



CARACTERIZAÇÃO DO SOLO NA ESCOLHA DA FUNDAÇÃO

SOIL CHARACTERIZATION IN THE CHOICE OF FOUNDATION

CARACTERIZACIÓN DEL SUELO EN LA ELECCIÓN DE LA CIMENTACIÓN

Luan Rogério de Souza¹, Gerson de Marco¹

<https://doi.org/10.47820/recima21.v5i1.6078>

PUBLICADO: 12/2024

RESUMO

Este estudo aborda a importância da escolha adequada do tipo de fundação no projeto e construção de estruturas. Variações regionais em clima, geologia e topografia influenciam diretamente o comportamento do solo, afetando a escolha da fundação mais apropriada para uma obra. Os estudos de solo fornecem informações cruciais sobre a capacidade de suporte do terreno, compressibilidade e presença de lençóis freáticos, elementos que são essenciais para a engenharia geotécnica. A pesquisa tem como objetivo caracterizar o solo para a escolha da fundação ideal em projetos de engenharia civil. O objetivo deste estudo é apresentar de que forma a interação entre as características específicas da região onde será realizada a construção e os dados obtidos por meio dos estudos de solo podem influenciar na escolha da fundação mais adequada para uma determinada obra. Para alcançar esse objetivo, foram analisados diversos aspectos, tais como, clima, geologia, topografia e outros fatores regionais que possam impactar no comportamento do solo.

PALAVRAS-CHAVE: Capacidade de carga. Caracterização do solo. Lençóis freáticos.

ABSTRACT

This study addresses the importance of choosing the appropriate type of foundation in the design and construction of structures. Regional variations in climate, geology and topography directly influence the behavior of the soil, affecting the choice of the most appropriate foundation for a work. Soil studies provide crucial information about the terrain's bearing capacity, compressibility, and the presence of groundwater, elements that are essential for geotechnical engineering. The research aims to characterize the soil for the choice of the ideal foundation in civil engineering projects. The objective of this study is to present how the interaction between the specific characteristics of the region where the construction will be carried out and the data obtained through soil studies can influence the choice of the most appropriate foundation for a given work. To achieve this objective, several aspects were analyzed, such as climate, geology, topography and other regional factors that may impact the behavior of the soil.

KEYWORDS: Load capacity. Soil characterization. Groundwater.

RESUMEN

Este estudio aborda la importancia de elegir el tipo de cimentación adecuado en el diseño y construcción de estructuras. Las variaciones regionales en el clima, la geología y la topografía influyen directamente en el comportamiento del suelo, afectando la elección de la cimentación más adecuada para una obra. Los estudios de suelos proporcionan información crucial sobre la capacidad portante del terreno, la compresibilidad y la presencia de agua subterránea, elementos esenciales para la ingeniería geotécnica. La investigación tiene como objetivo caracterizar el suelo para la elección de la cimentación ideal en proyectos de ingeniería civil. El objetivo de este estudio es presentar cómo la interacción entre las características específicas de la región donde se llevará a cabo la construcción y los datos obtenidos a través de los estudios de suelos puede influir en la elección de la cimentación más adecuada para una obra determinada. Para lograr este objetivo, se analizaron varios aspectos, como el clima, la geología, la topografía y otros factores regionales que pueden impactar el comportamiento del suelo.

PALABRAS CLAVE: Capacidad de carga. Caracterización de suelos. Agua subterránea.

¹ Universidade de Araraquara - UNIARA.

1. INTRODUÇÃO

A seleção adequada do tipo de fundação é um aspecto crucial no projeto e construção de estruturas, influenciando diretamente na estabilidade e durabilidade das edificações. Tanto as características regionais quanto os estudos de solo desempenham papéis fundamentais na determinação da fundação mais adequada para uma determinada obra.

A região onde a construção será realizada pode apresentar variações significativas em termos de clima, geologia, topografia e outros fatores ambientais, os quais exercem influência direta sobre o comportamento do solo e, conseqüentemente, sobre a escolha da fundação mais apropriada.

Os estudos de solo fornecem informações essenciais sobre a capacidade de suporte do terreno, sua compressibilidade, presença de lençóis freáticos, entre outros aspectos relevantes para a engenharia geotécnica. Assim, a combinação entre a análise das características regionais e a avaliação detalhada do solo é essencial para garantir a eficiência e segurança das fundações em qualquer empreendimento construtivo.

O estudo ressalta a importância da correta investigação do solo e do dimensionamento adequado das fundações para garantir a segurança e estabilidade da estrutura (Salinas *et al.*, 2020). A supervisão de um profissional qualificado é fundamental na fase de dimensionamento, visto que erros nesse processo podem resultar em atrasos e custos adicionais, devido à necessidade de refazer a fundação (Pelacani, 2010). Além disso, a escolha apropriada do tipo de fundação, a verificação dos estados limites e o uso de *software* de dimensionamento, juntamente com a supervisão de um profissional experiente, são destacados como elementos essenciais para o sucesso do projeto (Rodrigues *et al.*, 2021).

O dimensionamento de fundações é uma etapa crítica na construção de edifícios, pois influencia diretamente a estabilidade e a segurança da estrutura. Além de evitar prejuízos financeiros e atrasos na construção, técnicas adequadas de dimensionamento são essenciais para assegurar a segurança da edificação. Além disso, a pesquisa nesta área contribui para avanços tecnológicos, levando a métodos mais eficientes e econômicos. O estudo do dimensionamento de fundações desempenha um papel crucial no desenvolvimento de edifícios seguros, sustentáveis e economicamente viáveis na engenharia civil.

Como as características regionais e os estudos de solo influenciam na escolha da fundação em projetos de engenharia civil? A hipótese é a de que tanto as características regionais quanto os dados obtidos por meio dos estudos de solo são elementos determinantes na seleção do tipo de fundação mais adequado, é que existe uma relação direta entre esses dois fatores. Supõe-se que regiões com diferentes climas, geologias e topografias demandarão abordagens distintas no que diz respeito à escolha da fundação, devido às variações significativas no comportamento do solo. Além disso, a análise combinada das características regionais e dos estudos de solo permitirá uma tomada de decisão mais precisa e eficiente na seleção da fundação, contribuindo para a segurança e estabilidade das estruturas construídas. Esta pesquisa buscará confirmar ou refutar essa hipótese por meio de uma análise das influências desses dois aspectos na prática.

O estudo foi realizado por meio de pesquisa bibliográfica qualitativa e descritiva, com foco na utilização do Google Acadêmico como principal ferramenta de busca. A busca foi realizada por estudos publicados após o ano de 2015, utilizando palavras-chave relacionadas ao tema: Caracterização do solo; Capacidade de carga; Geologia e Topografia; Interação solo-estrutura; Fundações rasas e profundas; Ensaio geotécnicos; Estabilidade estrutural; Dimensionamento estrutural.

2. CARACTERIZAÇÃO DO SOLO: PROPRIEDADES E CAPACIDADE DE CARGA

As fundações são elementos estruturais que transferem as cargas das edificações para o solo de apoio. Elas são responsáveis por garantir a estabilidade e segurança da estrutura, distribuindo as cargas uniformemente no solo e evitando o afundamento ou deslocamento da edificação. Existem diversos tipos de fundações, que são selecionados de acordo com as características do solo e as cargas a serem suportadas. As fundações desempenham um papel crucial na sustentação das edificações, transferindo suas cargas para o solo de apoio. Isso é essencial para manter a estabilidade e segurança da estrutura, impedindo o afundamento ou deslocamento da edificação. Diversos tipos de fundações estão disponíveis e a escolha depende das características do solo e das cargas que a estrutura suportará (Marcelli, 2007).

Antes de decidir qual tipo de fundação utilizar, é fundamental levar em consideração tanto as propriedades do solo como as cargas que a estrutura receberá. As cargas consistem em forças que agem sobre a edificação, sejam elas verticais, como o próprio peso da construção, dos materiais de construção e do conteúdo da edificação, ou horizontais, como vento, movimentos sísmicos, pressão do solo e pressão da água. É primordial que tanto as fundações como os elementos estruturais sejam projetados para suportar essas cargas, abrangendo tanto as verticais quanto as horizontais. O entendimento preciso das cargas que incidem sobre uma estrutura é fundamental para assegurar a sua segurança e estabilidade, de acordo com as informações fornecidas por (Marcelli, 2007).

Já a capacidade de carga de um solo é definida como sua capacidade de suportar cargas de uma edificação ou estrutura sem sofrer deformações excessivas ou falhas. Essa capacidade depende das propriedades do solo, como sua resistência à compressão e sua compressibilidade. Além disso, a profundidade e a distribuição das camadas de solo também podem afetar a capacidade de carga do solo. A determinação da capacidade de carga do solo é importante para garantir a segurança e estabilidade da estrutura construída sobre ele. Diferentes tipos de solo possuem diferentes capacidades de carga, e as técnicas de construção devem ser adaptadas para cada tipo de solo (Sousa *et al.*, 2017).

A carga suportada por uma fundação é extremamente importante para a segurança e estabilidade de uma estrutura construída sobre ela. Se a fundação não for capaz de suportar as cargas verticais e horizontais impostas pela estrutura, podem ocorrer deformações excessivas, fissuras ou mesmo colapso total da edificação (Silva *et al.*, 2018).

Além disso, as cargas que atuam sobre a fundação também podem afetar a durabilidade da estrutura, uma vez que podem causar fadiga nos materiais da construção. Se a carga for excessiva para a fundação, podem ocorrer rachaduras no concreto, corrosão nas armaduras, e outros problemas que podem levar à deterioração precoce da construção (Thomaz, 2020).

Por isso, é importante que a fundação seja projetada e dimensionada adequadamente para suportar as cargas impostas pela estrutura, levando em consideração as características do solo e as condições ambientais. Isso garantirá que a estrutura seja segura e durável, evitando problemas futuros de manutenção e reparo (Thomas, 2020).

Segundo Ritter *et al.* (2020), a pesquisa da Interação Solo-Estrutura (ISE) teve um avanço lento nas primeiras décadas do século XX, mas acelerou-se na segunda metade do mesmo século, principalmente devido ao progresso nas obras offshore e nucleares. O avanço também foi marcado pela crescente adoção do método dos elementos finitos e pelo aperfeiçoamento dos computadores, ambos com o objetivo de aprimorar a segurança sísmica das estruturas. No cenário do Brasil, os estudos sobre Índice de Suporte Embarcado em estacas rasas têm sido mais destacados e antecederam as pesquisas sobre estacas profundas, que só começaram a ganhar relevância nos últimos 15 anos. Este novo formato de fundação traz dificuldades extras de modelagem numérica e computacional, levando a um aumento de interesse no campo de estudo.

A prática das fundações abrange uma variedade de atividades, realizadas por profissionais com diferentes formações e experiências. O sucesso ou fracasso de uma fundação e a possibilidade de problemas estão relacionados a diversos aspectos. Uma fundação eficaz é aquela que oferece um fator de segurança adequado contra ruptura e recalques compatíveis com o funcionamento da estrutura suportada. Para tomar decisões, é crucial considerar a capacidade de carga, os princípios básicos da mecânica dos solos, os efeitos de recalques e os valores admissíveis. Não há uma solução pré-estabelecida para determinar rigorosamente o recalque admissível para uma estrutura, pois este é um problema complexo devido ao comportamento tanto do solo quanto da estrutura. Portanto, não existe uma solução universalmente reconhecida, seja teórica ou empírica, para esse desafio (Gadotti, 2021).

Devido à sua localização subterrânea e à falta de inspeções periódicas acessíveis, os problemas nas fundações geralmente só são detectados por meio das consequências observadas na obra como um todo. Esses defeitos podem surgir de várias causas e nem sempre são fáceis de diagnosticar e corrigir. O solo é um material complexo, com características variáveis, o que torna o comportamento das fundações sujeito a uma ampla gama de influências. De acordo com Milititsky *et al.* (2015), as fundações surgem da necessidade de transmitir as cargas da estrutura para o solo. Seu desempenho a longo prazo pode ser afetado por diversos fatores, desde o projeto inicial, que requer conhecimento do solo, até os procedimentos construtivos e os eventos que ocorrem após a implantação, incluindo possíveis processos de deterioração (Gadotti, 2021).

A sondagem do solo é um procedimento essencial para entender as condições naturais do solo, incluindo seu tipo, características físicas e resistência, conforme destacado por Rebello (2011, p. 27). No entanto, em obras residenciais, é comum iniciar a fundação sem esse processo, visto por muitos como desnecessário e um custo adicional.

De acordo com Schnaid Odebrecht (2012, p. 07), o custo das sondagens varia entre 0,2% e 0,5% do total da obra, podendo ser maior em projetos especiais. A investigação do solo é crucial, pois problemas de fundações frequentemente resultam de sua inadequada compreensão e caracterização, como destacado por Milititsky, Consoli e Schnaid (2005, p. 27).

Conforme a Norma Brasileira NBR 6122/2010, todas as edificações devem passar por uma investigação geotécnica preliminar, que inclui pelo menos sondagens à percussão. No Brasil, a sondagem de simples reconhecimento a percussão, ou ensaio SPT, é a mais utilizada, regulamentada pela NBR 6484/2001. Esse ensaio tem como objetivo determinar os tipos de solo, a posição do lençol freático e os índices de resistência à penetração em cada metro de profundidade. O procedimento consiste em deixar cair um peso de 65 kgf de uma altura de 75 cm, realizado a cada metro (Ribeiro, 2021).

2.1. Características e tipos de solos

Os solos podem ser classificados em diferentes tipos, cada um com características distintas que influenciam diretamente no comportamento das fundações. Os solos argilosos, conforme descritos por Caputo (2013), são coesivos e compostos por grãos minerais de dimensões inferiores a 0,005mm, apresentando alta plasticidade e baixa permeabilidade. Quanto à consistência, podem variar de muito moles a duras.

Já os solos de areia, também mencionados por Caputo, possuem partículas com dimensões entre 4,8mm e 0,05mm e podem ser classificados em grossos, médios e finos, de acordo com a granulometria, e em fofos, medianamente compactos e compactos, de acordo com a compactidade. Apresentam alto ângulo de atrito interno.

Há ainda os solos de areia-siltosa, compostos por partículas de areia e silte, sem coesão apreciável, e os solos de areia-argilosa, predominantemente arenosos com uma porcentagem de argila.

Outro tipo relevante são os solos colapsíveis, mencionados por Caputo (2013), que apresentam rápida compressão quando expostos a aumento de umidade, podendo causar recalques consideráveis nas fundações, como apontado por Cintra (1998). Este autor ainda destaca que fundações assentadas em solos colapsíveis podem ter um comportamento satisfatório por um tempo, mas são suscetíveis a recalques adicionais em condições como chuvas intensas.

Cintra e Aoki (2011) complementam que, em condições de baixa umidade, os solos colapsíveis apresentam uma resistência aparente devido à pressão de sucção em seus vazios, o que influencia diretamente na capacidade de carga das fundações. Essa variedade de tipos de solo ressalta a importância da caracterização física do solo por meio de ensaios específicos para garantir a segurança e eficiência das fundações.

A caracterização física do solo é fundamental para compreender suas propriedades e comportamento, especialmente no contexto da engenharia civil. Os ensaios realizados visam determinar as propriedades-índice das amostras de solo, seguindo os procedimentos estabelecidos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Entre as normas citadas, estão a NBR 6457/1986, que trata da preparação para ensaios de compactação e caracterização, e a NBR 7181/1984, que define os procedimentos para análise granulométrica do solo. Este último ensaio é essencial para compreender a distribuição das partículas no solo, sendo realizado por meio de peneiramento e sedimentação. A análise granulométrica permite distinguir entre a fração grossa e fina do solo, sendo conduzida tanto com defloculante (hexametáfosfato de sódio) quanto sem defloculante (água destilada), conforme especificado pelas normas. Esses ensaios são fundamentais para fornecer

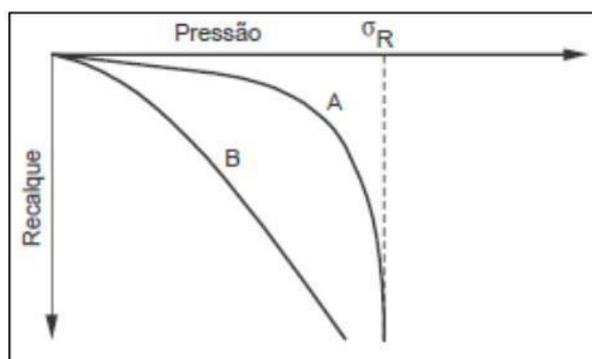
informações precisas sobre as características físicas do solo, auxiliando na seleção e dimensionamento adequados das fundações e estruturas civis.

2.2. Determinação da capacidade de carga

A determinação da capacidade de carga do solo é um dos aspectos mais críticos e significativos para os profissionais de Engenharia Civil, pois indica a capacidade do solo em suportar e se comportar sob o carregamento das fundações. Conforme observado por Pinto (2002), quando uma carga proveniente de uma fundação é aplicada ao solo, este se deforma e a fundação recalca, ou seja, afunda no solo.

É importante ressaltar que quanto maior a carga aplicada, maiores são os recalques, como ilustrado na Figura 01. De acordo com as diretrizes da NBR 6122/1996, existem diversos métodos para calcular a capacidade de carga do solo. Entre eles, destacam-se as provas de carga sobre placas, métodos teóricos baseados em formulações clássicas desenvolvidas por pioneiros como Karl Terzaghi, Meyerhof e Vesic, além de métodos empíricos e semiempíricos.

Figura 1- Curvas pressões x recalques



Fonte: Pinto, (2002)

2.3. Aspectos legais e normativos sobre escolha da fundação

Cada método possui suas vantagens e limitações, sendo crucial para o engenheiro civil selecionar o mais adequado com base nas características do solo, na complexidade do projeto e nas condições específicas do local de construção. Uma abordagem cuidadosa e precisa na determinação da capacidade de carga do solo é essencial para garantir a segurança e a estabilidade das estruturas construídas sobre ele.

Uma fundação eficaz depende da qualidade do projeto, da execução e do controle durante a construção. Para tomar decisões adequadas sobre o tipo e dimensionamento da fundação, é essencial realizar uma investigação geotécnica precisa e avaliar cuidadosamente as condições do solo, Minozzo *et al.* (2016). Antes e após a construção da estrutura, é fundamental prever e compreender o comportamento do solo para garantir sua segurança, funcionalidade e eficiência econômica. Velloso e Lopes (2004), fazer previsões não é suficiente; é necessário avaliá-las de maneira adequada, comparando-as com os resultados reais. De acordo com a NBR 6122 (2010), a profundidade de assentamento das fundações superficiais em relação ao terreno não deve exceder duas vezes a menor

dimensão da fundação. A distribuição da carga para o solo ocorre através de tensões na base da fundação, e a profundidade de assentamento é determinada por fatores naturais que podem influenciar o desempenho da fundação (Araújo; Gomes; Costa Ayres, 2020).

3. ESTUDO SOBRE FUNDAÇÕES: IDENTIFICAÇÃO DA ESCOLHA MAIS ADEQUADA

O projeto da fundação é desenvolvido levando em conta apenas as cargas aplicadas sobre ela e as características do solo, de modo a garantir que os deslocamentos permaneçam dentro dos limites aceitáveis, considerando cada elemento como isolado e capaz de se deslocar independentemente dos demais. Para ilustrar essa abordagem, este estudo propõe uma análise comparativa entre dois modelos estruturais: um que considera a interação solo-estrutura e outro com apoios fixos. A análise se concentra nos esforços sobre um bloco apoiado por seis estacas, recebendo o carregamento de um pilar retangular que faz parte da fundação. O objetivo é examinar e comparar os efeitos da interação solo-estrutura em relação aos modelos com apoios fixos comumente utilizados em fundações de edifícios, bem como os efeitos da variação da rigidez do bloco de estacas nas reações dos apoios e nos recalques (Rasi *et al.*, 2020).

É essencial que a fundação seja adequadamente dimensionada para suportar todas as cargas verticais e horizontais a que estará exposta, levando em consideração os fatores de segurança estipulados pelas normas técnicas. É crucial verificar a estabilidade da fundação tanto durante a construção quanto após a conclusão da obra, a fim de evitar deformações excessivas ou problemas de estabilidade (Abrantes, 2017).

Nos últimos anos, houve um avanço notável no dimensionamento e nas tecnologias empregadas nas fundações, permitindo a construção de estruturas de forma mais eficiente e segura. Algumas das principais melhorias incluem estudos geotécnicos mais precisos, com o uso de tecnologias avançadas, como ensaios de penetração e ensaios sísmicos, o que possibilita uma escolha mais apropriada do tipo de fundação e um dimensionamento mais preciso. Além disso, o emprego de *software* de simulação permite modelar o comportamento da fundação em diferentes condições de carga, resultando em análises mais precisas e seleção mais adequada do tipo de fundação (Silva *et al.*, 2019).

O desenvolvimento de novos materiais, como concretos de alta resistência e aço de alta resistência, contribui para a construção de fundações mais robustas e duráveis. Da mesma forma, a utilização de equipamentos mais avançados, como perfuratrizes hidráulicas e martelos vibratórios, possibilita a construção de fundações de forma mais rápida e eficiente (Rebmann, 2011).

As técnicas de execução também são importantes para alcançar eficiência e qualidade nas fundações. Por exemplo, a cravação de estacas pré-moldadas e a injeção de calda de cimento permitem a construção de fundações de maneira mais rápida e com menor impacto ambiental.

O desenvolvimento de fundações especiais, como estacas hélice contínua e estacas raiz, viabiliza a construção de fundações em terrenos mais desafiadores ou em locais com acesso limitado. Essas evoluções tecnológicas permitem que as fundações sejam dimensionadas de maneira mais precisa e eficiente, contribuindo para a construção de estruturas mais seguras e duráveis (Marcelli, 2007).

Em relação à profundidade das fundações, Alonso (2012) conclui que o processo de dimensionamento de fundações profundas é um assunto intrincado e multidisciplinar, que requer a análise de diversos elementos, como as características do solo, as cargas atuantes na estrutura e as condições ambientais, entre outros. O autor enfatiza a importância de conduzir uma avaliação minuciosa do solo para identificar suas propriedades geotécnicas e determinar o tipo de fundação mais apropriado. Ele também destaca a necessidade de empregar métodos de análise e dimensionamento confiáveis, levando em consideração os fatores de segurança e as incertezas relacionadas às variáveis envolvidas. Por fim, Alonso ressalta que o dimensionamento de fundações profundas deve ser realizado por profissionais capacitados e experientes, que possuam conhecimento técnico e prático para garantir a segurança e a eficácia da estrutura.

Moura (2015) propõe diversas medidas de mitigação, como a inclusão de camadas de reforço no solo, o uso de geotêxteis, a injeção de cimento no solo e a adoção de fundações profundas. O estudo conclui que a escolha da medida de mitigação mais adequada depende das características do solo, das cargas atuantes na estrutura e das condições ambientais. Destaca ainda a importância de considerar as possíveis consequências da liquefação do solo no dimensionamento das fundações superficiais e ressalta a necessidade de realizar análises geotécnicas detalhadas, levando em conta as incertezas associadas às variáveis envolvidas. Moura também destaca a importância da colaboração entre profissionais de diferentes áreas para garantir que as medidas de mitigação sejam eficazes e seguras. Em suma, o estudo de Moura evidencia a relevância das medidas de mitigação da liquefação do solo no dimensionamento das fundações superficiais e a necessidade de uma abordagem multidisciplinar para garantir a segurança e a eficácia da estrutura.

Alonso (2019) ressalta a relevância do dimensionamento apropriado das fundações em projetos de engenharia civil. O autor salienta a necessidade de uma minuciosa análise das condições geotécnicas do solo para determinar a carga que a fundação deve suportar, além de enfatizar a importância de considerar os efeitos da interação solo-estrutura na definição das dimensões da fundação. Ele aborda também a essencialidade do controle durante a execução das fundações para assegurar que as dimensões e a capacidade de carga especificadas no projeto sejam alcançadas, apresentando diversas técnicas de monitoramento da construção das fundações, como ensaios de carga, ensaios de integridade e instrumentação geotécnica.

Alonso (2019) destaca ainda a necessidade de uma abordagem integrada entre as diferentes disciplinas da engenharia civil, como geotecnia, estruturas e materiais, para garantir que as fundações sejam projetadas e construídas com segurança e eficiência. Ele ressalta que o dimensionamento adequado das fundações é crucial para a segurança e a durabilidade das estruturas de engenharia civil, e que equívocos no dimensionamento podem resultar em falhas estruturais e prejuízos financeiros substanciais.

Por sua vez, Nascimento Filho (2019) desenvolveu um *software* para a programação e otimização do cálculo da capacidade de carga e da tensão admissível do solo para o dimensionamento de fundações superficiais em sapatas isoladas. O autor partiu da premissa de que o cálculo manual desses parâmetros pode ser complexo e trabalhoso, e que a automatização do processo pode trazer mais precisão e agilidade ao projeto. Para isso, abordou os principais conceitos relacionados ao

dimensionamento de fundações superficiais, como a análise de tensões no solo, a determinação da capacidade de carga do solo e a definição da tensão admissível do solo. Com base nessas informações, foi desenvolvido um programa de computador em linguagem Python que permite a entrada de dados como as características do solo e da estrutura, e realiza os cálculos necessários para o dimensionamento da sapata isolada.

A importância da sondagem do solo para conhecer suas características e resistência é destacada por Rebello (2011). Embora em obras residenciais o processo de sondagem seja muitas vezes negligenciado devido ao custo adicional percebido, sua realização é crucial para evitar problemas de fundações, conforme ressaltado por Schnaid Odebrecht (2012). A identificação e caracterização do solo são essenciais para garantir que ele suporte as cargas da construção de maneira adequada, sendo a investigação do solo uma causa comum de problemas nas fundações.

4. RESULTADOS

Lopes e Oliveira (2020) identificam quatro critérios fundamentais para garantir o desempenho adequado de uma fundação: manter a integridade do terreno e dos materiais da fundação, controlar as deformações dentro dos limites estabelecidos, evitar interferências negativas em fundações vizinhas, e assegurar que aspectos econômicos sejam atendidos sem comprometer a qualidade técnica. As fundações se dividem em rasas e profundas, e este estudo concentra-se nas fundações rasas, com foco no radier plano.

A escolha do tipo de fundação é crucial para a estabilidade e segurança da edificação. Inicialmente, é essencial analisar o tipo de solo na área de construção, pois diferentes solos requerem diferentes fundações para garantir a estabilidade. Por exemplo, solos argilosos podem demandar fundações mais profundas para distribuir as cargas adequadamente, enquanto solos arenosos podem ser mais adequados para fundações rasas. Assim, o dimensionamento da fundação deve ser baseado no estudo geotécnico da área, que fornece dados sobre as propriedades do solo, como capacidade de suporte, resistência e compressibilidade. Com essas informações, os engenheiros podem projetar fundações que suportem as cargas estruturais sem apresentar deformações excessivas.

Outro aspecto importante é considerar as condições específicas da região onde a edificação será construída. Fatores como o clima, o nível freático e a presença de árvores ou outras estruturas próximas podem influenciar na escolha e no dimensionamento das fundações. Por exemplo, em regiões sujeitas a inundações, pode ser necessário elevar as fundações para proteger a estrutura contra danos causados pela água.

A escolha criteriosa do tipo de fundação e seu dimensionamento com base em estudos geotécnicos são fundamentais para a segurança e estabilidade das edificações, evitando futuros problemas estruturais. O radier plano, conforme Velloso e Lopes (2012), é ideal para suportar todos os pilares de uma estrutura ou quase todos, inclusive em sistemas com paredes de concreto moldadas in loco. De acordo com a NBR6122:2010, fundações profundas e rasas diferem na profundidade e no mecanismo de ruptura. A eficácia das fundações também depende de fatores como as características do solo e os procedimentos de construção, que podem afetar seu desempenho ao longo do tempo (Ribeiro, 2021).

A escolha do solo para fundações de edificações é crucial, pois sua capacidade de carga e comportamento sob pressão influenciam diretamente a segurança e estabilidade da estrutura. Moreira (2020) destaca a importância de ensaios diretos sobre o solo para determinar sua capacidade de suporte, com resultados que variam conforme o diâmetro das placas de ensaio e o tipo de reforço utilizado. A análise de solos naturais e reforçados revelou que, embora o reforço possa aumentar a resistência, fissuras na superfície podem comprometer a integridade do solo. O recalque, um fenômeno comum causado pelo carregamento do solo, pode levar a deformações que, ao longo do tempo, resultam em problemas estruturais significativos, conforme observado por Frias *et al.* (2020), destacando a importância de uma avaliação geotécnica rigorosa no dimensionamento das fundações.

O estudo de Pessin (2021) sobre o desempenho de fundações por estacas hélice contínua em solo arenoso saturado revelou insights valiosos sobre a interação entre essas estacas e o solo, especialmente em contextos de troca de calor. A pesquisa mostrou que as estacas hélice contínua têm uma capacidade significativa de transferir calor para o solo, o que é essencial em aplicações geotérmicas e de troca de energia térmica. Além disso, os dados experimentais contribuíram para aprimorar a compreensão dos processos de transferência de calor no solo arenoso saturado, permitindo o desenvolvimento de modelos mais precisos para projetos futuros.

As conclusões de Pessin (2021) enfatizam a importância de considerar as características específicas do solo ao escolher o tipo de fundação, especialmente em regiões com solo arenoso saturado. O comportamento do solo sob as condições de troca de calor deve ser cuidadosamente avaliado para garantir a eficácia das fundações e a segurança estrutural. Esse estudo destaca o potencial das estacas hélice contínua como uma solução eficaz em solos arenosos, oferecendo uma base sólida para avanços na engenharia civil e na aplicação de tecnologias de troca de calor em fundações.

O estudo de Rasi *et al.* (2020) destacou como o tipo de solo afeta significativamente o comportamento estrutural de fundações com estacas, observando que as reações nas estacas centrais variam conforme a deformabilidade do solo. Em solos indeformáveis, as estacas centrais próximas ao pilar suportaram reações muito maiores, com uma discrepância de até 83,7% entre modelos numéricos e analíticos. Já em solos deformáveis, como areia argilosa e argila siltosa, houve uma distribuição mais uniforme das reações, com diferenças mínimas em comparação aos modelos analíticos.

Moreira (2020) também explorou a importância do solo na capacidade de carga para fundações superficiais, comparando métodos teóricos e semiempíricos. O método teórico, baseado em Terzaghi, mostrou-se eficaz, mas com limitações em certos solos, sugerindo a necessidade de ensaios adicionais para maior precisão. O método semi-empírico, ao limitar o índice NSPT a 20 golpes, apresentou restrições na estimativa da resistência do solo, resultando em variações significativas entre os métodos analisados. Essas análises reforçam a importância de considerar as características do solo ao projetar fundações, para garantir a segurança e eficácia estrutural.

5. CONCLUSÃO

A importância de considerar as características regionais e os dados geotécnicos ao selecionar o tipo de fundação para uma construção. Os fatores como clima, geologia e topografia desempenham papéis significativos na determinação da fundação mais adequada, impactando diretamente a

estabilidade e a durabilidade da estrutura. A integração cuidadosa desses fatores pode otimizar a escolha da fundação, proporcionando soluções mais seguras e eficazes para diferentes condições regionais.

As variações climáticas afetam substancialmente a capacidade de carga do solo, influenciando a escolha entre fundações rasas ou profundas. Em regiões com alta umidade, por exemplo, a saturação do solo pode exigir fundações mais robustas para garantir a estabilidade, enquanto climas áridos podem exigir ajustes específicos para lidar com o ressecamento do solo. Assim, adaptar o tipo de fundação às condições climáticas específicas é essencial para assegurar o desempenho adequado da construção.

A presença de diferentes tipos de solo e formações geológicas pode exigir abordagens diferentes para garantir a estabilidade da estrutura. Solos com alta compressibilidade ou variações na capacidade de suporte podem demandar fundações mais profundas ou tratamento adicional, enquanto solos rochosos podem oferecer uma base mais estável. Compreender essas condições geológicas permite um dimensionamento mais preciso e eficaz das fundações.

Por fim, há necessidade de uma abordagem integrada que considere todos os aspectos regionais e geotécnicos. A análise da topografia e de outros fatores regionais, como a presença de água subterrânea, contribui para uma compreensão mais completa das condições do solo e sua interação com a fundação. A escolha adequada e o dimensionamento correto das fundações são cruciais para a segurança e a durabilidade das edificações, e este estudo fornece um conteúdo valioso para a tomada de decisões informadas no planejamento de construções.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118/2014**: Solo – Sondagens de simples reconhecimento com SPT – método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6122/2010**: Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6122**: Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6484/2001**: Solo – Sondagens. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

ABRANTES, Rafael de Carvalho Costa et al. **Elaboração e análise de viabilidade de anteprojeto arquitetônico unifamiliar com conceitos sustentáveis integrados**. [S. l.: s. n.], 2017.

ALONSO, Urbano Rodriguez. **Dimensionamento de fundações profundas**. Porto Alegre: Blucher, 2012.

ALONSO, Urbano Rodriguez. **Previsão e controle das fundações**. Porto Alegre: Blucher, 2019.

ARAÚJO, Carla Beatriz Costa; GOMES, Jane Kathleen Pereira; DA COSTA AYRES, Thiago Moura. Análise da capacidade de carga de fundações superficiais por diferentes metodologias. **RCT-Revista de Ciência e Tecnologia**, v. 6, 2020. Disponível em: <https://oasisbr.ibict.br/vufind/>

GADOTTI, Suelen Suelen. Patologia das fundações: desenvolvimento de tabelas para catalogar origem, causas, mecanismo. **Revista de extensão e iniciação científica da Unisociesc**, v. 8, n. 1, 2021. Disponível em: <https://dalfovo.com/ojs/index.php/reis/article/view/267>

LOPES, L. F. A.; OLIVEIRA, J. T. R. Análise de recalques em fundações superficiais do tipo radier plano sobre solo silto-argiloso na região metropolitana de Recife-Brasil. **Engenharia Civil UM**, n. 58, p. 48-56, 2020. Disponível em: <https://revistas.uminho.pt/index.php/ecum/article/view/4185>

MARCELLI, Maurício. **Sinistros na construção civil**. São Paulo: Pini, 2007.

MILITITSKY, Jarbas; CONSOLI, Nilo Cezar; SCHNAID, Fernando. **Patologia das fundações**. São Paulo: Oficina de textos, 2015.

MOREIRA, Eclesielter Batista. **Capacidade de carga de fundações superficiais assentes sobre camada finita de solo cimentado**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), 2020. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/218632>

MOURA, Catarina João Afonso. **Medidas de mitigação de liquefação**. Aplicação ao dimensionamento de fundações superficiais. 2015. Dissertação (Mestrado) - Universidade do Porto, Cidade do Porto, 2015. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt>

NASCIMENTO FILHO, E. F. **Programação e otimização do cálculo da capacidade de carga e da tensão admissível do solo para dimensionamento de fundações superficiais em sapatas isoladas**. 2019. Trabalho de Conclusão do Curso (Engenharia Civil) - Núcleo de Tecnologia do Centro Acadêmico do Agreste-Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2019. Disponível em: <https://attena.ufpe.br/handle/123456789/32054>

PELACANI, Valmir Luiz. Responsabilidade na construção civil. **Caderno do Crea-PR**, n. 7, 2010. Disponível em: <https://www.crea-pr.org.br>

PESSIN, Juliana. Estudo experimental do desempenho de fundações por estacas hélice contínua trocadoras de calor em solo arenoso saturado. 2021. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/002860909>

PINTO, Carlos de Sousa. **Curso Básico de Mecânica dos Solos em 16 aulas**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2002. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/001077133>

RASI, José Roberto. Análise das reações nas estacas em bloco de concreto considerando a interação solo-estrutura. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 6, p. 41410-41425, 2020.

REBELLO, Y. C. Pereira. **Fundações: guia prático de projeto, execução e dimensionamento**. São Paulo: Zigurate, 2008.

REBMANN, Markus Samuel. **Durabilidade de concretos estruturais com baixo consumo de cimento Portland e alta resistência**. 2011. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde-10062011-150726/>

RITTER, M. G. *et al.* Análises de interação solo-estrutura em edifícios com fundação profunda. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, v. 13, p. 248-273, 2020. Disponível em: <https://www.ibracon.org.br>

RODRIGUES, Amanda Pinheiro et al. Fundações Rasas. **ETIC-ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA**, v. 17, n. 17, 2021. ISSN 21-76-8498.

SALINAS VARGAS, Rodrigo Javier et al. **Dimensionamento e Detalhamento de Elementos de Fundações em Concreto Armado**. [S. l.: s. n.], 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/204658>

SCHNAID, F.; ODEBRECHET, E. Ensaios de cone (CPT) e piezocone (CPTU). *In*: SCHNAID, F.; ODEBRECHET, E. **Ensaios de campo e suas aplicações à engenharia de fundações**. 2. Ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012. Disponível em: <https://www.ofitexto.com.br>

SILVA, Antonio Hilderlândio de Souza et al. **Desenvolvimento de planilha no software excel para dimensionamento de estrutura de contenção-muro de flexão**. Rio grande do Norte: [s. n.], 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br>

SILVA, Boniex Manoel da et al. **Aplicação do método dos elementos finitos para análise da influência do bloco de coroamento na distribuição de deformações, tensões e recalques de um grupo de estacas escavadas**. Rio Grande do Norte: [s. n.], 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/>

SOUSA, Patricia Figueiredo de et al. **Proposta de uma ferramenta computacional para a previsão da capacidade de carga e recalque em estacas pré-moldadas cilíndricas de concreto**. Alagoas: [s. n.], 2017. Disponível em: <http://www.repositorio.ufal.br/handle/riufal/4779>

THOMAZ, Ercio. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2020. Disponível em: <https://www.ofitexto.com.br>

VELLOSO, D. A.; LOPES, F. R. **Fundações, volume 1: critérios de projeto: investigação de subsolo: fundações superficiais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2012. Disponível em: <https://www.ofitexto.com.br>