

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA – CCET
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

DENIS WEVERTON MONTEIRO FERRO

**ANÁLISE DO DESPERDÍCIO DE CONCRETO ESTRUTURAL USINADO NO
PROCESSO DE EXECUÇÃO DE FUNDAÇÕES INDIRETAS DO TIPO
HÉLICE CONTÍNUA MONITORADA: UM ESTUDO DE CASO EM UMA OBRA
EM SÃO LUÍS - MA**

São Luís – MA

2019

DENIS WEVERTON MONTEIRO FERRO

**ANÁLISE DO DESPERDÍCIO DE CONCRETO ESTRUTURAL USINADO NO
PROCESSO DE EXECUÇÃO DE FUNDAÇÕES INDIRETAS DO TIPO
HÉLICE CONTÍNUA MONITORADA: UM ESTUDO DE CASO EM UMA OBRA
EM SÃO LUÍS - MA**

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Civil, do CCET, da Universidade Federal do Maranhão como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Esp. Rachid Santos Maluf

Coorientador: Prof. Esp. Josélia Siqueira M. Fiterman

São Luís – MA

2019

DENIS WEVERTON MONTEIRO FERRO

**ANÁLISE DO DESPERDÍCIO DE CONCRETO ESTRUTURAL USINADO NO
PROCESSO DE EXECUÇÃO DE FUNDAÇÕES INDIRETAS DO TIPO
HÉLICE CONTÍNUA MONITORADA: UM ESTUDO DE CASO EM UMA OBRA
EM SÃO LUÍS - MA**

Monografia apresentada ao Centro de Ciências Exatas e Tecnologia da
Universidade Federal do Maranhão da Cidade Universitária, como requisito
parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil

BANCA EXAMINADORA

Prof. Esp. Rachid Santos Maluf
Universidade Federal do Maranhão

Universidade Federal do Maranhão
Prof. Esp. Josélia Siqueira Machado Fiterman

Prof. MSc. Fábio Dieguez Barreiro Mafra
Universidade Federal do Maranhão

“A menos que modifiquemos à nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo. ”

Albert Einstein.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer a Deus pela benção e iluminação concebida, possibilitando-me tornar um indivíduo feliz e realizado.

Ao meu pai, Otávio Morais Ferro, por não ter poupado força financeiramente e emocionalmente para me manter na capital, por toda mensagem de bom dia e desejando força para lutar pelos meus objetos e por ser um exemplo de homem para mim.

À minha mãe, Otacilia Monteiro de Melo, por ser minha amiga e companheira que sempre pude contar, por todas as viagens que teve que fazer para me ajudar durante meu período de graduação e por todo amor e carinho que transborda em sua pessoa.

Aos meus irmãos, Daygon Christian, Nívea Monteiro, Alexsandra Morais e minha sobrinha, Hadija Ferro, que sempre que puderam vieram me visitar e me apoiar na conquista desse objetivo.

Agradecimento especial a minha namorada, Karine Marinho de Oliveira, que sempre esteve ao meu lado durante todo esse tempo, apoiando minhas decisões e por ser sempre generosa e carinhosa comigo. Por sua compreensão e paciência durante a faculdade, e por entender minha ausência em determinadas etapas de sua vida.

À minha orientadora, Josélia Siqueira Machado Fiterman, que não poupou dedicação para o desenvolvimento deste trabalho, e a todos os docentes que contribuíram diretamente para a conclusão desta graduação.

Aos meus colegas de faculdade, Isaac Andrade, Jorge Aguiar, Caio Vasconcelos, Lucas Eugênio, Marcos Henrique, Davi Raposo, Yago Calvet, Ailton Brandão, Marcos Vinicius, João Victor Fernandes, Willian Penha, Camila Loiola, Halana Tereza, Alexandre Nava, Wellen Suzy, Thiago Ribeiro, Isabela Sousa, Tayane Costa, Thais Santos e todos outros, que com certeza levarei a amizade para o resto da vida.

E aos meus amigos da minha cidade natal, Everton Serra, Lucas Milhomem, Emannuel Oliveira, Gustavo Silveira, Karoline Marinho, Stephanny Brito, Jessica Mesquita, e todos os outros que mesmo de longe sempre me deram força para continuar na caminhada.

RESUMO

Devido a alta competitividade no mercado, um fator que venha a interferir na qualidade e no custo final do empreendimento, tem grande importância. Sabe-se que uma enorme parcela das perdas é previsível e evitável. Esta pesquisa consiste em uma análise sobre o desperdício de concreto estrutural usinado no processo de execução de estacas de hélice contínua monitorada em uma obra hospitalar na cidade de São Luís – MA. Primeiramente, é apresentada uma revisão bibliográfica, com intuito de se familiarizar com o tema abordado, onde são classificados os diferentes tipos de perdas de materiais e as possíveis origens de perdas detectadas em estudos anteriores, além das definições sobre fundações, mais especificamente sobre fundações profundas. O objetivo principal deste trabalho consiste em determinar o índice de perda na obra em estudo. O levantamento dos dados ocorreu em uma única obra em um intervalo de tempo de dez dias. Os índices de perdas foram determinados através da razão entre a quantidade teoricamente prevista em projeto e a quantidade realmente utilizada, verificada *in loco*. Os índices de perdas encontrados nesta pesquisa ficaram dentro da margem estabelecida pela literatura (1 a 33%), porém, com um grande impacto no orçamento da obra. Este estudo demonstrou, também, que existem oportunidades de redução das perdas através da aplicação de métodos que possibilitem a identificação e o controle das perdas no processo construtivo. Por fim, foi apresentado um conjunto de diretrizes para implementação de um sistema de controle de perdas de concreto estrutural usinado no processo construtivo de um empreendimento.

Palavras-Chave: Desperdício, estacas, hélice contínua, índice, concreto.

ABSTRACT

Due to the high competitiveness in the market, a factor that will interfere with the quality and final cost of the project, is of great importance. A huge share of losses are known to be predictable and preventable. This research consists of an analysis about the waste of structural concrete machined in the process of execution of continuous propeller piles monitored in a hospital work in the city of São Luís - MA. Firstly, a bibliographic review is presented, in order to familiarize yourself with the theme, which classifies the different types of material losses and the possible sources of losses detected in previous studies, in addition to the definitions of foundations, specifically deep foundations. The main objective of this work is to determine the loss rate in the work under study. The data collection took place in a single work in a time period of ten days. Loss ratios were determined by the ratio of the theoretically projected quantity to the actual quantity used, verified on the spot. The loss rates found in this research were within the margin established by the literature (1 to 33%), however, with a large impact on the work budget. This study also demonstrated that there are opportunities for loss reduction through the application of methods that enable the identification and control of losses in the construction process. Finally, a set of guidelines for the implementation of a machined structural concrete loss control system in the construction process of a project was presented.

Keywords: Waste, stakes, continuous propeller, index, concrete.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Imagem da Stonehenge	16
Figura 2: Torre de Pisa	19
Figura 3: Fundação superficial e profunda	25
Figura 4: Blocos de fundação	25
Figura 5: Sapatas isoladas	26
Figura 6: Sapata corrida	26
Figura 7: Sapata associada	26
Figura 8: Radier	27
Figura 9: Principais tipos de fundações profundas	28
Figura 10: Levantamento topográfico e locação dos eixos das estacas realizado pela equipe de topografia	33
Figura 11: Posicionamento do eixo da hélice no ponto de locação	34
Figura 12: Etapa de perfuração da estaca hélice contínua monitorada	35
Figura 13: Perfuratriz de esteira utilizada na obra estudada	35
Figura 14: Detalhe da tampa de proteção recuperável na extremidade inferior do trado	36
Figura 15: Realização do ensaio de <i>slump test</i> e moldagem dos corpos de prova	37
Figura 16: Etapa de concretagem do fuste da estaca tipo hélice contínua	38
Figura 17: Equipe de colaboradores auxiliando na colocação da armadura da estaca que foi erguida pelo guindaste da perfuratriz.....	39
Figura 18: Etapas do processo de construção civil que originam o desperdício.....	42
Figura 19: A origem das perdas no respectivo momento de incidência	45
Figura 20: Vista humanizada da obra estudada	49
Figura 21: Imagem do canteiro de obras	49
Figura 22: Armadura das estacas	50
Figura 23: Detalhamento do projeto estrutural das estacas	51
Figura 24: Entulho gerado pela escavação da estaca ocasionando o desperdício de concreto	61

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Porcentagem de desperdício por dia de avaliação	59
Gráfico 2: Porcentagem de desperdício em relação a média por dia	60

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1: Classificação das estacas de acordo com seu processo executivo ...	29
Quadro 2: Características mínimas da mesa rotativa e do guincho	30
Quadro 3: Diferentes fases de um empreendimento e as perdas de materiais ..	41
Tabela 1: Levantamento do quantitativo de perda de concreto usinado no primeiro dia	52
Tabela 2: Levantamento do quantitativo de perda de concreto usinado no segundo dia	53
Tabela 3: Levantamento do quantitativo de perda de concreto usinado no terceiro dia	53
Tabela 4: Levantamento do quantitativo de perda de concreto usinado no quarto dia	54
Tabela 5: Levantamento do quantitativo de perda de concreto usinado no quinto dia	55
Tabela 6: Levantamento do quantitativo de perda de concreto usinado no sexto dia	55
Tabela 7: Levantamento do quantitativo de perda de concreto usinado no sétimo dia	56
Tabela 8: Levantamento do quantitativo de perda de concreto usinado no oitavo dia	56
Tabela 9: Levantamento do quantitativo de perda de concreto usinado no nono dia	57
Tabela 10: Levantamento do quantitativo de perda de concreto usinado no décimo dia	58
Tabela 11: Resumo dos levantamentos realizados na pesquisa de campo	58

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1 Justificativa	14
1.2 Objetivos	15
1.2.1 Objetivo Geral	15
1.2.2 Objetivos Específicos	15
2. HISTÓRICO E DEFINIÇÕES DE FUNDAÇÕES	16
2.1 Histórico das Fundações	16
2.2 Definições de Fundações	20
2.2.1 NBR 6122/2010 – Projeto e Execução de Fundações	21
2.2.2 Parâmetros Para Escolha da Fundação	21
2.2.3 Tipos e Classificações das Fundações	24
2.2.4 Estaca de Hélice Contínua Monitorada	29
3. DESPERDÍCIOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL	40
3.1 Breve Histórico dos Desperdícios na Construção Civil	40
3.2 Origem dos Desperdícios na Construção Civil	41
3.3 Classificação dos Desperdícios na Construção Civil	43
3.4 Índices de Desperdícios na Construção Civil	46
4. ESTUDO DE CASO	48
4.1 Metodologia	48
4.2 Caracterização da Obra	48
4.3 Caracterização do Serviço	50
4.4 Período da Pesquisa	52
4.5 Quantificação das Perdas de Concreto Usinado	52
4.5.1 Dia 1	52
4.5.2 Dia 2	53
4.5.3 Dia 3	53
4.5.4 Dia 4	54
4.5.5 Dia 5	55
4.5.6 Dia 6	55
4.5.7 Dia 7	56
4.5.8 Dia 8	56
4.5.9 Dia 9	57
4.5.10 Dia 10	58
4.6 Análise dos Resultados e Discussões	58

4.7	Levantamento das Causas e Proposição de Diretrizes	60
4.7.1	Levantamento das Causas	60
4.7.2	Proposição de Diretrizes	62
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	63
	SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS	65
	REFERÊNCIAS	66
	ANEXO A	71
	ANEXO B	72

1. INTRODUÇÃO

Apesar da crise instaurada no Brasil nos últimos anos, a indústria da construção civil ainda representa grande parcela da economia do país. Dados da última Pesquisa Anual da Indústria da Construção (PAIC), divulgada pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) em 2016, mostram que 127 mil empresas do setor realizaram incorporações, obras e serviços que totalizaram R\$ 318,7 bilhões, ocupando cerca de 2 milhões de pessoas com média salarial de R\$ 2.235,20.

Segundo Santo *et al.* (2014), a construção civil é um ramo de crescimento devido a existente demanda por construções de residências, estradas, indústrias, etc., justificando sua importância por ser essencial à população, ao desenvolvimento das cidades e a economia do país.

De acordo com Lorenzon e Martins (2006), a indústria da construção civil foi objeto de críticas devido, principalmente, aos altos custos e baixa produtividade. A causa disso é o fato de que até a década de 1980 havia um elevado número de obras públicas e poucas exigências relacionadas à qualidade. Os clientes eram pouco acostumados e despreparados para exigir seus direitos. As construtoras conseguiam obter grandes lucros, pois repassavam, facilmente os custos aos clientes através dos produtos. Com essas características, o setor não sentia a necessidade de introduzir novos materiais, novas metodologias, novos processos construtivos mais racionais e mecanizados e formas de gestão mais eficientes.

Tendo em vista toda amplitude da indústria da construção civil, um quesito preocupante nesse setor é o desperdício, seja ele de insumo ou de mão de obra. Grohmann (1998) diz que, não há dados precisos sobre os desperdícios no setor, porém, estima-se que com a quantidade de materiais e mão de obra desperdiçados em três obras, é possível a construção de outra idêntica, ou seja, o desperdício poderia atingir um percentual de 33%.

Costa *et al.* (2014) afirma que o setor da construção civil é conhecido pelo elevado desperdício de materiais e de tempo de mão de obra, além de apresentar um grande atraso em relação a outros setores da indústria, justificado

principalmente pela dificuldade de gerir processos, dentre eles, a estimativa de custos.

Sendo assim, a execução de fundações também entra neste contexto, Brito (1987) afirma que, fundações bem projetadas correspondem de 3% a 10% do custo total de uma edificação, porém, se forem mal concebidas e mal projetadas, podem atingir 5 a 10 vezes o custo da fundação mais apropriada para o caso.

Dessa forma, a preocupação quanto ao uso excessivo de materiais e componentes em obras de construção de edifícios, há muito tempo, faz parte de debates quanto a este segmento industrial. O real conhecimento da situação vigente e uma proposta de caminhos para melhorar o desempenho do setor quanto ao eventual desperdício existente tornam-se indispensáveis no contexto atual de acirramento da competição entre as empresas e de crescentes exigências por parte dos consumidores de obras de edifícios (AGOPYAN *et al.*, 2003).

Este trabalho tem como intuito discorrer acerca do elevado desperdício de concreto estrutural usinado que ocorre dentro do ramo da construção civil, na cidade de São Luís – MA, mais especificamente, na execução de estacas de hélice contínua monitorada, demonstrando a importância da diminuição dos níveis de perda desses recursos em canteiro.

O trabalho a ser realizado abordará uma análise da situação existente na construção de um hospital, avaliando para este empreendimento os seus respectivos níveis de desperdício e dificuldades existentes para controlá-los.

1.1 Justificativa

De acordo com Rocha (2010), o debate quanto à detecção de caminhos para minimizar o consumo de recursos físicos de nosso planeta tem sido uma constante nos meios de comunicação. É assim que ações visando o reaproveitamento do lixo urbano, políticas para um aproveitamento mais racional da água, campanhas para a redução do consumo de eletricidade, entre outras, têm sido cada vez mais valorizadas.

No que diz respeito à construção civil, tecnologias para o reaproveitamento dos resíduos gerados também têm sido discutidas. Há, no entanto, um caminho anterior a ser abordado, qual seja: o da redução do desperdício de materiais/componentes inerente ao próprio processo construtivo (SOUZA, 1994).

Pelo fato da grande competitividade do mercado, uma avaliação sobre um fator que venha intervir sobre custos e prazos do empreendimento tem uma relevância significativa para o ramo da construção civil. A identificação das causas reais que leva ao desperdício de insumos, compreende um dos pontos essenciais para a melhoria da qualidade e produtividade.

Segundo Agopyan et. al (1998), grande parcela das perdas são previsíveis e podem ser evitadas através de medidas de prevenção, por isso é importante que o setor da construção civil mobilize-se no sentido de reduzir as perdas existentes, através da introdução de novos métodos e filosofias de gestão.

Sendo assim, o presente trabalho tem sua importância pelo fato de que irá promover uma visão geral dos índices de desperdício de concreto estrutural usinado para o empreendimento estudado, observando as principais causas das perdas e propor um conjunto de diretrizes que venham a obter uma melhor racionalização desse insumo.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Avaliar o estado atual do índice de desperdício de concreto estrutural usinado em um canteiro de obra na cidade de São Luís – MA.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Determinar os índices de perda de concreto estrutural usinado no processo de execução de estacas de hélice contínua monitorada;
- Identificar e analisar criticamente as possíveis causas e formas de desperdício, comparando com as sugestões na literatura técnica;
- Apresentar um conjunto de diretrizes para um melhor aproveitamento dos recursos, prevenindo a ocorrência de desperdícios.

2. HISTÓRICO E DEFINIÇÕES DE FUNDAÇÕES

2.1 Histórico das Fundações

As fundações sempre ocuparam papel de vital importância para a estabilidade das edificações e, o conhecimento das características do solo de cada local junto com a modalidade de sustentação e dimensões mais apropriadas para cada tipo de edificação, ocupou no decorrer da evolução das construções, conhecimento que foi passando entre gerações e civilizações, tornando os registros das experiências anteriores, primordiais para uma concepção de projeto bem sucedida, e por isso, não devem ser de maneira nenhuma ignorados (SALAME, 2003).

De acordo com Nápoles Neto (1998), no Paleolítico, o homem procurou abrigar-se primeiro em grutas e cavernas e, onde não existiam, tratou de improvisar abrigos imitando-as. Já no Neolítico, construiu suas primeiras cabanas, pois já tivesse alguma noção empírica sobre a resistência e a estabilidade dos materiais da crosta terrestre. Tais choupanas eram confeccionadas de madeira, mas quando construídas à beira dos lagos, utilizavam estacas elevadas - as palafitas -, proporcionando a ideia de que já possuíam um entendimento um pouco mais aprofundado sobre a resistência do solo. Cabanas feitas de pedra eram mais raras, só onde não havia madeira ou em sítios batidos por ventos intensos. Novas experiências devem ter proporcionado as construções megalíticas da Idade do Bronze, como as de Stonehenge, mas principalmente nos zigurates dos sumérios e seus sucessores na Mesopotâmia.

Figura 1: Imagem da Stonerenge



Fonte: O Globo (2018).

Nos antigos impérios do Oriente Próximo, os materiais de construção passaram a ser o tijolo cerâmico e a pedra, aquele na Mesopotâmia e esta no Egito. Os terrenos que recebiam suas construções maiores e mais pesadas em geral cediam e as construções ruíam ou eram demolidas, com posterior aproveitamento dos escombros, uma vez que não havia fundações preparadas, como em épocas mais modernas se passou a fazer. Assim, obras como as de palácios e templos eram assentes sobre fundações arrumadas com restos de outras estruturas ou paredes, misturados com terra e tudo socado. Assim, as edificações eram sucessivamente colocadas umas sobre as outras, ou melhor, o resto destas resultando, no tempo, um escalonamento de acordo com suas idades. Não obstante, permaneceram ao longo dos séculos, a despeito de certos arqueologistas opinarem que essas fundações, tanto em qualidade como em profundidade, eram uma das características mais fracas da técnica construtiva de então. Cerca de 17 séculos A.C., foi confeccionado o primeiro código de obras, conhecido como o de Hamurabi, rei da Babilônia. Nele as deficiências construtivas já apontadas se refletem nas duras penalidades a que estavam sujeitos os construtores cujas obras fracassassem. (NÁPOLES NETO, 1998).

Segundo Nápoles Neto *apud* Hachich (1996), na Idade Clássica, os gregos, embora tenham se destacado na filosofia, nas artes e na arquitetura, pouco trouxeram de inovação às construções. Suas edificações eram na maior parte estruturadas em colunas de pedras, paredes de tijolos crus, vigamentos e cobertura em madeira e fundações em blocos de pedra, rústicos ou aparelhados, alguns, no caso de obras de maior porte, apresentavam-se superpostos até a superfície em duas ou três camadas grampeadas, com suas partes superiores aparentes denominadas de ortostatos. Data desta época também a construção de estradas com calçamento de pedra, aquedutos, pontes de madeira com pilares de tijolos, sapatas isoladas em almofada de pedras, e até mesmo radier em 30 camadas sucessivas de blocos de pedra aplicadas sobre uma base de argila e pedras misturadas. Processo similar a este tipo de radier, desenvolveram os Maias nas fundações de suas pirâmides, constituídas por uma camada de rocha de até 60 cm de espessura, aplicada sobre terreno antes nivelado e compactado.

Na Idade Média, o sistema construtivo da época, embora tivesse produzido castelos majestosos com fachadas de aparência fortificada e rígida, em geral não apresentavam boa constituição estrutural, com um retrocesso técnico no sentido em que a fabricação de tijolos cerâmicos, praticamente cedeu espaço para as paredes de pedra, e em muitos casos, suas fundações excederam a capacidade de carga do terreno, reforçando o fato de que estas 31 construções eram desenvolvidas meramente ao acaso, sem nenhum dimensionamento razoável (NAPOLES NETO apud HACHICH et al, 1996), o que levou muitas delas a ruína precoce. Nesta época, as fundações eram constituídas por alicerces de pedra ou faxinas de madeira assentes em camadas próximas ao nível do lençol freático. Era comum também o uso de estacas de madeira, tendo neste campo alcançado progresso no processo de cravação e corte com o desenvolvimento de equipamentos com funcionamento próximo aos atuais.

É importante destacar que as construções antigas, em função do desconhecimento das propriedades e comportamento dos solos, além da falta de um dimensionamento estrutural acertado tinham suas fundações definidas em caráter totalmente experimental, e muitas vezes equivocadas, o que levou várias delas a ruína ou recalques e deformações exageradas, geralmente causados em razão de estarem assentes em camadas de sustentação muito compressível, ou em função do tipo de fundação inadequada às condições locais, ou mesmo, em decorrência de deficiências destas, geradas por taxas de compressão elevadas, NÁPOLES NETO (1998). Dentro desse contexto, pode-se destacar a famosa Torre de Pisa, localizada na Itália ocidental, construída entre 1174 a 1350.

Figura 2: Torre de Pisa



Fonte: Revista Abril (2011).

De acordo com Nápoles Neto (1998), a partir da Idade Moderna, começaram a surgir os primeiros registros a respeito da geotecnia, iniciando por classificações primárias do solo, identificando as areias puras e a terra comum (solo misto) como permeáveis e as argilas dito impermeáveis, depois complementada pela classificação de Bélidor, em 1729 em seu livro "La Science de Ingénieurs", que inicia pelas rochas, separa as areias em soltas e compactadas, divide as terras em secas e úmidas e, além das argilas, faz referência aos terrenos orgânicos tipos turfas. Entretanto, foi apenas no século XX, que foi criada efetivamente uma nova ciência, de reconhecimento internacional, denominada de "Mecânica dos Solos", que teve como principal articulador o conceituado engenheiro e geólogo Karl Terzaghi, o qual através de um programa de pesquisas analisou crítica e cientificamente todo o acervo empírico sobre a geotecnia até então existentes, e fundamentou a nova ciência em três teorias básicas:

- a) A teoria do adensamento, através de estudos da compressibilidade das argilas, caracterizadas por sua baixa permeabilidade;

- b) A perfeita definição da resistência ao cisalhamento dos solos baseada na precisão dos parâmetros da coesão “c” e ângulo de atrito interno “ ϕ ”;
- c) A introdução do conceito de pressão efetiva decorrente da decomposição da pressão normal total, desmembrada da pressão neutra oriunda da água interna.

Salame (2003), ressalta que não foram somente as teorias de fundamentação para a mecânica dos solos que trouxeram desenvolvimento à engenharia de fundações, mais também, os métodos de investigação do subsolo, principalmente o “SPT – Standard Penetration Test” baseado na cravação a percussão normalizada de um amostrador padrão, desde de 1988 denominado de “IRTP – International Reference Test Procedure”, bastante discutido nos congressos internacionais, e ainda, os novos materiais e processos executivos de fundações como o aço e o concreto armado; e as novas modalidades de estacas.

2.2 Definições de Fundações

De acordo com Laurentino (2018), a atenção do ser humano está voltada geralmente para o que ele consegue ver, não tendo tanta preocupação com possíveis problemas que não são visuais. Assim também ocorre com leigos e profissionais negligentes na construção civil, na qual os aspectos visuais da construção são tidos como mais importantes e deixa-se de lado o tido como “invisível”. Entretanto, bons profissionais sabem que alguns elementos não visíveis têm uma importância grande no sucesso da edificação, como é o caso das fundações. Inclusive, merecem um cuidado extra por estarem enterradas, o que dificulta a inspeção e a percepção do início de alguma patologia.

Medrano (2014) diz que, o projeto de fundação tem como finalidade atender com segurança a transferência das cargas verticais e horizontais advindas da edificação para o solo, que serão dissipadas em profundidade ou não, por meio de elementos estruturais, que podem ser rasos ou profundos. Além disso, podem estar submetidos a ações externas variáveis, como: vento, ondas, empuxos de terra, terremotos e outros. Sendo assim, as cargas

aleatórias ambientais também fazem parte do cenário de análise de segurança da fundação. O tipo de uso da estrutura pode ocasionar o surgimento de outras cargas na fundação (trens-tipo em obra de arte especial, forças de atracação de navios e outros); portanto, existem cargas aleatórias devido ao uso da construção que devem fazer parte na análise da segurança da fundação. Deste modo, em um projeto adequado de fundações, devem-se considerar as incertezas quanto à variabilidade existente nas solicitações atuantes e nas resistências mobilizadas na fundação.

Segundo Azeredo (1988, apud MOURA, 2013), fundações são os elementos estruturais com função de transmitir as cargas da estrutura ao terreno onde ela se apoia. Assim, as fundações devem ser resistentes para suportar as tensões causadas pelos esforços solicitantes. Além disto, o solo também necessita de resistência e rigidez para não sofrer ruptura e não apresentar deformações exageradas ou diferenciais.

2.2.1 NBR 6122/2010 – Projeto e Execução de Fundações

De acordo com sua introdução, a NBR 6122 (2010) trata dos critérios gerais que regem o projeto e a execução de fundações de todas as estruturas convencionais da engenharia civil, compreendendo: residências, edifícios de uso geral, pontes, viadutos, etc. Obras de artes especiais, como plataformas *offshore*, linhas de transmissão etc., são também regidas por esta Norma no que for aplicável, todavia obedecendo às Normas específicas para cada caso particular.

2.2.2 Parâmetros Para Escolha da Fundação

O reconhecimento das condições do subsolo é de fundamental importância para a realização de um projeto de fundações. Este estudo é normalmente embasado em ensaios de campo ou, quando necessários, ensaios laboratoriais. A ausência de investigações geotécnicas pode acarretar em uma inadequada definição do elemento de fundação empregado, além de outros transtornos, como custos elevados para uma eventual recuperação estrutural (ANDRADE, 2003).

Segundo a Norma Brasileira de “Projeto e Execução de Fundações”, NBR 6122 (2010), as investigações do subsolo subdividem-se em:

a) Investigações locais:

- Sondagem com ou sem retirada de amostra indeformada do solo;
- Ensaios de penetração estática ou dinâmica;
- Ensaios in situ de resistência e deformação;
- Ensaios in situ de permeabilidade ou de determinação de perda d’água;
- Medições de níveis d’água e de pressões neutras;
- Realização de provas de carga.

b) Investigações de laboratório:

- Caracterização (granulometria e limites de consistência);
- Resistência (cisalhamento direto e compressão simples ou triaxial);
- Permeabilidade (carga fixa ou variável);
- Adensamento.

De acordo com Velloso e Lopes (2012), para a definição de um programa de investigação, o projetista deve ter em mãos:

- a) A planta do terreno;
- b) Os dados sobre a estrutura a ser construída e sobre vizinhos que possam ser afetados pela obra;
- c) Informações geológicas e geotécnicas disponíveis sobre a área;
- d) Normas e códigos de obras locais.

No local da obra é interessante que se faça anotações sobre as características do local, tais como afloramentos de rocha, taludes e erosões.

A norma “Programação de sondagens de simples reconhecimento dos solos para fundações de edifícios”, NBR 8036 (2001), estipula que o número de sondagens deve ser, no mínimo, uma para cada 200 m² de área de projeção em planta do edifício, até 1200 m², que é a situação dos projetos que serão analisados neste trabalho. Para áreas entre 1200 m² e 2400 m², deve ser feita

uma sondagem a cada 400 m² que excederem os 1200 m². E sob qualquer circunstância o número mínimo de sondagens deve ser:

- a) Dois para área da projeção em planta do edifício até 200 m²;
- b) Três para área entre 200 m² e 400 m².

As sondagens devem ser igualmente distribuídas por toda a área e devem ser definidas, também, levando em conta locais do terreno onde se concentrarão grandes cargas. Quando o número de sondagens for maior que três, elas não devem ser alinhadas. Quanto à profundidade das sondagens, estas devem ser executadas até a cota onde o solo não seja mais significativamente solicitado pelas cargas estruturais, considerando que estas não sejam camadas questionáveis quanto à sua capacidade estrutural. No caso de a sondagem atingir rocha e não haver dúvida sobre a continuidade da camada, esta pode ser interrompida.

2.2.2.1 Métodos de Investigação do Solo

Segundo Sena (2016), o mercado oferece diversos métodos de investigação do subsolo, cabe ao engenheiro avaliar qual seria o método mais eficaz em cada caso.

Estes são alguns dos principais processos:

- a) Poços;
- b) Sondagens a trado;
- c) Sondagens a percussão (SPT);
- d) Sondagens rotativas;
- e) Sondagens mistas;
- f) Ensaio de corte (CPT);
- g) Ensaio pressiométrico.

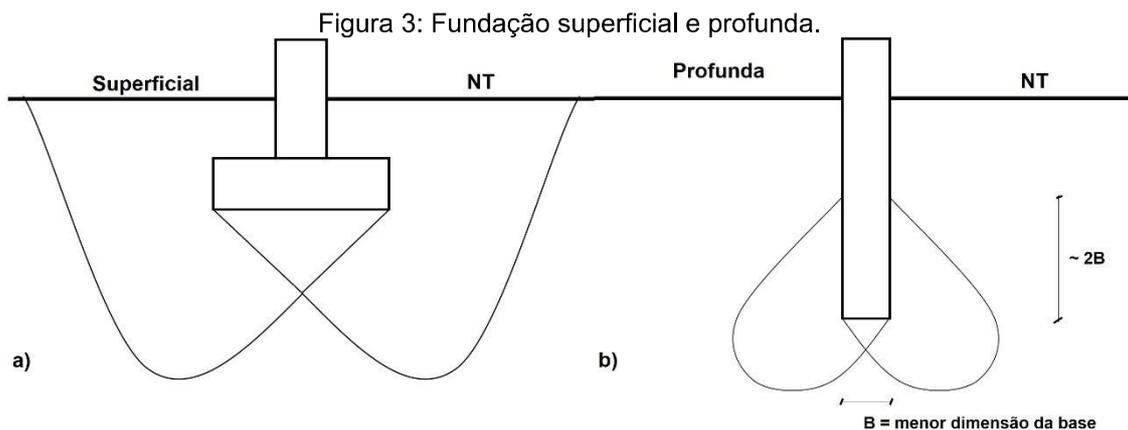
Ainda existem outros ensaios que são utilizados para casos muito específicos, como quando, por exemplo, há a ocorrência de camadas de argila mole. Existem também métodos geofísicos, os quais são normalmente usados em obras mais extensas (SENA, 2016).

2.2.3 Tipos e Classificações das Fundações

Segundo a NBR 6122 (2010), as fundações são divididas em dois grandes grupos, são eles:

- a) Fundação superficial, rasa ou direta - são os elementos de fundação em que a carga é transmitida ao terreno, predominantemente pelas pressões distribuídas sob a base da fundação, e em que a profundidade de assentamento em relação ao terreno adjacente é inferior a duas vezes a menor dimensão da fundação.
- b) Fundação indireta ou profunda – consiste no elemento de fundação que transmite a carga ao terreno pela base (resistência de ponta), por sua superfície lateral (resistência de fuste) ou por uma combinação das duas, e que está assente em profundidade superior ao dobro de sua menor dimensão em planta, e no mínimo 3 m.

De acordo com Velloso e Lopes (2012), a distinção entre estes dois tipos é feita segundo o critério (arbitrário) de que uma fundação profunda é aquela cujo mecanismo de ruptura de base não surgisse na superfície do terreno. Como os mecanismos de ruptura de base atingem, acima dela, tipicamente duas vezes sua menor dimensão, a norma NBR 6122 (2010), determinou que fundações profundas são aquelas cujas bases estão implantadas a uma profundidade superior a duas vezes sua menor dimensão (Figura 3), e a pelo menos 3 metros de profundidade.



Fonte: Velloso e Lopes Adaptado (2011).

2.2.3.1 Tipos de Fundações Rasas

Segundo Velloso e Lopes (2012) os principais tipos de fundações superficiais são:

- a) Bloco - elemento de fundação de concreto simples, dimensionado de maneira que as tensões de tração nele resultantes possam ser resistidas pelo concreto, sem necessidade de armadura. Na figura 4, pode-se observar a utilização de blocos para a fundação de uma edificação;

Figura 4: Blocos de fundação.



Fonte: Universidade Trisul (2019).

- b) Sapata - elemento de fundação superficial de concreto armado, dimensionado de modo que as tensões de tração nele resultantes sejam resistidas por armadura especialmente disposta para este fim (por isso as sapatas têm menor altura que os blocos). Na figura 5, pode-se analisar a execução de uma fundação do tipo sapatas isoladas.

Figura 5: Sapatas isoladas.



Fonte: Pereira (2016).

- c) Sapata corrida (figura 6) - sapata sujeita à ação de uma carga distribuída linearmente ou de pilares em um mesmo alinhamento (às vezes chamada de baldrame ou de viga de fundação).

Figura 6: Sapata corrida ou baldrame.



Fonte: Votorantim Cimentos (2019).

- d) Sapata associada - sapata que recebe mais de um pilar. Na figura 7, pode-se perceber a execução de uma sapata associada.

Figura 7: Sapata associada.



Fonte: Directiva Engenharia (2019).

- e) Radier (figura 8) - elemento de fundação superficial que recebe parte ou todos os pilares de uma estrutura.

Figura 8: Radier.



Fonte: Votorantim Cimentos (2019).

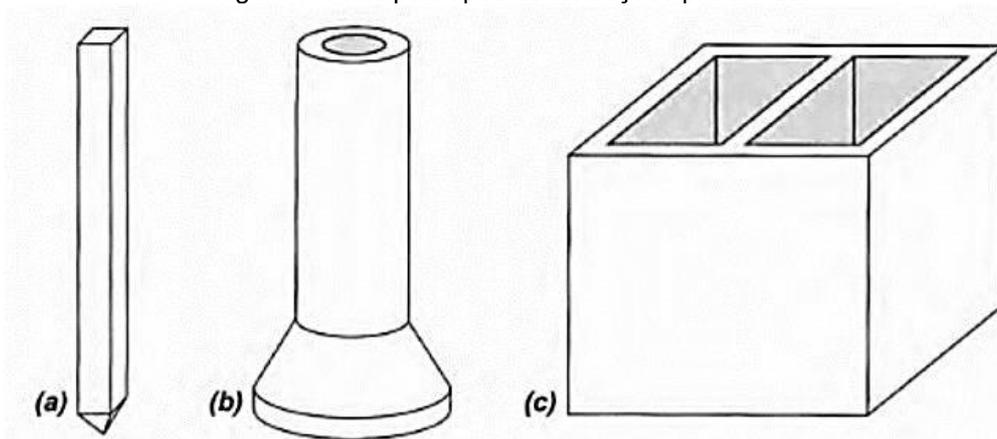
2.2.3.2 Tipos de Fundações Profundas

Velloso e Lopes (2012), classifica as fundações profundas em três grandes grupos:

- a) Estaca - elemento de fundação profunda executado por ferramentas ou equipamentos, execução esta que pode ser por cravação ou escavação, ou ainda, mista;
- b) Tubulão - elemento de fundação profunda de forma cilíndrica que, pelo menos na sua fase final de execução, requer a descida de operário ou técnico (o tubulão não difere da estaca por suas dimensões, mas pelo processo executivo, que envolve a descida de pessoas);
- f) Caixão - elemento de fundação profunda de forma prismática, concretado na superfície e instalado por escavação interna (tipo não citado na norma NBR 6122/2010).

Na figura 9, podemos observar os três grandes grupos de fundações profundas.

Figura 9: Principais tipos de fundações profundas.



Fonte: Velloso e Lopes (2012).

Conforme a NBR 6122 (2010), a fundação profunda transmite a carga ao terreno pela base (resistência de ponta), por sua superfície lateral (resistência de fuste) ou por uma combinação das duas, e está sempre assente em profundidade superior ao dobro de sua menor dimensão em planta e, no mínimo, a 3 metros. Nesse tipo de fundação incluem-se as estacas, os tubulões e os caixaões. Ainda segundo a norma, as estacas distinguem-se dos tubulões e caixaões, pela execução apenas por equipamentos e ferramentas, sem descida de operário em seu interior em nenhuma fase. A diferença entre tubulão e caixaão está na geometria: o primeiro é cilíndrico e o último, prismático.

2.2.3.2.1 Classificação das Estacas

Velloso e Lopes (2011) afirma que, as fundações em estacas podem ser classificadas segundo diferentes critérios. De acordo com o material, podem ser classificadas em estacas de madeira, de concreto, de aço e mistas. De acordo com o processo executivo, as estacas podem ser separadas segundo o efeito no solo (ou tipo de deslocamento) que provocam ao serem executadas e são classificadas como:

- a) "de deslocamento", onde estariam as estacas cravadas em geral, uma vez que o solo no espaço que a estaca vai ocupar é deslocado (horizontalmente), e
- b) "de substituição", onde estariam as estacas escavadas em geral, uma vez que o solo no espaço que a estaca vai ocupar é removido, causando algum nível de redução nas tensões horizontais geostáticas.

Em alguns processos de estacas escavadas, em que não há praticamente remoção de solo e/ou, na ocasião da concretagem, são tomadas medidas para restabelecer as tensões geostáticas (ao menos parcialmente), estas estacas podem ser classificadas numa categoria intermediária, que chamamos de "sem deslocamento" (VELLOSO E LOPES, 2011).

A Tabela 1 procura situar nas categorias acima os principais tipos de estaca executados no Brasil. As estacas hélice contínua estão classificadas em duas categorias, uma vez que, dependendo de haver remoção ou não de solo durante sua execução, elas podem se aproximar de uma estaca escavada ou de uma estaca cravada (quando são chamadas de "estacas hélice de deslocamento").

Quadro 1: Classificação das estacas de acordo com seu processo executivo.

Tipo de execução	Estacas
De deslocamento	Grande
	Madeira
	Pré-moldadas de concreto
	Tubos de aço de ponta fechada
	Tipo Franki
	Microestacas injetadas
Pequeno	Perfis de aço
	Tubos de aço de ponta aberta (desde que não haja embuchamento na cravação)
	Estacas hélice especiais ("estacas hélice de deslocamento")
Sem deslocamento	Escavadas com revestimento metálico perdido que avança à frente da escavação
	Estaca raiz
De substituição	Escavadas sem revestimento ou com uso de lama
	Tipo Strauss
	Estacas hélice contínua em geral

Fonte: Velloso e Lopes Adaptado (2011).

2.2.4 Estaca de Hélice Contínua Monitorada

Segundo a NBR 6122 (2010), a estaca de hélice contínua monitorada consiste em um tipo de fundação profunda constituída por concreto, moldada *in loco* e é executada por meio de trado contínuo e injeção de concreto pela própria haste do trado. Os trados variam de altura conforme a capacidade de torque do caminhão ou esteira. Comumente os equipamentos são dotados de trados com diâmetros de 30cm a 100cm e altura de 15m até 30m.

Segundo Joppert Jr (2007), as estacas tipo hélice contínua têm conquistado o mercado de fundações graças às inúmeras vantagens que elas apresentam sobre as demais estacas, tal como grande velocidade de execução, ausência de vibrações e ruídos excessivos. Cita ainda que o custo de mão de obra para execução é de baixo custo, tornando-se assim atraente economicamente.

2.2.4.1 Características de Projeto das Estacas de Hélice Contínua

De acordo com o Anexo F da NBR 6122 (2010), as estacas de hélice contínua monitorada devem respeitar as seguintes características:

a) Características gerais:

É uma estaca de concreto moldada *in loco*, executada mediante a introdução no terreno, por rotação, de um trado helicoidal contínuo. A injeção de concreto é feita pela haste central do trado simultaneamente à sua retirada. A armadura é sempre colocada após a concretagem da estaca;

b) Equipamento:

Os equipamentos devem apresentar as características mínimas mencionadas na Tabela 2, além de torque compatível com o diâmetro da estaca e a resistência do solo a ser perfurado, para que se minimize o desconfinamento durante a perfuração.

Quadro 2: Características mínimas da mesa rotativa e do guincho.

Torque kNm	Arranque kN	Dimensões das estacas cm
< 80	400	Ø até 50 cm com comprimento até 17,0 m
80 a 150	400	Ø até 80 cm com comprimento até 27,0 m
≥ 160	700	Ø até 120 cm com comprimento até 30,0 m

Fonte: NBR 6122 (2010).

c) Perfuração:

Equipamento de escavação deve ser posicionado e nivelado para assegurar a centralização e verticalidade da estaca. O diâmetro do trado deve

ser verificado para assegurar as premissas de projeto. A haste é dotada de ponta fechada por uma tampa metálica recuperável. A perfuração se dá de forma contínua por rotação, até a cota prevista em projeto. O uso de prolongador é possível somente em condições especiais e desde que o solo, no trecho do prolongador, se mantenha estável.

d) Concretagem:

O concreto é bombeado pelo interior da haste com sua simultânea retirada. A ponta da haste é fechada por uma tampa para evitar entrada de água ou contaminação do concreto pelo solo. Esta tampa é aberta pelo peso do concreto no início da concretagem. A pressão do concreto deve ser sempre positiva para evitar a interrupção do fuste e é controlada pelo operador durante toda a concretagem. A concretagem é executada até a superfície do terreno. Se a concretagem da estaca for feita com o trado girando, este deve girar no sentido da perfuração.

e) Colocação da armadura:

A colocação da armadura em forma de gaiola deve ser feita imediatamente após a concretagem. Sua descida pode ser auxiliada por peso ou vibrador. A armadura deve ser enrijecida para facilitar a sua colocação.

f) Sequência executiva:

Não se devem executar estacas com espaçamento inferior a cinco diâmetros em intervalo inferior a 12 horas. Esta distância refere-se à estaca de maior diâmetro.

g) Preparo da cabeça e ligação com bloco de coroamento:

No caso de estacas com concreto inadequado abaixo da cota de arrasamento ou estacas cujo topo resulte abaixo da cota de arrasamento prevista, deve-se fazer a demolição do comprimento e recompô-lo até a cota de arrasamento. O material a ser utilizado na recomposição das estacas deve apresentar resistência não inferior à do concreto da estaca. Na demolição podem ser utilizados ponteiros ou martelinhos leves (potência < 1 000 W) para seções de até 900 cm². O uso de martelinhos maiores fica limitado a estacas cuja área de concreto seja superior a 900 cm². O acerto final do topo das estacas demolidas

deve ser sempre efetuado com o uso de ponteiros ou ferramenta de corte apropriada.

h) Concreto:

O concreto a ser utilizado deve satisfazer as seguintes exigências:

- Consumo de cimento não inferior a 400 kg/m³;
- Abatimento ou slump test igual a 22 ± 3 cm, conforme ABNT NBR NM 67;
- Fator água/cimento $\leq 0,6$;
- Agregado: areia e pedrisco;
- % de argamassa em massa: ≥ 55 %;
- Traço tipo bombeado;
- $f_{ck} \geq 20$ MPa aos 28 dias, conforme ABNT NBR 6118, ABNT NBR 5738 e ABNT NBR 5739;

Os corpos-de-prova de concreto devem ser moldados de acordo com a ABNT NBR 5738 e ensaiados de acordo com a ABNT NBR 5739. Podem ser utilizados aditivos plastificantes, incorporadores de ar, retardadores, desde que atendam às ABNT NBR 10908, ABNT NBR 11768 e ABNT NBR 12317. É permitido o uso de agregados miúdos artificiais de acordo com a ABNT NBR 7212.

2.2.4.2 Processo Executivo das Estacas de Hélice Contínua e Equipamentos Utilizados

Segundo Nuernberg (2014), a execução de estacas de hélice contínua monitorada envolve várias operações, devendo estas serem planejadas com antecedência para evitar o surgimento de imprevistos. Podem-se destacar as etapas a seguir:

a) Locação do eixo da estaca pela equipe de topografia:

Antes do início da perfuração das estacas propriamente dita, é realizado o levantamento topográfico do terreno no qual será executada a edificação. A partir desses dados, a equipe topográfica munida dos equipamentos de estação total e prisma executa a locação do eixo das estacas

por meio de coordenadas geográficas. Na figura 10, pode-se perceber a equipe topográfica locando o eixo das estacas na obra estudada.

Figura 10: Levantamento topográfico e locação de eixos das estacas realizado pela equipe de topografia.



Fonte: Do autor (2019).

O acompanhamento topográfico durante a execução da fundação, têm por objetivo indicar a real posição de cada elemento estrutural, evitando a existência de excentricidades de estacas, que culminam na necessidade de redimensionamento do projeto e conseqüentemente elevação dos custos de obra. Vale lembrar, que segundo a NBR 6122 (2010), para estacas isoladas ou conjuntos de estacas, é aceitável sem qualquer correção adicional, um desvio entre o eixo da estaca e o ponto de aplicação da resultante das solicitações do pilar de 10% da menor dimensão da estaca (ou conjunto), sendo que para desvios superiores, deve ser realizado a verificação das implicações desta excentricidade na estrutura.

b) Posicionamento do equipamento de fundação:

As excentricidades de execução de estacas estão diretamente ligadas ao posicionamento do equipamento, ou seja, a diferença de localização do eixo da estaca executada ao eixo da estaca de projeto depende principalmente do correto posicionamento do equipamento (LÁZARO, 2003).

É importante que durante a locação da obra os piquetes sejam posicionados em uma escavação com aproximadamente 15 cm de diâmetro e 25 cm de profundidade, preenchida posteriormente com areia. Esse procedimento permite a localização visual dos pontos em que serão executadas as estacas e evita que a movimentação dos equipamentos, na superfície do terreno, desloque os piquetes de suas posições (LÁZARO, 2003).

Desta forma, após o registro e locação dos piquetes pela equipe topográfica, o posicionamento da hélice se dá com auxílio de um prumo de centro (Figura 11) e a verticalidade da torre de perfuração pode ser controlada eletronicamente por sensores de prumo instalado ao longo do equipamento.

Figura 11: Posicionamento do eixo da hélice no ponto de locação.



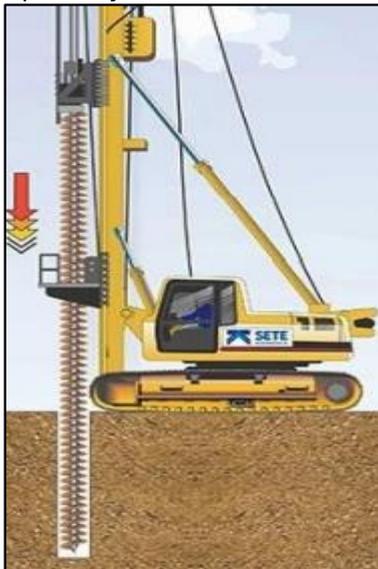
Fonte: Mucheti (2008).

De acordo com a presente norma NBR 6122 (2010), não há necessidade de verificação da estabilidade, nem de medidas corretivas para desvios de execução, em relação ao projeto, menores do que 1/100.

c) Perfuração:

Segundo Hachich (1998, apud NUERNBERG, 2014), a perfuração (Figura 12) consiste em cravar a hélice no terreno, até a profundidade determinada em projeto, por meio de uma mesa rotativa colocada no seu topo, que aplica um torque apropriado para vencer a resistência do terreno.

Figura 12: Etapa de perfuração da estaca hélice contínua monitorada.



Fonte: Fundações Sete (2019).

Geralmente, a máquina de perfuração mais utilizada no processo de execução de estacas de hélice contínua monitorada é a perfuratriz de esteira (Figura 13), porém, a escolha da máquina pode variar de acordo com o diâmetro e profundidade das estacas determinada em projeto.

Figura 13: Perfuratriz de esteira utilizada na obra estudada.



Fonte: Do autor (2019).

A haste de perfuração é composta por uma hélice espiral solidarizada a um tubo central e, equipada com dentes na extremidade inferior que possibilitam a sua penetração no terreno. A entrada de água e/ou solo na parte central da haste é impedida por uma tampa de proteção recuperável (Figura 14), localizada na extremidade do equipamento, e expulsa no início da concretagem.

Figura 14 - Detalhe da tampa de proteção recuperável na extremidade inferior do trado.



Fonte: Do autor (2019).

A metodologia de perfuração permite a execução de estacas em terrenos coesivos e arenosos, na presença ou não do lençol freático e atravessa camadas de solos resistentes com índices de SPT acima de 50 dependendo do tipo de equipamento utilizado (FUNDESP, 2009).

Durante o processo de introdução do trado é importante minimizar o eventual desconfinamento provocado pela remoção (transporte) excessiva de solo durante a sua penetração. Isto é conseguido tomando-se o cuidado para que a velocidade de penetração do trado seja igual ou bem próxima ao produto da velocidade de rotação do trado pelo seu passo. Quando a velocidade de penetração do trado é muito maior, a probabilidade de prendê-lo é grande, em contrapartida, quando essa velocidade é muito menor o trado funciona como um transportador provocando, assim, o desconfinamento do solo circundante com a consequente perda da capacidade de carga (PENNA apud MUCHETI, 2008). De acordo com (ALONSO apud MUCHETI 2008), no caso de solos não coesivos essa característica de transporte do trado, decorrente da baixa velocidade de penetração, tem sido a causa de vários acidentes relatados na literatura.

Quando, apesar do avanço estar lento, o torque permanecer alto, deve-se travar o guincho, impossibilitando o avanço da hélice. Com isso o valor de torque diminui, e então se retoma a perfuração. Esse procedimento, necessário e inevitável, só deve ser usado nessas situações, pois pode provocar um desconfinamento indesejável (CAPUTO, 1987, apud NUERNBERG, 2014).

d) Concretagem:

A primeira etapa da concretagem no processo executivo das estacas de hélice contínua monitorada, se dá quando o concreto usinado chega por meio do caminhão betoneira na obra. Nesse momento é quando é realizado o ensaio de *slump test* e a moldagem dos corpos de prova (Figura 15), que posteriormente será levado ao laboratório para os demais ensaios.

Figura 15: Realização do ensaio de *slump test* e moldagem dos corpos de prova.



Fonte: Do autor (2019).

Diante disso, após a perfuração alcançar a profundidade desejada, o concreto é bombeado através do tubo central, preenchendo simultaneamente a cavidade deixada pela hélice (FUNDESP, 2009). Devido à pressão do concreto, a tampa de proteção provisória é expulsa, ficando aprisionada ao equipamento por meio de cabo metálico. Durante a extração, a hélice deve permanecer imóvel, exceto em terrenos arenosos, onde o giro lento e no sentido da perfuração é recomendando.

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, e, para isto, é necessário que se observe dos aspectos executivos. 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. O segundo aspecto é o controle da velocidade de retirada do trado, de forma que sempre haja um sobre consumo de concreto (ALMEIDA NETO, 2002).

Figura 16: Etapa de concretagem do fuste da estaca tipo hélice contínua.



Fonte: Fundações Sete (2019).

e) Colocação da armadura

Segundo Nuernberg (2014), a metodologia de execução de estacas do tipo hélice contínua monitorada exige a instalação da armadura após a concretagem do fuste, o que pode ser um fator limitante no comprimento da armadura e, também, impossibilitar o uso destas estacas como elementos de contenção ou quando sujeita a esforço de tração. Para maior eficiência no posicionamento da armadura, a mesma possui formato de gaiola e deve ser projetada de modo a ter peso e rigidez compatíveis com seu comprimento.

A introdução da armadura (Figura 17) é feita manualmente ou com auxílio de um “pilão”, que se apoiará sobre a armação e será empurrado pela própria mesa da perfuratriz ou pela pá carregadeira disponível na obra para retirada do material escavado. A utilização de vibrador, embora recomendado na bibliografia internacional, não é ainda bem difundida na prática brasileira (PENNA apud MUCHETI, 2008).

Figura 17: Equipe de colaboradores auxiliando na colocação da armadura da estaca que foi erguida pelo guindaste da perfuratriz.



Fonte: Do autor (2019).

2.2.4.3 Inspeção e Controle Executivo das Estacas de Hélice Contínua

De acordo com a NBR 6122 (2010), todas as fases de execução da estaca devem ser monitoradas eletronicamente a partir de sensores instalados na perfuratriz, registrando-se:

- Nivelamento do equipamento e prumo do trado;
- Pressão no torque;
- Velocidade de avanço do trado;
- Rotação do trado;
- Conta de ponta do trado;
- Pressão de concreto durante a concretagem;
- Sobre consumo de concreto;
- Velocidade de extração do trado.

Tais informações, devem ser preenchidas no relatório de monitoração (Anexo A) e entregue junto ao cliente, no término da execução das estacas.

3. DESPERDÍCIOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

3.1 Breve Histórico dos Desperdícios na Construção Civil

De acordo com Rocha (2010), o setor da construção civil destaca-se por ser um dos setores que possui um dos maiores índices de desperdício. Pinto (1995), destaca que os acréscimos nos custos da construção, advindos do desperdício, são de 6% e os acréscimos na massa de materiais atingem os 20%. O mesmo autor afirma que: na Bélgica, o acréscimo nos custos advindos do desperdício é de 17%; na França de 12%; e, no Brasil, de cerca de 30%.

Vargas et al (1997) apresenta outros dados alarmantes: o tempo de perda da mão-de-obra dos serventes pode atingir 50% do tempo total, 100% da argamassa é perdida; e, 30% dos tijolos e elementos de vedação se transformam em entulho. Estes dados revelam e reforçam quão grande é o problema em questão.

Agopyan *et al.* (1997), constata em sua pesquisa que não existe um único valor que represente um índice de desperdício para diferentes materiais e serviços, pois para cada material e serviço existe uma faixa de índice de perda associado.

As perdas de material são destaque quando se trata de desperdício na construção civil, por ser a parcela visível e também porque o consumo desnecessário de material resulta numa alta produção de resíduos, causa transtornos nas cidades, reduz a disponibilidade futura de materiais e energia e provoca uma demanda desnecessária no sistema de transporte (COLOMBO; BAZZO, 1999).

Desse modo, Souza *et al.* (1994) afirma que é importante perceber que o consumo excessivo de materiais pode ocorrer em diferentes fases do empreendimento, de acordo com o autor existe a possibilidade de ocorrências de perdas em todas as fases numa obra em execução.

Segundo Souza (1994), citado por Rocha (2010), é importante perceber que o consumo excessivo de materiais pode ocorrer em diferentes fases do empreendimento, de acordo com o autor existe a possibilidade de ocorrências de perdas em todas as fases numa obra em execução.

Sendo assim, a Tabela 3 exemplifica as diferentes fases de um empreendimento citadas pelo autor, as perdas verificadas e as classifica de acordo com a natureza.

Quadro 3: Diferentes fases de um empreendimento e as perdas de materiais.

	CONCEPÇÃO	EXECUÇÃO	UTILIZAÇÃO
FASES			
PERDA	Diferença entre a quantidade de material previsto num projeto otimizado e a realmente necessária de acordo com o projeto	Diferença entre a quantidade prevista no projeto e a quantidade efetivamente consumida	Diferença entre a quantidade de material prevista para manutenção e a quantidade efetivamente consumida num certo período de tempo
NATUREZA DAS PERDAS	Material incorporado	Material incorporado e entulho	Material incorporado e entulho

Fonte: Adaptado Souza et al. (1994).

A falta de uniformização de nomenclatura e, principalmente, de uma metodologia consistente e disseminada, aliadas à escassez de dados confiáveis, têm gerado uma série de controvérsias relativas à quantificação e, especialmente, quanto à proposição de alternativas para se combater eventuais desperdícios existentes (SOUZA, 1997). O autor ainda diz que o primeiro passo para ultrapassar tais barreiras é identificar a origem de tal desperdício e quais fatores influenciam na produtividade do setor.

3.2 Origem dos Desperdícios na Construção Civil

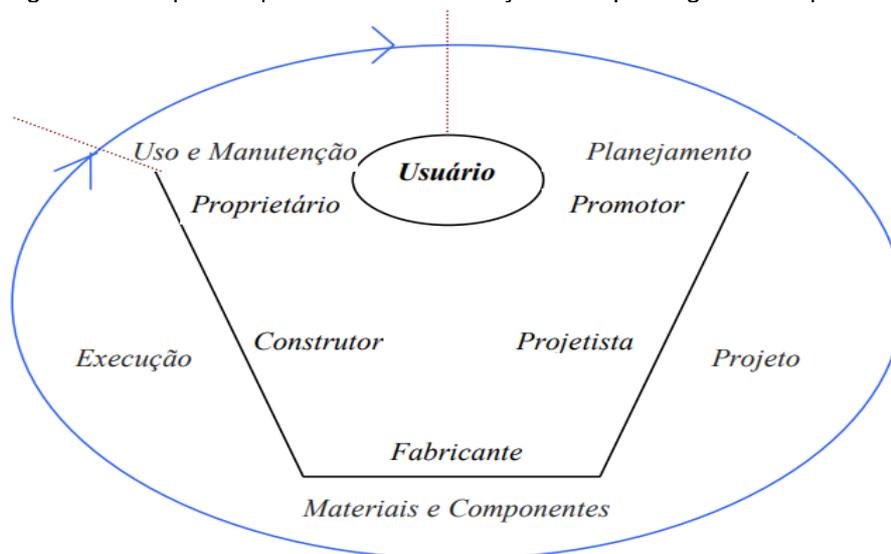
Segundo Formoso (2007), as perdas são o resultado de um processo de má qualidade, que tem como consequência tanto a elevação do custo da construção quanto a redução da qualidade do produto final.

Soibelman (1993), afirma que o processo de produção na construção que apresenta má qualidade e organização precária tem seu início na base

técnica insuficiente, que se reflete nos desencontros das equipes de trabalho e no desperdício de materiais.

Messeguer (1991), diz que o desperdício advém, ou se origina, de todas as etapas do processo de construção civil, que são: planejamento, projeto, fabricação de materiais e componentes, execução e uso e manutenção. Conforme mostra a Figura 18, pode-se identificar as fases da construção e do uso de uma edificação e seus respectivos responsáveis.

Figura 18: Etapas do processo de construção civil que originam desperdício.



Fonte: Grohmann (1998).

De acordo com Serpell (1993), os fatores que influenciam à produtividade e que, conseqüentemente, acarretam desperdícios na construção civil, são identificados por:

- a) Deficiências de projeto e planejamento que dificultam a construtibilidade da obra e que, normalmente, são causados pela falta de detalhamento no projeto;
- b) Ineficiência da gestão administrativa que enfatiza a correção dos problemas ao invés da prevenção dos mesmos. Isto ocorre devido ao pouco envolvimento dos administradores com o processo produtivo;
- c) Métodos ultrapassados e/ou inadequados de trabalho que não observam as experiências advindas de projetos anteriores, o que ocasiona a repetição dos erros;

- d) Pouca vinculação da obra com as atividades denominadas de apoio, como: compras, estoques e manutenção;
- e) Problemas com os recursos humanos decorrentes da pouca especialização da mão-de-obra e alta taxa de turnover do setor;
- f) Problemas com a segurança dos trabalhadores gerados, principalmente, pelo não fornecimento e/ou uso dos equipamentos de proteção individual ou coletivo;
- g) Deficiências dos métodos utilizados para o controle de custos projetados e executados.

O autor conclui que atacando de forma permanente e contínua os fatores citados, os índices de perdas na execução de obras serão reduzidos.

3.3 Classificação dos Desperdícios na Construção Civil

Segundo Sacomano et al. (2004), existem nove categorias de perdas dentro da construção civil. Elas se subdividem em perdas por superprodução, por substituição (de material), por espera, por transporte, no procedimento (a própria natureza das atividades do processo ou na execução), nos estoques, no movimento, pela elaboração de produtos defeituosos e outros (roubos, acidentes):

- a) Perdas por superprodução:

Refere-se às perdas que ocorrem devido à produção em quantidades superiores às necessárias, como, por exemplo: produção de argamassa em quantidade superior à necessária para um dia de trabalho ou o excesso de espessura de lajes de concreto armado;

- b) Perdas por substituição:

Decorrem da utilização de um material de valor ou características de desempenho superiores ao especificado, tais como: utilização de argamassa com traços de maior resistência que a especificada ou a utilização de tijolos maciços no lugar de blocos cerâmicos furados.

c) Perdas por espera:

Relacionadas com a sincronização e o nivelamento dos fluxos de materiais e as atividades dos trabalhadores. Podem envolver tanto perdas de mão de obra quanto de equipamentos, como, por exemplo, paradas nos serviços originadas por falta de disponibilidade de equipamentos ou de materiais.

d) Perdas por transporte:

As perdas por transporte estão associadas ao manuseio excessivo ou inadequado dos materiais e componentes em função de uma má programação das atividades ou de um layout ineficiente, como, por exemplo: tempo excessivo despendido em transporte devido a grandes distâncias entre estoques e o guincho, quebra de materiais devido ao seu duplo manuseio ou ao uso de equipamento de transporte inadequado.

e) Perdas no processamento em si:

Têm origem na própria natureza das atividades do processo ou na execução inadequada dos mesmos. Decorrem da falta de procedimentos padronizados e ineficiências nos métodos de trabalho, da falta de treinamento da mão de obra ou de deficiências no detalhamento e construtividade dos projetos. São exemplos deste tipo de perdas: quebra de paredes rebocadas para viabilizar a execução das instalações; quebra manual de blocos devido à falta de meios-blocos.

f) Perdas nos estoques:

Estão associadas à existência de estoques excessivos, em função da programação inadequada na entrega dos materiais ou de erros na orçamentação, podendo gerar situações de falta de locais adequados para a estocagem dos mesmos. Também decorrem da falta de cuidados no armazenamento dos materiais. Podem resultar tanto em perdas de materiais quanto de capital, como por exemplo: custo financeiro dos estoques, deterioração do cimento devido ao armazenamento em contato com o solo e ou em pilhas muito altas.

g) Perdas no movimento:

Decorrem da realização de movimentos desnecessários por parte dos trabalhadores, durante a execução das suas atividades. São exemplos deste tipo de perda: tempo excessivo de movimentação entre postos de trabalho ou o esforço excessivo do trabalhador.

h) Perdas pela elaboração de produtos defeituosos:

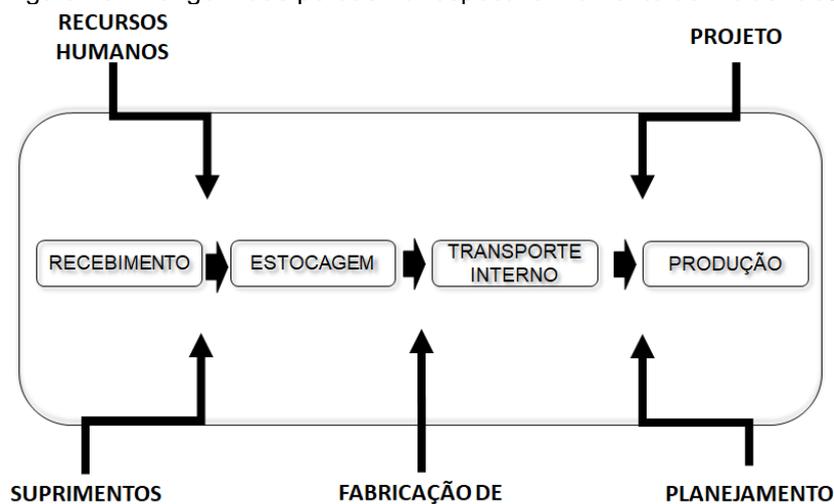
Ocorrem quando são fabricados produtos que não atendem aos requisitos de qualidade especificados. Geralmente, originam-se da falta de integração entre o projeto e a execução, das deficiências do planejamento e controle do processo produtivo; da utilização de materiais defeituosos e da falta de treinamento dos operários. Resultam em retrabalhos ou em redução do desempenho do produto final, como, por exemplo: falhas nas impermeabilizações e pinturas, descolamento de azulejos.

i) Outras:

Existem ainda tipos de perdas de natureza diferente dos anteriores, tais como roubo, vandalismo, acidentes, etc.

De acordo Formoso (1996), a origem das perdas pode estar tanto no próprio processo de produção quanto nos processos que o antecedem como fabricação de materiais, preparação dos recursos humanos, projeto, suprimentos e planejamento, como pode ser exemplificado na Figura 19.

Figura 19: A origem das perdas no respectivo momento de incidência.



Fonte: Formoso adaptado (1996).

Souza (1994), explica que as perdas podem ainda ser classificadas em aparentes (ou diretas) e de natureza oculta (indiretas). Enquanto as diretas representam as “perdas que saem” (entulho), as indiretas, que representam as “perdas que ficam”, podem ser subdivididas em perdas por substituição, por imprevisão e por negligência. Quanto às perdas há ainda que se aplicar um raciocínio de caráter mais econômico ao se distinguir entre aquelas que são evitáveis das consideradas inevitáveis. Quanto a este último aspecto é que se define o desperdício de materiais, que é considerado a parcela de perdas evitáveis.

3.4 Índices de Desperdícios na Construção Civil

Souza (1994), afirma que os indicadores representam informações quantitativas ou qualitativas que medem e avaliam o comportamento de diferentes aspectos do objeto do estudo. Seu levantamento cria um sistema de informações que pode ser útil para ajudar no processo de tomada de decisões.

Segundo Formoso (1996), os índices de perdas cumprem um importante papel de indicadores de desempenho dos processos produtivos e, como tal, podem ser empregados para diferentes finalidades. A utilização mais comum dada aos índices de perdas de materiais na construção civil tem sido apenas chamar a atenção para o baixo desempenho global do setor construção em termos de qualidade e produtividade.

Souza (1994), propõe que os indicadores de perdas podem ser compostos de diversas maneiras. Na maior parte das vezes se definirá uma situação de referência, se quantificará a situação real, e o indicador será constituído por uma relação percentual da discrepância da situação real com relação à de referência, como pode ser observado na equação abaixo:

$$IP = \frac{SR - SRF}{SRF} \times 100$$

Na qual, IP é o indicador de perdas, SR é a situação real e SRF é a situação de referência.

De acordo com Agopyan (2003), os indicadores globais podem expressar os valores de perdas de um determinado material na obra como um todo, apenas em um serviço ou, ainda, apenas nas etapas subsequentes à sua

estocagem. Tal abrangência depende da complexidade do fluxograma dos processos, conforme exemplificado anteriormente. Nesse sentido, define-se indicador parcial como a expressão dos valores de consumo ou perda de materiais associados apenas a uma etapa do fluxograma dos processos. A expressão dos valores das perdas e consumos associados a mais de uma etapa do fluxograma dos processos denomina-se indicador global. Dessa forma, o indicador global pode ainda ser classificado em:

- a) Indicador global de perda de material por obra: consiste na expressão da perda total considerando o uso do material em todos os serviços executados durante o período de coleta, como, por exemplo, a perda de cimento em toda a obra;
- b) Indicador global de perda ou consumo de material por serviço: consiste na expressão da perda ou do consumo de material num único serviço, abrangendo desde a etapa de recebimento até a de aplicação final, como, por exemplo, a perda de bloco no serviço de alvenaria ou o consumo de blocos por metro quadrado de alvenaria executada;
- c) Indicador global de perda ou consumo de material por serviço pós estocagem: consiste na expressão do valor da perda ou de consumo de material considerando apenas as etapas do fluxograma subsequentes ao estoque. Por exemplo, o caso das perdas de cimento no serviço de contrapiso, ou o consumo de cimento por metro quadrado de revestimento interno (emboço).

4. ESTUDO DE CASO

No estudo de caso a seguir será exibido a metodologia utilizada para a realização do trabalho, a característica da obra estudada, as análises dos resultados e as discussões e a comparação dos índices de desperdícios com o proposto pela PINI, por meio da Tabela de Composição de Preços para Orçamentos – TCPO.

4.1 Metodologia

Para atingir os objetivos propostos, utilizou-se a seguinte metodologia:

- a) Inicialmente, foi realizada uma revisão bibliográfica utilizando-se livros, artigos e informações de sites oficiais a fim de fundamentar o tema teoricamente. Este estudo prévio possibilitou uma melhor afinidade e compreensão sobre o tema abordado;
- b) Posteriormente, foram elaborados os procedimentos a serem realizados na coleta e avaliação dos dados, com enfoque no desperdício de concreto estrutural usinado na concretagem de estacas de hélice contínua. Depois de elaborado o roteiro, a pesquisa de campo foi realizada em uma obra na cidade de São Luís – MA.
- c) Finalmente, depois de coletar os dados necessários, os mesmos foram avaliados mensurando o índice de perda de concreto usinado verificado dentro do canteiro de obras, obtidos através da relação entre o consumo teórico e o consumo real utilizado. Além disso, foi realizado o levantamento das possíveis causas no qual acarretaram no desperdício desse concreto estrutural e posteriormente, foi proposto um conjunto de diretrizes que visa minimizar a perda desse insumo.

4.2 Caracterização da Obra

A obra onde foi realizado o estudo de caso se trata da construção do que vai ser o maior hospital do Maranhão. Tocada por duas grandes empresas de renome nacional na construção civil, fora as empresas terceirizadas, o

hospital atenderá, além da capital São Luís, as cidades de São José de Ribamar e Paço do Lumiar.

Figura 20: Vista humanizada da obra estudada.



Fonte: Banco de dados da empresa (2019).

A edificação foi concebida em estrutura de concreto convencional, com vedações em blocos de concreto e compartimentações internas em painéis de gesso acartonado – drywall. Para a cobertura, além da laje de piso, foi projetada cobertura em telha de aço pré-pintado com injeção de espuma rígida de poliuretano – PUR.

O hospital foi projetado dividido em 07 blocos com números de pavimentos que variam de 01 a 05, interligados por circulações horizontais e verticais, possuindo uma área total construída de 32.257,97m², visando atender 247 leitos.

Figura 21: Imagem do canteiro de obras.



Fonte: Do autor (2019)

4.3 Caracterização do Serviço

Como mencionado anteriormente, o presente trabalho teve enfoque em analisar o desperdício de concreto estrutural usinado no processo executivo de estacas de hélice contínua monitorada.

As estacas utilizadas como fundação da construção do referido edifício possuem as seguintes características:

- a) Características geométricas: as estacas possuíam profundidade de 11 metros e diâmetro de 50 centímetros, com área de seção de $1,963\text{m}^2$ e volume de $2,16\text{m}^3$.
- b) Aço: a armadura das estacas continha a utilização de aço CA-50, com bitolas de 16, 8 e 6.3 mm.

Figura 22: Armadura das estacas.



Fonte: Do autor (2019).

- c) Concreto: o concreto utilizado na concretagem das estacas possuía resistência característica mínima de 20MPa, composto com areia e agregado de pequena granulometria (pedrisco) e consumo de cimento variando de 350 e 450kg/m³, com fator de água/cimento entre 0,53 e 0,56 e abatimento de tronco de cone (*slump test*) mantido entre 20 a 24cm.
- d) Mão de obra: o processo executivo contava com a participação de 8 colaboradores, sendo eles: 4 serventes e 2 operadores de máquinas (um operava a perfuratriz e o outro operava uma retroescavadeira que auxiliava na remoção do entulho), além dos colaboradores da

4.4 Período da Pesquisa

A pesquisa foi elaborada em duas etapas:

- a) A primeira etapa corresponde ao estudo da bibliografia. Foi desenvolvida entre os meses de janeiro e julho de 2019, aprimorando o conhecimento por meio da literatura para o desenvolvimento do trabalho.
- b) A segunda etapa aconteceu durante 10 dias no mês julho de 2019, quando foi desenvolvido a pesquisa de campo. As medições diárias foram coletadas no canteiro de obras com a ajuda da planilha de Mapeamento de Concretagem (Anexo B) para o alcance dos resultados.

4.5 Quantificação das Perdas de Concreto Usinado

As tabelas a seguir exemplificam a quantidade teórica e a real de concreto estrutural usinado que foi utilizado nos dias de avaliação no processo de execução das estacas.

4.5.1 Dia 1

Tabela 1: Levantamento do quantitativo de perda de concreto usinado no primeiro dia.

Elemento	Bloco	Quant. de Estacas (und.)	Área da Seção	Profund. Real (m)	Volume Teórico (m ³)	Volume Real (m ³)	Desp. Real (m ³)	Desp. Real (%)
	D	10	1,9630	110,72	21,73	27,615	5,88	27,06%
E1 - P1D	D	1	0,1963	11,00	2,16	2,52	0,36	16,70%
E1 - P6D	D	1	0,1963	11,05	2,17	2,91	0,74	33,93%
E1 - P7D	D	1	0,1963	11,12	2,18	2,76	0,58	26,44%
E2 - P12D	D	1	0,1963	11,10	2,18	2,73	0,55	25,29%
E1 - P11D	D	1	0,1963	11,12	2,18	2,78	0,60	27,36%
E1 - P2D	D	1	0,1963	11,12	2,18	2,73	0,55	25,07%
E1 - P17D	D	1	0,1963	11,11	2,18	2,83	0,65	29,76%
E4 - P23D	D	1	0,1963	11,00	2,16	2,76	0,60	27,82%
E1 - P23D	D	1	0,1963	11,10	2,18	2,80	0,62	28,50%
E2 - P18D	D	1	0,1963	11,00	2,16	2,80	0,64	29,67%

Fonte: Do autor (2019).

No primeiro dia de coleta de dados, foram concretadas 10 estacas, que possuíam um volume teórico de 21,73m³ e acabou utilizando um volume real de 27,615m³, totalizando um desperdício de 5,88m³, o que representa um percentual de 27,06%.

4.5.2 Dia 2

Tabela 2: Levantamento do quantitativo de perda de concreto usinado no segundo dia.

Elemento	Bloco	Quant. de Estacas (und.)	Área da Seção	Profund. Real (m)	Volume Teórico (m³)	Volume Real (m³)	Desp. Real (m³)	Desp. Real (%)
	D	21	1,9630	233,31	45,80	58,380	12,58	27,47%
E2 - P1D	D	1	0,1963	11,03	2,17	2,835	0,67	30,94%
E2 - P2D	D	1	0,1963	11,09	2,18	2,765	0,59	27,01%
E2 - P6D	D	1	0,1963	11,14	2,19	2,765	0,58	26,44%
E2 - P7D	D	1	0,1963	11,08	2,18	2,800	0,62	28,74%
E2 - P11D	D	1	0,1963	11,08	2,18	2,835	0,66	30,34%
E1 - P12D	D	1	0,1963	11,10	2,18	2,765	0,59	26,90%
E2 - P17D	D	1	0,1963	11,11	2,18	2,800	0,62	28,39%
E1 - P18D	D	1	0,1963	11,09	2,18	2,870	0,69	31,83%
E1 - P22D	D	1	0,1963	11,07	2,17	2,800	0,63	28,85%
E2 - P23D	D	1	0,1963	11,10	2,18	2,800	0,62	28,50%
E3 - P23D	D	1	0,1963	11,11	2,18	2,765	0,58	26,78%
E1 - P27D	D	1	0,1963	11,01	2,16	2,695	0,53	24,70%
E2 - P28D	D	1	0,1963	11,23	2,20	2,800	0,60	27,02%
E3 - P28D	D	1	0,1963	11,13	2,18	2,695	0,51	23,35%
E1 - P32D	D	1	0,1963	11,08	2,18	2,835	0,66	30,34%
E2 - P33D	D	1	0,1963	11,14	2,19	2,870	0,68	31,24%
E3 - P33D	D	1	0,1963	11,10	2,18	2,765	0,59	26,90%
E1 - P37D	D	1	0,1963	11,36	2,23	2,800	0,57	25,56%
E1 - P38D	D	1	0,1963	11,11	2,18	2,730	0,55	25,18%
E4 - P38D	D	1	0,1963	11,05	2,17	2,730	0,56	25,86%
E1 - P39D	D	1	0,1963	11,10	2,18	2,660	0,48	22,08%

Fonte: Do autor (2019).

O segundo dia de avaliação, foi o dia mais produtivo, onde foram executadas 21 estacas, que possuíam um volume teórico de 45,80m³ e acabou utilizando um volume real de 58,38m³ de concreto usinado, resultando em um desperdício de 12,58m³, o que representa um percentual de 27,47%.

4.5.3 Dia 3

Tabela 3: Levantamento do quantitativo de perda de concreto usinado no terceiro dia.

Elemento	Bloco	Quant. de Estacas (und.)	Área da Seção	Profund. Real (m)	Volume Teórico (m³)	Volume Real (m³)	Desp. Real (m³)	Desp. Real (%)
	D	18	0,1963	200,67	39,39	50,60	11,21	28,45%
E3 - P7D	D	1	0,1963	11,18	2,19	2,62	0,43	19,47%
E3 - P12D	D	1	0,1963	11,13	2,18	2,76	0,58	26,33%
E3 - P18D	D	1	0,1963	11,13	2,18	2,76	0,58	26,33%
E2 - P22D	D	1	0,1963	11,10	2,18	2,62	0,44	20,33%
E2 - P27D	D	1	0,1963	11,19	2,20	2,67	0,47	21,46%
E1 - P28D	D	1	0,1963	11,28	2,21	2,99	0,78	35,03%

E4 - P28D	D	1	0,1963	11,05	2,17	2,81	0,64	29,36%
E2 - P32D	D	1	0,1963	11,11	2,18	2,62	0,44	20,23%
E1 - P33D	D	1	0,1963	11,24	2,21	2,81	0,60	27,17%
E4 - P33D	D	1	0,1963	11,10	2,18	2,81	0,63	28,78%
E2 - P37D	D	1	0,1963	11,11	2,18	2,81	0,63	28,66%
E3 - P38D	D	1	0,1963	11,06	2,17	2,85	0,68	31,36%
E2 - P38D	D	1	0,1963	11,09	2,18	2,90	0,72	33,12%
E4 - P39D	D	1	0,1963	11,19	2,20	2,76	0,56	25,65%
E2 - P39D	D	1	0,1963	11,09	2,18	2,81	0,63	28,89%
E1 - P34D	D	1	0,1963	11,25	2,21	3,04	0,83	37,48%
E3 - P14D	D	1	0,1963	11,23	2,20	2,94	0,74	33,55%
E2 - P13D	D	1	0,1963	11,14	2,19	3,04	0,85	38,83%

Fonte: Do autor (2019).

No terceiro dia de levantamento, foram concretadas 18 estacas. As mesmas possuíam um total de 39,39m³ de volume teórico, porém, acabaram utilizando um volume real de 50,60m³ de concreto usinado, desperdiçando assim, 28,45%, o que representa cerca de 11,21m³ de concreto.

4.5.4 Dia 4

Tabela 4: Levantamento do quantitativo de perda de concreto usinado no quarto dia.

Elemento	Bloco	Quant. de Estacas (und.)	Área da Seção	Profund. Real (m)	Volume Teórico (m ³)	Volume Real (m ³)	Desp. Real (m ³)	Desp. Real (%)
	D	15	0,1963	166,68	32,72	41,62	8,90	27,19%
E1 - P3D	D	1	0,1963	11,25	2,21	2,87	0,66	29,96%
E1 - P4D	D	1	0,1963	11,11	2,18	2,66	0,48	21,97%
E1 - P5D	D	1	0,1963	11,13	2,18	2,84	0,65	29,76%
E1 - P10D	D	1	0,1963	11,05	2,17	2,80	0,63	29,08%
E1 - P9D	D	1	0,1963	11,06	2,17	2,70	0,52	24,13%
E1 - P8D	D	1	0,1963	11,16	2,19	2,80	0,61	27,81%
E1 - P14D	D	1	0,1963	11,04	2,17	2,77	0,60	27,59%
E2 - P15D	D	1	0,1963	11,11	2,18	2,77	0,58	26,78%
E3 - P15D	D	1	0,1963	11,19	2,20	2,77	0,57	25,88%
E1 - P16D	D	1	0,1963	11,14	2,19	2,73	0,54	24,84%
E3 - P13D	D	1	0,1963	11,06	2,17	2,80	0,63	28,97%
E1 - P19D	D	1	0,1963	11,08	2,18	2,77	0,59	27,13%
E5 - P19D	D	1	0,1963	11,16	2,19	2,80	0,61	27,81%
E2 - P21D	D	1	0,1963	11,09	2,18	2,80	0,62	28,62%
E3 - P21D	D	1	0,1963	11,05	2,17	2,77	0,60	27,47%

Fonte: Do autor (2019).

No quarto dia de acompanhamento, foram concretadas 15 estacas, possuindo um volume teórico inicial de 32,72m³, entretanto, acabou consumindo

um volume real de 41,62m³ de concreto usinado, desperdiçando assim 8,90m³, que equivale a 27,19%.

4.5.5 Dia 5

Tabela 5: Levantamento do quantitativo de perda de concreto usinado no quinto dia.

Elemento	Bloco	Quant. de Estacas (und.)	Área da Seção	Profund. Real (m)	Volume Teórico (m ³)	Volume Real (m ³)	Desp. Real (m ³)	Desp. Real (%)
	D	16	0,1963	177,39	34,82	43,79	8,97	25,76%
E2 - P3D	D	1	0,1963	11,33	2,22	2,85	0,63	28,23%
E2 - P4D	D	1	0,1963	11,04	2,17	2,71	0,55	25,23%
E2 - P5D	D	1	0,1963	11,15	2,19	2,71	0,53	24,00%
E2 - P10D	D	1	0,1963	11,05	2,17	2,71	0,54	25,12%
E3 - P9D	D	1	0,1963	11,06	2,17	2,62	0,45	20,77%
E3 - P8D	D	1	0,1963	11,20	2,20	2,81	0,61	27,63%
E1 - P13D	D	1	0,1963	11,05	2,17	2,94	0,77	35,72%
E2 - P14D	D	1	0,1963	11,01	2,16	2,85	0,69	31,96%
E1 - P15D	D	1	0,1963	11,11	2,18	2,71	0,53	24,44%
E4 - P15D	D	1	0,1963	11,01	2,16	2,67	0,51	23,45%
E2 - P16D	D	1	0,1963	11,04	2,17	2,81	0,64	29,48%
E4 - P21D	D	1	0,1963	11,04	2,17	2,62	0,45	20,99%
E1 - P21D	D	1	0,1963	11,02	2,16	2,71	0,55	25,46%
E2 - P20D	D	1	0,1963	11,11	2,18	2,62	0,44	20,23%
E3 - P20D	D	1	0,1963	11,14	2,19	2,71	0,53	24,11%
E6 - P20D	D	1	0,1963	11,03	2,17	2,71	0,55	25,35%

Fonte: Do autor (2019).

No quinto dia de acompanhamento, foram concretadas 16 estacas, possuindo volume teórico inicial de 34,82m³, e acabou utilizando um volume real de 43,79m³ de concreto, desperdiçando cerca de 8,97m³, que equivale a 25,76m³.

4.5.6 Dia 6

Tabela 6: Levantamento do quantitativo de perda de concreto usinado no sexto dia.

Elemento	Bloco	Quant. De Estacas (und.)	Área da Seção	Profund. Real (m)	Volume Teórico (m ³)	Volume Real (m ³)	Desp. Real (m ³)	Desp. Real (%)
	D	4	0,1963	44,45	8,73	10,63	1,90	21,78%
E2 - P19D	D	1	0,1963	11,13	2,18	2,53	0,35	15,80%
E4 - P19D	D	1	0,1963	11,04	2,17	2,67	0,50	23,11%
E2 - P24D	D	1	0,1963	11,13	2,18	2,76	0,58	26,33%
E6 - P24D	D	1	0,1963	11,15	2,19	2,67	0,48	21,90%

Fonte: Do autor (2019).

O sexto dia de coleta de dados foi marcado por um imprevisto mecânico, no qual a perfuratriz de esteira que era utilizada para executar as estacas, acabou rompendo o mangote que transporta o concreto, interrompendo

assim a concretagem das mesmas. Dessa forma, foram concretadas apenas 4 estacas, no qual possuíam um volume teórico de $8,73\text{m}^3$ e acabou utilizando um total de $10,63\text{m}^3$ de concreto, resultando em um desperdício de $1,90\text{m}^3$, que equivale a 21,78%.

4.5.7 Dia 7

Tabela 7: Levantamento do quantitativo de perda de concreto usinado no sétimo dia.

Elemento	Bloco	Quant. de Estacas (und.)	Área da Seção	Profund. Real (m)	Volume Teórico (m^3)	Volume Real (m^3)	Desp. Real (m^3)	Desp. Real (%)
	D	11	0,1963	121,90	23,93	30,31	6,38	26,67%
E2 - P8D	D	1	0,1963	11,15	2,19	2,70	0,51	23,13%
E2 - P9D	D	1	0,1963	11,07	2,17	2,63	0,45	20,80%
E3 - P16D	D	1	0,1963	11,13	2,18	2,80	0,62	28,16%
E1 - P20D	D	1	0,1963	11,06	2,17	2,77	0,59	27,36%
E4 - P20D	D	1	0,1963	11,01	2,16	2,73	0,57	26,32%
E5 - P20D	D	1	0,1963	11,01	2,16	2,87	0,71	32,79%
E3 - P25D	D	1	0,1963	11,09	2,18	2,80	0,62	28,62%
E6 - P25D	D	1	0,1963	11,02	2,16	2,59	0,43	19,73%
E3 - P24D	D	1	0,1963	11,05	2,17	2,77	0,60	27,47%
E3 - P19D	D	1	0,1963	11,14	2,19	2,87	0,68	31,24%
E2 - P25D	D	1	0,1963	11,17	2,19	2,80	0,61	27,70%

No sétimo dia de levantamento, foram executadas 11 estacas, no qual possuíam um volume teórico de $23,93\text{m}^3$ e acabaram utilizando um volume real de $30,31\text{m}^3$ de concreto, desperdiçando cerca de 26,67%, o que representa $6,38\text{m}^3$.

4.5.8 Dia 8

Tabela 8: Levantamento do quantitativo de perda de concreto usinado no oitavo dia.

Elemento	Bloco	Quant. de Estacas (und.)	Área da Seção	Profund. Real (m)	Volume Teórico (m^3)	Volume Real (m^3)	Desp. Real (m^3)	Desp. Real (%)
	D	16	0,1963	177,71	34,88	44,28	9,39	26,92%
E1 - P24D	D	1	0,1963	11,16	2,19	2,94	0,75	34,20%
E5 - P24D	D	1	0,1963	11,25	2,21	2,70	0,49	22,04%
E4 - P24D	D	1	0,1963	11,09	2,18	2,84	0,66	30,23%
E1 - P25D	D	1	0,1963	11,06	2,17	2,84	0,66	30,58%
E5 - P25D	D	1	0,1963	11,10	2,18	2,84	0,66	30,11%
E4 - P25D	D	1	0,1963	11,11	2,18	2,66	0,48	21,97%
E2 - P26D	D	1	0,1963	11,15	2,19	2,70	0,51	23,13%
E3 - P26D	D	1	0,1963	11,04	2,17	2,73	0,56	25,97%
E2 - P31D	D	1	0,1963	11,09	2,18	2,73	0,55	25,40%
E4 - P31D	D	1	0,1963	11,21	2,20	2,80	0,60	27,24%
E2 - P30D	D	1	0,1963	11,07	2,17	2,87	0,70	32,07%

E4 - P30D	D	1	0,1963	11,17	2,19	2,77	0,57	26,10%
E4 - P18D	D	1	0,1963	11,06	2,17	2,84	0,66	30,58%
E1 - P29D	D	1	0,1963	11,05	2,17	2,80	0,63	29,08%
E5 - P29D	D	1	0,1963	11,03	2,17	2,63	0,46	21,24%
E4 - P34D	D	1	0,1963	11,07	2,17	2,63	0,45	20,80%

Fonte: Do autor (2019).

No oitavo dia de acompanhamento, foram executadas 16 estacas, no qual possuíam um volume teórico inicial de 34,88m³, entretanto, acabaram utilizando um volume real de 44,28m³ de concreto, perdendo cerca de 26,92%, que equivale a 9,39m³ de concreto.

4.5.9 Dia 9

Tabela 9: Levantamento do quantitativo de perda de concreto usinado no nono dia.

Elemento	Bloco	Quant. de Estacas (und.)	Área da Seção	Profund. Real (m)	Volume Teórico (m ³)	Volume Real (m ³)	Desp. Real (m ³)	Desp. Real (%)
	D	13	0,1963	144,56	28,38	32,72	4,34	15,30%
E4 - P26D	D	1	0,1963	11,15	2,19	2,39	0,21	9,38%
E1 - P26D	D	1	0,1963	11,15	2,19	2,48	0,29	13,22%
E5 - P31D	D	1	0,1963	11,07	2,17	2,56	0,39	17,90%
E1 - P31D	D	1	0,1963	11,07	2,17	2,48	0,30	14,03%
E1 - P30D	D	1	0,1963	11,16	2,19	2,48	0,29	13,11%
E5 - P30D	D	1	0,1963	11,16	2,19	2,48	0,29	13,11%
E2 - P29D	D	1	0,1963	11,23	2,20	2,56	0,36	16,22%
E4 - P29D	D	1	0,1963	11,27	2,21	2,65	0,43	19,60%
E2 - P34D	D	1	0,1963	11,02	2,16	2,48	0,31	14,55%
E3 - P34D	D	1	0,1963	11,06	2,17	2,56	0,39	18,01%
E3 - P39D	D	1	0,1963	11,05	2,17	2,60	0,43	20,05%
E2 - P40D	D	1	0,1963	11,07	2,17	2,48	0,30	14,03%
E5 - P40D	D	1	0,1963	11,10	2,18	2,52	0,34	15,65%

Fonte: Do autor (2019).

O nono dia de coleta de dados, apresentou o menor índice de perda, que foi de 15,30%, equivalente a 4,34m³ de concreto. Esse valor representa a diferença entre o volume teórico inicial (28,38) e o volume real utilizado (32,72m³).

4.5.10 Dia 10

Tabela 10: Levantamento do quantitativo de perda de concreto usinado no décimo dia.

Elemento	Bloco	Quant. de Estacas (und.)	Área da Seção	Profund. Real (m)	Volume Teórico (m ³)	Volume Real (m ³)	Desp. Real (m ³)	Desp. Real (%)
	D	8	0,1963	88,79	17,43	24,23	6,80	38,99%
E3 - P29D	D	1	0,1963	11,10	2,18	3,38	1,20	54,89%
E3 - P30D	D	1	0,1963	11,28	2,21	2,79	0,58	26,00%
E3 - P31D	D	1	0,1963	11,06	2,17	3,11	0,94	43,15%
E2 - P35D	D	1	0,1963	11,13	2,18	3,15	0,97	44,18%
E4 - P35D	D	1	0,1963	11,04	2,17	2,86	0,69	31,79%
E1 - P36D	D	1	0,1963	11,08	2,18	2,86	0,68	31,31%
E4 - P41D	D	1	0,1963	11,04	2,17	3,02	0,86	39,54%
E1 - P41D	D	1	0,1963	11,06	2,17	3,07	0,89	41,22%

Fonte: Do autor (2019).

Em contrapartida do nono dia, o décimo apresentou o maior índice de perda entre todos os dias avaliados. Onde era pra se consumir um volume teórico inicial de 17,43m³, acabou consumindo um volume real de 24,23m³ de concreto, uma diferença de 6,80m³, o que representa 38,99% de desperdício.

4.6 Análise dos Resultados e Discussões

A tabela a seguir expõe os valores dos índices de desperdício de concreto estrutural usinado na concretagem das estacas de hélice contínua que foram coletados dentro do canteiro de obras durante a pesquisa de campo.

Tabela 11: Resumo dos levantamentos realizados na pesquisa de campo.

Dias	Bloco	Quant. de Estacas (und.)	Profund. Real (m)	Volume Teórico (m ³)	Volume Real (m ³)	Desp. Real (m ³)	Desp. Real (%)	Média De Desp. (%)
1	D	10	110,72	21,73	27,62	5,88	27,06%	26,56%
2	D	21	233,31	45,80	58,38	12,58	27,47%	26,56%
3	D	18	200,67	39,39	50,60	11,21	28,45%	26,56%
4	D	15	166,68	32,72	41,62	8,90	27,19%	26,56%
5	D	16	177,39	34,82	43,79	8,97	25,76%	26,56%
6	D	4	44,45	8,73	10,63	1,90	21,78%	26,56%
7	D	11	121,90	23,93	30,31	6,38	26,67%	26,56%
8	D	16	177,71	34,88	44,28	9,39	26,92%	26,56%
9	D	13	144,56	28,38	32,72	4,34	15,30%	26,56%
10	D	8	88,79	17,43	24,23	6,80	38,99%	26,56%
TOTAL		132	1466,18	287,81	364,16	76,34	26,53%	

Fonte: Do autor (2019).

Nesses 10 dias de pesquisa, foram avaliados o processo executivo de um total 132 estacas de hélice contínua, que variaram de 15,30 a 38,99% de

desperdício de concreto usinado. Além disso, obtém-se uma média de 26,56% de desperdício por dia. O gráfico a seguir demonstra o percentual de desperdício por dia avaliado.

Gráfico 1: Porcentagem de desperdício por dia de avaliação.



Fonte: Do autor (2019).

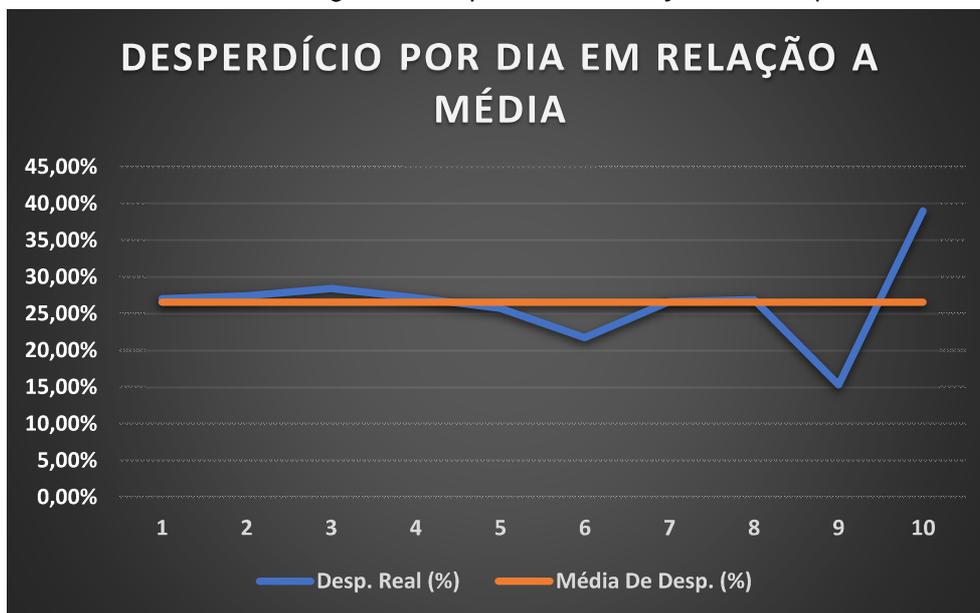
De acordo com a PINI (2010), por meio da Tabela de Composição de Preços para Orçamentos – TCPO, o desperdício de concreto estrutural usinado de 20MPa pode variar 1 a 33%, dependendo da qualidade das fôrmas (que não é caso, pois as estacas não necessitam) e do controle sobre o recebimento e o transporte do material. Sendo assim, apenas o décimo dia de avaliação ultrapassa essa margem, que foi de 38,99% de desperdício.

Entretanto, apesar de estar dentro da margem estabelecida pela PINI, os dados apresentam uma situação alarmante para os gestores desta obra, pois o desperdício representou mais de 1/4 de todo concreto utilizado na execução das estacas. Isso quer dizer que a cada quatro estacas executadas, uma era totalmente perdida.

Além disso, com base no SINAPI – Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (2019), o preço unitário do metro cúbico de concreto usinado utilizado na execução dessas estacas custa R\$ 450,08. Realizando uma operação matemática simples, obtém-se que o desperdício de 76,34m³ de concreto usinado, que foi a quantidade de concreto desperdiçada durante todo o período da pesquisa, equivale a R\$ 34.359,11. Em um setor que preza tanto pela economia para o cliente, e até mesmo para obter um lucro maior para a empresa, tal dado não condiz com essa realidade.

O gráfico a seguir demonstra o percentual de desperdício por dia relacionado com a média de desperdício entre os dias de coleta de dados.

Gráfico 2: Porcentagem de desperdício em relação a média por dia.



Fonte: Do autor (2019).

Como mencionado anteriormente, a média obtida de desperdício nos dias de pesquisa de campo foi de 26,56%. Como exemplificado no gráfico, pode-se perceber que os dias 3 e 10 ultrapassaram essa média, já por outro lado, os dias 6 e 9, apresentaram valores abaixo dessa média. Com relação aos outros dias, todos se mantiveram constantes.

4.7 Levantamento das Causas e Proposição de Diretrizes

4.7.1 Levantamento das Causas

De acordo com Sacomano (2004), as perdas que resultaram na concretagem das estacas de hélice contínua analisadas podem ser classificadas em perdas por superprodução, que é as perdas que ocorrem devido à produção em quantidades superiores à necessária.

Outros fatores secundários que podem ser apontados como causadores de perdas:

- a) O concreto usinado não era cubado quando chegava na obra, ou seja, a concreteira poderia enviar quantidade menor do que o combinado, passando completamente despercebido na fiscalização.

- b) Algumas concretagens ultrapassavam o expediente normal, ou seja, muitas das vezes realizavam concretagem no período noturno, no qual era desprovido de iluminação adequada para a execução do serviço.
- c) Pagamento por profundidade escavada – a empresa responsável pela execução das estacas, é uma empresa terceirizada e o pagamento realizado para ela era feito através da profundidade escavada, sendo assim, isso explica o porquê da maioria das estacas ultrapassar alguns centímetros a profundidade de projeto (11 metros).
- d) Geração de entulho – quando a estaca é escavada pela hélice da perfuratriz, é gerado uma grande quantidade de entulho envolta dela. Assim, no momento de retirar a haste da perfuratriz, que é quando ocorre a concretagem, o operador acaba levantando a ela mais alto do que o necessário, para não correr o risco de danificá-la ao se movimentar. Ou seja, a concretagem é cessada acima da cota de projeto, como pode ser exemplificado na Figura 24.

Figura 24: Entulho gerado pela escavação da estaca ocasionando o desperdício de concreto.



Fonte: Do autor (2019).

4.7.2 Proposição de Diretrizes

As diretrizes que poderiam ser tomadas pelos gestores desta obra, era simplesmente atacar diretamente as causas que acarretam no desperdício de concreto usinado dentro do canteiro.

Durante a pesquisa de campo, pode-se perceber uma falha gestão e monitoramento no processo de execução das estacas, visto que, como mencionado anteriormente, muitas das estacas ultrapassavam a profundidade de projeto, como também, a despreparação do canteiro quando haviam expedientes em horários inadequados.

Além disso, a maioria dos fatores que ocasionam o desperdício de concreto usinado no processo de execução de estacas é causado pela falta de fiscalização, como por exemplo, o fato de não cubarem o concreto quando chega na obra.

Portanto, algumas medidas deveriam ser tomadas para a minimização do desperdício dentro do canteiro, entre elas pode-se destacar a intensificação da fiscalização por parte da empresa no processo de execução das fundações, e também, preparar o canteiro quando forem realizar concretagem fora do expediente normal. Além disso, deveria realizar um acordo com a empresa terceirizada responsável pela execução das estacas, para efetuar o pagamento apenas pela profundidade estipulada em projeto, para que não haja alterações dimensionais na peça, ou se houver, que isso não venha a prejudicar o orçamento da obra. Dessa forma, tomando essas simples medidas, pode-se ter certeza que reduzirá bastante o desperdício de concreto usinado no processo execução deste e de outros empreendimentos futuros.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como foi mencionado no início deste trabalho, o objetivo principal da presente pesquisa era avaliar o estado atual dos índices de desperdício de concreto estrutural usinado no processo de execução de estacas de hélice contínua monitorada no canteiro de obra de um edifício de cunho hospitalar na cidade de São Luís – MA.

De maneira geral, os índices de desperdícios identificados dentro do canteiro de obras, quando comparado com o proposto pela Tabela de Composição de Preços para Orçamentos – TCPO, da editora PINI, foram aceitáveis, ficando quase sempre dentro da margem estabelecida, que era de 1 a 33%. Entretanto, esse cenário pode se tornar preocupante se levarmos em consideração o impacto que esse desperdício pode gerar dentro do orçamento dessa edificação. Uma vez que, o período de coleta e avaliação dos dados durou apenas 10 dias e foram analisadas a concretagem de 132 estacas de hélice contínua em um dos blocos da edificação e o desperdício gerado custou aos cofres da empresa responsável cerca de R\$ 34.359,11. Vale a pena ressaltar que, de acordo com o engenheiro responsável pela obra, estava previsto em projeto para a fundação de toda a edificação cerca de 700 estacas.

Além disso, ficou evidenciado nesta pesquisa, assim como estudos anteriores que, a principal causa de desperdício de concreto usinado em estruturas, é a variação dimensional das peças. Outro fator que pode ser percebido dentro do canteiro de obra em estudo, foi a falta de fiscalização da mão de obra e também da falta de conferência da quantidade de concreto solicitada e paga em relação a recebida, o que pode ter acarretado em perdas desse material.

De um modo geral, mais do que mensurar os índices de perdas e propor um conjunto de soluções para as mesmas, este trabalho buscou disseminar o conhecimento sobre as perdas no processo de execução de estacas de hélice contínua, tentando desenvolver uma capacidade de percepção das pessoas (engenheiros, arquitetos), para que estes consigam visualizar como as perdas se originam na realidade e que grande parcela delas podem ser previsíveis e evitáveis, podendo assim combatê-las.

Por último, com base nas conclusões obtidas e apresentadas, é possível afirmar que, os objetivos propostos no início da presente pesquisa foram atingidos satisfatoriamente.

SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

Tendo em vista as questões anteriormente abordadas, o presente trabalho poderá ser aprofundado e melhorado com a realização de estudos sobre:

- Análise do índice de desperdício com um campo de pesquisa mais amplo;
- Avaliar as perdas de outros insumos e serviços que ocorrem dentro do canteiro de obra;
- Desenvolver métodos de controle de perdas que possam ser inseridos nos sistemas de informação das empresas;
- Implantar um programa de política de prêmios à mão de obra baseada na racionalização do consumo de materiais.

REFERÊNCIAS

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **PAIC - Pesquisa anual da indústria da construção**. Brasil: 2016.

SANTO, J. O.; BATISTA, O. H. S.; SOUZA, J. K. S; LIMA, C. T.; SANTOS, J. R.; MARINHO, A. A. **Resíduos da indústria da construção civil e o seu processo de reciclagem para minimização dos impactos ambientais**. Cadernos de Graduação - Ciências exatas e tecnológicas, Maceió: v. 1, n.1, p. 73-84, maio 2014.

LORENZON, I. A.; MARTINS, R. A. M. **Discussão sobre a medição de desempenho na lean Construction**. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 13., 2006, Bauru. Anais... São Paulo, 2006.

GROHMANN, M. Z. **Redução do desperdício na construção civil: levantamento das medidas utilizadas pelas empresas de Santa Maria**. In: XVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 1998, Niterói.

COSTA, W. J. V.; GONÇALVES, R. J.; SILVA, K. P. G.; TEIXEIRA, D. G. **Processos produtivos na construção civil: otimização do processo de reboco de fachada em edificação**. In: XXXIV ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2014, Curitiba.

BRITO, J. L. W. **Fundações do edifício**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1987.

AGOPYAN, V. et al. **Alternativas para redução do desperdício de materiais nos canteiros de obra**. In: Inovação, Gestão da Qualidade e Produtividade e Disseminação do Conhecimento na Construção Habitacional / Editores Carlos Torres Formoso [e] Akemi Ino. Porto Alegre: ANTAC, 2003.

AGOPYAN, V; SOUZA U.E. L.; PALIARI, J.C.; ANDRADE, A. C. **Alternativas para a redução dos desperdícios de materiais nos canteiros de obras: relatório final**. São Paulo: EPUSP/FINEP/ITQC, 1998.

ROCHA, H. S. N. **Avaliação dos índices de desperdícios de materiais: estudo de caso em uma edificação na cidade de Feira de Santana – BA**. Feira de Santana: Universidade Estadual de Feira de Santana, 2010.

SOUZA, R. et al. Sistema de gestão da qualidade para empresas construtoras. São Paulo. PINI, 1994.

SOUZA, U. E. L. et al. **Perdas de materiais nos canteiros de obras: a quebra do mito.** Qualidade na Construção, São Paulo, v. 13, p. 10 - 15, 30 dez. 1994.

SOUZA, U. E. L. **Redução do desperdício de materiais através do controle do consumo em obra.** In: XVII ENEGEP, Gramado-RS, 1997. Anais (CD-ROM). Gramado, UFRGS, 1997. 8p.

SALAME, A. M. **Mapeamento das fundações mais usadas na cidade de Belém – PA.** Aspectos Gerais e Proposta Preliminar de Mapeamento de Soluções Utilizadas em Casos Recentes. Belém: Universidade Federal do Pará, 2003.

HACHICH, Waldemar... et al., **Fundações: teoria e prática.** São Paulo, Pini 1996.

O GLOBO. **Construção de túnel em Stonehenge ameaça tesouros arqueológicos.** Disponível em: <https://oglobo.globo.com/sociedade/historia/construcao-de-tunel-em-stonehenge-ameaca-tesouros-arqueologicos-22365357>. Acessado em: 14 de outubro de 2019.

REDAÇÃO, M. E. **Por que a Torre de Pisa é inclinada.** Disponível em: <https://super.abril.com.br/mundo-estranho/por-que-a-torre-de-pisa-e-inclinada/>. Acesso em: 14 de outubro de 2019.

LAURENTINO, B. O. **Estudo de caso comparativo de projeto de fundação por estaca pré-moldada e hélice contínua.** Florianópolis: Universidade de Santa Catarina, 2018.

MEDRANO, M. L. de Oliveira. **Avaliação de métodos dinâmicos baseados em nega e repique elástico: estudo de caso.** 2014. 240 f. Dissertação (Mestrado em Geotécnica) – Programa de Pós-Graduação e Área de Concentração em Geotécnica. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014.

AZEREDO, H. A. **O edifício até sua cobertura.** São Paulo: Ed. Edgar Blucher Ltda. 1977.

BARROS, Mercia. **Fundações: PCC-2435: Tecnologia da Construção e Edifícios I**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo: Departamento de Engenharia de Construção Civil, 2003.

WOLLE, C.M.; BOSCOV M.E.G.; MARZIONNA J.D.; MELLO L.G.S.; KOCHEN R.; NEME P.A.; NADER J.J. **Fundações – Exercícios Resolvidos**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Estruturas e Fundações, 1993.

BARROS, C. **Apostila de fundações – Técnicas construtivas de edificações**. Pelotas: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-Rio-Grandense, 2011.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Programação de sondagens de simples reconhecimento dos solos para fundações de edifícios**. Rio de Janeiro, 2001.

VELLOSO, D.A.; LOPES, F.R. **Fundações**. São Paulo, Oficina de Textos. 2011.

SENA, L. **Estudo de caso sobre projeto de fundações por sapatas e por estacas**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2016.

PEREIRA, Caio. **Sapatas de fundação**. Escola Engenharia, 2016. Disponível em: <https://www.escolaengenharia.com.br/sapatas-de-fundacao/>. Acesso em: 13 de novembro de 2019.

VOTORANTIM CIMENTOS. **Sapata corrida: uma fundação versátil e econômica**. Disponível em: <https://www.mapadaobra.com.br/negocios/sapata-corrida/>. Acesso em: 10 de outubro de 2019.

DIRECTIVA ENGENHARIA. **Sapata associada**. Disponível em: <http://directiva.eng.br/servico/sapata-associada/>. Acesso em: 10 de outubro de 2019.

UNIVERSIDADE TRISUL. **Blocos de fundações – execução**. Disponível em: <http://www.universidadetrisul.com.br/fases-de-obra/fundacoes/execucao-de-blocos-de-fundacoes>. Acesso em: 10 de outubro de 2019.

VOTORANTIM CIMENTOS. **Radier de concreto armado é opção para fundações diretas.** Disponível em:

<https://www.mapadaobra.com.br/capacitacao/radier-de-concreto-armado-e-opcao-competitiva-para-fundacoes-diretas/>. Acesso em: 10 de outubro de 2019.

JOPPERT JR, Ivan. **Fundações e contenções de edifícios – qualidade total na gestão do projeto e execução.** 1.ed. São Paulo: PINI, 2007.

LÁZARO, A. A. **Estacas hélice contínua: correlações entre a monitoração e as características dos solos.** São Paulo: Escola Politécnica de São Paulo, 2003.

MUCHETI, Alexsander Silva. **Estacas hélice segmentada: execução, verificação de integridade e estudo do comportamento.** São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2008.

PEREIRA, Caio. **Estaca Hélice Contínua – Vantagens e Desvantagens.** Escola Engenharia, 2017. Disponível em: <https://www.escolaengenharia.com.br/estaca-helice-continua/>. Acesso em: 13 de novembro de 2019.

FUNDESP. **Fundações especiais: estacas hélice contínua (EHC).** Disponível em < <http://www.fundespp.com.br/2009/estacashelice.html>>. Acesso em: 13 outubro 2019.

CAPUTO, Homero Pinto. **Mecânica dos solos e suas aplicações: Mecânica das Rochas - Fundações - Obras de Terra.** 6. ed. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora S.a, 1987. 2 v.

ALMEIDA NETO, J. A. **Análise do desempenho de estacas hélice contínua e ômega – Aspectos executivos.** São Paulo: Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2002.

NUERNBERG, M. F. **Estacas do tipo hélice contínua monitorada (EHC): Dimensionamento através de métodos semi-empíricos.** Santa Catarina: Universidade Federal de Santa Catarina, 2014.

VARGAS, C. et al. **Avaliação de perdas em obras – aplicação de metodologia expedita.** Anais do 17° Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Gramado, 1997.

COLOMBO, C. R.; BAZZO, W. A. **Desperdício na construção civil e a questão habitacional: um enfoque CTS.** 1999.

SOUZA, U. E. L. **Como reduzir perdas nos canteiros: manual de gestão do consumo de materiais na construção civil.** São Paulo: PINI, 2005.

FORMOSO, C. T. et al. **Perdas na construção civil: conceitos, classificações e seu papel na melhoria do setor.** Técnica. São Paulo, n.23, p.30-33, jul - ago 1996.

SOIBELMAN, L. **As perdas de materiais na construção de edificações: Sua incidência e controle.** Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1993.

MESSEGUER, Alvaro. **Controle e garantia da qualidade na construção.** São Paulo: SINDUSCON, 1991.

SERPELL, Alfredo. **Administración de operaciones de construcción.** Santiago: Universidad Católica, 1993.

SACOMANO, J. B. et al. **Administração de produção na construção civil: o gerenciamento de obras baseado em critérios competitivos.** São Paulo: Arte e Ciência, 2004.

ANEXO A

