

Análise do dimensionamento das fundações de uma residência utilizando sapatas isoladas e estacas escavadas

Pereira, Simone de F. Afonso^a, <https://orcid.org/0000-0002-6052-1196>, (simonepereira23@live.com)

Casanova, Bóris Sokolovicz^b, <https://orcid.org/0000-0002-6369-8755>, (bsokolovicz@yahoo.com.br)

^a *Engenheira Civil, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Santo Ângelo, Rio Grande do Sul, Brasil.*

^b *Professor Doutor em Engenharia Civil, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Santo Ângelo, Rio Grande do Sul, Brasil.*

Resumo

As fundações encontram-se presentes em praticamente todas as obras de engenharia. Para que o projeto de fundações seja realizado um dos aspectos necessários a considerar é o conhecimento do perfil geotécnico do local da obra. A interação que o solo possui com a estrutura (ISE), pode ser simulada através das suas características e carregamentos ao qual está submetido. Esta análise, que pode ser obtida também por simulação em software, possibilita prever o comportamento das fundações. Foi realizado um estudo para uma edificação residencial de dois pavimentos, na cidade de Santo Ângelo – RS, o solo do presente local é classificado como argiloso. Para o dimensionamento das sapatas e estacas escavadas foi utilizado o ensaio Standard Penetration Test (SPT) e ensaios laboratoriais de análise de solo. As estacas escavadas foram dimensionadas pelo Método de Aoki Velloso e as sapatas isoladas através do software TQS. Os resultados apresentaram que os dois tipos de fundações são viáveis. Porém, as sapatas requerem uma rigidez maior devido a sua classificação pertencer às fundações superficiais. Nesse aspecto as fundações profundas se sobressaem pois possibilitam a rigidez da estrutura que as fundações superficiais não dispõem, e também, pela a sua execução ser mais simples rápida.

Palavras Chave – *Fundações, Dimensionamento, Estacas, Sapatas.*

Abstract

Foundations are present in practically all engineering works. For the foundation project to be carried out, one of the necessary aspects to consider is the knowledge of the geotechnical profile of the construction site. The interaction that the soil has with the structure (ISE) can be simulated through its characteristics and loads to which it is subjected. This analysis, which can also be obtained by software simulation, makes it possible to predict the behavior of foundations. A study was carried out for a two-story residential building in the city of Santo Ângelo - RS, the soil of the present location is classified as clayey. For the dimensioning of the excavated footers and piles, the Standard Penetration Test (SPT) and laboratory tests for soil analysis were used. The excavated piles were dimensioned by the Aoki Velloso Method and the footers isolated using the TQS software. The results showed that both types of foundations are viable. However, footers require greater rigidity due to their classification belonging to surface foundations. In this respect, the deep foundations stand out because they allow the rigidity of the structure that the superficial foundations do not have, and also, because its execution is simpler and faster.

Keywords – *Foundations, Dimensioning, Piles, Footing of a wall.*

1. Introdução

As fundações possuem como grande finalidade garantir a segurança, funcionalidade e durabilidade da estrutura. Para que tenham melhor aproveitamento é de fundamental importância que se realize as investigações geotécnicas necessárias para obter os parâmetros indispensáveis para o dimensionamento adequado das mesmas. Porém, em obras de pequeno porte, muitas vezes não são realizados os estudos geotécnicos necessários.

No projeto de fundações, a investigação geotécnica é determinada pelo custo, sendo muitas vezes não realizada na maioria das construções civis. Além de não ter um conhecimento correto, coloca-se a segurança e o conforto em segundo plano. Ocorre também, nos projetos em geral, que as fundações são consideradas indeslocáveis. Ignorando o fato de que o solo das fundações sofre deformações e estas deformações gera deslocamento que pode influenciar na estrutura como um todo.

Devido a erros de dimensionamento ocorrem muitas vezes patologias em obras civis, as quais tem ocorrências reportadas nacionalmente como internacionalmente, casos como Silo de Transcona (1913) no Canadá e os edifícios no litoral de Santos podem ser citados como exemplo. Apesar de estudos, na prática não há uma consideração direta entre o projeto estrutural e o de fundações, não é feita uma análise direta da relação entre o solo e a estrutura em si, o que muitas vezes não prevê a correta funcionalidade da edificação. E por esta razão, atualmente as estruturas estão passando a ser analisadas em conjunto com as fundações.

De acordo com Antoniazzi (2011) as reações de apoio de uma estrutura, antes de serem absorvidas pelo solo, devem passar pelas fundações, e, para isto, ao se projetar uma estrutura, supõe-se que este conjunto seja capaz de garantir a indeslocabilidade da base dos pilares. Baseando-se nesta hipótese, grande parte dos projetos estruturais são elaborados considerando a estrutura assente sobre base rígida e indeslocável.

Existem dois tipos de fundações, Velloso (2011) destaca que as fundações são classificadas em superficiais (diretas ou rasas) e profundas. As superficiais são aquelas em que a carga é transmitida ao terreno, predominantemente pelas pressões distribuídas sob a base da fundação, sendo que, para sua construção não será necessário cotas profundas do solo, tais como radier, sapatas e blocos. As profundas caracterizam-se por transmitirem os esforços as camadas mais profundas do terreno para resistirem às cargas necessárias, tais como estacas, tubulões e caixões.

2. Materiais e metodologia

2.1 Projeto Arquitetônico

O projeto trata-se de uma edificação de dois pavimentos, sendo o primeiro pavimento do tipo comercial e o segundo pavimento do tipo residencial, ambos apresentados nas figuras 1 e 2.

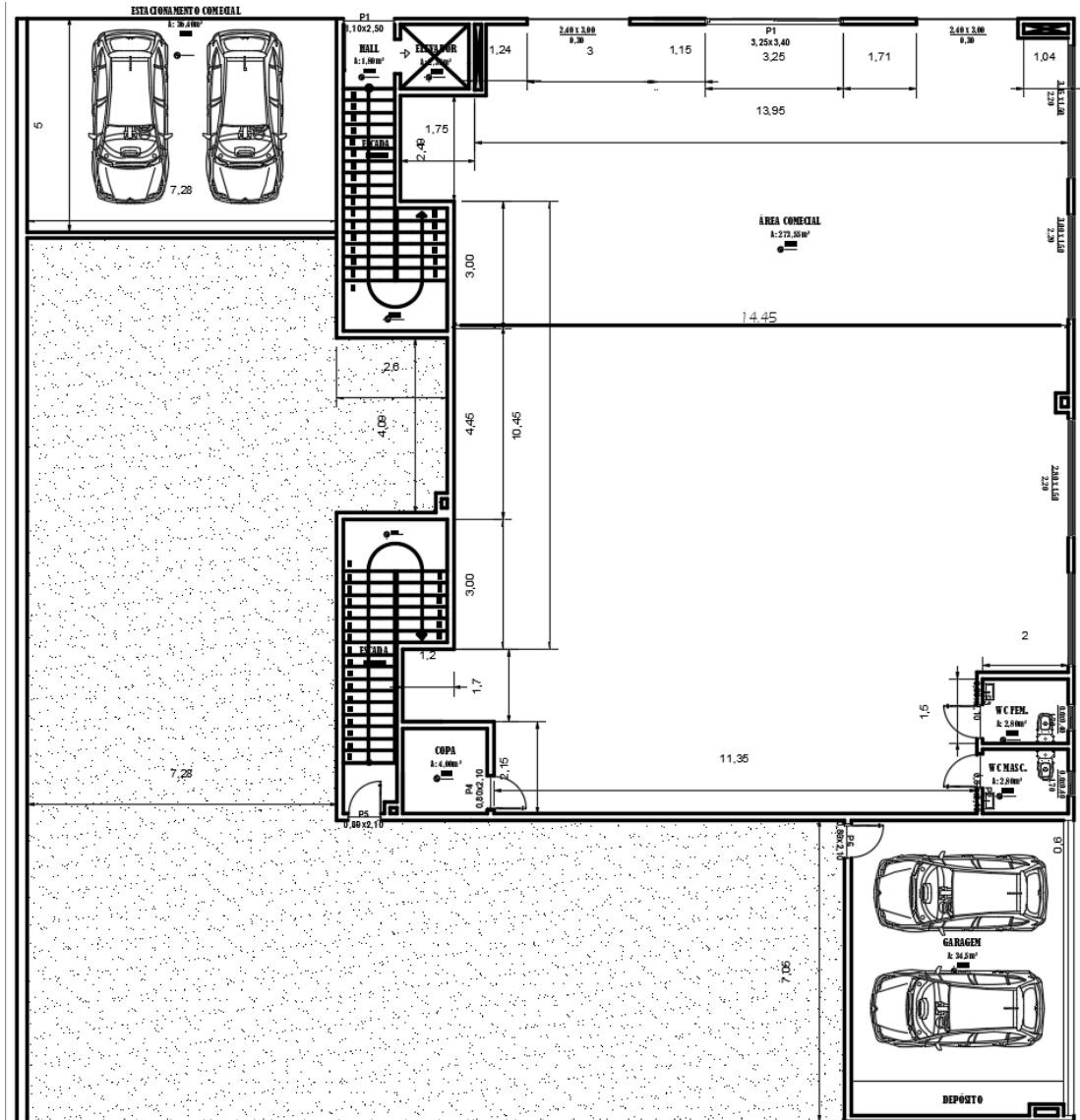


Fig. 1. Planta Baixa pavimento térreo

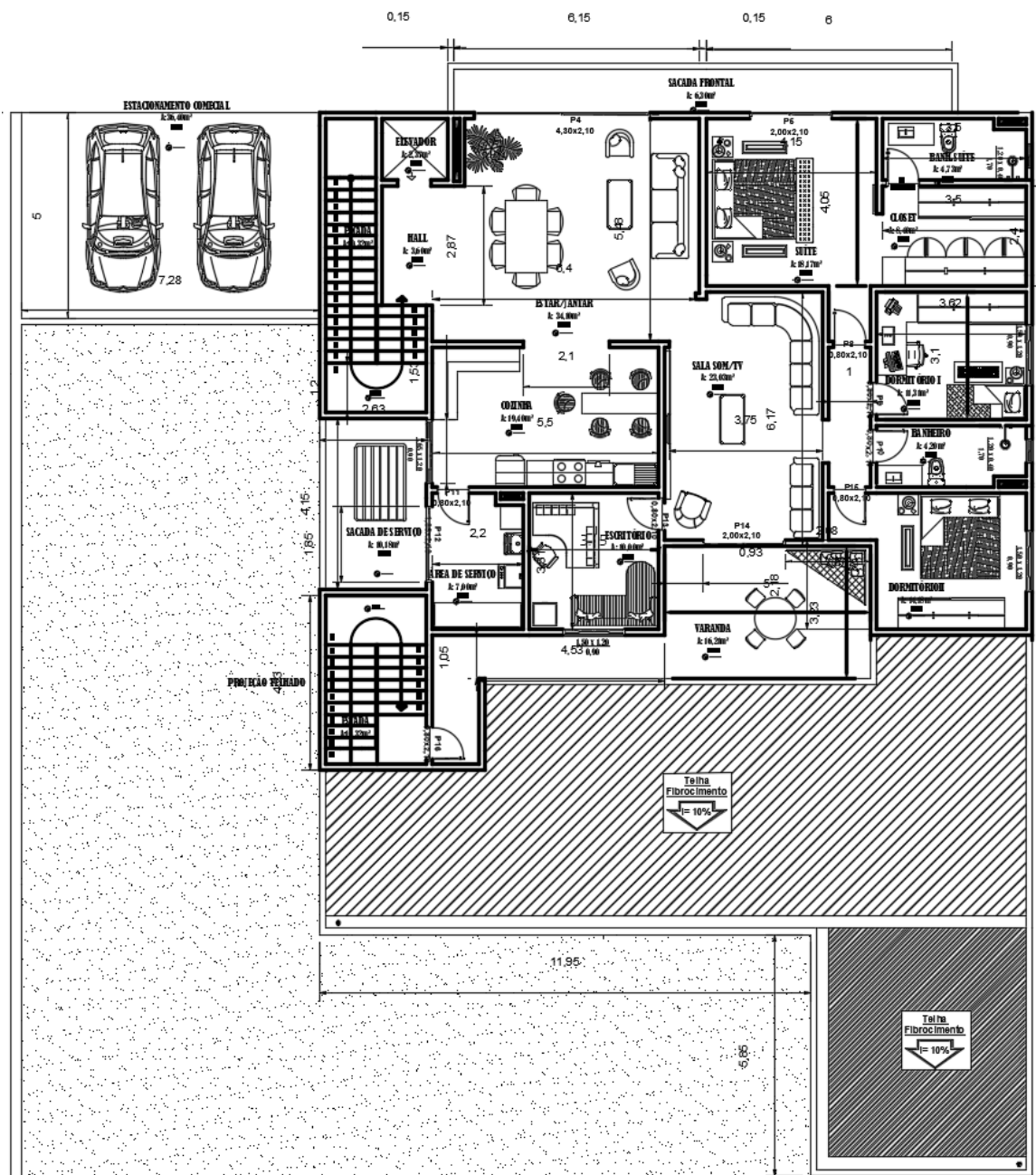


Fig. 2. Planta Baixa pavimento superior

2.2 Projeto Estrutural

O sistema estrutural da referida edificação foi adotado em concreto armado, sendo o dimensionamento e análise estrutural desenvolvido no software TQS. A edificação apresenta dois pavimentos e foi simulado dois tipos de fundações: Sapatas isoladas de concreto e estacas escavadas.

NBR6118 e NBR6122. A figura 4 representa a ferramenta do software TQS para edição de dados de fundação.

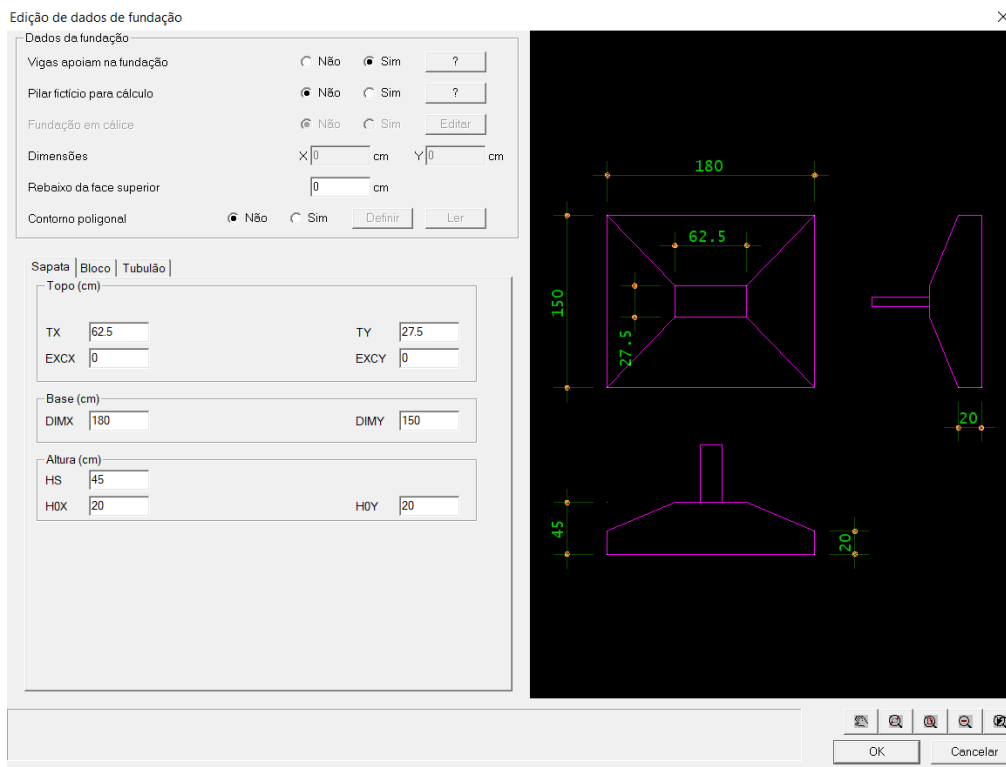


Fig. 4. Caixa de diálogo do TQS para fundações

2.3.3 Dimensionamento de Fundações Profundas

Para o dimensionamento de fundações profundas, um dos métodos que podem ser utilizado é o Método de Aoki-Velloso (1975). O ensaio é baseado em resultados de resistência de ponta do cone – CPT

$$Q_{RUP} = P_L + P_B \quad (1)$$

Onde:

QRUP = Capacidade de carga última

PL= Capacidade de carga do fuste

PB = Capacidade de carga de base

$$P_B = \frac{K \times N_B \times A_B}{F_1} \quad (2)$$

Onde:

K = Coeficiente de correlação com resultados do cone

N_B = Valor de N SPT da base (ponta) da estaca

A_B = Área da base (ponta) da estaca (m²)

F₁ = Coeficiente de correlação de resistência de ponta para levar em conta a diferença de comportamento entre a estaca e o ensaio de cone

$$P_L = \Sigma \frac{\alpha_i \times k_i N_m \times P \times \Delta_L}{F_2} \quad (3)$$

Onde:

K = Coeficiente de correlação com resultados do cone α_i = Razão de atrito na camada i

K = Coeficiente de correlação com resultados do cone na camada i

N_m = Valor de NSPT médio da camada i

ΔL = Comprimento da estaca na camada i

F₂ = Coeficiente de correlação de resistência lateral para levar em conta a diferença de comportamento entre a estaca e o ensaio de cone.

Este ensaio está relacionado diretamente com o SPT que foi realizado no solo em questão. Pois para que este método de dimensionamento seja realizado, é necessário o valor do número de SPT (NSPT) da ponta da estaca e também em outras camadas do solo para o lançamento na equações 2 e 3.

3. Resultados e Discussão

3.1. Sapatas Isoladas de Concreto Armado

A figura 5 apresenta o pórtico espacial da estrutura com as sapatas. Esta figura é de grande importância pois apresenta um esquema da estrutura do edifício em 3 dimensões, o que facilita a análise dos resultados de dimensionamento de fundações. É possível analisar a disposição de vigas, pilares e lajes, e aonde há maior carga atuante e conseqüentemente, aonde a fundação irá receber maiores cargas.

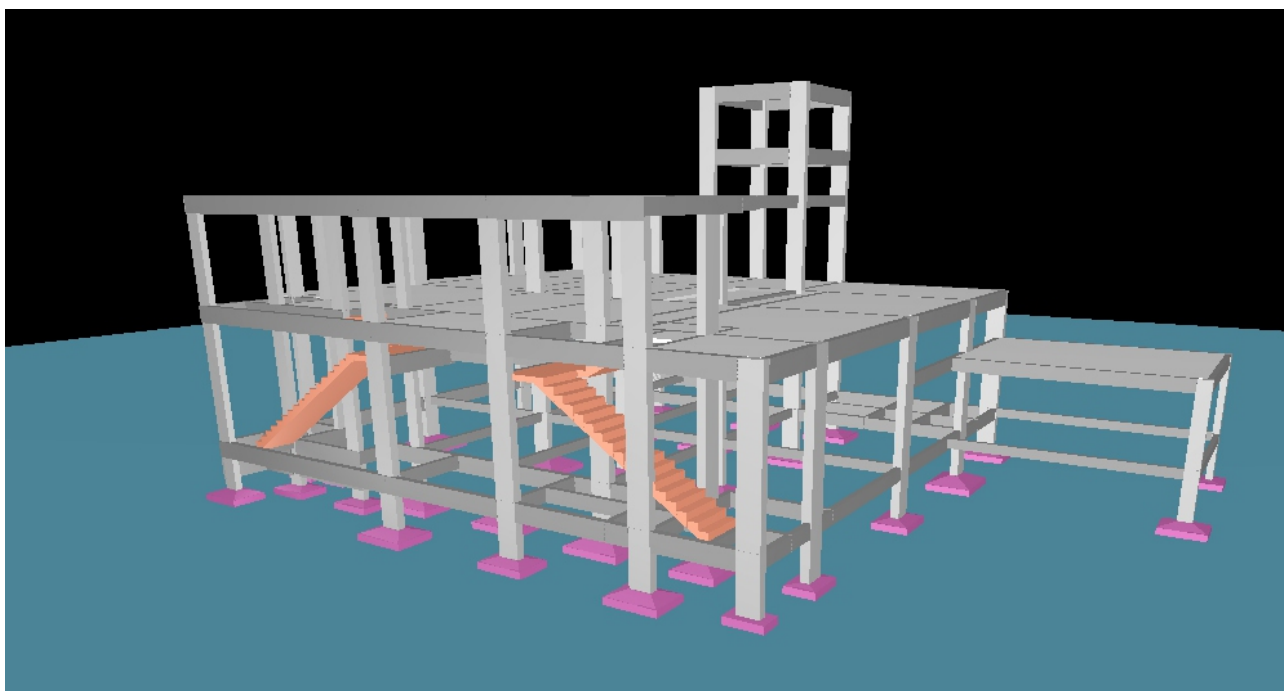


Fig. 5. Visualizador 3D da estrutura

A figura 6 mostra a distribuição das sapatas conforme o dimensionamento.

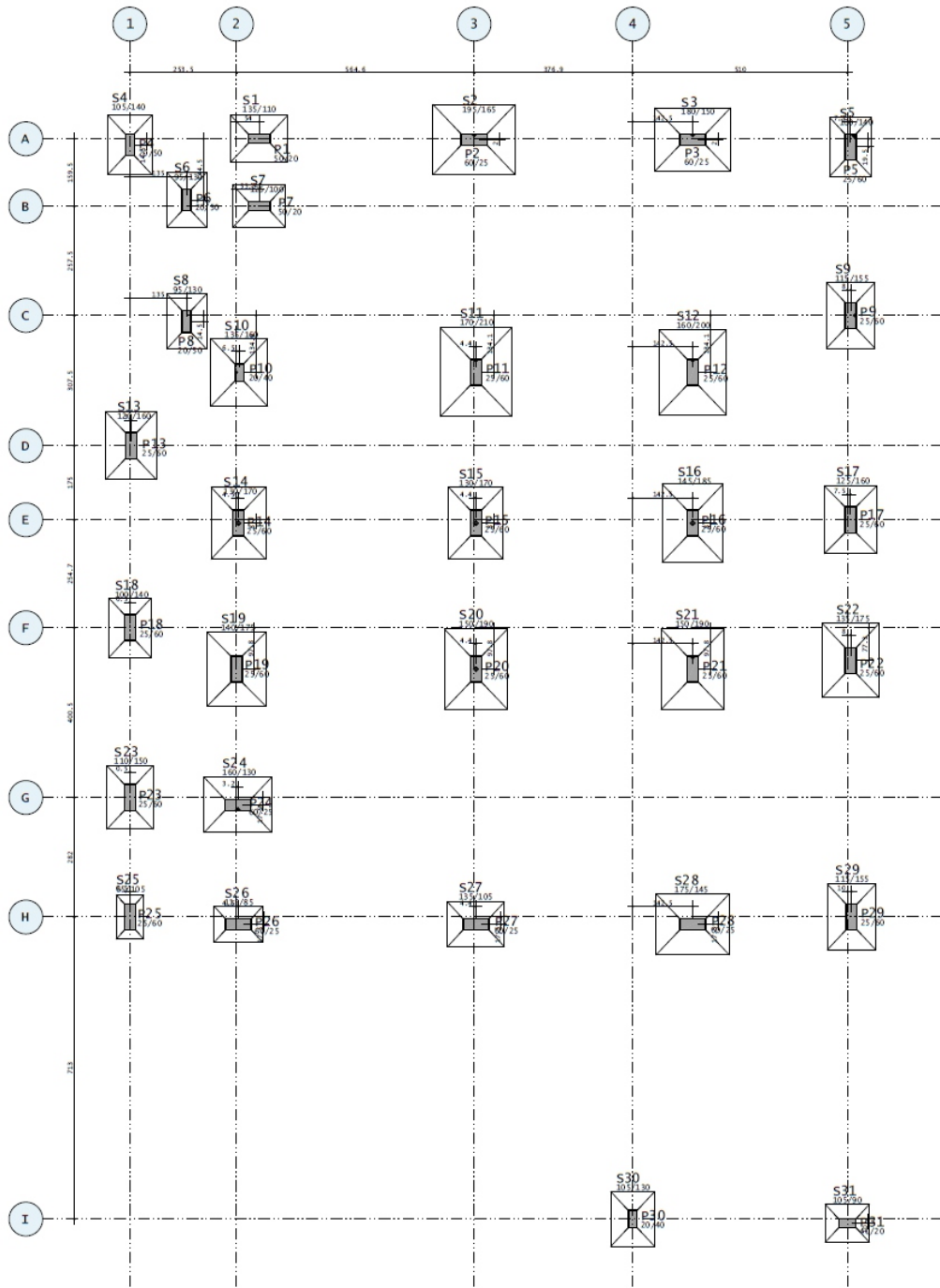


Fig. 6. Posicionamento das sapatas

A tabela 1 representa o número de sapatas resultantes do dimensionamento, bem como, a seção do pilar do qual recebe carga. Também apresenta as dimensões como base e largura de cada sapata.

Tabela 1. Cargas e diâmetros das sapatas

| Sapata | Seção Pilar | Carga (t) | Dimensões (cm) | |
|--------|-------------|-----------|----------------|---------|
| | | | Base | Largura |
| 1 | 20x50 | 20,6 | 135 | 110 |
| 2 | 25x60 | 40,6 | 195 | 165 |
| 3 | 25x60 | 35,9 | 180 | 150 |
| 4 | 20x50 | 14,0 | 105 | 140 |
| 5 | 25x60 | 15,5 | 100 | 140 |
| 6 | 20x50 | 13,1 | 95 | 130 |
| 7 | 20x50 | 15,6 | 125 | 100 |
| 8 | 20x50 | 14,6 | 95 | 130 |
| 9 | 25x60 | 21,7 | 115 | 155 |
| 10 | 20x40 | 27,8 | 135 | 160 |
| 11 | 25x60 | 46,0 | 170 | 210 |
| 12 | 25x60 | 42,0 | 160 | 200 |
| 13 | 25x60 | 21,2 | 120 | 160 |
| 14 | 25x60 | 28,3 | 130 | 170 |
| 15 | 25x60 | 30,8 | 130 | 170 |
| 16 | 25x60 | 34,6 | 145 | 185 |
| 17 | 25x60 | 27,4 | 125 | 160 |
| 18 | 25x60 | 17,2 | 100 | 140 |
| 19 | 25x60 | 33,7 | 140 | 175 |
| 20 | 25x60 | 38,2 | 150 | 190 |
| 21 | 25x60 | 34,5 | 150 | 190 |
| 22 | 25x60 | 26,0 | 135 | 175 |
| 23 | 25x60 | 19,1 | 110 | 150 |
| 24 | 25x60 | 26,3 | 160 | 130 |
| 25 | 25x60 | 6,1 | 65 | 105 |
| 26 | 25x60 | 11,9 | 115 | 85 |
| 27 | 25x60 | 16,8 | 135 | 105 |
| 28 | 25x60 | 27,6 | 175 | 145 |
| 29 | 25x60 | 20,0 | 115 | 155 |
| 30 | 20x40 | 10,7 | 105 | 130 |
| 31 | 20x40 | 9,6 | 105 | 90 |

A tensão admissível do solo considerada para o dimensionamento das sapatas através do software TQS foi de 1,3 Kgf/cm². Por fazer parte das fundações rasas ou superficiais, nas quais o carregamento da estrutura é transmitido pela base da fundação para o solo, as sapatas necessitam de uma rigidez maior. Para isso se faz necessário redimensionar a seção dos pilares até que os mesmos possibilitem o travamento da estrutura.

1.1. Estacas Escavadas de Concreto Armado

A figura 7 apresenta o pórtico espacial da estrutura em estudo com os blocos de coroamento, e as estacas.

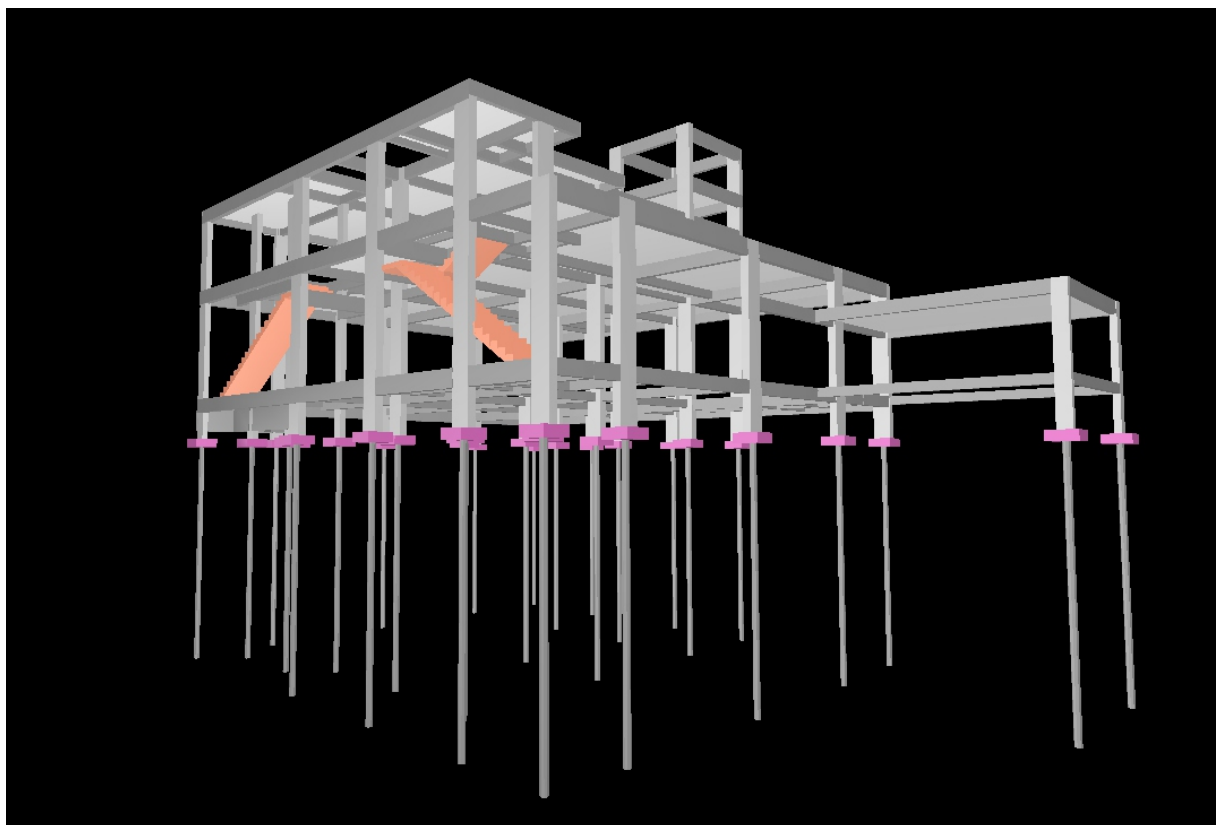


Fig. 7. Visualização do pórtico 3D com estruturas

A tabela 2 representa o número de estacas resultantes do dimensionamento, bem como, a seção do pilar do qual recebe carga. Na tabela também está descrito o diâmetro de cada estaca, seu comprimento e a carga que está recebendo.

Tabela 2. Cargas e diâmetros das estacas

| Estacas | Seção Pilar | Diâmetro Estaca | Comprimento | Carga (tl) |
|---------|-------------|-----------------|-------------|------------|
| | | (cm) | | |
| 1 | 20x50 | 40 | 8 | 20,6 |
| 2 | 25x60 | 60 | 8 | 40,6 |
| 3 | 25x60 | 60 | 8 | 35,9 |
| 4 | 20x50 | 30 | 8 | 14,0 |
| 5 | 25x60 | 30 | 8 | 15,5 |
| 6 | 20x50 | 30 | 8 | 13,1 |
| 7 | 20x50 | 30 | 8 | 15,6 |
| 8 | 20x50 | 30 | 8 | 14,6 |
| 9 | 25x60 | 40 | 8 | 21,7 |
| 10 | 20x40 | 50 | 8 | 27,8 |
| 11 | 25x60 | 70 | 8 | 46,0 |
| 12 | 25x60 | 60 | 8 | 42,0 |
| 13 | 25x60 | 40 | 8 | 21,2 |
| 14 | 25x60 | 50 | 8 | 28,3 |
| 15 | 25x60 | 50 | 8 | 30,8 |
| 16 | 25x60 | 50 | 8 | 34,6 |
| 17 | 25x60 | 50 | 8 | 27,4 |
| 18 | 25x60 | 30 | 8 | 17,2 |
| 19 | 25x60 | 50 | 8 | 33,7 |
| 20 | 25x60 | 60 | 8 | 38,2 |
| 21 | 25x60 | 50 | 8 | 34,5 |
| 22 | 25x60 | 50 | 8 | 26,0 |
| 23 | 25x60 | 40 | 8 | 19,1 |
| 24 | 25x60 | 50 | 8 | 26,3 |
| 25 | 25x60 | 30 | 8 | 6,1 |
| 26 | 25x60 | 30 | 8 | 11,9 |
| 27 | 25x60 | 30 | 8 | 16,8 |
| 28 | 25x60 | 50 | 8 | 27,6 |
| 29 | 25x60 | 40 | 8 | 20,0 |
| 30 | 20x40 | 30 | 8 | 10,7 |
| 31 | 20x40 | 30 | 8 | 9,6 |

3. Conclusão

Após a análise do trabalho realizado, comparando os dois tipos de fundações, profundas e superficiais, pode-se observar que a forma de transmissão de esforços mudou expressivamente de um tipo de fundação para o outro.

No caso das fundações superficiais, com sapata isolada de concreto, foi possível observar que os pilares necessitam de uma maior dimensão em relação aos pilares nos quais foram utilizados blocos para as estacas escavadas de concreto. Essa diferença se dá devido ao fato de que às sapatas são fundações superficiais ou rasas e por isso não têm uma rigidez maior quanto às fundações profundas. Devido a isso, as fundações profundas transmitem um melhor travamento para a estrutura, se comparado às fundações superficiais.

Ambos dimensionamentos são viáveis, porém, o dimensionamento com sapatas, requer um aumento da seção dos pilares, o que implica no custo total da obra. Enquanto que o dimensionamento

com estacas escavadas já garante a rigidez sem aumentar a dimensão dos pilares. Assim, é possível concluir que, para o estudo em questão, as fundações dimensionadas com estacas escavadas são a alternativa mais viável.

Referências

- [1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto. Rio de Janeiro, 2010.
- [2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6122: Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro, 2010.
- [3] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6484: Solo - Sondagens de simples reconhecimento com SPT - Método de ensaio. Rio de Janeiro: 2001.
- [4] BERBERIAN, Dickran. Engenharia de fundações: passo-a-passo. 2. ed. Brasília: Infraso, 2015.
- [5] CRAIG, R. F. Mecânica dos Solos. 8ª Ed., Rio de Janeiro: LTC, 2014.
- [6] TQS Informática LTDA (2018). Programa computacional CAD/TQS. São Paulo.
- [7] VELLOSO, Dirceu de A.; LOPES, Francisco De R.. Fundações. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.