

BARBAR, L. M.<sup>1</sup>; PEREIRA, A. V. T.<sup>2</sup>

*Graduandos, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil*

Ferreira, R. B.<sup>3</sup>

*Professor M.Sc., Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil*

<sup>1</sup> [michel-laquis@hotmail.com](mailto:michel-laquis@hotmail.com); <sup>2</sup> [victorristao1997@outlook.com](mailto:victorristao1997@outlook.com); <sup>3</sup> [ricferprof@gmail.com](mailto:ricferprof@gmail.com)

**RESUMO:** Neste presente trabalho será mostrado a importância de um atencioso estudo sobre a fundação, critérios de um pré-dimensionamento além de outros parâmetros que nos norteiam para a aceitação de projetos de fundação. A fundação recebe todos os carregamentos da estrutura e uma breve análise pode render economia no tempo de execução mostrando aceitação no quesito de capacidade de carga, consumo e consistência do concreto e por final na verificação final com o ensaio de capacidade de carga analisando se a estrutura final será aceita de acordo com o projetado. De acordo com os estudos apresentados, o método de previsão de capacidade de carga, segundo Decourt-Quaresma (1978), modificado por Decourt et al. (1996) mostrou ser confiável, apresentando valores “próximos” aos levados em consideração no projeto contando com o fator de segurança aplicados em um projeto de estrutura. O sobreconsumo de concreto para as obras analisadas apresentou resultados insatisfatórios para um empreendimento apresentando possíveis processos falhos que poderiam ser evitados. Realçado a finalidade do teste de carga na fundação bem como a análise dos resultados favoráveis e não favoráveis encontrados.

*Palavras-chaves: Hélice contínua, sobreconsumo de concreto, Análise do solo, aceitação de projeto, capacidade de carga.*

**ABSTRACT:** In this present work will be shown the importance of a careful study on the foundation, criteria of a pre-sizing and other parameters that guide us for the acceptance of foundation projects. The foundation receives all the loads of the structure, and a brief analysis can yield savings in execution time showing acceptance in terms of load capacity, consumption, and consistency of the concrete and finally in the final verification with the load capacity test analyzing if the structure final will be accepted as designed. According to the studies presented, the method of forecasting load capacity, according to Decourt-Quaresma (1978), modified by Decourt et al. (1996) proved to be reliable, presenting values “close” to those considered in the project, counting on the safety factor applied in a structure project. The overconsumption of concrete for the analyzed works presented unsatisfactory results for a project presenting possible flawed processes that could be avoided. Highlighted the purpose of the load test on the foundation as well as the analysis of favorable and unfavorable results found.

*Keywords: Continuous propeller, concrete overconsumption, Soil analysis, design acceptance, load capacity.*

**Área de Concentração:** 01 – Geotecnia, 02 – Estruturas, 03 – Construção Civil.

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo Pedrozo (2018), o custo de execução da fundação de um empreendimento representa em torno de 3% a 7% do valor total do projeto. No entanto, segundo Pedrozo (2017), ao analisar obras que tiveram problemas em fundações, observou que o custo de reforço da fundação representa 4 vezes mais que o valor do custo inicial da fundação.

Observa-se que a execução e dimensionamento de uma estrutura de fundação é de extrema importância para uma edificação, visto que toda estrutura de concreto armado sofre contínuos deslocamentos. Falhas no processo executivo ou de dimensionamento de uma fundação podem ocasionar inúmeros problemas, como o quadro de fissuração em uma construção atribuído a insuficiência de investigação geotécnica do terreno, Figura 1.

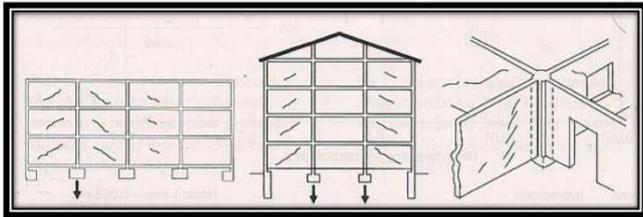
**Figura 1- Fissuras ocasionadas por falta de investigação geotécnica do terreno (sondagem)**



Fonte: Franco e Niedermeyer(2017).

O ensaio de sondagem é de suma importância para o dimensionamento de uma fundação, conforme Figura 2, que exemplifica a relação entre o deslocamento da estrutura e possíveis fissurações que podem ocorrer. Segundo NBR6118:2019, para toda estrutura é previsto um deslocamento máximo aceitável, e quando os valores de deslocamento são ultrapassados dos limites, a estrutura pode chegar ao colapso. Com isso, surge o debate acerca da importância da análise aprofundada do projeto de fundação pelo projetista, bem como revisado pelo executor (SILVA, 2015).

**Figura 2- Fissuração devido a recalques nas fundações**



Fonte: Consoli; Milititsky; Schinaid, p.24 (2005).

Segundo Pedrozo (2017), ao analisar obras que tiveram problemas em fundações, observa-se que 20,7% das manifestações patológicas ocorrem devido à falta de análise de projetos. Tal fato evidencia a importância do tema que será tratado nesta pesquisa. Segundo PILZ et al. (2015), o custo para reforço ou tratamento de manifestações patológicas devido a problemas em uma fundação podem gerar custos para a obra que excedem o que seria gasto para sua execução inicial. Ainda no estudo analisado por PILZ et al. (2015), o custo de reforço da fundação analisada no estudo representou 450% do custo inicial da fundação.

Diante das possíveis falhas que podem acontecer nos projetos de dimensionamento é de extrema importância que este seja conferido pelo executor da obra. Essa análise não necessita ser tão aprofundada quanto a realizada pelo projetista, pois, por meio de indicadores estabelecidos a partir de processos de execução

anteriores é possível identificar indícios de falhas nos projetos e realizar melhorias em seus procedimentos executivos, o que possibilitaria economia com possíveis problemas futuros ou um ganho no planejamento da obra.

Portanto, a partir dos problemas levantados no que se refere à possíveis falhas que poderiam ser evitadas por uma análise dos projetos pelo executor de obras e considerando a carência de trabalhos que abordam este assunto, na presente pesquisa são propostos indicadores que auxiliam a revisão do dimensionamento dos projetos, possibilitando a identificação de possíveis falhas.

Sendo assim, o objetivo geral da presente pesquisa consiste em aplicar indicadores de verificação de projeto, de controle tecnológico e de recebimento de estruturas de fundações executadas em estacas moldadas in loco do tipo hélice contínua.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Segundo Pinto (2006), a Engenharia Geotécnica é uma arte que se aprimora pela experiência e a partir de observações e análises de obras já executadas. Ganha-se assim, conhecimento para que as peculiaridades e comportamento dos solos não venham a acarretar problemas após a execução do empreendimento.

O desenvolvimento do projeto de fundações executado em estacas moldadas in loco, do tipo hélice contínua, exige o acompanhamento prático e teórico dos projetistas. Segundo Antunes (1998), uma fundação em estaca hélice contínua foi executada pela primeira vez no Brasil em 1987 com equipamentos aqui desenvolvidos, montados sob guindastes de esteiras, desde então, esse método de fundação vem se desenvolvendo de forma contínua, como também o aperfeiçoamento no monitoramento dos procedimentos de perfuração e concretagem.

A necessidade de aprimoramento das técnicas executivas de fundações é resultante do desenvolvimento dos projetos arquitetônicos, que exigem edificações cada vez mais altas e esbeltas. Neste sentido, os empreendimentos atuais são mais exigentes com suas fundações e, conseqüentemente, com o terreno de suporte, necessitando de análise e acompanhamento minucioso do executor.

O primeiro passo em um projeto de fundação é conhecer bem o terreno onde a construção será executada. Conhecer as características e propriedades geotécnicas da área da construção é essencial para identificar o tipo de fundação mais adequado para o empreendimento analisado. Segundo Schnaid (2000), a investigação inadequada do subsolo, ou a falta dela, é a

causa mais frequente dos problemas patológicos ligados às fundações.

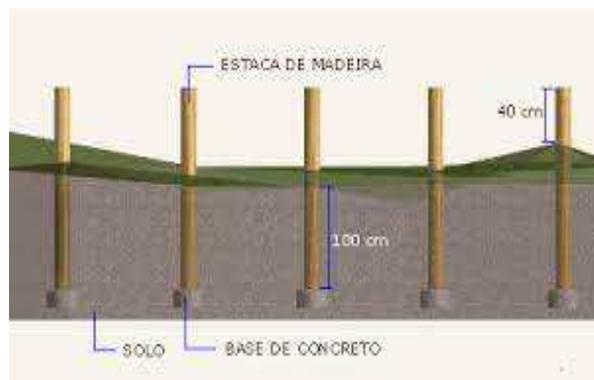
Os dados geotécnicos comumente são obtidos utilizando o método Standard Penetration Test (SPT). Este ensaio, além de gerar resultados amplamente aceitos, não exige um alto valor econômico para ser executado, sendo também, de fácil implementação. Segundo a ANBT NBR 6484: 2020, o ensaio SPT tem o objetivo de determinar o índice de resistência à penetração do solo ( $N_{SPT}$ ), além de permitir caracterizar os diferentes tipos de extratos de solos que compõem o perfil do terreno, suas respectivas profundidades e a posição do nível de água.

Durante o ensaio SPT, podem e devem ser coletadas amostras para serem levadas ao laboratório, a fim de se obter mais informações sobre as propriedades do solo analisado, principalmente em casos de solos coesivos. Utiliza-se um trado ou a circulação de água com um trepano de lavagem no processo do furo da sondagem. A cada metro do solo uma amostra é retirada para análise em laboratório. Para a coleta é utilizada um amostrador padrão com dimensões de  $50,8 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$  de diâmetro externo e  $34,9 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$  de diâmetro interno. As amostras coletadas, ditas deformadas, são utilizadas para uma série de ensaios de caracterização que visam prover importantes parâmetros geotécnicos do solo.

Segundo Pinto (2000), as areias podem ser caracterizadas devido a sua compactação como muito fofa até muito compacta (levando em consideração o  $N_{SPT}$ ), onde areias fofas tendem a apresentar resistência de até 9 golpes ( $N_{SPT} = 9$ ). A partir de um  $N_{SPT}$  de 9 o solo arenoso pode ser caracterizado com compactação mediana e com valores de  $N_{SPT}$  maiores pode chegar a ser caracterizado como muito compacto, apresentando valores de  $N_{SPT}$  acima de 40 golpes. Para a fração fina do solo, Pinto (2000) relaciona a consistência do solo com o  $N_{SPT}$ , caracterizando o solo como muito mole ou mole quando se tem valores baixos de  $N_{SPT}$  ( $N_{SPT} < 6$ ), consistência média, rígida ou dura ( $N_{SPT} > 19$ ).

Em definição, fundação é o sistema de sustentação de uma construção, ou seja, unifica e transmite os esforços ocasionados pela construção ao solo. Esse sistema consiste em estabelecer bases posicionadas abaixo da estrutura em contato com o maciço geotécnico, podendo ser estas de metal, concreto ou madeira (Figuras 3, 4 e 5). Além disso, as bases dimensionadas convergem as cargas estruturais da edificação e as transmitem para o maciço (Figura 6), o qual deve ser analisado previamente para verificação, de forma a analisar se suas características suportarão os esforços calculados (NBR 6122:2019; VELLOSO; LOPES, 2011).

**Figura 3- Fundação tipo estaca de madeira**



Fonte: USP Construção de madeira (2019)

**Figura 4- Fundação tipo estacas metálicas**



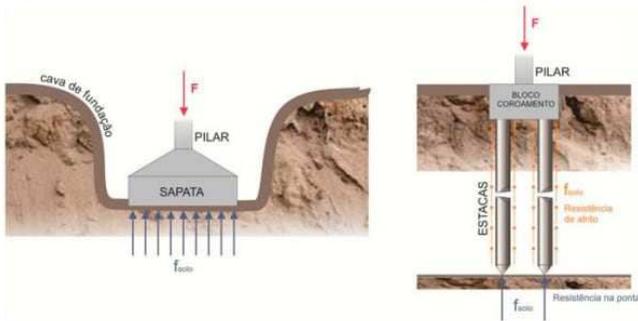
Fonte: Fundações Profundas. Escola Engenharia (2016)

**Figura 5- Estaca de concreto armado**



Fonte: Autorial própria (2021)

**Figura 6 - Modelo de Transmissão de Carga para o Solo**



**Fonte: Tipos de fundações de edifícios, 2014**

O sistema de fundação tem a função de distribuir a carga da construção para o maciço geotécnico. As fundações são divididas em: rasas (superficiais) e profundas, conforme a ABNT NBR 6122: 2019. Essa divisão é feita a partir da profundidade a qual a base será alocada e do tipo da transmissão do esforço ao solo, podendo ser ele de forma lateral, de ponta ou base apoiada, como destacado na referida norma.

Estacas são fundação que não utilizam a escavação manual, são executadas de modo escavado, cravado ou misto. Geralmente trabalha-se com a ação mista de distribuição de cargas, laterais e de ponta, podendo ser associadas a blocos de coroamento. As estacas tipo hélice contínua (Figura 7) possuem um trado helicoidal para escavação de forma contínua e uma haste cilíndrica no interior do trado, local onde será utilizado para lançar o concreto para o interior da escavação (ABNT NBR 6122: 2019); FALCONI et al., 1998).

**Figura 7- Execução estaca tipo hélice contínua**



**Fonte: Autoria Própria (2021)**

Atualmente para execução da estaca tipo hélice contínua é utilizada uma perfuratriz dotada de um trado contínuo. Como neste processo o concreto é aplicado pela própria perfuratriz, o trado é ligado a uma bomba de injeção a qual irá lançar o concreto pela haste central. Todo o processo desde o início da perfuração até a finalização da concretagem é monitorado, informando a pressão do concreto, torque, profundidade, velocidade de rotação e inclinação da haste (ABNT NBR 6122: 2019; Filho, 2016 e Hachich, 1998).

Antes da execução das estacas alguns serviços preliminares são necessários. Primeiramente, deve-se executar o gabarito da obra. Neste serão locados pela equipe de topografia os eixos das estacas que serão perfuradas e os eixos da edificação. Concluída as marcações no gabarito as estacas são locadas no terreno. Os eixos das estacas geralmente são materializados com piquetes de aço curtos que são fincados no solo, profundamente, para que não haja movimentação. Em seguida, os furos de posicionamento dos piquetes são tampados com areia (Figura 8 e Figura 9) para que possam ser facilmente identificados no terreno (ABNT NBR 6122: 2019; Filho, 2016 e Hachich, 1998).

**Figura 8 - Piquete de locação das estacas**



**Fonte: Autoria própria (2021)**

**Figura 9- Piquete de locação das estacas no terreno**

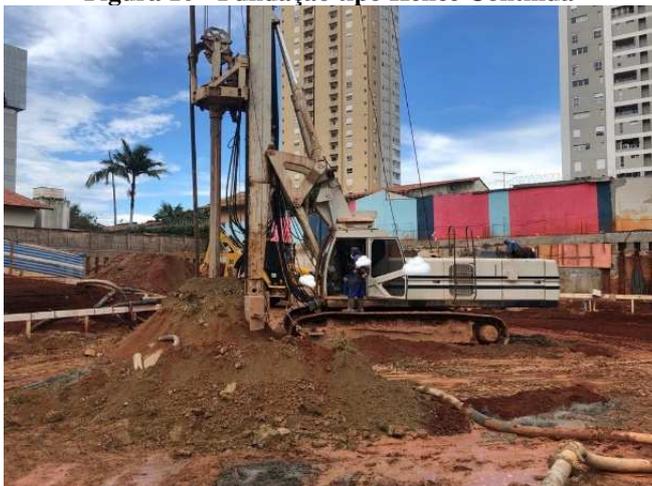


**Fonte: Autoria própria (2021)**

A escavação inicia-se como o posicionamento da perfuratriz, para isso retira-se o piquete de modo cauteloso para evitar deslocamento da marcação. O trado então é posicionado eixo a eixo com a posição do piquete, em nível e à prumo. Por fim, a perfuração do solo inicia-se com o movimento rotativo do trado (ABNT NBR 6122: 2019; Filho, 2016 e Hachich, 1998).

A perfuração do solo é monitorada por sensores a fim de atingir o atingimento da profundidade projetada e verificar se não há nenhuma interferência, como matacões de rocha no solo que possam dificultar ou inviabilizar a perfuração. Ao atingir a profundidade esperada o trado realiza rotações em sentido contrário ao da perfuração para compactar o solo, eliminar resíduos no fundo da estaca e desimpedir a tampa da haste de bombeamento (Figura 10), sendo esta removida com a pressão do concreto (ABNT NBR 6122: 2019; Filho, 2016 e Hachich, 1998).

**Figura 10 - Fundação tipo Hélice Contínua**



**Fonte: Autoria própria (2021)**

Atingida a profundidade necessária e realizada a rotação reversa, inicia-se então a aplicação do concreto. Para o controle tecnológico do concreto, realiza-se o ensaio de abatimento de tronco de cone para avaliar se

sua trabalhabilidade está adequada ao processo de bombeamento, bem como, o posterior processo de colocação da armadura na estaca.

O trado é removido sem rotação, à prumo para que não se misture o solo com o concreto. Durante sua remoção o concreto será aplicado de forma contínua e bombeado pela haste central do trado no sentido do fundo para o topo da estaca. Durante a retirada do trado é importante que se efetue sua limpeza, removendo o solo que esteja aderidos ao trado para evitar que sua queda cause acidente, bem como diminuir o peso da perfuratriz (ABNT NBR 6122: 2019; Filho, 2016 e Hachich, 1998).

Quando atingida a cota da concretagem estabelecida em projeto o bombeamento é finalizado e então prossegue-se com a limpeza do local. A cota da concretagem da estaca é prevista sempre acima da cota de arrasamento. Essa parte acima da cota de arrasamento, posteriormente é retirada (Figura 11), pois esta parte superior comumente está contaminada com resíduos de solo misturados ao concreto (ABNT NBR 6122: 2019; Filho, 2016 e Hachich, 1998).

**Figura 11- Retirada das cabeças de estacas**



**Fonte: Autoria Própria (2021)**

A limpeza do local deverá ser realizada de forma célere, uma vez que o concreto em contato com o solo atinge sua pega rapidamente. Feita a limpeza inicia-se a inserção das armaduras, com a ajuda do cabo auxiliar da perfuratriz que levanta a armadura e a coloca sobre a estaca previamente cheia de concreto. Em seguida, com auxílio de maquinário (comumente uma escavadeira) a armadura é empurrada para dentro do concreto até atingir sua cota final estabelecida em

projeto, esta é superior à cota de arrasamento do concreto (ABNT NBR 6122: 2019; Filho, 2016 e Hachich, 1998).

Finalizada a colocação das armaduras deve-se conferir novamente a cota de arrasamento do concreto. Caso haja necessidade pode-se remover o excesso de concreto para que não precise realizar a sua quebra posteriormente (Hachich, 1998).

O uso da estaca tipo hélice contínua monitorada foi muito bem recebido no mercado da Engenharia Civil. O uso desse método viabiliza uma execução da obra mais rápida, uma vez que a fundação é uma das fases mais demoradas. Contudo, este método de fundação ainda é recente, em fase de desenvolvimento dos maquinários, com mudanças contínuas. ~~Na Tabela 2 elenca-se algumas vantagens e desvantagens do método, segundo Albuquerque et al. (2002).~~

**Tabela 2 – Vantagens e desvantagens do uso das estacas tipo hélice contínua**

Vantagens	Desvantagens
Rapidez de execução	Necessidade de um terreno plano
Ausência de vibração e ruídos	Necessidade de um terreno espaçoso para movimentação
Ausência de descompressão no solo do terreno	Impossibilidade do controle de arrasamento das estacas
Não precisa de fluido de contenção do fuste	Grande perda de concreto
Possibilidade de execução abaixo do nível de água	Necessidade de um fornecimento abrupto de concreto

Fonte: Adaptado de Albuquerque et al. (2002)

Segundo Branco e Alves (2019), as estacas hélice contínua surgiram com o intuito de buscar novas tecnologias que aumentassem a produtividade e minimizassem os impactos ambientais durante a execução de fundações. Além de solucionar esses problemas a fundação hélice contínua apresenta uma grande capacidade de carga, podendo ser usada em obras de grande porte.

Segundo Antunes e Tarozzo (1998), a hélice contínua tem uma grande produtividade, podendo executar de 150 a 400 metros de fundação por dia a depender do tipo e resistência do solo, diâmetro da fundação e sua profundidade. Essa produtividade impacta diretamente

no cronograma da obra, com um serviço mais ágil e equipe reduzida.

Mesmo com projeto e cálculos realizados para o dimensionamento e detalhamento da fundação, ainda se faz necessário uma validação em campo da resistência esperada. De acordo com Magalhaes (2005), as provas de carga são métodos que representam, de forma mais confiável, o comportamento das fundações quando solicitadas. Essas provas de carga podem ser de carregamentos dinâmicos ou estáticos, conforme a NBR 12131:2006.

De acordo com Magalhaes (2005), o ensaio de carregamento estático é o único que reproduz as condições de trabalho da estaca. Ainda segundo o autor, pesquisadores, geotécnicos e empresas vem trabalhando em provas de cargas estáticas buscando observar e encontrar parâmetros mais adequados para projetos de estaca do tipo hélice contínua. Estudos feitos verificaram as correlações com métodos empíricos utilizando ensaios de investigação como o SPT e provas de carga estática.

### 3 METODOLOGIA

O presente estudo tem como espaço amostral a execução de 4 obras da mesma empresa com fundação do tipo estaca hélice contínua, todas as obras são situadas em Goiânia-GO, 2 delas com a execução da fundação já finalizada e 2 com a execução em andamento. As principais características dos empreendimentos estão descritas na ~~Tabela 3~~Tabela 2.

**Tabela 3**~~Tabela 2~~ – Característica gerais das fundações dos empreendimentos objeto de estudo.

Parâmetro	Obra 01	Obra 02	Obra 03	Obra 04
Status executivo	Finalizada	Finalizada	Andamento	Andamento
Torres	01	01	03	02
Pavimentos	26	15	15	31
N <sub>SPT</sub> do solo	60	52	47	40
Solo	Areia argilosa	Argila siltosa	Silte	Argila arenosa
Blocos de fundação	26	25	384	34
Escavação (m)	3,55	0	0	5,7
Estacas projetadas				
Quantidade	102	114	405	208
Diâmetro (cm)	80 e 90	40, 60 e 70	25, 40, 50 e 60	60, 70 e 80
Comprimento projetado (m)	15	17	15	15
Comprimento revisado (m)	20	23	17	15
Carga de trabalho (tf)	300	210	145	250

Fonte: próprio autor (2022).

Sabendo-se das características citadas na [Tabela 3](#) e [Tabela 2](#), foi analisado se estes possuem as características indicadas para a execução das estacas propostas.

Adicionalmente, conduziu-se uma análise de aceitação preliminar das estacas, baseando-se no método proposto por Décourt-Quaresma (1978) para o cálculo da capacidade total de carga (resistência de ponta e lateral) da estaca.

De acordo com referido método, a resistência de ponta da estaca foi calculada utilizando o valor de  $N_{SPT}$ , sendo a média entre o valor do  $N_{SPT}$  correspondente à cota da ponta da estaca, o valor imediatamente inferior e o imediatamente superior. A resistência de ponta proposta por Décourt-Quaresma (1978) pode ser calculada conforme a Equação I:

$$q_{p,ult} = CNp \quad \text{Equação I}$$

Em que  $C$  corresponde um coeficiente que varia conforme o tipo de solo ([Tabela 4](#) e [Tabela 3](#)) e  $Np$  a média dos valores de  $N_{SPT}$ .

**Tabela 4** e **Tabela 3** – Valores de  $C$ .

Tipo de solo	$C$ (tf/m <sup>2</sup> )
Areia	40
Silte arenoso	25
Silte argiloso	20
Argila	12

Fonte: Décourt-Quaresma (1978).

Décourt-Quaresma (1978), também propuseram que a resistência característica de atrito lateral da estaca pode ser calculada segundo a Equação II.

$$\tau_{l,ult} = \frac{N}{3} + 1 \quad \text{Equação II}$$

Em que  $N$  é o valor médio de  $N_{SPT}$  ao longo do fuste, desconsiderando aqueles utilizados no cálculo de ponta, sendo que, caso o  $N_{SPT}$  seja menor que 3, deve-se considerar o  $N_{SPT} = 3$  e, caso seja maior que 50, considera-se  $N_{SPT} = 50$ .

Por fim, o método de Decourt-Quaresma (1978) modificado por Decourt et al. (1996) propõe coeficientes  $\alpha$  e  $\beta$  para a previsão da capacidade de carga total das estacas. Para as estacas do tipo hélice contínua, foram utilizados os valores de 0,3 e 1,0 para as parcelas de ponta e atrito lateral, respectivamente. Decourt-Quaresma (1978) também utilizam fatores de segurança diferentes para cada parcela de resistência,

4,0 para a resistência de ponta e 1,3 para o atrito lateral, de modo que a capacidade de carga admissível de uma estaca pode ser calculada conforme a Equação III:

$$Q_{ult} = \frac{0,3 * Q_p}{4} + \frac{1,0 * Q_l}{1,3} \quad \text{Equação III}$$

Onde:  $Q_p$  é a capacidade de ponta da estaca;  $Q_l$  é a capacidade de carga devido ao atrito lateral da estaca e  $Q_{ult}$  é a capacidade total da estaca

As 4 obras avaliadas executaram estaca “teste” em que a perfuratriz realizou a leitura da pressão de penetração da hélice no solo. Os dados obtidos foram enviados ao projetista para validação do projeto, como resultado, o comprimento das estacas das obras 01, 02 e 03 foram revisados e aumentados, conforme relatado na [Tabela 3](#) e [Tabela 2](#).

Segundo os critérios da ABNT NBR 6122: 2019 o concreto utilizado para a execução das estacas deve satisfazer as características conforme [Tabela 5](#) e [Tabela 4](#).

**Tabela 05** – Exigências de concreto

Característica do concreto	Valor
Consumo de cimento	$\geq 400$ kg/m <sup>3</sup>
Abatimento	22 cm a 26 cm
Dimensão do agregado graúdo	4,75 mm a 12,5 mm
fck	$\geq 30$ MPa

Fonte: ABNT NBR 6122 (2019)

Para a elaboração de indicadores de sobreconsumo de concreto foram utilizados 4 valores de consumo de concreto disponíveis: o volume de concreto previsto em projeto, o volume calculado com base na geometria das estacas, o volume medido pela perfuratriz e volume faturado em nota dos caminhões betoneira aplicados.

O volume de concreto medido pela perfuratriz é obtido do sistema de monitoramento do equipamento. O monitoramento da execução das estacas foi realizado utilizando o programa Softsaci, versão 7.0.10, fornecido pela Geodigitus, sendo registrados os parâmetros relacionados na [Tabela 6](#) e [Tabela 5](#).

**Tabela 6** e **Tabela 5** – Parâmetros monitorados pelo software da perfuratriz utilizada

Parâmetro
Inclinação
Profundidade

Pressão de Torque (medido em bar: 1 bar = 1kgf/cm<sup>2</sup>)  
(perfuração)  
Rotação (RPM) (perfuração);  
Pressão de Concreto (concretagem);  
Velocidade de perfuração;  
Velocidade de extração do trado (concretagem).

**Fonte: Relatório executivo fornecido pela empresa de fundação (2021)**

O acompanhamento pelo software utilizado é realizado em geral por sensores que são ligados a pontos distintos da torre, podendo ser de funcionamento elétrico ou por ondas de rádio. A captação dos sensores é enviada para um *prompt* de comando, o qual é possível visualizar todos os parâmetros citados na Tabela 06 e, futuramente será possível realizar a retirada de dados precisos do armazenamento do aparelho, elaborando relatórios com informações úteis para obra tais como profundidade, volume de concreto utilizado e pressão ao longo do trecho tanto para perfuração quanto para extração, gerando com esses dados gráficos para possíveis análises de falhas durante a concretagem ou comparativos mediante aos quantitativos calculados pelo *software*.

**Figura 12 – Identificação dos sensores de monitoramento em estaca Hélice contínua**



**Fonte: Santos, Caroline (2019)**

Em específico para profundidade atingida, o sensor é composto por 2 sensores de proximidade que detectam a rotação e sentido de uma das roldanas por onde passa o cabo de aço que sustenta o trado, através desse sensor é possível identificar a posição do trado em relação ao nível do terreno, podendo também realizar o cálculo da velocidade do trado em vista do controle do tempo também medido pelo *prompt* de comando (Ftanmar, 2022).

Para medição do volume de concreto utilizado, sua identificação é realizada através de um sensor instalado na junção do mangote de concreto com o topo da haste do trado. O sensor mede a pressão de concreto de forma indireta, através da câmara de concreto. Esta câmara transfere a pressão do concreto para um líquido (água destilada) que está em contato com um tubo de borracha comprimido pelo concreto na sua passagem (Ftanmar, 2022).

Esta câmara, além de medir a pressão do concreto, capta o número de picos de pressão e informa ao computador para determinação do volume de concreto utilizado. Como as bombas de concreto são providas de dois cilindros hidráulicos mecanicamente ligados à cilindros que bombeiam o concreto, o processo de bombeamento gera diversos picos de pressão a cada “golpe” da bomba (Ftanmar, 2022).

[O sobreconsumo para hélice contínua dentre vários desperdícios na movimentação do maquinário, dois fatores se tornam de grande relevância para seu aumento. Durante a retirada do trado no solo, o acúmulo de impurezas tais como rochas, resquícios de concreto e o próprio material geológico podem ocasionar uma expansividade durante a retirada alargando o diâmetro do furo. Além disso a profundidade alcançada pelo maquinário, se apresentam superiores as necessárias em projeto, em vista que após atingir a profundidade necessário o trado realiza movimentações e rotações, a fim de aliviar o solo para sua retirada afetando assim a profundidade e diâmetro das estacas perfuradas.](#)

[A análise do sobreconsumo encontrado para as medições de concreto tanto para o maquinário quanto para o consumo real, foi analisado a profundidade e diâmetro das estacas após sua concretagem. A profundidade foi obtida pelo relatório emitido pelo maquinário e o diâmetro foi medido in loco após perfuração do bloco, identificando medida de face a face das estacas. Como referência para sobreconsumo encontrado foram elaborados os valores teóricos a partir da variação —alteração do diâmetro e profundidade encontrados— conforme identificado na Tabela 06 e Tabela 07](#)

**Tabela 6 – Resumo de volumes de concreto.**

<u>Diâmetro da estaca</u>	<u>Volume</u>	<u>Sobreconsumo</u>
<u>91 cm</u>	<u>13,0 m<sup>3</sup></u>	<u>2,2%</u>
<u>92 cm</u>	<u>13,3 m<sup>3</sup></u>	<u>4,5%</u>

<a href="#">93 cm</a>	<a href="#">13,6 m<sup>3</sup></a>	<a href="#">6,8%</a>
<a href="#">94 cm</a>	<a href="#">13,9 m<sup>3</sup></a>	<a href="#">9,1%</a>
<a href="#">95 cm</a>	<a href="#">14,2 m<sup>3</sup></a>	<a href="#">11,4%</a>

**Fonte: Autoria própria (2022)**

**Tabela 7 – Resumo de volumes de concreto.**

<a href="#">Profundidade da estaca</a>	<a href="#">Volume</a>	<a href="#">Sobreconsumo</a>
<a href="#">20,2 m</a>	<a href="#">12,9 m<sup>3</sup></a>	<a href="#">1,0%</a>
<a href="#">20,4 m</a>	<a href="#">13,0 m<sup>3</sup></a>	<a href="#">2,0%</a>
<a href="#">20,6 m</a>	<a href="#">13,1 m<sup>3</sup></a>	<a href="#">3,0%</a>
<a href="#">20,8 m</a>	<a href="#">13,2 m<sup>3</sup></a>	<a href="#">4,0%</a>
<a href="#">21,0 m</a>	<a href="#">13,4 m<sup>3</sup></a>	<a href="#">5,0%</a>

**Fonte: Autoria própria (2022)**

Por fim, todas as obras realizaram provas de carga em uma estaca teste com base nos requisitos da ABNT NBR 16903: 2020. Para tal foi utilizado o método lento com 10 estágios que foram mantidos no mínimo por 30 minutos até a estabilização dos deslocamentos. O carregamento máximo aplicado é o dobro da carga de projeto. Os valores de recalque foram medidos em cada estágio e o recalque máximo admitido como premissa de projeto deve ser inferior a 10% do diâmetro da estaca corresponde. A prova de carga é o último item de aceitação para a estaca tipo hélice contínua.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As primeiras análises trataram da identificação e classificação dos solos de cada obra, caracterizando-os como adequados ou não para o método de fundação previsto, bem como da análise de verificação quanto a carga admissível calculada pelo método Décourt-Quaresma e a projetada.

Os solos das obras 01 e 03 são semelhantes, apresentando granulometria mais fina, composto por silte. Se mostraram com boa resistência nas camadas mais profundas, porém, deve se atentar a sua compressibilidade que pode levar a recalques elevados ao longo do tempo.

O solo da obra 02 se apresentou como sendo apropriado para receber uma fundação em hélice contínua, mostrando-se bem resistente e compacto nas camadas mais profundas, tendo assim, boa capacidade de suporte, além de ter em sua composição uma fração de areia, o que é recomendado para a capacidade portante de estacas do tipo hélice contínua.

Identificou-se rocha de litologia arenito nas camadas mais profundas da obra 04. O solo apresentou boa

capacidade de suporte, porém, a presença de rocha pode causar problemas de execução das estacas tipo hélice contínua caso não se tenha suficientes cuidados, atenção e paciência durante a perfuração, podendo danificar o trado do equipamento.

No geral, as estacas do tipo hélice contínua são aplicáveis aos mais variados tipos de solo, porém, é necessário saber com qual tipo de solo está se trabalhando e assim tomar os devidos cuidados para não comprometer a integridade das estacas. Solos que contêm rochas são os menos recomendados para a utilização de estacas do tipo hélice contínua pois estes podem levar a muitos problemas e contratemplos.

Na obra 01, durante a execução de uma das estacas, a perfuração incidiu em uma rocha que por sua vez danificou o trado e levou a perda do furo. Todo um trabalho foi feito para a retirada da hélice danificada que ficou presa na rocha e o solo teve que ser reforçado para a continuação da obra. Nas demais obras não ocorreram problemas de perfuração.

Analisando os perfis geotécnicos, sondagens do solo e utilizando o método semiempírico de Decourt-Quaresma (1978) modificado por Décourt et al. (1996) foi calculada a capacidade de carga das estacas e comparadas com as cargas de trabalho propostas pelos projetistas, conforme apresentado na [Tabela 7](#)[Tabela 76](#).

**Tabela 7**[Tabela 68](#) – Carga prevista para as estacas das obras pelo comprimento projetado.

<b>Carga</b>	<b>Obra 01</b>	<b>Obra 02</b>	<b>Obra 03</b>	<b>Obra 04</b>
Carga de Projeto	300	210	145	250
Q <sub>ult</sub> calculado	552	394	321	432

**Fonte: Autoria própria (2022)**

Observa-se, claramente, analisando os valores de cálculo da capacidade de carga pelo método semiempírico Décourt et al. (1996), que a capacidade de carga das estacas é adequadamente superior à carga de trabalho projetada.

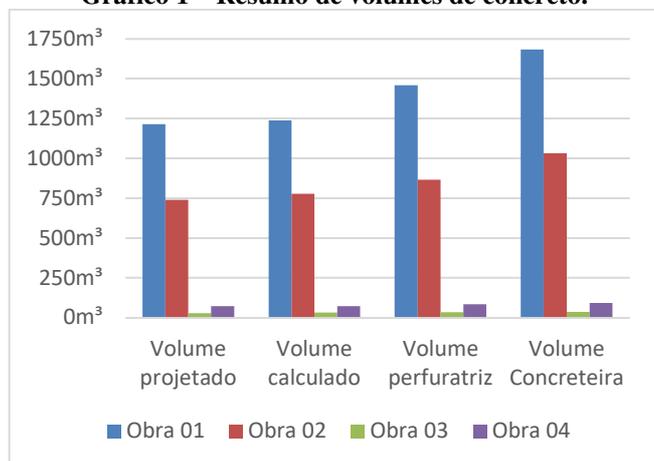
A análise de sobreconsumo considerou: o volume de concreto previsto em projeto, o volume calculado com base na geometria das estacas, o volume medido pela perfuratriz e volume faturado pela concreteira. O resumo destes volumes de concreto está apresentado na [Tabela 8](#)[Tabela 97](#) e no Gráfico 1. Ressalta-se que as obras 01 e 02 já estão finalizadas, sendo contabilizados seus volumes totais, por outro lado, as obras 03 e 04 encontram-se em fase inicial, apresentando apenas volumes parciais.

**Tabela 8**[Tabela 79](#) – Resumo de volumes de concreto.

Obra	Volume projetado (m <sup>3</sup> )	Volume calculado (m <sup>3</sup> )	Volume perfuratriz (m <sup>3</sup> )	Volume Concreteira (m <sup>3</sup> )
Obra 01	1213,00	1237,79	1457,48	1683,00
Obra 02	740,00	778,38	866,07	1032,61
Obra 03	29,45	33,38	35,41	36,00
Obra 04	71,83	71,83	84,01	93,00

Fonte: Autoria própria (2022)

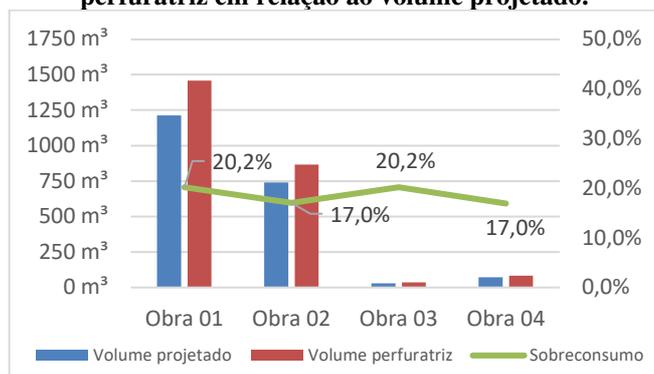
Gráfico 1 – Resumo de volumes de concreto.



Fonte: Autoria própria (2022)

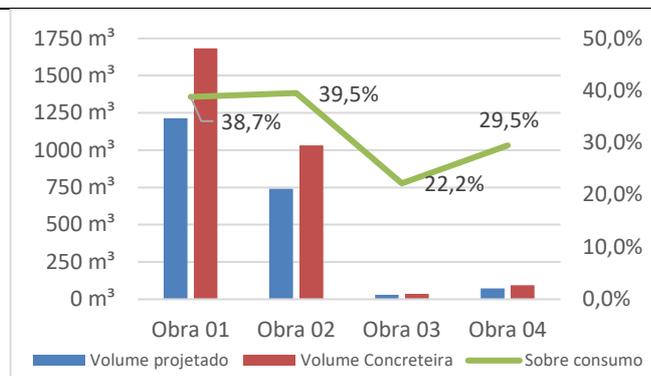
O sobreconsumo de volume de concreto medido pela perfuratriz sobre o volume projetado está apresentado no Gráfico 2. Enquanto o sobreconsumo de volume de concreto medido pela concreteira sobre o volume projetado está apresentado no Gráfico 3

Gráfico 2 – Sobreconsumo de concreto medido pela perfuratriz em relação ao volume projetado.



Fonte: Autoria própria (2022)

Gráfico 3 – Sobreconsumo de concreto medido pela concreteira em relação ao volume projetado.



Fonte: Autoria própria (2022)

O indicador de sobreconsumo de concreto adotado pelo empreendedor é de 20%. Os volumes medidos pela perfuratriz, Gráfico 2, apresentam-se aproximadamente no limite máximo aceito, ou seja, 17% para as obras 02 e 04 e 20,2% para as obras 01 e 03.

Em contrapartida, Gráfico 3, os volumes de concreto medidos pela concreteira são significativamente superiores ao aceitável para as obras 01 (38,7%), 02 (39,5%) e 04 (29,5%), apresentando sobreconsumo próximo ao aceitável apenas na obra 3 (22,2%). Estes resultados podem ser parcialmente atribuídos ao fato que sobras de concreto fornecido pela concreteira foram utilizados em outras estruturas, assim como, no caso da obra 01, ter-se adotado a prática de não utilizar o concreto de um mesmo caminhão betoneira em mais de uma estaca, dispensando-se quantidade elevada de betoneiras com volume parcial de concreto. Esta prática baseia-se na possibilidade do concreto perder suas características de trabalhabilidade durante a espera da perfuração da estaca seguinte, podendo-se ter como consequência a dificuldade ou impossibilidade da descida das armaduras ao final da concretagem.

A obra 02 não seguiu esta prática e executou estacas distintas com o concreto de uma mesma betonada, garantindo o atendimento do tempo de validade do concreto, não havendo problemas com a colocação das armaduras. Ainda assim, o sobreconsumo da obra foi muito alto (39,5%)

O sobreconsumo foi analisado para obra 01 obtendo as medidas finais de estacas concretadas. Dentre todas as estacas analisadas todas atingiram uma profundidade e diâmetros superiores aos identificados em projeto. A variação da profundidade das estacas foi de 0 a 1 cm e o diâmetro sofreu uma variação de 0 a 5 cm.

A prova de carga da obra 01 foi realizado em uma estaca de 20 m de comprimento, diâmetro de 900 mm e foi dimensionada para uma carga de trabalho de 300 tf. Os resultados da prova de carga estão relatados na [Tabela 9](#) [Tabela 108](#).

**[Tabela 9](#) [Tabela 810](#) – Resultados da prova de carga da obra 01.**

Carga (tf)	Recalque (mm)				
	Ext. 01	Ext. 02	Ext. 03	Ext. 04	Médio
Carregamento					
0	0	0	0	0	0
60	0,47	0,61	2,71	0,69	1,12
120	1,66	1	3,89	1,74	2,07
180	2,72	1,47	5,06	2,65	2,98
240	3,61	2,02	5,92	3,52	3,77
300	4,57	2,77	6,84	4,22	4,60
360	5,52	3,62	7,84	5,18	5,54
420	6,63	4,63	9	6,34	6,65
480	8,07	5,92	10,56	7,74	8,07
540	9,58	7,91	12,34	10,18	10,00
600	10,60	8,95	13,80	12,27	11,41
Descarregamento					
600	10,70	9,05	14,2	13,3	11,81
540	10,00	8,5	10,5	12,1	10,28
300	8,33	6,15	10,5	7,88	8,22
150	7,31	5,33	9,65	7,01	7,33
0	5,29	4,3	7,85	5,68	5,78

Fonte: adaptado do laudo do ensaio (2022)

A prova de carga da obra 02 foi realizado em uma estaca de 18 m de comprimento, diâmetro de 700 mm e foi dimensionada para uma carga de trabalho de 210 tf. Os resultados da prova de carga estão relatados na [Tabela 10](#)[Tabela 119](#).

**Tabela 10**[Tabela 119](#) – Resultados da prova de carga da obra 02.

Carga (tf)	Recalque (mm)				
	Ext. 01	Ext. 02	Ext. 03	Ext. 04	Médio
Carregamento					
0	0	0	0	0	0
42	1,07	0,68	1,34	0,79	0,97
84	1,78	1,4	2,16	1,53	1,72
126	2,97	2,71	3,53	3,06	3,07
168	4,73	4,65	5,45	5,27	5,03
210	7,65	7,68	8,45	8,86	8,16
252	9,99	10,26	11,08	11,7	10,76
294	14,25	14,86	15,65	16,58	15,34
336	19,83	20,66	21,51	22,83	21,21
378	27,34	28,51	29,34	31,07	29,07
420	39,77	40,91	41,79	43,69	41,54
Descarregamento					
420	46,85	48,62	49,2	51,11	48,95
315	46,63	48,31	48,76	50,76	48,62
210	45,34	46,91	47,12	48,8	47,04
105	44,34	45,67	45,98	47,42	45,85
0	41,2	42,36	42,26	43,46	42,32

Fonte: adaptado do laudo do ensaio (2022)

A prova de carga da obra 03 foi realizado em uma estaca de 15 m de comprimento, diâmetro de 600 mm e foi dimensionada para uma carga de trabalho de 145 tf. Os resultados da prova de carga estão relatados na [Tabela 11](#)[Tabela 102](#).

**Tabela 11**[Tabela 102](#) – Resultados da prova de carga da obra 03.

Carga (tf)	Recalque (mm)				
	Ext. 01	Ext. 02	Ext. 03	Ext. 04	Médio
Carregamento					
0	0	0	0	0	0
29	0,25	0,27	0,22	0,28	0,26
56	0,75	0,71	0,7	0,82	0,75
87	1,51	1,37	1,41	1,6	1,47
116	2,59	2,34	2,45	2,73	2,53
145	4,15	3,84	3,97	4,35	4,08
174	6,85	6,39	6,59	7,09	6,73
203	11,17	10,6	10,87	11,46	11,03
232	21,62	20,85	21,17	21,9	21,39
240	23,86	23,1	23,43	24,18	23,64
261	-	-	-	-	-
290	-	-	-	-	-
Descarregamento					
118	22,61	21,97	22,31	22,97	22,47
60	21,44	20,26	21,24	21,8	21,19
37	20,86	20,44	20,73	21,2	20,81
0	19,63	19,37	19,61	19,89	19,63

Fonte: adaptado do laudo do ensaio (2022)

Durante a prova de carga, após estabilização dos recalques para a carga de 232 tf tentou-se aplicar a carga de 261 tf com o uso da bomba hidráulica manual, porém, a carga máxima atingida foi de 240 tf e o ensaio foi interrompido. De acordo com os requisitos da ABNT NBR 16903: 2020, neste caso, o ensaio deve ser retomado até o último estágio de carga executado, utilizando-se o carregamento rápido, e, a partir deste estágio, seguir com o plano de cargas original. Os resultados da prova e carga com carregamento rápido estão apresentados na [Tabela 12](#)[Tabela 113](#).

**Tabela 12**[Tabela 113](#) – Resultados da prova de carga com carregamento rápido da obra 03.

Carga (tf)	Recalque (mm)				
	Ext. 01	Ext. 02	Ext. 03	Ext. 04	Médio
Carregamento					
0	19,63	19,37	19,61	19,89	19,63
29	29,93	19,62	19,86	20,21	19,91
56	20,4	20,02	20,33	20,75	20,38
87	20,89	20,44	20,8	21,29	20,86
116	21,49	20,99	21,37	21,91	21,44
145	22,09	21,55	21,96	22,56	22,04

Carga (tf)	Recalque (mm)				
	Ext. 01	Ext. 02	Ext. 03	Ext. 04	Médio
174	22,77	22,19	22,62	23,26	22,71
203	23,81	23,13	23,56	24,29	23,7
232	27,77	27,09	27,55	28,31	27,68
268,5	65,45	64,86	65,8	66,49	65,65

Fonte: adaptado do laudo do ensaio (2022)

A prova de carga da obra 04 foi realizado em uma estaca de 15 m de comprimento, diâmetro de 800 mm e foi dimensionada para uma carga de trabalho de 250 tf. Os resultados da prova de carga até a data de redação deste artigo ainda não haviam sido formalizados. Do acompanhamento da execução da prova de carga pode-se registrar que o ensaio foi bem-sucedido atingindo a carga máxima prevista de 500 tf com um recalque máximo medido de 30,10 mm.

Na [Tabela 13](#) [Tabela 142](#), apresenta-se um resumo dos recalques obtidos nas provas de carga. As provas de carga das estacas das obras 01, 02 e 04 apresentaram resultados de recalque máximos inferiores aos valores máximos admissíveis, sendo consideradas aprovadas.

**Tabela 13** [Tabela 142](#) – resumo dos recalques obtidos nas provas de carga.

Recalque (mm)	Obra 01	Obra 02	Obra 03	Obra 04
Máximo admissível	90,00	70,00	60,00	80,00
Medido na prova de carga	11,81	48,95	65,65	30,10

Fonte: Autoria própria (2022)

Por outro lado, o recalque medido na prova de carga da obra 03 foi superior ao máximo admissível, não atendendo aos requisitos da ABNT NBR 16903: 2020 e resultando na limitação da carga de ruptura do projeto em 268,5 tf. Com base nos resultados, visando restabelecer a conformidade do projeto, o projetista da obra optou pelo aumento do comprimento das estacas para 17 m. Não houve a realização de uma nova prova de carga para validar a alteração do projeto.

## 5 CONCLUSÕES

Ao final deste trabalho, considerando exclusivamente a amostra analisada e de acordo com as condicionantes impostas especificamente pelos 4 empreendimentos em análise, foi possível concluir-se que:

O resultado da análise e classificação dos solos para todas as obras se mostrou satisfatório para execução da estaca hélice contínua. Ressalva-se que na obra 04 identificou-se a presença de rocha de arenito.

O indicador de projeto utilizado, analisando os valores de cálculo da capacidade de carga pelo método semiempírico Décourt et al. (1996), apresentou resultados satisfatórios. Nesta análise, a capacidade de carga das estacas mostrou-se suficientemente superior à carga de trabalho projetada em todas as obras.

O indicador de controle do processo executivo utilizado consistiu no sobreconsumo de concreto. Considerando o sobreconsumo calculado com base no volume de concreto medido pela perfuratriz, notou-se valores próximos ao limite máximo de 20% aceito pelo empreendedor, ou seja, 17% para as obras 02 e 04 e 20,2% para as obras 01 e 03. Por outro lado, avaliando o sobreconsumo calculado com base no volume de concreto fornecido pela concreteira, estes foram significativamente superiores ao aceitável para as obras 01 (38,7%), 02 (39,5%) e 04 (29,5%), apresentando sobreconsumo próximo ao aceitável apenas na obra 3 (22,2%).

[Em análise do sobre consumo de concreto apontado, após análise de algumas estacas da obra 01 foi possível concluir dois fatores que afetaram significativamente. Dentre os apontamentos uma das estacas analisadas apresentou a profundidade de 20,88m e diâmetro medido em loco de 94 cm. Somente os dois fatores identificados apresenta um sobreconsumo teórico de aproximadamente 14,1%. Nota-se que o relatório do maquinário para estaca analisada identificou um sobreconsumo de 14,4 %, valores que aproxima-se dos obtidos a partir da consideração dos fatores apresentados.](#)

O indicador de recebimento da estrutura executada utilizado foi a realização de prova de carga. A realização das provas de carga mostrou-se fundamental para validar todo o processo de projeto e execução das obras 01, 02 e 04. Assim como, no caso da obra 03, subsidiar alterações de projeto em situação de desempenho insatisfatório. Ressalva-se que a obra 01 teve o comprimento das estacas aumentado com base na execução da estaca teste, no entanto, a prova de carga evidenciou recalque significativamente baixo, fato que suscita questionamento sobre a real necessidade do aumento de profundidade realizado.

## 6 AGRADECIMENTOS

A Deus pela oportunidade da vida, pela saúde, aprendizados e conquistas, que me fez ser quem sou e chegar aonde cheguei.

Ao Professor M.Sc Ricardo Barbosa Ferreira pela orientação, confiança, e ensinamentos durante o desenvolvimento deste trabalho.

A todos que aqui fizeram parte do desenvolvimento, análise e aceitação desse presente trabalho.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRITO, Lucas Vilarins. **Fundação em estaca hélice contínua: estudo de caso em obra de edifício residencial de seis pavimentos em Balsas-MA**. Artigo. Universidade do Maranhão. 2018.

CONSTRUFACIL RJ. **Tipos de fundações de edifícios**, 2014. Disponível em: <https://construfacilrj.com.br/tipos-de-fundacoes-de-edificios/>. Acesso em nov. 2021.

COSTA, Wallace Mascagna et. al. **Viabilidade da hélice contínua na construção civil**. RECIMA21 – Revista científica multidisciplinar issn 2675-6218. São Paulo. 2021.

FALCONI, Frederico F. et. al. **Fundações teoria e prática**. 2ª ed. Editora Pini LTDA. São Paulo. 1998.

FILHO, Edgar Pereira. **Hélice contínua monitorada metodologia executiva**, 2016. Disponível em: <https://www.apl.eng.br/artigos/2016-METODOLOGIA-EXECUTIVA-HELICE-CONTINUA.pdf>. Acessado em nov. 2021.

Franmar Eletrônica do Brasil Ltda. **Manual de Instruções SACI2 e SoftSaci2 v4, Controle Informatizado de Execução de Estacas de Hélice Contínua**. Disponível em: <https://geodigitus.com/site/wp-content/uploads/2018/09/manual-saci-rev200.pdf>. acesso em JUN. 2022

HACHICH, Waldemar; et al. **Fundações Teoria e prática**. 2 ed. São Paulo: Pini, 1998.

MAGALHÃES, Paulo Henrique Lourenço. **Avaliação dos métodos de capacidade de carga e recalque de estacas hélice contínua via provas de carga**. Artigo. Universidade de Brasília. 2005.

MARANGON, M, **Capacidade de carga de fundações profundas**, 2018, Geotecnia de obras de fundações e obras terra disponível em: <https://www.ufjf.br/nugeo/files/2017/07/GEF06-CapacidadeCarga-FundProfunda-2018-11.pdf> . Acesso em Jun. 2022

OSSAMU, Carlos. **Prejuízo com softwares de baixa qualidade ultrapassa US\$ 2 trilhões**. Disponível em: <https://inforchannel.com.br/2021/01/06/prejuizo-com-softwares-de-baixa-qualidade-ultrapassa-us-2-trilhoes/>. Acesso em nov. 2021.

PEREIRA, Caio. **Fundações Profundas. Escola Engenharia**, 2016. Disponível em: <https://www.escolaengenharia.com.br/fundacoes-profundas/>. Acesso em nov. 2021.

PEDROZO, Renato. **Custos das etapas na construção**, 2018. Disponível em: <https://fastenge.com.br/custos-das-etapas-na-construcao/>. Acesso em nov. de 2021.

PEDROZO, Renato. **Patologia das Fundações**, 2017. Disponível em: <https://fastenge.com.br/patologia-nas-fundacoes/>. Acesso em nov. de 2021.

PEREIRA, Caio. **Fundações Profundas**. Escola Engenharia, 2016. Disponível em: <https://www.escolaengenharia.com.br/fundacoes-profundas/>. Acesso em nov. 2021.

PILZ, Silvio Edmundo, et al. **Recuperação de problemas estruturais gerados no projeto de fundações em um edifício de 14 pavimentos, 2015**. Disponível em: <https://brasecol.com.br/wp-content/uploads/2015/06/artigo-3.pdf>. Acesso em nov. de 2021.

PINTO, Carlos de Sousa. **Curso básico de mecânica dos solos**. 3ª ed. Oficina de textos. São Paulo. 2006

SILVA, Cíntia Figueira. **Análise de falhas em projetos de construção civil**. Disponível em: <https://www.ietec.com.br/clipping/2015/boletim/agosto/gp-agosto-analise-falhas-projetos-construcao-civil.pdf>. Acesso em nov. 2021.

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

FRANCO, Vanessa Naiara Censi; NIEDERMEYER, Francieli Maiara. **Manifestações Patológicas Geradas por Recalque de Fundações**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Edição 07. Ano 02, Vol. 01. pp 194-214, Outubro de 2017.

CONSOLI, N. C.; MILITITSKY, J.; SCHINAID, F. **Patologias das Fundações**. 1ª. ed. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2005. 191p.

AUTOR. **Memorial descritivo. Projetos executivos**. Goiânia, outubro 2019. Disponível em: [projetos3.autodoc.com.br](https://projetos3.autodoc.com.br). Acesso em DEZ.2021.

NBR 8036:1983 – Programação de sondagens de simples reconhecimento dos solos para fundações de edifícios, ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

SANTOS, Caroline. **Reaproveitamento de concreto fresco de estacas hélice contínua para fabricação de elementos pré-moldados, 2019**. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/15617/1/CCS14052019.pdf>. Acesso em Jun. 2022

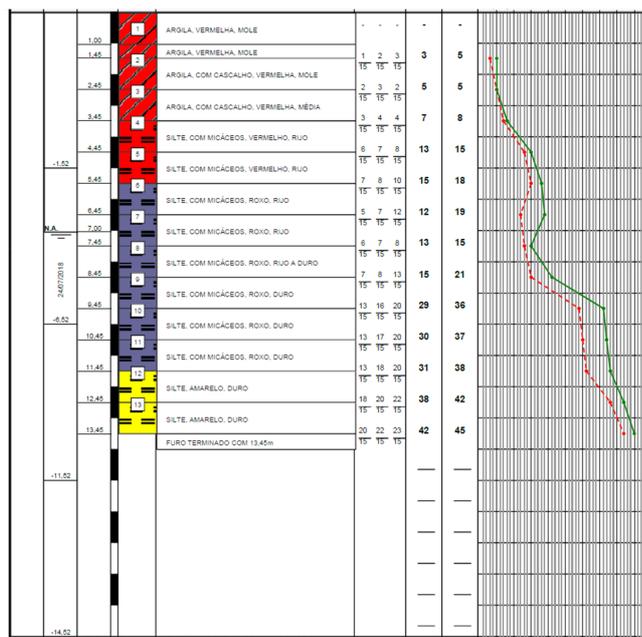
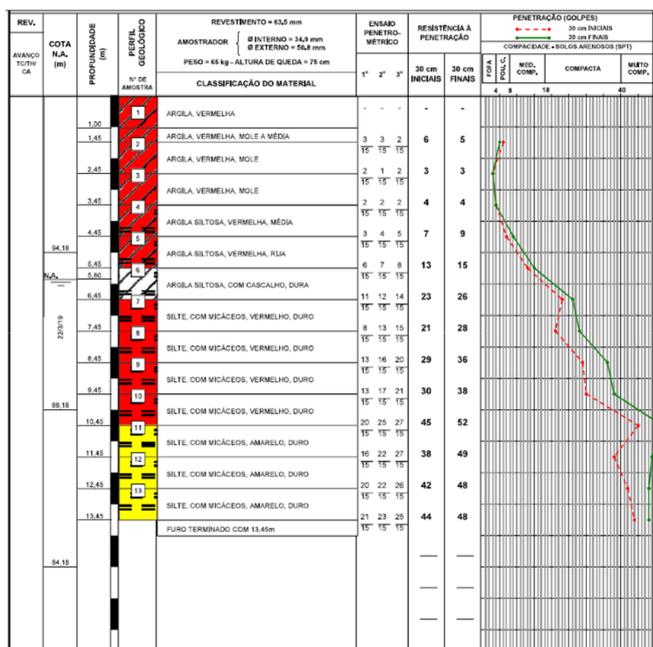
[FIGUEIREDO, Beatriz. \*\*Análise de sobreconsumo de concreto em estaca de hélice contínua monitorada, 2019\*\*. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/4530/1/tcc.pdf> Acesso em Jun. 2022](https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/4530/1/tcc.pdf)

[ALBUQUERQUE, José. \*\*Análise do desempenho de estacas hélice contínua e ômega-aspectos executivos, 2002\*\*. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3145/tde-27012003-180424/publico/dissertacao.pdf> . Acesso em Jun. 2022](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3145/tde-27012003-180424/publico/dissertacao.pdf)

## 8 ANEXOS E APÊNDICES

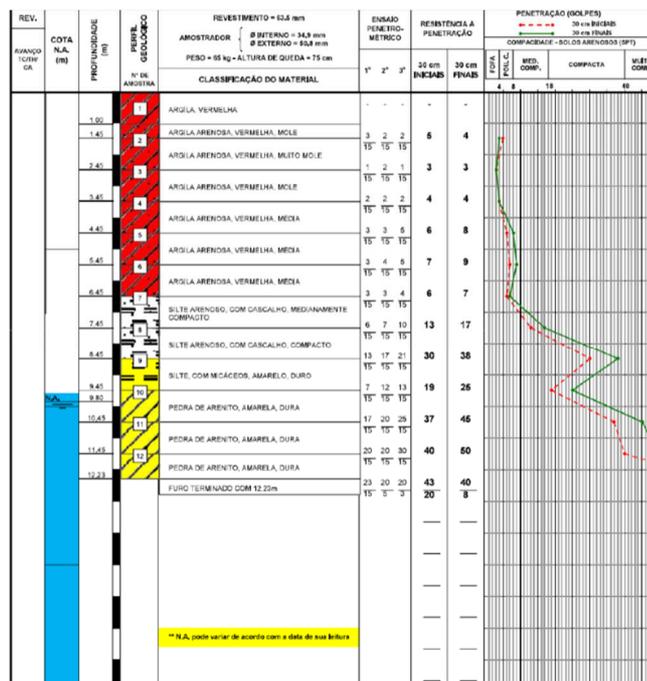
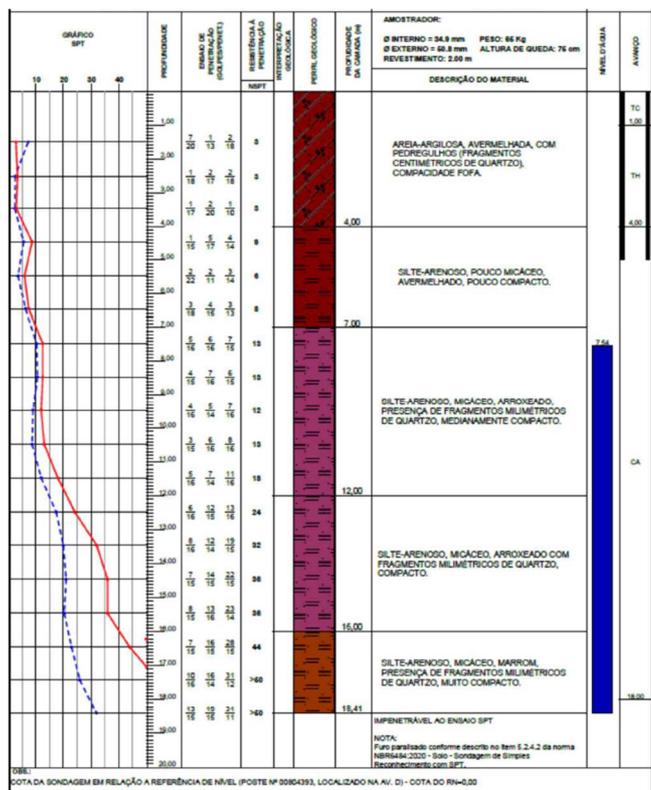
### 8.3 Sondagem realizada na obra 03

#### 8.1 Sondagem realizada na obra 01

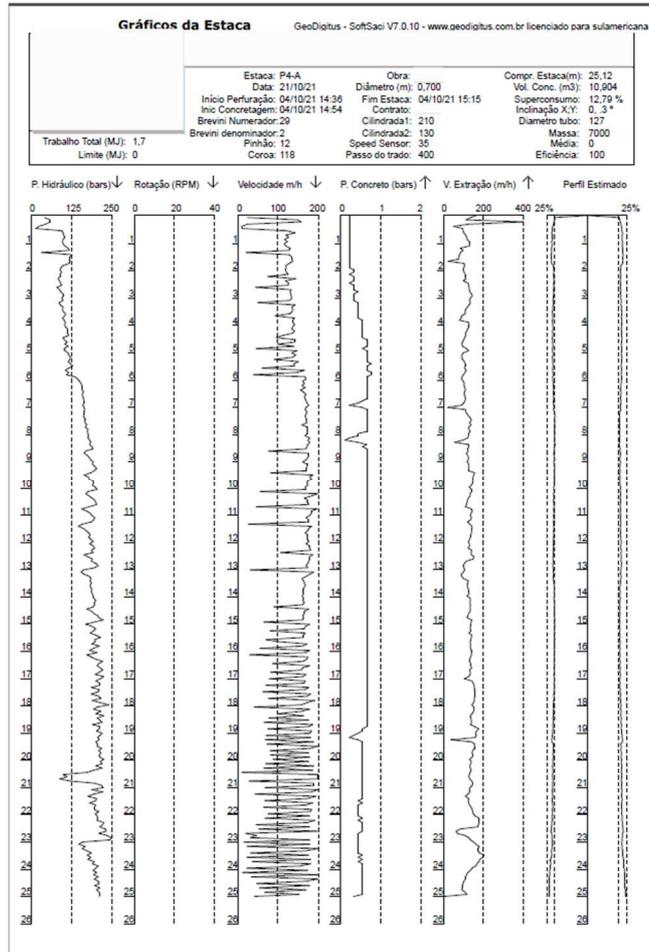


### 8.4 Sondagem realizada na obra 04

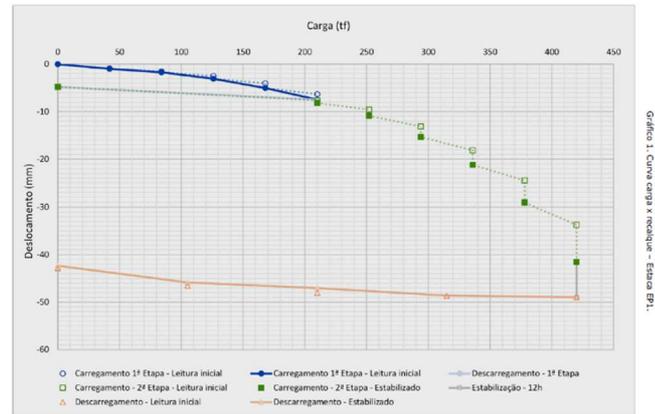
#### 8.2 Sondagem realizada na obra 02



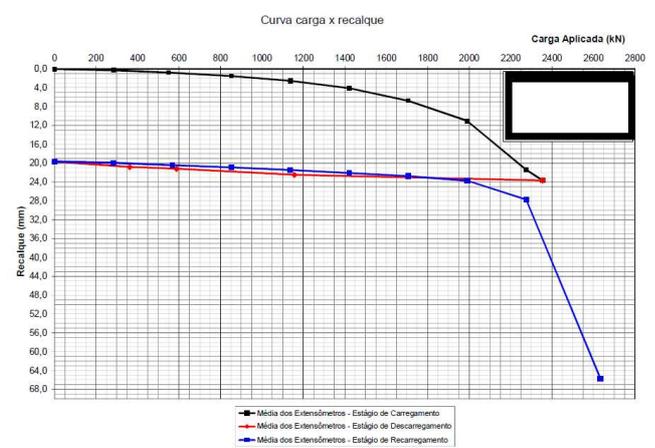
### 8.5 Modelo de relatório emitido pelo maquinário de perfuração das estacas



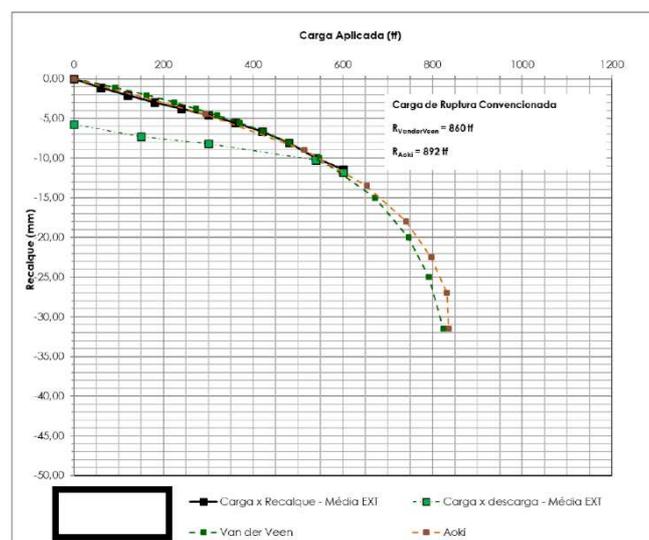
### 8.7 Curva Carga x Recalque apresentado no laudo da Obra 02:



### 8.8 Curva Carga x Recalque apresentado no laudo da Obra 03:



### 8.6 Curva Carga x Recalque apresentado no laudo da Obra 01:





PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS  
GABINETE DO REITOR

Av. Universitária, 1069 • Setor Universitário  
Caixa Postal 86 • CEP 74605-010  
Goiânia • Goiás • Brasil  
Fone: (62) 3946.1000  
www.pucgoias.edu.br • reitoria@pucgoias.edu.br

## RESOLUÇÃO nº 038/2020 – CEPE

### ANEXO I

#### APÊNDICE ao TCC

#### **Termo de autorização de publicação de produção acadêmica**

O(A) estudante MICHEL LAQUIS BARBAR e VICTOR TRISTÃO ALVES PEREIRA do Curso de ENGENHARIA CIVIL, matrícula 2016.1.0025.0446-1 e 2016.1.0025.0465-8, telefone: (62) 982803756 e (62) 981214518 e-mail, na qualidade de titular dos direitos autorais, em consonância com a Lei nº 9.610/98 (Lei dos Direitos do Autor), autoriza a Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás) a disponibilizar o Trabalho de Conclusão de Curso intitulado VERIFICAÇÃO, CONTROLE TECNOLÓGICO E RECEBIMENTO DE FUNDAÇÃO EM HÉLICE CONTÍNUA, gratuitamente, sem ressarcimento dos direitos autorais, por 5 (cinco) anos, conforme permissões do documento, em meio eletrônico, na rede mundial de computadores, no formato especificado (Texto(PDF); Imagem (GIF ou JPEG); Som (WAVE, MPEG, AIFF, SND); Vídeo (MPEG, MWV, AVI, QT); outros, específicos da área; para fins de leitura e/ou impressão pela internet, a título de divulgação da produção científica gerada nos cursos de graduação da PUC Goiás.

Goiânia, 15 de junho de 2022

Assinatura do autor:  e 

Nome completo do autor: MICHEL LAQUIS BARBAR e VICTOR TRISTÃO ALVES PEREIRA

Assinatura do professor-orientador: 

Nome completo do professor-orientador: RICARDO BARBOSA FERREIRA