

COMPARATIVO DE IMPLANTAÇÃO DE PISOS ESTAQUEADOS E PISOS EM FUNDAÇÃO DIRETA: Estudo de caso em um galpão de 32.000m² em Vila Velha-ES

Francisco Ricardo Rodrigues de Carvalho¹

Laura Carine Pereira Ribeiro²

RESUMO

As fundações são comumente conhecidas como subestruturas que são posicionadas abaixo do nível do solo e transferem a carga estrutural para o solo. Os tipos de construção, a natureza do solo e as condições ambientais são os principais determinantes do tipo de fundação. A escolha de um tipo de fundação depende das condições do local, do ambiente, dos edifícios próximos e da estrutura do nosso edifício. As fundações devem atender aos requisitos estruturais, como segurança, capacidade de suportar a carga da edificação e requisitos construtivos, como cronogramas, recursos mínimos e custo mínimo. Este trabalho fez um comparativo entre a implementação de pisos estaqueados e pisos em fundação direta em um galpão de 32.000 m² na cidade de Vila Velha - Espírito Santo. Tal abordagem se justifica considerando a constante expansão do setor da construção civil e sua importância para a economia do país. Este propósito foi apresentado mediante revisão bibliográfica e um estudo de caso comparativo dividido em 3 etapas e através dos dados obtidos foi considerado dois possíveis caminhos: o adensamento ou o estaqueamento. O estudo evidenciou que, do ponto de vista financeiro, um novo adensamento na área de ampliação do galpão seria economicamente viável, contudo demandaria mais tempo de espera para a conclusão desse novo adensamento. Portanto o cliente optou em fazer o estaqueamento, mesmo tendo um custo mais alto, uma vez que ele tinha um prazo de entrega a alcançar.

Palavras-chave: Fundação. Piso Estaqueado. Fundação direta.

^{1*} - Francisco Ricardo Rodrigues de Carvalho, aluno do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas. E-mail: francisco.carvalho@alunos.unis.edu.br.

² - Profa. Dra. Laura Carine Pereira Ribeiro. Graduada em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Sul de Minas (UNIS), mestre e doutora em Engenharia Civil - Geotecnia pela Universidade Federal de Viçosa (UFV)

1. INTRODUÇÃO

De acordo com Cintra e Aoki (2010), a fundação é definida como a parte da estrutura que transfere a carga da estrutura construída sobre ela, bem como seu peso sobre uma grande área de solo, de tal forma que a quantidade não exceda a capacidade de suporte final do solo e o recalque da estrutura do furo permanece dentro de um limite tolerável.

O objetivo do sistema de estaqueamento de piso é possibilitar que haja interação entre o elemento de fundação e o solo, transmitindo ao solo as cargas da edificação e gerando segurança da estrutura. Geralmente as fundações são classificadas em superficiais e profundas, dependendo da profundidade em que a fundação é construída (ROSÁRIO; ARAÚJO, 2019). Entretanto, novos sistemas construtivos vêm sendo desenvolvidos e utilizados, empregando elementos superficiais da fundação com números necessários de estacas, conhecidas como Fundações Mistas, como a utilização da “sapata estaqueada” e do “radier estaqueado” (OLIVEIRA et al.,2019).

Este trabalho tratou sobre Pisos Estaqueados ou Pisos em Fundação Direta. A dúvida sobre a utilização desse tipo de piso é recorrente no setor da construção civil, sendo uma questão usual entre investidores, construtores e outros envolvidos na construção. O piso em fundação direta é executado na superfície do terreno preparado, diretamente sobre a base; já o piso estaqueado tem seu apoio em estacas, em fundação profunda (RODRIGUES E HOVAGHIMIAN, 2015).

A abordagem sobre opções de pisos se justifica, considerando a constante expansão do setor da construção civil e sua importância para a economia do país (NUNES et al., 2020). Não são apenas as novas instalações que precisam de uma solução de piso prático esteticamente funcional. À medida que os edifícios envelhecem, ocorre a remodelação de superfícies desgastadas para melhorar a produtividade, reduzir lesões relacionadas ao trabalho e reduzir despesas de manutenção e reparo.

Embora o custo seja sempre uma grande consideração ao decidir qual tipo de opção de piso seria melhor para um projeto, a função e a durabilidade também são fatores a serem considerados (BRITO e GARCIA, 2015). Neste sentido, a abordagem do assunto pode ajudar na capacitação profissional do acadêmico, proporcionando contato com as técnicas disponíveis e preparando para atender as demandas do setor da construção civil, onde o custo e a durabilidade das obras são fatores primordiais.

Este trabalho fez um comparativo entre a implementação de pisos estaqueados e pisos em fundação direta em um galpão de 32.000m² na cidade de Vila Velha - Espírito Santo. O objetivo deste estudo foi demonstrar quando usar o piso estaqueado e quando usar o piso em fundação direta de acordo com as condições do terreno, tipo de obra escolhida, prazo e orçamento disponibilizado.

Através deste estudo, foi possível comparar o uso de cada modalidade e criar um guia de apoio na tomada de decisão, auxiliando estudantes e pessoas da área a executarem a modalidade escolhida com mais rapidez e precisão.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Sistemas de Fundação

Na engenharia civil as fundações são os elementos estruturais que têm a função de transmitir as cargas das estruturas para o solo onde vão ser apoiadas (AZEREDO, 1997).

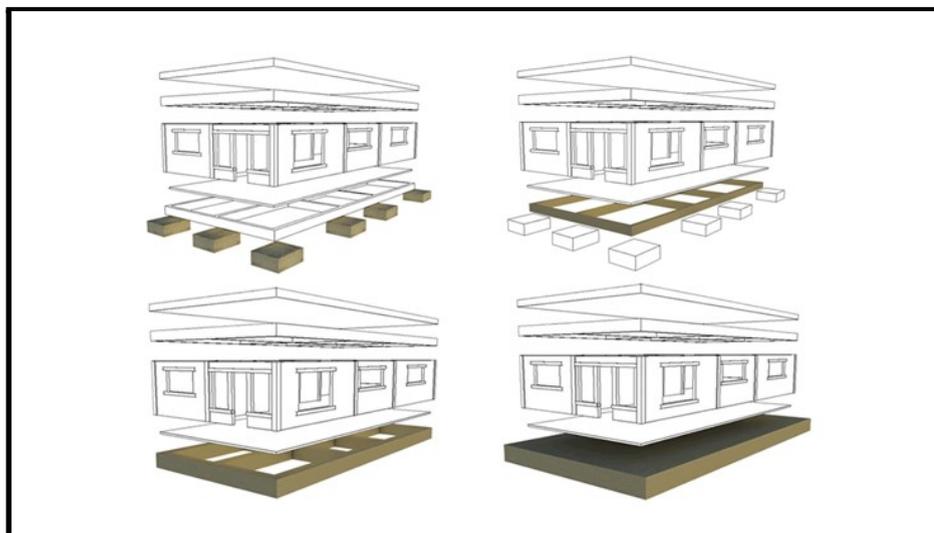
A fundação, de uma maneira geral, se enquadra na categoria de subestrutura (RABELLO, 2008). De acordo com Bell (1985, p. 1) “uma fundação deve distribuir e transmitir as cargas permanentes e dinâmicas da superestrutura para o substrato do solo”.

Considerando as diferenças no comportamento geotécnico, é importante compreender os diferentes tipos de sistemas de fundação, que variam conforme o elemento estrutural empregado e sua maneira de transmissão de carga ao solo (SOARES, 2011).

Como tipos de fundações, temos as rasas e profundas e elas se diferenciam de acordo com a transferência de cargas da estrutura para o solo de apoio (MELHADO et al., 2002).

As fundações rasas são normalmente usadas onde as cargas impostas por uma estrutura são baixas em relação à capacidade de suporte dos solos superficiais. As fundações profundas são necessárias onde a capacidade de carga dos solos superficiais não é adequada para suportar as cargas impostas por uma estrutura e, portanto, essas cargas precisam ser transferidas para camadas mais profundas com maior capacidade de carga (VELLOSO & LOPES, 2010).

Figura 1: Tipos de fundações



Fonte: RETONDO(2021).

Na Figura 1 temos como exemplo quatro tipos de fundações. A primeira fundação é uma sapata isolada. Estas são recomendadas para terrenos com solo firme e de boa resistência. O peso da edificação é transmitido para as colunas, que por sua vez, transferem o peso para as sapatas que distribuem para o solo. Geralmente as sapatas isoladas têm a base quadrada ou retangular e o topo pode ser reto ou piramidal (RETONDO, 2021).

A segunda fundação representa uma viga baldrame. Este fica localizado abaixo do nível do solo e percorre todo o comprimento das paredes da construção. Ela conecta sapatas isoladas para melhor distribuição dos pesos da construção. Contribui também para um melhor travamento das colunas ou pilares da construção (RETONDO, 2021).

A terceira fundação é uma sapata corrida, que é uma fundação superficial muito utilizada na construção de casas com vãos pequenos, muros, paredes de reservatórios e piscinas. Ela é uma estrutura contínua de concreto armado que fica abaixo das paredes, se assemelha a viga baldrame, porém suas dimensões de largura e altura são normalmente maiores. O peso da construção é transferido para as colunas e depois distribuído linearmente para o solo (RETONDO, 2021).

A quarta e última fundação da Figura 1 apresenta um radier. O radier é uma fundação rasa recomendada para solos com baixa resistência. O radier é uma placa de concreto armado ou protendido que fica abaixo da casa e em contato direto com o solo. Neste tipo

de fundação a casa é construída logo acima dele o peso (carga) dela é distribuído de forma uniforme para o solo (RETONDO, 2021).

2.2 Fundação rasa - Radier

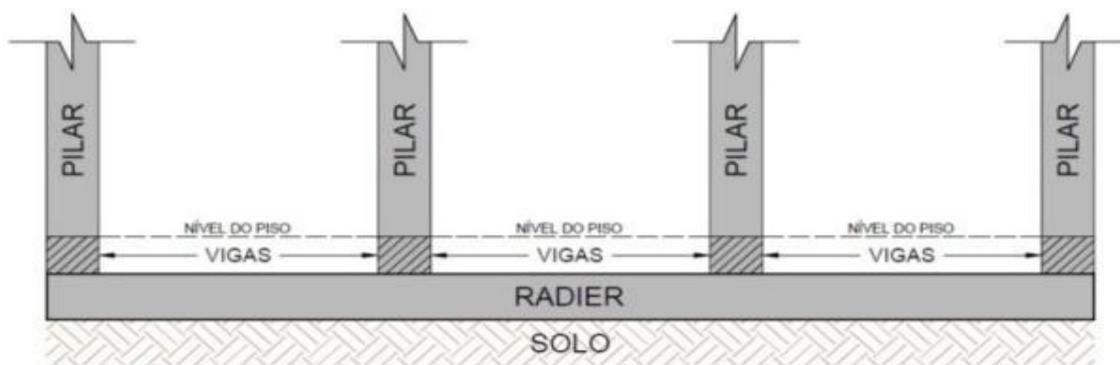
Segundo a NBR 6122 (ABNT, 2010) a definição de um radier, que se encaixa em uma subdivisão das fundações rasas, é quando um elemento de fundação superficial com a mesma área da estrutura recebe as cargas dos pilares, alvenarias ou carregamentos distribuídos.

A *American Concrete Institute* (ACI, 1993) descreve que uma fundação rasa do tipo radier constitui em uma laje sobre o solo e é suportada pelo solo, e que o total do carregamento, quando distribuído igualmente, teria um suporte admissível do solo menor ou igual a 50% e que a espessura da laje pode ser variável ou uniforme, quando houver elemento de nervura ou vigas.

Em alguns casos a sub-base é tratada com técnicas de solo cimento, concreto compactado com rolo (CCR) ou brita graduada tratada com cimento (BGTC), brita graduada simples (BGS) e outros.

De acordo com Rodrigues et al.(2006), o sistema radier é o mais indicado pois existe maior incidência de cargas móveis e pontuais, uma vez que o radier tem uma transmissão de cargas para o solo mais baixa, mesmo tendo uma capacidade de redistribuição dos esforços pequena para carregamentos uniformemente distribuídos.

Figura 2: Fundação rasa do tipo radier.



Fonte: ANDRADE E DIAS (2017).

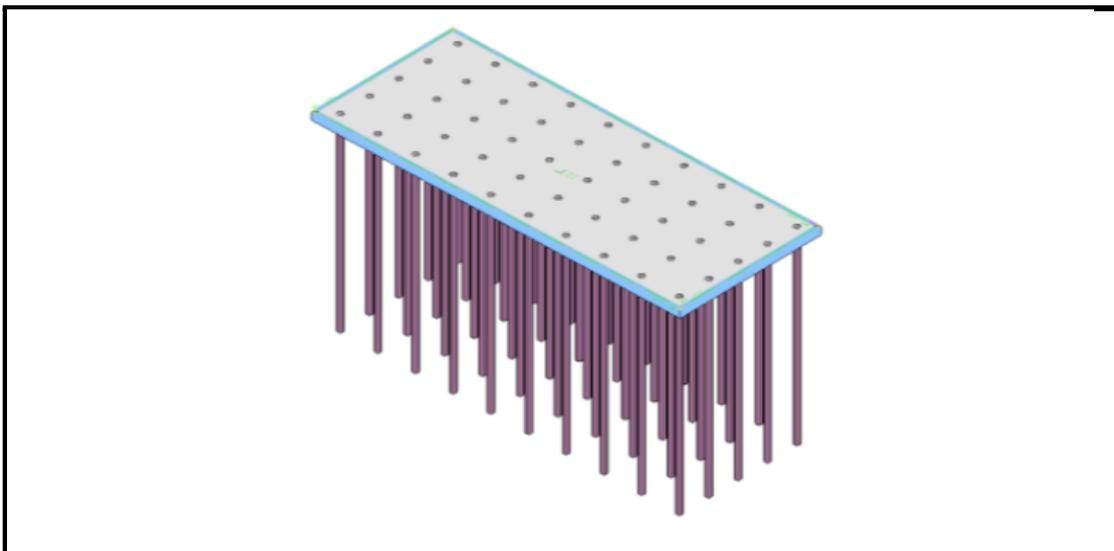
2.3 Fundação profunda: Radier estaqueado

Radiers estaqueados são fundações mistas formadas por dois elementos: um horizontal (o radier) e outro vertical (as estacas). A transferência das cargas estruturais para o solo pode ocorrer de três maneiras: pela base do elemento horizontal, ao longo do fuste e pela ponta do elemento vertical tal como fundações profundas (CORDEIRO, 2017)

Por conta dos baixos níveis de recalques atingidos, os projetos de fundações estaqueadas, geralmente, consideram somente a capacidade de carga (BURLAND, 1977). A realização de projetos de fundação, com o uso mínimo de estacas visando atingir um recalque admissível e econômico, teria como consequência um aumento da capacidade de suporte. Já é usado o conceito de estacas como elemento que reduz os recalques há muito tempo e como uma metodologia eficaz de projeto de fundações em radier-bloco estaqueado (GARCIA, 2015).

O posicionamento estratégico das estacas com a finalidade de reduzir os recalques diferenciais excessivos é um fator importante em um projeto de piso estaqueado, sem esquecer de outras variáveis importantes como o número de estacas, custo da execução, espessura do radier, entre outros.

Figura 3: Exemplo de uma fundação profunda de radier estaqueado para a construção de um edifício.



Fonte: TQS (2020).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia utilizada foi dividida em 3 etapas e através dos dados obtidos foi considerado dois possíveis caminhos: o adensamento ou o estaqueamento. A primeira etapa foi de detalhamento da área de estudo de um galpão de 32.000m² localizado no litoral do Espírito Santo, na cidade de Vila Velha representado pela Figura 1 onde foi feito anteriormente um adensamento com sobrecarga de 8t/m².

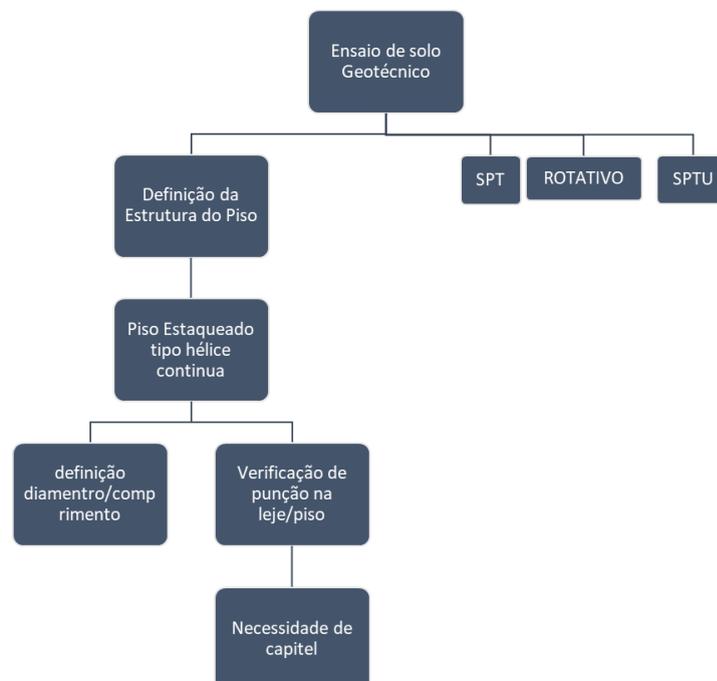
Figura 1- Galpão a ser construído em Vila Velha - Espírito Santo.



Fonte: Google Maps (2022).

A área que foi estaqueada está destacada na Figura 1, mostrando a localização do talude do adensamento; a segunda etapa foi descrita por um fluxograma que demonstra as etapas de trabalho; e a terceira etapa foi a decisão do cliente.

Figura 2 - Fluxograma das etapas metodológicas



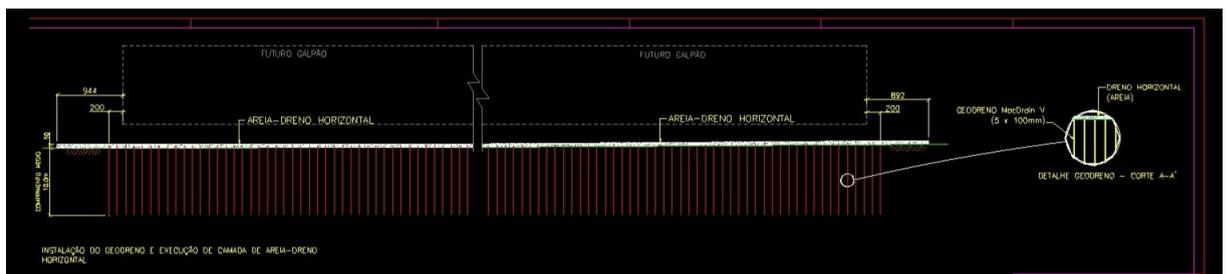
Fonte: o autor (2022).

4 RESULTADO E DISCUSSÃO

A execução do adensamento foi dividida em três etapas: a primeira etapa foi a instalação de drenos verticais (geodrenos) do tipo Macd by rain v ou similar, com espaçamento descrito em projeto e o comprimento estimado em 10m em função da espessura da camada recalável, fazendo assim um nivelamento do terreno com ligeiro caimento sentido centro para as laterais.

Após a instalação dos geodrenos adequadamente, foi feito um colchão drenante com areia média a grossa em 02 camadas de 25 cm adensadas com rolo liso. Na Figura 3 mostra a instalação dos drenos.

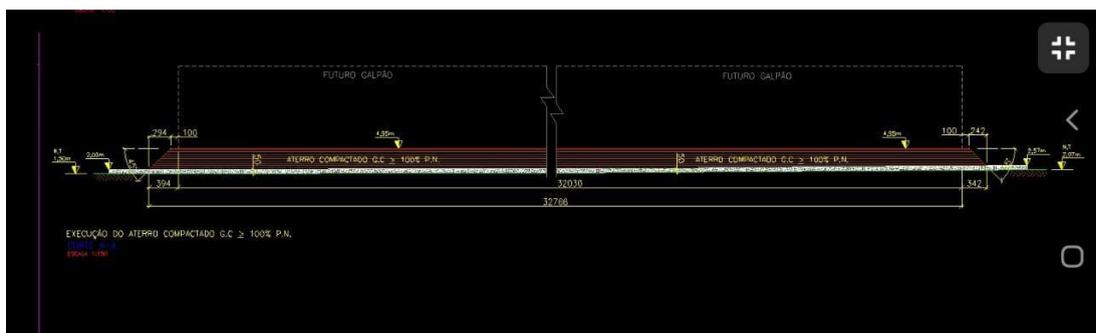
Figura 3- Instalação dos drenos (geodrenos).



Fonte: o autor (2022).

A segunda etapa foi o aterro compactado até o nível do piso do galpão com camadas de no máximo 25 cm de altura (material solto) até que tenha obtido grau de compactação maior ou igual a 95% do proctor normal, utilizando materiais selecionados para esse fim. A Figura 4 demonstra a área de aterro compactado.

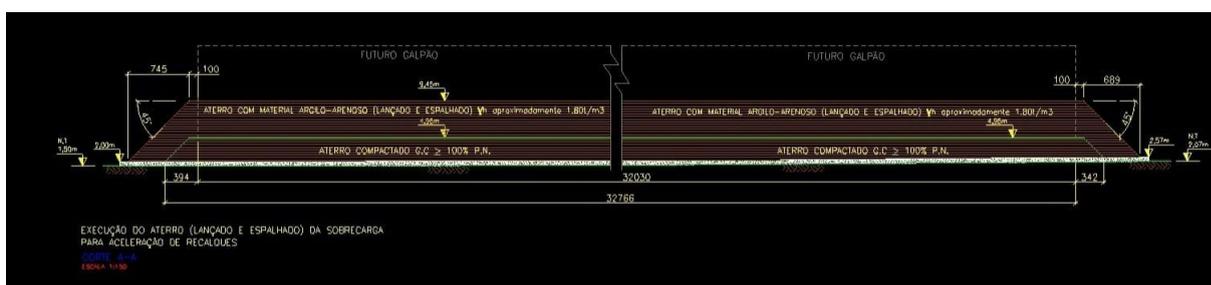
Figura 4- Área de aterro compactado.



Fonte: o autor (2022).

A terceira etapa foi o aterro de sobrecarga, que foi executado em camadas de no máximo 25 cm de espessura, com compactação leve, para atingir uma densidade aparente úmida de $1,80 \text{ t/m}^3$. Obteve então uma sobrecarga estimada de $8,0 \text{ t/m}^2$ acima do nível do piso do galpão com controle geotécnico para a verificação do grau de compactação em todas as camadas. Na Figura 5 está especificada a sobrecarga.

Figura 5- Aterro de sobrecarga.



Fonte: o autor (2022).

Em resumo, foi feita a instalação adequada dos geodrenos com um colchão de areia, um aterro controlado com 95% do proctor normal até o nível do piso e por último um aterro de sobrepeso com compactação leve para finalizar o adensamento e alcançar o recalque esperado. Porém, o cliente decidiu aumentar o galpão em 760 m^2 sobre o talude do adensamento, mesmo sem essa área ter o recalque do adensamento necessário. Com isso, o cliente teve dois caminhos a escolher: fazer um novo adensamento ou estaquear a área ampliada, sendo essa última opção a escolhida pelo cliente devido ao curto prazo de entrega da obra, uma vez que o adensamento é um processo que demanda um tempo prolongado para que o recalque dimensionado em projeto seja alcançado por completo no campo.

Para entender melhor as diferenças entre cada tipo de implantação e quando escolher cada opção, foi feita uma tabela comparativa entre os principais pontos do adensamento e do estaqueamento. A Tabela 1 será apresentada a seguir.

Tabela 1 - Quadro comparativo de vantagens e desvantagens do adensamento e do estaqueamento

Quadro Comparativo/m²	Custo	Tempo de execução	Quantidade de Material	Mão de Obra
Adensamento	R\$ 156,18	8,54/minutos	areia/argila/aterro/geodreno	terraplanagem
Estaqueamento	R\$ 752,65	1,22/minutos	concreto armado	hélice contínua

A tabela acima demonstra as vantagens e desvantagens do estaqueamento e adensamento. O tempo do adensamento está ligado a vários fatores, como subsolo, a área da estrutura, a carga da estrutura, a localização entre outros. Para o projeto do galpão, foi estipulado um recalque de 2,100 mm e o ponto aferido com maior recalque foi CM-10 com 2,031 mm de recalque sendo aferido, com estabilização depois de 3 monitoramentos, com o tempo de 1 ano 9 meses e 21 dias com um custo final de R\$ 156,18 o m².

Já o estaqueamento, foi feito em uma área de 760 m² e levou 21 dias para ser concluído com 1 máquina apenas ao custo de R\$ 752,65/m². Levando-se em conta que o galpão tem 32000 m², gastaria-se 885 dias para estaquear o galpão todo com apenas uma máquina, porém seria possível executar o trabalho com por exemplo 10 máquinas baixando para 85 dias de execução.

Falando agora dos materiais usados, no adensamento foram usados geodrenos e 0,50 m³ de areia para cada m² e mais 6,3 m³ de terra para cada m² do aterro e sobrecarga do adensamento junto com uma equipe de terraplanagem e topografia para os monitoramentos, agora para a execução das estaca hélices contínuas foram gastos 0,50m³ de concreto armado para cada m² e mais uma perfuratriz Hélice continua e 3 operadores.

5 CONCLUSÃO

Considerando os resultados obtidos nas análises, conclui-se que pisos industriais construídos em solos de baixa resistência (areias fofas e argilas moles) apresentam recalques bastante consideráveis. E algumas das formas de controle desses recalques são: o adensamento do terreno onde ele vai ser implantado ou seu estaqueamento .

No terreno em que foi construído o galpão foi executado um adensamento com sobrecarga de $8t/m^2$, a mesma carga do piso do galpão, e neste perímetro o piso será executado diretamente sobre a base da terraplanagem (piso direto), porém houve uma ampliação de $760m^2$ no projeto original e essa ampliação ficou fora desse adensamento.

Foi demonstrado ao cliente que, do ponto de vista financeiro, um novo adensamento na área de ampliação do galpão seria economicamente viável, contudo demandaria mais tempo de espera para a conclusão desse novo adensamento. A outra opção seria o piso estaqueado, onde foi apresentado o projeto com 112 estacas com 40 cm de diâmetro e 27 m comprimento de média, com um reforço contra cisalhamento formado por um capitel de $1m^2$ em cada estaca e um piso com malha dupla de aço com 20 cm de espessura de concreto com um custo alto em comparação ao adensamento, contudo o cliente optou pelo estaqueamento devido ao prazo de conclusão do empreendimento.

ABSTRACT

Foundations are commonly known as substructures that are positioned below ground level and transfer the structural load to the ground. The types of construction, the nature of the soil and the environmental conditions are the main determinants of the type of foundation. Choosing a type of foundation depends on the conditions of the site, the environment, nearby buildings and the structure of our building. Foundations must meet structural requirements, such as safety, ability to withstand the building's load, and construction requirements, such as schedules, minimum resources, and minimum cost. This work made a comparison between the implementation of piled floors and floors in direct foundation in a shed of $32000m^2$ in the city of Vila Velha - Espírito Santo. Such an approach is justified considering the constant expansion of the civil construction sector and its importance for the country's economy. This purpose was presented through a bibliographic review and a comparative case study divided into 3 stages and through the data obtained, two possible paths were considered: densification or staking. The study showed that, from a financial

point of view, a new densification in the area of expansion of the shed would be economically viable, however, it would require more waiting time for the conclusion of this new densification. Therefore, the customer opted for staking, even though it had a higher cost, as it had a delivery deadline.

Keywords: Foundation. Staked Floor. Direct Foundation.

REFERÊNCIAS

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE-ACI. **Suggested analysis and design procedures for combined footings and mats**. Report by ACI Committee 336.2R-88(reapproved 1993).

ANDRADE, A. P.; DIAS, V. M. **Análise Comparativa de Utilização entre as Fundações Rasas: Sapatas e Radier**. Formação Guabirotuba - Curitiba/PR. 2017 Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de graduação em engenharia civil.

AZEREDO, H. A . **O edifício até sua cobertura**.São Paulo, SP: Ed Edgard Blucher LTDA, 2ª Ed. 1997, p. 29.

BELL, B. J. **Fundações em concreto armado**. 4. ed. Rio de Janeiro, RJ: Guanabara Dois, 4ª Ed, 1985, p.268.

BRITO, J; GARCIA, J. **Exigência Funcionais e requisitos dos Revestimentos de Piso Industriais**. Encontro Nacional sobre Qualidade e Inovação na Construção. 2006 LNECA: Lisboa, Portugal. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/282124471_Exigencias_Funcionais_e_Requisitos_dos_Revestimentos_de_Pisos_Industriais. Acesso em: 25 fev. 2022.

CINTRA, J. C. A; AOKI, N. **Fundação por estacas: projeto geotécnico**. São Paulo, SP: Oficina de textos,1º ED, 2010, p.17.

BURLAND, J. B.; BROMS, B. B.; DE MELLO, V. F. B. **Behaviour of foundations and structures**. 9th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Tokyo, n. January. 1977, p.53.

CORDEIRO,A.F.B. **Modelagem Física de Radiers Estaqueado com e sem Estacas Defeituosas Assentes em Areia**. Tese de Doutorado, Publicação G.TD-136/17, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2017, p.188.

MELHADO, S. B; SOUZA, U. E. L. de; BARROS, M. M. S. B; Et al. **Fundações**. 2002. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia da

construção civil. Disponível em:
https://essel.com.br/cursos/biblioteca_tecnica/civil/tipos%20de%20fundacoes.pdf. Acesso em
 : 27 mar. 2022.

NUNES, J. M; LONGO, O. C; ALCOFORADO, L. F; PINTO, G. O. **O setor da Construção Civil no Brasil e a atual crise econômica**. Research, Society and Development, v.9,n.9, e393997274,2020.
 Disponível em: <file:///C:/Users/lucia/Downloads/7274-Article-108121-1-10-20200822.pdf>.
 Acesso em: 08 mar. 2022.

OLIVEIRA, M. F; MENEZES, L. M; PORTO DE AGUIAR, F. M. **Proposta Solução e Econômica para Fundações em subsolo arenoso com Sapatas Estaqueadas**. Jornada de Educação, Ciência e Tecnologia. 2019. Disponível em:https://prpi.ifce.edu.br/nl/_lib/file/doc5544-Trabalho/Modelo_SEMIC_TRABALHOS%20Pesquisa_2019-Mirna-final.pdf. Acesso em: 19 fev. 2022.

RABELLO, Y. C. P. **Fundações: guia prático de projeto, execução e dimensionamento**.- São Paulo, SP: Zigurate Editora, 2008.

RETONDO, L. **Tipos de fundações: o que são e quais os tipos? CONSTRUINDO CASAS 2021**. Disponível em:
<https://construindocasas.com.br/blog/construcao/tipos-de-fundacoes>. Acesso em:
 28/03/22.

RODRIGUES, P. P. F;HOVAGUIMIAN, L. H. **O sistema Pavimentação Industrial**. 2016. Disponível em:
http://ibracon.org.br/Site_revista/Concreto_Construcoes/pdfs/revista81.pdf. Acesso em:
 10/02/22.

ROSÁRIA, R. C; ARAÚJO, R. C. **Análise da Evolução das Fundações da Construção Civil**. São Luiz/MA no período de 1987-2011. Revista de Engenharia e Tecnologia. V. 11, n.1, Abr/2019, p. 156-168. Disponível em:
<https://www.researchgate.net/publication/332539908>. Acesso em: 06 mar. 2022.

SOARES, W. C. **Radier estaqueado com estacas hollow auger em solo arenoso**.2011, p.340.

TQS - Projeto Estrutural de Radier Estaqueado. **Exercícios Práticos**. 2020 Disponível em:
<https://www.tqs.com.br/tqscourses/details/158>. Acesso em: 28/03/2022.

VELLOSO, D; LOPES, F. R. **Fundações**. São Paulo, SP: Oficina de textos, 2010. p.568.