

XX Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
IX Simpósio Brasileiro de Mecânica das Rochas
IX Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
VI Conferência Sul Americana de Engenheiros Geotécnicos Jovens
XI Congresso Luso Brasileiro de Geotecnia
23 a 26 de Agosto de 2022 – Campinas – SP



COBRAMSEG 2022
23 A 26 DE AGOSTO | CAMPINAS | SP | BRASIL
COBRAMSEG | SBMR | GEOJOVEM | CLBG

Levantamento Dos Tipos De Fundações Em Edifícios De Múltiplos Pavimentos Em Apucarana

Ana Karla Zanatta Vieira

Graduada em Engenharia Civil, UTFPR, Apucarana, Brasil, anakarlazanatta@hotmail.com

Augusto Montor de Freitas Luiz

Docente de Engenharia Civil, UTFPR, Apucarana, Brasil, augustom@utfpr.edu.br

RESUMO: A etapa de fundações é essencial para a construção de um edifício e é uma etapa em que erros podem influenciar em todo o desenvolvimento da edificação. Este trabalho teve como objetivo principal o desenvolvimento de um material de consulta sobre os tipos de fundações utilizados em Apucarana. A relevância deste trabalho é que mesmo sem participarem dos projetos ou execução dos edifícios, engenheiros(as) e arquitetos(as) tenham acesso a um acervo sobre as fundações mais utilizadas nos edifícios do município, de acordo com suas características. Foram aplicados questionários, feitas análises de projetos e diálogos com responsáveis técnicos e projetistas das edificações de modo a obter dados para o desenvolvimento da pesquisa, que estão apresentados em tabelas, gráficos e mapas temáticos de localização das edificações. Foram obtidos dados de 27 edifícios acima de 3 pavimentos, sendo 42 elementos de fundações e após a organização dos dados, eles foram analisados de acordo com os parâmetros de localização das obras, tipo de fundação utilizada e quantidade de pavimentos. Percebeu-se que o tipo de fundação mais utilizado no município foi o tubulão, seguido por estaca escavada sem uso de polímero estabilizante e a grande utilização de sapatas para edificações com grande quantidade de pavimentos.

PALAVRAS-CHAVE: Fundações. Tubulão. Estaca Escavada.

ABSTRACT: The foundations stage is essential for the construction of a building and is a stage in which errors can influence the entire development of the building. This work had as main objective the development of a consultation material on the types of foundations used in Apucarana. The relevance of this work is that even without participating in the projects or execution of the buildings, engineers and architects have access to a collection of the types of foundations most used in the city's buildings, according to their characteristics. For this, questionnaires were applied, analyzes of projects and dialogues were carried out with building technicians and designers in order to obtain data for the development of the research, which are presented in tables, graphs and thematic maps of the location of the buildings. Data were obtained from 27 buildings above 3 floors, in which 42 elements of foundations were found and after organizing the data, they were analyzed according to the parameters of location of the works, type of foundation used and number of floors. It was noticed that the type of foundation most used in the municipality was the caisson, followed by a drilled pile without the use of stabilizing polymer and the great use of shallow foundation for buildings with a large amount of pavements.

KEYWORDS: Foundations. Caisson. Drilled Pile.

1 Introdução

A Engenharia de Fundações é o ramo da Engenharia Civil na qual se projetam e executam as fundações. De acordo com Velloso e Lopes (2010), essa é uma área repleta de incertezas e onde se devem evitar generalizações, devido ao fato de que cada obra pode possuir características distintas, por exemplo, em relação ao solo com presença ou não de matacões que pode alterar definições de projeto para a escolha de fundações. Essas características devem ser consideradas adequadamente, pois poderão alterar completamente um projeto em relação ao outro.



Segundo Azeredo (1997), são denominadas fundações os elementos que tem a atribuição de transmitir ao terreno as cargas de uma estrutura. Estas são divididas em dois grupos que são: fundações rasas e fundações profundas.

Joppert Junior (2013) cita que a fundação de uma edificação pode representar um dos itens menos onerosos de uma obra, variando entre 3% a 7% do custo da mesma. Porém, erros de projeto e executivos nessa fase podem gerar custos diretos e indiretos muito altos, além de ações jurídicas. Ainda, este mesmo autor, alega que a escolha do tipo de fundação deve ser feita de forma criteriosa, tanto tecnicamente como economicamente, de acordo com as condições de edificações vizinhas a obra, a geotecnia local, a viabilidade executiva e a existência de mão de obra especializada para a execução da solução adotada.

Independente de características da obra e de qual a sua finalidade, as fundações são responsáveis por uma das funções mais importantes na estrutura, que é a sustentação dos carregamentos provenientes da estrutura. Se dimensionadas corretamente, terão um bom desempenho na transmissão de cargas da superestrutura para o terreno sem que ocorram deformações ou grandes recalques, mostrando assim a qualidade do projeto de fundações.

De acordo com Velloso e Lopes (2010), a área de fundações necessita de observação de casos passados. Partindo desse pressuposto, o presente trabalho deseja contribuir com futuros engenheiros(as) e arquitetos(as) gerando um acervo de obras já realizadas no município de Apucarana - PR.

O intuito da pesquisa é que os futuros engenheiros(as) e arquitetos(as) possam visualizar características das obras e qual o tipo de fundação adotado para cada de modo que mesmo sem participarem de suas fases de projeto e execução, 16 possam adquirir experiências com as informações apresentadas e então, utilizá-las como base para futuras escolhas de soluções de fundações adequadas a cada obra.

2 Metodologia

Em um primeiro momento, foi feita uma revisão de literatura sobre a prática de fundações e sobre o município no qual o estudo foi aplicado, além da pesquisa sobre trabalhos semelhantes ao do estudo para serem utilizados como base.

Em seguida, foi desenvolvido o questionário, passando por alterações até chegar ao modelo final e o mesmo foi aplicado em construtoras, escritórios de engenharia/arquitetura, engenheiros e arquitetos autônomos de diversas cidades, mas que foram responsáveis por projetos ou execução das fundações em Apucarana, via e-mail ou telefone. O questionário foi restrito a edifícios acima de 3 pavimentos e foi dividido em 2 etapas: caracterização da obra e aspectos geotécnicos, além de contar com perguntas objetivas para que não fugissem do tema. Também foi realizada pesquisa no arquivo da prefeitura do município de Apucarana e conversas com executores para obter mais informações.

Foi feito o tratamento dos dados e os mesmos foram apresentados por mapas, tabelas e gráficos e posteriormente desenvolvido o material de consulta.

3 Área de Estudo

O município de Apucarana se localiza na porção centro norte do Estado do Paraná, a 390 km da capital do estado com latitude 23°31'30" S e longitude 51°24'20" W.

O município se localiza sobre o terceiro planalto paranaense, que de acordo com Oka-Fiori *et al.* (2006) abrange 2/3 do Estado do Paraná e é conhecido como Arenito-Basáltico. Segundo Maack (1947), este planalto subdivide-se em vários planaltos, sendo um deles o Planalto de Apucarana.

O estudo de Luiz e Fernandes (2018), que se limita à região central do município de Apucarana, mostra que a região apresenta solo evoluído e solo de alteração de basalto, sendo a camada de solo evoluído de espessura considerável e de comportamento relativamente constante, da ordem de 10,0 metros. Já para o solo de alteração, esse comportamento não é tão constante. Percebe-se também a variação de cota do nível freático como mostrado na Figura 1.

Fora da região central do município podem haver algumas variações, principalmente na espessura dos solos e na profundidade do impenetrável, porém a tipologia dos solos é a mesma, sendo solos evoluídos e de



alteração de basalto, pois este pacote de solos se estende por uma grande área onde ocorreram derrames basálticos.

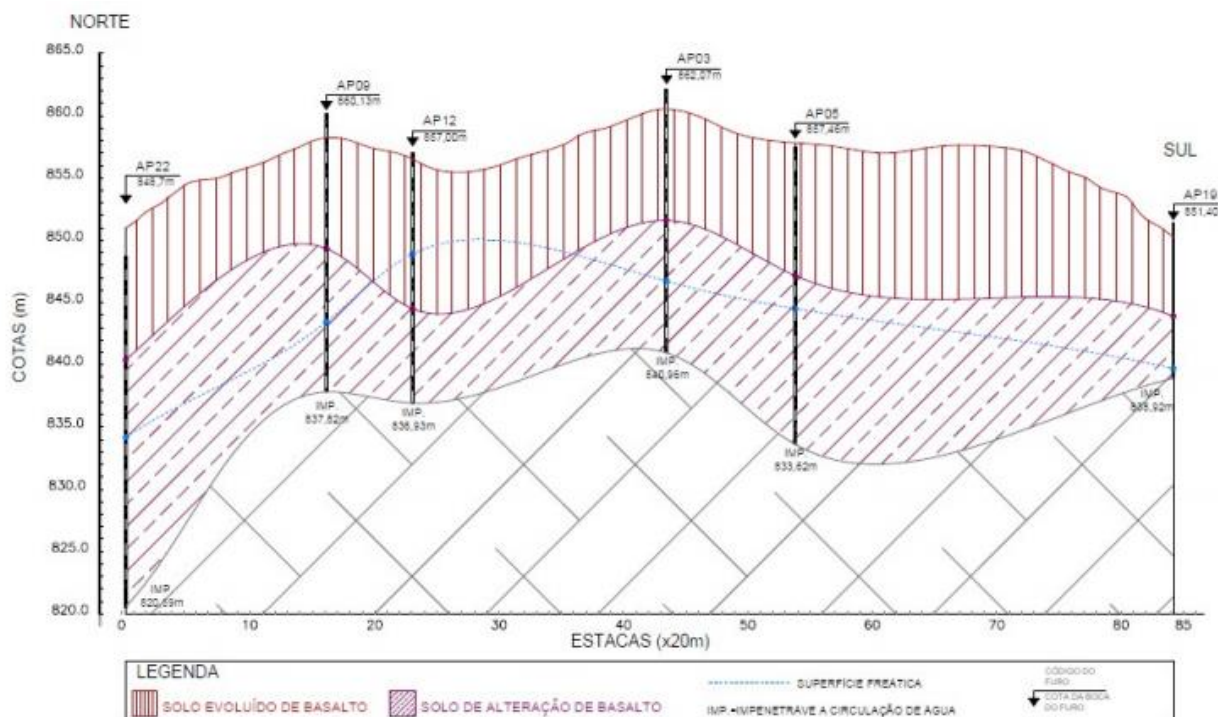


Figura 1. Perfil Norte-Sul Solo Apucarana

4 Resultados

Ao todo foram alcançadas respostas completas para 27 edifícios localizados na cidade de Apucarana, o que equivale a aproximadamente 30% dos prédios da cidade.

Neste levantamento, foram consideradas somente edificações a partir de 3 pavimentos, com exceção a uma edificação antiga que inicialmente continha 2 pavimentos, em que foi encontrado um projeto de reforço de fundações para que fosse acrescido mais um pavimento na estrutura, além da presença de elementos de bloco de concreto ciclópico, sendo assim, consideramos que o mesmo poderia contribuir para este estudo.

Os dados encontrados seguem apresentados na sequência do questionário para manter a linha de raciocínio que foi definida no mesmo, sendo assim, a seguir serão descritos, a princípio, os resultados sobre as características gerais das obras e em sequência os dados sobre a etapa de fundações.

As edificações estudadas apresentam, em média, 12 pavimentos, sendo encontradas obras de baixo, médio e alto padrão, porém a maior parte dos edifícios estudados se classifica entre médio/alto padrão, sendo tanto residenciais quanto comerciais e até mesmo de uso misto.

Mais da metade das edificações estudadas possuem subsolo, sendo a grande maioria com apenas 1 subsolo, mas foram encontradas edificações com até 3 subsolos. O sistema estrutural mais encontrado foi concreto armado, sendo também observado concreto protendido e alvenaria estrutural. Já o sistema de vedação mais utilizado nos edifícios foi alvenaria de blocos cerâmicos.

Dentre as obras estudadas, a mais antiga foi iniciada no ano de 1960 e a mais recente iniciou-se no ano de 2020 com entrega prevista para 2023.

Sobre a etapa de fundações, das 17 respostas obtidas sobre o método de sondagem utilizada, 16 foram SPT e apenas 1 edificação utilizou sondagem rotativa. Dentre os questionários em que a quantidade de furos para sondagem foi informada, pode-se obter uma média de 5 furos por obra, tendo uma variação de 3 a 15 furos.

Com relação as empresas contratadas para realização do projeto e/ou execução das fundações, os questionários indicaram predominância de empresas especializadas localizadas nas cidades de Apucarana, Maringá, Londrina, Curitiba e até do Estado de Santa Catarina.



Sobre as possíveis problemáticas identificadas nas respostas ao questionário, destacam-se a instabilidade climática, nível d'água, presença de matacões, diferença entre profundidade de projeto e profundidade encontrada em obra, deslocamento de tubulão no pilar de maior carga em função de poço encontrado e solo contaminado devido a existência de um posto de combustível anteriormente no terreno.

Outro dado pertinente, é que em média são gastos 3,1 meses na etapa de execução das fundações e, em sua grande maioria, as fundações foram classificadas pelos responsáveis técnicos como excelentes.

Vale ressaltar que grande parte das obras possuíam mais de um tipo de elemento de fundação, sendo que, por exemplo, em um dos casos, um elemento de fundação foi utilizado para a contenção de parede cortina do subsolo e o outro elemento para a torre da edificação. Portanto, neste estudo, foram considerados todos os elementos de fundações encontrados nos edifícios, independentemente de serem o principal elemento ou não, pois acredita-se que todos contribuiriam para este material de estudo.

4.1 Quanto a localização dos edifícios pesquisados

Dentre as 27 obras pesquisadas, 70,4% se localizam na região central da cidade de Apucarana e apenas 29,6% se localizam em outros bairros da cidade, conforme mostrado na Figura 2 e a localização das mesmas pode ser visto na Figura 3.

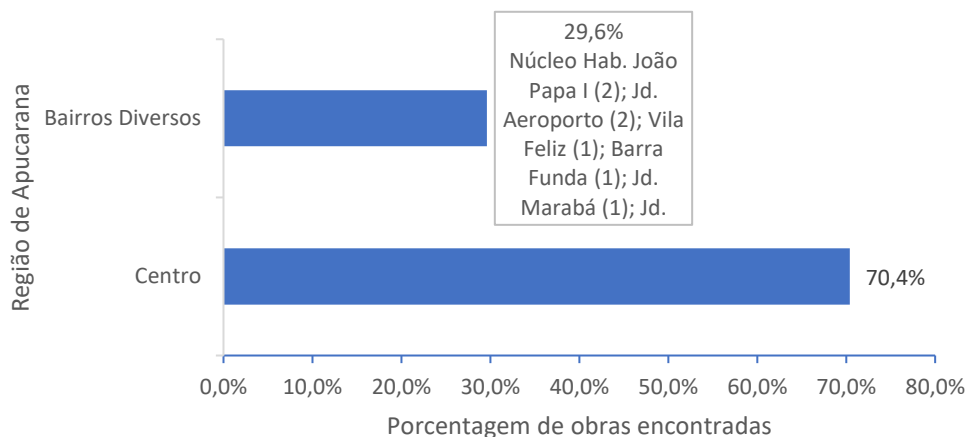


Figura 2. Distribuição das obras pesquisadas no município de Apucarana



Figura 3. Localização dos tipos de fundações em Apucarana



4.2 Quanto ao tipo de fundação executado

A princípio, é importante ressaltar, novamente, que foram encontradas diversas obras com mais de um tipo de fundação sendo executado, sendo elas com a execução de mais de um elemento de fundação profunda ou com a combinação de uma fundação profunda com rasa, ou seja, mista como pode-se observar na Figura 4.

Dentre as 27 obras pesquisadas no município de Apucarana, foram encontrados 42 elementos de fundações. Destas obras, 3 foram executadas com fundações rasas, 3 com fundações mistas e as outras 21 com 1 ou mais elementos de fundações profundas, como mostra a Figura 6.

Considerados os 42 elementos de fundações sendo 3 fundações rasas, 6 fundações mistas e 33 fundações profundas, divididas entre os tipos encontrados, verificam-se as seguintes porcentagens mostradas na Figura 5.

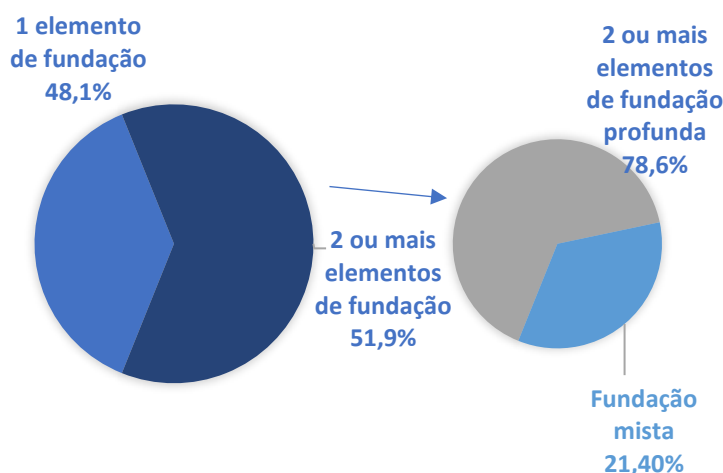


Figura 4. Proporções de elementos de fundações encontrados nas edificações

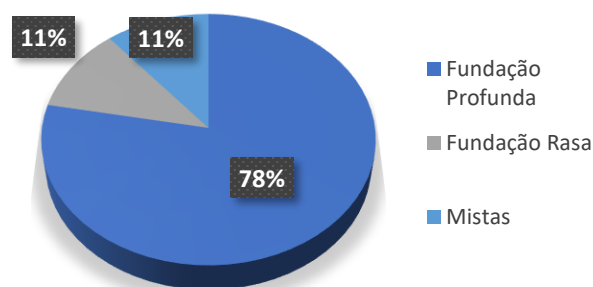


Figura 5. Identificação geral dos tipos de fundações executadas em Apucarana

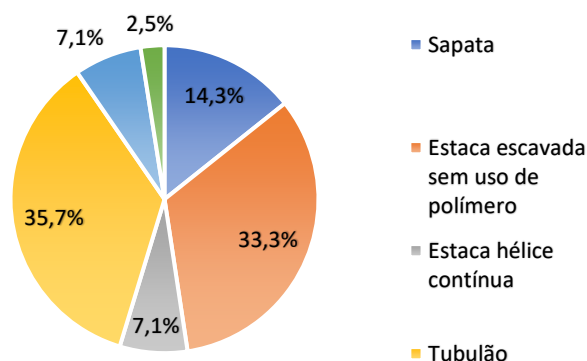


Figura 6. Identificação detalhada dos elementos de fundações executadas em Apucarana

4.3 Quanto ao número de pavimentos dos edifícios

Pode-se observar que das 27 obras pesquisadas, 44,4% se encontram na faixa de 3 a 8 pavimentos, 14,8% se encontram na faixa de 9 a 16 pavimentos e 40,8% se encontram na faixa de 17 a 25 pavimentos, como mostrado na Figura 7.

Dentre as 12 obras pesquisadas na cidade de Apucarana que estão situadas na faixa de 3 a 8 pavimentos, foram encontrados os seguintes tipos de fundações: estaca escavada, tubulão, sapata e estaca raiz, totalizando 17 elementos de fundações, sendo que em 4 obras foi encontrado mais de um tipo de fundação profunda, apenas 1 foi utilizada fundação mista e as 7 restantes se encontravam com somente 1 elemento de fundação.

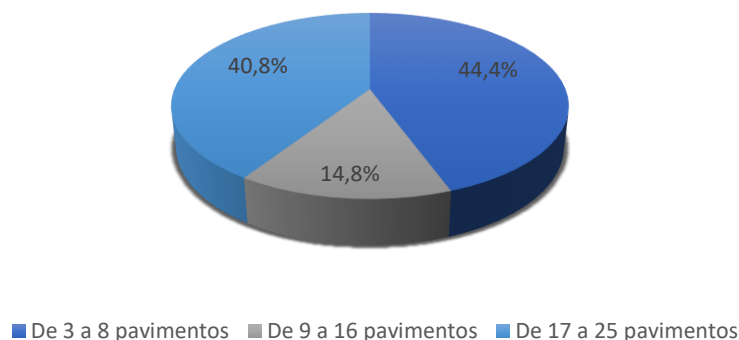


Figura 7. Identificação dos edifícios por número de pavimentos em Apucarana

Considerando as 4 obras que se encontram na faixa entre 9 a 16 pavimentos, foi encontrada apenas estaca escavada sem polímero e tubulão como elementos de fundações.

Já nas edificações de 17 a 25 pavimentos foram encontrados 17 elementos de fundações, sendo eles: sapata, tubulão, estaca escavada sem polímero, estaca hélice contínua e estacão. Dentre essas edificações, foi encontrada 1 com fundação direta, 2 com fundações mistas e o restante com 1 ou mais elementos de fundações profundas, como mostra a Figura 8.

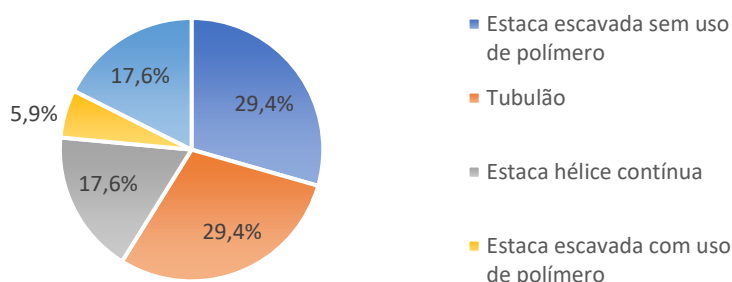


Figura 8. Porcentagens das fundações na faixa de 17 a 25 pavimentos.

Analisando os dados contidos nos gráficos, nota-se que para os edifícios de Apucarana são utilizadas, em sua grande maioria, fundações profundas, sendo mais utilizado o tubulão, seguido pela estaca escavada sem uso de polímero estabilizante. Se considerarmos todas as fundações utilizadas neste estudo, a estaca escavada sem uso de polímero e tubulão representam aproximadamente 70% da escolha de solução de fundações.

Em seguida, temos a sapata como opção mais utilizada de fundações, tanto como tipo único, quanto combinada com outros elementos. Vale ressaltar a utilização deste tipo de elemento de fundação em edifícios com 2 ou 3 subsolos, evidenciando que a escavação do subsolo chegou em camadas de solo competente, possibilitando a execução de sapatas.



Um ponto muito citado por alguns entrevistados foi que o tubulão, pela necessidade da descida do profissional para alargamento da base, proporciona uma avaliação visual do solo e suas características após a escavação, o que pode até evitar erros. Além disso, deve-se ressaltar a tradição da execução deste elemento de fundação em toda a região norte do Estado do Paraná.

5 Conclusões

O objetivo principal deste trabalho foi realizar um levantamento dos tipos de fundações utilizadas em edifícios a partir de 3 pavimentos no município de Apucarana, permitindo assim conhecer melhor sobre o mercado de fundações na região de estudo. Foram pesquisadas 27 obras, através de aplicação de questionários, consulta de projetos e diálogos com profissionais da área.

A partir dos dados coletados, foi possível visualizar a predominância do ensaio SPT, neste estudo, como método de sondagem utilizado para investigações geotécnicas, comprovando que realmente é o ensaio mais comumente utilizado. Além disso, verificou-se que grande parte das empresas afirmaram ter os relatórios de sondagem arquivados.

Através da pesquisa, pode-se perceber que existem dois tipos de fundações predominantes na região de estudo, os tubulões e estacas escavadas sem uso de polímero estabilizante. Percebe-se também a predominância da utilização de fundações profundas para edifícios acima de 3 pavimentos e da presença de tubulões em edifícios com presença de subsolo. Em seguida, o tipo de fundação mais utilizado foi a sapata, que para as edificações estudadas foi o único tipo de fundação direta encontrada. Se forem consideradas quando utilizadas sozinhas ou combinadas com outro elemento de fundação, foram mais utilizadas como alternativa de fundações que alguns tipos encontrados de fundações profundas. Observa-se, que para os dados coletados a hélice contínua só apareceu a partir do ano de 2014, dando indícios de que esse tipo de estaca e seu processor executivo começaram a ser aplicados na cidade neste período.

Pode-se concluir que a maior parte das edificações não apresenta apenas um tipo de solução de fundações, associando então, 2 ou mais tipos independentemente de serem profundas ou superficiais. Sendo assim, nota-se que muitas vezes utilizar apenas um tipo de fundação para os diversos elementos da obra não é vantajoso e que podemos ter diversos tipos de fundações em uma obra, de modo que as escolhidas atendam melhor as exigências do local em que será utilizada.

Percebeu-se também pelo estudo que onde foram utilizadas mais de uma solução de fundação, o tempo para execução desta etapa foi maior. Outro fator que influenciou no tempo de execução, foram as complicações que surgiram em obra, sendo que quanto mais difíceis de serem resolvidas, maior foi o tempo demandado para execução.

Conclui-se, que para este estudo, alvenaria estrutural foi utilizada somente em edifícios baixos e que em ambas as edificações em que a mesma foi encontrada, o tipo de fundação escolhido foi a estaca escavada sem uso de polímero estabilizante. Já o concreto protendido foi encontrado em um edifício com grande quantidade de pavimentos e de alto padrão. Cita-se também que estes sistemas foram encontrados apenas em edificações mais atuais, surgindo do ano de 2015 em diante.

AGRADECIMENTOS

À todos que de alguma forma contribuíram para este estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZEREDO, H.A. (1997) *O edifício até sua cobertura*. 2. ed. rev. São Paulo: Edgard Blücher.

JOPPERT JUNIOR, I. (2013) *Fundações e contenções em edifícios: qualidade total na gestão do projeto e execução*. São Paulo: Pini.

XX Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
 IX Simpósio Brasileiro de Mecânica das Rochas
 IX Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
 VI Conferência Sul Americana de Engenheiros Geotécnicos Jovens
 XI Congresso Luso Brasileiro de Geotecnia
 23 a 26 de Agosto de 2022 – Campinas – SP



COBRAMSEG 2022
 23 A 26 DE AGOSTO | CAMPINAS | SP | BRASIL
 COBRAMSEG | SBMR | GEOJOVEM | CLBG

- LUIZ, A. M. F.; FERNANDES, M. A. (2018) *Perfilagem do subsolo no município de Apucarana-PR com base em dados de sondagens de simples reconhecimento com SPT*. XIX Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica.
- MAACK, R. (1947) *Breves notícias sobre a geologia dos estados do Paraná e Santa Catarina*. Arquivos de Biologia e Tecnologia. Curitiba, vol. II.
- OKA-FIORI, C. et al. (2006) *Mapeamento geomorfológico preliminar do estado do Paraná*. VI Simpósio Nacional de Geomorfologia.
- VELLOSO, D. A.; LOPES, F. R. (2010) *Fundações: critérios de projeto, investigação do subsolo, fundações superficiais, fundações profundas*. São Paulo, Oficina de Textos.