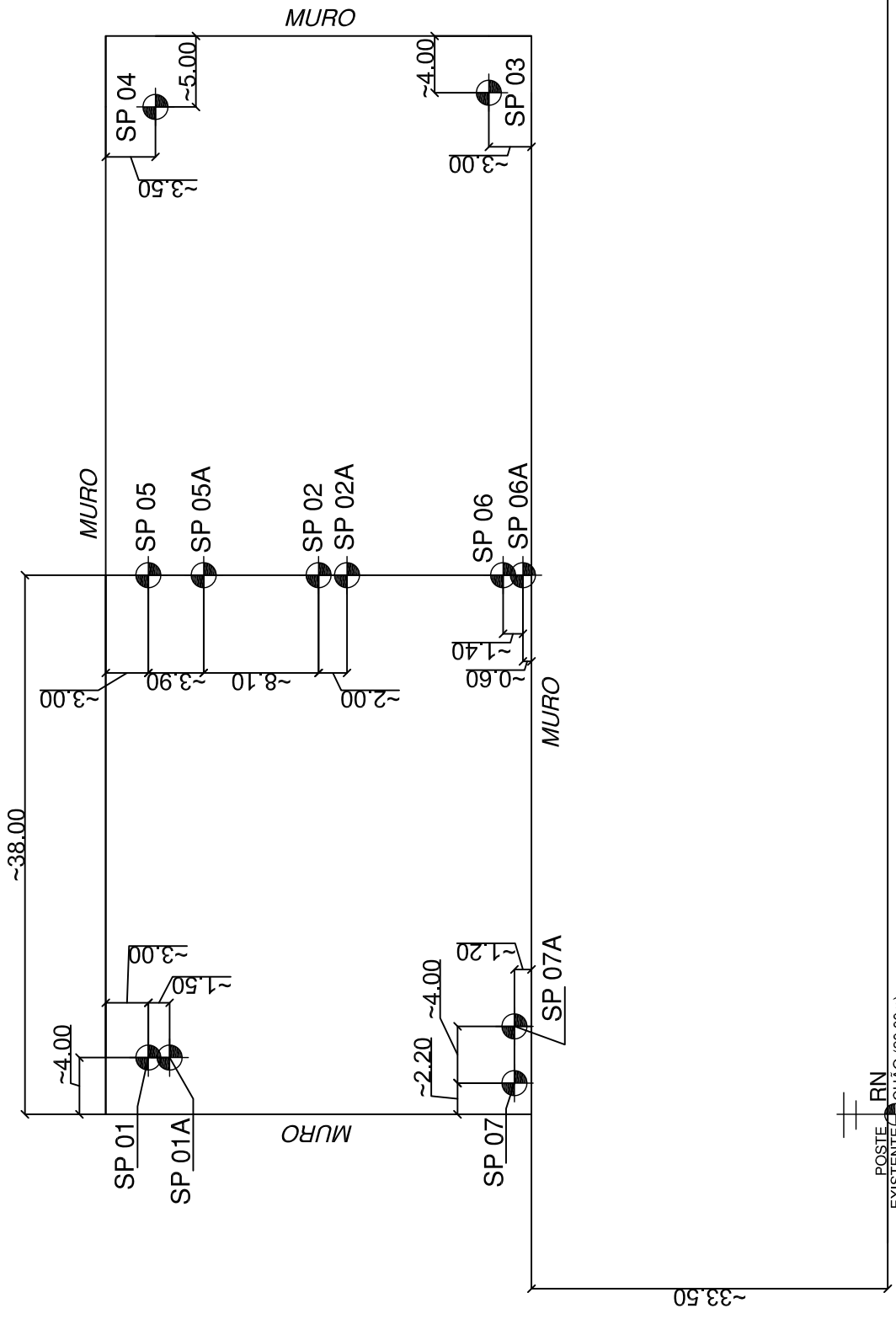
A interpretação dos dados obtidos caberá aos responsáveis técnicos pela obra.

Anexo a seguir:

- a) Croqui de locação dos furos de sondagem.
- b) Perfil de cada furo, contendo os seguintes elementos:
 - Número de camadas;
 - Classificação do solo de acordo com a nomenclatura ABNT;
 - Índice de resistência à penetração (nº de golpes);
 - Gráfico de resistência à penetração;
 - Aferição do nível d'água subterrâneo das sondagens.

OBS.:

- 01) Locação planialtimétrica é de responsabilidade do contratante.
- 02) Foi elaborado um croqui de locação dos furos de sondagem, juntamente com um nível de referência (RN) arbitrado em 20,00 metros.
- 03) Observar que o nível de água subterrânea é variável nos furos SP-03 e SP-04, conforme a concentração pluviométrica do período e por alívio de pressão.
- 04) Durante a execução das sondagens a percussão, não foi observado a presença de água subterrânea nos furos SP-01, SP-01A, SP-02, SP-02A, SP-05, SP-05A, SP-06, SP-06A, SP-07 e SP-07A, conforme explicitado nos respectivos boletins.
- 05) Observar o comportamento heterogêneo do subsolo sondado.
- 06) É recomendado a execução de sondagem mista, para uma melhor interpretação do subsolo, conforme necessidade do projeto.



AVENIDA LÚCIO MEIRA

SONDAGEM: SP-01A				COTA (M): 21,24				FOLHA 01/01		APROVADO: NORMA: SONDAGEM A PERCUSSÃO (SPT) ABNT - NBR 6484 - NBR 8036/83			
PROFUNDIDADE DO NÍVEL D'ÁGUA (m)				DATA				OBSERVAÇÕES: NÃO FOI OBSERVADO A PRESENÇA DE ÁGUA SUBTERRÂNEA ATÉ O LIMITE DE SONDAGEM. (FURO SECO)					
INICIAL		10 MIN		FINAL		INÍCIO		TÉRMINO					
SEM ÁGUA		SEM ÁGUA		SEM ÁGUA		12/08/2016		12/08/2016					
COORDENADA NORTE (Y): -				REFERÊNCIA				PERFURAÇÃO A SECO (M)		0,08 À 2,45		REVESTIMENTO	
COORDENADA ESTE (X): -								PERFURAÇÃO AO TRÉPANO (M)		2,45 À 3,60		Ø = 2 1/2"	
RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO (SPT) Nº DE GOLPES				GRÁFICO DE RESISTÊNCIA ---- PEN. DE "N"				REVESTIMENTO		COTA (RN)		DESCRİÇÃO DO MATERIAL	
				COMPACTIDADE - SOLOS ARENOSOS				NÍVEL D'ÁGUA		CAMADA (M)			
1 PEN. 15 CM	2 PEN. 15 CM	3 PEN. 15 CM	"N"	FOFA	RQZ. C	MEDIANAM. COMPACTA	COMPACTA	MUITO COMPACTA	REVESTIMENTO	SÍMBOLOGIA	CAMADA (M)	DESCRİÇÃO DO MATERIAL	
2	2	3	5	4	8	18	40		21	①	0,08	CONCRETO.	
8	9	18	27						20	②	0,35	SILTE ARENOSO COM PEDREGULHO FINO, MICÁCEO, AMARELO E MARROM; FOFO.	
12	14	21	35						19	③	0,51	SILTE ARENO-ARGILOSO COM PEDREGULHO FINO, MICÁCEO, VERMELHO E CINZA; POUCO COMPACTO.	
16	9	12	21						18	④	1,04	SILTE ARENOSO, MICÁCEO, AMARELO E CINZA; POUCO COMPACTO.	
30/06	-	-	30/06						18	⑤	2,02	AREIA FINA E MÉDIA SILTOSA COM PEDREGULHO FINO E MÉDIO, MICÁCEA, BRANCA E CINZA, VARIEGADA; COMPACTA.	
									17	⑥	3,50	AREIA FINA E MÉDIA SILTOSA COM PEDREGULHO FINO, MICÁCEA, MARROM E CINZA, VARIEGADA; COMPACTA.	
									16	⑦	3,60	IDEM; CINZA E BRANCA; MUITO COMPACTA.	
									15			LIMITE DE SONDAGEM	
									14				
									13				
									12				
									11				
									10				
									9				
									8				
									7				
									6				
									5				
									4				
									3				
									2				
									1				
									0				
									-1				
									-2				
									-3				
									-4				
									-5				
									-6				
									-7				
									-8				
									-9				
									-10				
									-11				
									-12				
									-13				
									-14				
									-15				
									-16				
									-17				
									-18				
									-19				
									-20				
									-21				
									-22				
									-23				
									-24				
									-25				
									-26				
									-27				
									-28				
									-29				
									-30				
									-31				
									-32				
									-33				
									-34				
									-35				
									-36				
									-37				
									-38				
									-39				
									-40				
									-41				
									-42				
									-43				
									-44				
									-45				
									-46				
									-47				
									-48				
									-49				
									-50				
									-51				
									-52				
									-53				
									-54				
									-55				
									-56				
									-57				
									-58				
									-59				
									-60				
									-61				
									-62				
									-63				
									-64				
									-65				
									-66				
									-67				
									-68				
									-69				
									-70				
									-71				
									-72				
									-73				
									-74				

SONDAGEM: SP-03										COTA (M): 21,98					FOLHA 02/02		APROVADO: NORMA: SONDAGEM A PERCUSSÃO (SPT) ABNT - NBR 6484 - NBR 8036/83												
PROFUNDIDADE DO NÍVEL D'ÁGUA (m)										DATA					OBSERVAÇÕES:														
INICIAL			10 MIN			FINAL				INÍCIO					TÉRMINO														
6,62			6,00			4,20				12/08/2016					12/08/2016														
COORDENADA NORTE (Y): -										REFERÊNCIA					PERFURAÇÃO A SECO (M)					0,00 À 7,49					REVESTIMENTO				
COORDENADA ESTE (X): -															PERFURAÇÃO AO TRÉPANO (M)					7,49 À 15,40					Ø = 2 1/2"				
RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO (SPT) Nº DE GOLPES				GRÁFICO DE RESISTÊNCIA ---- PEN. DE "N"										REVESTIMENTO		COTA (RN)		DESCRIÇÃO DO MATERIAL											
1 PEN. 15 CM	2 PEN. 15 CM	3 PEN. 15 CM	"N"	FOFA	PROG	MEDIANAM. COMPACTA	COMPACTA	MUITO COMPACTA	NÍVEL D'ÁGUA	SIMBOLOGIA	CAMADA (M)																		
				4	8	18	40			⑦	15,40																		

SONDAGEM: SP-07A				COTA (M): 21,46				FOLHA 01/01		APROVADO: NORMA: SONDAGEM A PERCUSSÃO (SPT) ABNT - NBR 6484 - NBR 8036/83			
PROFUNDIDADE DO NÍVEL D'ÁGUA (m)				DATA				OBSERVAÇÕES: NÃO FOI OBSERVADO A PRESENÇA DE ÁGUA SUBTERRÂNEA ATÉ O LIMITE DE SONDAGEM. (FURO SECO)					
INICIAL		10 MIN		FINAL		INÍCIO		TÉRMINO					
SEM ÁGUA		SEM ÁGUA		SEM ÁGUA		15/08/2016		15/08/2016					
COORDENADA NORTE (Y): -				REFERÊNCIA				PERFURAÇÃO A SECO (M)		0,05 À 2,45		REVESTIMENTO	
COORDENADA ESTE (X): -								PERFURAÇÃO AO TRÉPANO (M)		2,45 À 2,68		Ø = 2 1/2"	
RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO (SPT) Nº DE GOLPES				GRÁFICO DE RESISTÊNCIA ---- PEN. DE "N"				REVESTIMENTO		COTA (RN)		DESCRİÇÃO DO MATERIAL	
COMPACIDADE - SOLOS ARENOSOS				FOFA				NÍVEL D'ÁGUA		CAMADA (M)			
1 PEN. 15 CM	2 PEN. 15 CM	3 PEN. 15 CM	"N"	FOFA	MEDIANAM. COMPACTA	COMPACTA	MUITO COMPACTA	REVESTIMENTO	COTA (RN)			SÍMBOLOGIA	CAMADA (M)
3	4	4	8	4	8	18	40	REVESTIDO ATÉ 2,00 M	21	① ②	0,05 0,35	CONCRETO. AREIA FINA E MÉDIA SILTOSA COM ENTULHO E PEDREGULHO FINO E MÉDIO, MICÁCEA, MARROM E CINZA; POUCO COMPACTA.	
5	5	5	10						20	③	1,04	SILTE ARGILO-ARENOSO COM PEDREGULHO FINO E RAÍZES, MICÁCEO, VERMELHO E CINZA; MÉDIO.	
23	15	18	33						19	④	2	AREIA FINA E MÉDIA SILTOSA COM PEDREGULHO FINO, MICÁCEA, CINZA E AMARELA; MEDIANAMENTE COMPACTA A MUITO COMPACTA.	
30/06	-	-	30/06						-19		2,68	LIMITE DE SONDAGEM	
									-18		3		
									-17		4		
									-16		5		
									-15		6		
									-14		7		
									-13		8		
									-12		9		
									-11		10		
									-10		11		
									-9		12		
									-8		13		
									-7		14		
									-6		15		
				2 5 10 19								CONDIÇÃO DE PARALISAÇÃO	
				MACIOLE MÉDIA RIJA DURA								IMPENETRÁVEL AO TRÉPANO	
				CONSISTÊNCIA - SOLOS ARGILOSOS								INÍCIO 2,66 m 1º 10min 1 cm	
												2º 10min 1 cm	
												TÉRMINO 2,68 m 3º 10min 0 cm	

PROVÁVEL ANTIGO ATERRO

Ref.: Relatório de Sondagem Mista

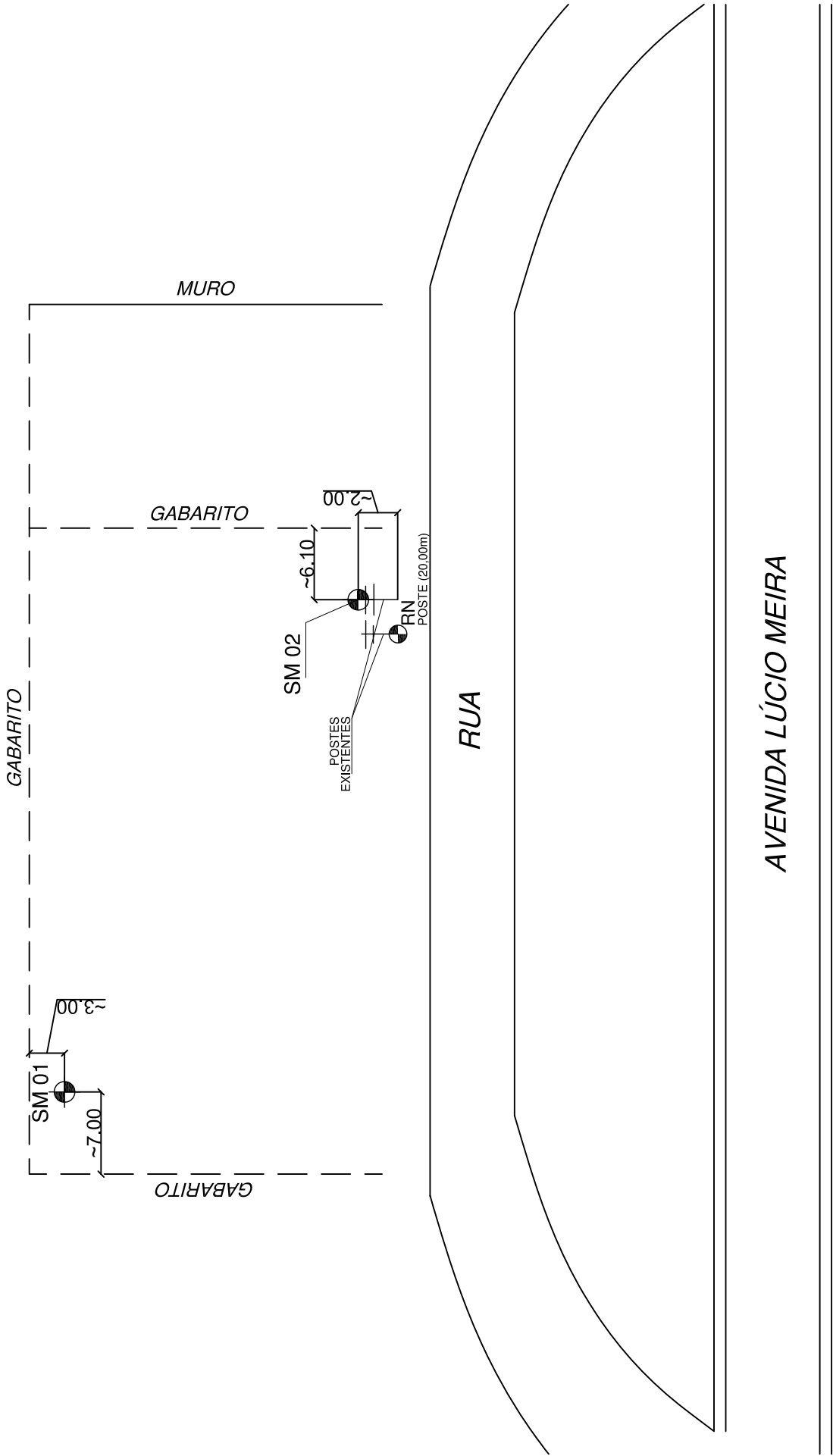
Foram executados 02 (dois) furos de sondagem mista com circulação de água e protegidos por revestimento **BW (ABGE)**, perfazendo um total de 4,96 (quatro vírgula noventa e seis) metros perfurados com índice SPT (sondagem à percussão), 11,81 (onze vírgula oitenta e um) metros perfurados com sonda rotativa em alteração de rocha e 10,10 (dez vírgula dez) metros perfurados com sonda rotativa em rocha fraturada.

OBS.:

01) Locação planialtimétrica é de responsabilidade do contratante.

02) Foi elaborado um croqui esquemático juntamente com um nível de referência (RN), arbitrado em 20,00 metros.

03) Observar que o nível de água subterrânea é variável conforme a concentração pluviométrica do período e por alívio de pressão.



SONDAGEM: SM-01

COTA (M): 20,15

FOLHA 01/01

PROFUNDIDADE DO NÍVEL D'ÁGUA (M)

DATA

REFERÊNCIA

INICIAL

10 MIN

FINAL

INÍCIO

TÉRMINO

NFO

NFO

7,00

24/10/2016

26/10/2016

OBSERVAÇÕES:

A partir de 1,72m foram obtidos números de golpes apenas para confirmação do Impenetrável a ferramenta de sondagem SPT, conforme combinado com engenheiro.

NORMA: ABNT / ABGE - MANUAL DE SONDAJENS

COORDENADA NORTE (Y): -

COORDENADA ESTE (X): -

RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO (SPT) Nº DE GOLPES				GRÁFICO DE RESISTÊNCIA --- PEN. DE "N"				REVESTIMENTO	COTA (RN)	SÍMBOLOGIA	CAMADA (M)	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	CLASSIFICAÇÃO	Ø DO FURO	PROFUND. PERFURA (M)	COMP. TESTEMUNHO (M)	RECUPERAÇÃO %	NUM. DE FRAGMENTOS	ROD %	ALTERAÇÃO	COERÊNCIA	FRATURAMENTO	
1 PEN. 15 CM	2 PEN. 15 CM	3 PEN. 15 CM	"N"	FOFA FCO. C	MEDIANAMA COMPACTA	COMPACTA	MUITO COMPACTA																
2	03/16	03/16	06/32	4	8	18	40	-20	①	0,80	SILTE ARENOSO COM PEDREGULHO FINO, MÉDIO E GROSSO, MICÁCEO, MARROM E CINZA; POUCO COMPACTO.	PROVÁVEL A TERRO											
15	24	30/14	54/29					-19	②	1,72	ALTERAÇÃO DE ROCHA ARENOSA COM PEDREGULHO FINO, MICÁCEA, AMARELA E CINZA; MUITO COMPACTA.	SOLO RESIDUAL											
30/10	-	-	30/10					-18	③	1,72	ROCHA ALTERADA DE COR CLARA, EXTREMAMENTE ALTERADA, FRIÁVEL, EM FRAGMENTOS.		BW	1,49	AC	0	AC	0	A4	C4	F5		
24	30/08	-	30/08					-17	④	3,21	ROCHA ALTERADA ARENOSILTOSA COM PEDREGULHO FINO, MÉDIO E GROSSO, MICÁCEA, BRANCA E AMARELA; MUITO COMPACTA.												
								-16	⑤	3,44	ROCHA ALTERADA DE COR CLARA, EXTREMAMENTE ALTERADA, FRIÁVEL, EM FRAGMENTOS.		BW	1,29	AC	0	AC	0	A4	C4	F5		
30/12	-	-	30/12					-15	⑥	4,73	ROCHA ALTERADA ARENOSA COM PEDREGULHO FINO, MÉDIO E GROSSO, CINZA E BRANCA; MUITO COMPACTA.												
								-14	⑦	4,85	ROCHA ALTERADA DE COR CLARA, EXTREMAMENTE ALTERADA, FRIÁVEL, EM FRAGMENTOS.		BW	1,84	AC	0	AC	0	A4	C4	F5		
30/03	-	-	30/03					-13	⑧	6,69	ROCHA ALTERADA ARENOSILTOSA COM PEDREGULHO FINO, MICÁCEA, CINZA E MARROM; MUITO COMPACTA.												
								-12	⑨	6,74	GNAISSE DE COR CLARA, EXTREMAMENTE ALTERADO, FRIÁVEL, EM FRAGMENTOS.		BW	1,46	0,12	8	5	0	A4	C4	F4		
30/04	-	-	30/04					-11	⑩	8,20	ROCHA ALTERADA DE COR INTERMEDIÁRIA, EXTREMAMENTE ALTERADA, FRIÁVEL, EM FRAGMENTOS.		BW	0,92	AC	0	AC	0	A4	C4	F5		
								-10	⑪	9,12	ROCHA ALTERADA ARENOSILTOSA COM PEDREGULHO FINO, MÉDIO E GROSSO, MICÁCEA, AMARELA E BRANCA, VARIEGADA; MUITO COMPACTA.												
								-9	⑫	9,17	GNAISSE DE COR CLARA, EXTREMAMENTE ALTERADO, FRIÁVEL, EM FRAGMENTOS.		BW	1,93	0,02	01	1	0	A4	C4	F5		
								-8	⑬	11,10	GNAISSE DE COR CLARA, MEDIANAMENTE ALTERADO, COERENTE, EXTREMAMENTE FRATURADA.		BW	0,79	0,23	29	10	0	A2	C2	F4		
								-7	⑭	11,89	GNAISSE DE COR CLARA, EXTREMAMENTE ALTERADO, FRIÁVEL, EM FRAGMENTOS.		BW	1,26	0,12	15	14	0	A4	C4	F5		
								-6	⑮	13,15	GNAISSE DE COR INTERMEDIÁRIA, MUITO ALTERADO, POUCO COERENTE, EXTREMAMENTE FRATURADA.		BW	1,06	0,32	30	VF	0	A3	C3	F4		
								-5	⑯	14,21	GNAISSE DE COR INTERMEDIÁRIA, MEDIANAMENTE ALTERADO, POUCO COERENTE, EXTREMAMENTE FRATURADA.		BW	0,66	0,47	71	VF	0	A2	C2	F5		
								-4		14,87	LIMITE DE SONDAJEM												
<p>IMPENETRÁVEL AO TRÉPANO</p> <p>INÍCIO 1,71 m 15 10m 0 cm 0</p> <p>TERMINO 1,72 m 15 10m 0 cm 0</p>												<p>IMPENETRÁVEL AO TRÉPANO</p> <p>INÍCIO 3,44 m 15 10m 0 cm 0</p> <p>TERMINO 3,44 m 15 10m 0 cm 0</p>											
<p>IMPENETRÁVEL AO TRÉPANO</p> <p>INÍCIO 4,85 m 15 10m 0 cm 0</p> <p>TERMINO 4,85 m 15 10m 0 cm 0</p>												<p>IMPENETRÁVEL AO TRÉPANO</p> <p>INÍCIO 6,72 m 15 10m 0 cm 1</p> <p>TERMINO 6,74 m 15 10m 0 cm 0</p>											
<p>IMPENETRÁVEL AO TRÉPANO</p> <p>INÍCIO 9,16 m 15 10m 0 cm 0</p> <p>TERMINO 9,17 m 15 10m 0 cm 0</p>												<p>IMPENETRÁVEL AO TRÉPANO</p> <p>INÍCIO 9,16 m 15 10m 0 cm 0</p> <p>TERMINO 9,17 m 15 10m 0 cm 0</p>											
<p>LEGENDA</p> <p>VF: VÁRIOS FRAGMENTOS AC: AMOSTRA DE CALHA</p>												<p>TÉRMINO DA SONDAJEM (SM)</p> <p>14,87m</p>											
<p>CONDIÇÃO DE PARALISAÇÃO (SPT)</p>												<p>GRAU DE ALTERAÇÃO DA ROCHA</p>											
<p>GRAU DE COERÊNCIA DA ROCHA</p>												<p>GRAU DE FRATURAMENTO DA ROCHA</p>											
A0	ROCHA Sã OU PRATICAMENTE Sã	A3	ROCHA MUITO ALTERADA	C1	MUITO COERENTE	C4	FRIÁVEL	F1	<1 FRATURA/m (POUCO FRATURADA)	F4	11-20 FRAT./m (EXTREMAMENTE FRAT.)												
A1	ROCHA POUCO ALTERADA	A4	ROCHA EXTREMAMENTE ALTERADA	C2	COERENTE			F2	5 FRATURAS/m (FRATURADA)	F5	> 20 FRAT./m (FRAGMENTADA)												
A2	ROCHA MEDIANAMENTE ALTERADA			C3	POUCO COERENTE			F3	6-10 FRAT./m (MUITO FRATURADA)														

A0	ROCHA Sã OU PRATICAMENTE Sã	A3	ROCHA MUITO ALTERADA	C1	MUITO COERENTE	C4	FRIÁVEL	F1	<1 FRATURA/m (POUCO FRATURADA)	F4	11-20 FRAT./m (EXTREMAMENTE FRAT.)
A1	ROCHA POUCO ALTERADA	A4	ROCHA EXTREMAMENTE ALTERADA	C2	COERENTE			F2	5 FRATURAS/m (FRATURADA)	F5	> 20 FRAT./m (FRAGMENTADA)
A2	ROCHA MEDIANAMENTE ALTERADA			C3	POUCO COERENTE			F3	6-10 FRAT./m (MUITO FRATURADA)		

ANEXO II - Mapa de Cargas

