



Faculdade de Administração e Negócios de Sergipe
Curso Engenharia Civil

ELBER SANTIAGO SILVA FILHO

**FUNDAÇÕES SUPERFICIAIS: CONTROLE DE CONCEPÇÃO E EXECUÇÃO PARA
EVITAR MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS**

ARACAJU

2023



Faculdade de Administração e Negócios de Sergipe
Curso Engenharia Civil

ELBER SANTIAGO SILVA FILHO

**FUNDAÇÕES SUPERFICIAIS: CONTROLE DE CONCEPÇÃO E EXECUÇÃO PARA
EVITAR MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Fanese como requisito parcial e obrigatório para a obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. M. Sc. Fagner Ismael Teixeira de Santana

Coordenador do Curso: Prof. Elísio Cristovão Souza dos Santos

**Aracaju
2023**

S586c

SILVA FILHO, Elber Santiago

Controle de concepção e execução para evitar manifestações patológicas / Elber Santiago Silva Filho. - Aracaju, 2023. 48 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia) Faculdade de Administração e Negócios de Sergipe. Coordenação de Engenharia Civil.

Orientador(a): Prof. Me. Fagner Ismael Teixeira de Santana

1. Engenharia civil 2. Fundações executivas
3. Fundações - Patologias 4. Normas Construtivas
I. Título

CDU 624

(043.2)



Faculdade de Administração e Negócios de Sergipe
Curso Engenharia Civil

ELBER SANTIAGO SILVA FILHO

**FUNDAÇÕES SUPERFICIAIS: CONTROLE DE CONCEPÇÃO
E EXECUÇÃO PARA EVITAR MANIFESTAÇÕES
PATOLÓGICAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do curso de Engenharia Civil da FANESE, em cumprimento da disciplina Projeto de Engenharia II Obrigatório e elemento obrigatório para a obtenção do grau de bacharel em Engenharia de Civil, no período de 2023.

Aracaju (SE), 06 de setembro de 2023.

Nota/Conteúdo: 8,5 (_____)

Nota/Metodologia: 8,5 (_____)

Média Ponderada: 8,5 (_____)

Elber Santiago Silva Filho

Nome do aluno

Joaquim Manoel Teixeira de Santana

Prof Orientador

João Santos Dantas

Prof BANCA 1

Elber Santiago Silva Filho

PROF BANCA 2



Faculdade de Administração e Negócios de Sergipe
Curso Engenharia Civil

AGRADECIMENTOS

A Deus, agradeço a minha vida e por me dar força para superar todos os desafios encontrados durante o curso. Aos meus pais e irmãos, agradeço pelo incentivo nos momentos difíceis e pela compreensão da minha ausência enquanto me dedicava a este trabalho. Aos professores, agradeço pelas orientações e ensinamentos que me permitiram aprimorar meu desempenho no processo de formação profissional.



Faculdade de Administração e Negócios de Sergipe
Curso Engenharia Civil

Dedico este trabalho aos meus pais, Elber Santiago e Schirley de Andrade, por todo apoio, amor e dedicação.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fundações Superficiais e Profundas.....	14
Figura 2: Sapata Isolada e Sapata Associada.....	15
Figura 3: Sapata Corrida	16
Figura 4: Bloco de Fundação	17
Figura 5: Radier.....	18
Figura 6: Tipos de radier	19
Figura 7: Estaca e Tubulão	20
Figura 8:Caixão	21
Figura 9: Visão esquemática de um projeto onde as fundações se apoiam em matacões.....	22
Figura 10: Ilustração do ensaio SPT	23
Figura 11: Perda de cobrimento do concreto e armaduras em avançado estado de corrosão nas vigas longarinas.....	26
Figura 12: Corrosão em Armaduras	26
Figura 13: Fissuras, trincas e rachaduras	27
Figura 14: Recalque diferencial no edifício menor pela interferência no seu bulbo...29	
Figura 15: Localização da Obra	30
Figura 16: Ensaio SPT	32
Figura 17: Sapata Isolada	33
Figura 18: Recalque diferencial.....	34
Figura 19: Planta de Locação.....	36
Figura 20: Execução da Sapata isolada.....	37
Figura 21: Sapata Isolada Concretada.....	38
Figura 22: Armadura em estágio avançado de corrosão.....	39
Figura 23: Desplacamento do Concreto	39
Figura 24: Espaçador	40
Figura 25: Classe de agressividade ambiental.....	41
Figura 26: Classe de agressividade ambiental.....	41
Figura 27: Segregação no concreto	43
Figura 28: Sapata Isolada Concretada.....	44

RESUMO

Este estudo examina os possíveis erros executivos que podem causar patologias futuras nas fundações de uma edificação na Barra dos Coqueiros, Sergipe. As fundações são cruciais para a durabilidade, conforto e segurança das construções, mas estão sujeitas a esforços que podem levar a problemas graves se não forem adequadamente considerados. As patologias podem surgir em diversas etapas da construção e podem afetar a segurança e a durabilidade da estrutura ao longo do tempo. Este estudo tem como objetivo investigar as causas das patologias que afetam as fundações durante as fases de concepção e execução desses elementos, comparar as recomendações da literatura com o que foi executado em uma obra e destacar a relevância das precauções em fases anteriores à conclusão da obra. As especificações necessárias para a execução da obra devem ser rigorosamente inspecionadas para garantir o seu bom andamento. Aspectos como fabricação do concreto, transporte, lançamento, adensamento e posicionamento das armaduras são fundamentais para o sucesso da construção. A pesquisa foi realizada em uma obra da empresa Elo Construções e Incorporações LTDA, no condomínio Alphaville Sergipe 2 que atua no mercado desde 2018 na construção de residências unifamiliares. Este trabalho ressalta a importância do estudo e do conhecimento sobre aspectos construtivos, além de alertar para a necessidade de seguir as normas a fim de prevenir tais manifestações.

Palavras-chave: Fundações Executivas. Patologias em fundações. Normas Construtivas.

ABSTRACT

This study examines possible executive errors that can cause future pathologies in the foundations of a building in Barra dos Coqueiros, Sergipe. Foundations are crucial for the durability, comfort, and safety of constructions but are subject to forces that can lead to serious issues if not adequately considered. Pathologies can arise at various stages of construction and may impact the safety and durability of the structure over time. The objective of this study is to investigate the causes of pathologies affecting foundations during the conception and execution phases of these elements, compare literature recommendations with what was implemented in a construction project, and highlight the importance of precautions in phases prior to project completion. The necessary specifications for project execution must be rigorously inspected to ensure its smooth progress. Aspects such as concrete manufacturing, transportation, pouring, compaction, and positioning of reinforcements are fundamental to the success of the construction. The research was conducted on a project by Elo Construções e Incorporações LTDA, in the Alphaville Sergipe 2 condominium, which has been operating in the market since 2018, specializing in the construction of single-family residences. This work emphasizes the importance of studying and understanding construction aspects while also emphasizing the need to adhere to standards to prevent such manifestations.

Keywords: Executive Foundations. Pathologies in Foundations. Construction Standards.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1 OBJETIVO GERAL	12
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
2.1 FUNDAÇÕES	13
2.2 TIPOS DE FUNDAÇÕES	13
2.3 FUNDAÇÕES RASAS	14
2.3.1 Sapatas	15
2.3.2 Blocos	16
2.3.3 Radier.....	17
2.3.4 Fundações Profundas	20
2.4 INVESTIGAÇÃO GEOTÉCNICA	21
2.5 PATOLOGIAS DAS FUNDAÇÕES	24
2.6 DANOS CAUSADOS PELAS PATOLOGIAS	25
2.7 FORMAS DE EVITAR PATOLOGIAS	27
2.7.1 Execução	28
2.7.2 Pós - Conclusão.....	29
3 METODOLOGIA	30
3.1 OBRA ANALISADA	30
3.2 PROCEDIMENTO	31
4 ANÁLISE E RESULTADOS	32
4.1 FASE DE CONCEPÇÃO	32
4.2 FASE DE EXECUÇÃO	35
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	45
REFERÊNCIAS	46

1. INTRODUÇÃO

As construções desempenham um papel crucial nas atividades humanas e devem proporcionar durabilidade, conforto e segurança aos seus usuários. No entanto, elas estão sujeitas a várias forças, principalmente provenientes de seus componentes e uso. Portanto, é essencial utilizar elementos que possam transferir essas cargas para o solo.

Segundo Milititsky *et al.* (2015), uma fundação é um elemento que serve como transição entre a estrutura e o solo. A norma técnica brasileira ABNT NBR 6122:2019 classifica as fundações em dois grupos principais: superficiais e profundas. Geralmente, as cargas transmitidas pelas fundações superficiais são distribuídas no solo principalmente através da pressão na área da base da fundação. No caso das fundações profundas, essas cargas podem ser transmitidas através da base, pela superfície lateral ou pela combinação das duas. Sua base deve estar apoiada a uma profundidade superior a oito vezes a sua menor dimensão em planta, tendo, necessariamente, um mínimo de três metros. Portanto, é crucial selecionar e dimensionar o tipo de fundação considerando todos os parâmetros da edificação e do solo em questão, caso contrário, podem surgir graves problemas que podem até mesmo levar ao colapso da construção.

Na construção civil, é comum observar o surgimento de fissuras em elementos estruturais e não estruturais, além de recalques excessivos em edifícios, o que pode acarretar problemas relacionados à segurança e à durabilidade desses elementos. Diversos fatores podem estar relacionados às patologias nas fundações, já que é por meio delas que toda a carga da estrutura é suportada e transferida para a superfície de apoio.

Segundo Vieira (2016), as patologias podem surgir em diversas etapas da construção, causando problemas que podem afetar a segurança e a durabilidade da estrutura ao longo do tempo, propensas a causar acidentes, afetando grandes projetos de engenharia. A patologia, portanto, é uma área da engenharia que se dedica ao estudo das manifestações patológicas que ocorrem com frequência em edificações.

De acordo com Toledo (2017), o aparecimento de manifestações patológicas pode ser favorecido por diversas causas, tais como: falhas no projeto, erros na execução, utilização de materiais de baixa qualidade ou inadequados, uso indevido da estrutura e falta de manutenção adequada.

Para identificar e tratar esses problemas, é necessário analisar cuidadosamente as possíveis causas, principalmente aquelas relacionadas aos eventos que ocorrem antes e depois da conclusão desses componentes.

Estudos que visam prevenir esses problemas são essenciais para prolongar a vida útil da estrutura e evitar gastos com reparos. Portanto, é recomendável que essas fases sejam acompanhadas com atenção para prever e prevenir problemas futuros na construção.

1.1 Objetivo Geral

O trabalho se propõe a explorar o referencial bibliográfico sobre patologias em fundações, ocasionadas por falhas nas etapas de concepção do projeto e na execução, e analisar o projeto e a execução de uma fundação em um caso real.

1.2 Objetivos Específicos

- Investigar as causas das patologias que afetam as fundações durante as fases de concepção e execução desses elementos.
- Comparar as recomendações da literatura com o que foi executado em uma obra.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Fundações

Milititsky et al. (2015) caracteriza a fundação como um componente de transição entre a estrutura e o solo, enfatizando a relação direta entre seu comportamento e as respostas do solo sob cargas provenientes dos elementos estruturais das fundações. Além disso, ressalta que uma fundação considerada adequada é aquela que demonstra um fator de segurança apropriado contra rupturas e recalques compatíveis com o desempenho eficaz do elemento suportado.

Nessa perspectiva, as fundações desempenham um papel fundamental na estrutura, sendo responsáveis por sustentar não apenas o peso próprio da construção, mas também as cargas resultantes de sua utilização. Portanto, é crucial observar cuidadosamente as características do solo e as cargas exercidas, a fim de prevenir eventuais complicações no futuro.

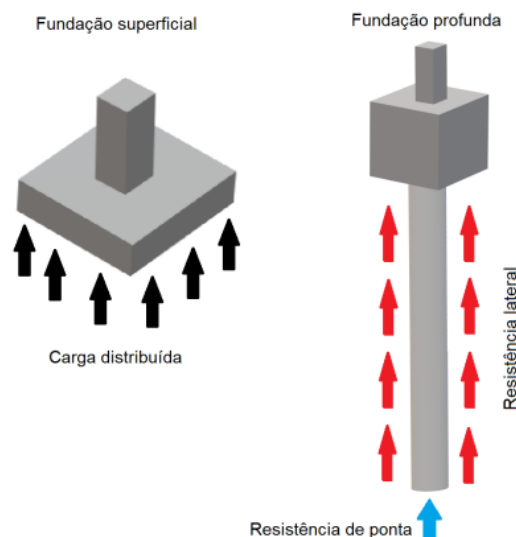
Assim, de acordo com Silva Junior (2008), torna-se essencial adquirir conhecimento sobre o tipo de solo presente em cada terreno e realizar estudos das camadas por meio de sondagem. Esse procedimento assegura uma maior segurança, pois a análise resultante possibilita a escolha apropriada do tipo de fundação para cada construção, levando em consideração todos os parâmetros do solo.

Lopes; Velloso (2010) indicam que as fundações podem ser categorizadas em duas classes: fundações superficiais e fundações profundas. A diferenciação entre esses dois grupos é estabelecida pelo critério de que uma fundação profunda é aquela em que o mecanismo de ruptura da base não ocorre na superfície do terreno.

2.2 Tipos de Fundações

Segundo a Norma Técnica 6122 de setembro de 2019, que trata do projeto e execução de fundações, as fundações podem ser classificadas em duas categorias: Superficial e profundas (Figura 1). Essa classificação é baseada na profundidade e na resistência das fundações, determinadas a partir de ensaios realizados conforme a norma ABNT (2019).

Figura 1: Fundações Superficiais e Profundas



Fonte: Apostila de Conhecimentos Específicos p/ TCE-SC (Auditor de Controle Externo – Engenheiro Civil) – 2020.

2.3 Fundações Rasas

Fundações rasas, conforme definido por Joppert (2007), apresentam características notáveis. Este tipo de fundação não requer equipamentos especializados ou mão de obra altamente qualificada, tornando-se economicamente viável em comparação com outros tipos de fundação. Outra vantagem é a facilidade de investigação do solo, pois não requerem grande movimentação de terra, diferentemente de outros tipos de fundação.

Pereira (2008) acrescenta que a caracterização de fundações rasas se dá pelo fato da carga pontual que ocorre no pilar ser transformada em carga distribuída por conta da base do elemento de toda fundação, de forma que o solo seja capaz de suportar.

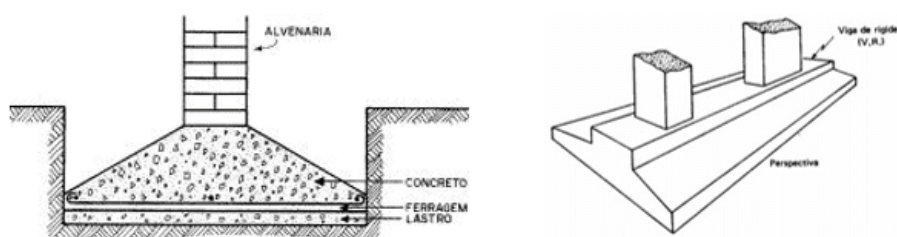
A utilização de fundações rasas em obras de pequeno porte oferece diversos benefícios, como o baixo custo decorrente do menor consumo de concreto e a agilidade na execução, pois não é necessário utilizar grandes equipamentos. No entanto, é importante ressaltar que a execução dessas fundações é recomendada apenas para terrenos que possuam solos firmes e resistência suficiente nas camadas superficiais, de modo a suportar as cargas provenientes da superestrutura. (FERREIRA, 2016)

2.3.1 Sapatas

Ainda conforme a norma 6122, as sapatas são componentes das fundações rasas, construídas de concreto armado. Elas são projetadas de tal maneira que as tensões de tração resultantes sejam resistidas pela sua armadura, que é especialmente disposta para esse propósito (ABNT, 2019).

De acordo com Bastos (2019), as sapatas são os elementos mais comuns das fundações superficiais, pois apresentam uma variedade de configurações e suportam vários elementos estruturais. Elas podem ser classificadas em sapatas isoladas, associadas e corridas. Como pode ser visto no modelo da figura 2 abaixo.

Figura 2: Sapata Isolada e Sapata Associada

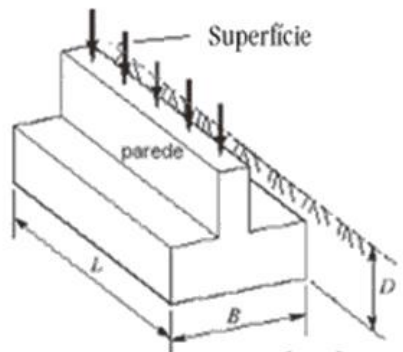


Fonte: Eddy, 2012.

- Sapata Isolada: As sapatas isoladas são projetadas para suportar exclusivamente as cargas de uma única coluna ou pilar. Essas estruturas são capazes de suportar uma capacidade de carga maior em comparação aos blocos de fundação não armados, mas requerem mão de obra especializada para sua execução adequada. No entanto, elas não são adequadas para suportar mais de um pavimento devido as limitações de sua capacidade de carga.
- Sapata Associada: São projetadas para suportar mais de uma carga pontual, ou seja, possuem mais de um pilar. Elas são uma boa opção quando é necessária uma capacidade de carga considerável para suportar pilares muito próximos um do outro. No entanto, é importante que a sapata corrida seja executada com rigidez suficiente para suportar adequadamente a carga dos pilares de cada sapata isolada.
- Sapata Corrida: É projetada para receber as cargas de forma linear, como muros, paredes ou pilares alinhados (figura 3). Ela pode ser construída com alvenaria, sem a necessidade de vigas e pilares para suportar o peso da parede e do telhado. No entanto, devido à sua baixa rigidez, há a possibilidade de ocorrer

deformações em seu comprimento, o que pode resultar em patologias como fissuras ou trincas.

Figura 3: Sapata Corrida



Fonte: Perreira, 2016.

2.3.2 Blocos

Uma alternativa de reformulação pode ser de acordo com a ABNT (2019), os blocos de fundação são componentes frequentemente fabricados em concreto simples e projetados para que as tensões de tração geradas sejam suportadas somente pelo próprio material utilizado, dispensando a necessidade de uma armadura.

Bastos (2019) explica que, para que o concreto possa resistir às tensões de tração, é necessário que elas sejam reduzidas, o que implica em uma altura significativa para o bloco, possibilitando que ele trabalhe predominantemente em compressão.

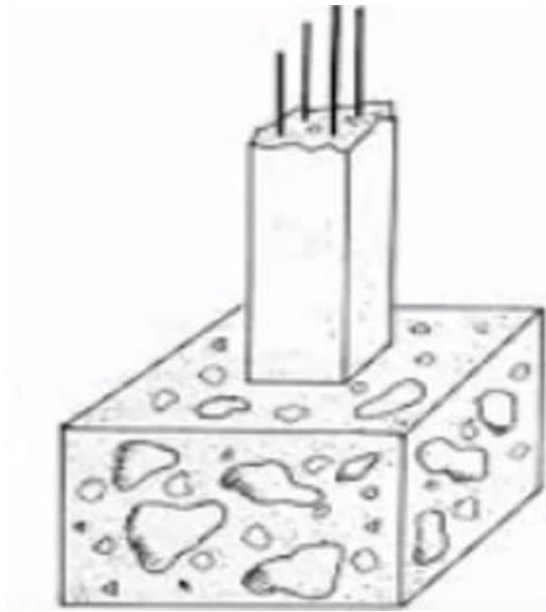
Assim, a principal vantagem desses elementos é a economia de material, mas suas limitações fazem com que sejam pouco utilizados, aparecendo apenas quando o orçamento é um fator limitante para o projeto.

No entanto, de acordo com a NBR 6118, os blocos de fundação são elementos de grande volume que têm a função de transmitir as cargas da fundação para as estacas e tubulões, podendo ser classificados como rígidos ou flexíveis, seguindo critérios semelhantes aos utilizados para definir as sapatas (ABNT, 2014).

De acordo com Bastos (2020) os blocos podem ser apoiados em um número variável de estacas, dependendo das propriedades do solo, da capacidade das estacas e das cargas dos pilares. Nos casos de edificações de pequeno porte, é comum utilizar blocos apoiados em uma ou duas estacas, já que a carga proveniente dos pilares

geralmente é de baixa intensidade. A figura 4 abaixo ilustra um exemplo de bloco de fundação.

Figura 4: Bloco de Fundação

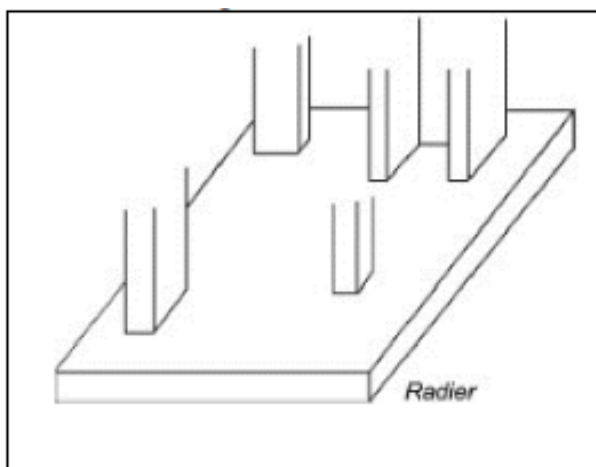


Fonte: Santos, 2014.

2.3.3 Radier

De acordo com a NBR 6122/2019, o radier é um tipo de fundação rasa que possui rigidez suficiente para suportar mais de 70% das cargas da estrutura (ABNT, 2019). O radier é composto por uma laje de concreto protendido ou armado e é frequentemente utilizado quando as cargas da edificação são transmitidas para o solo por meio de paredes e pilares. Para garantir a distribuição uniforme das cargas, o radier é dimensionado com armadura cruzada tanto na parte superior como na inferior. Conforme ilustrado no modelo da figura 5 abaixo.

Figura 5: Radier



Fonte: Lopes e Velloso, 2010.

Segundo Lagoa *et al.* (2021) a qualidade do concreto e as características do solo onde o radier será apoiado são fatores cruciais para seu desempenho estrutural. Portanto, é necessário ter uma atenção especial para a dosagem, fabricação, aplicação e acabamento do concreto, bem como para a preparação do solo, a fim de garantir um suporte uniforme para a laje.

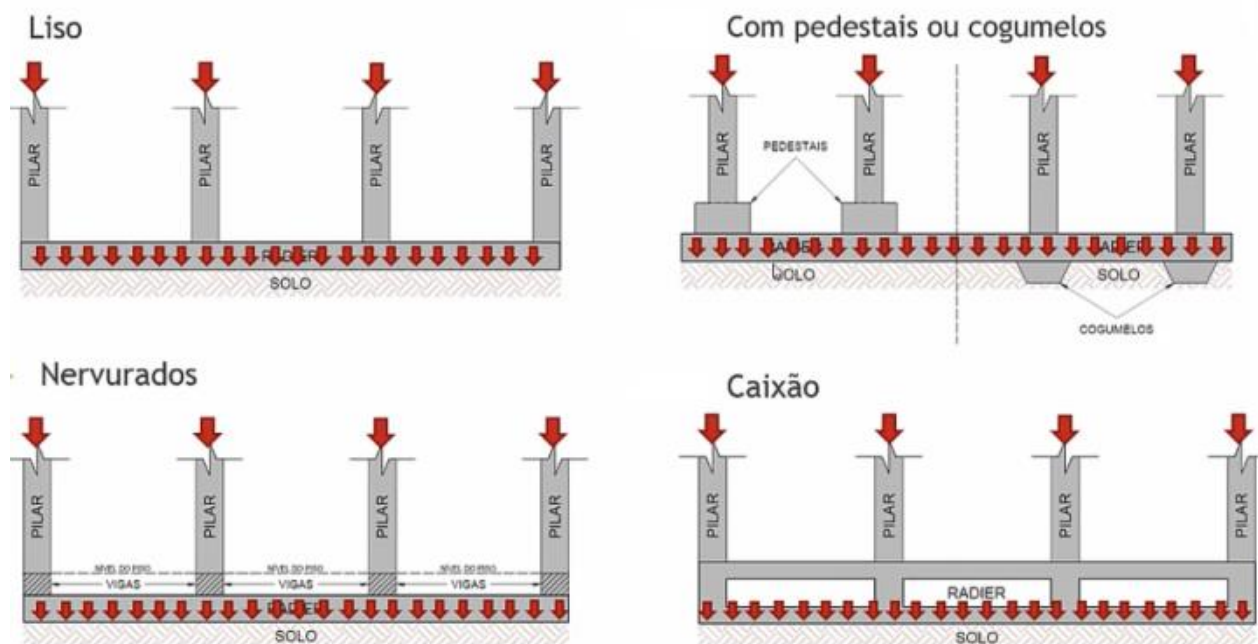
Quando o radier é executado e impermeabilizado corretamente, ele pode reduzir a umidade em terrenos com lençol freático elevado e minimizar o surgimento de recalques. No entanto, a construção de tubulações subterrâneas posteriores ou a expansão das já existentes podem ser inviabilizadas devido à presença do radier.

De acordo com Nazário *et al.* (2019), o radier pode ser denominado quanto a sua rigidez à flexão, tecnologia de execução e geometria. Os quatro principais tipos são classificados quanto a sua forma (figura 6), que são:

- Radier Flexível: O radier é frequentemente utilizado em construções de baixo custo devido à sua facilidade de execução e menor custo, e é semelhante a lajes maciças.
- Radier Caixa: O radier caixa é uma variação do radier convencional, que possui uma parede lateral ao redor de sua base, criando uma espécie de "caixa" de concreto. Essa parede lateral pode ser feita de concreto armado ou pré-moldada, e tem a função de aumentar a rigidez e a capacidade de carga do radier, além de proporcionar maior resistência contra possíveis deslocamentos laterais do solo. É uma opção bastante utilizada em solos com baixa capacidade de suporte e em construções que exigem maior estabilidade estrutural.

- Radier Cogumelo: O radier cogumelo é um tipo de radier utilizado em fundações de edificações com grandes cargas concentradas, como por exemplo em indústrias, armazéns e galpões. Sua forma se assemelha a um cogumelo, com uma base alargada e um topo mais estreito. Essa geometria permite que o radier cogumelo distribua as cargas de forma mais uniforme pelo solo, reduzindo as tensões e minimizando os recalques diferenciais. Além disso, esse tipo de radier é dimensionado de forma a proporcionar uma maior rigidez à estrutura, garantindo assim um melhor desempenho e segurança.
- Radier Rígido: Também conhecido como radier reforçado, é uma variante do radier convencional que utiliza elementos estruturais adicionais para aumentar sua capacidade de carga e rigidez. Esses elementos podem incluir vigas de borda, estribos ou malhas de aço adicionais e, em alguns casos, até mesmo pilares. O radier rígido é comumente utilizado em edifícios de grande porte ou estruturas que exigem alta resistência e rigidez. Ele oferece maior estabilidade e menor risco de deformações, mas também pode ser mais caro e complexo de executar do que outras opções de fundação.

Figura 6: Tipos de radier



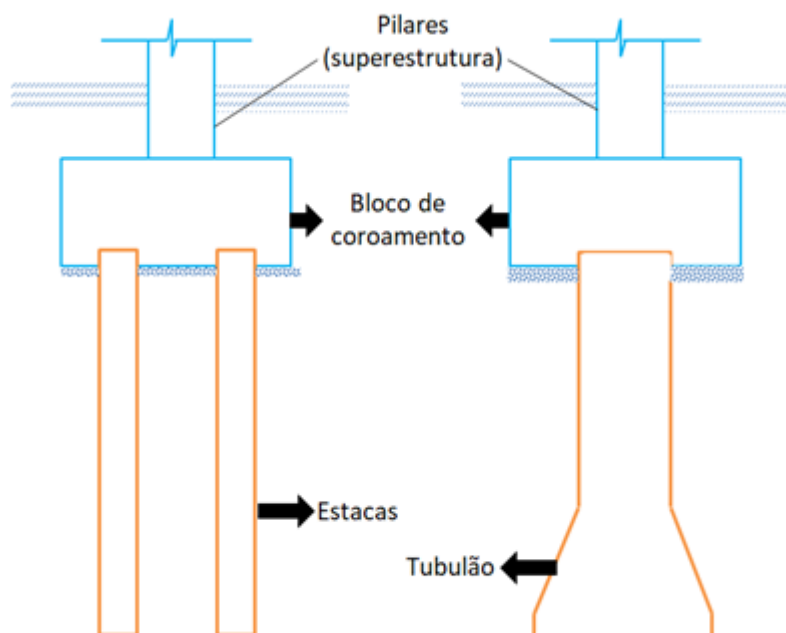
Fonte: Blog Construir Sozinho (2020).

2.3.4 Fundações Profundas

Fundações profundas são estruturas que levam a carga da construção para o solo, seja através da base (resistência de ponta), da superfície lateral (resistência de fuste) ou uma combinação de ambas. Essas fundações são apoiadas a uma profundidade superior ao dobro de sua menor dimensão em planta, e no mínimo 3 m, salvo justificativa. Exemplos de fundações profundas incluem estacas, tubulões e caixões (OLIVEIRA, 2012).

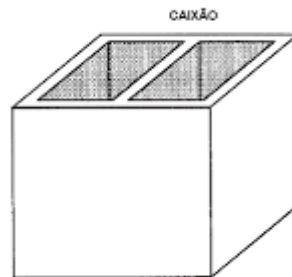
Conforme destaca Koga *et al.* (2017), as estacas são elementos de fundação profunda executada com auxílio de ferramentas ou equipamentos, sem que, em qualquer fase de sua execução, haja descida de operário. Os materiais empregados podem ser: madeira, aço, concreto pré-moldado, concreto moldado in situ ou mistos. Os tubulões, no entanto, são elementos de fundação profunda de forma cilíndrica, onde pode ser executado a céu aberto ou sob ar comprimido (pneumático) e ter ou não base alargada, podendo ser de aço ou de concreto. A figura 7 ilustra detalhes do tubulão e da estaca.

Figura 7: Estaca e Tubulão



Por fim, Koga et al. (2017) caracteriza o caixão como um componente de fundação profunda, prismático, que é concretado na superfície e colocado por meio de escavação interna. Na sua instalação, pode se usar ar comprimido e sua base pode ou não ser alargada (figura 8).

Figura 8:Caixão



Fonte: Lopes e Velloso, 2010

2.4 Investigação Geotécnica

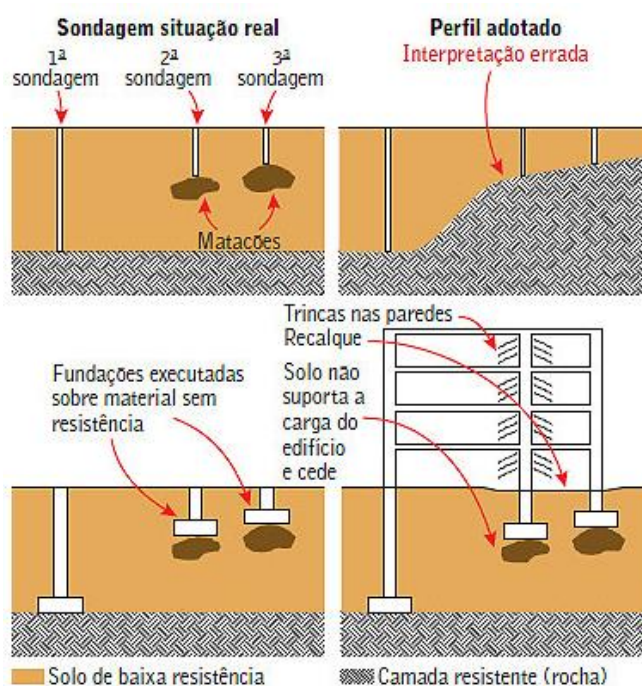
Segundo Brito e Gomes (2018), as investigações geotécnicas são cruciais em qualquer projeto de engenharia civil, uma vez que permitem entender os fenômenos geológicos envolvidos. Em seu livro "Patologia das Fundações", os autores destacam que a falta de investigação geotécnica é a causa mais comum de problemas em fundações, uma vez que o solo é o meio que suporta as cargas e, portanto, sua identificação e caracterização são essenciais para resolver qualquer contratempo (MILITITSKY *et al.*, 2015).

No Brasil os custos envolvidos na investigação do subsolo através de sondagens de reconhecimento variam em torno de 0,2% a 0,5% do valor total da obra e em relação aos custos totais da etapa de fundação correspondem a cerca de 3% a 10% do custo total da obra.

De acordo com Furtado (2018), há situações em que ocorrem grandes modificações das propriedades do solo ou anomalias não identificadas durante a investigação geotécnica, como é o caso da presença de blocos de rochas conhecidos como matacões. Esses blocos podem estar expostos na superfície ou no subsolo devido às ações de intemperismo, como variações de temperatura, vento e chuva. Como visto na figura 9 abaixo.

Furtado (2018), afirma que as falhas na investigação geotécnica frequentemente são responsáveis por parte das patologias em fundações. Tais problemas podem surgir em virtude do comportamento indefinido ou incorreto dos solos, muitas vezes necessitando de ensaios complementares, como no caso da compressibilidade e expansibilidade.

Figura 9: Visão esquemática de um projeto onde as fundações se apoiam em matacões



Fonte: Equipe da Obra, 2001.

2.4.1 STANDARD PENETRATION TEST (SPT)

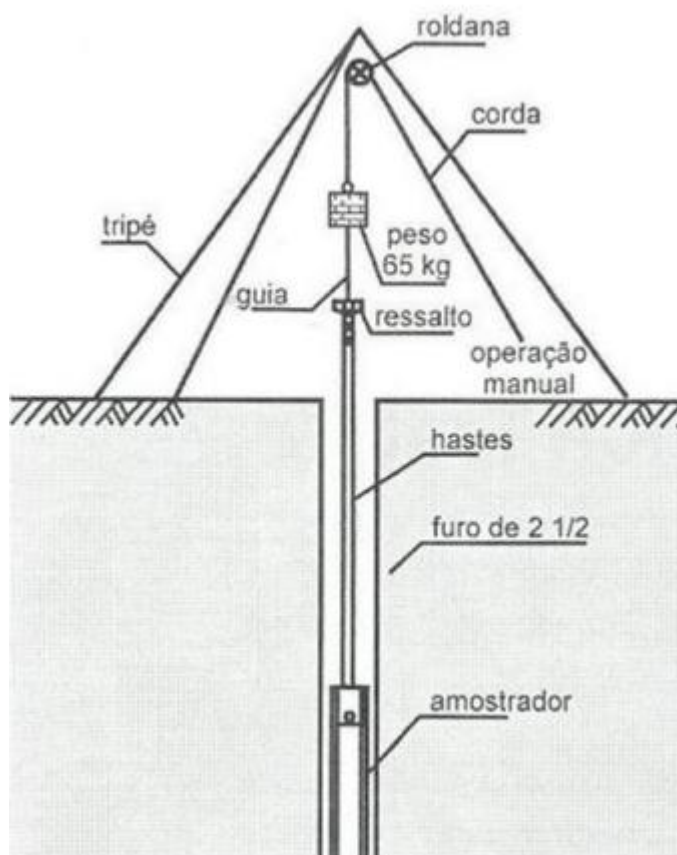
A NBR 6484/2020 é uma norma da ABNT que especifica o método de execução de sondagens de simples reconhecimento de solos com ensaio de SPT (figura 10) Ela descreve dois sistemas de execução: sistema de sondagem manual e sistema de sondagem mecanizado (ABNT, 2019).

A locação dos furos de sondagem em planta deve ser fornecida pelo contratante. Nesta planta, deve constar a referência de nível (RN), com cota preferencialmente georreferenciada, adotada para o nivelamento dos pontos de sondagem. Na falta de dados sobre a referência de nível, deve-se adotar um RN arbitrário, fora do perímetro da obra (guia, calçada etc.). Quando da sua locação, cada sondagem deve ser marcada com a cravação de um piquete de material apropriado. Este piquete deve ter gravada a

identificação do ponto de sondagem e estar suficientemente cravado no solo, servindo de referência de nível para a execução da sondagem e posterior determinação de cota por meio de nivelamento topográfico (ABNT, 2019).

Para a realização do ensaio, primeiramente, é montado um suporte de quatro pernas no terreno. Em seguida, é feita uma penetração no solo usando um amostrador padrão. Este processo envolve o uso de uma massa metálica que é lançada em queda livre para gerar o impacto necessário.

Figura 10: Ilustração do ensaio SPT



Fonte: Além da inércia

Segundo MOURA (2016), o processo de sondagem requer que a perfuração com a massa metálica alcance uma profundidade de 01 metro antes de iniciar os testes de resistência. Posteriormente, um segmento é marcado e dividido em três partes iguais, que servem como referência para a contagem dos golpes. O martelo é então posicionado a 75 cm de altura e deixado cair livremente, a fim de determinar o número de golpes necessários para cravar os primeiros 45 cm e coletar as amostras.

O resultado deste ensaio é obtido pela soma dos golpes necessários para a penetração nos últimos 30 cm do amostrador. No entanto, uma desvantagem deste método é que a perfuração só é permitida em rochas relativamente moles. Isso significa que não é possível reconhecer solos compostos por rochas cristalinas, ou seja, rochas mais "duras", como mencionado anteriormente (GEOSCAN, 2019).

2.5 Patologias das Fundações

De acordo com Marcelli (2007), a seleção apropriada e a execução correta de uma fundação, em conformidade com as normas técnicas, são cruciais para garantir a estabilidade de uma edificação ao longo de sua vida útil. Isso significa que, se a execução seguir os requisitos mínimos estabelecidos por meio de investigações geotécnicas, as fundações da edificação não causarão grandes problemas de desempenho estrutural no edifício. Por outro lado, se a execução for feita de forma incorreta e sem sondagens, os problemas decorrentes de uma execução deficiente podem ser numerosos.

Segundo Azevedo (2011), na engenharia, especialmente em relação às estruturas de concreto, o uso do termo "patologia" refere-se ao tratamento de problemas com o objetivo de reabilitar as estruturas, assemelhando-se a um processo terapêutico na medicina.

De acordo com Koga *et al.* (2017), as patologias podem ser detectadas tanto na fase inicial da construção, garantindo o comportamento adequado e seguro da estrutura, quanto na fase pós-implantação, quando começam a surgir defeitos, incluindo possíveis processos de degradação.

Segundo Carmo (2003), as patologias nas fundações podem ser causadas principalmente pela ausência ou insuficiência de investigações geotécnicas adequadas, má interpretação de dados obtidos por meio de ensaios, avaliação incorreta dos esforços atuantes na estrutura, tensão admissível do solo inadequada, execução inadequada devido à falta de habilidade e treinamento da mão de obra.

Porém, de acordo com Souza e Ripper (2011), outras causas podem levar a patologias, como envelhecimento natural, uso de materiais de baixa qualidade e sem as especificações adequadas, acidentes, falta de manutenção e até mesmo razões econômicas.

2.6 Danos Causados pelas Patologias

Conforme mencionado por alguns autores renomados no campo da engenharia civil, é importante compreender as causas dessas patologias. Como apontado por Silva (2008), "as patologias na construção civil podem ser causadas por falhas no projeto, erros de execução, escolha inadequada de materiais, deficiências na fiscalização e até mesmo problemas relacionados às condições ambientais". Isso destaca a importância de uma abordagem holística na prevenção dessas patologias, envolvendo desde a fase de projeto até a execução e a manutenção adequada da estrutura.

No estudo realizado por Almeida (2015), foi observado que "a falta de controle de qualidade e a não conformidade com as normas técnicas são fatores que contribuem significativamente para o surgimento de patologias na construção civil". Essa citação reforça a necessidade de seguir padrões e normas específicas para garantir a qualidade e a segurança das construções.

É importante destacar que a investigação das causas das patologias é essencial para identificar as melhores estratégias de reparo e prevenção. Conforme observado por Santos *et al.* (2018), "a análise criteriosa das manifestações patológicas permite compreender as falhas e, assim, adotar medidas corretivas adequadas para restabelecer a integridade da estrutura".

Em resumo, a patologia na construção civil pode levar a danos significativos que comprometem a segurança e a durabilidade das estruturas. A compreensão das causas e a adoção de medidas preventivas adequadas são fundamentais para evitar esses problemas, garantindo a qualidade e a longevidade das construções.

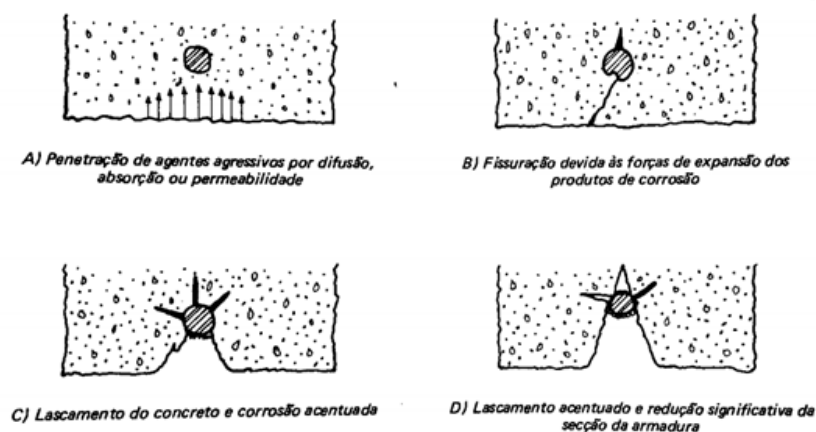
Segundo Gotlieb (ABMS/ABEF, 2006) as patologias nas fundações podem ser identificadas por meio de diversas manifestações, como deformações excessivas, perda de cobertura mínimo e oxidação das armaduras (Figura 11), esmagamentos, rupturas e fissuras. Essas manifestações podem afetar uma peça única ou a obra como um todo, resultando em recalques e desaprumos. Os danos causados por essas manifestações podem se caracterizar como arquitetônicos, funcionais e estruturais. Conforme a figura 12.

Figura 11: Perda de cobertura do concreto e armaduras em avançado estado de corrosão nas vigas longarinas.



Fonte: VENÂNCIO, CAROLINE 2018

Figura 12: Corrosão em Armaduras



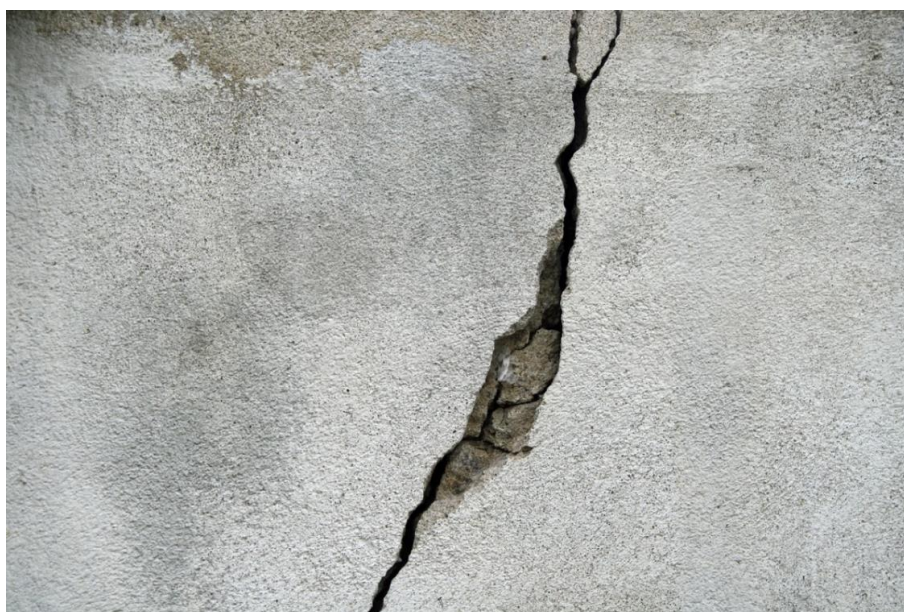
Fonte: COMIM, Kevin W.; ESTACECHEN, Tatiana A. C. Causas e Alternativas de Reparo da Corrosão em Armaduras para Concreto Armado

De acordo com Carmo (2003) os danos causados pelas patologias nas fundações podem ser classificados em três tipos distintos. Os danos arquitetônicos afetam a estética da construção, com trincas nas paredes e acabamentos, sem oferecer riscos à estabilidade da estrutura. Já os danos funcionais afetam o desempenho e a funcionalidade da edificação, e, nesse caso, é necessário realizar reparos e reforços

estruturais para evitar a evolução do problema. Por fim, os danos estruturais comprometem os elementos estruturais da edificação, afetando sua vida útil, durabilidade e desempenho. Esses danos podem levar a instabilidade da construção e até mesmo ao colapso, tornando inevitável a necessidade de reforço.

Macedo (2017) confirma que as falhas que ocorrem nas fundações podem gerar fissuras, rachaduras, trincas (Figura 13) e outras anomalias em edifícios, sendo o recalque diferencial excessivo o mais frequente. Assim sendo, é essencial a realização de um estudo sobre as patologias das construções, visando identificar os potenciais causas desses problemas, a fim de planejar e implementar as melhores medidas corretivas.

Figura 13: Fissuras, trincas e rachaduras



Fonte: Blog Edificar Jr, 2016.

2.7 Formas de Evitar Patologias

Segundo Milititsky et al. (2015), há vários fatores que podem afetar o comportamento das fundações, iniciando por aqueles relacionados a concepção e o projeto, que envolvem o conhecimento do solo, passando ainda pelo processo executivo e finalizando por efeitos de acontecimentos pós-conclusão. Sendo de extrema importância que os envolvidos no estudo de fundações tenham conhecimento adequado desses eventos, de modo a permitir uma atuação mais qualificada, resultando em eficientes formas de evitar patologias.

Milititsky et al. (2015), afirma ainda que a causa mais frequente de problemas de fundação é a má investigação do subsolo, onde a incerteza das suas condições é resultado da ausência de investigação, investigação insuficiente ou com falhas ou ainda má interpretação dos resultados das sondagens o que podem causar patologias.

Os autores indicam que, para prevenir patologias, é crucial agir desde a fase de concepção e projeto. Isso inclui seguir as normas atuais para definir o tipo de programa de investigação, garantir um número adequado de furos de sondagem, explorar a profundidade correta levando em consideração as camadas de solo com comportamentos distintos e identificar propriedades que possam necessitar de ensaios especiais.

2.7.1 Execução

De acordo com Souza e Ripper (1998), é essencial que o construtor esteja atento a todas as escolhas feitas durante a fase de execução de uma obra. Isso inclui utilizar materiais que estejam em conformidade com as especificações do projeto e atendam às exigências de qualidade estabelecidas pelas Normas Brasileiras. É importante examinar essas exigências antes do início da obra e garantir que elas sejam controladas durante todo o processo de construção.

Segundo Vieira (2017), uma vez que a execução das fundações é responsável por sustentar a estrutura, erros durante essa etapa podem levar a problemas futuros, tais como o recalque, que contribui para o surgimento de fissuras nas peças estruturais, principalmente em paredes e revestimentos. Portanto, o autor ressalta a importância de soluções técnicas apropriadas e monitoramento constante de todas as etapas da construção.

Souza e Ripper (2011) destacam a falta de qualificação da mão de obra é responsável por muitas falhas na execução da construção, o que pode resultar em patologias na edificação. Portanto, é essencial ter um profissional qualificado e responsável tecnicamente para evitar erros que possam comprometer a durabilidade da estrutura.

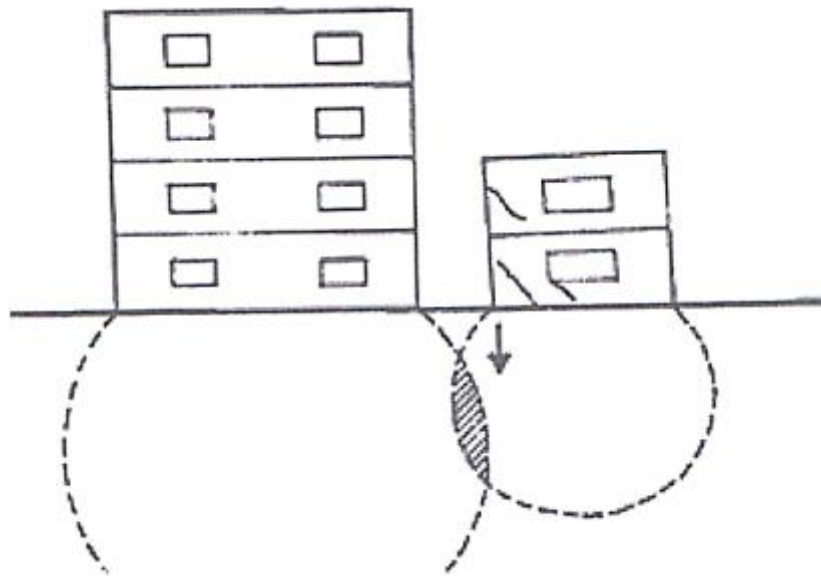
É fundamental destacar que prevenir erros é crucial para evitar problemas não só na fase de execução, mas também possíveis falhas futuras na estrutura, garantindo assim maior segurança e durabilidade à obra, além de reduzir os custos com possíveis reparos decorrentes de patologias.

2.7.2 Pós - Conclusão

Alves (2009) aponta que há diversas causas para problemas em fundações após sua conclusão, incluindo a alteração no uso da edificação, mudanças imprevistas na fase de projeto, grandes escavações na obra, mudanças no uso de terrenos vizinhos (Figura 14) e oscilações não previstas no nível do lençol freático.

Ainda conforme Alves (2009), afirma que um dos problemas frequentes em fundações após a conclusão da obra é a alteração do uso da edificação, como por exemplo, quando um sobrado residencial é transformado em edifício comercial, porém utilizado como depósito. Essa mudança de uso pode gerar problemas, uma vez que na fase de projeto, a estrutura foi dimensionada considerando a sobrecarga atuante de utilização, e essa modificação pode aumentar as cargas nas fundações, que não foram previstas inicialmente.

Figura 14: Recalque diferencial no edifício menor pela interferência no seu bulbo



Fonte: Sena et al. (2020).

garagem, cozinha, área de serviço e WC de serviço. A construção é assinada pela Elo Construções e Incorporações LTDA.

A construção teve início em março de 2023, com previsão de conclusão em um período de oito meses. A estrutura do empreendimento residencial é composta por vigas, pilares e lajes. Quanto aos elementos de fundação utilizados, foram adotadas fundações superficiais, mais especificamente sapatas e vigas baldrames.

3.2 Procedimento

Inicialmente, foi realizada uma avaliação do evento anterior à execução da obra, que consiste na investigação do subsolo.

Em seguida, analisou-se o processo de elaboração e análise do projeto, destacando os principais pontos a serem observados: comportamento do solo; interação entre o solo e a estrutura; desconhecimento sobre o comportamento real das fundações; estrutura de fundação; e as especificações construtivas.

O acompanhamento da obra ocorreu em março de 2023. Durante esse período, as fundações foram executadas no campo e foram obtidas informações junto ao engenheiro responsável. Alguns aspectos observados incluem: resistência do concreto à compressão, proporções dos materiais utilizados no concreto, método de fabricação do concreto, distância entre o local de fabricação e o local de lançamento, verificação das condições da água utilizada na hidratação, trabalhabilidade do concreto, recobrimento das armaduras, adensamento do concreto, disposição das ferragens e dos pontos de ancoragem, presença de uma camada de concreto mais fraco, comparação das dimensões reais com as dimensões do projeto, processo de cura e remoção das formas, armazenamento adequado dos materiais, qualidade dos materiais utilizados, presença de água na escavação durante a concretagem, limpeza interna das formas, ocorrência de restrições na seção dos pilares enterrados, posicionamento adequado das sapatas de acordo com o projeto, entre outros.

Por fim, foi possível comparar os resultados obtidos durante a análise realizada na fase de concepção da obra e durante o acompanhamento da execução das fundações. Essa comparação permitiu identificar se há possibilidade de ocorrerem futuras patologias devido a falhas no processo construtivo da edificação em questão.

4 ANÁLISE E RESULTADOS

Este segmento visa a exposição dos resultados fundamentais da pesquisa, explorando as fases de planejamento e implementação das fundações e identificando eventuais patologias que podem surgir devido a falhas. Além disso, aborda a discussão e comparação entre a prática de execução e o que foi projetado durante a fase de concepção, levando em consideração também a literatura existente sobre o tema.

4.1 Fase de Concepção

Esta fase é destinada a examinar todas as abordagens adotadas no desenvolvimento do projeto, sendo crucial investigar o programa de reconhecimento do subsolo e seus efeitos na manifestação de patologias.

Na obra em questão a pesquisa das propriedades do subsolo foi realizada por meio da execução do ensaio de penetração Standard Penetration Test (figura 16), o que possibilitou a identificação das características geotécnicas do terreno. Infelizmente não foi possível acessar todos os dados do teste, sendo assim ficando inconclusivo saber se o teste seguiu as indicações da NBR 6484:2001.

Figura 16: Ensaio SPT



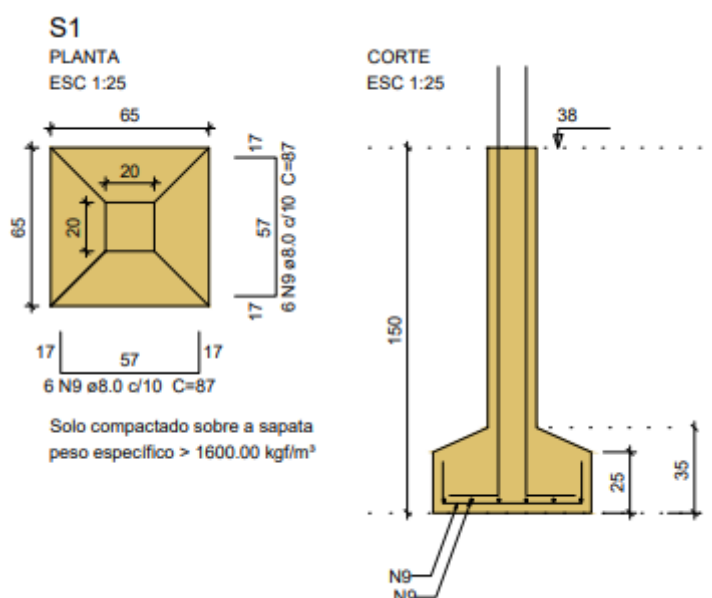
Fonte: cristalengenharia, 2022.

Ressaltando que é de extrema importância que haja uma investigação geotécnica, dado que o solo é um material bastante heterogêneo, uma determinada área pode conter uma diversidade de tipos de solo, cada um com resistências distintas. A

falta de investigação adequada pode resultar na escolha inadequada do tipo de fundação e em um dimensionamento incorreto, o que, por sua vez, pode levar a problemas de manifestações patológicas, como recalques diferenciais ou até mesmo ao colapso das fundações.

A escolha adequada do tipo de fundação desempenha um papel crucial na estabilidade e segurança de qualquer estrutura. No caso da construção em questão, a opção estratégica foi a sapata isolada (Figura 17). Essa decisão foi baseada em considerações específicas, notadamente pelo fato de a residência ser térrea e o terreno ser areia.

Figura 17: Sapata Isolada



Fonte: Rodrigo, 2023.

A sapata isolada é uma solução fundamentada na distribuição eficiente de cargas sobre o solo, sendo particularmente apropriada para edificações de um único pavimento, como é o caso da casa em questão. Sua aplicação em terrenos de areia leva em conta as propriedades desse tipo de solo, buscando proporcionar uma base sólida e estável para a estrutura.

É importante ressaltar que a escolha da fundação não foi tomada de maneira arbitrária. O engenheiro calculista foi devidamente informado sobre as condições específicas do terreno, incluindo o tipo de solo predominante. Esse profissional desempenha um papel crucial na análise estrutural e no dimensionamento adequado dos elementos construtivos, considerando as variáveis geotécnicas.

A comunicação efetiva entre os responsáveis pela execução da obra e o engenheiro calculista é um aspecto crucial para o sucesso do empreendimento. Ao informar sobre as características do solo, a equipe assegura que o projeto estrutural seja desenvolvido levando em consideração os parâmetros específicos do local. Isso contribui para a eficiência e segurança da construção, minimizando potenciais problemas relacionados às condições geotécnicas.

Segundo Gomes (2008), a escolha do tipo de fundação leva em consideração diversos aspectos, como as características do solo no local da construção, a magnitude e natureza das cargas a serem transferidas para o subsolo, as condições das fundações e edifícios vizinhos, as limitações dos tipos de fundações disponíveis no mercado e as restrições técnicas associadas a cada tipo de fundação.

A correta seleção do tipo de fundação desempenha um papel crucial na estabilidade e segurança de qualquer estrutura. No entanto, caso esses critérios não tenham sido seguidos de maneira adequada, podem surgir manifestações patológicas que comprometem a integridade da construção. Entre as possíveis consequências estão recalques diferenciais (figura 18), fissuras, ou até mesmo o colapso parcial ou total das fundações. A falta de alinhamento entre as características do solo, as cargas a serem transferidas e a escolha do tipo de fundação pode resultar em problemas estruturais significativos ao longo do tempo. Portanto, a atenção cuidadosa a esses aspectos desde as fases iniciais do projeto é essencial para evitar complicações futuras e garantir a durabilidade e estabilidade da edificação.

Figura 18: Recalque diferencial



4.2 Fase de Execução

Durante a fase de execução das fundações, foram identificadas certas especificações significativas para garantir que a obra seguisse critérios de qualidade apropriados. No que diz respeito à qualidade da execução da sapata isolada, alguns critérios fundamentais foram cuidadosamente observados.

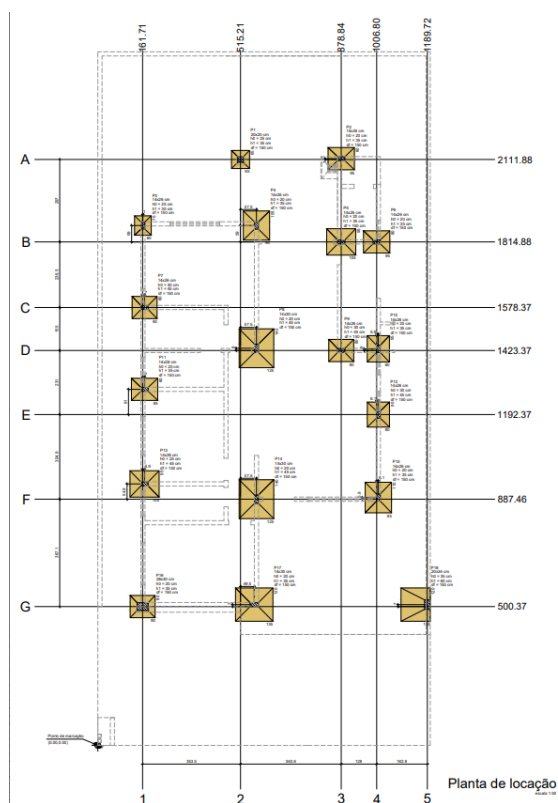
A correta compactação do solo de apoio da sapata foi assegurada, visando criar uma base sólida e uniforme para a fundação. Além disso, durante o processo de escavação, foi verificada a profundidade adequada, garantindo que a sapata atingisse o nível necessário de suporte estrutural. Outro ponto essencial foi a seleção e aplicação de concreto com resistência e características apropriadas, atendendo aos requisitos específicos para a fundação.

A mistura de concreto utilizada foi cuidadosamente dosada para garantir durabilidade e desempenho adequados ao ambiente. Adicionalmente, práticas construtivas foram adotadas para minimizar riscos durante a execução da sapata isolada. Controles rigorosos foram implementados para evitar a segregação do concreto e garantir o posicionamento adequado da armadura, contribuindo para a integridade estrutural da fundação.

O acompanhamento foi realizado em conjunto com o engenheiro responsável, permitindo assim adquirir o conhecimento dessas especificações.

Inicialmente, foi necessário contar com um projeto de engenharia que definisse as dimensões, características e detalhes da fundação. O projeto considerou as cargas atuantes, o tipo de solo, as normas técnicas aplicáveis e outros aspectos relevantes. Figura 19 ilustra a planta de locação da obra em questão.

Figura 19: Planta de Locação



Fonte: Rodrigo Matos, 2023.

Após isso, foram feitas as escavações das valas de acordo com as dimensões especificadas no projeto. Depois realizou-se as marcações dos locais onde as sapatas seriam construídas, utilizando instrumentos de medição e referências precisas para garantir a correta posição e alinhamento das sapatas isoladas.

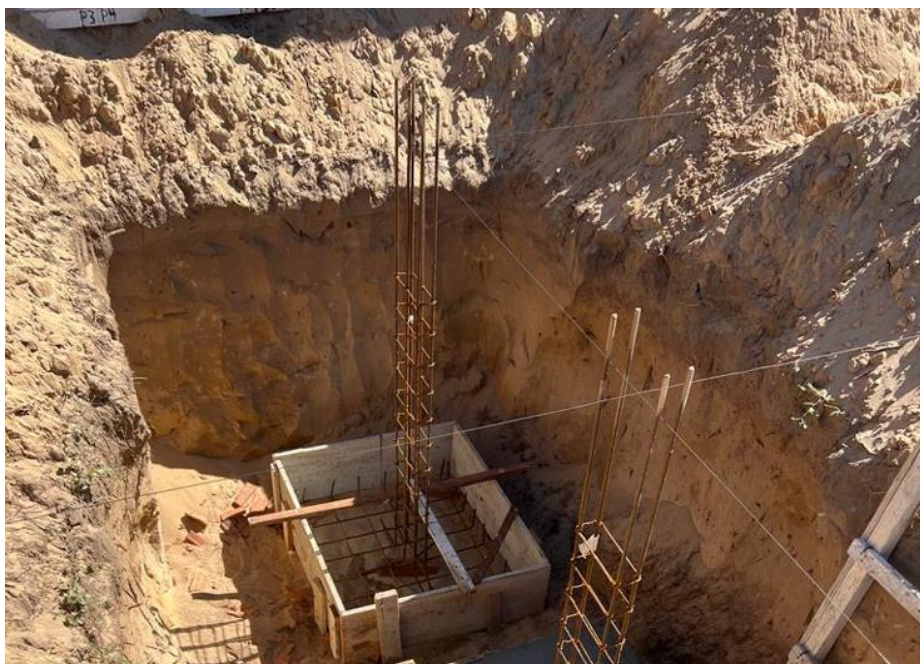
Após a escavação foi feito um adensamento da areia com uma quantidade ideal de água e uma camada de solo cimento no traço 1:20 (cimento e areia).

Posteriormente, procedeu-se à regularização do fundo da sapata utilizando concreto magro, conforme prescrito pela NBR 6122 (2019), que requer a aplicação de uma camada de concreto simples com espessura mínima de 5 cm. Essa camada de regularização foi executada de acordo com as recomendações. Além disso, realizou-se o nivelamento utilizando régua e colher.

Logo depois foram instaladas as formas ao redor das sapatas, que são estruturas temporárias que darão a forma desejada às sapatas isoladas. Geralmente, são utilizadas tábuas de madeira, compensado ou formas metálicas, de acordo com as exigências do projeto. Em seguida, foi feita a montagem da armadura em cada sapata. Isso envolve posicionar as barras de aço conforme o projeto estrutural. No que se refere às armaduras dos elementos, inicialmente foram posicionadas conforme indicado no

projeto de fundações, garantindo que se ajustassem ao eixo marcado. Conforme o modelo apresentado na figura 20 abaixo.

Figura 20: Execução da Sapata isolada



Fonte: Autoria própria, 2023.

A etapa de concretagem é um momento crucial na construção de uma estrutura. Após a meticulosa montagem da armadura, que é feita de acordo com as especificações do projeto, o próximo passo é a concretagem de cada sapata. Este processo envolve a preparação do concreto, que deve ser feito de acordo com as especificações exatas do projeto para garantir a resistência e durabilidade adequadas.

O concreto é então despejado dentro das formas, que foram preparadas para receber o material. Durante este processo, é de suma importância que o concreto envolva completamente a armadura. Isso é crucial para garantir que a armadura esteja totalmente protegida e possa desempenhar sua função de reforço estrutural. De acordo com a figura 21 abaixo.

Figura 21: Sapata Isolada Concretada



Fonte: Autoria Própria, 2023.

No entanto, é importante ressaltar que, se não houver um cobrimento adequado do concreto, a armadura pode ficar mais exposta a condições climáticas adversas. Isso pode levar à oxidação da armadura (figura 22), que é um processo de deterioração que pode comprometer a integridade da estrutura.

Figura 22: Armadura em estágio avançado de corrosão



Fonte: Letícia Menezes, 2019.

Com isso caso ocorra oxidação, é provável que ocorram manifestações patológicas na estrutura. Uma dessas manifestações é o deslocamento do concreto (figura 23), que é quando partes do concreto começam a se soltar da estrutura. Isso não só compromete a aparência da estrutura, mas também pode afetar sua resistência e estabilidade.

Figura 23: Deslocamento do Concreto

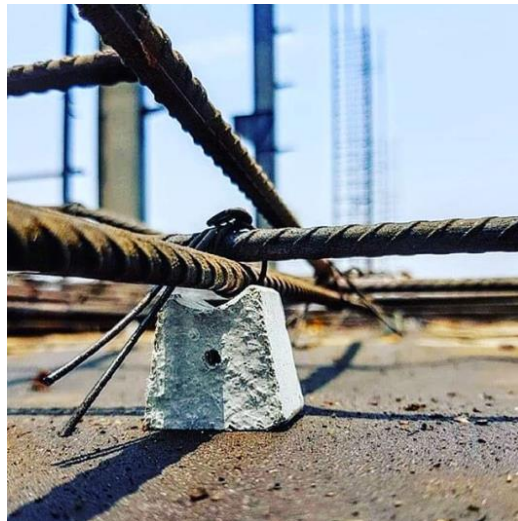


Fonte: Deyse Macedo, 2014.

Portanto, é essencial garantir que o processo de concretagem seja realizado corretamente, com atenção especial ao cobrimento adequado da armadura. Isso ajudará a proteger a armadura contra a oxidação e garantirá a longevidade e a segurança da estrutura. Afinal, uma estrutura bem construída é aquela que permanece forte e estável ao longo do tempo, mesmo diante das adversidades.

Para garantir o cobrimento adequado na estrutura, foram utilizados espaçadores, também conhecidos como "cocadas", conforme ilustrado na figura 24 abaixo.

Figura 24: Espaçador



Fonte: canteirodeengenharia, 2020.

O cobrimento é determinado pela ABNT NBR 6118:2014 - Projeto de Estruturas de Concreto - Procedimento varia de acordo com a Classe de Agressividade Ambiental na qual a estrutura está inserida. Conforme estabelecido no item 6.4.2 da NBR 6118:2014, a classificação da agressividade ambiental de uma estrutura em projeto deve ser realizada de acordo com a figura 25 (apresentada abaixo). Essa classificação está associada às ações físicas e químicas que afetam as estruturas de concreto, independentemente das ações mecânicas, variações volumétricas de origem térmica, retração hidráulica e outras considerações previstas no dimensionamento das estruturas de concreto.

Figura 25: Classe de agressividade ambiental

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana ^{a, b}	Pequeno
III	Forte	Marinha ^a	Grande
		Industrial ^{a, b}	
IV	Muito forte	Industrial ^{a, c}	Elevado
		Respingos de maré	

^a Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

^b Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade média relativa do ar menor ou igual a 65 %, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos ou regiões onde raramente chove.

^c Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

Fonte: ABNT NBR 6118, 2014.

A determinação da classe de agressividade ambiental (CAA) é crucial na elaboração do projeto estrutural, pois ela impacta nos valores mínimos de resistências características que devem ser observados, no valor mínimo do cobrimento de armadura e na máxima abertura de fissura permitida.

É importante notar que a norma classifica as classes com base no tipo de ambiente onde a edificação será construída. Com o objetivo de assegurar a durabilidade da estrutura, que está localizada em um ambiente marinho, com segurança, estabilidade e aptidão adequadas em serviço durante o período correspondente à vida útil da estrutura, foram adotados critérios em relação à classe de agressividade ambiental e valores de cobrimentos das armaduras, conforme a figura 26 abaixo.

Figura 26: Classe de agressividade ambiental

Pavimento	Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Risco de deterioração da estrutura
Todos	III	forte	grande

Fonte: Rodrigo Matos, 2023.

Na fundação analisada, foi executado um cobrimento com a dimensão de 4 mm para a sapata, conforme a tabela 7.2 da norma mencionada. Segundo essa tabela, para elementos estruturais em contato com o solo, a armadura deve ter um cobrimento nominal igual ou superior a 40 mm. Portanto, não se espera que ocorram patologias nesse aspecto, uma vez que o cobrimento mínimo foi atendido.

A resistência padrão do concreto utilizado no projeto foi de 30 MPa. Os materiais empregados foram armazenados nas proximidades do local de fabricação do concreto, com o cimento colocado sobre tablados de madeira. Havia um local apropriado e coberto para o armazenamento do aço utilizado nas armaduras. Além disso, nesse mesmo local, as armaduras eram preparadas, ou seja, cortadas e dobradas conforme necessário.

Para a produção do concreto, foi utilizada uma betoneira posicionada a uma distância aproximada de 5 metros do local onde seria realizado o processo de concretagem. O transporte do concreto foi realizado manualmente, utilizando carrinho de mão. A aplicação do concreto nas sapatas foi feita com ajuda de um balde, que facilitou o processo de lançamento. Além disso, foi utilizado um carro de mão para auxiliar no transporte e no lançamento adequado do concreto.

Conforme indicado no Manual do Concreto Dosado em Central (2007), é fundamental adotar precauções para evitar possíveis problemas durante o lançamento do concreto. Algumas orientações importantes incluem. Buscar lançar o concreto o mais próximo possível de sua posição final, evitar o acúmulo excessivo de concreto em pontos específicos da fôrma, prevenir a segregação e o acúmulo de água na superfície do concreto, lançar a nova camada de concreto antes do início do endurecimento da camada inferior, controlar a altura do lançamento do concreto, garantindo que não ultrapasse 2 metros, limitar o transporte interno do concreto a uma distância máxima de 60 metros, a fim de evitar a segregação e a perda de consistência (figura 27). Preparar rampas de acesso adequadas às fôrmas para facilitar o lançamento do concreto. Essas recomendações têm o objetivo de prevenir a segregação no concreto, a qual é identificada pela separação de seus componentes, podendo resultar na formação de ninhos e espaços vazios. Esses vazios podem expor a armadura ao ambiente, ocasionando, como consequência, sua corrosão.

Figura 27: Segregação no concreto



Fonte: tecnosilbr, 2018.

De acordo com as diretrizes da Associação Brasileira das Empresas de Serviço de Concretagem (ABESC), é recomendado que as rampas para o lançamento do concreto não possuam inclinação excessiva, e que os acessos sejam planos, a fim de evitar a segregação durante o transporte do concreto até a forma.

Nesse sentido, verificou-se que alguns dos critérios relacionados ao lançamento e transporte foram cumpridos, como a altura de lançamento, que estava em torno de 1 metro da fôrma, e a betoneira estava localizada a uma distância de 5 metros da fundação.

De acordo com Milititsky *et al.* (2008), é possível identificar problemas decorrentes da execução incorreta de elementos estruturais em fundações superficiais, os quais podem estar associados à falta de atendimento adequado aos requisitos de abatimento do concreto durante o lançamento e adensamento. Essas falhas podem comprometer a integridade dos elementos construídos.

Em fundações superficiais (figura 28), um problema comum está relacionado ao estrangulamento da seção dos pilares enterrados. No entanto, durante a análise da obra em questão, não foi observada essa ocorrência. Carvalho (2010) menciona que o estrangulamento pode ocorrer devido a armaduras densas, estribos mal posicionados, falta de limpeza adequada antes da concretagem e uma execução deficiente dos elementos estruturais, resultando na perda do recobrimento necessário.

Figura 28: Sapata Isolada Concretada



Fonte: Autoria Própria

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diversos problemas, como fissuras e recalques, podem surgir em diferentes etapas da construção. Ao analisar as fases de concepção e execução de fundações rasas, foram identificadas possíveis causas de patologias nas fundações.

Com base na pesquisa bibliográfica e no estudo de caso da obra analisada, ficou evidente a importância de seguir critérios recomendados por normas a fim de evitar problemas futuros nas fundações, que podem comprometer o desempenho e a durabilidade da estrutura. A qualidade dos materiais, o processo de construção e a inspeção da obra são elementos essenciais para prevenir patologias e os custos associados a reparos.

Uma investigação adequada e criteriosa do solo é fundamental para compreender seu comportamento e tomar as decisões corretas em relação ao tipo de fundação, evitando custos extras e atrasos no cronograma da obra.

As especificações necessárias para a execução da obra devem ser rigorosamente inspecionadas para garantir o seu bom andamento. Aspectos como fabricação do concreto, transporte, lançamento, adensamento e posicionamento das armaduras são fundamentais para o sucesso da construção.

A análise realizada permitiu compreender como as patologias nas fundações podem surgir durante as etapas de concepção e execução, confrontando as recomendações da literatura com o que foi observado na obra em questão.

Este trabalho ressalta a importância do estudo e do conhecimento sobre aspectos construtivos, além de alertar para a necessidade de seguir as normas a fim de prevenir tais manifestações.

REFERÊNCIAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6118: Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento**. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6122: Projeto e Execução de Fundações - Apresentação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6484: Sondagens de simples reconhecimento com SPT – Método de ensaio**. Rio de Janeiro, 2001.
- ALVES, Jader Rodrigues. **Levantamento das Manifestações Patológicas em Fundações e Estruturas nas Edificações, com até dez anos de idade, executadas no estádio de Goiás**. 2009. 132 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás - Ufg, Goiânia, 2009.
- AZEVEDO, M.T. **Patologia das estruturas de concreto**. In: ISAIA, G.C. Concreto: ciência e tecnologia. São Paulo: IBRACON, 2011.
- BASTOS, P. S. S. **Blocos de Fundação (Notas de Aula)**. Universidade Estadual Paulista, Bauru, p. 73, 2020.
- BRITO, W. D. L.; GOMES, C. **Fundação e Geotecnia: Métodos de investigação geológica e geotécnica da fundação de barragens de concreto**. In: Revista do CEDS (ISSN 447- 0112), n. 9, 2018.
- Canteiro de Engenharia**. Corrosão de Armaduras. Disponível em: <https://canteirodeengenharia.com.br/2019/09/25/corrosao-de-armaduras/>. Acesso em: 13 de dezembro de 2023.
- CARVALHO, Décio Manuel de Carvalho de. **PATOLOGIAS DAS FUNDAÇÕES: FUNDAÇÕES EM DEPÓSITOS DE VERTENTE NA CIDADE DE MACHICO**. 2010. 247 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade da Madeira, Funchal, 2010.
- Cristal Engenharia**. Investigação Geotécnica. Disponível em: <https://cristalengenharia.com/service/investigacao-geotecnica/>. Acesso em: 13 de dezembro de 2023.
- DO CARMO, Paulo Obregon. **Patologia das construções**. Santa Maria, Programa de atualização profissional – CREA – RS, 2003.
- FERREIRA, J. S. S. **Patologias em edificações devido ao recalque diferencial em fundações**. Monografia (Especialização em Construção Civil). Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, p. 51, 2016.
- GOTLIEB, Mauri. **Fundações: Teoria e Prática**. São Paulo: PINI, 2006.
- JOPPERT JR., Ivan. **Fundações e contenções de edifícios – qualidade total na gestão do projeto e execução** Ed. Pini, São Paulo, 2007.

KOGA, Letícia Midori; MIRANDA, Maicon de Oliveira; BERTERQUINI, Aline Botini Tavares. **PATOLOGIAS DAS FUNDAÇÕES**. Revista Engenharia em Ação Unioledo, Araçatuba, v. 02, n. 01, p.16-31, ago. 2017.

LAGOA, D. C.; CRUZ, C. S.; FERREIRA, T. V.; VILAS BÔAS, I. C. C.; DUARTE, T. R.; GERUDE NETO, O. J. A.; GERUDE, M. S.; PEREIRA, D. R. **Light Steel frame como alternativa ao sistema convencional de construção, visando a redução de patologias construtivas**. In: Brazillian Journal of Development, Curitiba, v. 7, n. 4, abril/2021.

MACEDO, Eduardo Augusto Venâncio Britto de. **PATOLOGIAS EM OBRAS RECENTES DE CONSTRUÇÃO CIVIL: ANÁLISE CRÍTICA DAS CAUSAS E CONSEQUÊNCIAS**. 2017. 112 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

MANUAL DO CONCRETO DOSADO EM CENTRAL. São Paulo: Abesc, abr. 2007.

MARCELLI, Mauricio. **Sinistros na Construção Civil**. São Paulo: Pini, 2007. 270 p.

MILITITSKY, Jarbas; CONSOLI, Nilo Cesar; SCHNAID, Fernando. **Patologia das Fundações**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 227 p.

MILITITSKY, Jarbas; CONSOLI, Nilo Cesar; SCHNAID, Fernando. **Patologia das Fundações**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2015. 63 p.

MOURA, A. P. Aula 02: **Investigação do Subsolo: Notas de aula da Universidade federal dos vales do Jequitinhonha e Mucuri Instituto de Ciência, Engenharia e Tecnologia Engenharia Civil**, p. 90, 2016. Acesso em 18 novembro 2023.

NAZÁRIO, G. F.; DA SILVA, V. C.; BERTEQUINI, A. B. T. **Análise teórica sobre a fundação tipo radier**. In: Revista Engenharia em Ação UniToledo, Araçatuba, v. 04, n. 02, jul/dez. 2019.

OLIVEIRA, Alexandre Magno de. **FISSURAS, TRINCAS E RACHADURAS CAUSADAS POR RECALQUE DIFERENCIAL DE FUNDAÇÕES**. 2012. 96 f. Monografia (Especialização) - Curso de Curso de Especialização em Gestão em Avaliações e Perícias, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

PEREIRA, C. **Tubulão a céu aberto**. Escola Engenharia, 2015a. Disponível em: www.escolaengenharia.com.br/tubulao-a-ceu-aberto Acesso em 18 novembro 2023.

R ao Cubo Engenharia. Recalque Diferencial. Disponível em: <https://www.raocuboengenharia.com/recalque-diferencial>. Acesso em: 13 de dezembro de 2023.

SANTOS, W. et al. **Proposta de método de dosagem para argamassas de revestimento com areia artificial de britagem**. Ambiente construído, Minas Gerais, v. 18, n. 1, jan/mar 2018. Disponível em: . Acesso em: 18, novembro 2023.

SILVA JUNIOR, Francisco Cerqueira da. **UMA REVISÃO SOBRE AS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS MAIS FREQUENTES EM FUNDAÇÕES DE CONCRETO DE EDIFICAÇÕES**. 2008. 90 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2008.

SOUZA, V.; RIPPER, T. **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto**. – São Paulo: Pini, 1998.

SOUZA, V.; RIPPER, T. **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto**. – São Paulo: Pini, 2011.

Tecnosil Brasil. Manifestações Patológicas: Segregação do Concreto (Bicheira no Concreto). Disponível em: <https://www.tecnosilbr.com.br/manifestacao-patologica-segregacao-do-concreto-bicheira-no-concreto/>. Acesso em: 13 de dezembro de 2023.

TOLEDO, Caio Néia de. **Patologia das Fundações: A importância da prevenção das fundações em construções como ação de segurança e economia**. 2017. 27 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Pitágoras, Londrina, 2017.

VELLOSO, Dirceu A.; LOPES, Francisco R.. **FUNDAÇÕES**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

VIEIRA, Matheus Assis. **Patologias Construtivas: Conceito, Origens e Método de Tratamento**. Especialize, Goiânia, v. 1, n. 12, p.1-13, dez. 2016.