

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

KAUANA OLIVEIRA FLORIANO

TIPOS DE FUNDAÇÃO MAIS UTILIZADOS EM CAMPO MOURÃO, PR E REGIÃO

CAMPO MOURÃO

2022

KAUANA OLIVEIRA FLORIANO

TIPOS DE FUNDAÇÃO MAIS UTILIZADOS EM CAMPO MOURÃO, PR E REGIÃO

Types of foundation most used in Campo Mourão, PR and region

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em engenharia civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).
Orientador: Prof. Dr. Ewerton Clayton Alves da Fonseca.

CAMPO MOURÃO

2022



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

KAUANA OLIVEIRA FLORIANO

TIPOS DE FUNDAÇÃO MAIS UTILIZADOS EM CAMPO MOURÃO, PR E REGIÃO

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em engenharia civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 17/novembro/2022

Adalberto Luiz Rodrigues de Oliveira
(Mestrado)
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* Campo Mourão

Paula Cristina de Souza
(Doutorado)
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* Campo Mourão

Ewerton Clayton Alves da Fonseca
(Doutorado)
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* Campo Mourão

CAMPO MOURÃO

2022

Dedico este trabalho à minha família e amigos, por
todo apoio e força que me deram.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço à vida por me proporcionar a oportunidade de realizar o curso do meu grande sonho.

À minha família, por me apoiar com palavras de incentivo.

À minha colega de turma, Bárbara, por me ajudar no momento em que fiquei afastada da universidade, por motivos de saúde.

Ao meu amigo Jonathan, por facilitar minha caminhada com sua companhia e alegria.

À UTFPR-CM pela estrutura e base de apoio em todos esses anos acadêmicos.

Por fim, agradeço a todos que participaram dessa etapa da minha vida e especialmente a todos que me ajudaram.

Qualquer coisa em que você concentre muitas vezes sua atenção se transformará na sua “verdade”. A lei da atração determina assim. Sua vida, e a de qualquer pessoa, é apenas um reflexo da predominância dos seus pensamentos. Sem nenhuma exceção.
(HICKS; HICKS, 2004).

RESUMO

A definição do tipo de fundação a ser empregado em diferentes situações práticas é uma das partes mais importantes do processo construtivo de obras civis. Nessa definição são considerados os seguintes aspectos: a investigação geotécnica, o tipo de solo encontrado na região, o custo e a rapidez de execução. Este trabalho investigou qual tipo de fundação é mais empregado no município de Campo Mourão, PR e região. Para a realização dessa investigação foi realizada uma pesquisa exploratória por meio da aplicação de questionário, o qual foi enviado a algumas empresas que executam fundações na região. Foram consultadas empresas que atuam nas seguintes cidades: Campo Mourão, Maringá, Cianorte, Peabiru, Goioerê e Terra Boa. A conclusão do trabalho foi que o tipo de fundação mais empregado como solução de engenharia no município de Campo Mourão, PR e região é a estaca escavada com trado helicoidal mecanizado.

Palavras-chave: fundações; tipo de fundação; Campo Mourão.

ABSTRACT

The definition of the type of foundation to be used in different practical situations is one of the most important parts of the constructive process of civil works. In this definition, the following aspects are considered: the geotechnical investigation, the type of soil found in the region, the cost and speed of execution. This work analyzed which type of foundation is most used in the municipality of Campo Mourão, PR and region. In order to carry out this study, an exploratory research was carried out through the application of a questionnaire, which was sent to some companies that run foundations in the region. Companies operating in the following cities were consulted: Campo Mourão, Maringá, Cianorte, Peabiru, Goioerê and Terra Boa. The conclusion of the work was that the type of foundation most used as an engineering solution in the municipality of Campo Mourão, PR and region is the pile excavated with mechanized helical auger.

Keywords: foundations; foundation type; Campo Mourão.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Equipamentos do ensaio SPT	15
Figura 2 – Mapa temático dos solos no município de Campo Mourão, PR	18
Figura 3 – Perfil geotécnico representativo do subsolo de Campo Mourão, PR, a partir do SPT	19
Figura 4 – Perfil geotécnico representativo do subsolo de Maringá, PR, a partir do SPT	20
Figura 5 – Processo executivo da estaca escavada mecanicamente com trado helicoidal	25
Figura 6 – Questionário de pesquisa, perguntas iniciais	27
Figura 7 – Questionário de pesquisa, perguntas de 1 a 4	28
Figura 8 – Questionário de pesquisa, perguntas de 5 a 8	29
Figura 9 – Questionário de pesquisa, perguntas de 9 a 11	30
Fotografia 1 – Processo de perfuração do terreno	34
Fotografia 2 – Processo de remoção do solo do trado	34
Fotografia 3 – Processo de escavação do terreno	35
Fotografia 4 – Processo de escavação do terreno com trado mecânico helicoidal	35
Fotografia 5 – Processo de escavação do terreno com trado mecânico helicoidal	36
Fotografia 6 – Finalização do processo de escavação do terreno com trado mecânico helicoidal	36
Fotografia 7 – Frota de máquinas perfuratrizes	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estado de compactidade e consistência dos solos a partir de resultados obtidos com o SPT	16
--	-----------

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CPT	Cone Penetration Test
CPT-u	Cone Penetration Test com medida das poropressões geradas
DMT	Dilatometric Marchetti Test
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
NBR	Normas Brasileiras
N _{SPT}	Índice de resistência do solo à penetração do amostrador padrão
PMT	Pressurometer of Ménard Test
SPT	Standard Penetration Test
SR	Sondagem Rotativa
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS	13
2.1	Objetivo geral	13
2.2	Objetivos específicos	13
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3.1	Investigações geotécnicas	14
3.1.1	Standard Penetration Test (SPT)	14
3.1.2	Sondagem Rotativa (SR).....	16
3.2	Solos	16
3.2.1	Solos argilosos	17
3.2.2	Solo característico de Campo Mourão e região	17
3.2.3	Solo colapsível	21
3.3	Tipos de fundações	21
3.3.1	Tipos de estacas	22
<u>3.3.1.1</u>	<u>Estaca escavada mecanicamente com trado helicoidal</u>	<u>24</u>
4	MATERIAIS E MÉTODOS	26
4.1	Pesquisa exploratória	26
5	APRESENTAÇÃO E DISCUSSÕES DOS RESULTADOS	32
5.1	Introdução	32
5.2	Investigações geotécnicas	32
5.3	Perfis geotécnicos típicos da região	33
5.4	Tipos de fundação	33
5.5	Equipamentos e maquinários	36
5.6	Custos e prazos de execução	37
5.7	Avanços técnicos na execução de fundações	38
6	CONCLUSÕES	39
	REFERÊNCIAS	40

1 INTRODUÇÃO

Os elementos estruturais de fundação são responsáveis por transmitir as cargas que provêm da superestrutura ao solo. Logo, a fundação é uma das etapas mais importantes da construção de edificações. A escolha do tipo de fundação consiste no estudo dos seguintes aspectos: o reconhecimento do subsolo, a definição das cargas que serão aplicadas nas fundações, a avaliação dos intervenientes da fundação a ser executada nas construções vizinhas, os custos e seus prazos.

A pesquisa foi realizada em Campo Mourão, PR com a finalidade de se investigar qual o tipo de fundação mais empregado nessa cidade e na região, e principalmente, os aspectos considerados para a escolha do tipo de fundação, a depender do caso. Ocorreu a aplicação de um questionário com perguntas abertas em 4 empresas, que executam fundações nas cidades de Campo Mourão, Cianorte, Maringá, Peabiru, Goioerê e Terra Boa, todas localizadas na região noroeste do estado do Paraná, para analisar esses aspectos considerados na escolha do tipo de fundação.

O questionário foi encaminhado às empresas por meio de um formulário elaborado no Google Forms. Todas as empresas retornaram a mesma resposta em relação à pergunta “quais os tipos de fundações mais empregados pela empresa?”.

Mediante a pesquisa pôde-se observar que, para a escolha do tipo de fundação, as empresas levam em consideração os custos e prazos de execução, os perfis geotécnicos típicos representativos da região, os quais são obtidos por meio de investigação geotécnica.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Investigar quais são os tipos de fundação mais utilizado em Campo Mourão, PR e região, e discorrer sobre os principais motivos, técnicos e econômicos, que favorecem a escolha de tais fundações.

2.2 Objetivos específicos

A fim de se atingir o objetivo geral deste trabalho, os seguintes objetivos específicos foram idealizados:

a) pesquisar empresas que executam fundações, em Campo Mourão e região, e que possivelmente possam contribuir com a investigação proposta neste trabalho;

b) elaborar questionário de pesquisa correlato com a investigação mencionada no item anterior a este;

c) submeter o questionário às empresas;

d) organizar as respostas fornecidas pelas empresas;

e) correlacionar as respostas das empresas com outros conhecimentos que se tem sobre a escolha do tipo de fundação nessa região do estado do Paraná.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Investigações geotécnicas

A investigação geotécnica é realizada por meio de ensaios, com o objetivo de conhecer os perfis e características dos solos e das rochas investigados.

Segundo Quaresma et al. (1998), os ensaios mais conhecidos são o SPT (Standard Penetration Test), a SR (sondagem rotativa), o CPT (Cone Penetration Test), e o CPT-u (Cone Penetration Test com medida das poropressões geradas), DMT (Dilatometric Marchetti Test) e PMT (Pressurometer of Ménard Test).

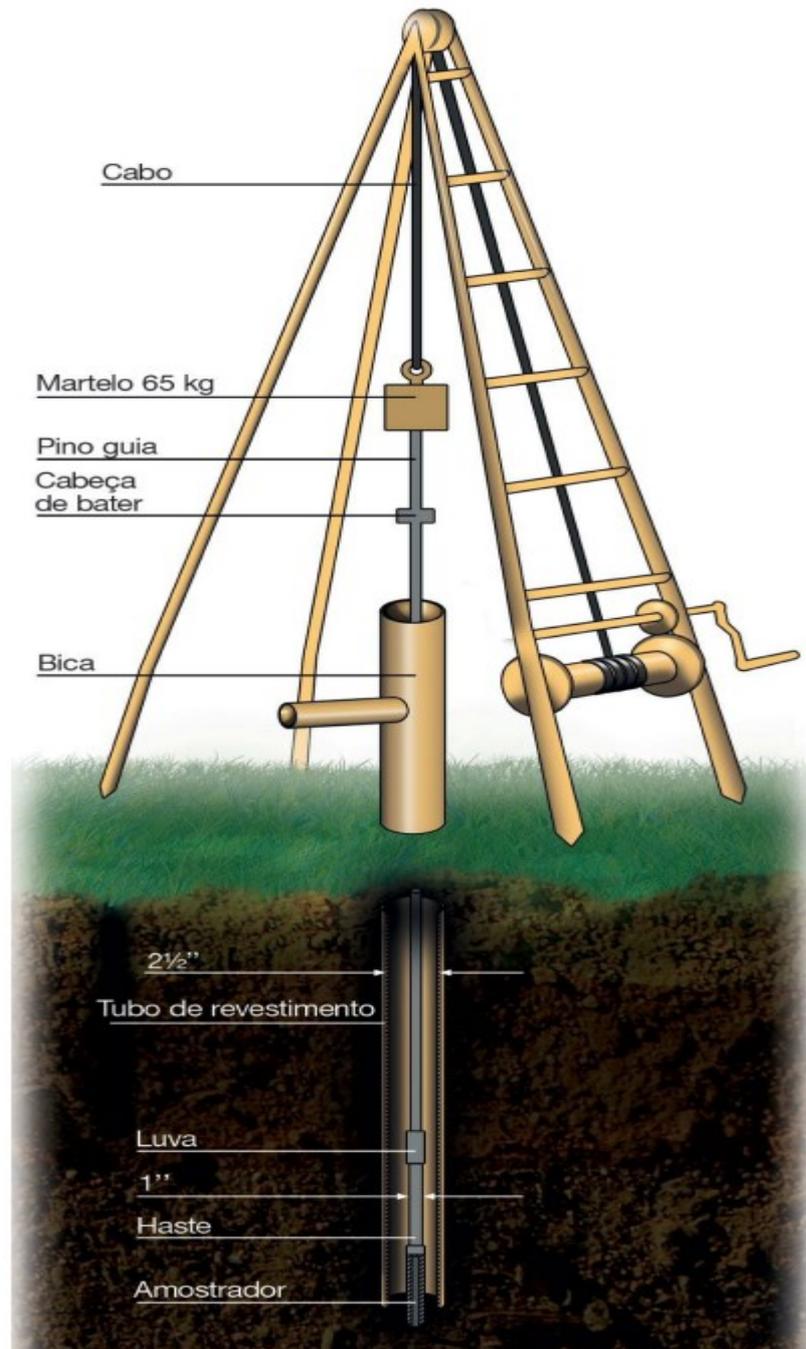
Os objetivos do ensaio SPT, segundo Pinto (1998), são a obtenção de amostras de solos a cada metro sondado, a medida da resistência desses solos à penetração do amostrador padrão e também o conhecimento da posição do nível d'água.

3.1.1 Standard Penetration Test (SPT)

Os principais equipamentos utilizados no ensaio de sondagem SPT, de acordo com Schnaid (2012), são amostrador, hastes, martelo, torre ou tripé de sondagem, cabeça de bater e conjunto de perfuração. Estes equipamentos são apresentados na Figura 1.

Schnaid (2012) apresenta que a sondagem é realizada com a cravação do amostrador padrão no fundo da escavação, executando golpes com o martelo (65 kg) conectado as hastes de sondagem, caindo de uma altura de 750 mm, e obtendo o N_{SPT} que é o número de golpes necessários para cravar o amostrador em 300 mm no solo, após os 150 mm iniciais. De acordo com a NBR 6484 (ABNT, 2020), este ensaio pode ser realizado com sistema de sondagem manual, onde o amostrador é cravado usando o martelo que é solto em queda livre de forma manual, ou com sistema de sondagem mecanizado utilizando o martelo automático.

Figura 1 – Equipamentos do ensaio SPT



Fonte: Schnaid (2012, p. 23).

Schnaid (2012) descreve que, após a sondagem SPT, é feita a descrição tátil-visual da amostra de solo coletada a cada metro sondado.

Conforme a NBR 6484 (ABNT, 2020) especifica, os solos podem ser classificados e agrupados de acordo com sua resistência à penetração. Esta classificação depende da consistência e compactidade dos solos e divide os mesmos em dois grupos principais, solos argilosos e arenosos. Os estados de compactidade e consistência dos solos, em função do N_{SPT} , são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Estado de compactidade e consistência dos solos a partir de resultados obtidos com o SPT

Solo	Índice de resistência à penetração <i>N</i>	Designação ^a
Areias e siltes arenosos	≤ 4	Fofa(o)
	5 a 8	Pouco compacta(o)
	9 a 18	Medianamente compacta(o)
	19 a 40	Compacta(o)
	> 40	Muito compacta(o)
Argilas e siltes argilosos	≤ 2	Muito mole
	3 a 5	Mole
	6 a 10	Média(o)
	11 a 19	Rija(o)
	20 a 30	Muito rija(o)
	> 30	Dura(o)

^a As expressões empregadas para a designação da compactidade das areias (fofa, compacta etc.) são referências à deformabilidade e à resistência destes solos, sob o ponto de vista de fundações, e não podem ser confundidas com as mesmas denominações empregadas para a designação da compactidade relativa das areias ou para a situação perante o índice de vazios críticos, definidos na mecânica dos solos.

Fonte: NBR 6484 (ABNT, 2020, p.28).

3.1.2 Sondagem Rotativa (SR)

Segundo Rebello (2008), a Sondagem Rotativa (SR) é um método de reconhecimento do subsolo que utiliza equipamentos elétricos mecanizados criados para a retirada de testemunhos rochosos, por rotação e penetração, realizada com sondas equipadas com hastes rotativas, uma coroa diamantada de corte e um tubo de amostragem.

De acordo com Wilson (1999), a profundidade de sondagem deve ser interrompida de acordo com critérios pré-determinados, dependendo da finalidade da sondagem realizada. Esse autor ressalta ainda que graças à automatização e especialização do equipamento, esse ensaio tornou-se um dos meios mais específicos e aplicáveis para a qualificação de maciços rochosos.

3.2 Solos

Os solos são compostos por diferentes tipos de partículas, quando se refere a um solo como siltoso, isso indica que as partículas com maior predominância são de silte. Os principais tipos de solos são arenosos, argilosos e siltosos. Segundo Das (2007), o que define a classificação de uma partícula é a sua granulometria.

Das (2007) afirma que a areia é definida pela fração de grãos que passa na peneira n. °10 (2 mm) e fica retida na peneira n. °200 (0,075 mm), sendo as principais características do solo arenoso a não coesão entre os grãos e a alta permeabilidade.

De acordo com Das (2007), silte está entre a areia e a argila com partículas de tamanhos entre 0,075 mm a 0,002 mm, sendo as principais características desse solo a baixa plasticidade e baixa coesão.

3.2.1 Solos argilosos

Segundo LUNA e SCHUCHARDT (1999), as partículas que constituem o solo, que apresentam diâmetros inferiores a 2 μm e das quais podem fazer parte distintos tipos de minerais são consideradas argilas.

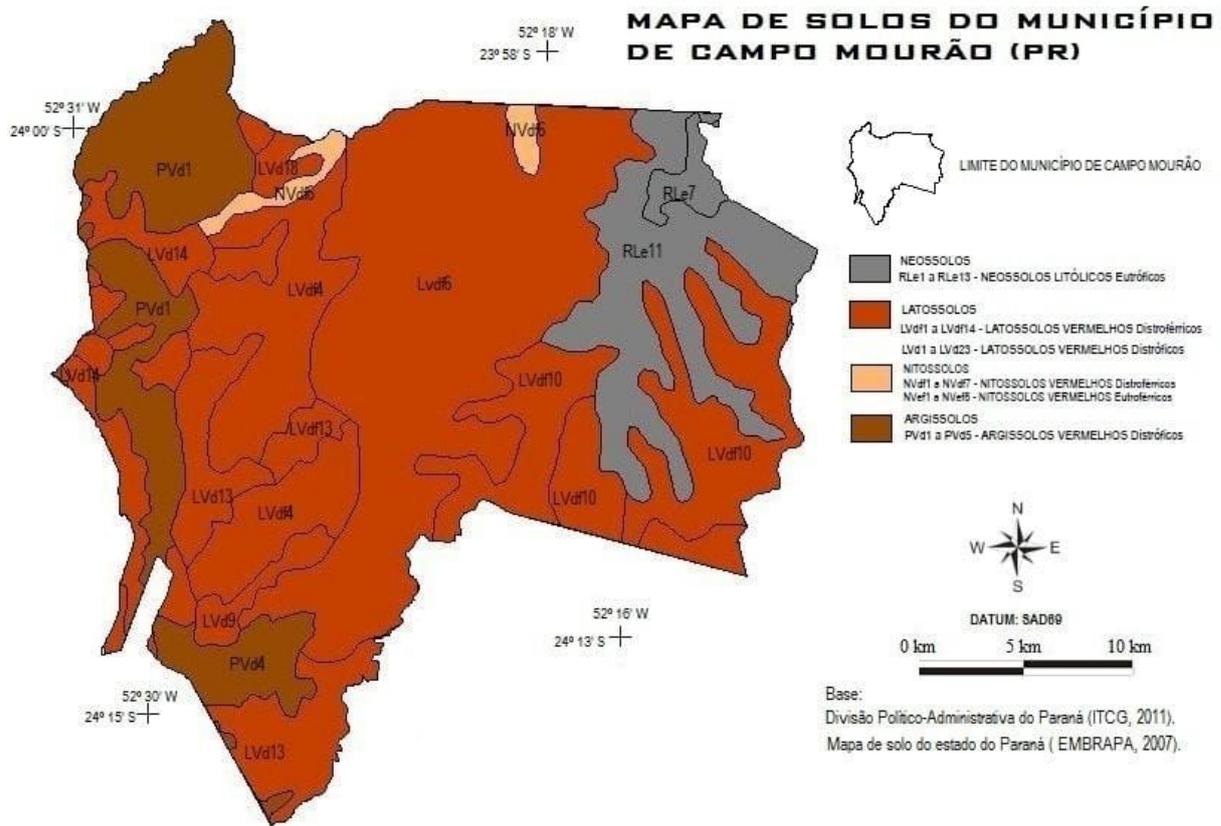
De acordo com o DNIT (2006), a composição mineralógica do solo argiloso varia com a quantidade de água que envolve as suas partículas, apresentando granulometria fina, com formato lamelar, tubular ou alongado, com baixa permeabilidade e elevada retenção de água.

3.2.2 Solo característico de Campo Mourão e região

De acordo com a EMBRAPA (1997), os latossolos são solos com cores que variam entre o vermelho muito escuro e o amarelo, com aspecto maciço poroso e estrutura granular muito pequena, os quais são formados pela remoção da sílica e das bases do perfil do solo, processo que é denominado “latolização”.

Segundo Costa; Godinho; Costa (2012), o latossolo com textura de argila é o solo predominante em Campo Mourão e região. A Figura 2 apresenta o mapa do solo predominante de Campo Mourão.

Figura 2 – Mapa temático dos solos no município de Campo Mourão, PR

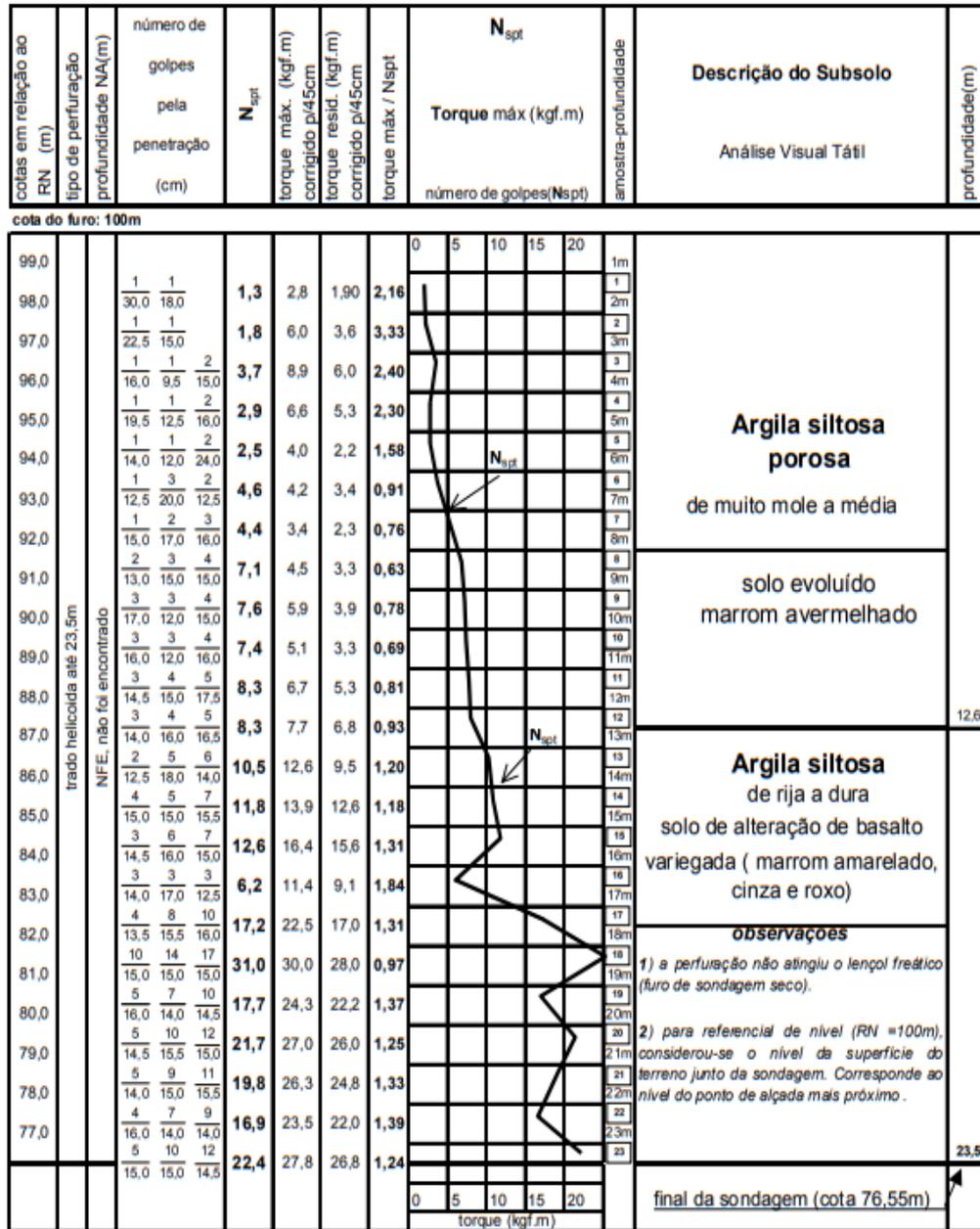


Fonte: COSTA; COSTA; GODINHO (2012, p. 114).

Belincanta; Branco (2003) apresentam que o subsolo de Campo Mourão, PR é constituído por uma camada superficial de solo evoluído, do tipo Latossolo Vermelho argiloso distroférico, nas regiões de topo e de alta vertente, tendo aproximadamente 13 m de espessura.

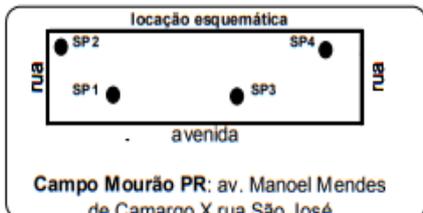
De acordo com o levantamento dos perfis geotécnicos característicos do subsolo Noroeste do Paraná, apresentado por Belincanta; Branco (2003), o solo típico da região de Campo Mourão é a argila siltosa. As Figuras 3 e 4 apresentam os resultados típicos obtidos a partir de sondagens de simples reconhecimento com ensaio de SPT, realizadas nas cidades de Campo Mourão e Maringá.

Figura 3 – Perfil geotécnico representativo do subsolo de Campo Mourão, PR, a partir do SPT



legenda

TH : Trado helicoidal de 58mm
 CA : Circulação d'água
 NA : Nivel d'água após a estab.
 RA : Referencial de Nivel



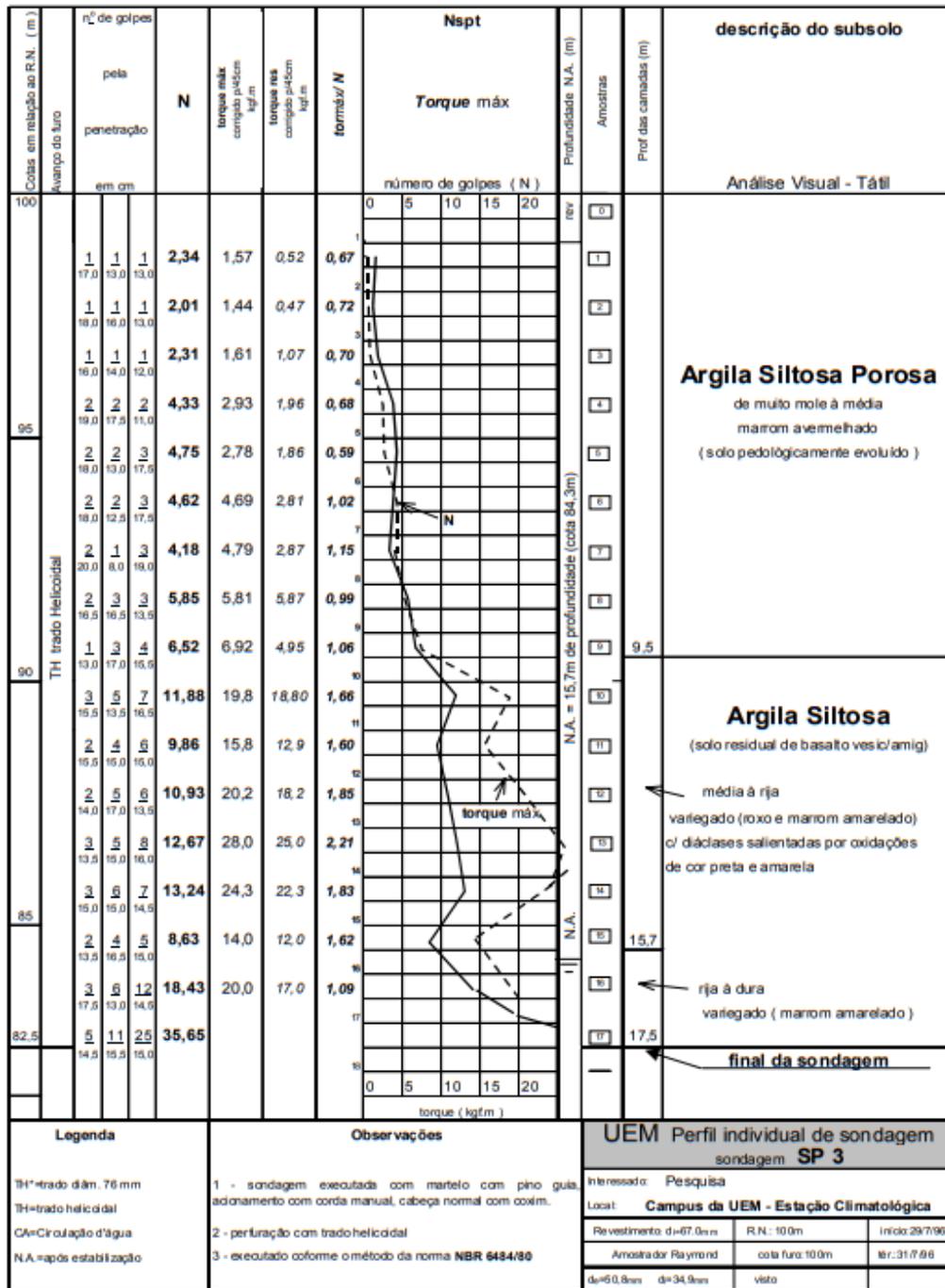
Sondagem de Simples Reconhecimento SP 3

NORMA DE REFERÊNCIA : NBR 6484/80

REVESTIMENTO	REFERENCIAIS DO FURO
Dímetro Interno = 67mm	RN: 100,0m
	Cota do furo: 100,0m
AMOSTRADOR RAYMOND	PERÍODO DE EXECUÇÃO
Dímetro Int. = 34,9mm	Início : 01 / 08 / 00
Dímetro Ext. = 50,8mm	Final : 03 / 08 / 00

Fonte: Belincanta; Branco (2003, p. 160).

Figura 4 – Perfil geotécnico representativo do subsolo de Maringá, PR, a partir do SPT



Fonte: Belincanta; Branco (2003, p. 149).

O subsolo de Maringá é constituído de 50 a 76% de argila e de 18 a 35% de silte, segundo Belincanta; Branco (2003), sendo uma argila siltosa marrom avermelhada.

3.2.3 Solo colapsível

GUTIERREZ (2005) apresenta que o colapso do solo é o desmoronamento de sua estrutura, resultando em redução de volume brusca, quando inundado, sem que ocorra variação da tensão vertical à qual está submetido. De acordo com GONÇALVES (2006), a condição ideal para a ocorrência do colapso acontece quando há combinação do aumento significativo da umidade do solo com a carga limite crítica de colapso.

De acordo com resultados de ensaios edométricos de TORY (2017), com solo da região noroeste do Paraná, na profundidade de 1,5 m, foi concluído que tal material é problemático para as obras de engenharia, por manifestar problemas de colapsividade. TORY (2017) aponta que ao não utilizar fundações profundas, pode-se ocorrer patologias na superestrutura.

3.3 Tipos de fundações

Segundo Velloso e Lopes (1998), algumas obras têm características que necessitam de um tipo de fundação específica, já outras obras possibilitam a escolha de vários tipos de fundações. Os autores apontam que a escolha do tipo de fundação deve ser feita mediante estudos que levam em conta custos e prazo de execução.

Os elementos estruturais de fundação são responsáveis por transmitir as cargas/tensões das edificações ao solo (elemento geotécnico de fundação). Existem vários tipos de fundações. Segundo Azeredo (1997), as fundações podem ser classificadas em diretas e indiretas, a depender da forma que as cargas/tensões são transferidas ao solo de fundação.

Fundações diretas são aquelas em que as cargas da superestrutura são transmitidas diretamente (pela base do elemento estrutural de fundação) ao solo.

Para Teixeira e Godoy (1998) existem três tipos de fundações diretas: blocos, radier e sapatas.

Os autores Velloso e Lopes (1998) definem bloco como elemento de fundação construído de concreto simples, em que o concreto resiste às tensões de tração, com formatos variados podendo ser de tronco de cone, bloco escalonado e pedestal.

Radier, segundo Azeredo (1997), é uma placa contínua, construída de concreto armado com armaduras cruzadas, que recebe todos os pilares da estrutura. O autor ressalta que esse tipo de fundação é escolhido em casos onde o solo tem baixa resistência e é muito espesso.

Sapatas, de acordo com Teixeira e Godoy (1998), são elementos de fundação construídos de concreto armado que resistem esforços de flexão. Os autores apontam que em casos onde os pilares são próximos não é possível executar uma sapata para cada pilar. Nesse caso, deve-se executar uma sapata para dois ou mais pilares, a qual é denominada sapata associada.

Fundação indireta são aquelas em que a base é apoiada a mais de oito vezes a sua menor dimensão e no mínimo 3 metros de profundidade, onde as cargas são transmitidas ao terreno pela base e/ou pelo fuste.

De acordo com Velloso e Lopes (1998) os três tipos principais de fundações profundas são caixões, tubulões e estacas.

Segundo Alonso e Golombek (1998), o tubulão consiste em um poço concretado, normalmente de base alargada, tradicionalmente exigindo a descida de um operário até a base para finalizar a execução e vistoriar o poço antes da concretagem.

Estacas, de acordo com a NBR 6122 (ABNT, 2019), são elementos de fundação profunda que são executadas sem o trabalho manual em profundidade, sendo a execução realizada por equipamentos ou ferramentas.

3.3.1 Tipos de estacas

Segundo Velloso e Lopes (1998), as estacas são executadas por escavação, vibração, prensagem ou por cravação à percussão.

Velloso e Lopes (1998) apontam que a escolha do tipo de estaca deve levar em consideração o esforço na fundação, as características do subsolo, as características do local da obra e as características das construções vizinhas.

Segundo Décourt (1998), as estacas podem ser classificadas como de deslocamento e escavadas, a depender de como as mesmas são executadas.

Estacas de deslocamento, segundo Décourt (1998), são introduzidas no subsolo sem a remoção de solo. Alguns exemplos são estaca de madeira, estaca pré-moldada de concreto armado, estaca metálica e estaca Franki. Alonso (1998)

descreve que as estacas de deslocamento são cravadas no solo, podendo ser cravadas por percussão, por prensagem, por vibração e por meio de bucha.

Estacas escavadas, de acordo com Décourt (1998), são executadas por meio de perfuração do subsolo e posterior retirada do material perfurado. O autor ainda aponta alguns exemplos de estacas escavadas:

- Estaca tipo broca: a execução dessa estaca segundo Azeredo (1997), consiste na abertura de um furo no solo com lançamento de concreto diretamente no solo, esse tipo de estaca é empregado apenas em construções pequenas;
- Estaca tipo Strauss: a execução dessa estaca, segundo Falconi, Fígaro e Souza Filho (1998), é realizada por meio da retirada de solo com sonda e a inserção de tubos metálicos, concretagem com apiloamento, e por fim os tubos são retirados; Esses autores ainda ressaltam que o método executivo não causa trepidações e vibrações nos terrenos vizinhos. O método de perfuração permite a verificação da presença de corpos estranhos no solo e a possibilidade de executar estaca próxima à divisa são algumas vantagens da escolha desse tipo de estaca;
- Estaca raiz: essa estaca, segundo a NBR 6122 (ABNT, 2019), é executada por meio de perfuração rotativa com o emprego de revestimento metálico e armada em todo seu comprimento preenchida com argamassa de cimento e areia;
- Estaca hélice contínua: a execução dessa estaca, segundo Antunes e Tarozzo (1998), consiste na perfuração do solo com trado contínuo e a concretagem, sob pressão controlada, simultânea à extração do trado e a colocação da armadura; Os autores ainda ressaltam que algumas vantagens do uso desse tipo de estaca são a adaptabilidade na maioria dos solos e a não descompressão do solo;
- Estaca escavada mecanicamente com trado helicoidal: a execução dessa estaca, de acordo com a NBR 6122 (ABNT, 2019), consiste na perfuração do solo com trado helicoidal, inserção de armadura e concretagem.

3.3.1.1 Estaca escavada mecanicamente com trado helicoidal

Segundo Falconi *et al.* (2016), as estacas escavadas são moldadas *in loco* após a escavação do solo, utilizando ou não fluido estabilizante para evitar o desmoronamento da parede do furo. Lama bentonítica ou polímero sintético comumente são empregados para essa finalidade.

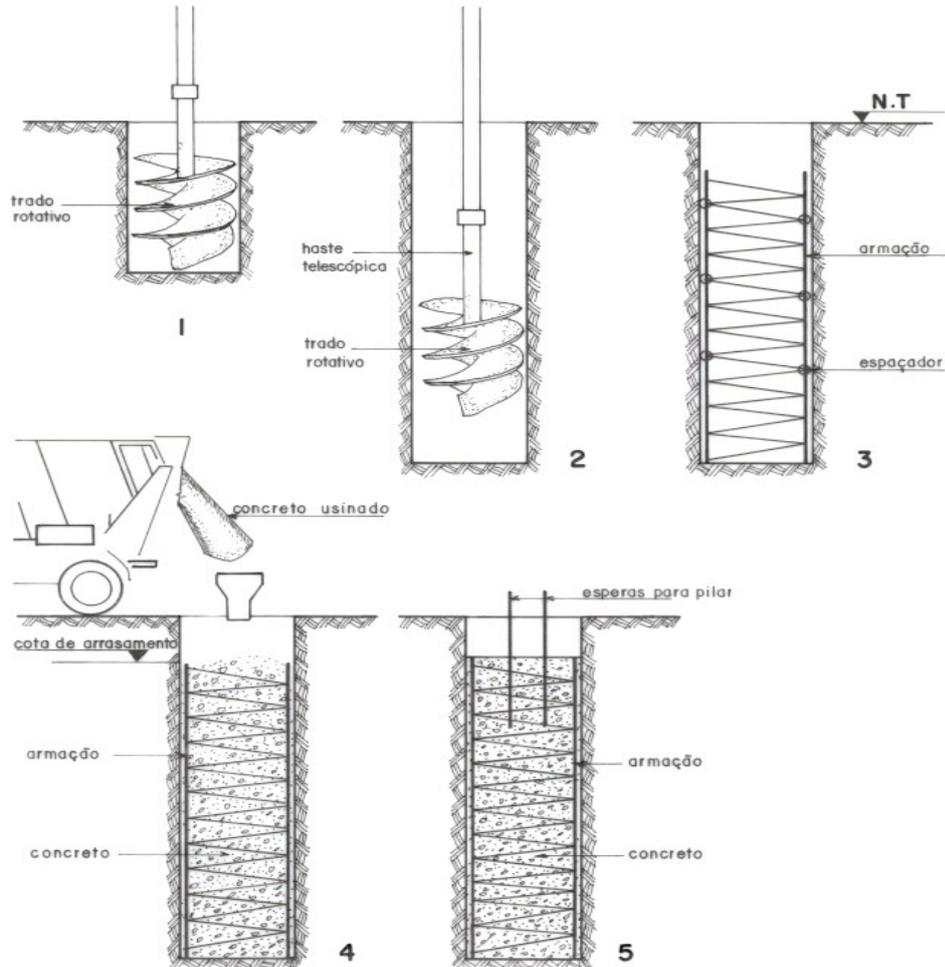
De acordo com Falconi *et al.* (2016), as estacas escavadas mecanicamente com trado helicoidal são executadas por torres metálicas apoiadas em caminhões ou chassis metálicos. Os autores ainda apontam que é aplicado na execução da estaca escavada, um conjunto de hastes de perfuração que podem ser constituídas de segmentos de 2 m a 6 m de comprimento ou helicoidal em toda sua extensão.

Segundo Falconi *et al.* (2016), a estaca escavada mecanicamente possui as seguintes etapas de execução:

- Perfuração: inicia-se, segundo a NBR 6122 (ABNT, 2019), após a instalação e nivelamento do equipamento, e o posicionamento da ponta do trado sobre o piquete de locação; Falconi *et al.* (2016) apontam que quando o trado é totalmente helicoidal, a cada dois metros o trado é inserido (com rotação) e retirado com rotação (sentido invertido) somente fora do furo para a remoção do solo aderido ao trado helicoidal;
- Inserção da armadura: a armadura é inserida logo após a limpeza e o apiloamento do fundo da estaca, segundo Danziger *et al.* (2022); a NBR 6122 (ABNT, 2019) descreve que a depender do projeto, as estacas podem ter apenas armadura de arranque, sem função estrutural, onde as barras de aço são inseridas após a concretagem; Já nas estacas submetidas a esforços de tração, a armadura é inserida antes da concretagem da mesma;
- Concretagem e adensamento: o concreto, segundo Falconi *et al.* (2016), é lançado até atingir a altura de um diâmetro acima da cota de arrasamento da estaca, podendo utilizar um vibrador nos dois metros superiores da estaca para o adensamento; De acordo com a NBR 6122 (ABNT, 2019), a concretagem deve ser realizada no mesmo dia da perfuração, lançando o concreto por meio de funil com comprimento mínimo de 1,5 metros, com objetivo de orientar o fluxo do concreto.

A Figura 5 apresenta as etapas (perfuração, colocação da armadura e concretagem) de execução da estaca escavada mecanicamente com trado helicoidal.

Figura 5 – Processo executivo da estaca escavada mecanicamente com trado helicoidal



Fonte: Serki (2022).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Para responder à pergunta chave neste trabalho “quais os tipos de fundações mais empregados pela empresa e os motivos que levam a escolha da fundação?”, foi realizada uma pesquisa exploratória.

4.1 Pesquisa exploratória

A pesquisa foi realizada mediante estudo exploratório e descritivo. Buscou-se informações sobre empresas que executam fundações em Campo Mourão, PR e região, por meio do site de pesquisa do Google. Foram encontradas dez empresas localizadas na região noroeste do estado do Paraná, dessas dez apenas 4 executam fundações as outras 6 não realizam mais esse tipo de serviço.

Para a obtenção dos resultados da pesquisa exploratória, a coleta dos dados foi realizada por meio da aplicação de um questionário com perguntas abertas, elaborado no Google Forms e enviado aos responsáveis técnicos das empresas, para a obtenção das respostas. O questionário contém 6 perguntas iniciais em relação a atuação das empresas, apresentadas na Figura 6, e 11 perguntas sobre a fundação mais empregada e os aspectos considerados para a escolha da mesma, apresentadas nas Figuras 7, 8 e 9. As perguntas do questionário foram idealizadas levando-se em consideração os principais critérios que são avaliados durante o processo de escolha do tipo de fundação mais apropriada como solução de engenharia.

Figura 6 – Questionário de pesquisa, perguntas iniciais

Informações da empresa

Questionário referente a pesquisa da aluna Kauana (Orientador: Prof. Dr. Ewerton Clayton Alves da Fonseca) para o trabalho de Conclusão de Curso, do Curso Superior de Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Campo Mourão.

Este questionário tem como objetivo identificar qual o tipo de fundação mais executada pela empresa e os aspectos que levam a essa escolha.

1. Nome da empresa:

2. Responsável técnico:

3. Tempo de atuação da empresa no mercado:

4. Cidade da empresa:

5. Quais as cidades onde a empresa mais atua?

6. Quais os tipos de empreendimentos que a empresa costuma executar?

Fonte: Autoria própria (2022).

Figura 7 – Questionário de pesquisa, perguntas de 1 a 4

Questionário do tipo de fundação mais executada pela empresa

7. 1. Quais os tipos de fundações mais empregadas pela empresa, como solução de engenharia?

Por favor responder por ordem da mais empregada para a menos empregada

8. 2. Quais os principais equipamentos e maquinários utilizados na execução das fundações respondidas na Questão 02?

9. 3. Qual o tipo de fundação respondida na Questão 02, apresenta o menor custo e em menor prazo de execução?

10. 4. Quais os principais aspectos que comumente são levados em consideração na fase da escolha do tipo de fundação que justificam os empregos das fundações respondidas na Questão 02?

Fonte: Autoria própria (2022).

Figura 8 – Questionário de pesquisa, perguntas de 5 a 8

11. 5. A empresa executa a investigação geotécnica ou este serviço é terceirizado para outra empresa?

12. 6. Qual(is) é o(s) tipo(s) de investigação geotécnica, para fins de projeto de fundações, mais empregado(s) pela empresa?

13. 7. Em alguma ocasião a empresa utilizou outro tipo de investigação do subsolo diferente do tipo respondido na questão anterior? Poderia relatar o contexto, por gentileza?

14. 8. Qual é o tipo de perfil do terreno, do tipo de fundação respondida na Questão 01?

Fonte: Autoria própria (2022).

Figura 9 – Questionário de pesquisa, perguntas de 9 a 11

15. 9. Quais são os parâmetros analisados para a melhor escolha da fundação? (exemplos: profundidade e variabilidade das camadas de solo, existência de camadas resistentes ou adensáveis, posição do nível d'água)

16. 10. A empresa considera que houve avanços técnicos, nos últimos anos, que favoreceram o(s) emprego(s) de determinado(s) tipo(s) de fundação? Poderia relatar o contexto, por gentileza?

17. 11. A empresa poderia disponibilizar algumas fotos do processo de execução de algumas fundações?

Arquivos enviados:

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

Fonte: Autoria própria (2022).

Por meio de ligações telefônicas, foram efetuados os contatos com os responsáveis técnicos das empresas. O questionário sobre o tipo de fundação mais empregado na região e os aspectos que levam a essa escolha foi encaminhado aos responsáveis por cada empresa. Três empresas retornaram o questionário respondido, apenas uma empresa não respondeu, talvez por falta de interesse em compartilhar informações sobre os seus métodos executivos e/ou falta de tempo para responder as perguntas.

A aplicação do questionário e a coleta das respostas ocorreram durante os meses de dezembro de 2021 a março de 2022.

As respostas recebidas das empresas foram organizadas e analisadas a partir dos tópicos identificados nas respostas: informações da atuação das empresas, investigações geotécnicas, perfis geotécnicos típicos da região, tipos de fundação, equipamentos e maquinários, custos e prazos de execução, e avanços técnicos na execução de fundações.

5 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÕES DOS RESULTADOS

Neste tópico são apresentados os principais resultados obtidos neste trabalho. Breves discussões sobre os mesmos também são relatadas.

Para mais esclarecimentos, as três empresas que responderam ao questionário serão denominadas de empresa 1, empresa 2 e empresa 3.

5.1 Introdução

Das empresas contatadas, apenas três delas retornaram o questionário respondido. A empresa 1 atua há dez anos no mercado paranaense, executando fundações de edificações em geral (casas e sobrados, por exemplo) e de torres de alta tensão. Essa empresa possui sede em Apucarana, PR, possuindo filial em Campo Mourão, PR e atuando, com maior frequência, nas cidades de Campo Mourão, Peabiru e Goioerê.

Já a empresa 2 atua há três anos no mercado paranaense e sua sede está localizada em Maringá, PR, com uma filial em Cianorte, PR, atuando principalmente nas cidades de Cianorte e Terra Boa. A empresa executa fundações de edificações em geral (sobrados, por exemplo).

A empresa 3 atua há onze anos no mercado regional e possui sua sede também em Maringá, PR. Essa empresa atua mais na própria cidade de Maringá, executando fundações de edifícios.

5.2 Investigações geotécnicas

A empresa 1 além de projetar fundações, faz também a prospecção do subsolo. A investigação geotécnica mais empregada pela empresa é o SPT. Em algumas poucas ocasiões, a empresa já utilizou sondagens rotativas quando da ocorrência de rochas.

As empresas 2 e 3 terceirizam as investigações geotécnicas necessárias para o andamento de suas obras. O tipo de sondagem normalmente empregado para reconhecimento do subsolo também é o ensaio SPT.

Vale salientar que o SPT é o ensaio mais empregado para fins de reconhecimento do subsolo onde serão executadas fundações de edifícios, devido seu custo relativamente baixo, seus equipamentos serem considerados de fácil

manuseio e sua execução ser mais simples, em relação a outros tipos de ensaio, tais como CPT, CPT_u, DMT e PMT.

5.3 Perfis geotécnicos típicos da região

Os perfis geotécnicos representativos da região, de acordo com as três empresas consultadas, são formados por solos argilosos (Campo Mourão, Maringá, Cianorte e Terra Boa), silto-argilosos (Goioerê) e arenosos (Peabiru), sendo o solo argiloso o mais predominante em toda região de Campo Mourão.

Essas informações (com respeito às cidades de Campo Mourão e Maringá) podem ser confirmadas ao analisar os laudos de sondagem SPT apresentados por Belincanta; Branco (2003). Pode-se observar que o solo típico de Campo Mourão e região é o solo argilo-siltoso de coloração marrom-avermelhado (ver Figuras 3 e 4). Ao comparar as respostas fornecidas pelas empresas com esses resultados, foi verificado que as empresas ou desconsideram a presença da fração silte ou se referem ao solo argilo-siltoso apenas como argiloso, já que a fração argila predomina em relação à fração silte.

5.4 Tipos de fundação

A partir das respostas fornecidas pelas empresas, notou-se que o tipo de fundação mais empregado nas obras em Campo Mourão e região é a estaca escavada com trado helicoidal mecanizado de pequeno ou grande diâmetro. Basicamente, as empresas relataram que os parâmetros levados em consideração para a definição desse tipo de solução de engenharia são: os dados apresentados nos laudos de sondagem do tipo SPT (valores de N e o nível d'água) e aspectos relacionados com o custo, simplicidade e rapidez de execução. As empresas 1 e 3 disponibilizaram fotos do procedimento executivo de fundações em estaca escavada.

Nas Fotografias 1 e 2 pode-se observar a etapa de perfuração do terreno argiloso, executada pela empresa 1.

Fotografia 1 – Processo de perfuração do terreno



Fonte: Empresa 1 (2022).

Fotografia 2 – Processo de remoção do solo do trado



Fonte: Empresa 1 (2022).

As Fotografias 3, 4, 5 e 6 apresentam o processo de escavação do terreno argiloso com trado mecânico helicoidal, executado pela empresa 3.

Fotografia 3 – Processo de escavação do terreno



Fonte: Empresa 3 (2022).

Nas Fotografias 4, 5 e 6 pode-se observar a execução de uma estaca de grande diâmetro para fundações de torre de linha de transmissão de energia elétrica, executada pela empresa 3.

Fotografia 4 – Processo de escavação do terreno com trado mecânico helicoidal



Fonte: Empresa 3 (2022).

Fotografia 5 – Processo de escavação do terreno com trado mecânico helicoidal



Fonte: Empresa 3 (2022).

Fotografia 6 – Finalização do processo de escavação do terreno com trado mecânico helicoidal



Fonte: Empresa 3 (2022).

As empresas não enviaram fotos dos próximos procedimentos executivos que são a colocação da armadura e a concretagem, apresentados na Figura 1.

5.5 Equipamentos e maquinários

O principal equipamento e maquinário utilizado pelas empresas, para a execução de fundações, é a máquina perfuratriz montada sobre caminhão ou trator,

conforme já apresentado nas fotografias do subtópico anterior. A Fotografia 7, apresenta a frota de máquinas perfuratrizes da empresa 1, as quais foram montadas sobre caminhões.

Fotografia 7 – Frota de máquinas perfuratrizes



Fonte: Empresa 1 (2022).

5.6 Custos e prazos de execução

De acordo com as respostas fornecidas pelas empresas, o tipo de fundação que apresenta menor custo, atendendo as necessidades dos distintos projetos em menor prazo de execução é a estaca escavada. O prazo de execução depende muito das condições do canteiro de obra (se o maquinário tem espaço suficiente para locomoção no terreno, por exemplo), do teor de umidade apresentado pelo solo (ocorrência de chuvas, por exemplo) e da composição do mesmo. Usualmente, as empresas fazem o orçamento levando em consideração a distância até o canteiro de obra, a dificuldade do serviço e a estimativa do período que o maquinário ficará operando na obra.

Vale ressaltar que fundações diretas (sapatas, por exemplo) não foram mencionadas como solução de engenharia pelas empresas que participaram nesta pesquisa, apesar desse tipo de fundação (em geral) ser mais econômico do que fundações por estacas. A explicação para esse fato pode estar relacionada com a colapsividade apresentada pelo solo da região noroeste do Paraná (TORY, 2017). O emprego de fundações por estacas, nesses casos, reduz significativamente os

recalques ocasionados pelo colapso do solo de fundação (casos de aumento do teor de umidade/grau de saturação do material) e, dessa forma, o aparecimento de patologias na superestrutura são reduzidos também.

5.7 Avanços técnicos na execução de fundações

Segundo as três empresas consultadas, o crescimento do mercado de trabalho aumentou a complexidade da execução, fazendo com que a necessidade de evolução das máquinas e da execução acompanhasse este cenário. O avanço técnico na execução das estacas escavadas, com grandes diâmetros, foi o emprego de distintos fluidos estabilizantes (lama bentonítica e polímero sintético, por exemplo).

As empresas também apontaram como avanço técnico a utilização de ferramentas mecanizadas para abertura de bases de tubulões. No entanto, é importante destacar que esse tipo de fundação está entrando em gradativo desuso como solução de engenharia, já que essa técnica apresenta risco elevado aos profissionais que executam a escavação.

6 CONCLUSÕES

Este trabalho investigou qual é o tipo de fundação mais empregado em Campo Mourão, PR e região. A partir da aplicação de um questionário, o qual foi elaborado especialmente para esta pesquisa, os dados relacionados com o estudo foram obtidos e analisados. Tal questionário foi submetido a três empresas que executam fundações em distintas cidades da região, tais como: Campo Mourão, PR, Maringá, PR, Terra Boa, PR, Peabiru, PR, Goioerê, PR e Cianorte, PR. As principais conclusões deste trabalho estão listadas a seguir.

- O tipo de fundação mais empregado na região é fundação por estacas;
- Tubulões são pouco empregados, ou até mesmo não são empregados, por estar em gradativo desuso devido ao risco elevado aos profissionais que realizam o serviço.
- Fundações diretas, aparentemente, não são empregadas (ou são pouco empregadas) na região, devido à colapsividade apresentada pelo solo local;
- Estaca escavada mecanicamente com trado helicoidal é o tipo de fundação por estaca mais empregado na região;
- O custo depende da distância até o canteiro de obra, da dificuldade do serviço e da estimativa do período que o maquinário ficará operando na obra;
- O prazo depende do espaço para a locomoção do maquinário no terreno, da ocorrência de chuvas, e da composição do subsolo;
- Os principais aspectos que são levados em consideração, na fase da escolha do tipo de fundação, são os dados apresentados nos laudos de sondagem do tipo SPT, o menor custo da solução, sua simplicidade e rapidez de execução.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6122**: projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro, ABNT, 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6484**: solo: sondagens de simples reconhecimentos com SPT: método de ensaio. Rio de Janeiro, ABNT, 2020.
- AZEREDO, H.A. **O edifício até a sua cobertura**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 1997.
- BELINCANTA, A.; BRANCO, C.J.M.C. Resultados de investigações geotécnicas no norte e noroeste do Paraná. *In*: ENCONTRO GEOTÉCNICO DO TERCEIRO PLANALTO PARANAENSE, 1., 2003, Maringá. **Anais [...]**. Maringá: UEM, 2003. p. 131-164.
- CALLISTER, J.D. **Ciência e engenharia de materiais**: uma Introdução. 5. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos Científicos, 2002.
- COSTA, N.S.D. da; GODINHO, J.P.; COSTA, J.O. Erosão hídrica em um afluente do rio km 119 na área urbana de Campo Mourão (PR). *In*: GEOINGÁ: REVISTA DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA, 2012, Maringá. **Anais [...]**. Maringá: UEM, 2012. p. 104-124. Disponível em: <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/Geoinga/article/view/49180/751375140361>. Acesso em: 07 jul. 2022.
- DANZIGER, B.; LOPES, F. **Fundações em estacas**. 1. ed. Rio de Janeiro: LCT, 2022.
- DAS, M. **Fundamentos de engenharia geotécnica**. 3. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2007.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **IPR-719**: manual de pavimentação. Rio de Janeiro: DNIT, 2006.
- EMBRAPA. **Latossolos**. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_96_10112005101956. Acesso em: 10 jun. 2022.
- FALCONI, F.; CORRÊA, C.; ORLANDO, C.; SCHIMDT, C.; ANTUNES, W.; ALBUQUERQUE, P.; HACHICH, W.; NIYAMA, S. **Fundações: teoria e prática**. 3. ed. São Paulo: Pini, 2016.
- FILHO, E.P. **Estacas escavadas - trado mecânico**, 2016. Disponível em: <https://www.apl.eng.br/artigos/2016-METODOLOGIA-ESTACA-ESCAVADA-TRADO-MECANICO.pdf>. Acesso em: 09 set. 2022.
- GONÇALVES, R.L. **Estudo do comportamento de estacas apiloadas em solo colapsível da região de Londrina, PR**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Edificações e Saneamento) – Universidade Estadual de Londrina, Faculdade de Engenharia Civil, Londrina, 2006.
- GUIMARÃES, D.; PETER, E. **Fundações**. 1 ed. Porto Alegre: Grupo A, 2018.

- GUTIERREZ, N.H.M. **Influências de aspectos estruturais no colapso de solos do norte do Paraná**. 2005. Tese (Doutorado em Geotecnia) – Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2005.
- HACHICH, W.; FALCONI, F.; SAES, J.; FROTA, R.; CARVALHO, C.; NIYAMA, S. **Fundações: teoria e prática**. 2. ed. São Paulo: PINI, 1998.
- HICKS, E.; HICKS, J. **Peça e será atendido**. Califórnia: Hay House, 2004.
- LUNA, F.J; SCHUCHARDT, U. Argilas pilarizadas - uma introdução. *In*: QUÍMICA NOVA, 22(1)., 1999, Campinas. **Anais [...]**. Campinas: UNICAMP, 1999. p. 104-109. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/qn/a/dGLT95v3GRKrFtQG9BPfWZG/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 10 out. 2022.
- REBELLO, Y. **Guia prático de projeto, execução e dimensionamento**. São Paulo: Zigurate, 2008.
- SCHNAID, F.; ODEBRECHT, E. **Ensaio de campo e suas aplicações à engenharia de fundações**. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.
- SERKI. **Estacas escavadas**, 2022. Disponível em:
<http://serki.com.br/servicos/estacas-escavadas/>. Acesso em: 09 set. 2022.
- TORY, R. **Análise de um solo colapsível e a sua relação com as patologias em fundações na região noroeste do Paraná**. 2017. Monografia (Especialização em Patologia das Construções) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Departamento Acadêmico de Construção Civil, Curitiba, 2017.
- WILSON, S. I. **Manual de sondagens**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1999, 4. ed. 22 p.