

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

ESCOLA DE ENGENHARIA

Curso de Pós Graduação em Construção Civil

TRABALHO FINAL DE CURSO

CONSTRUÇÕES DE ESTAÇÕES RÁDIO BASE

Autor: Marcondes Moreira Ferreira Júnior

Orientador: Aldo Giuntini de Magalhães

Belo Horizonte
Novembro/ 2012

MARCONDES MOREIRA FERREIRA JÚNIOR

CONSTRUÇÕES DE ESTAÇÕES RÁDIO BASE

Monografia apresentada à banca examinadora do trabalho final do Curso de
Especialização em Construção Civil da Escola da Engenharia da UFMG

Área de concentração: Construção civil

Orientador: Professor Aldo Giuntini de Magalhães

Belo Horizonte

Escola de Engenharia da UFMG

Novembro/2012

SUMÁRIO

Lista de Figuras

Lista de Siglas e Acrônimos

Resumo

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	10
1.1 Importância do trabalho	11
1.2 Objetivos do trabalho	11
1.3 Motivação e organização do trabalho	12
CAPÍTULO 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1 Introdução.....	13
2.2 Site acquisition.....	14
2.2.1 Busca de candidatos.....	15
2.2.2 Qualificação	15
2.2.3 Licenças e autorizações	16
2.2.4 Projetos.....	16
2.3 Infraestrutura para os equipamentos	17
2.4 Instalações dos equipamentos	19
CAPÍTULO 3 - ETAPAS DA CONSTRUÇÃO DE ESTAÇÕES RÁDIO BASE ..	21
3.1 Site Acquisition	21
3.1.1 Definição.....	21
3.1.2 Emissão de PDRF	21
3.1.3 Busca de candidatos.....	24
3.1.4 TSS (vistoria de qualificação)	24
3.1.5 QRM (reunião de qualificação de candidatos)	24
3.1.6 Contrato	25
3.2 Infraestrutura	26
3.2.1 Sondagem	26
3.2.1.1 Sondagem à percussão	26

3.2.1.2 Sondagem rotativa.....	29
3.2.2 Fundação.....	31
3.2.2.1 Tubulão.....	32
3.2.2.2 <i>Radier</i>	38
3.2.2.3 Estaca raiz	41
3.3 Estruturas verticais e Instalações complementares	46
3.3.1 Montagem da EV (Estrutura Vertical)	46
3.3.2 Construção do padrão de energia.....	49
3.3.3 Cercamento do <i>site</i>	51
CAPÍTULO 4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS	54
REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	56
ANEXOS E APÊNDICE	57

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	PDRF Nova Serrana [7].....	23
Figura 2	Processo de sondagem à percussão [2].....	28
Figura 3	Processo de sondagem à percussão [2].....	28
Figura 4	Processo de sondagem à percussão [2].....	28
Figura 5	Processo de sondagem rotativa [3].....	30
Figura 6	Processo de sondagem rotativa [3].....	31
Figura 7	Processo de sondagem rotativa [3].....	31
Figura 8	Processo de escavação de tubulão a céu aberto [4].....	33
Figura 9	Processo de escavação de tubulão a ar comprimido [4].....	35
Figura 10	Projeto de fundação tipo tubulão [7].....	36
Figura 11	Relatório fotográfico da fundação tubulão do site UMGPPG01 [7].....	37
Figura 12	Fundação tipo <i>Radier</i> [4].....	38
Figura 13	Projeto de fundação tipo <i>Radier</i> [7].....	39
Figura 14	Relatório Fotográfico da fundação Radier do site UMGNVS01 [7].....	40
Figura 15	Fundação tipo estaca raiz [4].....	42
Figura 16	Fundação tipo estaca raiz [4].....	43
Figura 17	Projeto de fundação tipo estaca raiz [7].....	44
Figura 18	Relatório fotográfico da fundação estaca raiz do site UMGSCM01 [7]	45
Figura 19	Torre treliçada [1].....	47
Figura 20	Poste [1].....	48
Figura 21	Grupo Motor Gerador [7].....	50
Figura 22	Relatório fotográfico de instalação do padrão de energia [7].....	51
Figura 23	Super site [7].....	52
Figura 24	Super site [5].....	53
Figura 25	Super site [5].....	53
Figura 26	Fluxograma de implantação de estações rádio base	55

LISTA DE SIGLAS E ACRÔNIMOS

BTS - *Base transceiver station* (Estação base transceptora)
CA - Corrente Alternada
CC - Corrente Contínua
Comar - Comandos Regionais da Aeronáutica
ERB - Estação Rádio Base
EV - Estrutura Vertical
GF - *Green Field* (Instalações em terrenos, no solo)
GMG - Grupo Motor Gerador
PDRF - Projeto Detalhado de Rádio Frequência
QRM - Reunião de qualificação para definição do candidato
RF - Rádio Frequência
RT - *Roof Top* (Instalações no topo de prédio)
Search ring - Anel de busca
Site - lugar demarcado, local, posição
Site Acquisition - Aquisição do site
Turn-Key - (Chave na mão) Tipo de contrato onde as operadoras recebem o site pronto e em pleno funcionamento.
TSS - Vistoria de Qualificação
Tx - Transmissão

RESUMO

O trabalho demonstra o processo e as atividades necessárias para a construção de estações rádio base para redes de telefonia móvel. Cada operadora ou fornecedor tem o seu processo próprio, no qual estas atividades podem ser organizadas e planejadas de formas diferentes utilizando outras nomenclaturas, mas os conceitos básicos são os mesmos.

A construção de uma estação rádio base é uma atividade multidisciplinar e envolve várias áreas das operadoras e de seus fornecedores.

O grau de envolvimento das operadoras no gerenciamento destas atividades tem variado de uma terceirização total pela contratação de um *turn-key* (tipo de contrato onde as operadoras recebem o site pronto e em pleno funcionamento) a um gerenciamento completo por parte da operadora.

O que se vem buscando permanentemente são soluções de implantação que permitam buscar padronizações de infraestrutura, negociar o compartilhamento da infraestrutura, desenvolver parcerias junto a fornecedores que apresentem capacidade de gerenciamento desses projetos, de forma a garantir o atendimento dos componentes, prazos, custo e qualidade.

Palavras chave: Construção civil, Infraestrutrua, Telecomunicações.

CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO

Este trabalho demonstra todos os processos envolvidos para a construção das estações rádio base onde é preparada uma infraestrutura para receber as instalações da comunicação de telefonia móvel. O termo *site* significa um lugar demarcado, local onde são instalados os equipamentos responsáveis pela comunicação móvel. Os *sites* podem ser do tipo *Green Field* (GF) que são aqueles instalados diretamente no solo ou do tipo *Roof Top* (RT) que são instalados no topo dos edifícios. As estações rádio base (ERBs) ou estações base transceptoras (BTSs) são os nomes usados para as estações responsáveis pela transmissão e recepção do sistema de telefonia móvel. É de grande importância que a construção dessas estações sejam feitas atendendo às leis vigentes, além das necessidades e particularidades de cada cidade ou região onde as mesmas são implantadas para reduzir o máximo possível, o impacto que estas estruturas irão causar a essas localidades, como cidades históricas e centros urbanos.

As estações rádio base são compostas por estruturas verticais (EV) que podem ser do tipo torre ou poste que podem ser de estrutura metálica ou de concreto, além dos equipamentos e antenas responsáveis pela transmissão do sistema de telefonia móvel, porém, para que seja viável implantar os equipamentos, é necessário todo um processo que se inicia no planejamento de cobertura chamado de projeto detalhado de rádio frequência (PDRF), passando pela aquisição do terreno, licenciamento da futura estação, até chegar na fase de construção da estação e finalmente o comissionamento e ativação do sistema.

Construir uma estação rádio base é um processo complexo que, necessita de um bom planejamento e de todo um processo que deverá trazer segurança e bem estar à comunidade vizinha da estação, economia de custos para as operadoras e ainda atender a uma nova necessidade do mercado globalizado que é defender o patrimônio das operadoras, e a integridade e continuidade dos serviços com

qualidade. A estrutura dos *sites* já não são pensadas mais como econômicas em primeira hora e sim econômicas ao longo de sua vida útil. Estas estruturas foram apelidadas de *super sites*, estruturas que são projetadas com a intenção de evitar ao máximo os atos de vandalismo, que cada dia mais se torna um problema, trazendo altos prejuízos para as operadoras no Brasil.

1.1 Justificativa

As operadoras de telefonia necessitam atender a crescente demanda dos usuários do sistema de telefonia móvel, sendo necessário a ampliação destes sistemas através de construções de novas ERBs.

A Construção Civil, por sua vez viabiliza em vários aspectos a implantação das ERBs.

1.2 Objetivos do trabalho

O estudo tem o objetivo de demonstrar os principais processos de construção de uma ERB fazendo-o da forma mais didática e prática possível, trazendo para o leitor um roteiro passo a passo de como construir uma ERB, suas particularidades e exigências específicas, mostrando de forma detalhada o processo de construção que hoje vem se condicionando as necessidades de segurança, economia de espaço e baixo custo.

1.3 Motivação e organização do trabalho

A motivação e organização deste estudo surgiram com o interesse de aprofundar os conhecimentos no tema abordado, passando para o leitor de uma forma simples e objetiva os principais passos para a construção de uma ERB, baseado na experiência profissional do autor, adquirida na coordenação de projetos de telecomunicações com ênfase em construção civil.

CAPÍTULO 2

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Introdução

A implantação de uma ERB é um processo complexo, pois implica em atender uma série de objetivos multidisciplinares muitas vezes difíceis de conciliar. Este quadro é agravado quando se implanta uma rede nova com grande quantidade de ERBs e com um prazo reduzido devido às exigências do mercado de telecomunicações.

Uma vez definida a necessidade de implantação de um novo sistema celular ou a expansão de um sistema existente o passo inicial é a elaboração do projeto de rádio frequência (RF), que irá estabelecer as especificações para a localização do *site*, equipamentos, altura das antenas, potência, azimute. Inicia-se então o processo de implantação da ERB cujas principais etapas são [7]:

Site Acquisition: Nesta etapa é feita a seleção e negociação do local para a construção do *site*, elaborados os projetos da infraestrutura e dado início ao processo de obtenção de licenças para implantação do *site*.

Construção: Nesta etapa é construída toda a infraestrutura civil e elétrica para a instalação dos equipamentos.

Instalação de equipamentos: Nesta etapa são instalados os suportes, as antenas e os equipamentos responsáveis pela comunicação da telefonia celular.

Uma vez finalizado a fase de implantação de uma ERB deve-se passar pela fase de aceitação onde é testado a sua comunicação com o restante da rede celular em que será ativada. Estas etapas aplicam-se a cada ERB, seja ela parte de um novo sistema em implantação ou parte da expansão de uma rede existente.

2.2 Site acquisition

Esta etapa implica em selecionar e negociar um local para construção de uma ERB de forma que atenda uma série de objetivos que obrigatoriamente devem conciliar:

- Disponibilidade de licenciamento da ERB obedecendo aos critérios municipais para construção;
- Localização aprovada pelo plano nominal, projeto detalhado de rádio frequência também conhecido como PDRF;
- Localização aprovada por projeto de infraestrutura também conhecido por projeto executivo, onde se procura atentar para questões de estrada de acesso, extensão de rede elétrica, dificuldades da construção.
- Localização aprovada por projeto de transmissão conhecido como projeto de Tx, onde é verificado que tipo de solução irá atender esta ERB, podendo ser rádio enlace ou fibra óptica;
- Situação do imóvel e do proprietário regular junto aos órgãos municipais, estaduais e federais;
- Interesse do proprietário em aluguel por longo período ou venda do terreno;
- Prazo de implantação. Esta etapa implica na execução das seguintes atividades, que ocorrem muitas vezes de forma simultânea por exigência das operadoras.

2.2.1 Busca de candidato

O setor de projetos de radio frequência (RF) das operadoras estipula uma coordenada dentro de um *search ring* delimitando uma área para procura do local para a construção do *site*. São selecionados no mínimo 3 (três) possíveis locais que tornam-se candidatos para implantação do *site*. Este trabalho é feito por profissionais denominados *hunter*, que de posse do PDRF e *search ring* buscam estes candidatos. No ato deste primeiro contato, já é verificado a situação legal do imóvel junto ao proprietário e também da obtenção junto à prefeitura municipal da lei referente à implantação de ERBs.

2.2.2 Qualificação

Os três ou mais candidatos selecionados passam por um processo de avaliação, denominado de QRM (Reunião de qualificação de candidatos) com participação dos responsáveis por RF, *site acquisition*, licenciamento, infraestrutura e transmissão, de forma que serão aceitos ou rejeitados. Nesta QRM são ordenados os candidatos aprovados levando em consideração os seguintes critérios:

- Disponibilidade para licenciamento da ERB;
- Cobertura de RF;
- Acesso;
- Viabilidade e custo de construção;
- Disponibilidade de energia corrente alternada (CA);
- Valores para aluguel;
- Definição de transmissão (Tx).

Após a definição do candidato em QRM, o *hunter* retorna a localidade e dar-se início ao processo de obtenção dos documentos necessários ao licenciamento e assinaturas do contrato de locação.

2.2.3 Licenças e autorizações

Aspectos legais podem ser em muitos casos os maiores responsáveis por atrasos na implantação das ERBs devido à inexistência de legislação em muitas prefeituras e as pressões da vizinhança temerosa de ver o seu imóvel desvalorizado pela presença de uma torre de celular ou mesmo o medo das irradiações causadas pelos equipamentos de telefonia móvel no ser humano.

Abaixo são citados alguns dos projetos para aprovações junto aos órgãos competentes que deverão ser observados e cujos processos deverão ser encaminhados aos respectivos órgãos [7]:

- Arquitetura junto à prefeitura municipal;
- Combate a incêndio junto ao corpo de bombeiros;
- Entrada e medição de energia junto à concessionária local;
- Torre junto ao Ministério da Aeronáutica;
- Licenciamento da estação junto a Anatel incluindo relatório de conformidade de radiação eletromagnética;
- Licenças ambientais junto aos órgãos competentes.

2.2.4 Projetos

Após a análise da melhor solução e da devida negociação com o proprietário, deverão ser efetuados levantamentos mais minuciosos, tais como [7]:

- Levantamento planialtimétrico;
- Levantamento da infraestrutura externa ao terreno;
- Sondagem;
- Demarcação topográfica do terreno;
- Cronograma físico

De posse destas informações serão elaborados os projetos executivos, conforme listados abaixo, de acordo com a sua aplicabilidade [7]:

- Projeto de arquitetura e memoriais;
- Projeto de detecção e alarme de incêndio com memorial de cálculo;
- Projeto de combate a incêndio por extintores;
- Projeto Civil;
- Projeto elétrico de entrada e medição de energia;
- Projeto elétrico executivo CA;
- Projeto de proteção atmosférica;
- Projeto de aterramento;
- Projeto de tratamento acústico;
- Projeto de fundações do prédio e torre com memorial de cálculo;
- Projeto de torre com memorial de cálculo;
- Licença da aeronáutica.

2.3 Infraestrutura para os equipamentos

As ERBs ou *Base transceiver station* (BTS) possuem equipamentos do tipo *indoor* que necessitam de um abrigo com sistema de climatização ou *outdoor*.

As soluções *indoor* adotadas podem ser a utilização de alojamentos pré-fabricados do tipo *container*, construções em alvenaria de salas ou edificações. No caso do *container* é necessária a preparação de uma base de concreto para

sua instalação com toda a infraestrutura interligada aos demais elementos da estação rádio base (estrutura vertical , padrão de energia, etc).

As soluções *outdoor* adotadas podem ser do tipo bastidores ou gabinetes que também necessitam da construção de uma base de concreto e interligação aos demais elementos da estação rádio base (estrutura vertical, padrão de energia, etc).

A infraestrutura elétrica envolve a instalação de eletrodutos, cabos, aterramento, caixas de passagem e construção do padrão de energia conforme normas da concessionária local.

Um dos aspectos importantes nesta instalação é a questão da disponibilidade pelas concessionárias públicas da rede de energia elétrica devido à localização do *site*.

Daí a importância na negociação rápida com estes órgãos, para verificar se há a necessidade de ampliação ou reforma dessa rede.

Uma vez finalizada a parte civil e elétrica é possível instalar os equipamento de ar-condicionado, baterias e equipamentos de energia que são alimentados por corrente contínua (CC). No caso de *container* estes equipamentos podem ser pré-instalados antes do mesmo ser enviado para o local da construção.

Antenas podem ser fixadas em torres, postes, cavaletes e mastros, podendo este último ser montado tanto na cobertura como na lateral da edificação, de acordo com a necessidade de cobertura e visada do *site*.

A implantação de uma torre ou poste envolve a construção de uma fundação e a montagem dos seus acessórios.

A fundação de uma EV depende da sondagem que detecta o tipo de solo encontrado no terreno. A escolha do tipo mais conveniente pode ter impacto fundamental no prazo e nos custos da construção da ERB.

Os tipos mais comuns de fundações adotadas em construções de estações rádio base do tipo *Green Field* são:

- Tubulão: fundação profunda, constituída de uma base de apoio e um fuste. Ambos em concreto com escavação manual.
- *Radier*: fundações rasas, constituídas de uma base plana de concreto.
- *Estacas*: fundações profundas, constituídas de longos segmentos de concreto ou metal, com cravação ou perfuração mecânica, podendo ser tanto pré-fabricadas como moldadas *in loco*.

Em cada caso deverá ser analisado o perfil do solo e, conseqüentemente, o melhor custo X benefício, de acordo com as diretrizes do engenheiro de cálculo estrutural. Geralmente as fundações tipo tubulão são as mais econômicas e as mais utilizadas nas construções de ERBs.

Após a conclusão da fundação é feita a montagem da EV e a instalação dos seus acessórios (suporte para as antenas, esteiras, escadas, plataformas, para-raio e luzes de sinalização que servem de balizamento para as aeronaves).

Especial cuidado deve ser tomado na verificação de liberação da instalação por órgãos públicos, tais como prefeituras municipais e Comar (Comandos Regionais da Aeronáutica). É comum o descuido com este aspecto e durante a montagem da EV haver embargo da instalação. Por vezes a construção conta apenas com uma autorização preliminar por parte dos órgãos públicos, e que no momento da instalação, por mobilização de vizinhanças de moradores, pode impedir a licença definitiva.

Em regiões de alto índice de vandalismo e roubo é necessário a construções de super *sítes*. Estes possuem construções complementares, como muro com a instalação de concertina, portão de aço galvanizado, instalações de alarme, instalações de gradis de proteção e cadeados especiais antifurto com o objetivo

de evitar os atos de vandalismo e roubo. Em *sites* situados em áreas rurais na maioria dos casos é necessário construir uma estrada para o acesso.

2.4 Instalações dos equipamentos

Uma vez finalizada a construção civil do *site* é possível executar a etapa de instalação e montagem da EV, as instalações de suportes para as antenas, as instalações de plataformas quando necessário, as instalações dos equipamentos e antenas juntamente com os testes de aceitação e integração do *site* que é feito pela operadora.

As Instalações são feitas após a análise de RF realizada no local onde se pretende implantar uma estação rádio base.

O setor de Engenharia de Sistemas ou Rede de Acesso das operadoras é responsável por definir a quantidade de setores que serão instalados, a quantidade de antenas por setor, a altura que será instalada as antenas, o *azimute* e elevação das antenas para garantir um cobertura satisfatória do sistema implantado.

Mediante estas informações é realizado as instalações dos suportes das antenas, instalação das antenas, passagem dos cabos (coaxial e fibra óptica) e instalação dos equipamentos peculiar ao sistema implantado.

CAPÍTULO 3

ETAPAS DE CONSTRUÇÕES DE *SITES*

3.1 *Site Acquisition*

3.1.1 Definição

O termo *site acquisition* significa em sua literalidade aquisição de lugar, e possui um significado próprio quando utilizado pelas empresas de telecomunicações. Este significado é basicamente aquilo a que se refere o termo, ou seja, a aquisição do lugar onde será implantada uma ERB.

Toda aquisição de lugar é resultado de um processo constituído de fases e prazos. Assim, o termo *site acquisition* pode ser definido como um processo dinâmico que visa à aquisição de um determinado local onde será implantado um *site* de telecomunicações.

3.1.2 Emissão do PDRF

O processo de aquisição inicia-se com o envio do chamado projeto detalhado de rádio frequência, que é o PDRF. Neste estudo é definido o melhor lugar para implantação da ERB, ou seja, o local mais apto dentro de uma região para cobrir uma maior área de cobertura. Assim, o PDRF aponta um anel de busca *search ring*, juntamente com o raio, onde deverão ser buscados os candidatos [7].

Os PDRFs são elaborados pelas operadoras através de *softwares* de predição que apontam as coordenadas e o raio que deverá ser implantado o *site*.

Após esta análise os PDRFs são enviados para as empresas terceirizadas que iniciam a busca dos candidatos.

A Figura 1 refere-se a um PDRF do site UMGNVS01 da Claro situado na cidade de Nova Serrana.

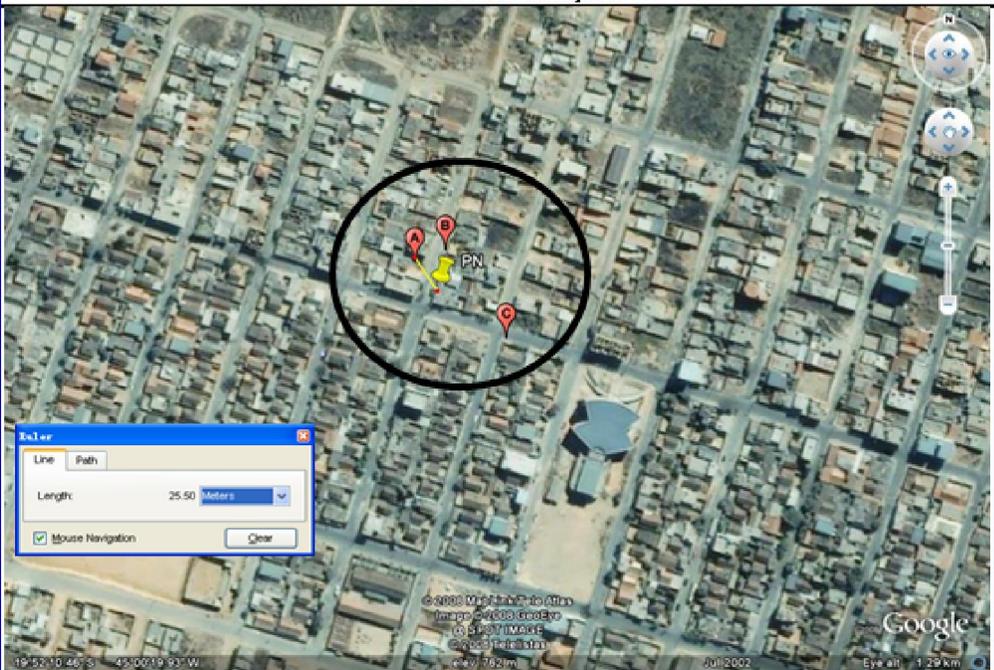
		RELATÓRIO: PROJETO DETALHADO DE RF			
		SITE ID: UMGNVS01			
		FORNECEDOR: HUAWEI			
		DOCUMENTO: PDRF			
		REVISÃO: 02			
		ÁREA: MG			
		Tecnologia UMTS			
SEARCH RING:					
COORDENADAS:		ENDEREÇO DE REFERÊNCIA:			
LATITUDE (°):	-19,8693	RUA : DIVINO FERREIRA			
LONGITUDE (°):	-45,0059	BAIRRO:	MUNICÍPIO:		
DATUM:	WGS84	JEFERSON PATISTA DE FREITAS	NOVA SERRANA		
UF:			MG		
DTM (m):	760	RAIO DO ANEL (m):	200		
LISTA DE CANDIDATOS SUGERIDOS:					
CANDIDATO:	ENDEREÇO:	COMPARTILHADO:	LATITUDE (°):	LONGITUDE (°):	TIPO DE SITE:
A	RUA:DIVINO FERREIRA EM FRENTE AO N-550	Não	-19,86914	-45,00603	GF
B	RUA:DIVINO FERREIRA AO LADO DO N-516	Não	-19,86907	-45,00585	GF
C	RUA: JOÃO FERREIRA DOS SANTOS ENFRENTE AO N-855	Não	-19,86957	-45,00549	GF
D					
E					
F					
MAPA DE LOCALIZAÇÃO:					
					

Figura 1 - PDRF Nova Serrana [7]

3.1.3 Busca de candidatos

Após o envio do PDRF inicia-se a busca de candidatos. Estes candidatos são, na verdade, terrenos onde o site será implantado. É obrigatório que a empresa contratada apresente no mínimo três candidatos. Há, porém, algumas condições para que os candidatos levantados sejam válidos:

- O candidato deve estar dentro do anel de busca
- O terreno deve estar devidamente registrado e escriturado
- O aluguel do terreno deve estar dentro do teto máximo oferecido pela operadora

3.1.4 TSS (Vistoria de Qualificação)

A abreviação TSS significa vistoria de qualificação. Nesta fase é feita uma avaliação técnica dos candidatos já levantados na fase anterior. A equipe de infraestrutura fica encarregada da elaboração do chamado relatório de qualificação que contém todas as informações sobre o terreno. A equipe de RF tem por atribuição a avaliação do local quanto ao seu potencial de cobertura.

3.1.5 QRM (Reunião de Qualificação de Candidatos)

A abreviação QRM significa reunião de qualificação de candidatos. É nesta reunião que é decidido o melhor candidato (localidade) para a construção da estação rádio base, atendendo para as áreas de infraestrutura, transmissão, rádio frequência e ao licenciamento.

Após a reunião é elaborado um documento chamado ata de QRM que confirma todos os pontos discutidos, bem como as informações dos candidatos apresentados.

Este documento é utilizado na confecção dos projetos de prefeitura e projeto executivo.

3.1.6 Contrato

Cada empresa contratante possui um contrato padrão que rege as condições específicas e gerais. As cláusulas das condições específicas geralmente são passíveis de modificação, o que não ocorre com as das condições gerais.

Após a escolha do candidato realizada na QRM inicia-se a fase contratual, talvez a mais criteriosa das fases. A empresa contratante elabora um *check list* contendo todas as documentações solicitadas por sua assessoria jurídica. Este conjunto de documentações é entregue ao candidato escolhido para as devidas providências.

Após levantar toda a documentação solicitada, o candidato escolhido deverá enviar à empresa contratada para que esta digitalize o contrato e o envie para a empresa contratante. Após estas ações, dar-se início à realização do contrato feita pela empresa contratante, que posteriormente irá chancelá-lo e reenviar para a empresa contratada. Com o contrato em mãos cabe à empresa contratada colher todas as assinaturas. Após colher as assinaturas o contrato é entregue para a empresa contratante que irá assiná-lo. Com a assinatura da empresa contratante, o contrato já está apto para ser registrado no cartório de imóveis. Termina, aqui, com o registro no cartório de imóveis, o processo chamado *site acquisition*. À título de curiosidade, a finalidade do registro do contrato no cartório de imóveis é tornar a parte do terreno que fora locada inalienável.

3.2 Infraestrutura

3.2.1 Sondagem

A sondagem é um estudo das características do solo com o objetivo de conhecer o tipo de solo a cada metro perfurado através da retirada de amostras, conhecer o nível de resistência oferecida pelo solo e localizar as posições dos níveis de água no solo. Através do resultado da sondagem é definido o tipo de fundação mais adequada para cada *site* [2].

Normalmente são mais utilizados dois tipos de sondagens em *sites* de telecomunicações: sondagem à percussão e sondagem rotativa.

3.2.1.1 Sondagem à percussão

É o ensaio mais executado na maioria das construções no Brasil foi normatizado pela ABNT pela NBR 6484 “Solo - sondagens de simples reconhecimento com SPT – método de ensaio” (SPT- *Standard Penetration Test*), cujos procedimentos seguem as seguintes diretrizes [2]:

De acordo com as características do terreno e tipo de obra é determinada a quantidade e a posição dos pontos a serem sondados. Em cada ponto monta-se um tripé com um conjunto de roldanas e cordas, sendo a amostra a zero metro coletada.

Na base do furo apóia-se o amostrador padrão acoplado a hastes de perfuração. Marca-se na haste, com giz, um segmento de 45 cm dividido em trechos iguais de 15 cm. Ergue-se o peso batente de 65 kg até a altura de 75 cm e deixa-se cair em

queda livre sobre a haste [2].

Tal procedimento é repetido até que o amostrador penetre 45 cm do solo. A soma do número de golpes necessários para a penetração do amostrador nos últimos 30 cm é o que dará o índice de resistência do solo na profundidade ensaiada.

Nas operações subsequentes de perfuração, intercaladas às operações de amostragem, deve-se utilizar o trado cavadeira ou o helicoidal até se atingir o nível d'água ou até que o avanço seja inferior a 5 cm após 10 minutos de operação.

Nestes casos e passa-se ao método de perfuração por circulação de água (lavagem). Na perfuração por lavagem utiliza-se um trépano como ferramenta de escavação e a remoção do material é feita pela bomba d'água motorizada.

O ensaio será interrompido quando já tiver atingido o critério técnico adequado para aquela obra ou atingir o impenetrável.

As amostras extraídas recebem classificação quanto às granulometrias dominantes, cor, presença de minerais especiais, restos vegetais e outras informações relevantes encontradas. A indicação da consistência ou compactidade e da origem geológica da formação, complementa a caracterização do solo.

No relatório final constará a planta do local da obra com a posição das sondagens e o perfil individual de cada sondagem e/ou seções do subsolo; indicando a resistência do solo a cada metro perfurado, o tipo e a espessura do material e as posições dos níveis d'água, quando encontrados durante a perfuração.

As Figuras 2, 3, 4 referem-se às fotos demonstrando o processo de sondagem à percussão.



Figura 2 - Processo de sondagem à percussão [2]



Figura 3 - Processo de sondagem à percussão [2]



Figura 4 - Processo de sondagem à percussão [2]

3.2.1.2 Sondagem rotativa

A sondagem rotativa é um método para investigação do solo, em que a perfuração é feita através de um conjunto moto mecanizado projetado para obtenção de amostras de materiais rochosos, através da ação perfurante rotativa com poder cortante.

A sondagem rotativa permite determinar o formato da rocha, os tipos de rochas, a posição do lençol freático e uma estimativa do grau de alteração e fraturamento da rocha.

As sondagens rotativas são executadas através de equipamentos próprios (tripé, perfuratriz, bombas, hastes, brocas).

Tem capacidade para atravessar qualquer tipo de material e atingir profundidades de centenas de metros.

Quando a sondagem SPT atinge um obstáculo impenetrável ao amostrador ou ao trépano de lavagem o equipamento a percussão não dispõe de recursos para definir a natureza do obstáculo, que pode ser bloco de rocha, solo concrecionado ou rocha, sendo necessária a execução de sondagens rotativas [2].

O obstáculo encontrado é perfurado por meio de um amostrador (barrilete) com uma broca rotativa acoplada na extremidade de uma haste oca. As brocas são estruturas metálicas muito resistentes, constituídas em aço nas quais estão incrustados pequenos diamantes industriais ou pedra de vídia. As brocas são escolhidas em função da dureza da rocha a perfurar, e do diâmetro do furo que se pretende abrir [2].

O movimento rotativo é produzido por um motor (elétrico ou a combustão) transmitindo torque à broca por meio de uma combinação de redutor e hastes

protegidas por uma sequência de tubos de aço (revestimento); à medida que a perfuração vai avançando, mais hastes e revestimentos vão sendo adicionados ao conjunto por enroscamento.

Uma corrente de água é injetada sob pressão por uma bomba no interior da haste, jorrando no interior da broca fazendo o resfriamento e lubrificação, retornando à superfície os fragmentos das rochas perfuradas através dos revestimentos e do furo aberto pela broca, o que permite fazer o recolhimento daqueles fragmentos de rocha como amostras no caso de testemunhos deteriorados não se alojarem no interior do amostrador [3].

As Figuras 5, 6, 7 referem-se às fotos que demonstram o processo de sondagem rotativa.



Figura 5 - Processo de sondagem rotativa [3]



Figura 6 - Processo de sondagem rotativa [3]



Figura 7- Processo de sondagem rotativa [3]

3.2.2 Fundação

Fundações são os elementos estruturais com função de transmitir as cargas da estrutura ao terreno onde ela se apóia. Assim as fundações devem ter resistência adequada para suportar as tensões causadas pelos esforços solicitantes [3].

Além disso, o solo necessita de resistência e rigidez apropriadas para não sofrer ruptura e não apresentar deformações exageradas ou diferenciais.

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

Após a execução da sondagem as informações são apresentadas em um relatório escrito e gráfico que deverá conter as seguintes informações referentes ao solo estudado:

- Locação dos furos de sondagem;
- Determinação dos tipos de solo até a profundidade de interesse do projeto;
- Determinação das condições de compactação, consistência e capacidade de carga de cada tipo de solo;
- Determinação da espessura das camadas e avaliação da orientação dos planos que as separam;
- Informação do nível do lençol freático.

Estes dados obtidos através de sondagem retratam as características e propriedades do subsolo, e depois de avaliados servem de base para a escolha do tipo de fundação que melhor se enquadra ao terreno.

Em *sites* de telecomunicações basicamente são usados três tipos de fundações, sendo elas fundações tipo tubulão, fundações tipo *Radier* e fundações tipo Estaca Raiz.

3.2.2.1 Tubulão

Tubulões são elementos estruturais da fundação que transmitem a carga ao solo resistente por compressão, através da escavação de um fuste cilíndrico e uma

base alargada tronco-cônica a uma profundidade igual ou maior do que três vezes o seu diâmetro [4].

A fundação tipo tubulão normalmente é usada onde o solo apresenta pouca resistência ou apresenta água com abundância. É usado também para fundações dentro d'água como as fundações de pontes por exemplo.

Existem dois tipos de tubulões a céu aberto ou sob ar comprimido (pneumático).

Tubulão a céu aberto: Consiste em um poço aberto manualmente ou mecanicamente em solos coesivos, de modo que não haja desmoronamento durante a escavação, e acima do nível d'água. Quando há tendência de desmoronamento, reveste-se o furo com alvenaria de tijolo, manilha ou tubo de aço. O fuste é escavado até a cota desejada, a base é alargada e posteriormente enche-se de concreto. O tubulão preferencialmente deve ter o diâmetro superior a 80 cm para não dificultar a execução, pois é necessário que o operário se movimente dentro do tubulão para a escavação [4].

A Figura 8 refere-se à ilustração do processo de escavação da fundação tipo tubulão a céu aberto.

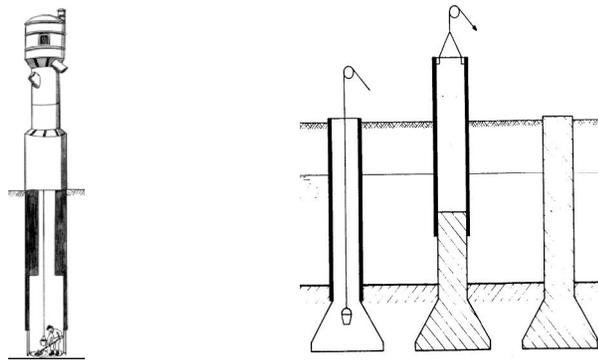


Figura 8 – Processo de escavação de tubulão a céu aberto [4]

Tubulão sob ar comprimido: Este tipo de fundação é utilizado quando existe a presença de água no terreno, exigem-se grandes profundidades e existe o perigo de desmoronamento das paredes.

Neste caso, a injeção de ar comprimido nos tubulões impede a entrada de água, pois a pressão interna é maior que a pressão da água, sendo a pressão empregada no máximo de 3 atm, limitando a profundidade em 30m abaixo do nível da água.

Isso permite que sejam executados normalmente os trabalhos de escavação, alargamento do fuste e concretagem [4].

O equipamento utilizado é composto por uma câmara de equilíbrio e um compressor. Durante a compressão, o sangue dos homens absorve mais gases do que na pressão normal. Se a descompressão for feita muito rapidamente, o gás absorvido em excesso no sangue pode formar bolhas, que por sua vez podem provocar dores e até morte por embolia.

Para evitar esse problema, antes de passar à pressão normal, os trabalhadores devem sofrer um processo de descompressão lenta (nunca inferior a 15 minutos) numa câmara de emergência [4].

A Figura 10 refere-se a um projeto de fundação tipo tubulão feito pela empresa *Networker* uma das principais empresas responsável pela montagem de torres em sites da Claro.

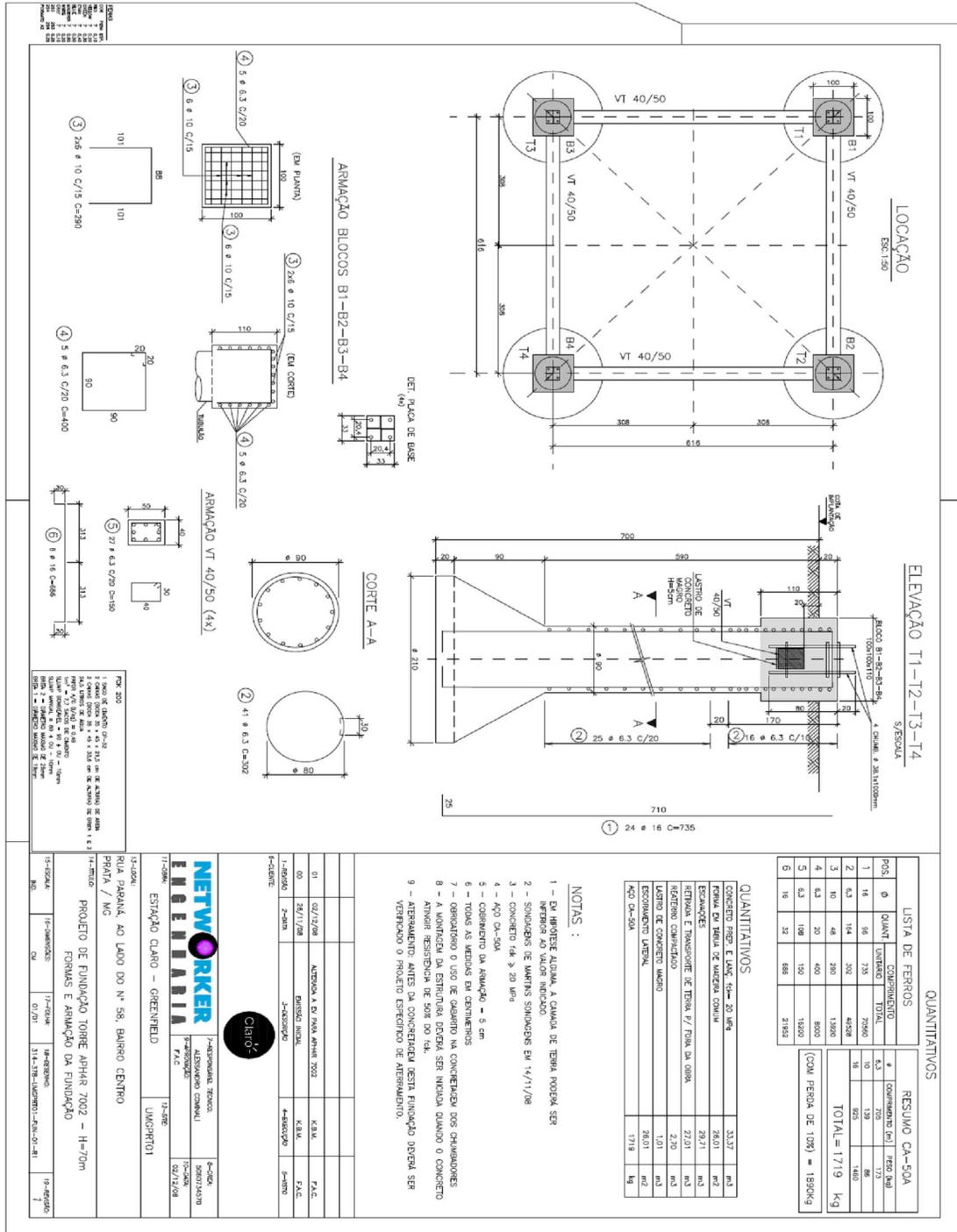


Figura 10 - Projeto de fundação tipo tubulão [7]

A Figura 11 refere-se ao relatório fotográfico da obra feita pela Saturno Engenharia referente ao *site* da Claro UMGPPG01 situado na cidade de Papagaios, mostrando o processo da execução de uma fundação tipo tubulão.



Figura 11 - Relatório fotográfico da fundação tubulão do *site* UMGPPG01 [7]

3.2.2.2 Radier

A fundação em Radier é constituída por um único elemento de fundação que distribui toda a carga da edificação para o terreno, constituindo-se em uma distribuição de carga tipicamente superficial. O *Radier* é uma laje de concreto armado, que distribui a carga total da estrutura uniformemente pela área de contato. É usado de forma econômica quando as cargas são pequenas e a resistência do terreno é baixa, sendo uma boa opção para que não seja usada a solução de fundação profunda.

Podem ser executados dois sistemas de radier sistema constituído por laje de concreto (sistema flexível) e sistema de laje e vigas de concreto (sistema rígido).

A Figura 12 refere-se à ilustração da fundação tipo *Radier*.

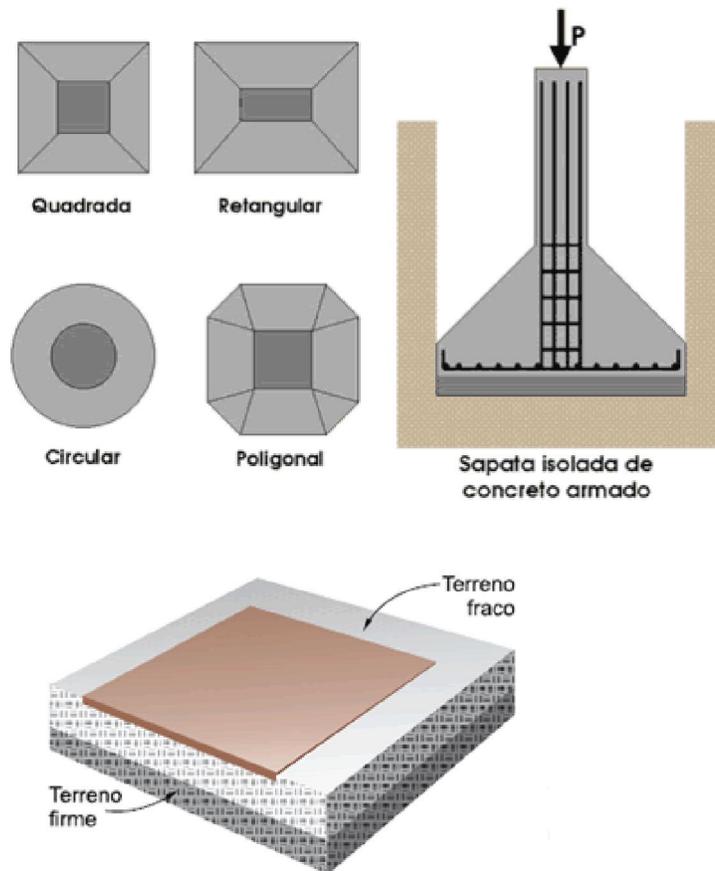


Figura 12 – Fundação tipo *Radier* [4]

A Figura 14 refere-se ao relatório fotográfico da obra feita pela Saturno Engenharia referente ao site da Claro UMGNV501 situado na cidade de Nova Serrana, mostrando o processo da execução de uma fundação tipo *Radier*.



Figura 14 - Relatório fotográfico da fundação *Radier* do site UMGNV501 [7]

3.2.2.3 Estaca raiz

É um processo onde as estacas são escavadas com perfuratriz, são executadas com equipamento de rotação ou rotopercussão com circulação de água, lama bentonítica ou ar comprimido.

É recomendada para obras com dificuldade de acesso para o equipamento de cravação, pois emprega equipamento com pequenas dimensões (altura de aproximadamente 2 m). Pode atravessar terrenos de qualquer natureza, sendo por isso indicado quando o solo possui matacões e rocha.

Pode ser executada de forma inclinada, resistindo a esforços horizontais.

É uma estaca de pequeno diâmetro concretada *in loco*. Essa perfuração se processa com um tubo de revestimento e o material escavado é eliminado continuamente, por uma corrente fluida (água, lama bentonítica ou ar) que introduzida através do tubo reflú pelo espaço entre o tubo e o terreno.

Completada a perfuração, coloca-se a armadura ao longo da estaca, concretando-se à medida que o tubo de perfuração é retirado. A argamassa é constituída de areia peneirada e cimento, acrescida de aditivos fluidificantes adequados para cada caso.

As figuras 15 e 16 referem-se a ilustrações da fundação tipo estaca raiz.

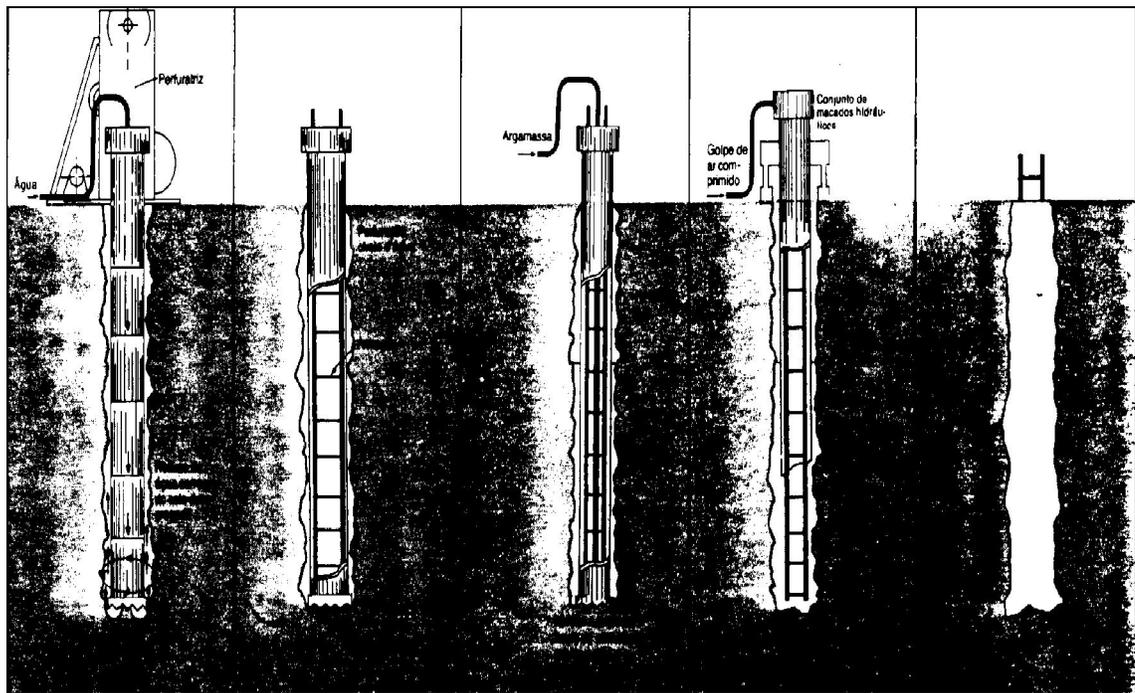


Figura 15 - Fundação tipo estaca raiz [4]

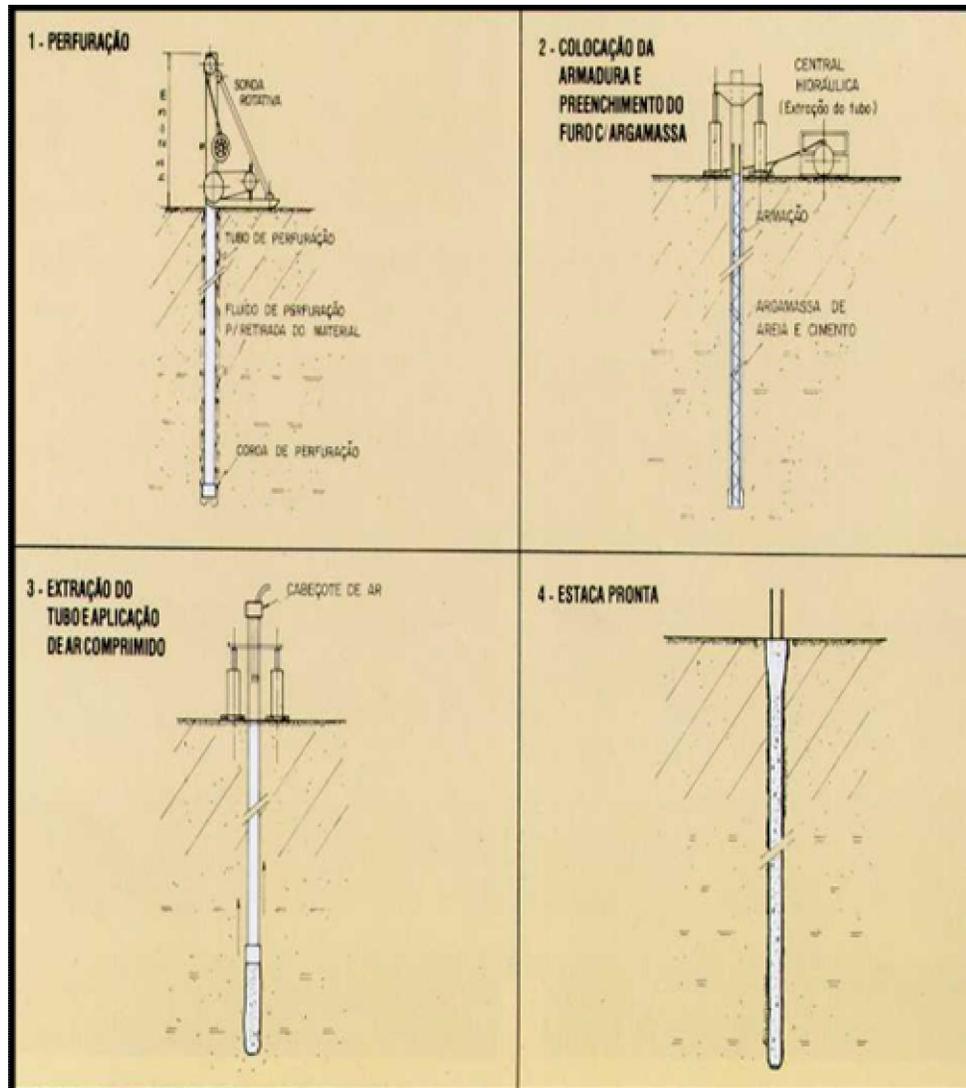


Figura 16 - Fundação tipo estaca raiz [4]

A Figura 17 refere-se ao projeto de fundação feito pela empresa *Networker* a pedido da operadora *Claro*.

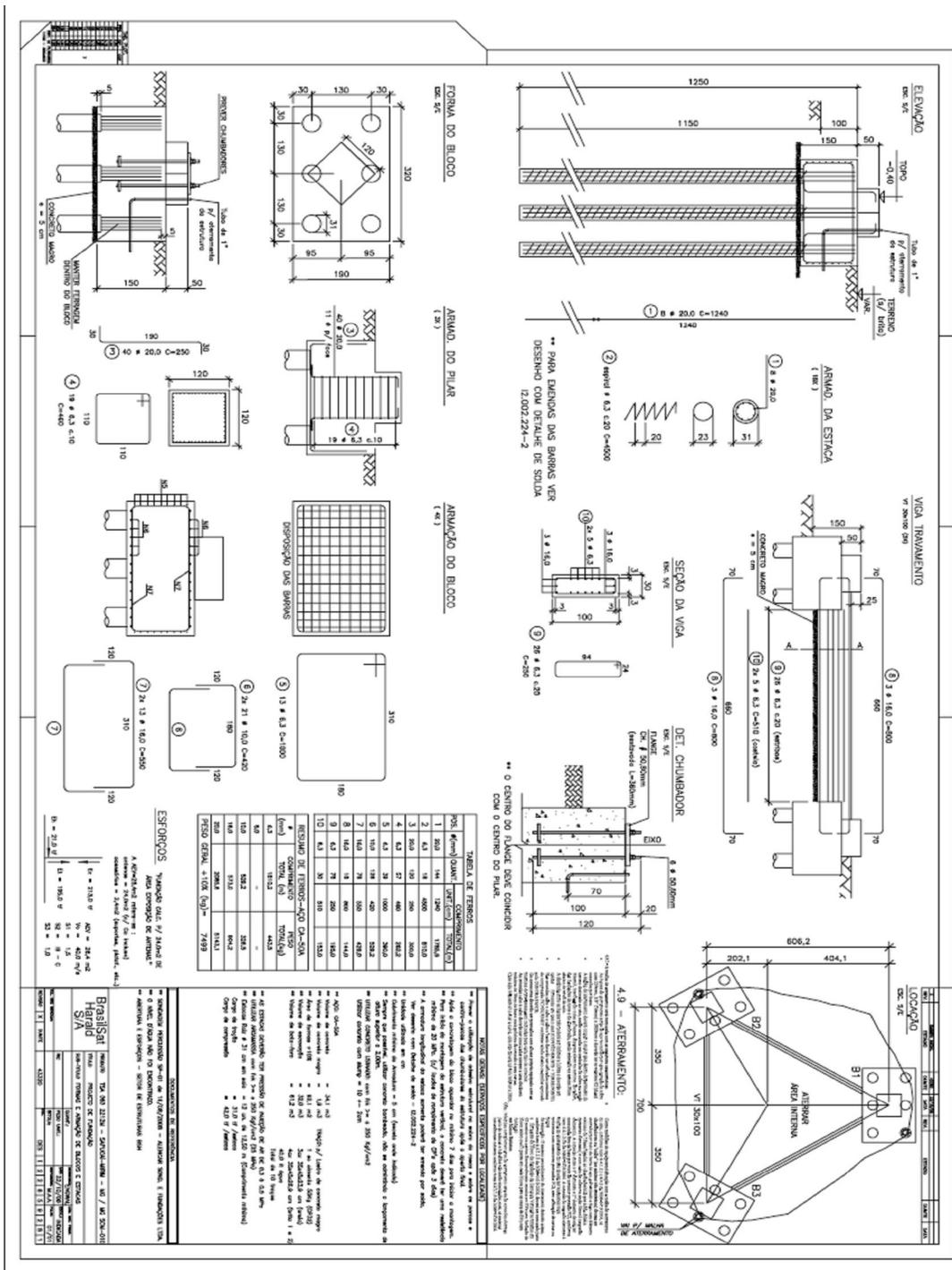


Figura 17 - Projeto de fundação tipo estaca raiz [7]

A Figura 18 refere-se ao relatório fotográfico da obra feita pela Saturno Engenharia referente ao *site* da Claro MGSCM01 situado na cidade de Sapucaí Mirim, mostrando o processo da execução de uma fundação tipo estaca raiz.



Figura 18 - Relatório fotográfico da fundação estaca raiz do *site* UMGSCM01 [7]

3.3 Estruturas verticais e Instalações complementares

A etapa da fundação é a que demanda o maior tempo na construção de uma estação rádio base, pois é necessário o processo de escavação, a armação das ferragens, concretagem e o tempo de cura para montagem da EV.

As outras etapas da infraestrutura dependem da finalização da fundação para serem iniciadas, após a concretagem da fundação são iniciadas as seguintes etapas de construção.

3.3.1 Montagem da EV (Estrutura Vertical)

As montagens das estruturas verticais são feitas por empresas especializadas em fabricação e montagem que normalmente não são as mesmas empresas responsáveis pela execução da obra civil. O tipo de estrutura vertical e altura são definidos pela operadora de acordo com as exigências do setor de Engenharia de Sistemas ou Rede de Acesso.

Por motivo de segurança na etapa da montagem da torre somente a empresa responsável por este serviço pode trabalhar no site.

Após a montagem completa da estrutura vertical a empresa responsável pela infraestrutura do *site* retoma as atividades.

A Figura 19 mostra um tipo de estrutura vertical do tipo torre treliçada:



Figura 19 - Torre treliçada [1]

A Figura 20 mostra um tipo de estrutura vertical do tipo poste:



Figura 20 - Poste [1]

3.3.2 Construção do padrão de energia

Os padrões de energia são construídos de acordo com a demanda de energia de cada estação. A entrada de energia deverá seguir os padrões das concessionárias locais, preferencialmente em alta tensão com o transformador particular de cada operadora. Caso a energia elétrica seja em baixa tensão, a carga mínima deverá ser 75kVA, proveniente da rede pública local, com a caixa do medidor voltado para o logradouro público.

Todas as instalações elétricas devem atender a legislação local e as normas do ministério do trabalho em especial a NR-10 (Segurança em instalações elétricas).

A Figura 4 do anexo II mostra um projeto elétrico para construção do padrão de energia bifásico de acordo com as normas da Cemig.

Após a etapa da construção do padrão de energia é iniciado as etapas de construção da malha de aterramento, cercamento do *site* e construção das bases de concreto onde serão instalados os equipamentos, passagem dos cabos de energia CA (corrente alternada) da base dos equipamentos até o QTM (Quadro de transferência Manual).

Após o término das etapas da obra a operadora fiscaliza o serviço executado onde são conferidos todos os itens constantes em um *check list*. Se todos os itens forem aceitos a obra está em RFI.

O termo RFI (*Read for Instalation*) usado em telecomunicações indica que o *site* está pronto para a instalação.

No anexo III é mostrado o relatório fotográfico da finalização da infraestrutura de um *site*.

Nos *sites* são instalados os GMGs (Grupo motor gerador) que são alimentados a óleo diesel com abastecimento e acompanhamento de um operador, para entrarem em operação quando da falta de energia na rede pública.



Figura 21 - Grupo motor gerador [7]

A Figura 22 refere-se ao relatório fotográfico da instalação do padrão de energia bifásico de acordo com as normas da Cemig do *site* da claro UMGPTI02 situado na cidade de Pitangui.

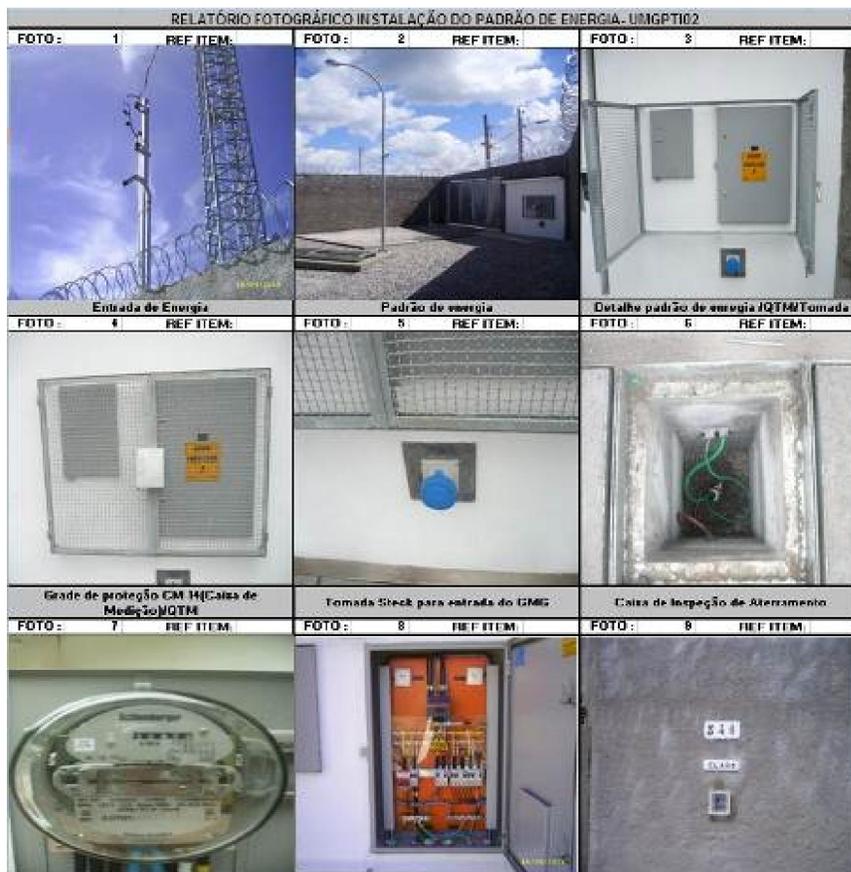


Figura 22 - Relatório fotográfico de instalação do padrão de energia [7]

3.3.3 Cercamento do *site*

Algumas operadoras de telefonia celular adotaram o cercamento dos *sites* com mourões e telas de arame galvanizado que são economicamente mais viáveis e mais simples de serem construídos que o cercamento com muro.

Atualmente, as operadoras estão exigindo que a construção das ERB's seja feita seguindo o modelo de *super sites* que são *sites* com maior proteção contra atos de vandalismo e roubo.

Os *super sites* possuem o cercamento com muros de 3m de altura feitos com blocos de concreto e com instalação de concertina ao redor de toda sua extensão. Instalação de um portão feito de aço galvanizado que são trancados com os cadeados mais resistentes que existem no mercado chamado de cadeados *multilock*, instalações de grades de proteção para os equipamentos e quadros distribuidores de energia.

Em regiões com alto índice de vandalismo são instalados alarmes que são controlados remotamente ou são contratadas empresas responsáveis por proteção com cães de guarda.

A Figura 23 refere-se a foto de um *super site* da operadora Claro.



Figura 23 - *super site* [7]

As Figuras 24 e 25 referem-se a um *site* da operadora Vésper com proteção de cães de guarda.



Figura 24 - super site [5]



Figura 25 - super site [5]

CAPÍTULO 4

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se concluir que as etapas de construção e ativação das *ERBs* são etapas complexas por envolver além das operadoras várias empresas prestadoras de serviços de construção civil, energia elétrica, ar condicionado e equipamentos de telecomunicações, envolverem órgãos públicos municipais, estaduais, federais e organizações privadas.

As operadoras podem trabalhar com um tipo de contrato chamado *turn-Key* (chave na mão) que se resume na responsabilidade total da empresa contratada por entregar o site pronto e em pleno funcionamento para a operadora, sendo esta responsável por todas as etapas de implantação do *site*, sem a participação da operadora.

O contrato mais comum entre as operadoras e empresas terceiras é o chamado *Not turn-key* que são repassadas as empresas contratadas partes da responsabilidade da implantação estando à operadora acompanhando todo o processo da contratação.

Com o avanço da tecnologia de sistema celular a competição no mercado entre as operadoras ficam cada vez maior, sendo necessária a ampliação e a instalação de novas redes de telefonia celular em todo mundo.

Algumas regiões do país não suportam mais as instalações de *ERBs* devido às legislações não permitirem instalações de *EVs* muito próximas umas das outras obedecendo os afastamentos de acordo com as legislações de cada município. Devido a este problema as operadoras buscam o tipo de implantação de *ERBs* do tipo *RT* onde os prédios residenciais ou comerciais são usados para a instalação das antenas e equipamentos ou o compartilhamento dos sites já

existentes de outras operadoras. De acordo com as normas da Anatel é obrigatório o compartilhamento entre as operadoras que prestam serviço público, o compartilhamento do espaço em um mesmo site (espaço físico e estrutura vertical instalada) para instalar seus equipamentos e antenas de acordo com a necessidade de cada operadora.

Os sites do tipo *Roof Top* e os sites compartilhados são economicamente mais viáveis para as operadoras, porém existem maiores dificuldades para a liberação da instalação do que nos sites do tipo GF (*Green Field*).

A Figura 26 demonstra as principais etapas de implantação de um ERB.

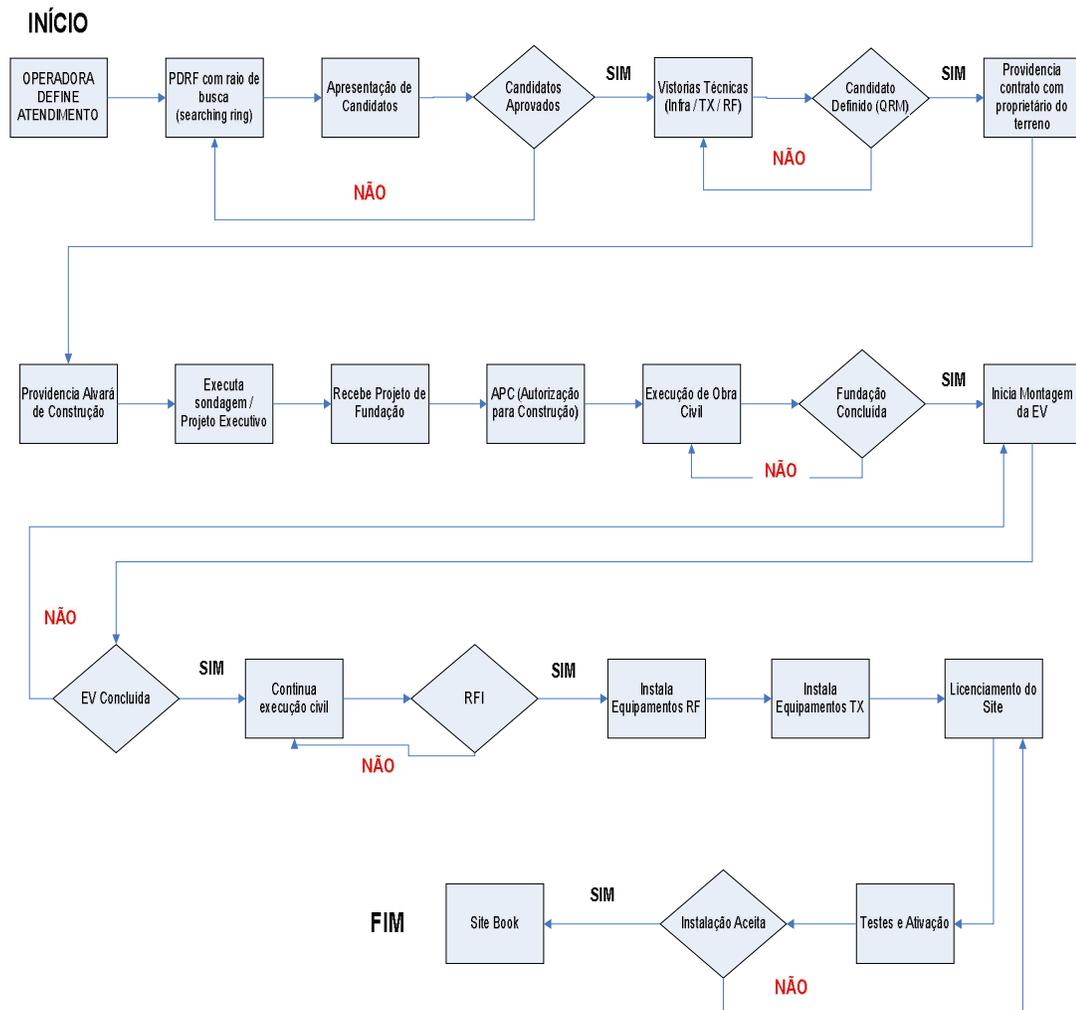


Figura 26 - Fluxograma de implantação de estação rádio base

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] <http://www.teleco.com.br./glossário.asp>. erb Acessado em 6 Julho de 2012
- [2] http://www.mrsondagens.com/serviços_3.asp Acessado em 15 de Julho de 2012
- [3] <http://www.sopel.com.br/fundações.html> Acessado em 03 de Agosto 2012
- [4] <http://www.fundsolo.com.br/fundação/fundação.htm> Acessado em 06 Agosto de 2012
- [5] <http://www.ebanataw.com.br/sondagens.1.arg> Acessado em 10 Setembro de 2012
- [6] CADERNO DE ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS Claro. Rev.07, 2011
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023**: informação e documentação: referências: elaboração. Rio de Janeiro, 2002. 24 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6028**: informação e documentação: resumo: apresentação. Rio de Janeiro, 2003. 2 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10525**: numeração internacional para publicações seriadas: ISSN. Rio de Janeiro, 1988. 2 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14724**: informação e documentação: trabalhos acadêmicos: apresentação. ed. Rio de Janeiro, 2005. 9

ANEXOS E APÊNDICES

Anexo I

Neste anexo I é apresentado o relatório de sondagem à percussão realizado no *site* da Claro MGCNN01 , na cidade de Centralina pela empresa Martins Sondagens por contratação da Saturno Engenharia.

Os relatórios de sondagem são feitos por empresas especializadas em sondagens, e são enviados as operadoras que repassam esses relatórios para as empresas responsáveis pela fabricação e montagem das EVs.

Nesta sondagem foram realizados 3 (três) furos no terreno de forma que o primeiro furo foi executado no centro do terreno conforme Figura 1 e os demais furos Figura 2 e Figura 3 foram feitos de forma que não fiquem na mesma reta mostrando o tipo de solo a cada metro perfurado.

Através dos resultados deste relatório de sondagem foi feito o projeto de fundação definindo o tipo de fundação que será utilizada.



RELATÓRIO PARA SONDAGEM DE SIMPLES RECONHECIMENTO DO SOLO

Rua Professor Aimoré Dutra, nº. 794 – Bairro -São João Batista.
Belo Horizonte/MG – CEP: 31.520-050
Tel.: (31) 3913 – 8474 Tele fax.: (31) 3317-9022
martinssondagens@gmail.com



R.- 012 / 2008.

Belo Horizonte, 17 de novembro de 2008.

A

Cliente: Saturno Engenharia Ltda.

Cidade: Belo Horizonte - MG

OBRA: Rua Belchior de Faria – ao lado do nº. 322 – Centro – Centralina - MG

Sondagem à percussão SPT Ø 2 ½”.

Prezados Senhores,

Estamos apresentando o Relatório da Sondagem, que foi realizada no local acima citado 3 (três) furos totalizando 43,35m de sondagem SPT (Standard Penetration Test).

A sondagem foi executada segundo as seguintes normas da ABNT:

- a) NBR-8036/83: “Programação de Sondagens de Simples Reconhecimento de Solos para Fundações de Edifícios”;
- b) NBR-6484/2001: “Solos - Sondagens de Simples Reconhecimento com SPT Método de Ensaio”;
- c) NBR-6502/95: “Rochas e Solos - Terminologia”;
- d) NBR-13441/95: “Rochas e Solos - Simbologia”.

As sondagens à percussão com Ø 2 1/2” foram executadas de acordo com as prescrições da norma NBR-6484/2001.

MÉTODO:

A perfuração iniciou-se com avanço por trado manual até quando o solo se tornou impenetrável. A partir daí, o avanço foi com circulação de água. Foram coletadas amostras pouco deformadas com o barrilete amostrador. A extração das amostras foi realizada com a cravação do amostrador padrão de Ø 2” e Ø 1 3/8” externo e interno respectivamente, através de golpes com martelo de 65 Kg em queda livre de 75 cm.



A cada metro de perfuração registrou-se no campo o nº de golpes para cravação de 45 cm do amostrador em 3 etapas de 15 cm. Nos perfis de sondagem apresentados, estão assinalados numérica e graficamente o número de golpes necessários para a cravação dos 30 cm iniciais (I) e 30 cm finais (F).

Nos trechos que a penetração do amostrador é inferior a 45 cm, o registro é apresentado sob a forma fracionária, onde o numerador indica o nº de golpes e o denominador a penetração.

EQUIPAMENTO:

As especificações do equipamento utilizados estão de acordo com a **NBR-6484/2001**:

IDENTIFICAÇÃO E DESCRIÇÃO DAS AMOSTRAS:

As amostras coletadas foram identificadas e descritas conforme a **NBR-6484/2001**.

A terminologia empregada está de acordo com a **NBR-6502/95**.

Para a classificação da compactidade dos solos granulares e da consistência dos solos finos, foi utilizada a tabela da **NBR-6484/2001**.

A convenção gráfica utilizada foi a prescrita pela **NBR-13441/95**.

Os boletins de sondagens apresentados contêm as seguintes informações:

- cota da boca do furo em relação ao RN escolhido;
- classificação tátil-visual dos materiais perfurados descritos de acordo com a **NBR-7250/80** da ABNT;
- profundidade das camadas em relação a cota da boca do furo;
- profundidade do lençol freático em relação a boca do furo (quando encontrado).

Anotação de impenetrável, quando citada nos boletins, não indica necessariamente que tenha sido encontrado o topo rochoso, mas que foi encontrado um obstáculo não penetrável pelo equipamento de sondagens à percussão.

As amostras permanecerão em nossas instalações à disposição dos senhores por um período de 30 dias a contar desta data.

Atenciosamente,

Martins Sondagens e Fundações Ltda.

Rua Professor Aimoré Dutra, nº. 794 – Bairro -São João Batista.
Belo Horizonte/MG – CEP: 31.520-050
Tel.: (31) 3913 – 8474 Tele fax.: (31) 3317-9022
martinssondagens@gmail.com

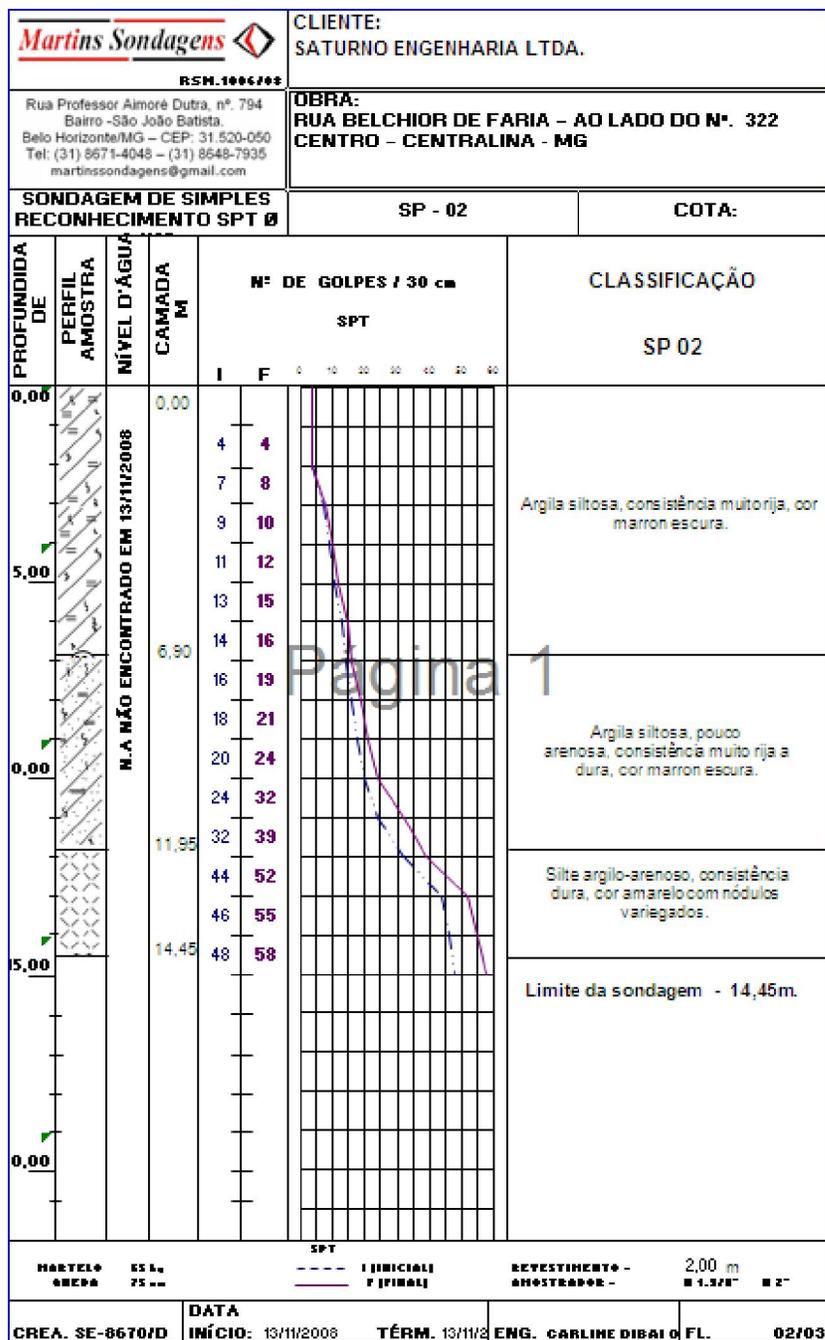


Figura 2 - Relação entre o número de golpes do 2º furo e o material encontrado no solo a cada 30 cm até o limite máximo da Perfuração.

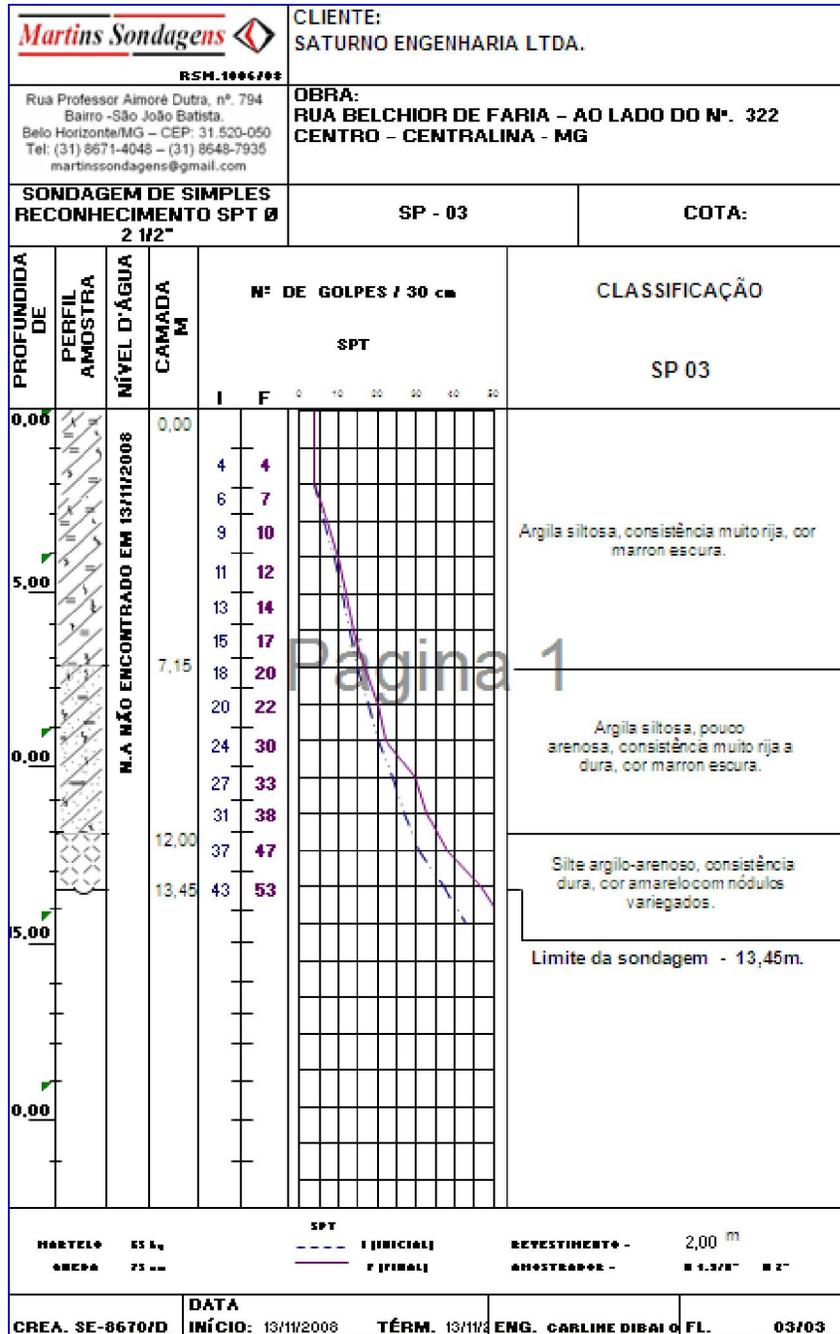


Figura 3 - Relação entre o número de golpes do 3º furo e o material encontrado no solo a cada 30 cm até o limite máximo da Perfuração.

Anexo III

RELATÓRIO FOTOGRÁFICO - MGPT102 - PITANGUI					
FOTO : 1	REF ITEM:	FOTO : 2	REF ITEM:	FOTO : 3	REF ITEM:
					
PANORÂMICA EXTERNA		PANORÂMICA EXTERNA		PANORÂMICA EXTERNA	
FOTO : 4	REF ITEM:	FOTO : 5	REF ITEM:	FOTO : 6	REF ITEM:
					
LATERAL DO MURO		LATERAL DO MURO		PANORÂMICA INTERNA	
FOTO : 7	REF ITEM:	FOTO : 8	REF ITEM:	FOTO : 9	REF ITEM:
					
PANORÂMICA INTERNA		PANORÂMICA INTERNA		PANORÂMICA INTERNA	
FOTO : 10	REF ITEM:	FOTO : 11	REF ITEM:	FOTO : 12	REF ITEM:
					
PANORÂMICA INTERNA		PANORÂMICA INTERNA		BASE DA TORRE	

Figura 5 - Relatório fotográfico da construção de um site