

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

**ELABORAÇÃO E APLICAÇÃO DE UMA
METODOLOGIA DE CONTROLE DE QUALIDADE
PARA O PROCESSO EXECUTIVO DE ESTACAS
HÉLICE CONTÍNUA MONITORADAS**

CARLOS ALBERTO ALEXANDRE TAVARES

ORIENTADORA: NEUSA MARIA BEZERRA MOTA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL

PUBLICAÇÃO: EDM 009 A/09

BRASÍLIA/DF: AGOSTO/09

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

**ELABORAÇÃO E APLICAÇÃO DE UMA
METODOLOGIA DE CONTROLE DE QUALIDADE
PARA O PROCESSO EXECUTIVO DE ESTACAS
HÉLICE CONTÍNUA MONITORADAS**

CARLOS ALBERTO ALEXANDRE TAVARES

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL.

APROVADO POR:

NEUSA MARIA BEZERRA MOTA, DSc (UnB)
(ORIENTADORA)

ROSA MARIA SPOSTO, DSc (UnB)
(EXAMINADORA INTERNA)

PAULO JOSÉ ROCHA DE ALBUQUERQUE, DSc (UNICAMP)
(EXAMINADOR EXTERNO)

BRASÍLIA, 07 DE AGOSTO DE 2009

FICHA CATALOGRÁFICA

CARLOS ALBERTO ALEXANDRE TAVARES

Elaboração e aplicação de uma metodologia de controle de qualidade para o processo executivo de estacas hélice contínua monitoradas [Distrito Federal] 2009.

xvi, 117 p. 297 mm (ENC/FT/UnB, Mestre em Estruturas e Construção Civil, 2009).

Dissertação de Mestrado - Universidade de Brasília.

Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil.

1. Estacas hélice contínua monitoradas 2. Sistema de monitoração

3. Controle de qualidade 4. Método de análise e solução de problemas

I. ENC/FT/UnB II - Título (série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

Tavares, C.A.A., 2009. Elaboração e aplicação de uma metodologia de controle de qualidade para o processo executivo de estacas hélice contínua monitoradas.

Dissertação de Mestrado, Publicação EDM 009A/09, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília/DF, 117 p.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Carlos Alberto Alexandre Tavares

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO: Elaboração e aplicação de uma metodologia de controle de qualidade para o processo executivo de estacas hélice contínua monitoradas.

GRAU/ANO: Mestre em Estruturas e Construção Civil/2009

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Carlos Alberto Alexandre Tavares

Qs 07, Rua 800 - Lote 01, Bloco D – Apto. 701

CEP: 71.971-540 – Águas Claras/DF – Brasil

DEDICATÓRIA

**À minha noiva Klícia,
pelo constante incentivo,
compreensão, carinho e amor**

**Ao meu pai Roberto sempre presente em minhas orações,
minha mãe, irmãos e sobrinhos, minha gratidão.**

AGRADECIMENTOS

À professora Neusa Maria Bezerra Mota, pela competente orientação no desenvolvimento e conclusão deste estudo, pelo incentivo e dedicação a mim dispensados.

Aos professores do Programa de Mestrado em Estruturas e Construção Civil da UnB, pelo conhecimento transmitido de forma séria e competente.

À minha amiga Débora e seus filhos Gabriel e Mariana, pela hospitalidade e carinho.

A todos os colegas do mestrado, pelo carinho e amizade, em especial à Suelen e Rodrigo pela ajuda nos momentos mais difíceis.

Aos colegas da 'Pelada da Geotecnia', que fizeram das quintas-feiras momentos agradáveis de descontração e lazer.

A Empresa Sul Americana de Fundações S/A, na pessoa do Eng^o Luciano Fonseca, pelo apoio incondicional no desenvolvimento desta pesquisa.

Aos Eng^{os} Luiz Aurélio e Viviane pela transmissão de conhecimento e experiência na execução de estacas hélice contínua monitoradas e a todos os funcionários da empresa Sul Americana.

Ao Sr. Marcelo pelo fornecimento de dados e informações sobre o funcionamento do sistema de monitoração SACI.

RESUMO

Esta dissertação apresenta uma metodologia de controle de qualidade para o processo executivo de estacas hélice contínua monitoradas, baseado no gerenciamento pelo ciclo PDCA de controle de qualidade, a saber: P (PLAN) – Planejamento; D (DO) – Execução; C (CHECK) – Verificação; e A (ACTION) – Ação. Inicialmente é apresentada uma revisão bibliográfica sobre as etapas do processo de execução desse tipo de fundação profunda, dos equipamentos utilizados, dos sistemas de monitoração, além dos aspectos práticos operacionais.

Foi realizado um acompanhamento de campo em 03 (três) obras distintas localizadas na cidade de Brasília-DF, onde foi possível visualizar “*in loco*” os desvios e dificuldades encontrados. As informações obtidas serviram de ponto de partida para elaboração das contramedidas utilizadas para o bloqueio dos problemas observados, através da aplicação do Método de Análise e Solução de Problemas (MASP) inserido nas etapas do ciclo PDCA de melhorias. As ações implantadas para a melhoria da qualidade tiveram como foco principal os serviços de manutenção, o sistema de monitoração e os serviços preliminares de responsabilidade das empresas contratantes.

Apresenta, ainda, a implantação, no local de trabalho, das contramedidas estabelecidas para o bloqueio dos desvios observados em cada uma das etapas do ciclo PDCA. Foi possível verificar melhorias satisfatórias em todos os setores abordados, em especial o setor de manutenção e o sistema de monitoração. No entanto, será necessária a realização de intervenções futuras onde não foi possível alcançar o bloqueio definitivo dos desvios encontrados, através da continuidade do método de controle de qualidade adotado.

Palavras-chave: Estaca Hélice Contínua; Controle de Qualidade; Ciclo PDCA.

ABSTRACT

This dissertation presents a quality control methodology for the executive process of stakes Continuous Flight Auger (CFA) piles based on the administration for the cycle quality control PDCA, to know: P (PLAN); D (DO); C (CHECK); and A (ACTION). Initially a bibliographical revision is presented on the stages of the process of execution of that type of deep foundation, of the used equipments, of the monitoring systems, besides the operational practical aspects.

A field attendance was accomplished in 03 (three) located different works in the city of Brasília-DF, where it was possible to visualize "in loco" the deviations and difficulties found. The obtained information served as starting point for elaboration of the countermeasures used for the blockade of the observed problems, through the application of the Method of Analysis and Solution of Problems (MASP) inserted in the stages of the cycle PDCA of improvements. The actions implanted for the improvement of the quality had as main focus the maintenance services, the monitoring system and the preliminary services of responsibility of the contracting companies.

It also presents the implementation in the workplace, the counter set for the block of deviations observed in each of the stages of the PDCA cycle. It was possible to verify satisfactory improvements in all of the approached sections, especially the maintenance section and the monitoring system. However, it will be necessary the accomplishment of future interventions where it was not possible to reach the definitive blockade of the found deviations, through the continuity of the method of adopted quality control.

Keywords: Continuous Flight Auger; Quality Control; PDCA Cycle.

SUMÁRIO

RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	xii
LISTA DE TABELAS.....	xv
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	xvi
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 OBJETIVOS.....	1
1.1.1 Objetivos Gerais.....	1
1.1.2 Objetivos específicos.....	2
1.2 JUSTIFICATIVA.....	2
1.3 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO.....	3
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1 HISTÓRICO DAS ESTACAS HÉLICE CONTÍNUA.....	5
2.2 PROCESSO EXECUTIVO DAS ESTACAS HÉLICE CONTÍNUA.....	6
2.2.1 Perfuração.....	6
2.2.2 Concretagem.....	8
2.2.3 Instalação da armação.....	9
2.3 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS.....	12
2.4 CONTROLE E MONITORAÇÃO DA EXECUÇÃO.....	14
2.4.1 Controle e monitoração da perfuração.....	15
2.4.2 Controle e monitoração da concretagem.....	16

2.4.3	Controle da instalação da armação	18
2.5	ASPECTOS PRÁTICOS DA EXECUÇÃO.....	18
2.5.1	Fatores relacionados aos equipamentos	19
2.5.2	Fatores relacionados à metodologia executiva	19
2.5.3	Fatores relacionados ao tipo de terreno	23
2.6	CONTROLE DE QUALIDADE DE ESTACAS HÉLICE CONTÍNUA.....	25
2.6.1	Evolução do conceito de Gestão da Qualidade.....	25
2.6.2	Aspectos Importantes do Controle de Qualidade.....	27
2.6.3	Controle Tecnológico do Concreto.....	35
2.6.4	Sistemas Gerenciais para Controle e Garantia de Qualidade.....	38
3	METODOLOGIA.....	41
3.1	CARACTERIZAÇÃO DAS OBRAS MONITORADAS	42
3.1.1	Obra A	42
3.1.2	Obra B	44
3.1.3	Obra C	46
3.2	CARACTERIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS UTILIZADOS	47
3.3	SISTEMA DE MONITORAÇÃO	50
3.3.1	Finalidade	50
3.3.2	Princípios básicos.....	51
3.4	METODOLOGIA DE CONTROLE DE QUALIDADE	55

4	APLICAÇÃO DO MASP PARA EXECUÇÃO DE ESTACA HÉLICE.....	58
4.1	INTRODUÇÃO	58
4.2	IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA – FLUXO 1.....	58
4.3	OBSERVAÇÃO DE CAMPO – FLUXO 2	60
4.3.1	Perfuração	61
4.3.2	Concretagem	63
4.3.3	Instalação da Armação	68
4.4	ANÁLISE DOS PROBLEMAS LEVANTADOS – FLUXO 3	70
4.4.1	Manutenção Inadequada.....	71
4.4.2	Sistema de Monitoração.....	72
4.4.3	Problemas Executivos	74
4.5	PLANO DE AÇÃO – FLUXO 4.....	78
4.6	EXECUÇÃO DO PLANO DE AÇÃO – FLUXO 4.....	80
4.6.1	Manutenção Inadequada.....	80
4.6.2	Sistema de Monitoração.....	82
4.6.3	Problemas Executivos	85
4.7	VERIFICAÇÃO DAS CONTRAMEDIDAS – FLUXO 5.....	89
4.7.1	Manutenção	89
4.7.2	Sistema de Monitoração	91
4.7.3	Problemas Executivos	93

4.8 PADRONIZAÇÃO – FLUXO 6.....	94
4.9 CONCLUSÃO DO PDCA – FLUXO 7	95
5 CONCLUSÃO E SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS.....	97
5.1 CONCLUSÕES	95
5.2 SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS	96
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	99
ANEXO A.....	103
ANEXO B.....	105
ANEXO C.....	106
ANEXO D.....	107
ANEXO E.....	109
ANEXO F.....	112

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Etapas de execução das estacas hélice contínua monitoradas.....	06
Figura 2.2 – Etapa de perfuração.....	07
Figura 2.3 – Colocação da tampa metálica provisória.....	07
Figura 2.4 – Limpeza manual do trado.....	09
Figura 2.5 – Retirada do solo para fora da área de trabalho.....	09
Figura 2.6 – Utilização de pá carregadeira na instalação da armadura.....	10
Figura 2.7 – Instalação manual da armadura.....	10
Figura 2.8 – Detalhe típico de armação para estaca hélice contínua.....	11
Figura 2.9 – Equipamento para perfuração de estacas hélice contínua.....	13
Figura 2.10 – Folha de controle da monitoração.....	15
Figura 2.11 – Espaçador específico para fundações.....	18
Figura 2.12 – Realização do ensaio P.I.T.....	30
Figura 2.13 – Ilustração do processo baseado no gerenciamento do sistema de qualidade	39
Figura 2.14 – Esquema para eliminação da causa fundamental de problemas.....	40
Figura 2.15 – Ciclo PDCA de controle de qualidade.....	40
Figura 3.1 - Localização da obra A.....	42
Figura 3.2 - Bloco N dividido em etapas.....	43
Figura 3.3 - Localização da obra B.....	44

Figura 3.4 – Disposição das Juntas da Obra B.....	45
Figura 3.5 – Localização da obra C – SGAN.....	46
Figura 3.6 – Perfuratriz Hidráulica Modelo CA 60.....	48
Figura 3.7 – Dimensões Gerais Trabalho CA 60.....	48
Figura 3.8 – Dimensões Gerais de Transporte CA 60.....	49
Figura 3.9 – Perfuratriz Hidráulica Modelo CA 80.....	49
Figura 3.10 – Dimensões Gerais Trabalho CA 80.....	49
Figura 3.11 – Dimensões Gerais de Transporte CA 80.....	50
Figura 3.12 – Conjunto sensor de pressão de concreto.....	53
Figura 3.13 – Esquema de funcionamento do sensor de rotação.....	54
Figura 3.14 – Esquema de funcionamento do sensor de profundidade.....	55
Figura 3.15 – MASP como PDCA de melhoria.....	56
Figura 4.1 – Produção em metro linear por equipamento perfuratriz.....	59
Figura 4.2 – Percentual de perdas em novembro/08.....	60
Figura 4.3 – Segmento de hélice danificado durante execução de estacas.....	62
Figura 4.4 – Entupimento de hélice.....	63
Figura 4.5 – Concreto retirado da curva de um equipamento perfuratriz.....	64
Figura 4.6 – Concreto com baixa trabalhabilidade, <i>slump</i> aproximado de 17 cm.....	65
Figura 4.7 – Paralisação dos serviços para manutenção da perfuratriz.....	66
Figura 4.8 – Estaca não concretada.....	66
Figura 4.9 – Bomba de concreto apresentando defeito durante etapa de concretagem.....	67
Figura 4.10 – Rompimento da curva metálica durante etapa de concretagem.....	68

Figura 4.11 – Armação de estacas hélice sem espaçadores.....	68
Figura 4.12 – Dificuldade na instalação da armação.....	69
Figura 4.13 – Diagrama de Causa e Efeito: processo macro.....	70
Figura 4.14 – Diagrama de Causa e Efeito: manutenção.....	71
Figura 4.15 – Diagrama de Causa e Efeito: sistema de monitoração.....	73
Figura 4.16 – Diagrama de Causa e Efeito: problemas executivos.....	74
Figura 4.17 – Cobertura construída no galpão da empresa.....	79
Figura 4.18 – Construção de curva reserva.....	80
Figura 4.19 – Manutenção preventiva realizada no galpão da empresa.....	81
Figura 4.20 – Treinamento destinado aos operadores.....	82
Figura 4.21 – Apresentação do novo formulário “Relatório de Campo.....	87
Figura 4.22 – Realização do ensaio para calibração da bomba de concreto.....	87
Figura 4.23 – Acompanhamento do controle tecnológico do concreto.....	88
Figura 4.24 – Nota em projeto para execução de estacas hélice contínua.....	89
Figura 4.25 – Média de produção por equipamento perfuratriz.....	96

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Abatimento de concreto para estaca hélice contínua (JOPPERT, 2007)....	12
Tabela 2.2 - Características dos grupos de equipamentos (PENNA ET. AL., 1999).....	13
Tabela 2.3 – Orientações gerais para velocidade de penetração de Estacas Hélice Contínuas Monitoradas.....	26
Tabela 2.4 – Características do Concreto.....	34
Tabela 3.1 – Perfil estratigráfico do terreno; obra A.....	41
Tabela 3.2 – Perfil estratigráfico do terreno; obra B.....	43
Tabela 3.3 – Perfil estratigráfico típico encontrado na obra C.....	45
Tabela 3.4 – Características dos equipamentos utilizados (Fonte: Cló Zironi).....	46
Tabela 3.5 – Etapas do Método de Análise e Solução de Problemas – MASP.....	55
Tabela 4.1 – Parâmetros analisados no processo executivo de estacas hélice contínua..	59
Tabela 4.2 – Conclusões obtidas para “ <i>Manutenção Inadequada</i> ”.....	70
Tabela 4.3 – Conclusões obtidas para “ <i>Sistema de Monitoração</i> ”	72
Tabela 4.4 – Conclusões obtidas para “ <i>Aspectos Executivos</i> ”.....	73
Tabela 4.5 – Plano de ação: manutenção inadequada.....	74
Tabela 4.6 – Plano de ação: sistema de monitoração.....	75
Tabela 4.7 – Plano de ação: problemas executivos.....	76
Tabela 4.8 – Previsão de manutenção preventiva no cronograma de obras.....	79

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	-	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABEF	-	Associação Brasileira de Empresas de Engenharia de Fundação e Geotecnia
CAPWAP	-	<i>Case Pile Wave Analysis Program</i>
GPS	-	<i>Global Positioning System</i>
ISO	-	<i>International Organization for Standardization</i>
NBR	-	Norma Brasileira Registrada
PIT	-	<i>Pile Integrity Tester</i>
PDA	-	<i>Pile Driving Analyzer</i>
RPM	-	Rotações Por Minuto
SPT	-	<i>Standart Penetration Test</i>
PDCA ACTION	-	Ciclo PDCA de Controle de Qualidade (PLAN, DO, CHECK,
MASP	-	Método de Análise e Solução de Problemas

1 INTRODUÇÃO

A engenharia de fundações vem sofrendo grandes avanços nos últimos anos em função das exigências das obras, que necessitam transmitir ao solo carregamentos cada vez maiores, e principalmente do desenvolvimento de novos equipamentos que propiciam a execução de elementos de fundações mais eficientes e de melhor qualidade e desempenho, possibilitando melhor relação custo-benefício.

Com efeito, as fundações profundas, em especial as estacas escavadas, passaram a ser utilizadas em larga escala nos grandes centros urbanos do país. Com este propósito surgiram no mercado de trabalho recentemente e, tiveram um grande desenvolvimento nos últimos anos, as estacas hélice contínua monitoradas, sendo hoje em Brasília-DF, uma estaca tão utilizada quanto às pré-moldadas.

O controle de qualidade destas fundações deve iniciar-se pela escolha da solução técnica e econômica, passando pelo detalhamento de um projeto executivo e finalizando com o controle de campo da execução do projeto. Nota-se que na fase de execução é comum que ocorram intervenções e modificações no projeto devido a interferências enterradas, erros de locação, variação do solo, mau desempenho das fundações etc., levando, muitas vezes, a uma modificação de projeto.

Dentro deste contexto, esta pesquisa tem como foco principal propor uma metodologia de controle de qualidade dos serviços executivos de estacas hélice contínua, englobando os aspectos relevantes de projeto e execução, sem desconsiderar a produtividade de campo, fator relevante para este tipo de solução.

1.1 OBJETIVOS

Os objetivos propostos para a presente pesquisa serão apresentados a seguir:

1.1.1 Objetivos Gerais

✚ Desenvolver uma metodologia de controle e garantia de qualidade do processo executivo de fundações profundas tipo estacas hélice contínua;

✚ Aplicar essa metodologia, *in loco*, em obras locais com o apoio das empresas de fundações da região.

1.1.2 Objetivos específicos

Como objetivos específicos para o desenvolvimento deste estudo, têm-se:

✚ Definir indicadores técnicos de qualidade e desempenho das estacas tipo hélice contínua monitoradas;

✚ Analisar e comparar o processo executivo de estacas hélice contínua realizado na região com os dados obtidos na literatura nacional e internacional para a execução desse tipo de estaca;

✚ Estudar os sistemas de monitoração dos equipamentos perfuratrizes de estacas tipo hélice contínua utilizados na região;

✚ Avaliar o impacto do sistema de controle e garantia de qualidade das fundações com a qualidade e andamento das obras; e

✚ Elaborar Manual de Instrução de Trabalho para ser utilizado pela equipe de campo visando melhorias do processo executivo das estacas hélice contínua.

1.2 JUSTIFICATIVA

A utilização de estacas hélice contínua em Brasília-DF e entorno, teve seu início em meados de 2002, com crescimento a partir de 2006. Esta solução passou a ser viável e bastante interessante para a região devido ao aquecimento do mercado da construção civil, atrelado a obras cada vez mais ousadas, com projeções acima de 20 pavimentos e vários subsolos (exigências para garagens), com grandes carregamentos, implantadas em áreas limitadas com presença de lençol freático (em torno de 5 metros) e solo superficial com baixíssima capacidade de carga ($N_{SPT} < 6$ golpes).

Com esta demanda crescente do setor de fundações, as estacas hélice contínua consolidaram-se na região devido à peculiaridade de atingir camadas profundas, abaixo do nível d'água com desempenho geotécnico satisfatório.

Avaliar a sua qualidade com ênfase no processo executivo é de fundamental importância, pois trará ao setor e aos profissionais envolvidos os indicadores técnicos de melhoria do desempenho destas estacas.

Alguns estudos, que abordam o processo executivo de estacas hélice contínua, podem ser encontrados na literatura internacional, como o elaborado por Brown et. al. (2007), que enfoca desde o projeto até a fase de execução das estacas hélice em obras de transporte nos Estados Unidos. Na literatura nacional citam-se os trabalhos realizados por Penna et al (1999) e Neto (2002), que serviram de referência inicial para o desenvolvimento desta pesquisa.

O trabalho desenvolvido por Penna et. al. (1999), apesar de ser o mais completo existente na literatura nacional, que enfoca desde os aspectos de desempenho das estacas hélice até o controle tecnológico do concreto, não enfatiza o controle de qualidade do processo executivo destas estacas. Neto (2002), assim como outros, direciona sua pesquisa principalmente à capacidade de carga deste tipo de estaca, dando ênfase aos aspectos geotécnicos.

Portanto, entende-se que o estudo proposto tem fundamental importância para a melhoria da qualidade e do desempenho das estacas hélice contínua monitoradas na região, uma vez que o processo de execução destas estacas necessita de critérios de acompanhamento dos seus parâmetros executivos através de implantação rotinas de trabalho, além de equipes de campo capacitadas para desenvolver de forma eficiente as suas atividades.

1.3 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

O presente estudo está dividido em 5 (cinco) capítulos, onde o Capítulo 01 destina-se à apresentação do trabalho, enfocando os objetivos gerais e específicos, assim como a importância da realização do mesmo.

O Capítulo 02 apresenta uma revisão bibliográfica acerca do histórico, execução e comportamento das estacas hélice contínua monitoradas, bem como um estudo dos aspectos executivos que interferem diretamente na qualidade desse tipo de fundação.

No Capítulo 03, é feita a apresentação da metodologia utilizada para o desenvolvimento deste trabalho.

No Capítulo 04 é desenvolvido um método de controle de qualidade para o processo executivo de estacas hélice contínua monitoradas, utilizando-se o Método de Análise e Solução de Problemas (MASP) inserido no sistema PDCA de gerenciamento da qualidade. No Capítulo 05 são apresentadas as conclusões oriundas deste estudo e as sugestões para futuros estudos.

Em Anexos são apresentados, basicamente, os formulários desenvolvidos durante as contramedidas implantadas para a melhoria da qualidade na execução das estacas hélice contínua monitoradas, além de um manual destinado às instruções de trabalho para a execução de estacas hélice contínua.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 HISTÓRICO DAS ESTACAS HÉLICE CONTÍNUA

O emprego de estacas executadas com trado hélice contínua surgiu na década de 50 nos Estados Unidos. Os equipamentos eram constituídos por guindastes de torre acoplada, dotados de mesa perfuradora que executavam estacas com diâmetros de 275, 300 e 400 mm. No início da década de 70, esse sistema, foi introduzido na Alemanha, de onde se espalhou para o resto da Europa e Japão. A partir de então, sua utilização obteve grande crescimento, em números comparáveis às mais populares. Comprovando isto, estudos realizados por Van Impe na Europa (Grã-Bretanha, Áustria, Itália, Holanda, Alemanha, Bélgica e França), verificaram a tendência do decréscimo na utilização das estacas escavadas, sendo substituídas pelas estacas hélice contínua (PENNA ET. AL., 1999).

A estaca hélice contínua foi executada pela primeira vez no Brasil em 1987 com equipamentos aqui desenvolvidos montados sob guindaste de esteira, com torque de 35 KNm e diâmetro de hélice de 275 mm, 350 mm e 425 mm, que permitiam executar estacas de até 15 m de profundidade. A partir da metade da década de 90, o mercado brasileiro foi invadido por máquinas importadas da Europa, principalmente da Itália, construídas especialmente para execução de estacas hélice contínua, com torque de 90 KNm a mais de 200 KNm, diâmetros de hélice de até 1000 mm e com capacidade para executar estacas de até 24 m de profundidade (ANTUNES & TAROZZO, 1996).

Desse período até nossos dias muitos foram os investimentos das empresas executoras de estacas hélice contínua monitoradas e, atualmente, já é possível executá-las até 32 m de profundidade, com diâmetro de até 1200 mm e com torque disponível de até 390 kNm (ALBUQUERQUE, 2001).

2.2 PROCESSO EXECUTIVO DAS ESTACAS HÉLICE CONTÍNUA

A estaca hélice contínua é uma estaca de concreto moldada “*in loco*” que é executada em três etapas: perfuração, concretagem simultânea à extração do trado e instalação da armadura (Figura 2.1). Nesse tipo de estaca, o solo escavado é removido pela extração do trado simultaneamente ao bombeamento do concreto através do tubo central vazado existente no trado, como forma de evitar o desconfinamento do solo durante a escavação. A seguir serão descritas as etapas do processo executivo das estacas hélice.

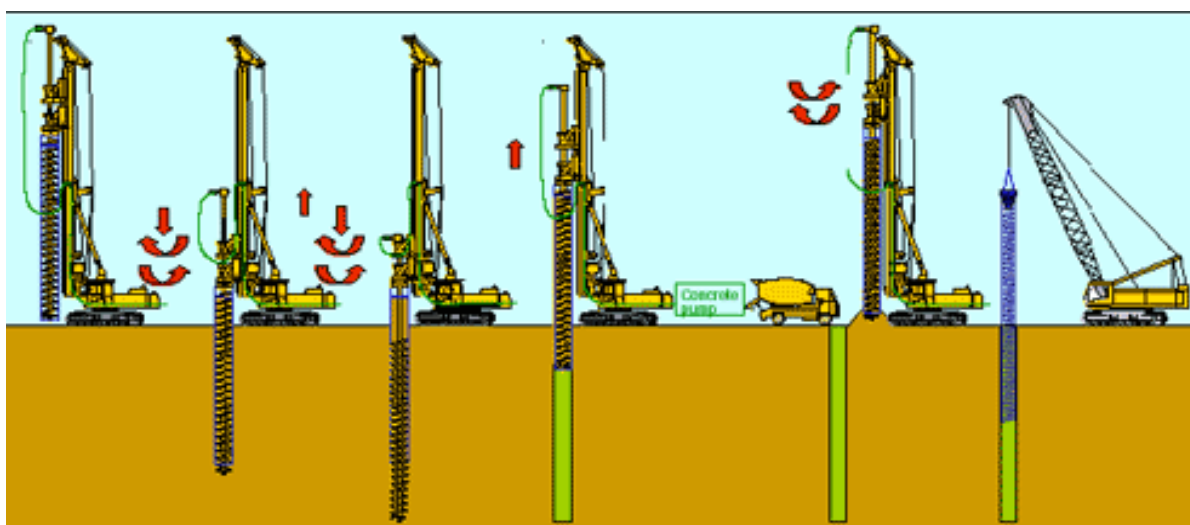


Figura 2.1 – Etapas de execução das estacas hélice contínua monitoradas (Neto, 2002)

2.2.1 Perfuração

Segundo NBR 6122 (ABNT, 1996), esta etapa consiste na introdução, até profundidade estabelecida em projeto, por rotação da hélice contínua, sem a retirada do solo escavado (Figura 2.2). Durante esta etapa o solo é bloqueado pelo fundo e assim o material preenche as hélices do trado. Para evitar que durante a penetração do trado haja entrada de solo ou água na haste tubular, existe uma tampa metálica provisória, que será expulsa e recuperada na fase da concretagem (Figura 2.3).

O sistema de monitoração registra instantaneamente a profundidade de penetração, a velocidade de avanço e a rotação do trado. Durante a introdução do trado é importante

minimizar o eventual desconfinamento provocado pela remoção (transporte) excessiva do solo durante a sua penetração (PENNA ET. AL., 1999).

Nos solos usualmente encontrados em Brasília-DF o desconfinamento ocorre, principalmente, nas camadas mais resistentes com N_{SPT} em torno de 30 golpes onde há a necessidade de se aplicar maior torque ao equipamento e inevitavelmente o alívio na perfuração.



Figura 2.2 – Etapa de perfuração



Figura 2.3 – Colocação da tampa metálica provisória

2.2.2 Concretagem

Uma vez atingida a profundidade de projeto é iniciada a injeção de concreto pela haste central do trado, com a retirada simultânea da hélice contínua contendo o material escavado, e sem rotação. O concreto utilizado deve apresentar resistência característica f_{ck} de 20 MPa, ser bombeável e composto de cimento, areia, pedrisco e pedra 1, com consumo mínimo de cimento de 350 kg/m^3 , sendo facultativa a utilização de aditivos (NBR 6122, 1996).

O concreto comumente utilizado no Distrito Federal tem a seguinte tipologia: f_{ck} de 20 MPa para um consumo mínimo de 400 kg/m^3 , brita 0 e *slump* de $22 \pm 2 \text{ cm}$.

Segundo NETO (2002), o concreto é injetado sob pressão positiva da ordem de 50 a 100 KPa. A pressão positiva visa garantir a continuidade e a integridade do fuste da estaca. O primeiro é garantir que a ponta do trado, durante a perfuração, tenha atingido um solo que permita a formação da “bucha”, para que o concreto injetado se mantenha abaixo da ponta da estaca, evitando que o mesmo suba pela interface solo-trado.

Para o operador ter o controle e a documentação da operação é necessário que a pressão e o volume sejam controlados em função da profundidade do trado. Além disso, é desejável que o trado seja extraído de forma lenta e contínua sem rotação excessiva ou inversa. Ao alcançar a profundidade necessária, o operador deverá estabelecer um fluxo de concreto com o mínimo de levantamento do trado, tipicamente 150 a 300 mm. Após a tampa ser expulsa, uma carga inicial de concreto deve ser bombeado antes de iniciar o processo de levantamento do trado para desenvolver pressão no concreto no fundo do furo (BROWN ET. AL., 2007).

Durante a retirada do trado é realizada, através de um limpador mecânico ou manualmente, a remoção do solo confinado nas hélices, e transportado para fora da área de trabalho por uma pá carregadeira de pequeno porte (Figuras 2.4 e 2.5).



Figura 2.4 – Limpeza manual do trado



Figura 2.5 – Retirada do solo para fora da área de trabalho

2.2.3 Instalação da armação

Pelo método executivo descrito nas etapas anteriores a armadura só poderá ser instalada após a concretagem da estaca e, naturalmente, com as dificuldades inerentes a este processo. Para facilitar sua introdução a armação longitudinal deve ser convenientemente projetada de modo a ter um peso e uma rigidez compatíveis com seu comprimento (PENNA ET. AL., 1999).

Na experiência local a instalação da armadura tem sido feita manualmente com a utilização da pá carregadeira ou do cabo auxiliar do equipamento perfuratriz, como mostram as Figuras 2.6 e 2.7.



Figura 2.6 – Utilização de pá carregadeira na instalação da armadura



Figura 2.7 – Instalação manual da armadura

A Figura 2.8 mostra a utilização de uma ferragem ligando as barras longitudinais da estaca, denominada por “ferragem de travamento”, que possui grande importância. Apesar de não possuir função de resistir a esforços é utilizada para garantir uma maior rigidez na colocação da armadura, principalmente longa, maiores que 10 m (MAGALHÃES, 2005).

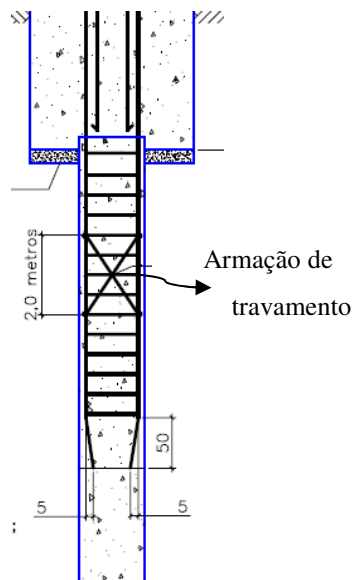


Figura 2.8 – Detalhe típico de armadura para estaca hélice contínua

A armadura deve estar limpa e livre de ferrugem ou contaminação, atender ao tamanho e as dimensões indicadas nos projetos, e equipadas com dispositivos adequados de espaçamento. Estes são normalmente feitos de plástico ou, por vezes, argamassa ou grout. Os dispositivos de espaçamento não devem ser feitos de metal devido ao potencial de corrosão e contato com os ferros da armadura. A solda da armadura só é permitida se for utilizado aço soldável, no entanto, este reforço não é comumente utilizado neste momento (BROWN ET. AL., 2007).

Apesar destas providências, deve-se ficar atento ao *slump* do concreto, fator que influencia na introdução da armadura. JOPPERT (2007) sugere que os valores contidos na Tabela 2.1 sejam seguidos, visando facilitar a implantação da armadura na estaca.

Tabela 2.1 – Abatimento de concreto para estaca hélice contínua (JOPPERT, 2007)

“L” – comprimento da armadura (m)	Valor mínimo <i>slump</i> (cm)
$L < 3,00$	20
$3,00 < L < 6,00$	22
$6,00 < L < 9,00$	24
$9,00 < L < 12,00$	26

2.3 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

O equipamento é o conjunto constituído de uma escavadeira hidráulica, adaptada com alargador de esteiras, comandos hidráulicos e eletrônicos, sendo nela montada a torre metálica, com altura mínima compatível com a profundidade prevista da estaca, dotada de um carrinho guia, guincho e mesa rotativa de acionamento hidráulico, com torque determinado em função do diâmetro e profundidade da estaca (Figura 2.9). E acessórios como:

- ✚ Trado contínuo em vários diâmetros e prolongador metálico liso de até 8m de comprimento, sendo seu diâmetro interno da haste central no mínimo 100 mm, para passagem do concreto bombeado;

- ✚ Bomba de injeção de concreto, de preferência estacionária com capacidade de bombeamento mínimo de 20m³/hora;

- ✚ Mangote de acoplagem da bomba de injeção à haste, com diâmetro interno em seu primeiro segmento igual a 100 mm e resistente à pressão do concreto;

- ✚ Bomba d’água com mangote de 2 e ½” e caixa reservatória de 1000 litros para limpeza da linha de concretagem a cada parada prolongada.

O mercado possui uma grande variedade de equipamentos, tanto quanto ao torque ao torque que eles podem aplicar, quanto à força de arrancamento. Entretanto não existem ainda, procedimentos que permitam medir esses valores e as informações dos catálogos das máquinas nem sempre são confiáveis (VELLOSO & ALONSO, 2000).

Os equipamentos existentes no Brasil têm capacidades de execução distintas, podendo ser classificados genericamente em função da sua capacidade executiva, determinada principalmente pelo torque aplicado ao trado e pela capacidade de sacar a haste cheia de solo durante a concretagem.



Figura 2.9 – Equipamento para perfuração de estacas hélice contínua

De acordo com as características dos equipamentos encontrados no Brasil, estes podem ser genericamente classificados em três grupos distintos, conforme ilustrado na Tabela 2.2. Esta classificação, descrita por PENNA ET. AL. (1999), relaciona a capacidade executiva do equipamento, principalmente pelo torque aplicado ao trado e pela capacidade de retirar a haste cheia de solo durante a concretagem.

Tabela 2.2 - Características dos grupos de equipamentos perfuratrizes.

	GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 3
Torque (kNm)	30	80 - 100	150 - 250
Diâmetro máximo (mm)	425	800	1200
Comprimento máximo (m)	15	23	28
Tração (kN)	60 - 100	150 - 300	400 - 700
Peso do conjunto (kN)	200	400	650 - 800

Na análise do equipamento necessário para se executar a estaca verificam-se as características principais deste, como o torque, a tração e a geometria do trado. Com a evolução dos equipamentos ao longo das últimas décadas, os torques foram sendo incrementados permitindo a utilização de trados com maiores diâmetros e atravessando camadas mais resistentes de solo. Com isso foi garantida uma maior qualidade de perfuração, evitando-se conseqüentemente uma remoção excessiva do solo durante a perfuração (MAGALHÃES, 2005).

Os equipamentos para perfuração de estacas hélice disponíveis em Brasília se enquadram nos grupos 1 e 2, com capacidades que variam de 15 a 24 metros de profundidade e diâmetros entre 400 e 800 mm, como mostrado na Tabela 2.2.

2.4 CONTROLE E MONITORAÇÃO DA EXECUÇÃO

A monitoração deste tipo de estaca inclui a utilização de medição automatizada e equipamentos de gravação para confirmar os critérios de execução da estaca, os ensaios de integridade e ensaios de verificação da produção realizados para demonstrar que o processo executivo das mesmas satisfaz os critérios estabelecidos de carga-deformação.

A monitoração automática do processo executivo das estacas hélice contínua é realizada através de computador de bordo. Trata-se de um instrumento de medida constituído por um computador e sensores instalados na máquina. O computador possui um monitor, à vista do operador da perfuratriz, com três telas e um teclado e deve ser alimentado eletricamente pela bateria da perfuratriz e interligado a todos os seus sensores através de cabos.

Segundo Velloso (2000) a folha de controle da monitoração, mostrada na Figura 2.10, poderia substituir os tradicionais e valiosos diagramas de cravação que temos para estacas cravadas.

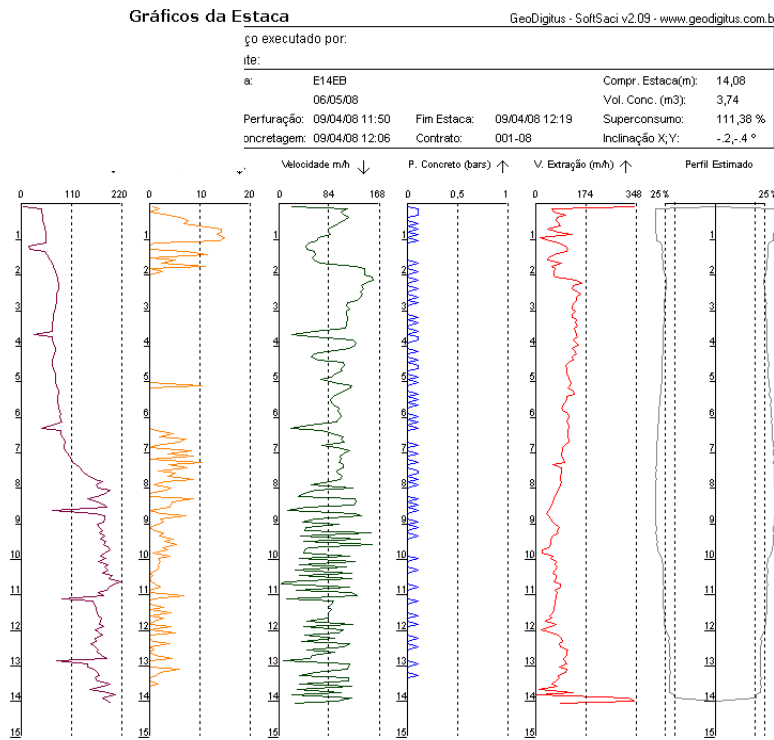


Figura 2.10 – Folha de controle da monitoração

É importante lembrar que a monitoração automática não deve ser encarada como o único registro para o controle e garantia de qualidade do processo de execução de estacas hélice contínuas monitoradas. Informações importantes que complementam a monitoração automatizada incluem: registro visual da conclusão do topo da estaca; diário de obra contendo qualquer ocorrência durante a execução da estaca; descrições dos êxitos e dificuldades em instalar a armação; e as anotações das dificuldades encontradas e os métodos utilizados para resolver quaisquer problemas (BROWN ET. AL., 2007).

2.4.1 Controle e monitoração da perfuração

A etapa de perfuração das estacas hélice deve ser controlada para assegurar que o excesso de solo transportado não ocorra com frequência, garantindo um nível adequado de deslocamento de solo durante a perfuração. O operador deve observar e registrar a

profundidade do trado, a velocidade de penetração do trado no solo, bem como o torque com o qual o trado é girado.

O sistema de monitoração começa a medir a profundidade da estaca, quando o operador apóia o trado na superfície do terreno, e inicia-se a perfuração, que é acompanhada através do monitor instalado na cabine do operador. A precisão da medida geralmente é de 8 cm, e é realizada por um sensor de giro e um conjunto de roldanas instalado na mesa de perfuração, estando em contato com um cabo de aço instalado ao longo da torre. Quando as roldanas giram sobre o cabo o sensor informa o deslocamento da cabeça e, por conseqüência, do trado hélice. Com a transmissão desta informação ao registro do computador, verifica-se a posição da ponta do trado em relação ao nível do terreno, no tempo. Com a utilização destes dados, obtidos pelo sensor, são registrados pelo computador o comprimento da estaca e a velocidade de avanço.

Pelo fato do sistema de monitoração possuir um relógio próprio, devem ser informados apenas o início ou término da operação, assim como os dados da estaca. Em função dos tempos medidos nas operações, os cálculos dos parâmetros derivados serão feitos pelo sistema de monitoração.

A velocidade de penetração está relacionada diretamente com a velocidade de rotação. Para que o trado seja introduzido no solo e desça sem restrições a máquina solta o cabo, sem esforço, à medida que é solicitada pelo trado. Para evitar um desconfinamento do solo circundante durante a perfuração, é necessário e indispensável que o torque aplicado ao trado seja adequado. Por exemplo, quando a perfuratriz estiver girando a uma velocidade baixa e mesmo assim o torque permanecer excessivamente alto, deve-se impedir o trado de descer com auxílio do guincho e continuar girando, para aliviar o solo e dessa maneira reduzir o torque aplicado ao trado (MAGALHÃES, 2005).

2.4.2 Controle e monitoração da concretagem

O controle da etapa de concretagem é considerado o aspecto mais importante do controle de qualidade do processo executivo de estacas hélice contínua. O principal objetivo é a

distribuição adequada de concreto ao ponto de descarga do trado na devida pressão para completar a estaca. Uma concretagem deficiente pode resultar em uma estaca que não pode realizar como previsto o apoio à estrutura, incluindo tanto falhas geotécnicas como estrutural.

Durante o processo de levantamento, o operador deve controlar a velocidade de extração do trado para que um bom volume de concreto seja emitido sob pressão positiva. O trado deve ser puxado suavemente a uma velocidade estabilizada enquanto o concreto é bombeado continuamente sob pressão.

Para acompanhar e controlar esta operação, é importante observar e documentar os seguintes aspectos: posição da ponta do trado; velocidade de extração; volume de concreto lançado; e a pressão que o concreto é bombeado.

Segundo BROWN ET. AL. (2007), o método manual de acompanhamento e documentação da etapa de concretagem envolve os seguintes aspectos:

- ✚ A posição da ponta do trado é monitorada visualmente, observando a altura do trado nas emendas dos segmentos de hélice;
- ✚ A velocidade de extração é controlada pelo operador por sentimento e pela observação da altura da hélice nas emendas, enquanto o tempo de retirada com o uso de um cronômetro;
- ✚ O volume de concreto é medido pela estimativa do volume por pulso da bomba de concreto, e pela contagem manual dos pulsos da bomba; e
- ✚ A pressão com que o concreto é lançado é monitorada por um sensor localizado na parte superior da torre metálica próximo da curva metálica.

Em geral, a simples observação e controle manual da concretagem, descrito anteriormente, não são considerados suficientes para o controle de qualidade dessas estacas. Estas observações manuais podem ser feitas como um controle e/ou como uma cópia de segurança do sistema de monitoração automatizado. O sistema recomendado para a concretagem de estacas hélice inclui a monitoração automatizada: da posição do trado; do

volume de concreto lançado; da pressão de injeção do concreto; e da velocidade de rotação e extração do trado.

A pressão do concreto na saída do trado deve ser sempre positiva. Atualmente, a medida desta pressão na monitoração é feita um pouco acima do fim do mangote que conduz o concreto para o topo da haste vazada do trado hélice. No mercado atual não existem instrumentos disponíveis capazes de medir a pressão na saída do trado (MAGALHÃES, 2005).

2.4.3 Controle da instalação da armação

A inspeção da instalação da armação e a conclusão do topo da estaca, não estão sujeitas ao controle automático e dependem inteiramente da observação da equipe executora das estacas e da construtora. É particularmente importante que seja anotado o ponto em que o concreto aparece na superfície em relação à altura da ponta do trado.

A instalação da armação deve iniciar imediatamente após a conclusão do topo da estaca. A armação deve estar limpa e livre de ferrugem ou contaminação, o tamanho e as dimensões indicadas nos projetos, e equipadas com dispositivos adequados de espaçamento. Estes são normalmente feitos de plástico ou, por vezes, argamassa ou *grout*. Os dispositivos de espaçamento não devem ser feitos de metal devido ao potencial de corrosão e contato com os ferros da armação (Figura 2.11).



Figura 2.11 – Espaçador específicos para fundações

2.5 ASPECTOS PRÁTICOS DA EXECUÇÃO

Segundo PENNA ET. AL. (1999), os principais aspectos que influenciam o desempenho final destas estacas estão relacionados ao processo executivo, aos equipamentos e ao terreno.

Devido o processo executivo das estacas hélice contínua ser relativamente recente, vale a pena discutir alguns aspectos que são necessários para se evitar problemas durante a sua execução. Durante o processo executivo desse tipo de estaca, deve-se ter cuidado para que o trado não fique preso durante a introdução do mesmo no terreno ou durante a concretagem, evitar desaprumos excessivos e desvios na locação, bem como executar estacas sem monitoração ou monitoração eficiente.

2.5.1 Fatores relacionados aos equipamentos

Em relação aos equipamentos, os problemas descritos acima podem ser minimizados através de:

✚ Manutenção Preventiva

Garantir peças de reposição especialmente com relação aos cabos, trados (empenados ou gastos), sensores defeituosos, assim como a utilização de bombas de concreto revisadas e calibradas, fazem parte de uma manutenção preventiva satisfatória.

✚ Resistência do terreno

Outro aspecto relativo ao equipamento é a sua capacidade de perfurar terrenos bastante resistentes e diâmetros elevados. Se o torque não for compatível para atingir a profundidade de projeto, corre-se o risco de desconfinamento do solo, assim como danos e/ou perdas de trados e defeitos nos equipamentos devido ao elevado torque aplicado para se atingir a profundidade prevista em projeto.

2.5.2 Fatores relacionados ao processo executivo

Em relação ao processo executivo, os aspectos relevantes com os quais normalmente pode-se confrontar, são:

✚ Limpeza diária ao final da execução das estacas

Esta operação é realizada com circulação de água bombeada e uso de uma bola de borracha que percorre o mangote evitando o encrustamento do concreto nesta tubulação e no trado. Este encrustamento do concreto, principalmente na parte curva da tubulação, pode resultar numa diminuição da pressão de injeção de concreto pela bomba e conseqüente diminuição no sobreconsumo. Além disso, com o passar do tempo e com o conseqüente aumento desta obstrução, pode ocorrer o impedimento da passagem do concreto;

✚ Calibração da bomba de concreto

Este ensaio deve ser realizado sempre que ocorrer a utilização de bombas de concreto diferentes fornecidas pelas concreteiras. Geralmente o computador de bordo necessita das informações de volume de concreto da bomba, em decilitros e do tempo entre dois acionamentos dos pistões da bomba, em décimo de segundos. Estes dados são essenciais para a informação ao sistema de monitoração do volume de concreto e, por conseguinte, do sobre/subconsumo de concreto, e ainda podendo ocasionar problemas no mangote ou na própria bomba de concreto;

✚ Pressão negativa durante a concretagem

Esta situação pode acontecer nas proximidades da superfície do terreno, ou seja, no trecho final da concretagem principalmente para solos com baixa resistência ou qualquer trecho da concretagem por descuido do operador. Tem-se que nos trechos finais de concretagem devido à pressão aplicada na injeção do concreto, este pode extravasar entre a parede do furo e o trado ou até mesmo, para solos com baixa resistência, ocorrer o alargamento do fuste. Com isso, este concreto seria conduzido à superfície resultando numa diminuição da pressão de concreto, podendo assumir valores negativos ou próximos de zero;

✚ Cota de concretagem das estacas

A concretagem deve ser realizada até a cota do terreno e nunca até a cota de arrasamento da estaca, o que levaria a uma contaminação do concreto e a conseqüente dificuldade na instalação da armadura. É recomendável que esta concretagem exceda a superfície do terreno, em 50 cm, com o intuito de se garantir um concreto de qualidade nesta região. Verifica-se em obras que ao se realizar a concretagem até a cota do terreno é feita a retirada do solo contido na hélice com o auxílio de pá-carregadeira e manualmente. Em seguida é colocada a armadura até a cota exigida em projeto e após isto o concreto contaminado é retirado da estaca até a cota de arrasamento do bloco;

✚ Limpeza da tubulação

Esta operação deve ser realizada antes de se concretar a primeira estaca do dia. A importância deste procedimento dá-se pelo fato de que no final de um dia de trabalho, é feita a limpeza do cocho da bomba de concreto com a aplicação de óleo, devendo este ser evitado numa possível mistura com o concreto.

Segundo VELLOSO & ALONSO (2000) para realização desta tarefa, é utilizada uma calda de lubrificação misturando 2 sacos de cimento (de 50 kg) em cerca de 200 litros de água (calda de lubrificação), sendo esta colocada dentro do cocho e, portanto misturada com o óleo, em seguida esta calda é bombeada por toda a extensão da tubulação da hélice e dos mangotes de concretagem.

Esta calda de lubrificação pelo fato de possuir óleo e ter baixa resistência não pode ser aplicada com a estaca já perfurada, o que resultaria numa perda de resistência principalmente na ponta da estaca onde se depositaria este material. Para o procedimento correto deve-se levantar o trado e em seguida dar início ao lançamento da calda juntamente com o concreto. Ao se verificar que toda a calda passou pelo trado e que todo o conjunto (rede) possui apenas o concreto a ser aplicado, interrompe-se o lançamento deste, coloca-se a tampa provisória e inicia-se a perfuração da estaca.

✚ Armação de travamento

A utilização de uma ferragem colocada ligando as barras longitudinais da estaca, denominada por “*armação de travamento*”, possui grande importância. Apesar de não possuir função de resistir esforços é utilizada para garantir uma maior rigidez na colocação da armação, principalmente nas armações maiores que 10 m;

✚ Concretagem com armações longas

No caso da utilização de armações com comprimentos maiores que 7 m deve-se haver um estudo do tipo de concreto e da sua trabalhabilidade. O abatimento do concreto para este tipo de armadura poderá chegar a 24 ± 2 cm e deverá ser aplicado sem grandes interrupções, o que poderia dificultar a instalação destas armações.

Além da preocupação com a trabalhabilidade do concreto, deve-se tomar grande cuidado quanto ao posicionamento (prumo) na colocação da ferragem durante sua descida, pois se a mesma encostar-se à parede do fuste poderá impedir sua descida. Geralmente é utilizado o cabo auxiliar da perfuratriz para o içamento desta armadura para facilitar a sua instalação, o que acarreta uma diminuição da produtividade do equipamento.

Outro fator importante na instalação da armação é o tipo de areia, artificial ou natural, utilizada no concreto. Geralmente as fornecedoras de concreto utilizam areia artificial por ser um subproduto da brita e ter menor custo, porém a forma dos grãos desse tipo de areia é diferente da areia natural o que oferece maior resistência à penetração da armação.

✚ Relação do torque com a sondagem SPT

É fundamental uma correlação entre o tipo de solo perfurado com os valores do N_{SPT} retirados no ensaio SPT. Para isto deve-se manter a velocidade de rotação constante e verificar se o torque aumenta ou se mantém constante. Se a velocidade de avanço diminuir com a profundidade indica um aumento de resistência do terreno. Pelo contrário, se a velocidade de avanço aumentar e o torque diminuir, ou se mantiver constante, indica uma diminuição de resistência do solo.

2.5.3 Fatores relacionados ao tipo de terreno

Em relação ao tipo de terreno a ser ultrapassado ou aonde a estaca se apoiará, é fundamental chamar a atenção para alguns aspectos, não se perdendo de vista que a estaca hélice contínua, como qualquer outro tipo de estaca, tem suas limitações e, portanto, a sua execução deve ser criteriosamente adequada ao tipo de solo, em particular solos moles e fofos submersos.

✚ Solos muito resistentes

Nesse tipo de terreno a execução de estacas, curtas ou longas, devem ser realizadas com devida atenção para garantir um comprimento mínimo, sendo que para isso em algumas vezes é necessário “aliviar” a perfuração, ou seja, girar o trado parado para quebrar o atrito e possibilitar o avanço. Com a realização do procedimento descrito acima, à medida que se transporta o solo, ocorre o desconfinamento do terreno possibilitando uma redução de sua capacidade de carga, devendo ser informado ao projetista. Na ocorrência dessa situação, é preferível que haja a redução da carga sobre a estaca do que o comprometimento do trado ao ser forçado a penetrar muito na camada resistente;

✚ Camada de argila mole confinada

Atualmente tem se verificado que a execução de estacas nesse tipo de terreno tem se mostrado viável, havendo registros de obras em que a camada mole possuía 6 m de espessura. Porém, para garantir a integridade da estaca, deve-se controlar durante a concretagem a subida do trado, especialmente na camada mole, garantindo um sobre consumo de ordem satisfatória;

✚ Camada de argila mole superficial

As principais precauções a serem tomadas quando da execução de estacas nesse tipo de terreno são:

- ✓ A capacidade de suporte para o equipamento;

- ✓ Garantir um sobre consumo de concreto e pressão positiva ou até zero;
- ✓ Fazer com que a concretagem atinja a superfície do terreno, evitando a contaminação do concreto devido a possíveis desmoronamentos;
- ✓ É recomendada a armação da estaca ao longo de toda a camada mole, visto que, nesse trecho, as pressões de concretagem não podem ser aumentadas devido à pequena cobertura de solo.

✚ Camada de pedregulho

Ao se executar estacas nesse tipo de solo devem ser analisados o tamanho dos pedregulhos e a capacidade do equipamento em perfurá-los. Deve-se atentar quanto ao desgaste precoce do trado devido aos pedregulhos existentes, obrigando um controle constante, feito pelo executor, do diâmetro e ponta do trado. Em consequência disto pode resultar em problemas como alto custo na substituição destes materiais, diminuição da produtividade e gasto excessivo com concreto.

Outro problema encontrado é que durante a perfuração da estaca, estes pedregulhos em contato com a tampa provisória a “empurram” para dentro do trado. Com isso, no início da concretagem, ao se aplicar uma determinada pressão de injeção esta não consegue expulsar esta tampa. Em consequência disto é feita a retirada do trado sem concretagem, substituição da tampa perdida e a realização de nova perfuração.

A re-perfuração pode ocasionar uma perda substancial de atrito lateral da estaca pelo fato de, ao se retirar o trado sem a simultânea concretagem, ocasionar um alívio de tensões. Seria necessária a realização de provas de carga em estacas executadas com e sem estas características, em uma mesma obra, a fim de verificar esta influência em relação às parcelas de atrito lateral e ponta (MAGALHÃES, 2005).

✚ Camada de areias puras na região da ponta da estaca

Nestes casos, para garantir a resistência de ponta da estaca, deve-se iniciar a concretagem com giro lento do trado, no sentido da introdução do trado, de modo a criar uma componente contrária a este movimento, evitando a queda de grãos de areia. Esse giro deve

ser lento para minimizar o efeito de transporte e evitar o desconfinamento do solo ao longo do fuste, que reduz a capacidade de carga.

2.6 CONTROLE DE QUALIDADE DE ESTACAS HÉLICE CONTÍNUA

Segundo PHILIP B. CROSBY (Apud. SERRANO ET. AL., 2000), induzir as pessoas a fazer melhor tudo aquilo que devem fazer é uma forma de garantir a qualidade. Esta definição genérica tem ampla aplicação em todas as áreas, sejam elas de produção ou de prestação de serviços, pois sempre haverá um “consumidor” interessado e exigente.

O estabelecimento de metodologias no sistema de produção, que meçam a qualidade com a finalidade de prevenir o erro de modo antecipado e promover a sua correção mesmo durante o processo produtivo, torna-se imperioso na busca da garantia da qualidade. Então, para que se tenha interação entre as partes envolvidas na execução, é preciso haver tecnologia, treinamento, controle e correção da produção, para que o processo de Garantia da Qualidade tenha continuidade permanente reduzindo desperdícios e os custos de re-trabalho (SERRANO ET. AL., 2000).

2.6.1. Evolução do conceito de Gestão da Qualidade

Segundo LONGO (1996) a preocupação com a qualidade, no sentido mais amplo da palavra, começou com W.A. Hewhart, estatístico norte-americano que, já na década de 20, tinha um grande questionamento com a qualidade e com a variabilidade encontrada na produção de bens e serviços. Shewhart desenvolveu um sistema de mensuração dessas variabilidades que ficou conhecido como Controle Estatístico de Processo (CEP). Criou também o Ciclo PDCA (Plan, Do, Check e Action), método essencial da gestão da qualidade, que ficou conhecido como Ciclo Deming da Qualidade.

O autor ainda afirma que após a Segunda Guerra Mundial, o Japão se apresenta ao mundo literalmente destruído e precisando iniciar seu processo de reconstrução. W.E. Deming foi convidado pela Japanese Union of Scientists and Engineers (JUSE) para proferir palestras

e treinar empresários e industriais sobre controle estatístico de processo e sobre gestão da qualidade. O Japão inicia, então, sua revolução gerencial silenciosa, que se contrapõe, em estilo, mas ocorre paralelamente, à revolução tecnológica “barulhenta” do Ocidente e chega a se confundir com uma revolução cultural. Essa mudança silenciosa de postura gerencial proporcionou ao Japão o sucesso de que desfruta até hoje como potência mundial.

A evolução da Gestão da Qualidade tem sido extensamente divulgada na literatura e nas teses acadêmicas sobre o assunto. PASSOS (1996) descreve os estágios evolutivos como:

- ✚ Controle de Qualidade realizado diretamente pelo artesão: sua reputação estava refletida na qualidade do produto que ele produzia.
- ✚ Controles da Produção e da Qualidade exercidos pelos supervisores: com o aumento da produção teve-se a divisão do trabalho e a necessidade de supervisão, essa época é marcada pela Administração Científica Frederick Winslow Taylor.
- ✚ Controle de Qualidade pelos inspetores: conforme os produtos foram se tornando mais complexos e a aplicação de técnicas estatísticas mais necessárias, passaram a ser destacados operadores para função de controlar a qualidade, esta fase é característica das décadas de 30 e 50 nos Estados Unidos.
- ✚ Controle da Qualidade Total – segundo Feigenbaum (TQC): a palavra “controle” perdeu a conotação de simples “verificação” e passou a ser entendida como “função gerencial”.
- ✚ Sistema de Garantia da Qualidade: cumprimento de requisitos de segurança definidos em normas por intermédio de ações preventivas.
- ✚ Normas da Série ISO 9000: foram aprovadas em 1987 com o objetivo inicial de permitir o reconhecimento internacional dos sistemas da qualidade, principalmente quando as barreiras comerciais entre os países da Europa começaram a ser eliminadas.
- ✚ Gestão da Qualidade Total – conceito consolidado no Japão (CWQC: Company Wide Quality Control) ou TQC japonês: iniciada por W. E. Deming em 1950 e J. M. Juran em 1954, sendo divulgada para o mundo a partir da década de 80, dando ênfase aos seguintes aspectos: menos divisão do trabalho, maior diferenciação das atividades, maior conhecimento global dos objetivos da empresa, mais educação e participação.

2.6.2 Aspectos Importantes do Controle de Qualidade

PENNA ET. AL. (1999) estabelece a importância dos seguintes aspectos para o controle e garantia de qualidade na execução de estacas tipo hélice contínua monitorada:

✚ Desconfinamento do solo pela ação do trado

Para a minimização do efeito do desconfinamento do solo ao redor da estaca, deve-se evitar a retirada excessiva de solo durante a perfuração do terreno. Isto é possível fazendo com que a penetração do trado no terreno, a cada volta da hélice, seja inferior ao seu passo, visto que, se a penetração do mesmo é muito inferior a um passo por volta, ocorre a subida de solo, pois o trado passa a funcionar como um transportador vertical de parafuso. Para solos não coesivos este procedimento tem sido uma das causas de vários acidentes relatados na literatura internacional.

Na Tabela 2.3 são enumeradas algumas orientações gerais para as velocidades de penetração que são baseadas na experiência (BROWN ET. AL., 2007).

Tabela 2.3 – Orientações gerais para velocidade de penetração de Estacas Hélice Contínuas Monitoradas (BROWN ET. AL., 2007)

Tipo de Solo	Velocidade de Penetração (Passos por volta)
Solos argilosos	2 a 3
Solos Coesivos	1.5 a 2

Um dos procedimentos para se verificar a ocorrência ou não de desconfinamento do solo, nas proximidades do fuste da estaca, consiste em se executar uma prospecção antes e após a execução da mesma.

✚ Preparo da cabeça da estaca

Embora este serviço não faça parte da execução da estaca e seja realizado, na grande maioria dos casos, quando a equipe de estaqueamento já não mais se encontra na obra, é importante recomendar aos responsáveis pelo mesmo que um preparo adequado é fundamental para o bom desempenho da fundação.

Neste preparo deve-se remover o excesso de concreto acima da cota de arrasamento utilizando-se um ponteiro, trabalhando com pequena inclinação para cima, podendo ser utilizado um martetele leve (com peso da ordem de 10 kg), para estacas com diâmetro superior a 40 cm, tomando-se os mesmos cuidados quanto à inclinação.

Ao se atingir a cota de arrasamento, se o concreto não apresentar qualidade satisfatória, o corte deve ser continuado até se encontrar concreto de boa qualidade, sendo a seguir emendada a estaca. No caso de emendas, deve-se garantir um adequado transpasse entre a ferragem complementar e a da estaca, segundo recomendações da NBR 6118 (ABNT, 2004).

✚ Exame de Integridade

Quando se torna necessário verificar a integridade do fuste de uma estaca de concreto moldada “*in loco*”, podem-se utilizar vários procedimentos como: exame de fuste, retirada de testemunhos com a utilização de sondagens rotativas, ensaio P.I.T. (*Pile Integrity Tester*), provas de carga estática e ensaio de carregamento dinâmico. Destes ensaios, os três primeiros só se aplicam à verificação da integridade do fuste, enquanto os demais, além dessa verificação, permitem também avaliar a capacidade de carga da estaca.

✓ Exame de Fuste

Este exame é uma ação de baixo custo e importante para o controle de qualidade das estacas. As estacas hélice contínua, pelo seu processo executivo, quando apresentam problemas de integridade, este se restringe, na maioria dos casos, ao trecho superior pois é

nesta região que se tem menor pressão de terra e os operadores menos experientes tendem a retirar o trado com maior velocidade, reduzindo a pressão de injeção do concreto.

Este procedimento errado decorre do fato do operador se deixar enganar pela aparência de que a subida do concreto pelo lado do trado já garante que a bomba de injeção do concreto possa ser desligada mesmo abaixo da cota de arrasamento, procedimento este que vai no sentido contrário ao da boa prática da concretagem que impõe que se mantenha a bomba de injeção de concreto em operação e a pressão de concretagem positiva até, pelo menos, a cota de arrasamento, quer esteja ou não saindo concreto pelo lado do trado.

No caso de estacas hélice contínua, a escavação para exame de fuste é uma operação facilmente realizada pois sempre existe na área uma retro escavadeira (parte integrante do processo executivo), usada na remoção do solo imediatamente após a concretagem da estaca. Durante o período em que este equipamento não está em operação, poderá ser utilizado, na escavação do solo em volta da estaca pré-selecionada. Esta escavação pode ser aprofundada ao máximo, porém sem ultrapassar 1/3 do comprimento da estaca, a fim de não comprometer a sua capacidade de carga.

✓ Sondagens Rotativas

Quando se decidir por este tipo de ensaio, deve-se utilizar barrilete duplo giratório, pois os barriletes simples e os duplos rígidos tendem a fragmentar o testemunho em função da torção a ele aplicada, decorrente da fricção do mesmo com barrilete, criando dúvidas quanto à qualidade e resistência do concreto da estaca.

O barrilete duplo giratório é composto por um tubo externo fixado solidamente a haste de giro por meio de rosca, dispondo na ponta a coroa cortante e a mola que permite segurar o testemunho quando da retirada do barrilete. Internamente a este tubo existe um segundo semi-centrado, na parte inferior, pelo calibrador. A água de circulação passa pelo espaço anular entre os dois tubos deixando o testemunho exposto somente numa pequena zona entre o alargador e a coroa.

✓ Ensaio de P.I.T. (*Pile Integrity Tester*)

O P.I.T. (*Pile Integrity Tester*) é um ensaio não-destrutivo que visa, fundamentalmente, avaliar a integridade estrutural de fundações profundas. É também conhecido como “*Low Strain Method*” – Teste de Integridade com impacto de baixa deformação (por ser necessário apenas o impacto de um pequeno martelo). A Figura 2.12 mostra o esquema usual do ensaio.



Figura 2.12 – Realização do ensaio P.I.T.

Utilizando-se equipamento portátil e de posse de um “martelo de mão”, instrumentado ou não, o ensaio consiste na aplicação no topo da fundação, de uma série de golpes que originam ondas de tensão de baixa intensidade. Esta onda se propaga ao longo do fuste até a ponta e, por reflexão, até o topo onde fica instalado um acelerômetro, que capta os sinais elétricos da aceleração e os conduzem ao sistema de medição do P.I.T., o qual, por integração, os transforma em sinais de velocidade que caracterizam as condições de integridade estrutural. É possível verificar as seguintes anomalias:

- ✓ Juntas frias, descontinuidade e/ou seccionamento pleno de seção;
- ✓ Alargamento/estreitamento de seção;
- ✓ Mudanças nas propriedades dos materiais que constituem a estaca;
- ✓ Intrusão significativa de solo (5 a 10 %, ou mais, do diâmetro da estaca);
- ✓ Determinação do provável comprimento (dispersões da ordem de ± 5 a 10 %); e

- ✓ Concreto de má qualidade.

A verificação da integridade é feita por meio da interpretação da forma da onda de tensão (refletida) gravada no topo da estaca. Qualquer variação na seção ou na densidade do material resulta em mudanças significativas na forma desta onda. Estas variações permitem estabelecer conclusões a cerca da qualidade do concreto da estaca bem como a localização de alguma trinca, vazio, alargamento ou estreitamento no fuste. Dos ensaios é possível obter gráficos de velocidade versus tempo (que pode ser transformado em comprimento da estaca) ou até análise de força ou frequência (MUCHETI, 2008).

O programa P.I.T. integra os registros de aceleração, obtidos no ensaio, para obter a curva da variação da velocidade no topo da estaca com o tempo, para cada golpe aplicado à estaca. Os registros de boa qualidade são selecionados pelo operador com experiência em engenharia de fundações e o programa apresenta a média das curvas selecionadas para interpretação e diagnóstico.

A análise e o diagnóstico do comprimento real da estaca, da velocidade de propagação da onda e prováveis danos, devem ser realizados com muito critério, considerando-se ainda o processo construtivo da estaca, aspectos geotécnicos de implantação, material constituinte da estaca e qualidade dos sinais adquiridos.

Para que o ensaio seja realizado com sucesso, devem ser rigorosamente observados os seguintes procedimentos:

- ✓ Preparo do topo da estaca, assegurando-se que a superfície esteja lixada, em pontos convenientemente escolhidos, e limpa;
- ✓ Subdivisão da seção da estaca (em quatro quadrantes e núcleo central);
- ✓ Medida do perímetro da estaca no topo de ensaio;
- ✓ Corte do concreto final de concretagem da estaca, até encontrar concreto de boa qualidade, por inspeção visual (não necessariamente até a cota de arrasamento);
- ✓ Fixar o acelerômetro, garantindo boa aderência, através do uso de cera específica, em superfície lisa,
- ✓ Testar estacas com pelo menos 7 dias após a concretagem; e

✓ Fundamentalmente ensaiar, inicialmente, grupos de estacas que representem o “padrão de boa qualidade” das fundações executadas, estabelecendo, então o “padrão de referência da qualidade” para análise e diagnóstico de eventuais danos significativos em estacas que se encontram sob suspeita e/ou não.

São indispensáveis para o êxito do diagnóstico P.I.T., a seguinte documentação:

- ✓ Projeto de fundações;
- ✓ Relatórios de sondagens de referências ou outro tipo de investigação geotécnica realizada;
- ✓ Ficha de monitoração das estacas;
- ✓ Fichas de controle de execução;
- ✓ Informações de casos atípicos ocorridos durante a execução de uma determinada estaca, etc.

O ensaio de integridade pode ser aplicado para qualquer tipo de fundação profunda e destina-se somente a avaliar a integridade física do mesmo. Dentre as vantagens oferecidas por este ensaio, destacam-se:

- ✓ Ensaio rápido, não-destrutivo e de baixo custo, o que possibilita testar um grande número de estacas no mesmo dia;
- ✓ Interferência mínima no andamento da obra;
- ✓ Necessita apenas da preparação da cabeça da estaca para a realização do ensaio;
- ✓ Possibilidade de ensaiar a estaca ou tubulão também na lateral do fuste, com a utilização de batente e acelerômetro próprios para esse tipo de ensaio; e
- ✓ Garantia de fácil acesso às estacas devido à facilidade de locomoção do equipamento.

Dentre as limitações do ensaio, podem-se destacar os casos que não são detectáveis, como:

- ✓ Capacidade de Carga na interação estaca-solo;
- ✓ Fragmentos na ponta da estaca;
- ✓ Pequenas intrusões de material externo;

- ✓ Fissuras paralelas ao eixo longitudinal da estaca;
- ✓ Micro-fissuras;
- ✓ Regiões de “sombra”, caso o acelerômetro não seja posicionado em vários quadrantes da seção de topo da estaca.

Como consideração final do ensaio P.I.T., temos que o mesmo é uma ferramenta qualificada para avaliar a integridade física de fundações profundas, desde que bem usada e interpretada.

✚ Prova de carga estática

A prova de carga estática é o único ensaio que reproduz as condições de trabalho de uma estaca, pois os ensaios dinâmicos necessitam de correlações, o que torna esse ensaio um componente muito importante para a eficácia da utilização de estacas hélice contínua e, portanto, para o controle e garantia de qualidade das mesmas.

Na execução de prova de carga, a estaca deverá ser carregada até duas vezes o valor previsto para sua carga. Caso ocorra ruptura antes deste valor, o projeto de estaqueamento deverá ser reavaliado.

O ensaio deverá ser realizado com carregamento lento ou rápido, segundo a NBR 12.131, respectivamente, ou com carregamento lento até 1,2 vezes a carga de trabalho e daí até o final do ensaio, com carregamento rápido.

Para a realização do ensaio de prova de carga estática, é necessário a utilização de um sistema de reação que permita aplicar a carga estática com segurança suficiente. Segundo a NBR 12.131, este sistema deve ser projetado em função do tipo de carga que será aplicado e suficientemente estável para suportar o nível de carregamento a ser atingido no teste.

✚ Ensaio de Carregamento Dinâmico

O Ensaio de Carregamento Dinâmico ou Prova de Carga Dinâmica, segundo a NBR 13.208, utiliza o equipamento *P.D.A.* para a aquisição dos sinais de força x velocidade, quando da realização de prova de carga dinâmica em elementos de fundação profunda

cravados ou moldados “*in loco*”. Com os sinais captados e através da Teoria da Propagação de Onda Unidimensional, obtêm-se uma estimativa da capacidade de carga para o elemento ensaiado.

O ensaio de carregamento dinâmico é materializado através de impacto de um martelo, no topo da fundação, caindo de alturas pré-determinadas. Propaga-se, então uma onda de compressão descendente em direção à ponta, gerando sinais que são obtidos através de sensores instalados no fuste do elemento de fundação a ser testado, que no momento do impacto são acionados e emitem dados de deformação específica e aceleração. Estes dados são armazenados no equipamento *P.D.A.* que, utilizando o Método de Análise de Registro, fornece imediatamente após cada golpe aplicado as seguintes informações:

- ✓ Deslocamento, velocidade, aceleração e força máxima ao nível dos sensores;
- ✓ Capacidade de carga estática processada pelo Método Case;
- ✓ Energia máxima transferida;
- ✓ Tensão Máxima de compressão;
- ✓ Tensão máxima de tração;
- ✓ Integridade estrutural; e
- ✓ Outras informações conforme a necessidade e característica da Prova de Carga Dinâmica a ser utilizada.

A análise *CAPWAP* (*Case Pile Wave Analysis Program*) é um método numérico, cujo propósito é determinar a distribuição e a magnitude das forças de resistência do solo ao longo da estaca e, então, separar as parcelas estática e dinâmica.

O *CAPWAP* reprocessa e analisa os sinais de força e velocidade medidos na estaca durante o impacto do martelo. Os sinais gravados são convertidos para a forma digital e armazenados, para a realização da análise. O processamento dos registros de campo pelo programa permite:

- ✓ Estimar a distribuição da resistência desenvolvida pelo solo a longo do comprimento da fundação profunda;

- ✓ Determinação da componente dinâmica desta resistência; e
- ✓ Estimar a capacidade de carga estática do sistema estaca-solo.

O sinal de velocidade obtido com base no em modelo assumido para o solo confinante, permite calcular a curva de força em função do tempo, na seção de fuste ao nível dos sensores.

O modelo do solo é, então, iterativamente aprimorado até que o melhor ajuste, entre as curvas medidas e calculadas de força seja obtido. O modelo final corresponde à solução *CAPWAP* para o elemento de fundação profunda em estudo.

2.6.3 Controle Tecnológico do Concreto

A abordagem sobre as características do concreto utilizado na execução de estacas hélice contínua visa, principalmente, sugerir diretrizes tecnológicas de modo a assegurar a boa qualidade e a elevada produtividade desse tipo de estaca.

Para o concreto utilizado na produção de estacas hélice contínua monitoradas, o Manual ABEF (2004) estabelece valores mínimos de referência. Segundo este manual as características do concreto que visam garantir uma mistura com boa trabalhabilidade, não aderente à tubulação de concretagem e uma plasticidade que permita a instalação da armação, são apresentadas na Tabela 2.4.

Tabela 2.4 – Características do Concreto (ABEF, 2004)

Característica	Especificação
Fck	20 MPa
Slump Test	22 ± 2
Slump Flow	48 – 53 cm
Relação Água/Cimento	0,53 – 0,56
Consumo mínimo de finos	600 kg/m ³
Consumo de Cimento	400 kg/m ³
Exsudação	1,0 %
Teor de Ar Incorporado	4,5 %
Início de Pega	3,0 horas

Segundo MEHTA & MONTEIRO (1994), o concreto é um material composto de um aglomerante (cimento), agregados (brita zero) e água. Gradualmente, dependendo das condições ambientais e do elemento a ser concretado, quase toda a água livre do concreto será perdida deixando os poros vazios ou não saturados aumentando a permeabilidade do mesmo.

Para estaca hélice contínua ocorre a percolação desta água pelo solo, principalmente em solos porosos não saturados, ocasionando perda de plasticidade e fluidez da massa, e a conseqüente dificuldade na instalação da armação (NETO, 2002).

Ainda segundo o autor, o principal fator de perda de desempenho e trabalhabilidade do concreto que se verifica na execução destas estacas é a exsudação. A exsudação é definida como um fenômeno cuja manifestação externa é o aparecimento de água na superfície após o concreto ter sido lançado e adensado, porém antes de ocorrer a sua pega.

PENNA ET. AL. (1999) apresenta algumas observações típicas sobre o concreto, nos estados fresco e endurecido, utilizado na execução das estacas hélice contínua, que servem de alerta para possíveis problemas relativos à sua durabilidade, ou mesmo à sua integridade e segurança estrutural. São elas:

✚ No estado fresco

Apesar do ensaio de abatimento do concreto (*slump test*) atender ao especificado, deve-se observar alguns sinais importantes de qualidade do concreto. Têm-se indícios de possíveis problemas quando:

- ✓ O aspecto do concreto ensaiado mostra agregados separados da argamassa nas suas bordas ou no topo da amostra;
- ✓ A base do concreto não é regular, isto é, apresenta dimensões maiores em uma direção em relação à outra direção perpendicular;
- ✓ “Borbulhamento” de água com carregamento de finos no topo da estaca recém executada, sendo que em poucos minutos forma-se uma lâmina d’água da ordem de centímetros.

✚ No estado endurecido

- ✓ Observa-se no topo da estaca uma argamassa, praticamente sem agregados graúdos, e de aspecto poroso e com baixíssima resistência (esforço de ponteira manual);
- ✓ Na superfície do corpo de prova observa-se a presença de uma grande quantidade de bolhas;
- ✓ Nas paredes laterais do corpo de prova têm-se uma argamassa porosa expondo os agregados e também se nota a formação de caminhos, provavelmente de subida de água na interface molde (forma) metálico e concreto.

Como diagnóstico das possíveis causas que geram os problemas acima mencionados, pode-se identificar, de imediato, e discutir algumas delas como:

- ✓ Fornecimento do concreto: o fato do mercado fornecedor de concreto possuir práticas tradicionalmente consagradas, apesar de inadequadas, cujos desvios de performance são tolerados pelas construções normais, tem levado fornecedores de concreto a entregar material inadequado inadvertidamente. Como exemplo grave há o fato do recebimento do concreto na obra ser monitorados apenas pelo valor do “slump test” sem se importar com a

verificação do consumo total de água empregada para se chegar a este valor de trabalhabilidade;

✓ Aditivos: outro aspecto importante é a defasagem tecnológica entre os aditivos disponibilizados comercialmente no mercado brasileiro com relação ao europeu (de onde provém a maior gama desta tecnologia de estacas hélice contínuas);

✓ Agregados: outra significativa contribuição para os problemas está na falta de homogeneidade e, em alguns casos, de qualidade dos agregados nacionais disponibilizados pelo mercado.

2.6.4 Sistemas Gerenciais para Controle e Garantia de Qualidade

A qualidade de um produto ou serviço é a adequação desse produto ou serviço para a utilização pretendida pelo cliente. Segundo a NBR ISO 9000:2000, entende-se por qualidade o grau de satisfação de requisitos dado por um conjunto de características intrínsecas.

Ainda segundo esta norma a identificação sistemática e a gestão dos processos empregados na organização, e, particularmente, as interações entre tais processos são conhecidas como “abordagem de processos”.

Na Figura 2.13 é ilustrado o modelo de um sistema de gestão da qualidade, baseado no processo, descrito nas normas da família NBR ISO 9000. Nesta ilustração é mostrado que as partes interessadas desempenham um papel importante em fornecer entradas para a organização. O monitoramento da satisfação das partes interessadas exige a avaliação das informações relativas à percepção dessas partes, bem como em que grau suas necessidades e expectativas foram atendidas.

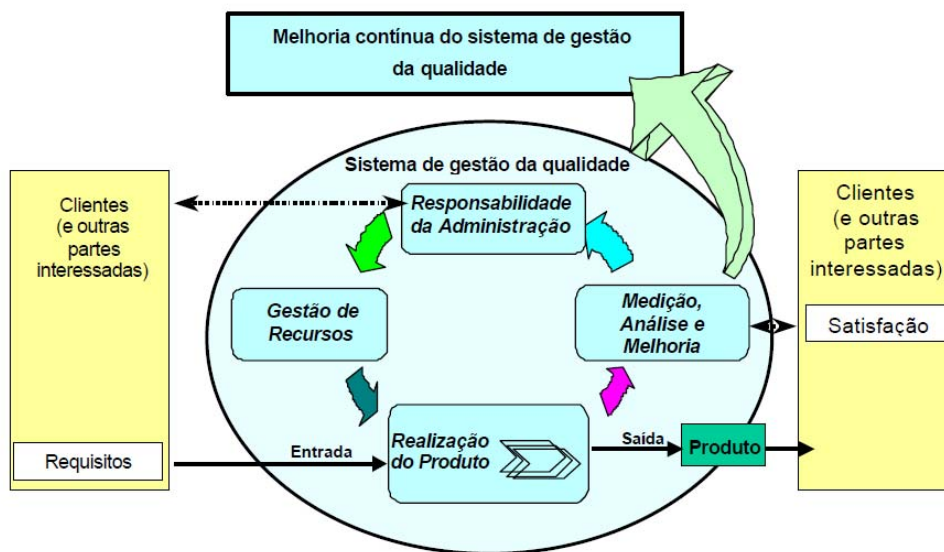


Figura 2.13 – Ilustração do processo baseado no gerenciamento do sistema de qualidade (ABNT NBR ISO 9000:2000)

Controlar a qualidade em um processo é adotar a abordagem por sistema ou o gerenciamento pelo ciclo PDCA da rotina. Isto significa que o controle da qualidade é conduzido com o objetivo de eliminar a causa fundamental de problemas e depende de se ter padrões estabelecidos, análise de processo para buscar a causa fundamental de problemas e um procedimento de verificação para detectá-los.

Na Figura 2.14 é mostrado o esquema que deve ser utilizado para a identificação e eliminação da causa fundamental de problemas encontrados no processo executivo de produtos e serviços.



Figura 2.14 – Esquema para eliminação da causa de problemas (CAMPOS, 1990)

Na Figura 2.15, é ilustrado de modo esquemático o ciclo PDCA a ser adotado no Controle de Qualidade para que se tenha continuidade permanente na melhoria da qualidade de processos e produtos.

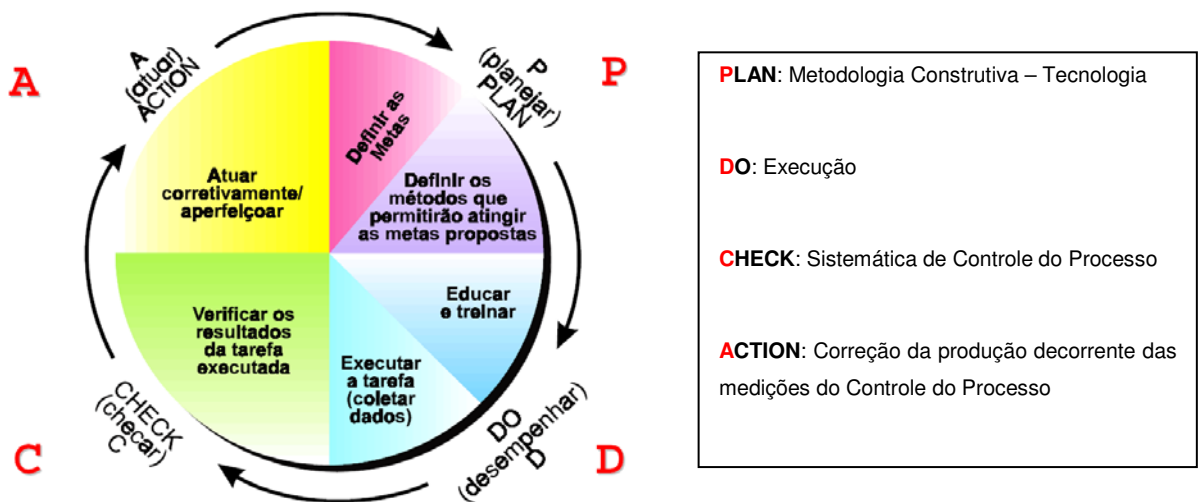


Figura 2.15 – Ciclo PDCA de controle de qualidade (ESTEVEES, 2007).

Na seqüência, deverão ser implantadas na Metodologia Construtiva as medidas de correção da produção, reiniciando o ciclo sucessivas vezes, para se ter continuamente a melhora da produção e da qualidade.

3 METODOLOGIA

Para criação e implantação de uma metodologia de controle e garantia de qualidade do processo executivo de fundações profundas tipo estacas hélice contínua monitoradas, proposta nesta pesquisa, foi utilizado o gerenciamento pelo ciclo PDCA de Controle e Garantia de Qualidade.

Para o desenvolvimento desta metodologia todas as informações e levantamentos foram obtidos junto a uma empresa local, executora e projetista de fundações, considerada de grande porte no setor produtivo de estacas hélice contínua na região.

Para a realização de acompanhamento de campo, foram escolhidas 03 (três) obras com características distintas, localizadas na cidade de Brasília-DF, a fim de se analisar as etapas do processo executivo, dos equipamentos e do sistema de monitoração utilizados na execução desse tipo de fundação na região.

Inicialmente foi realizado um monitoramento do processo executivo das estacas, onde, através da comparação com as informações obtidas na literatura, pôde-se constatar e catalogar os desvios e as possíveis falhas ocorridos neste procedimento e a identificação dos efeitos causados pelos mesmos.

Com base nos dados obtidos na etapa anterior foi possível definir as metas para a melhoria da qualidade e os métodos a serem utilizados para a eliminação das causas dos problemas verificados, propondo parâmetros de controle de qualidade para cada uma das etapas executivas desse tipo de fundação.

Por fim, para a aplicação da metodologia de melhoria proposta foram acompanhadas outras 03 (três) obras, com tipologias similares às anteriormente estudadas, visando a checagem das contramedidas estabelecidas.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DAS OBRAS MONITORADAS

No desenvolvimento deste trabalho, foi realizada a monitoração do processo executivo de estacas hélice contínua em 3 (três) obras distintas, localizadas em Brasília-DF, onde alguns aspectos importantes foram levados em consideração na escolha das mesmas, como:

- ✚ Distribuição geográfica;
- ✚ Estratigrafia local;
- ✚ Aspectos gerais do projeto de fundações;
- ✚ Avaliação dos equipamentos utilizados e das equipes de execução;
- ✚ Fornecimento de concreto usinado;
- ✚ Estágio em que se encontravam as obras.

3.1.1 Obra A

Obra executada por um consórcio formado por duas construtoras, localizada no Setor de Hotéis de Turismo Norte, Brasília - DF (Figura 3.1).



Figura 3.1 - Localização da obra A

Esta obra encontrava-se em andamento em fases diferentes de execução, com 14 blocos de 4 pavimentos, identificados de A a N, executados sobre fundação profunda tipo estacas hélice contínua.

O Bloco N monitorado nesta obra é dividido em 4 etapas, conforme Figura 3.2, nele foram executados aproximadamente 8.630 metros de estaca hélice com diâmetro de 400, 500 e 600 mm e comprimentos que variam de 12 a 20 m.

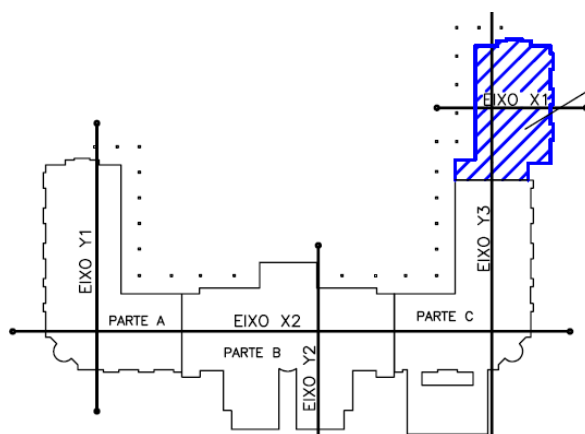


Figura 3.2 - Bloco N dividido em etapas

O perfil estratigráfico local é típico da região com várias camadas de argila siltosa, com N_{SPT} variando de 2 a 16 golpes conforme mostrado na Tabela 3.1 a seguir.

Tabela 3.1 – Perfil estratigráfico do terreno - obra A

Cam.	Prof. (m)	SPT (golpes)	Classificação
01	13	2 a 7	argila siltosa, avermelhada, muito mole à média
02	5	7 a 9	argila siltosa, avermelhada com veios cinza, média
03	2	8 a 16	argila siltosa, avermelhada, rija

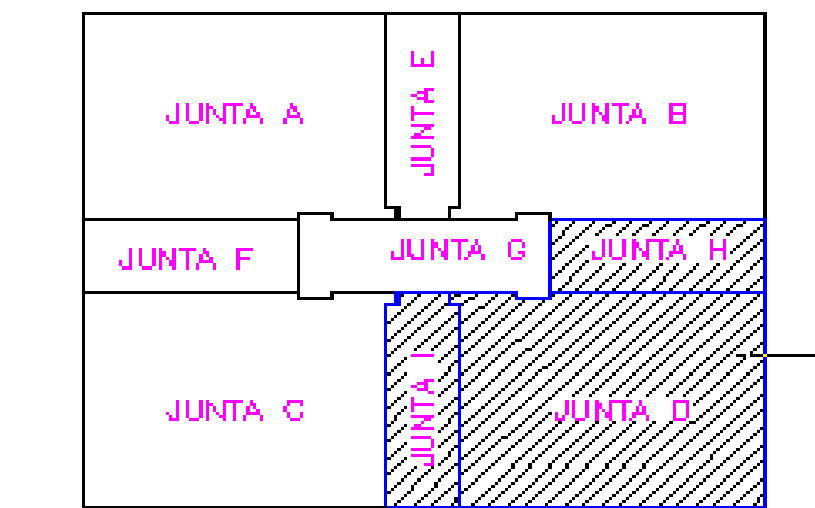


Figura 3.4 – Disposição das Juntas da Obra B

Na Tabela 3.2 pode-se observar que o solo local encontra-se dividido em diferentes camadas, que variam de argila siltosa com N_{SPT} de até 6 golpes a uma camada de silte argiloso com N_{SPT} variando até 56 golpes.

Tabela 3.2 – Perfil estratigráfico do terreno; obra B

Cam.	Prof. (m)	SPT (golpes)	Classificação
01	2	2 a 6	argila siltosa, vermelha muito mole à média
02	3	6 a 14	pedregulho, argilo-arenoso, amarelado, média à rija
03	2	2 a 14	pedregulho, argilo-arenoso, amarelado, mole a muito mole
04	2	2 a 6	silte argiloso, pouco arenoso, mole a médio
05	7	6 a 56	silte argiloso, variegado, médio a rijo

3.1.3 Obra C

A terceira obra está localizada no Setor de Grandes Áreas Norte, Asa Norte, Brasília – DF como mostra a Figura 3.5. Trata-se de uma construção residencial com 10 blocos de 4 pavimentos, sendo os blocos G e H, monitorados neste estudo. Foram executadas cerca de 250 estacas hélice com diâmetros de 400 mm, variando de 8 a 12 m de comprimento, perfazendo um total de aproximadamente 2400 metros de estacas.



Figura 3.5 – Localização da obra C

O perfil estratigráfico local, mostrado na Tabela 3.3, é constituído principalmente por camadas de solo com características argilo siltosa e pedregulho argilo-arenoso com N_{spt} variando de 2 a 59 golpes.

Tabela 3.3 – Perfil estratigráfico típico encontrado na obra C

Cam.	Prof. (m)	SPT (golpes)	Classificação
01	2	2 a 5	argila siltosa, vermelha, muito mole
02	1	5 a 25	argila siltosa, vermelha, dura
03	1	25 a 7	pedregulho argilo-arenoso, amarelado, média
04	2	7 a 28	pedregulho argilo-arenoso, amarelado, dura
05	6	27 a 59	silte argiloso, variegado, dura

3.2 CARACTERIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

Os equipamentos perfuratrizes utilizados na execução das estacas hélice contínua, nas obras acompanhadas, são tipo CA 60 e CA 80, produzidos por uma empresa brasileira e instalados sobre chassis de escavadeiras hidráulicas modelos 320 B_L e 320 C_L.

Essas versões de perfuratrizes utilizam o sistema de cabeçote rotativo na parte inferior da torre patenteado com o nome de “*Bottom Drive CFA*” e são dotadas de um sistema de monitoramento desenvolvido nacionalmente denominado de SACI.

No modelo CA 80 a esteira pode ser estendida lateralmente por um sistema hidráulico resultando em maior estabilidade do conjunto. Os modelos, as dimensões e as características dos equipamentos utilizados podem ser verificados na Tabela 3.4 e nas Figuras 3.6 a 3.11 a seguir:

Tabela 3.4 – Características dos equipamentos utilizados (Fonte: Cló Zironi)

Características dos Equipamentos/Obra	Obra 1	Obra 2	Obra 3
Modelo	CA 60	CA 60	CA 80
Diâmetro Máximo	600 mm	600 mm	800 mm
Empuxo Axial Hidráulico	✓	✓	✓
Esteiras Extensíveis Hidraulicamente	✗	✗	✓
Força de extração combinada de Prolonga	50 tf	50 tf	58 tf
Força de extração Total (Com Guincho)	40 tf	40 tf	48 tf
Peso Operacional	28 tf	28 tf	32 tf
Potência Instalada	140 hp	140 hp	140 hp
Profundidade Máxima	20 metros	20 metros	24 metros
Torque	10.000 kgfm	10.000 kgfm	12.000 kgfm



Figura 3.6 – Perfuratriz Hidráulica
Modelo CA 60

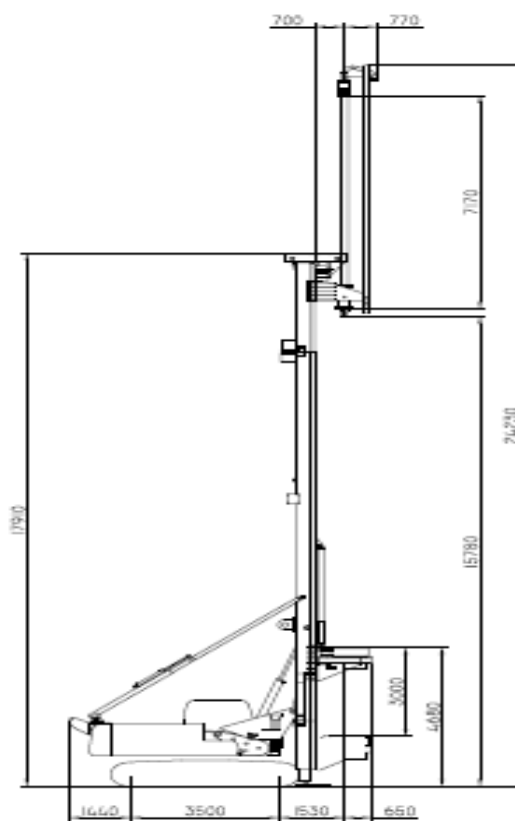


Figura 3.7 – Dimensões de Trabalho

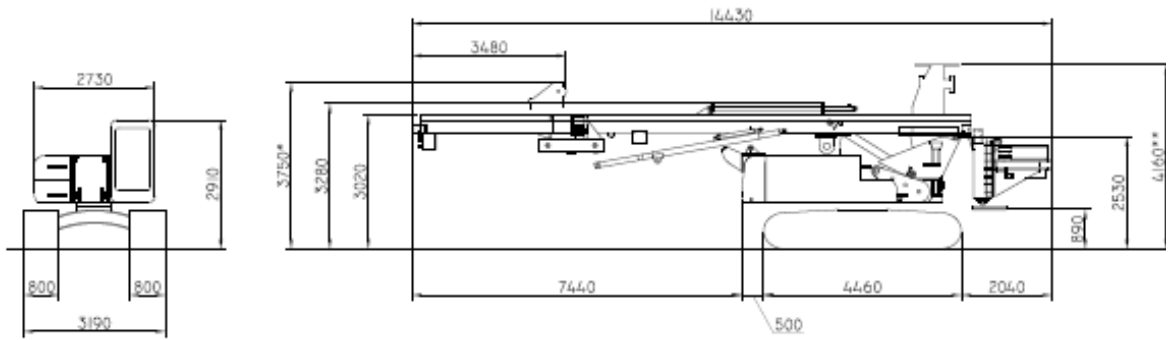


Figura 3.8 – Dimensões Transporte CA 60



Figura 3.9 – Perfuratriz Hidráulica
Modelo CA 80

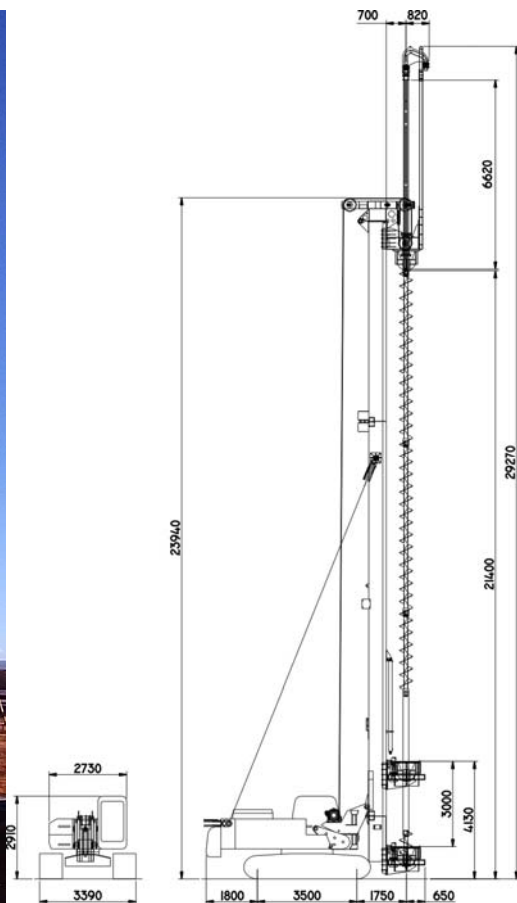


Figura 3.10 – Dimensões de Trabalho
CA 80

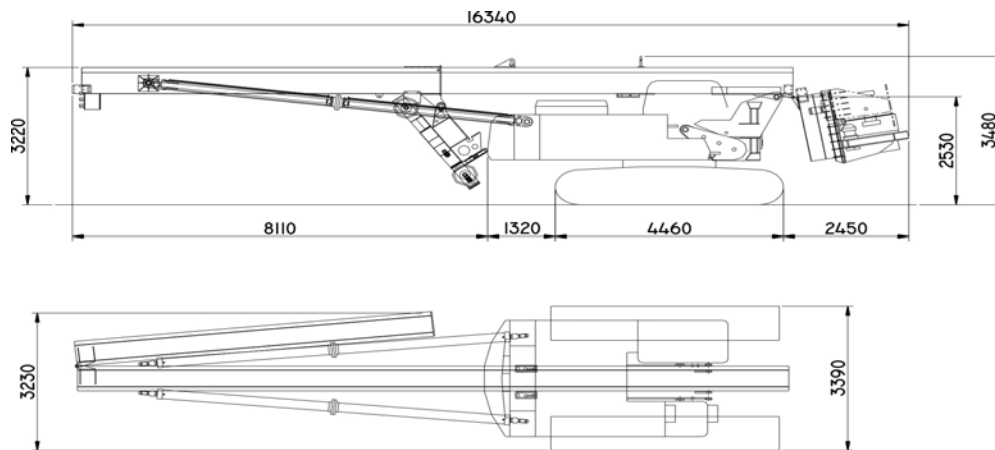


Figura 3.11 – Dimensões de Transporte CA 80

3.3 SISTEMA DE MONITORAÇÃO

Os equipamentos perfuratrizes utilizados na execução das fundações profundas tipo estacas hélice contínua, das obras monitoradas nesta pesquisa, possuem o sistema de monitoração SACI, desenvolvido por uma empresa brasileira especializada em instrumentação eletrônica para procedimentos em fundações e sondagens.

Trata-se de um sistema computadorizado de controle do processo executivo das estacas hélice contínua, através da monitoração de dados durante as fases de execução da estaca.

3.3.1 Finalidade

O sistema de monitoração tem como finalidade assegurar ao operador que a estaca que está sendo executada possui as características de projeto, garantindo o diâmetro e a profundidade de projeto.

Os dados da monitoração fornecidos durante a etapa de perfuração asseguram maior confiabilidade da estaca, fornecendo ao operador uma noção da qualidade do terreno perfurado.

A indicação da inclinação da torre tem como finalidade garantir a verticalidade da estaca a todo o momento e verificar a estabilidade do equipamento perfuratriz, indicando a sua inclinação mesmo com o equipamento em movimento.

3.3.2 Princípios básicos

O princípio de funcionamento do software de monitoração de estacas hélice contínua é baseado em 4 itens: Computador, Sensores, Cabos e Software de análise dos dados. Os principais componentes deste sistema encontram-se enumerados abaixo e o funcionamento dos mais importantes será descrito a seguir.



1 – Computador

2 – Rádio

3 – Memo SACI

4 - Sensor de pressão de concreto

5 – Sensor de pressão hidráulica

6 – Sensor de profundidade

7 - Inclinômetro

8 – Sensor de rotação

9 – Software

3.3.2.1 Computador

O computador além de processar os dados transmitidos pelos sensores, transformando-os em parâmetros de controle da execução das estacas, possui um relógio onde são registrados os tempos de início e término das operações de perfuração e concretagem.

Os dados informados pelos sensores são medidas elétricas, que através de parâmetros fornecidos ao computador e de uma programação prévia, fornecem dados que podem ser chamados de diretos, são eles:

- a) Pressão de Concreto – Do sensor de pressão de concreto temos a pressão em um ponto da tubulação onde é colocado o sensor, geralmente no início da curva de adução;
- b) Torque ou Pressão de óleo hidráulico – O sensor de pressão de óleo fornece a pressão que está sendo necessária para girar a cabeça de rotação. Através de uma função simples (constante) é possível verificar o torque aplicado;
- c) Profundidade da Estaca – O sensor de profundidade fornece a medida de deslocamento da cabeça de rotação e, em consequência, a posição da ponta da hélice, ou seja, a profundidade da estaca;

- d) Velocidade de Rotação** – Através do sensor de rotação é possível conhecer o número de voltas dados pela cabeça de rotação a cada minuto (RPM);
- e) Inclinação da Torre** – O sensor de inclinação fornece dados que possibilitam saber os ângulos de inclinação da torre. Direção X longitudinal a máquina e Y transversal a máquina;
- f) Tempo** – Informa a data e o horário de início da perfuração, do início da concretagem e do fim da estaca.

Os dados chamados indiretos correspondem às informações processadas pelo computador a partir dos dados diretos, são eles:

- a) Volume de concreto** – é calculado através das informações do sensor de pressão de concreto do número de picos de pressão, ou seja, do número de “bombadas” injetadas na estaca. Para tanto, é necessário informar ao computador o volume do cilindro da bomba de concreto, em dl , que corresponde ao volume de uma “bombada”. O volume expresso no relatório da estaca é dado em m^3 ;
- b) Vazão de concreto** – através do volume de uma “bombada”, do número de “bombadas” e do tempo gasto durante a concretagem da estaca, o computador registra a vazão em m^3/h ;
- c) Sobre-Consumo (ou Sub-Consumo)** – é o percentual entre o volume injetado na estaca, calculado conforme descrito acima, e o volume teórico que o computador calcula através do diâmetro e da profundidade da estaca;
- d) Velocidade de penetração e extração** – através dos dados fornecidos pelo sensor de profundidade e do tempo registrado durante as etapas de perfuração e concretagem, o computador calcula a velocidade de penetração e extração da hélice.

3.3.2.2 Sensores

A seguir será descrito o funcionamento dos principais sensores que compõem o sistema SACI de monitoramento de estacas hélice contínua comumente utilizado nos equipamentos perfuratrizes atuantes em Brasília-DF.

a) Sensor de Pressão de Concreto

O sensor de pressão de concreto é o mais importante do sistema de monitoração, o computador através da amperagem lida, identifica a pressão e através dos picos de pressão conta o número de “bombadas” da bomba de concreto que permite calcular o volume de concreto que passa pelo sensor.

O sensor faz variar a amperagem que consome de acordo com a pressão a que está submetido. Todos os fabricantes usam sensores que variam a amperagem de 4 a 20 mA. Na pressão zero têm-se 4 mA e na pressão máxima 20 mA, o computador registra a pressão lendo a amperagem.

A medição da pressão do concreto é feita de forma indireta, o concreto pressiona um tubo de borracha, que por sua vez pressiona um reservatório (câmara de concreto) cheio de óleo, o sensor registra a pressão deste óleo que é sempre igual à do concreto (Figura 3.12).

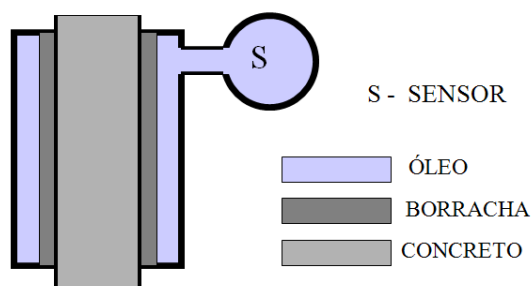


Figura 3.12 – Conjunto sensor de pressão de concreto

É fundamental que não exista ar no interior do reservatório para o óleo, caso exista, a medição será errada. Pode-se utilizar água ao invés de óleo na câmara de concreto.

b) Sensor de Pressão de Óleo Hidráulico

O sensor de pressão do óleo hidráulico funciona da mesma forma que o sensor de pressão de concreto. Como o óleo hidráulico não é agressivo ao material constituinte do sensor, o mesmo é colocado diretamente na linha do óleo. A pressão 0 corresponde a 4 mA e a pressão máxima a 20 mA. A escala de dos sensores de pressão de óleo hidráulico varia de 0 a 400 Bar. A finalidade de se medir a pressão do óleo hidráulico é de se ter o torque que está sendo solicitado pela perfuratriz.

O valor de torque obtido mostra a maior ou menor dificuldade que o trado enfrenta para penetrar o terreno. Pode-se associar o valor do torque com a profundidade escavada, para se ter uma idéia do tipo e da resistência do terreno em determinada profundidade.

c) Sensor de Rotação

O sensor de rotação é um sensor de proximidade, que detecta a presença de peças metálicas nas proximidades, informando ao computador da sua passagem.

São colocados 12 pinos metálicos em uma das peças que giram junto com a hélice e o computador é informado, pelo sensor de rotação, da passagem de cada um desses pinos (Figura 3.13). O computador registra uma volta da hélice através da passagem dos 12 pinos metálicos e, associando o número de voltas ao tempo, tem-se a velocidade de rotação da hélice.

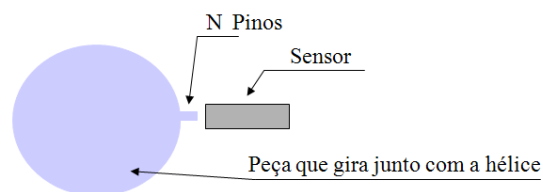


Figura 3.13 – Esquema de funcionamento do sensor de rotação

d) Sensor de Profundidade

Este sensor é colocado junto a uma das roldanas do cabo de aço, que movimenta a cabeça de rotação. O cabo gira a roldana e esta gira o sensor de profundidade conforme mostra a Figura 3.14.

A medida da profundidade da estaca é dada através do processamento das informações do número de voltas, do diâmetro da hélice e do número de cabos (geralmente 4) levadas ao computador.

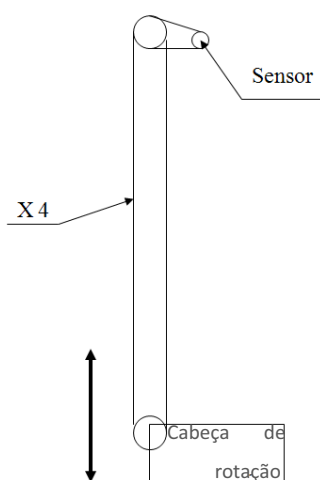


Figura 3.14 – Esquema de funcionamento do sensor de profundidade.

e) Sensor de Inclinação

Os sensores de inclinação medem a inclinação nos dois eixos, longitudinal e perpendicular ao eixo do equipamento. São sensores complexos, mas de fácil utilização, todos têm meios para aferição ou como zerar o ângulo em relação à vertical de cada eixo.

3.4 METODOLOGIA DE CONTROLE DE QUALIDADE

Nesta etapa foram feitas observações dos aspectos construtivos das estacas hélice contínua, enfocando os tipos de equipamentos utilizados, fornecimento de concreto, a metodologia adotada para o controle tecnológico do concreto, o método de trabalho das equipes e as

condições e manutenção dos equipamentos e sensores, em cada uma das obras selecionadas neste estudo.

Para a elaboração desta metodologia de controle e garantia de qualidade foi utilizado o Método de Análise e Solução de Problemas (MASP) como PDCA de gestão de melhoria, que é composto de quatro fases básicas do controle: planejar, executar, verificar e atuar corretivamente (CAMPOS, 1990).

Na Figura 3.15 a seguir são ilustradas as etapas deste método, distribuída em cada fase do sistema PDCA.

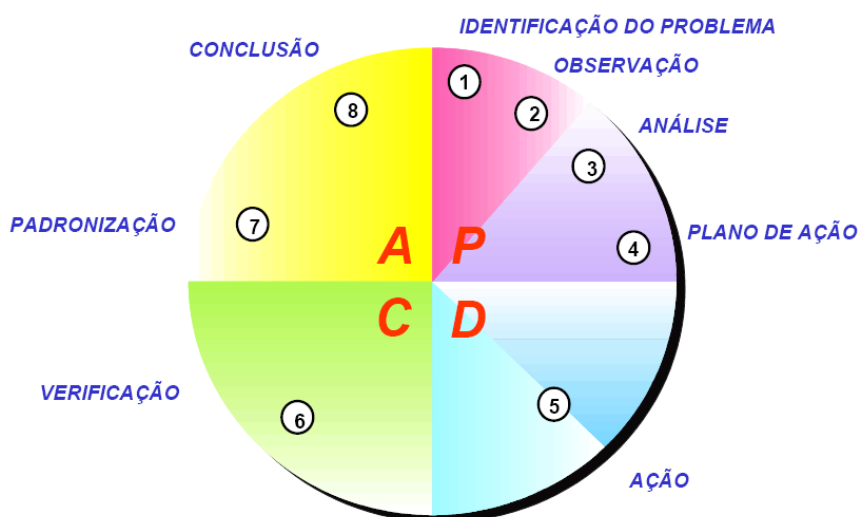


Figura 3.15 – MASP como PDCA de melhoria (CAMPOS, 1990)

Na Tabela 3.5 é apresentada as etapas do MASP que serão abordadas neste estudo, assim como os objetivos a serem alcançados em cada uma delas.

Tabela 3.5 – Etapas do Método de Análise e Solução de Problemas - MASP

FLUXO	PROCESSOS	OBJETIVO
1	Identificação do problema	Definir claramente o problema e reconhecer a sua importância.
2	Observação	Investigar as características específicas do problema com uma visão ampla e sob vários pontos de vista.
3	Análise	Definir as causas fundamentais.
4	Ação	Bloquear as causas fundamentais.
5	Verificação	Verificar se o bloqueio foi efetivo.
?	(O bloqueio foi efetivo?)	
6	Padronização	Prevenir contra o reaparecimento do problema.
7	Conclusão	Recapitular todo processo de solução de problema para o trabalho futuro.

4 APLICAÇÃO DO MASP PARA EXECUÇÃO DE ESTACA HÉLICE

4.1 INTRODUÇÃO

Para aplicação do MASP na execução de estacas hélice contínua foram realizadas as seguintes etapas: identificação dos problemas existentes na execução das estacas, observações em campo, análise mediante aplicação do Diagrama de Causa e Efeito das várias etapas, elaboração do plano de ação para obtenção de melhorias, verificação das contramedidas implantadas, padronização das ações de melhoria e por fim a recapitulação do processo (conclusão). A seguir serão apresentadas todas as etapas de forma detalhada.

4.2 IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA – FLUXO 1

As principais definições encontradas na literatura para a palavra problema são:

“Um problema é o resultado indesejável de um trabalho” (Hitoshi Kume, 1993).

*“Como o resultado de um processo (produto ou serviço) é realizado para atender as necessidades do cliente, podemos definir **problema** como sendo as necessidades do cliente não atendidas”* (William Glasser, 1990).

Os problemas podem ser classificados em 02 tipos, a saber:

✚ Anomalias – são pequenos problemas que muitas vezes passam despercebidos. São normalmente conhecidos como falhas.

✚ Crônicos – são problemas enraizados na cultura da organização e muitas vezes não são vistos como problemas, pois fazem parte do cotidiano e são encarados como normais.

Neste trabalho, foi dada importância principalmente aos problemas crônicos que ocorriam na empresa, e que causavam resultados indesejados e desempenho deficiente no processo produtivo.

O primeiro passo para a identificação dos problemas de uma empresa é a definição da sua “missão” e da “meta” a ser atingida. Neste estudo, partiu-se para tal definição, junto a empresa executora, com todos os agentes envolvidos no processo: diretoria, engenheiros, técnicos e operadores, como apresentado a seguir:

- Missão: *“Garantir a satisfação do cliente através do enfoque na produtividade e qualidade dos serviços prestados”*.
- Meta: *“Aumento da produtividade em 90% e diminuição de desvios no processo executivo em níveis aceitáveis até junho/09”*.

Para tanto, foi realizado um levantamento da produção por equipamento da empresa, nos meses de setembro a novembro de 2008, e das ocorrências que provocaram paralisações dos serviços, como mostram as Figuras 4.1 e 4.2 abaixo.

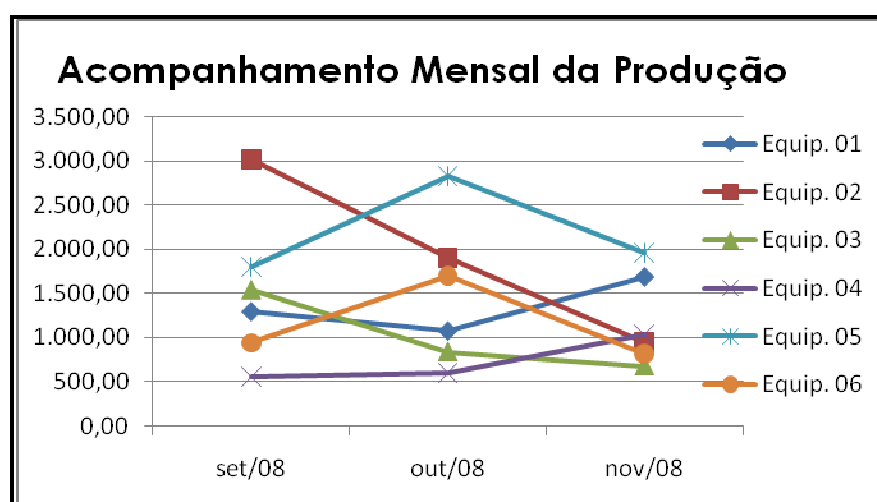


Figura 4.1 – Produção em metro linear por equipamento perfuratriz

Na Figura 4.1 é mostrada a produção dos seis equipamentos perfuratrizes pertencente à empresa, nos meses de setembro, outubro e novembro de 2008, o que motivou a definição da meta a ser atingida com este trabalho, ou seja, alcançar uma produção mínima de 2500 metros lineares de perfuração por equipamento até junho de 2009.

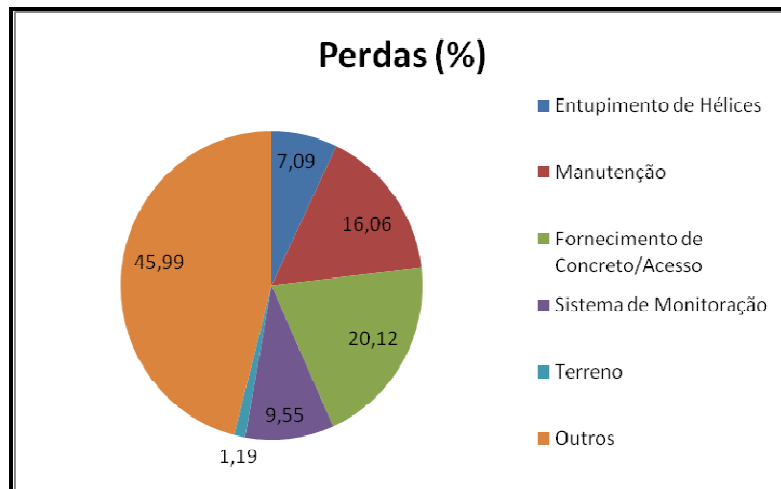


Figura 4.2 – Percentual de perdas em novembro/08

Na Figura 4.2 é mostrado o percentual das causas responsáveis pela baixa produtividade da empresa no mês de novembro/08. Foi possível verificar que o fornecimento de concreto e a manutenção corretiva, associados à falta de informação das ocorrências de obra e aos problemas no sistema de monitoração, são os principais causadores da baixa produtividade e qualidade dos serviços executados.

Sendo assim, os causadores do efeito, baixa qualidade e produtividade dos serviços, que foram identificados e que serão denominados aqui como desvios no processo executivo, são:

- a) Falta de manutenção preventiva;
- b) Falhas no método de fornecimento de concreto;
- c) Falta de controle e critérios para ré-escavação de estacas;
- d) Defeitos do sistema de monitoração.

4.3 OBSERVAÇÃO DE CAMPO – FLUXO 2

As observações realizadas durante o processo de execução das estacas hélice contínua monitoradas, nas três obras caracterizadas neste estudo, possibilitaram detectar e catalogar os seguintes desvios ocorridos durante as três etapas deste processo.

Na tabela 4.1 são apresentados, para cada etapa do processo executivo, os parâmetros analisados nesta pesquisa.

Tabela 4.1 – Parâmetros analisados no processo executivo de estacas hélice contínua

Etapa	Parâmetros analisados
Perfuração	- Torque;
	- Sensor de Profundidade;
	- Inclinação;
	- Operação e equipamentos.
Concretagem	- Diâmetro do agregado;
	- Trabalhabilidade do concreto;
	- Limpeza da tubulação de concreto;
	- Programação de fornecimento do concreto;
	- Velocidade de extração da hélice;
	- Sensor de pressão de injeção do concreto.
Instalação da armadura	- Utilização de espaçadores;
	- Dispositivo de travamento da armadura;
	- Operação de descida da armadura.

4.3.1 Perfuração

a) Dificuldade de penetração em solos resistentes

Foi detectado, de forma freqüente na etapa de acompanhamento de campo, a necessidade de alívio da perfuração para a quebra do atrito e a possibilidade de avanço da profundidade da estaca, fato que provoca perda de atrito lateral da estaca e danos às segmentos hélices, como mostrado na Figura 4.3.



Figura 4.3 – Segmento de hélice danificado durante execução de estacas

b) Execução de estacas em solos mole

Verificação de execução de estacas em solos moles sendo observada somente a profundidade estabelecida em projeto, causando a paralisação da perfuração da estaca em solo não apropriado e a conseqüente perda de capacidade de carga da mesma.

c) Sensor de profundidade

Outro fator observado foi a falha no funcionamento do sensor de profundidade causando estacas sem o registro do comprimento de perfuração. Neste caso o que se tem como registro é apenas a anotação da profundidade da estaca no diário de obra do operador.

d) Inclinação da torre

Foi verificado nas obras monitoradas, que a inclinação da torre dos equipamentos utilizados não apresentava desvio fora dos aceitáveis para a execução deste tipo de estaca.

e) Operação e Equipamentos

Detectou-se nesta etapa, o desconhecimento ou a falta de treinamento dos operadores em relação aos aspectos práticos e importantes na fase de perfuração, como desconfinamento

do solo pelo excesso da operação de alívio do terreno e perda da capacidade de carga pela re-escavação das estacas.

Em relação aos equipamentos utilizados, pode-se observar a falta ou a realização inadequada de manutenções preventiva e corretiva ocasionando prejuízos aos parâmetros executivos e atrasos no andamento dos serviços de execução das fundações, ocasionando longas paradas dos mesmos.

4.3.2 Concretagem

a) Diâmetro do agregado

Em várias ocasiões foi verificada a utilização de concreto com agregado fora das dimensões permitidas ou com elevado percentual de agregado para a execução desse tipo de fundação, conhecido como “*concreto britado*”, acarretando o entupimento da tubulação, principalmente na redução existente na curva entre os mangotes de concretagem e a hélice do equipamento perfuratriz (Figura 4.4).



Figura 4.4 – Entupimento de hélice

b) Limpeza da tubulação de concretagem

Outro fator verificado, que gera entupimento da tubulação, é a lavagem ineficaz da tubulação ao final do dia de trabalho ou a falta de limpeza da mesma, causando o acúmulo de concreto na curva e nas ligações entre os mangotes e os segmentos da hélice (Figura 4.5).



Figura 4.5 – Concreto retirado da curva de um equipamento perfuratriz

c) Trabalhabilidade do concreto

Falta de controle da trabalhabilidade do concreto, através da Determinação da Consistência por Abatimento do Tronco de Cone – *Slump Test* (ABNT NBR 7223), pela equipe executora da fundação (Figura 4.6).



Figura 4.6 – Concreto com baixa trabalhabilidade; *slump* aproximadamente 17 cm

Outro fator importante a ser mencionado é quanto ao acréscimo de água ao concreto na obra, o mesmo é de responsabilidade da construtora e só deve ser feito se houver “*folga*” na relação água/cimento do traço característico, e a quantidade máxima de água a ser acrescentada, especificada na nota fiscal da empresa fornecedora de concreto.

d) Método de fornecimento do concreto

Um dos fatores que mais causam prejuízos ao bom andamento dos serviços é a programação mal planejada do fornecimento do concreto. O atraso de concreto, a demora entre um caminhão betoneira e outro, a falta de comunicação entre a equipe executora e o responsável da construtora pelo pedido do concreto, geram significativas perdas de rendimento na produtividade e de volume de concreto que, no final, poderá gerar prejuízos à executora das fundações ou à empresa contratante dos serviços.

A Figura 4.7 mostra a paralisação dos serviços para manutenção corretiva do equipamento perfuratriz sem a comunicação prévia à empresa contratante, para que a mesma interrompesse o fornecimento do concreto no dia seguinte.



Figura 4.7 – Paralisação dos serviços para manutenção da perfuratriz

e) Estacas Re-perfuradas

O aspecto mais importante, detectado de forma freqüente na etapa de acompanhamento de campo, foi quanto a retirada da hélice sem a concretagem simultânea da estaca, gerando possíveis perdas de desempenho da mesma, como mostra a Figura 4.8.



Figura 4.8 – Estaca não concluída

f) Sensor de pressão de injeção do concreto

Foi verificada a execução de estacas sem o funcionamento do sensor de pressão do concreto, não havendo a paralisação dos serviços para a realização da troca ou do conserto do mesmo. As falhas dos sensores do sistema de monitoração são fatores que podem gerar estacas com qualidade duvidosa.

g) Equipamentos e Acessórios

É muito comum a utilização de bombas de concreto mal calibradas ou com muito tempo de uso e sem manutenção adequada na etapa de concretagem. Este fato pode gerar a produção de estacas de má qualidade, uma vez que é necessário que a bomba tenha a capacidade de bombear o concreto a distâncias variadas e com pressão suficiente (Figura 4.9).



Figura 4.9 – Bomba de concreto apresentando defeito durante etapa de concretagem

h) Manutenção

Foi verificada ainda a manutenção inadequada dos equipamentos perfuratrizes e a falta de peças de reposição, fatores prejudiciais à qualidade dos serviços e que podem gerar paralisação prolongada dos serviços de fundações de uma obra. Como exemplos podem ser citados: utilização de sensores mal calibrados; mangueiras e cabos utilizados até a exaustão; rompimento da curva de ligação mangotes/hélice como mostra a Figura 4.10; hélices e trados empenados, entre outros.



Figura 4.10 – Rompimento da curva metálica durante etapa de concretagem

4.3.3 Instalação da Armação

a) Utilização de espaçadores

A boa prática da execução de estacas hélice contínua, recomenda a utilização de dispositivo de espaçamento para recobrimento da armação das mesmas, o que na maioria das obras monitoradas não foi constatado (Figura 4.11).



Figura 4.11 – Armação de estacas hélice sem espaçadores

b) Operação de descida da armação

Foi constatado que a falta de controle da trabalhabilidade do concreto na obra, é o principal fator que gera dificuldade na etapa de instalação da armadura (Figura 12). Esta dificuldade, na maioria das vezes, recai na utilização do dispositivo de espaçamento, o que não foi verificado na prática.



Figura 4.12 – Dificuldade na instalação da armação

Outro aspecto verificado foi o auxílio do equipamento perfuratriz ou da retro-escavadeira na operação de instalação, o que deve ser realizado de forma programada para não gerar atrasos na execução dos serviços.

c) Dispositivo de travamento

Foi constatada, em todas as obras acompanhadas neste estudo, a utilização de dispositivo de travamento da armação de acordo com o especificado no projeto de fundação.

4.4 ANÁLISE DOS PROBLEMAS LEVANTADOS – FLUXO 3

Para a análise dos principais problemas observados, identificados neste estudo como desvios do processo executivo, foi elaborado o Diagrama de Causa e Efeito inicialmente para os desvios no processo macro de execução de estacas hélice contínua monitoradas (Figura 4.13), a fim de se levantar as hipóteses, que ao final servirá para a determinação das causas fundamentais dos efeitos provocados.

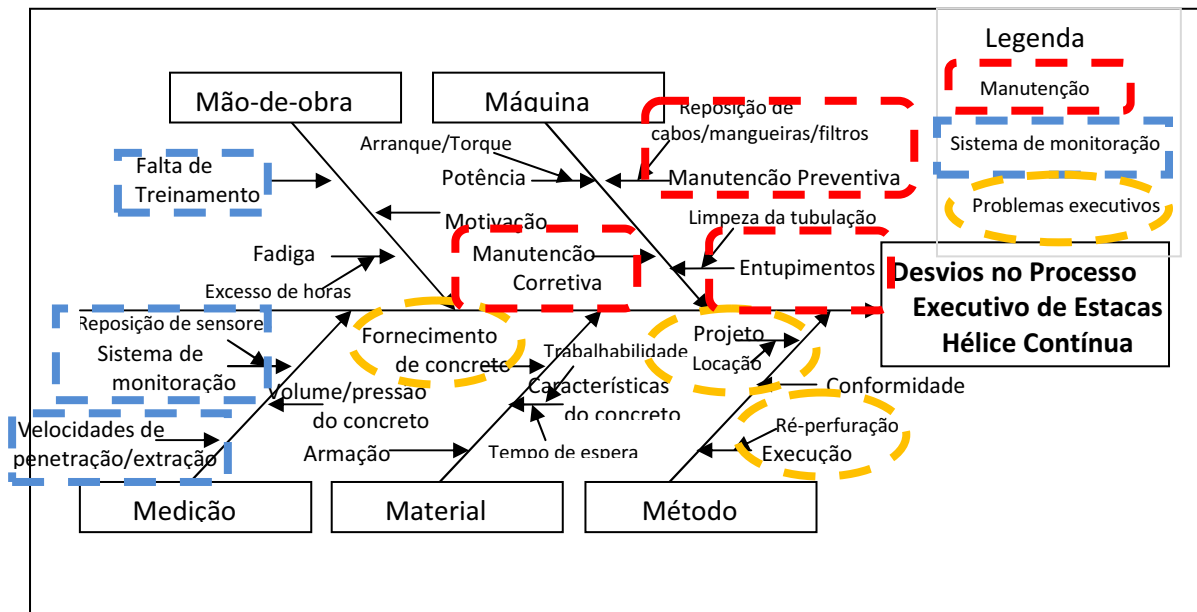


Figura 4.13 – Diagrama de Causa e Efeito: processo macro

Através da análise do Diagrama de Causa e Efeito do processo macro, foi estabelecida a relação de causa e efeito entre as hipóteses levantadas e tidas como as mais importantes para a verificação das causas fundamentais dos problemas observados e que deverão ser novamente investigadas, são elas:

- ✚ Manutenção Inadequada: falta de manutenção preventiva; falta de controle da manutenção corretiva; entupimentos constantes e quebra dos equipamentos.
- ✚ Sistema de Monitoração Defeituoso: falta de treinamento dos operadores; falhas de funcionamentos e da obtenção de dados para o correto funcionamento do sistema; e defeito dos sensores.

✚ Problemas Executivos: falhas no fornecimento e no controle das características do concreto; paralisação dos serviços por falta de locação; e execução de estacas ré-perfuradas.

Foram realizadas novas observações em obras diferentes, tendo como foco principal os locais de ocorrência e as especificidades de cada hipótese escolhida, onde foi possível constatar as causas mais genéricas para cada uma delas. Com a identificação das causas mais prováveis, para cada efeito escolhido, foi elaborado um plano de ação correspondente ao 4º passo do método de melhoria, para a tentativa de neutralização dos efeitos.

4.4.1 Manutenção Inadequada

Na Figura 4.14 é apresentado o Diagrama de Causa e Efeito elaborado para o levantamento e identificação das hipóteses de causas para o efeito “*Manutenção Inadequada*”.

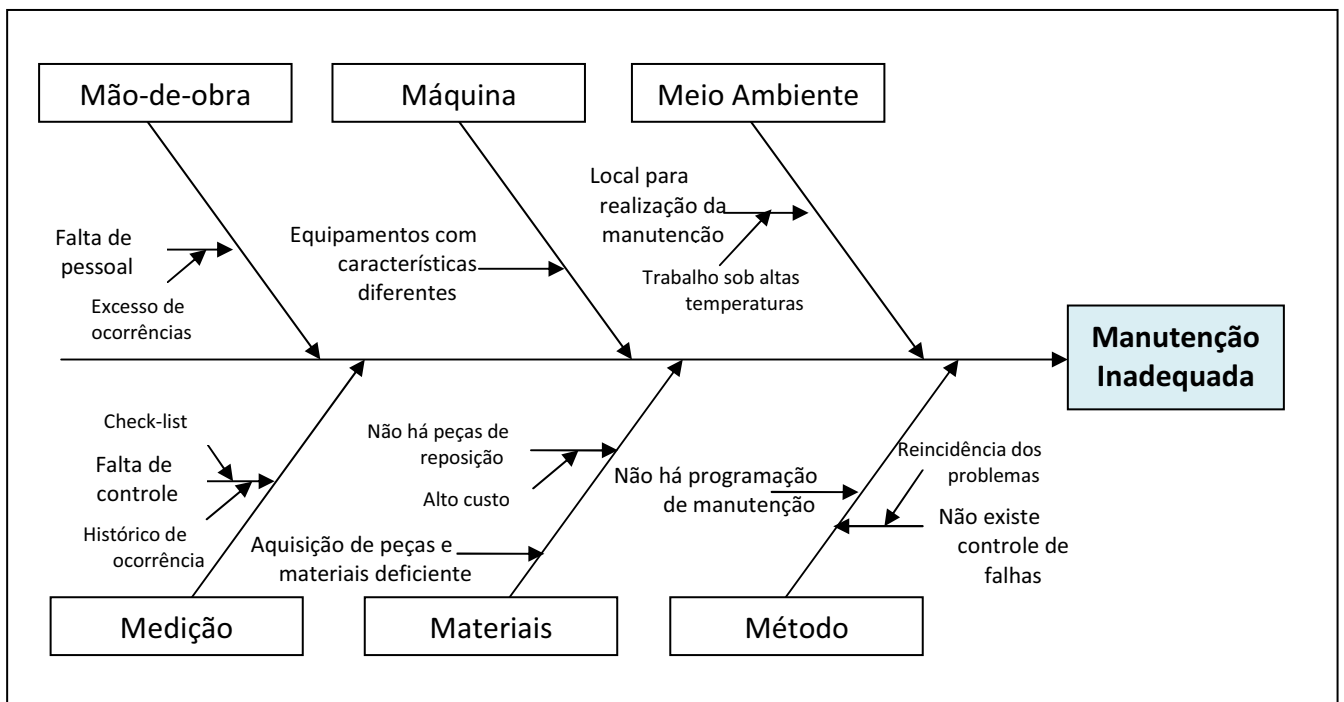


Figura 4.14 – Diagrama de Causa e Efeito: manutenção

Na Tabela 4.2 são apresentadas as causas influentes para o efeito em questão, analisando as hipóteses prováveis e improváveis e o motivo para cada uma delas.

Tabela 4.2 – Conclusões obtidas para “*Manutenção Inadequada*”

Causas Influentes	Provável	Improvável	Motivo
Falta de Pessoal.		X	O número de funcionários existente atende a demanda de ocorrências.
Equipamentos com características diferentes.		X	A diferença dos modelos de equipamentos não interfere na manutenção.
Local para realização da manutenção não apropriado.	X		Os colaboradores reclamam muito de terem que trabalhar sob sol forte, e há paralisação em dia chuvoso.
Falta de controle de manutenção.	X		A empresa possui um formulário de controle de manutenção, mas o mesmo não é usado.
Falta de peças de reposição.	X		A falta de peças de reposição é um dos itens que mais causam paralisação dos serviços.
Aquisição de peças e materiais deficiente.		X	O método de aquisição de peças é relativamente eficaz.
Não há programação para manutenção preventiva.	X		A maior parte da manutenção realizada é corretiva, o que gera constantes paralisações e reclamações dos clientes.
Não há controle de falhas.	X		É constante o ressurgimento de problemas que poderiam ser evitado através de um controle eficaz.

4.4.2 Sistema de Monitoração

O Diagrama de Causa e Efeito para o efeito “*Sistema de Monitoração*” representado pela Figura 4.15 a seguir, mostra as principais hipóteses de causas levantadas para o mesmo.

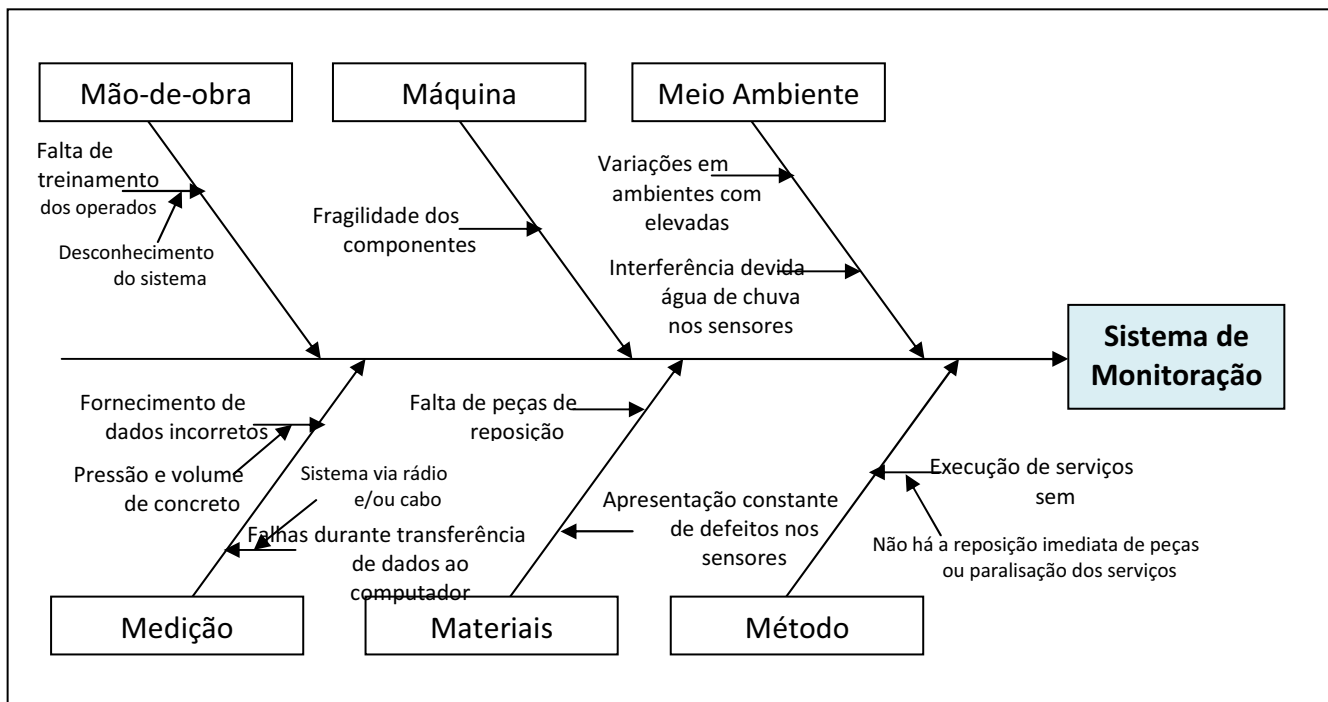


Figura 4.15 – Diagrama de Causa e Efeito: sistema de monitoração

O sistema de monitoração deveria ser a principal ferramenta para garantia de qualidade da produção de estacas tipo hélice contínua. Porém, como mostrado na Figura 4.15, a fragilidade dos componentes e os constantes defeitos, a imprecisão de dados como pressão e vazão de concreto, o desconhecimento do funcionamento correto e da sua real importância por parte dos operadores, aliados ao alto custo da aquisição de peças de reposição do principal sistema utilizado nos equipamentos perfuratrizes encontrados na região, exigem medidas urgentes e eficazes para a neutralização dos seus efeitos.

Na Tabela 4.3 são mostradas as hipóteses levantadas, assim como as conclusões obtidas acerca das mesmas, apontando as causas prováveis e improváveis para o efeito em questão.

Tabela 4.3 – Conclusões obtidas para “*Sistema de Monitoração*”

Causas Influentes	Provável	Improvável	Motivo
Falta de treinamento dos operadores.	X		Foi verificado que os operadores não entendem alguns parâmetros utilizados pelo sistema.
Fragilidade dos componentes e/ou método de aquisição de dados.	X		Os sensores apresentam constantes defeitos e a transferência de dados sensor→computador é falha.
Variações em ambientes com elevadas temperaturas.		X	As variações verificadas não ocorrem devido às condições climáticas.
Interferência devida água de chuva nos sensores.	X		Foi verificado defeito nos sensores de profundidade devido a entrada de água da chuva.
Fornecimento de dados incorretos pelo computador.	X		Os dados de volume e consumo de concreto apresentados no relatório das estacas, na maioria das vezes são incorretos.
Falta de peças de reposição.	X		A falta de sensores e computador reserva geram a execução de estacas sem monitoração precisa.
Execução de serviços sem monitoração.	X		Por diversos motivos, no surgimento de falhas do sistema de monitoração não há paralisação dos serviços.

4.4.3 Problemas Executivos

Quanto aos problemas referentes aos aspectos executivos, as hipóteses levantadas podem ser vistas no Diagrama de Causa e Efeito da Figura 4.16 a seguir.

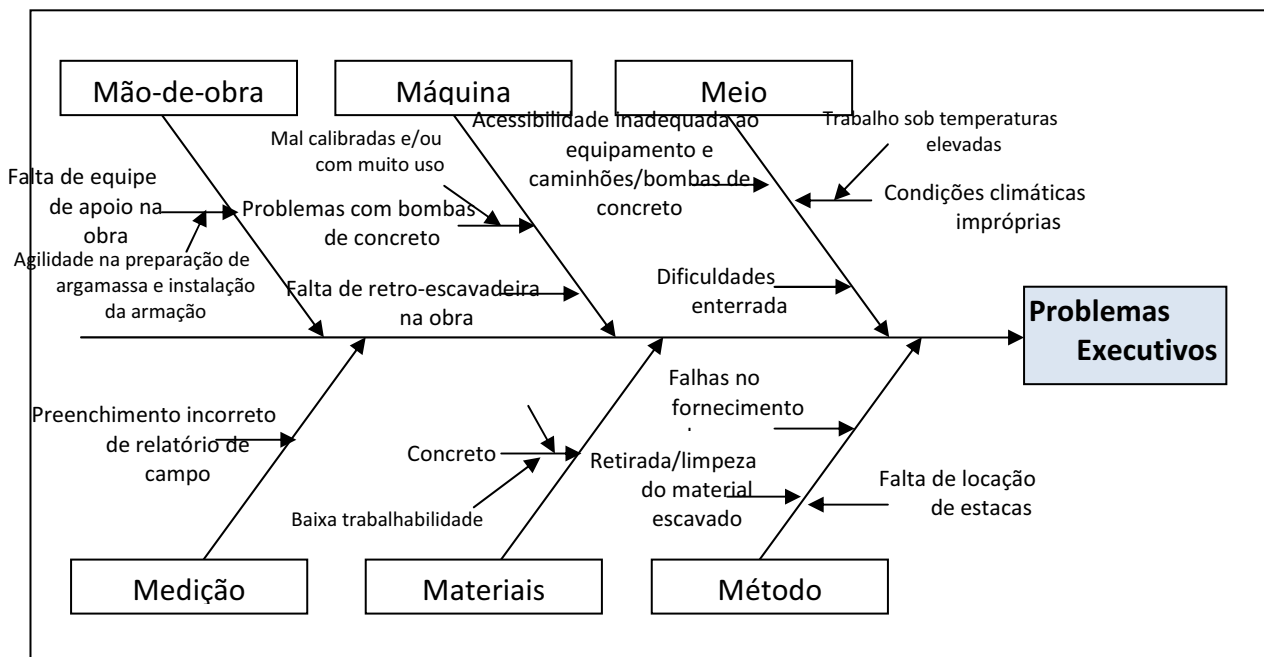


Figura 4.16 – Diagrama de Causa e Efeito: problemas executivos

Na Tabela 4.4 são mostradas as conclusões obtidas pela análise das hipóteses levantadas, identificando as causas mais prováveis para os problemas referentes aos aspectos executivos das estacas hélice contínua monitoradas.

Tabela 4.4 – Conclusões obtidas para “*Aspectos Executivos*”

Causas Influentes	Provável	Improv.	Motivo
Falta de equipe de apoio na obra.		X	Em todas as obras visitadas havia equipes à disposição dos serviços de apoio, como instalação de armação e lubrificação da rede.
Problemas com bombas de concreto.	X		A falta de bomba de concreto ou de manutenção desta é causa freqüente de paralisação dos serviços.
Falta de retro-escavadeira na obra.		X	Não foi verificada, de forma freqüente, a falta de retro-escavadeira nas obras.
Acessibilidade inadequada ao equipamento e caminhões/bombas de concreto.	X		A acessibilidade tanto dos equipamentos quanto dos caminhões e bombas de concreto afetam a produtividade.
Dificuldades enterradas.	X		Foram observadas algumas divergências entre projeto e execução, principalmente em relação a etapa de perfuração.
Condições climáticas impróprias.		X	As condições climáticas não interferem de forma decisiva para desvios no processo executivo.
Preenchimento incorreto de relatórios de campo.	X		As informações requisitadas no relatório de campo são fundamentais para análise e controle do processo executivo.
Concreto impróprio.	X		O uso de concreto fora das especificações de projetos pode causar entupimentos e a conseqüente re-escavação de estacas.
Falha na programação de fornecimento de concreto.	X		O método de fornecimento de concreto é o que tem causado as maiores perdas na produtividade.
Retirada e limpeza do material escavado.		X	Não interfere decisivamente na baixa produtividade e qualidade dos serviços.
Falta de locação das estacas.	X		Interfere diretamente no processo produtivo, ocasionando parada dos serviços e ociosidade de equipes e equipamentos.

4.5 PLANO DE AÇÃO – FLUXO 4

Identificadas as causas mais prováveis dos efeitos identificados, o próximo passo foi elaborar um plano de ação, ainda referente a etapa P do ciclo PDCA de melhorias, a fim de neutralizá-las ou reduzi-las a níveis aceitáveis. Para a criação deste plano será adotado o método utilizado por CAMPOS (1990), chamado de 5W+1H, a saber: WHAT (o que), WHO (quem), WHY (por que), WHERE (onde), WHEN (quando) e HOW (como), que permite considerar todas as tarefas selecionadas, assegurando sua implantação de forma organizada.

Nas Tabelas 4.5 a 4.7 abaixo, são ilustrados os planos de ação elaborados para a tentativa de bloqueio das causas mais prováveis para cada um dos desvios em estudo.

Tabela 4.5 – Plano de ação: manutenção inadequada

EFEITO	O QUE	QUEM	POR QUE	ONDE	QUANDO	COMO
Manutenção inadequada	Adequação do local de trabalho para realização dos serviços de manutenção.	Diretoria	Para evitar paralisações e desconforto no trabalho.	Galpão da empresa	Até jun/09	Construindo uma cobertura e ampliando local destinado a manutenção.
	Estabelecer mecanismo para controle de manutenção.	Manutenção	Para controlar a manutenção realizada.	Escritório	Até maio/09	Criando formulário de manutenção.
	Realizar aquisição de peças de reposição prioritárias.	Manutenção/ Diretoria	Reduzir paralisações por falta de peças de reposição.	Almoxarifado	Até maio/09	Listando e solicitando compra e/ou fabricação de peças
	Estabelecer programação para manutenção preventiva.	Diretoria	Para reduzir o número de ocorrências e paralisações.	Galpão da empresa	Até abril/09	Criando espaço para manutenção entre uma obra e outra no cronograma
	Controlar as falhas e anomalias durante o processo executivo.	Qualidade	Evitar reincidências dos problemas.	Local de trabalho	Até junho/09	Criando e implantando programa de análise de anomalias

Tabela 4.6 – Plano de ação: sistema de monitoração

EFEITO	O QUE	QUEM	POR QUE	ONDE	QUANDO	COMO
Sistema de Monitoração	Treinar os operadores para o funcionamento do sistema SACI.	Fornecedor do sistema	Informar aos operadores a importância do monitoramento.	Sala aula/Local de trabalho	Até junho/09	Programando treinamento para os operadores com representantes da empresa fornecedora do sistema
	Verificar causas dos defeitos dos componentes e sensores.	Fornecedor do sistema	Evitar os constantes defeitos nos sensores e outros componetes.	Local de trabalho.	Até maio/09	Solicitando visita técnica de profissionais da empresa fornecedora e contratando pessoal especializado.
	Conferir confiabilidade aos relatórios das estacas, principalmente em relação ao volume e pressão de concreto.	Qualidade	Garantir o correto funcionamento do sistema de monitoramento para auxílio ao operador.	Local de trabalho.	A partir de Jan/09	Analisando os relatórios das estacas de cada equipamento em curto espaço para verificação dos desvios ocorridos.
	Realizar aquisição de peças e componentes para reposição.	Diretoria	Reduzir a execução dos serviços sem monitoramento por falta de sensores e cpu's reservas.	Almoxarifado	Até abril/09	Listando e solicitando a aquisição de sensores e componentes mais importantes.
	Criar critérios para a análise dos serviços sem o auxílio do sistema de monitoração.	Qualidade	Para verificar a integridade e qualidade das estacas executadas.	Local de trabalho.	A partir de Jan/09	Solicitando a realização de testes PIT e orientações de como proceder nesse tipo de situação.

Tabela 4.7 – Plano de ação: problemas executivos

EFEITO	O QUE	QUEM	POR QUE	ONDE	QUANDO	COMO	
Problemas Executivos	Melhorar o método de fornecimento de concreto.	Contratante /Eng. de Obra	Evitar a paralisação dos serviços e ociosidade de equipes e equipamentos por falta de bombas e atrasos no fornecimento.	Canteiro de obras	A partir de Fev/09	Cobrando das concreteiras e acompanhando o fornecimento durante o andamento dos serviços.	
	Conferir acessibilidade aos equipamentos, bombas e caminhões de concreto.	Contratante /Eng. de Obra	Garantir a produtividade dos equipamentos.	Canteiro de obras	A partir de Jan/09	Assegurando cumprimento dos requisitos preliminares para execução de estacas hélice contínua.	
	Identificar possíveis interferências enterradas ou solos moles não identificados pelas sondagens.	Qualidade	Para otimização das características de projeto.	Local de trabalho	A partir de Fev/09	Acompanhando execução em campo e durante análise do relatório das estacas através de critérios pré-estabelecidos.	
	Treinar os operadores para o correto preenchimento dos relatórios de campo.	Qualidade	Para melhorar a identificação dos desvios durante a execução dos serviços.	Sala de aula	Jan/09	Programando treinamento para os operadores.	
	Acompanhar e cobrar o controle tecnológico do concreto.	Equipes/ Eng. de Obra	Evitar a utilização de concretos fora do especificado e o consequente entupimento da tubulação.	Canteiro de obras	A partir de Jan/09	Conferindo e assegurando a realização do Ensaio de Abatimento do Tronco de Cone por empresa idônea.	

4.6 EXECUÇÃO DO PLANO DE AÇÃO – FLUXO 4

A etapa D (DO) do Ciclo PDCA de melhorias inicia-se com a Execução do Plano de Ação elaborado para neutralização das causas fundamentais dos desvios estudados. Aqui serão apresentadas as ações que já foram colocadas em prática desde a elaboração deste plano.

4.6.1 Manutenção Inadequada

- a) Melhoria no local de realização da manutenção

A primeira medida para a melhoria do setor de manutenção da empresa foi a construção de uma cobertura no local onde são realizados a maior parte dos serviços de manutenção, fora dos canteiros de obra, que é o galpão da empresa (Figura 4.17).



Figura 4.17 – Cobertura construída no galpão da empresa

Com esta medida os funcionários conseguem realizar melhor os serviços de oxi-corte e solda necessários para realização da manutenção dos trados e hélices dos equipamentos perfuratrizes, entre outros.

b) Elaboração de documentos para controle da manutenção.

Outra medida implantada para a melhoria do setor de manutenção foi a elaboração de documentos para o controle dos serviços realizados. A empresa já possuía um formulário para o controle da manutenção preventiva, mas o mesmo não era utilizado há muito tempo. Foi feita uma melhoria no documento existente e acrescentado outros itens de controle, como a limpeza periódica das curvas dos equipamentos perfuratrizes (Anexo A).

Outro documento elaborado é o que se refere ao controle mensal da manutenção corretiva realizada em cada equipamento perfuratriz, seja nos canteiros de obra como no Galpão da empresa (Anexo B).

Estes documentos foram apresentados em reunião com os operadores e suas equipes e as orientações para preenchimento dos mesmos foram repassadas na ocasião.

c) Aquisição de peças reserva.

Foi criada uma lista para aquisição de peças de difícil aquisição, como pinhão, engrenagens das mesas rotativas, motores e redutores dos guinchos e filtros de óleo, a fim de se evitar paralisação prolongada dos serviços pela sua falta.

A aquisição dessas peças de reposição está sendo adquirida de forma apropriada, bem como a aquisição de curvas reserva (Figura 4.18) e pistões do sistema *Pull Down*, entre outras peças dos equipamentos que costumam demorar mais para serem adquiridas ou consertadas.



Figura 4.18 – Construção de curva reserva

d) Programação de manutenção preventiva dos equipamentos inserida no cronograma de obras.

A programação de manutenção preventiva no cronograma de obras (Tabela 4.8) foi uma medida criada para tentar diminuir os serviços de manutenção corretiva nas obras e, com isso, evitar as paralisações prolongadas das mesmas.

Tabela 4.8 – Previsão de manutenção preventiva no cronograma de obras

Cronograma de Obras			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					
Equip.	Operad.	Local	dom	seg	ter	qua	qui	sex	sab	dom	seg	ter	qua	qui	sex	sab	dom	seg	ter	qua	qui	sex	sab	dom	seg	ter	qua	qui	sex	sab	dom	seg	ter					
EQ 01	Alex	Goiânia	Obra A							Obra B																												
EQ 02	Ronys	Goiânia	Obra C							MANUTENÇÃO							Obra D			Obra A		Obra D																
EQ 03	Manoel	Goiânia	MANUTENÇÃO										Obra E																									
EQ 04	Edivan	BSB	MANUTENÇÃO																				Obra A															
EQ 05	Alexsandro	BSB	Obra F																							MANUTENÇÃO												
EQ 06	João Maria	BSB	Obra F																																			
EQ 07	Leosi	BSB	Obra G																																			

Os serviços estão sendo realizados no galpão da empresa, no intervalo entre uma obra e outra, como são mostrados na Figura 4.19.



Figura 4.19 – Manutenção preventiva realizada no galpão da empresa

e) Implantação de Sistema de Análise de Falhas

Foi elaborado um formulário para o bloqueio das falhas e anomalias ocorridas no decorrer do processo executivo, para ser implantado um Sistema de Análise de Falhas e Anomalias, a fim de permitir um diagnóstico baseado em fatos e dados. Esse sistema tem como

objetivo desenvolver a capacidade de solucionar problemas através do bloqueio da causa fundamental, evitando a sua repetição ou minimizando os seus efeitos (Anexo C).

4.6.2 Sistema de Monitoração

a) Programação de treinamento para os operadores em relação ao funcionamento do sistema de monitoração (SACI)

Foi realizado, por um representante da empresa fornecedora do sistema de monitoração, um treinamento destinado principalmente aos operadores (Figura 4.20), com o objetivo de destacar, além da importância deste sistema para a qualidade dos serviços prestados, os seus parâmetros de funcionalidade.



Figura 4.20 – Treinamento destinado aos operadores

b) Programação de visita técnica.

A dificuldade em se detectar as falhas e os defeitos apresentados pelo sistema de monitoração dos equipamentos perfuratrizes originou a necessidade de uma visita técnica de profissional especializado no sistema de monitoração para a verificação desses problemas, bem como da situação em que se encontravam estes sistemas em todos os equipamentos perfuratrizes.

Esta visita foi realizada no mês de março/09 e teve como resultado final as seguintes recomendações:

- ✚ Algumas máquinas estão trabalhando sem o sensor de rotação;
- ✚ Foi verificado que em, algumas máquinas, o suspiro das câmaras de concreto foi tampado por solda, o que prejudica o funcionamento das mesmas;
- ✚ Foi sugerido ao responsável pela manutenção que retire a solda dos orifícios e recoloque o joelho com tampão;
- ✚ Algumas máquinas usam câmara de concreto do modelo antigo; foi sugerida a troca das mesmas por câmaras do modelo atual, que tem funcionamento melhor;
- ✚ Foi verificada a necessidade de treinamento dos operadores;
- ✚ Para reposição, foi entregue ao responsável pela manutenção, 2 (dois) conectores IP67M CB para confecção de novos cabos de profundidade.

As recomendações resultantes da vista técnica realizada, tornaram evidente a necessidade de se ter na empresa um profissional treinado especificamente para a manutenção do sistema de monitoração. A empresa possuía em seu quadro de funcionários um técnico em eletrônica trabalhando no setor de manutenção, o que facilitaria a sua adaptação ao novo setor de manutenção deste sistema.

No mês de abril/09 foi realizado um treinamento para este funcionário nas instalações da empresa fornecedora do sistema, em Belo Horizonte/MG, onde o mesmo recebeu certificado de treinamento e as seguintes atividades técnicas a serem desenvolvidas pelo mesmo:

- ✚ acompanhamento de montagem de uma CPU;
- ✚ treinamento sobre o hardware do SACI;
- ✚ placa rádio: identificação e funcionamento do circuito;
- ✚ teste de potência: manutenção em placa de cliente;
- ✚ instrução sobre vedação;
- ✚ acompanhamento e descrição de cabos internos / externos;
- ✚ montagem CPU SULA3026;
- ✚ montagem câmara de concreto;
- ✚ treinamento operacional Saci.

c) Análise freqüente dos relatórios das estacas executadas, principalmente no início de cada obra.

Com a freqüência da análise dos relatórios das estacas executadas, por profissional da empresa capacitado para o serviço, está sendo possível detectar anomalias dos terrenos perfurados como dificuldades enterradas e solos moles, bem como possíveis problemas no fornecimento de dados pelo sistema de monitoração como defeito nos sensores e falhas de registros.

As informações mais importantes, nesta etapa de análise dos gráficos, são o torque requisitado e a velocidade de penetração durante a perfuração, e pressão de injeção e velocidade de extração durante a concretagem.

d) Aquisição de peças e componentes reserva do sistema SACI de monitoração.

Com o objetivo de reduzir o número de estacas executadas sem o serviço de monitoração, foram adquiridos peças e componentes reservas para o sistema de monitoração, a saber: sensores de pressão e profundidade; componentes para conserto dos rádios de transmissão e CPU's; substituição de cabos de alimentação dos rádios e de fornecimento de dados dos sensores de pressão de concreto.

e) Elaboração de critérios para verificação dos serviços executados sem o acompanhamento do sistema SACI de monitoração.

Os principais critérios estabelecidos para os problemas apresentados pelo sistema de monitoração, portanto para as estacas executadas sem este serviço, são:

- ✚ O operador deverá comunicar ao engenheiro responsável pela análise dos relatórios das estacas e fazer anotação nos relatórios de campo da apresentação de algum tipo de problema no sistema de monitoração durante a realização dos serviços;

- ✚ Realização do Ensaio de Integridade de Estacas (PIT), caso haja durante a execução da obra, estacas sem o acompanhamento de dados de monitoração como pressão de concreto

ou pressão negativa, sem dados de profundidade por defeito do sensor de profundidade, desligamento involuntário da CPU do software SACI, entre outros.

4.6.3 Problemas Executivos

a) Melhoria do método de fornecimento de concreto para aumento da produtividade dos serviços executivos.

Tido como um dos maiores causadores da baixa produtividade dos equipamentos perfuratrizes, o método de fornecimento de concreto está sendo controlado não só pela empresa contratante dos serviços de fundação, mas também pelos engenheiros e equipes da empresa executora.

Foram realizadas reuniões entre as empresas e as fornecedoras de concreto a fim de se garantir o fornecimento de concreto de maneira satisfatória, através de uma programação prévia, bem como através do controle dos horários de chegadas dos caminhões betoneiras e das bombas de concreto na obra.

b) Conferir acessibilidade aos equipamentos perfuratrizes, bombas e caminhões de concreto.

Para assegurar a produtividade dos equipamentos perfuratrizes é fundamental a garantia do cumprimento dos requisitos de projeto como acessibilidade do equipamento perfuratriz, dos caminhões e bombas de concreto, assim como a locação das estacas a serem executadas.

O cumprimento desses requisitos está sendo melhor acompanhado pelos engenheiros da empresa e suas equipes. A empresa contratante deve garantir: a retirada do material escavado, não só do local de perfuração da estaca, mas do canteiro de obra; a preparação do terreno para a estabilidade dos equipamentos perfuratrizes e das bombas e caminhões de concreto, principalmente no período de chuvas; e a garantia de estacas locadas para a continuidade dos serviços executivos.

c) Identificação de possíveis interferências enterradas ou solos moles não identificados pelos relatórios de sondagem.

A principal ferramenta utilizada para a elaboração dos projetos de fundação são os relatórios de sondagem disponibilizados pela empresa contratante; essa ferramenta muitas vezes não é suficiente para estabelecer o tipo de fundação a ser utilizado. No caso de projetos em estacas hélice contínua, estão sendo seguidos os critérios listados a seguir, para a identificação de possíveis interferências enterradas, da presença de solos com baixa resistência e para a otimização desses projetos:

- ✚ Acompanhamento inicial, e no decorrer dos serviços executivos de uma obra, da capacidade de carga das estacas executadas em função do torque acumulado obtido nos seus relatórios gráficos;

- ✚ Realização de furos testes, em locais pré-definidos, para confirmação da resistência do terreno.

- ✚ Realização de provas de carga para confirmação da capacidade de carga das estacas executadas.

d) Treinamento dos operadores para o correto preenchimento dos relatórios de campo.

Com a finalidade de melhorar a identificação dos desvios ocorridos durante o processo executivos das estacas hélice contínua, foi realizado um treinamento destinado aos operadores para apresentação e orientação do correto preenchimento do novo relatório de campo (Anexo D), onde devem ser anotadas todas as ocorrências, os dados das estacas e as paralisações efetivas (Figura 4.21).

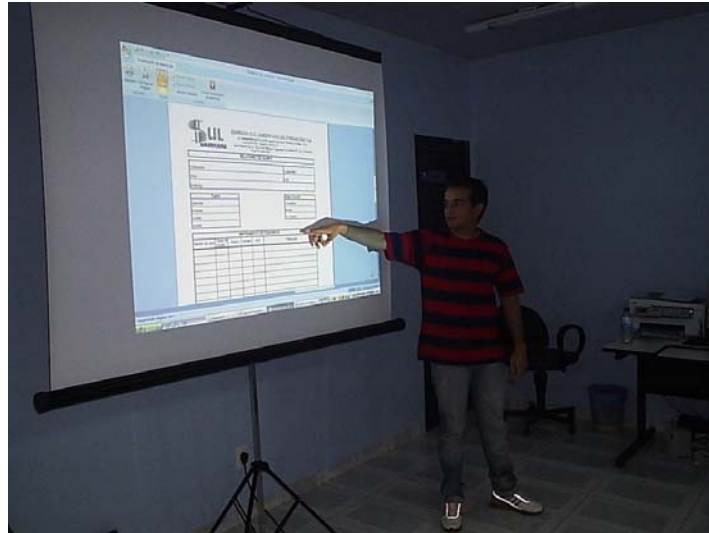


Figura 4.21 – Apresentação do novo formulário “Relatório de Campo”

Nesta oportunidade foi feita a apresentação do formulário para realização do ensaio de calibração da bomba de concreto (Anexo E) e a orientação de como o mesmo deve ser realizado e da sua importância para o correto fornecimento do volume de concreto que está sendo bombeado, o que posteriormente foi realizado no local de trabalho como ilustrado na Figura 4.22.



Figura 4.22 – Realização do ensaio para calibração da bomba de concreto

e) Controle tecnológico eficaz para o concreto utilizado na execução das estacas hélice contínua.

O controle eficaz das características do concreto utilizado na execução das estacas, através do Ensaio de Abatimento do Troco de Cone, realizado por empresa idônea contratada pela empresa contratante dos serviços, está sendo também acompanhado por integrantes da equipe executora das fundações (Figura 4.23).



Figura 4.23 – Acompanhamento do controle tecnológico do concreto.

Outro fator importante para a utilização de concreto com trabalhabilidade adequada foi quanto à indicação, em projeto, do *slump* mínimo a ser utilizado, como indicado na Figura 4.24. A especificação anterior (*slump* 21 ± 3 cm) propiciava a utilização de concretos com até 18 cm de abatimento, o que gerava frequentes problemas como dificuldade na instalação da armadura e constantes entupimentos da tubulação de adução do concreto (mangotes/curva/hélices).

CORTE GENÉRICO DAS ESTACAS COM BLOCO - Sem escala

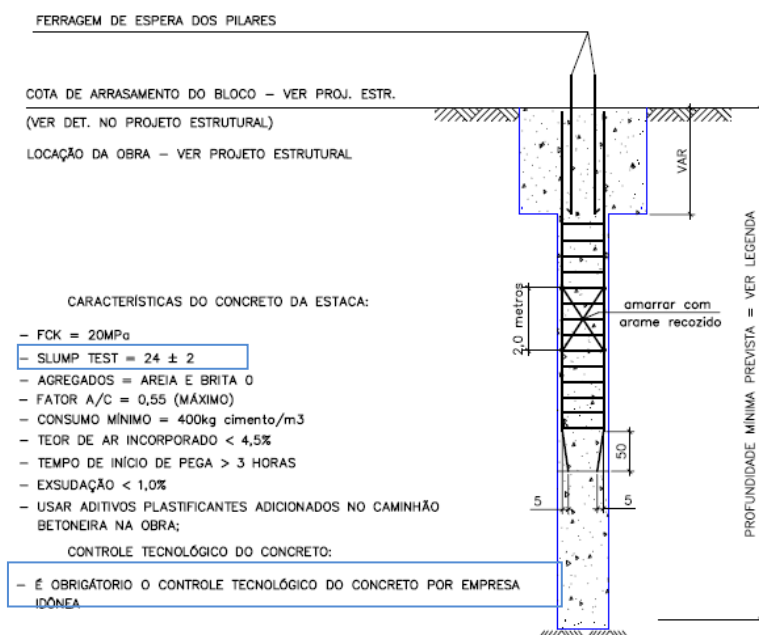


Figura 4.24 – Nota em projeto para execução de estacas hélice contínua

4.7 VERIFICAÇÃO DAS CONTRAMEDIDAS – FLUXO 5

A etapa C (CHECK) do Ciclo PDCA de melhorias consiste na verificação das contramedidas adotadas para neutralização dos desvios apresentados e as intervenções a serem realizadas, caso sejam necessárias. Nesta etapa, serão apresentados os resultados obtidos com as contramedidas que puderam ser implantadas na empresa até abril/09. As contramedidas implantadas que não apresentaram resultados satisfatórios deverão sofrer intervenções futuras, conforme sugestões apresentadas.

4.7.1 Manutenção

As principais melhorias apresentadas e as intervenções que deverão ser implantadas estão descritas a seguir:

a) Cobertura no local de realização dos serviços

✚ Esta medida foi fundamental, principalmente no período chuvoso, para que houvesse continuidade dos serviços de manutenção como reparo dos trados danificados, alinhamento de segmentos de hélices, entre outros.

✚ *Intervenção:* Em relação ao local destinado para realização dos serviços de manutenção, fora dos canteiros de obras, será necessária a ampliação do mesmo ou a mudança para um local com maior espaço físico.

b) Elaboração de documentos para controle dos serviços realizados

✚ Outra medida de fundamental importância foi a elaboração dos documentos para controle, tanto da manutenção preventiva como da corretiva, pois os mesmos propiciam um acompanhamento dos serviços realizados, assim como uma programação planejada dos mesmos.

✚ *Intervenção:* Foi realizada, em reunião com os operadores e suas equipes, a orientação para preenchimento destes documentos e os responsáveis por este preenchimento. Apesar disto, não foi possível verificar uma melhoria na documentação das manutenções preventiva e corretiva realizadas nos equipamentos perfuratrizes, pois não houve maior empenho por parte dos operadores e dos responsáveis pela manutenção com relação à documentação dos serviços realizados, sendo assim, esta medida deverá ser revista.

✚ A medida mais apropriada para este problema será a realização de novas reuniões e a definição de um responsável direto pelo controle do preenchimento destes documentos, o que recai em outro aspecto importante que é o de ampliar o número de funcionários do setor de manutenção.

c) Aquisição de peças de reposição para os serviços de manutenção.

✚ A aquisição de peças reserva para reposição durante os serviços de manutenção, como motores e redutores das mesas giratórias e dos guinchos, filtros de combustíveis dos motores da base, rolamentos das roldanas, entre outros, foi essencial para a eficácia desses serviços.

d) Programação de manutenção preventiva no cronograma de obras.

✚ A programação de manutenção preventiva definida no cronograma de obras, entre o final de uma obra e o início da outra, foi a principal contramedida para a solução dos problemas da manutenção dos equipamentos perfuratrizes, e continuará sendo realizada no galpão da empresa. Além dos serviços mais prioritários a serem realizados, esses espaços para manutenção servem para a limpeza dos equipamentos, aperto de parafusos e verificação do nível de óleo dos motores, verificação do sistema de monitoração, etc.

e) Sistema de Análise de Falhas e Anomalias.

✚ Apesar da elaboração do formulário para implementação do Sistema de Análise de Falhas e Anomalias que possam ocorrer durante o processo de execução das estacas hélice contínua monitoradas, o mesmo ainda não começou a ser utilizado até abril/09.

✚ *Intervenção:* Este programa deverá ser implantado nos próximos meses, pois a sua utilização é de fundamental importância para o bloqueio dos problemas críticos ocorridos no decorrer do processo executivo.

4.7.2 Sistema de Monitoração

Em relação às contramedidas colocadas em prática para neutralizar os desvios verificados para o sistema de monitoração até abril/09, veremos a seguir que houve algumas melhorias, mas algumas delas deverão sofrer algum tipo de intervenção.

a) Treinamento para os operadores com representante da empresa.

✚ O treinamento realizado por um representante da empresa aos operadores, serviu para esclarecer alguns aspectos práticos e a importância do sistema de monitoração à qualidade e integridade das estacas que estão sendo executadas, foi fundamental para a melhoria dos resultados apresentados por esse sistema e da conscientização dos operadores em relação à utilização do mesmo.

b) Visita técnica.

✚ O acompanhamento em campo do funcionamento do sistema de monitoração instalado em todos os equipamentos perfuratrizes da empresa por um técnico da empresa GEODIGITUS propiciou a verificação das irregularidades e problemas de monitoração que cada equipamento apresentava.

✚ *Intervenção:* O relatório fruto desta visita técnica indicou algumas mudanças a serem realizadas, principalmente em relação às câmaras de concreto de alguns equipamentos perfuratrizes que devem ser trocadas pelos modelos atuais e do correto fornecimento dos dados ao computador, como volume da bomba de concreto utilizada e do tempo de uma “bombada”. A maioria das mudanças recomendadas ainda não foi efetuada, e deve ser realizada nos próximos meses, para que o bloqueio desses problemas possa ser eficaz.

c) Frequência na análise dos relatórios das estacas executadas.

✚ A realização da análise dos relatórios das estacas executadas com maior frequência tem sido fundamental para a identificação do comportamento do solo que está sendo perfurado através do torque solicitado, e da integridade da estaca através da pressão de injeção do concreto, além da verificação do consumo de concreto durante a concretagem.

d) Aquisição de peças reserva para o sistema de monitoração.

✚ A aquisição de sensores de pressão de concreto, de profundidade e de torque além de CPU reserva, foi importantíssima para a diminuição do número de estacas executadas sem o acompanhamento da execução pelo operador. Outra medida realizada para a melhoria do sistema de monitoração foi a autorização, pela diretoria da empresa, do *upgrade* das CPU's de todos os equipamentos perfuratrizes, o que possibilita a monitoração *on line* e a transferência de dados das estacas via GPS.

e) Critérios para as estacas executadas sem monitoramento.

✚ As recomendações dadas para a execução de estacas sem o acompanhamento pelo sistema de monitoração, quando aplicadas, têm se mostrado eficazes para a identificação e análise das mesmas (item 4.6.2 – e).

✚ *Intervenção:* Tornar obrigatórias as recomendações estabelecidas.

4.7.3 Problemas Executivos

a) Melhoria do fornecimento de concreto.

✚ A força conjunta entre as empresas contratante e contratada para a melhoria do método de fornecimento de concreto, através de reuniões e contato direto com as concreteiras, mostrou-se eficaz para o aumento da produtividade dos equipamentos, mas ainda não alcançou um nível satisfatório de rendimento dos equipamentos perfuratrizes.

✚ *Intervenção:* Intensificação do acompanhamento do fornecimento de concreto, assim como da manutenção adequada das bombas de concreto e das características do concreto dentro das especificadas em projeto, para garantia da boa produtividade dos equipamentos.

b) Garantia de acesso aos equipamentos perfuratrizes, bombas e caminhões de concreto no canteiro de obras.

✚ O cumprimento dos principais pré-requisitos executivos, como acessibilidade dos equipamentos e locação das estacas pelas empresas contratantes, estão sendo exigidos com maior rigidez, já que a falta dos mesmos ocasiona perdas na produção e paralisação das equipes e dos equipamentos. As melhorias alcançadas com a implantação desta contramedida ainda podem ser consideradas insatisfatórias, pois os problemas dessa natureza continuam ocorrendo.

✚ *Intervenção:* Estender a todas as obras o atendimento eficaz dos pré-requisitos executivos, para o bom andamento dos serviços.

c) Identificação de possíveis interferências enterradas ou solos moles durante processo executivo.

✚ Os critérios estabelecidos para a identificação de situações como execução de estacas de menor comprimento em solos pouco resistentes ou em solos muito resistentes impróprios para execução de estacas hélice contínua, assim como a realização de provas de carga para confirmação do desempenho das estacas projetadas para as diferentes tipologias de terreno,

foram fundamentais para a diminuição dos desvios observados durante o processo executivo de estacas hélice contínua.

d) Orientação aos operadores para preenchimento correto de relatórios de campo e realização de ensaio de calibração de bombas de concreto.

✚ Apesar do treinamento dado aos operadores para a realização, em sala de aula e no campo, dos ensaios de calibração do volume das bombas de concreto para repasse de informação ao software SACI e do correto preenchimento dos relatórios de campo para o controle do processo executivo e das ocorrências de obra, não foi possível alcançar uma melhoria significativa nesses aspectos.

✚ *Intervenção:* Melhoria dos formulários para ensaio de calibração das bombas de concreto e dos relatórios de campo, tornando-os de fácil entendimento para os operadores e suas equipes.

e) Acompanhamento do controle tecnológico do concreto.

✚ O acompanhamento por parte de integrantes das equipes executoras das fundações, das características de trabalhabilidade do concreto através do ensaio de Abatimento do Tronco de Cone, tem gerado resultados satisfatórios em relação à diminuição de entupimentos das tubulações de concreto causados pelo uso de concretos com baixa trabalhabilidade.

4.8 PADRONIZAÇÃO – FLUXO 6

A fase de padronização da Etapa A do Ciclo PDCA de melhorias consiste na eliminação definitiva das causas influentes detectadas, ou seja, na prevenção contra o reaparecimento dos problemas. O bloqueio (prevenção da repetição de problemas) é indispensável para o controle do processo executivo. Para garantir a efetividade desse bloqueio, o sistema deve ser padronizado.

A padronização das ações de melhorias alcançadas na implantação deste método dependerá do giro do ciclo PDCA para a neutralização dos problemas que não puderam ser totalmente solucionados com as primeiras contramedidas adotadas.

Para garantir o bloqueio efetivo dos problemas equacionados e das ações de melhorias alcançadas e que garantiram o aumento da produtividade e da qualidade do processo executivo, foram estabelecidas as Instruções de Trabalho (Anexo F), que servirão de procedimento padrão a ser seguido durante o processo executivo das estacas hélice contínua monitoradas, até a conclusão das intervenções que deverão ser praticadas.

4.9 CONCLUSÃO DO PDCA – FLUXO 7

A fase de conclusão da etapa A do Ciclo PDCA de melhorias consiste na recapitulação de todo o processo de solução dos problemas e no planejamento das intervenções futuras.

Com a implantação das várias etapas deste método de melhorias foi possível verificar, apesar dos inúmeros benefícios alcançados, a existência de alguns problemas remanescentes. Os desvios relacionados aos aspectos executivos, como método de fornecimento de concreto e locação de estacas, assim como os relacionados ao sistema de monitoração, demonstraram-se mais difíceis de serem bloqueados.

A resolução dos problemas remanescentes deverá acontecer naturalmente com giro do ciclo PDCA de melhorias, onde serão estabelecidas novas contramedidas para o bloqueio parcial ou definitivo dos mesmos. Dentre as ações que poderão ser implantadas, podem ser citadas:

- ✚ intensificação do controle do fornecimento de concreto junto às concreteiras e as empresas contratantes;
- ✚ verificação antecipada da realização dos serviços preliminares como armação e locação das estacas no transcorrer dos serviços;
- ✚ melhorar a comunicação com os operadores para detecção antecipada das falhas do sistema de monitoração;
- ✚ implantação do *sistema de análise de falhas* para evitar reincidência dos problemas;
- ✚ manter o estoque de peças reserva, tanto para os serviços de manutenção quanto do sistema de monitoramento.

Uma das principais melhorias alcançadas foi o aumento da produtividade apresentada pela maioria dos equipamentos perfuratrizes da empresa, que alcançou uma média de produção de 120 M.L./dia/equipamento em relação aos meses de abril e maio/09, satisfazendo a meta estabelecida de aproximadamente 2500 M.L./mês (Figura 4.25).

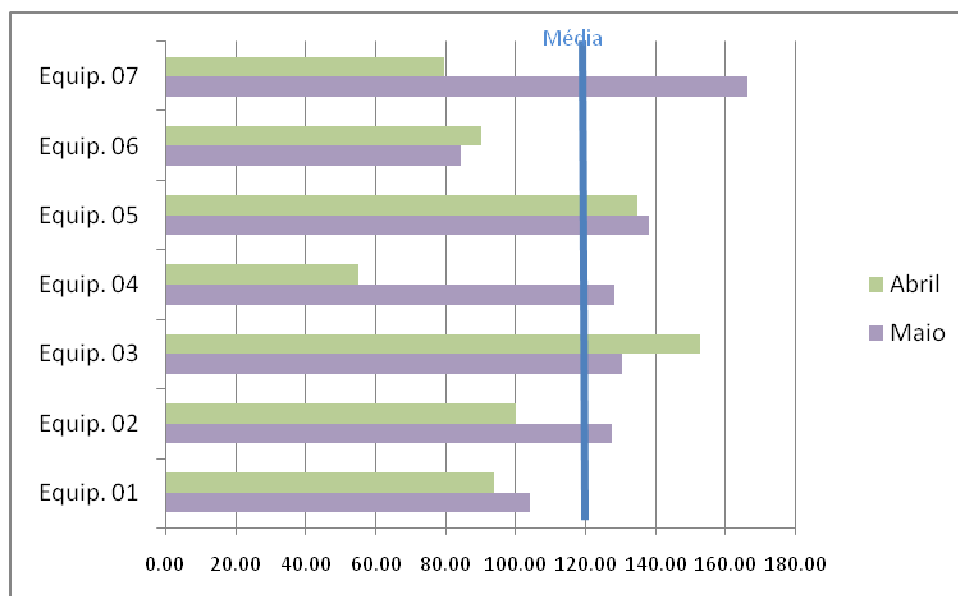


Figura 4.25 – Média de produção por equipamento perfuratriz (meses abril e maio/09)

Outro aspecto positivo alcançado com as contramedidas implantadas foi quanto à diminuição do número de estacas re-escavadas que em algumas obras concluídas durante a realização deste estudo corresponderam a uma faixa de 3 a 6 % das estacas executadas, mesmo assim seguindo os critérios específicos para execução desse tipo de estaca, satisfazendo a meta inicialmente estabelecida de redução dos desvios a níveis aceitáveis.

Uma das principais dificuldades encontradas na implantação das contramedidas foi em relação à realização do Teste de Integridade de Estacas (PIT) para as estacas que apresentaram algum tipo de problema durante sua execução. Isto se deve, quase sempre em função do cronograma de andamento das obras ou das peculiaridades de cada uma delas. No entanto esse tipo de ensaio, assim como outros tipos de ensaios dinâmicos destinados à verificação da integridade das estacas como o PDA, é fundamental para o controle do produto acabado e para a qualidade do processo executivo das estacas hélice contínua.

5 CONCLUSÃO E SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS

5.1 CONCLUSÕES

Esta pesquisa abordou a aplicabilidade de controle de qualidade para o processo executivo de estacas hélice contínua monitoradas, baseado no gerenciamento pelo ciclo PDCA de controle de qualidade, com ênfase nos três aspectos que mais influenciam no processo executivo deste tipo de fundação, a saber: manutenção, sistema de monitoração e execução. Pode-se verificar que a implantação de um método de gerenciamento da qualidade, como o aqui desenvolvido, é viável e eficaz para a melhoria da qualidade no setor da construção civil, com foco em fundações.

A melhoria dos serviços de manutenção, mediante implantação de uma programação de manutenção preventiva, foi um dos aspectos que mais contribuiu para o ganho da qualidade do processo executivo, uma vez que o tempo de paralisação dos serviços, assim como a diminuição dos desvios ocasionados pela manutenção ineficaz, proporcionou uma maior produtividade dos equipamentos.

O sistema SACI de monitoração utilizado nos equipamentos perfuratrizes produzidos no Brasil, quando funcionando corretamente, é uma ferramenta fundamental para garantir a integridade das estacas hélice contínua. No entanto, os problemas apresentados pelo mesmo no desenvolvimento deste trabalho, principalmente em relação aos defeitos dos sensores e ao método de transmissão de dados ao computador, afetam diretamente a qualidade das informações sobre a integridade das estacas executadas.

A análise do processo executivo de estacas hélice contínua monitoradas, realizada no desenvolvimento deste estudo, possibilitou a verificação de algumas divergências em relação aos procedimentos encontrados na literatura, principalmente em relação à etapa de perfuração, onde é freqüente e necessário a operação de alívio do solo para diminuição do torque aplicado a fim de possibilitar a escavação de camadas de solos mais resistentes, o que pode ocasionar perda de desempenho da estaca.

A implantação de um método de controle de qualidade para o processo executivo desse tipo de estaca, como o aqui desenvolvido, além de conter e bloquear os desvios ocorridos durante a sua execução, pode inclusive gerar aumento da produtividade e conseqüente satisfação das empresas contratantes.

As contramedidas implantadas para a melhoria da qualidade na execução das estacas hélice contínua monitoradas, objetivo deste estudo, foram satisfatórias garantindo a meta definida no início da aplicação deste método de melhorias. No entanto, vale ressaltar que o bloqueio definitivo dos desvios verificados, assim como da continuidade das melhorias alcançadas dependem da aplicação contínua do ciclo PDCA de controle de qualidade.

5.2 SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS

Como sugestão para futuras pesquisas, destacam-se:

- ✚ Avaliação do ganho de produtividade e da diminuição dos custos em obras de fundação de grande porte que aplicaram de forma contínua o gerenciamento pelo Ciclo PDCA de controle de qualidade.
- ✚ Realização de provas de carga em estaca hélice contínua re-perfuradas, nos diferentes tipos de solo, para análise do produto acabado e comparação com as características da fundação inicialmente projetada.
- ✚ Implantação de um programa de ensaios de integridade em obras que aplicaram no seu processo executivo a metodologia de controle de qualidade proposta neste trabalho, para a avaliação do ganho de qualidade.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEF. (2004). **Manual de Especificações de Produtos e Procedimentos**. ABEF, São Paulo-SP.

ABNT (1994). **Estacas – Ensaio de carregamento dinâmico Método de ensaio**. NBR 13.208, Rio de Janeiro-RJ

ABNT (2006). **Estacas – Prova de carga estática – Método de ensaio**. NBR 12.131, Rio de Janeiro-RJ.

ABNT (2002). **Projeto de estruturas de concreto – Procedimentos**. NBR 6118, Rio de Janeiro-RJ.

ABNT (1996). **Projeto e execução de fundações**. NBR 6122, Rio de Janeiro-RJ.

ABNT (2000). **Sistemas de gestão da qualidade – Fundamentos e vocabulário**. NBR ISO 9000:2000, Rio de Janeiro-RJ.

ALBUQUERQUE, P. J. R. (2001). **Estacas escavadas, hélice contínua e ômega: estudo do comportamento à compressão em solo residual de diabásico, através de prova de carga instrumentadas em profundidades**. Tese de Doutorado. EPUSP, São Paulo, SP.

ALMEIDA, I. R. (2003). **Segunda Parte das Notas de Aula das Disciplinas de Complementos de Tecnologia do Concreto e Tópicos Especiais em Materiais de Construção**. UFF, Niterói, RJ.

ANTUNES, W.R.; TAROZZO, H. (1996). **Estaca tipo hélice contínua**. In: HACHICH, W., et all. **Fundações: Teoria e Prática**. Editora PINI LTDA, São Paulo, SP.

BROWN, D. A., DAPP, S. D., THOMPSON, W. R., LAZARTE, C. A. (2007). **Design and Construction of Continuous Flight Auger (CFA) Piles**. Geotechnical Engineering No. 8.

CAMPOS, V. F. (1990). **Gerência da qualidade total: estratégia para aumentar a competitividade da empresa brasileira**. Fundação Cristiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG. Editora Bloch, Rio de Janeiro, RJ

COSTA, M. C. C. (2006). **Utilização de Rejeitos de Pedreiras para Confeção de Concreto Auto-Adensável Aplicado a Estacas Escavadas**. Seminário de Doutorado. UnB, Brasília, DF, 7 p.

CZM FOUNDATION EQUIPMENT. **Catálogo da perfuratriz CA 60**. Belo Horizonte, MG, 2p. Disponível em: www.czm.com.br . Acesso: 16/Out./2008

CZM FOUNDATION EQUIPMENT. **Catálogo da perfuratriz CA 80**. Belo Horizonte, MG, 2p. Disponível em: www.czm.com.br . Acesso: 16/Out./2008

ESTEVES, E. (2007). **Gestão da Qualidade**. EST Universidade do Algarve. Outubro/2007.

GLASSER, W. (1990). **The quality scholl – managing students without coercion**. New York, Perennial Library.

JOPPERT, I. (2007). **Fundações e Contencões de Edifícios: Qualidade Total na Gestão de Projeto e Execução**. Editora PINI LTDA, São Paulo, SP.

KUME, H. (1993). **Métodos estatísticos para melhoria da qualidade**. Ed. Gente, São Paulo, SP. 7ª Ed.

LIMEIRA, R. D. (2000). Notas de Aula. ST420 – **Materiais de Construção. Concreto – Qualidade, Classificação e Propriedades**. UNICAMP, SP.

LONGO, R.M.J. (1996). **Gestão da Qualidade: Evolução Histórica, Conceitos Básicos e Aplicação na Educação**. Seminário “Gestão da Qualidade na Educação: Em busca da Excelência – SENAC, São Paulo, SP.

MAGALHÃES, P. H. L. (2005). **Avaliação dos Métodos de Capacidade de Carga e Recalque de Estacas Hélice Contínua via Provas de Carga**. Dissertação de Mestrado em Geotecnia. UnB, Brasília, DF.

METHA, P. K., MONTEIRO, P. J. M. (1994). **Concreto: Estruturas, Propriedades e Materiais**. PINI, São Paulo, SP, 373 p.

MILITITSKY, J., CONSOLI, N. C., SCHNAID, F. (2006). **Patologia das Fundações: Ocorrência e Prevenção**. Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos - COBRANSEG, XIII, Curitiba. Volume de Palestras. Paraná: ABMS.

MUCHETI, A.S. (2008). **Estaca Hélice Segmentada: Verificação de Integridade e Estudo do Comportamento**. Dissertação de Mestrado, EPUSP, São Paulo, SP.

NETO, J. A. A. (2002). **Análise do Desempenho de Estacas Hélice Contínua e Ômega – Aspectos Executivos**. Dissertação de Mestrado. EPUSP, São Paulo, SP.

PASSOS, F.U. (1996). **Impactos das estratégias de Qualidade Total: um estudo empírico em empresas industriais**. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, USP, São Paulo, SP.

PENNA, A. S. D., CAPUTO, A. N., MAIA, C. M., PALERMO, G., GOTLIEB, M., PARAÍSO, S. C. & ALONSO, U. R. (1999). **Estaca Hélice-Contínua: Experiência Atual**. ABMS/ABEF Editores, São Paulo.

SERRANO, E. A., VENDRAMETO, A. & COSTA, P. L. O. (2000). **Por que implantar sistema de garantia da qualidade na construção de fundações de estruturas de concreto**. XXI Encontro Nacional de Engenharia da Produção – ENEGEP, Salvador. Anais.

RAUSCHE, F., G. LIKINS, and R.K. SHEN, (1992). **“Pile integrity testing and analysis”**. Proceedings of the Fourth International Conference on the Application of Stress-Wave Theory to Piles, The Hague, Netherlands.

VELLOSO, D. A. (2000). **Fundações: projetos, execução, patologia e reforço**. Seminário de Engenharia de Fundações Especiais e Geotecnia – SEFE, 4º, São Paulo. Anais. São Paulo: ABMS.

VELLOSO, D. A. & ALONSO, U. R. (2000). **Previsão, controle e desempenho de fundações**. In: NEGRO Jr., A. et. al. **Previsão de desempenho x comportamento real**. São Paulo: ABMS/NRSP. p. 95-139, nov. 2000.

ANEXOS

ANEXO A

Manutenção Preventiva

Este item destina-se a apresentação do formulário para o controle dos serviços de manutenção preventiva realizados nos equipamentos perfuratrizes da empresa, visando garantir o adequado funcionamento dos mesmos e a diminuição dos problemas mecânicos e a conseqüente paralisação dos serviços, observados durante a realização deste estudo.

MANUTENÇÃO PREVENTIVA																															
MÊS:	EQUIPAMENTO:												OPERADOR:																		
MANUTENÇÃO DIÁRIA OU A CADA 10 HORAS DE TRABALHO	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
CHECAR NÍVEL DE ÓLEO DO MOTOR / CAIXA REDUTORA / REDUTORES																															
CHECAR NÍVEL DE ÁGUA DO RADIADOR																															
CHECAR O TANQUE DE COMBUSTÍVEL																															
LUBRIFICAR TRILHOS DA TORRE																															
HORÍMETRO: _____																															
MANUTENÇÃO SEMANAL OU A CADA 50 HORAS DE TRABALHO	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
LUBRIFICAR OS PINOS DA TORRE E ROLDANAS																															
LIMPEZA DA CURVA																															
DRENAR FILTRO SEPARADOR DE ÁGUA																															
HORÍMETRO: _____																															
MANUTENÇÃO MENSAL OU A CADA 100 HORAS DE	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31

ANEXO B
Manutenção Corretiva

Outro formulário elaborado neste trabalho destina-se ao controle dos serviços de manutenção corretiva realizada nos canteiros de obra. Este documento serve para registrar os problemas mecânicos, elétricos e hidráulicos apresentados por cada equipamento durante a execução das obras, e através dele será possível verificar possíveis falha na manutenção preventiva, além de propiciar um histórico dos problemas apresentados.

CONTROLE DE MANUTENÇÃO		
Equipamento:		
Operador:		
Mês:		
DATA	HORÍMETRO	SERVIÇO REALIZADO
_____ Operador	_____ Gerente de Manutenção	_____ Diretor de Obras

ANEXO C

Sistema de Análise de Falhas e Anomalias

A implantação de um mecanismo para o estudo mais detalhado das causas dos problemas mais críticos ocorridos durante a execução das estacas hélice contínua monitoradas, assim como possíveis acidentes do trabalho, é fundamental para evitar repetições dos mesmos e a melhoria da qualidade dos serviços prestados.

RELATÓRIO DE ANÁLISE DE ANOMALIAS	
SETOR:	DATA:
PREENCHIDO POR:	ASSINATURA:
IDENTIFICAÇÃO DA ANOMALIA	
(Anotar o nome do problema)	
REMOÇÃO DE SINTOMAS	
(Relatar as ações imediatas tomadas)	
INVESTIGAÇÃO DAS CAUSAS	
(Efetuar o Diagrama de Causa e Efeito para a anomalia)	
<pre>graph LR; MO[Mão-de-obra] --> H; M[Material] --> H; MA[Meio Ambiente] --> H; H --> ANOMALIA; ME[Método] --> H; MAQ[Máquina] --> H; MED[Medição] --> H;</pre>	
POR QUE OCORRE A ANOMALIA?	
CAUSAS PROVÁVEIS:	

ANEXO D

Relatório de Campo

Este item destina-se a apresentação do formulário reformulado para registro dos serviços executados, assim como das ocorrências diárias. Durante a realização deste estudo, observou-se a dificuldade de se controlar as ocorrências diárias, assim como as causas dos desvios e problemas ocorridos durante a execução das estacas, sejam os problemas apresentados pelos equipamentos, sejam aqueles apresentados durante as etapas de construção das estacas.

O novo formulário trás orientação de preenchimento dos campos destinados aos dados das obras, do controle de execução das estacas, denominado mapeamento do concreto, e das ocorrências de paralisações.

RELATÓRIO DE CAMPO					
Contratante:	XXXXXXXXXXXXXXXXXX	Nome da Construtora	Equipamento:	EQ 01	
Obra:	YYYYYYYYYYYYYYY	Nome da Obra	Data:	19/08/2008	
Endereço:	ZZZZZZZZZZZZZZZZZZ			Endereço da obra	
Equipe			Dados Concreto		
Operador: Marcos			Concreteira: CIPLAN		
Frentista: José			Bomba: ESTACIONÁRIA		
Auxiliar: Fernando			Vol. Bomba: 360 M³		
Auxiliar: Rafael			Nome da concreteira		
			Tipo de Bomba		
			Volume da bomba de concreto		
MAPEAMENTO DO CONCRETO					
Número do Lacre	Volume de concreto (M ³)	Estaca	Diâmetro (mm)	Prof. (m)	Observação

(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
111122333	7.5	E44A	500	14.0	
II	II	E54B	500	14.0	
II	II	E37A	500	14.0	- Estaca Re-escavada. Entupimento da
111122334	7.0	E53B	500	14.0	tubulação; A tampa não abriu;
II	II	E53C	500	14.0	
II	II	E43A	500	14.0	
111122335	7.0	E43D	600	14.0	- Estaca com nome trocado. O certo é
II	II	E52A	600	9.0	E43E
111122336	7.0	E52E	600	9.0	
II	II	E43B	600	9.0	
111122337	7.0	E43D	600	9.0	
II	II	E54A	600	9.0	

Campo (a): Número do laço de cada caminhão de concreto

Campo (b): Volume de cada caminhão de concreto

Campo (c): Nome da estaca

Campo (d): Diâmetro da estaca em milímetros (mm)

Campo (e): Profundidade da estaca em metros (m)

Campo (f): Preencher este espaço no caso de alguma irregularidade na estaca em questão

Total

143.0

Soma das profundidades das estacas executadas no dia

Horas Paradas	
Horas	Motivo
7 : 00 às 8 : 50	- Esperando Concreto
13 : 15 às 15 : 20	- Atraso de Concreto
: às :	

Operador

Encarregado da obra

ANEXO E

Ensaio Para Calibração da Bomba de Concreto

Para o correto funcionamento do sistema SACI de monitoração, assim como os demais sistemas utilizados na monitoração de estacas hélice contínua, faz-se necessário o repasse de informações precisas do volume do pistão da bomba de concreto em decilitros (dl) e do tempo decorrido em décimos de segundo (ds).

Este item apresenta os procedimentos para o ensaio de calibração da bomba de concreto, que deve ser realizado a cada mudança de bomba de concreto, seja no início de uma obra, seja no decorrer dos serviços executivos.

Os procedimentos para a execução deste ensaio, mostrados a seguir, foram repassados em reunião com operadores e suas equipes e acompanhados em campo durante a realização deste estudo.

Itens Necessários:

- ✚ Caixa de madeira com as dimensões abaixo indicadas;
- ✚ Cronômetro;
- ✚ Régua de alumínio ou Sarrafo de Madeira;
- ✚ Trena.

CALIBRAÇÃO DA BOMBA DE CONCRETO

Construtora: _____ Data: _____

Obra: _____ Concreteira: _____

Bomba: _____

- Cálculo do volume da bomba de concreto

- Para 3 “bombadas” dentro da caixa

$$A = 30 - B = \text{_____ cm}$$

$$V = A \times 33,3 = \text{_____ decilitros}$$

- Para 4 “bombadas” dentro da caixa

$$A = 30 - B = \text{_____ cm}$$

$$V = A \times 25 = \text{_____ decilitros}$$

- Para 5 “bombadas” dentro da caixa

$$A = 30 - B = \text{_____ cm}$$

$$V = A \times 20 = \text{_____ decilitros}$$

Procedimento

- Posicionar a caixa de madeira em lugar plano, próximo de um dos mangotes de concretagem;
- Injetar, sob pressão da bomba de concreto, 3, 4 ou 5 bombeadas dentro da caixa de madeira;
- Medir o tempo de uma “bombada”;
- Espalhar uniformemente o concreto dentro da caixa;
- Medir, com o auxílio de um sarrafo ou uma régua de alumínio, a distância do sarrafo até o nível de concreto no centro da caixa (valor B na operação ao lado);
- Efetuar uma das operações ao lado, observando o número de “bombadas” que foram inseridas dentro da caixa de madeira.

ANEXO F

Instrução de Trabalho

A padronização das contramedidas elaboradas para a melhoria da qualidade do processo de execução de estacas hélice contínua monitoradas, implantadas neste estudo, foram traduzidas em um único documento, onde consta desde os serviços preliminares necessários até o correto procedimento executivo das etapas construtivas das estacas.

Instrução de Trabalho Para Execução de Estacas Hélice Contínua Monitoradas

1 OBJETIVO

1.1 Orientar o operador e sua equipe quanto aos procedimentos executivos das estacas tipo hélice contínua, em cada uma de suas etapas.

2 EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

✚ Os equipamentos básicos para execução de estacas tipo Hélice Contínua são:

- ✓ Máquina Perfuratriz Hélice-Contínua;
- ✓ Jogo de hélices com diâmetros de projeto;
- ✓ Tanque (reservatório de 1000 litros);
- ✓ Bomba d'água;
- ✓ Mangotes de concretagem;
- ✓ Caixa de ferramentas.

3 RELATÓRIO DE CAMPO E PLANILHAS DE CONTROLE

3.1 RELATÓRIO DE CAMPO

✚ No “**Relatório de Campo**”, o operador deve fazer as anotações diárias dos dados abaixo e, **logo após, solicitar as assinaturas do Mestre da obra, Construtor e/ou Engenheiro da obra, no campo indicado no formulário.**

- ✓ Numero da estaca e seu respectivo diâmetro;
- ✓ Profundidade atingida na perfuração (m) registrada e conferida;
- ✓ Número do lacre do caminhão betoneira;
- ✓ Número e volume do pistão da bomba de concreto utilizada;
- ✓ Nos itens “f” e “h”, registrar os itens de controle contidos no verso do relatório.

3.2 CONTROLE DA MANUTENÇÃO

✚ Os operadores e suas equipes são responsáveis pela manutenção dos equipamentos perfuratrizes, cabendo ao operador a tarefa de preenchimento dos formulários “**Manutenção Preventiva**” e “**Controle da Manutenção**”, o segundo destinado às anotações da manutenção realizada no canteiro de obras.

4 PROCEDIMENTOS

4.1 ACESSO E DESCARGA DOS EQUIPAMENTOS

- ✚ Verificar as condições do terreno, que deve estar limpo e desimpedido, para facilitar o acesso e circulação do equipamento perfuratriz, da bomba e dos caminhões de concreto;
- ✚ Descarregar o equipamento próximo das estacas que serão executadas, seguindo programação executiva estabelecida pelo pessoal da construtora;
- ✚ Avaliar, no canteiro da obra, a capacidade de carga admissível do terreno para circulação da máquina e caminhão betoneira, evitando atolamentos ou mesmo

tombamento;

4.2 INÍCIO DOS SERVIÇOS

- ✚ Verificar o diâmetro das estacas a serem executadas com o pessoal da construtora, e iniciar montagem das hélices;
- ✚ Solicitar marcação das estacas com antecedência, de forma a não prejudicar o andamento dos serviços;
- ✚ Posicionar o equipamento no local da perfuração em solo que ofereça boas condições de suporte, e sobre o piquete de locação da estaca. Centrar o eixo da hélice na vertical do piquete da estaca;
- ✚ Conferir o prumo do equipamento perfuratriz sobre o eixo da estaca a ser executada.
Solicitar ao representante do cliente para conferir e liberar cada estaca;
- ✚ Para iniciar a perfuração o operador deve fazer a previsão de consumo de concreto por estaca, verificando a presença de bomba de concreto e caminhão betoneira com o volume de concreto previsto;
- ✚ Conectar o mangote de concretagem da máquina à bomba de concreto, verificando a segurança das conexões.
- ✚ Realizar a operação de lubrificação da tubulação antes de se concretar a primeira estaca do dia, utiliza-se, para realização desta tarefa, uma calda de lubrificação misturando 1 saco de cimento em cerca de 100 litros de água;
- ✚ Antes do início da perfuração o operador deve registrar no computador “SACI”, os dados da estaca a ser executada e a pressão da bomba de concreto;
- ✚ Registrar no computador “SACI”, ainda, o volume e o tempo da bomba de concreto obtido através do procedimento de “Calibração da Bomba de Concreto”.

Obs.: O procedimento de Calibração da Bomba de Concreto é obrigatório e deve ser realizado a cada troca de bomba de concreto.

4.3 PERFURAÇÃO

- ✚ Executar a perfuração até a profundidade prevista em projeto. Caso seja encontrada uma camada que detenha a ferramenta antes da profundidade prevista, comunicar ao

Gerente de Produção imediatamente e só concretar a estaca após novas determinações;

- ✚ Informar ao Gerente de Produção o surgimento de terreno com baixa resistência, ou seja, que apresente baixos valores de torque, no decorrer dos serviços;
- ✚ Na conclusão da perfuração, conferir a profundidade no computador e registrar no **“Relatório de Campo”**. Essa operação deve ser conferida pelo representante do cliente no final do dia, quando o mesmo assina o referido relatório.
- ✚ Caso haja a necessidade de re-perfuração da estaca por algum motivo, o operador deverá seguir um dos critérios definidos no **“Critério Para Re-Perfuração de Estacas”** e registrar no item “f” do **“Relatório de Campo”**, um dos itens de controle contidos no verso do mesmo, identificando o motivo da re-perfuração.

4.4 CONCRETAGEM

- ✚ No início da concretagem o operador deve elevar o trado à altura necessária (± 30 cm) para abertura da tampa metálica do trado, verificar as conexões dos mangotes e a quantidade de concreto a ser consumida na estaca;
- ✚ Antes do início da concretagem, o frentista da perfuratriz deve verificar se o concreto satisfaz as exigências de projeto, ou seja, deve apresentar resistência característica f_{ck} de 20 MPa, ser bombeável ($slump\ 24 \pm 2$) e composto de cimento, areia, pedrisco e brita 0, com consumo mínimo de cimento de 400 kg/m³;
- ✚ Durante a concretagem o concreto é bombeado, preenchendo simultaneamente a cavidade deixada pelo trado que é extraído do terreno, sem girar. Deve haver uma relação entre a velocidade de extração do trado e pressão de bombeamento de forma que não haja vazios entre a extremidade do trado no terreno e o concreto que está sendo lançado, evitando estrangulamentos e seccionamentos do fuste da estaca;
- ✚ Concluir a concretagem no menor tempo possível, sem interrupções;
- ✚ Na conclusão da concretagem registrar no **“Relatório de Campo”** o volume de concreto identificado no computador SACI.
- ✚ Se ocorrer qualquer tipo de problema durante a concretagem das estacas, preencher o item “f” do **“Relatório de Campo”**, identificando um dos itens de controle contidos no verso do relatório.

4.5 INSTALAÇÃO DA ARMAÇÃO

- ✚ As armaduras deverão ser suficientemente rígidas para serem içadas e manuseadas. Quando houver dificuldade na introdução da armadura, o processo será auxiliado por uma retro-escavadeira;
- ✚ A instalação da armação é de responsabilidade da construtora, que deverá dispor de funcionários para esta tarefa;
- ✚ A utilização do guincho auxiliar da perfuratriz só será permitida quando a armação não puder ser erguida manualmente, e esta operação não pode prejudicar o bom andamento dos serviços.

5 SISTEMA DE MONITORAÇÃO

- ✚ Uma das principais características das estacas hélice contínua é o controle executivo das estacas pelo sistema de monitoração SACI. Não será permitida a execução de estacas sem o perfeito funcionamento desse sistema, exceto liberação pelo engenheiro de campo.
- ✚ Se durante a realização dos serviços ocorrem falhas do sistema de monitoração (SACI), principalmente nos sensores de pressão de concreto, de torque e de profundidade, o operador deve comunicar imediatamente ao engenheiro de campo, que deverá orientar sobre o procedimento necessário.

6 ANÁLISE DE RELATÓRIO DAS ESTACAS

- ✚ No início dos serviços executivos de uma obra, será realizada a análise da pressão do torque na perfuração das primeiras estacas executadas, para verificação de suas capacidades de carga, e compatibilização com projeto.
- ✚ A análise dos relatórios das estacas deverá ser realizada semanalmente, ou em menor espaço de tempo a depender da obra, por pessoal capacitado.

7 HISTÓRICO DE REVISÕES

DATA	REVISÃO Nº	DESCRIÇÃO DA ALTERAÇÃO

8 APROVAÇÃO

Engenheiro de Campo

Diretor Técnico