

ANÁLISE DIAGNÓSTICA DA PATOLOGIA DE RECALQUE DIFERENCIAL DIAGNOSTIC ANALYSIS OF DIFFERENTIAL STRESS PATHOLOGY

Chrystian De Souza Riguete*

Esther Nunes Pereira**

Hugo Medeiros De Oliveira***

RESUMO

Tornou-se comum ouvir falar sobre patologias nas fundações das edificações, estas anomalias prejudicam a vida útil das estruturas. Mesmo com todos os avanços tecnológicos que auxiliaram, por exemplo, no aumento da qualidade dos materiais e maior eficiência da mão de obra, as patologias são frequentes. Este artigo tem como objetivo apresentar um diagnóstico da patologia de recalque diferencial nas edificações discutindo soluções possíveis para o problema abordado; além de caracterizar os tipos de fundações, o solo e identificar e classificar as patologias decorrentes do recalque. A pesquisa envolveu uma revisão bibliográfica sobre o aparecimento de indícios de recalque diferencial em edificações. Através de estudos de tal revisão, conclusões sobre a causa do ocorrido e possíveis soluções puderam ser estabelecidas.

Palavras-chave: Recalque; Patologias; Fundações.

ABSTRACT

It became usual to hear about some pathologies on buildings foundations, these anomalies impair the lifespan of structures. Even with all the technological advances that have helped, for example, in increasing the quality of materials and greater efficiency of the workforce, pathologies are frequent. This article aims to present a diagnosis of differential repressive pathology in buildings discussing possible solutions to the problem addressed; besides characterizing the types of foundations, the soil and identifying and classifying the pathologies resulting from the fissure. The research involved a bibliographic review on the appearance of evidence of differential fissures in buildings. Through studies of such a review, conclusions on the cause of the event and possible solutions could be established.

Keywords: Fissure, Pathologies, Foundations.

*Rede de Ensino Doctum–Unidade Cataguases – chrystian98riguete@hotmail.com – Graduando em Engenharia Civil

**Rede de Ensino Doctum – Unidade Cataguases – esthernunesp@gmail.com - Graduando em Engenharia Civil

***Rede de Ensino Doctum – Unidade Cataguases – prof.hugo.oliveira@doctum.edu.br – Orientador do trabalho

1. Introdução

As patologias nas fundações das edificações prejudicam a vida útil das estruturas. Devido a este fator, é muito importante que o projeto seja elaborado com qualidade e que as edificações sejam monitoradas e tenham as devidas manutenções (NBR 5674, 2012).

As patologias na construção civil tratam-se de problemas que ocorrem nas edificações, apresentando alguma característica que possa se mostrar prejudicial ao afetar materiais ou estruturas da construção, sendo muito comum ocorrerem nas estruturas. Tais patologias podem aparecer por várias razões, desde o armazenamento inadequado dos materiais até o não cumprimento de normas (Franco e Niedermeyer, 2017). Podendo aparecer desde o início da obra ou até mesmo na fase de uso e operação.

Para Capello *et al.* (2010), as patologias podem ocorrer por diversos fatores, sendo os principais: projeto feito ou executado de forma errada, materiais de má qualidade, falta de controle tecnológico, falha nas etapas da construção falta de fiscalização e pela falta de manutenção.

A NBR 5674- Manutenções de edificações (ABNT, 2012) estabelece os requisitos necessários para um sistema de manutenção correto, preservando as características das edificações e evitando a perda do desempenho. Contribuindo assim, a vida útil da edificação.

A NBR 15575- Norma de Desempenho (ABNT, 2020) apresenta o conceito de vida útil do projeto, define responsabilidades, além de impor critérios para a estrutura, pisos, vedações, coberturas e instalações hidrossanitárias de uma obra.

Os principais motivos das patologias nas fundações são: números insuficientes de sondagem, projetos não adequados, procedimentos fraudulentos, influência da vegetação, falta de manutenção, entre outros (Pereira, Neves e Fagundes, 2020).

As fundações possuem um custo médio de 3 a 6% do custo total da obra, mas dependendo das condições do terreno e da tipologia de estrutura que terá que suportar pode chegar a 15% (Milititsky, Consoli e Schnaid, 2015).

De acordo com Pereira, Neves e Fagundes (2020) as causas dos problemas nas fundações é um processo muito complexo, pois envolve vários aspectos que vão desde a prospecção do solo, projeto e a execução, assim como o tipo de estrutura que foi edificada sobre as fundações e a qualidade do material utilizado.

Segundo Ribeiro e Quintana (2014) o solo apresenta diversas situações que podem causar deformações ou variações volumétricas não provocadas pelo carregamento das fundações, gerando patologias. Sendo o recalque a principal patologia.

Esse trabalho visa analisar as patologias nas fundações das edificações, dando ênfase no recalque diferencial.

O recalque diferencial é conhecido pelo fenômeno que acontece quando a construção sofre rebaixamento, sendo este causado pelo adensamento da fundação. Com essa diferença de nível pode-se ocorrer esforços inesperados na estrutura, levando ao surgimento de patologias, tais como: rachaduras, trincas e até o colapso total da edificação.

Segundo a NBR 6122- Projeto e execução de fundações (ABNT, 2019), o recalque só ocorre se tiver movimento vertical descendente de um elemento estrutural.

O recalque pode ocorrer em função dos diversos tipos de solos, com diferentes capacidades de suporte, sobrecargas pontuais e tipos diferentes de fundações em uma mesma estrutura (Santos, 2014).

Os primeiros sinais de que o recalque diferencial está ocorrendo é o surgimento de trincas e rachaduras nas paredes e na estrutura da edificação. As patologias comprometem a segurança da estrutura, podendo interferir em alguma construção próxima. Envolvendo problemas judiciais entre construtores e proprietários (Santos, 2014).

Segundo Silva (2020), com o monitoramento das edificações, podem-se adotar medidas preventivas, como: execução de sondagem, projeto estrutural considerando as reais características do solo, reforços adequados na fundação e um profissional habilitado na execução da obra.

O controle consiste na monitoração dos deslocamentos sofridos estabelecendo os pontos de controle na estrutura de avaliação, acompanhando sua movimentação. As medições geralmente são feitas durante um período de seis meses ou medições diárias durante dois meses, sendo utilizados equipamentos topográficos de precisão.

2. Referencial Teórico

2.1. Tipos de fundações

Segundo a NBR 6122- Projeto e execução de fundações (ABNT, 2019), existem dois tipos de fundações, sendo elas fundações superficiais ou rasas, e fundações profundas.

De acordo com a NBR 6122/2019, fundações rasas, diretas ou superficiais, são aquelas onde a carga da edificação é predominante transmitida ao terreno através da base da fundação. A relação ao terreno adjacente quanto à profundidade de assentamento é inferior a duas vezes a menor dimensão da fundação.

Os principais tipos de fundação neste grupo são: sapatas, radier, sapatas associadas, viga de fundação ou baldrame, blocos e sapatas corridas. Na figura 1 é possível observar os principais tipos de fundações superficiais.

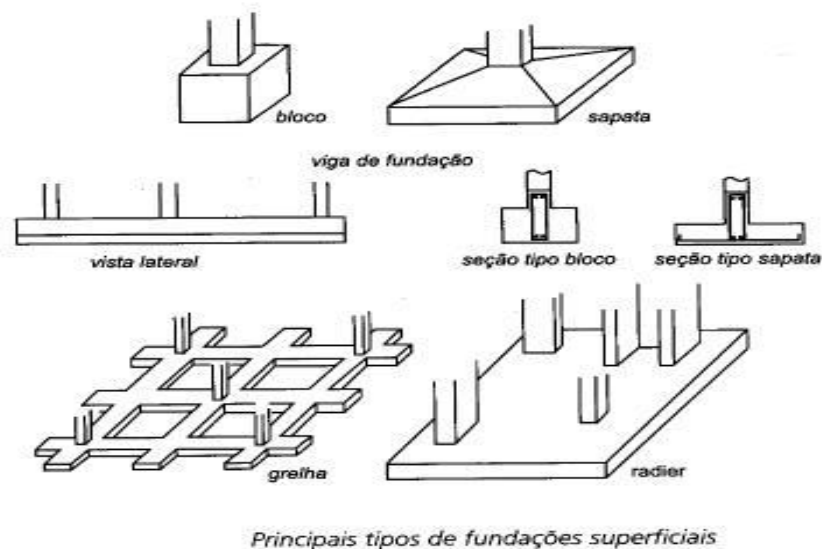


Figura 1: Representações de fundações superficiais

Fonte: Pereira (2018)

Segundo a NBR 6122/2019, fundações profundas são aquelas que transmitem a carga ao terreno por meio da resistência de ponta (base), por sua superfície lateral (resistência de fuste) ou por uma combinação das duas, e que está assente em profundidade superior ao dobro de sua menor dimensão em planta, no mínimo 3 metros, salvo justificativa.

O tipo de fundação adequada a ser utilizada em uma edificação é definido através do estudo do solo pela sondagem do terreno. As fundações profundas são divididas em estacas, tubulões e caixões.

Segundo a NBR 6122/2019, as estacas são elementos de fundação profunda executada inteiramente por equipamentos ou ferramentas, 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 (ABNT, 2019).

Sendo que as estacas são divididas por tipos:

- Estaca cravada por percussão;
- Estaca cravada por prensagem;
- Estaca escavada, com injeção;
- Estaca tipo broca;
- Estaca apiloada;
- Estaca tipo Strauss;
- Estaca escavada;
- Estaca tipo Franki;
- Estaca mista;
- Estaca "hélice contínua"

Os tubulões por sua vez são elementos de fundação profunda, cilíndrico, em que, pelo menos na sua etapa final, há descida de operário. Segundo a NBR 6122/2019, pode ser feito a céu aberto ou sob ar comprimido (pneumático) e ter ou não base alargada. Pode ser executado com ou sem revestimento, podendo este ser de aço ou de concreto. No caso de revestimento de aço (camisa metálica), este poderá ser perdido ou recuperado (ABNT, 2019).

E para completar as fundações profundas o caixão é elemento de forma prismática, concretado na superfície e instalado por escavação interna. De acordo com a NBR 6122/2019, a sua instalação pode-se usar ou não ar comprimido e sua base podem ser alargados ou não (ABNT, 2019). Na figura 2, temos algumas representações de fundações profundas.

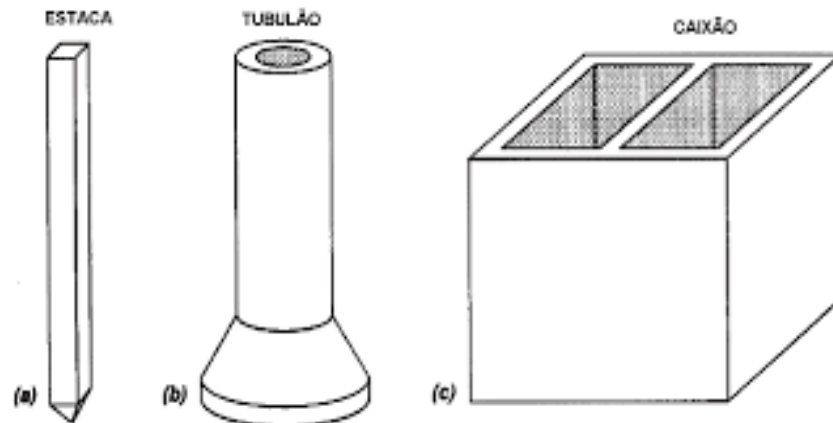


Figura 2: Representações de fundações profundas

Fonte: Souza (2016)

2.2. Normas

- NBR 6122 (Projeto e execução de fundação, 2019): Esta Norma especifica os requisitos a serem observados no projeto e execução de todas as estruturas da engenharia civil.
- NBR 5674 (Manutenções de edificações, 2012): Esta Norma fixa os procedimentos de orientação para organização de um sistema de manutenção de edificações.
- A NBR 15575 (Norma de Desempenho, 2020): Esta Norma estabelece os requisitos e critérios de desempenho aplicáveis às edificações habitacionais, como um todo integrado, bem como a serem avaliados de forma isolada para um ou mais sistemas específicos.

2.3. Patologias das fundações

Uma fundação adequada é aquela que apresenta conveniente fator de segurança à ruptura e recalques compatíveis com o funcionamento do elemento suportado. Tendo em vista o que é importante saber para a tomada de decisão: capacidade de carga, conceitos básicos da mecânica dos solos, recalques efeitos e valores admissíveis (Milititsky, Consoli e Schnaid, 2005).

De acordo com Koga, Miranda e Berterquini (2017), as patologias podem ser identificadas tanto na fase inicial construtiva, que garante o seu comportamento adequado e seguro, quanto na fase de uso e operação, na qual, os efeitos começam a surgir, incluindo sua possível degradação.

Quando ocorrer o surgimento de patologias devem-se caracterizar as possíveis origens e mecanismos deflagradores, incluindo a monitoração das fissuras, trincas, desaprumo e/ou desalinhamento (Milititsky, Consoli e Schnaid, 2005).

De acordo com (Milititsky, Consoli e Schnaid, 2005) os principais problemas típicos decorrentes de ausência de investigação nas fundações profundas são:

- Estacas de tipo inadequado ao subsolo, resultando mau comportamento.
- Geometria inadequada, comprimento ou diâmetro inferior aos necessários.
- Estacas apoiadas em camadas resistentes sobre solos moles, com recalques incompatíveis com a obra.
- Ocorrência de atrito negativo não previsto, reduzindo a carga admissível nominal adotada para a estaca.

As fundações são responsáveis por rachaduras, fissuras ou trincas no edifício, a patologia mais comum nas fundações é conhecida por recalque diferencial (Vercoza, 1991).

De acordo com Schwirck (2005) as patologias são influenciadas por inúmeras incertezas e riscos que podem acontecer na construção e vida útil das fundações. A fundação é um elemento de transição entre a estrutura e o solo, seu comportamento está ligado ao que acontece com o solo quando submetido a carregamento. O comportamento pode ser afetado por inúmeros fatores, iniciando por aqueles decorrentes do projeto propriamente dito, que envolve o conhecimento do solo, passando pelos procedimentos construtivos e finalizando por efeitos de acontecimentos pós-implantação e incluindo sua possível degradação. Existem também situações nas quais os solos apresentam deformações ou variações volumétricas não provocadas pelo carregamento das fundações, podendo resultar em patologias.

De acordo com Rebello (2008) o recalque é a deformação que ocorre no solo quando o mesmo é submetido a cargas. Esta deformação causa movimentação na fundação, podendo resultar sérios danos à superestrutura.

2.3.1. Recalque diferencial em fundação profunda

Os efeitos dos recalques nas estruturas podem ser classificados em três tipos: danos visuais ou estéticos, que não apresentam riscos de qualquer natureza; danos que comprometam o uso e a funcionalidade da construção e danos

estruturais, que danificam a estrutura propriamente dita, colocando em risco a segurança dos usuários (MILITITSKY; CONSOLI; SCHNAID, 2005).

De acordo com Rebello (2008) a deformação no solo, não necessariamente pode causar danos à estrutura. Se as cargas que a fundação recebe forem uniformes, ocorrerá apenas o afundamento do nível térreo, provocando problemas de uso, porém não estruturais. A diferença da intensidade dos recalques nos apoios, denominado como recalque diferencial, pode provocar danos à edificação, e até mesmo levar a estrutura à ruína parcial ou total.

Os recalques diferenciais podem ser ocasionados por quatro fatores, sendo eles:

- Recalques de fundações por superposições de pressões;
- Recalque diferencial devido a erros de projetos;
- Recalque diferencial devido a erros de execução;
- Recalque diferencial devido a problemas no solo.

A figura 3 apresenta uma encosta que, devido ao escoamento de material, proveniente do deslocamento pluvial, pelo peso da edificação exercido sobre o solo, ou algum outro fator, acabou por recalcar, provocando o desabamento desta. Caso o recalque tenha se estabilizado, a edificação não ofertará risco de desabamento, no entanto, classifica-se como problema funcional ou arquitetônico, devido à dificuldade de uso e incômodo visual (Milititsky, Consoli e Schnaid, 2008).



Figura 3: Recalque diferencial proveniente do deslocamento pluvial.

Fonte: Fundações e obras geotécnicas, 2016.

Em Araraquara, foi observado em algumas construções de pequeno e médio porte fissuras típicas de recalques diferenciais de fundações. Os recalques chegam a inviabilizar a estética e a estrutura da construção. A figura 4 a seguir, mostra o agravamento de fissuras causadas pelo recalque diferencial. Como meio de solução, os engenheiros optaram para utilização de estacas apiladas, ocasionando um agravamento das patologias, pois esse tipo de estaca causa vibrações e como o solo não possui coesão, se deforma com facilidade (Brizolari, Moroni e Florian, 2018).



Figura 4: Agravamento de fissuras causadas por recalque diferencial

Fonte: Brizolari, Moroni e Florian (2018)

De acordo com Carvalho (2018) após um estudo detalhado, verificou-se a existência de fissuras logo acima de uma viga, por conta da força resistente da viga. A fissura foi ocasionada pelo adensamento do solo e falta de estrutura de apoio à parede, gerando um desnível e o aparecimento de uma fissura de 8 mm, resultando em esforços inesperados, colocando em risco a edificação. Na figura 5 é possível observar a fissura ocasionada pelo adensamento do solo.



Figura 5: Fissuras ocasionadas pelo adensamento do solo

Fonte: Carvalho (2018)

2.4. Possíveis soluções para recalque diferencial

As soluções para o recalque diferencial variam de acordo com cada caso, tipo de solo e as patologias ocorridas. Nesta etapa o artigo abordará algumas soluções e os principais motivos que ocasionam o recalque diferencial.

Quando o propósito é equilibrar diferenças de pressão, há a necessidade de recompactar o solo do entorno da edificação, favorecendo assim a estabilização estrutural e a estabilização da movimentação do solo lateralmente. Com a fundação de estaca raiz, provisoriamente executada, sem a utilização de água e sem movimentar o solo, a recuperação da edificação será possível, correspondendo à conclusão do laudo técnico da edificação. Assim, será alcançado o objetivo de estabilizar e reposicionar o edifício (Vitório, 2012).

Quando ocorre perda da seção transversal, é necessário que a função da considerável perda de seção transversal das estacas e do grau de danificação das mesmas, de acordo com Vitório (2012), opta-se pelo projeto de novas estacas capazes de absorver totalmente os esforços sobre a ponte, desprezando as existentes (Vitório, 2012).

Injeção de Cimento também pode ser considerada como uma solução para o recalque, de acordo com Caputo (2006), esta técnica consiste em injetar uma camada de cimento no terreno abaixo das fundações através de tubos galvanizados de 2" a 3" de diâmetro. Os tubos são embutidos até a cota desejada, posteriormente o cimento é injetado através do tubo de ponta aberta ou de paredes perfuradas.

Segundo Santos (2014), as injeções beneficiam as características dos maciços terrosos e rochosos, aprimorando a resistência e impermeabilização. Melhorando as características do solo, pois este processo visa preencher vazios e trincas que possivelmente possam existir no solo.

Outra solução possível é no congelamento do solo. Caputo (2006) diz que devido a esta técnica ser de custo elevado, ela é somente empregada em casos difíceis de fundação em terrenos moles e saturada de água.

Hachich *et al.* (1998) dizem que quando uma fundação se mostra inadequada ou quando há um aumento no carregamento que compromete a segurança do projeto, é preciso intervir com reforço de fundação. Que podem ser caracterizados como:

- Permanentes é utilizado para complementar as fundações originais que apresentam mau desempenho ou quando ocorre o aumento do carregamento aplicado na fundação (Hachich *et al.*,1998).
- Provisórios serve para atender situações especiais de curta duração como, por exemplo, auxiliar na aplicação de reforço permanente. (Hachich *et al.*,1998).
- Substituição da fundação neste caso o reforço é a substituição por completo e não precisa ser necessariamente do mesmo tipo da fundação original (Hachich *et al.*,1998).

3. Metodologia

A estrutura da pesquisa pode ser concluída com base nas normas e estudos nos trabalhos dos autores citados. Quanto aos meios, o trabalho foi baseado em pesquisa bibliográfica feita através de artigos, dados publicados por outros autores, livros, monografias, normas e outras bases de dados: Google Acadêmico, Scielo.

O objetivo principal deste trabalho é apresentar um diagnóstico da patologia de recalque diferencial nas edificações e discutir uma possível solução para os problemas abordados.

A partir da coleta dos dados, o objetivo será fazer uma caracterização da área de estudo para buscar relação entre característica que possam ter causado o problema de recalque diferencial. Além de buscar na bibliografia de referência, serão utilizados procedimentos normativos da ABNT para identificar as principais causas e auxiliar na caracterização da área de estudo, buscando dados através dos projetos de fundação.

4. Resultados e Discussões

De acordo com o tema e o assunto tratado neste trabalho o foco dos resultados e discussões é trazer casos específicos de recalques diferenciais.

Exemplos de recalques diferenciais:

4.1. Edifício Morená

Os prédios da orla de Santos ficaram muito conhecidos por apresentarem uma inclinação perceptível ao olho nu.

O crescimento da cidade de Santos está intimamente relacionado com a chegada dos colonizadores e o desenvolvimento da atividade portuária no local. Deste modo, no período entre 1550 e 1822, a urbanização da região aconteceu basicamente em torno da existência do Porto de Santos. Com o passar dos anos, o número de edifícios começou a aumentar, bem como a quantidade de pavimentos, gerando um aumento de tensões no solo e influência nas fundações das edificações vizinhas, interferindo no equilíbrio físico do sistema. Como resultado disso, os prédios começaram a sofrer um recalque gradual, apresentando inclinações inclusive em vários sentidos (Ribeiro, 2019).

Com o desenvolvimento e a ocupação da cidade de Santos, muitos estudos foram feitos ao longo dos anos para caracterizar o tipo de solo ali existente. Com isso, desde o início da ocupação da orla marítima já se tinha conhecimento da existência de uma camada de argila mole logo abaixo de uma camada de areia compacta (Ribeiro, 2019).

Com o tempo e o aumento da construção de novos prédios, a atuação dessas cargas sobre o solo começou a impactar nas estruturas dos edifícios vizinhos, quando as fundações começaram a recalcar. De acordo com (Teixeira, 1994), com o objetivo de diminuir os recalques diferenciais, as sapatas eram interligadas por vigas de rigidez. Solução que não foi totalmente eficaz. Além disso, tentou-se alertar as autoridades competentes, com o intuito de limitar em 10 o número de pavimentos construídos com fundações rasas na orla santista, mas a especulação imobiliária foi em contradição a isso, fazendo com que surgissem prédios de até 18 pavimentos.

A partir do primeiro caso de recalque ocorrido em Santos, foi dado início a busca por soluções tecnicamente e economicamente viáveis (Ribeiro, 2019).

Como exemplo o edifício Morená, apresentado na figura 6, que primeiramente foi empregado, sem sucesso, o método de sangria de areia sob sapatas.



Figura 6: Edifício Morená

Fonte: Dias (2010)

Este método é realizado com o carregamento do lado menos recalçado, a técnica da sangria de areia sob sapatas consiste em retirar a areia sob as sapatas de lado menos recalçado, pois a remoção do material abaixo da sapata não recalçada não surtiu efeito como esperado, deixando assim um vazio abaixo da fundação deste lado do edifício e praticamente todo o material removido pelo método da sangria teve que ser preenchido com concreto e injeção de argamassa. Desta forma, a técnica de reforço da fundação com o emprego de estacas profundas foi adotada, objetivando a transferência das cargas dos pilares recalçados, junto à divisa com o prédio vizinho, para os pilares menos recalçados através da cravação de 17 estacas metálicas (H – 23x23 cm) com profundidade de 55 m. Diferentemente do primeiro método empregado, medidas constataram que o recalque diferencial foi controlado (GERBER et al, 1975).

4.2. Edifício Núncio Malzone, bloco A

Um dos principais exemplos deste problema é o edifício Núncio Malzone, localizado em Santos, composto por dois blocos (A e B) com 17 pavimentos cada e altura aproximada de 55 metros, conforme mostra a Figura 7. De acordo com Sayegh (2001), o desaprumo do bloco A começou a aparecer juntamente com sua construção em 1967, chegando a valores de 2,10 metros de desaprumo na sua situação mais crítica em 1999.

O principal fato para utilização de fundações superficiais se deve ao fato da orla santista apresentar, como a primeira camada de solo, uma areia medianamente compacta, com características e resistências adequadas para esta utilização (Silva, Oliveira, 2018).



Figura 7: Edifício Núncio Malzone

Fonte: Dias (2010)

No entanto, o que os construtores da época não esperavam eram as camadas abaixo do horizonte de areia. De acordo com Sayegh (2001), o solo da orla santista é formado pela camada superficial de areia, seguida de uma extensa camada de argila marinha mole e bastante compressível, uma segunda camada de areia até o encontro da rocha de elevada resistência.

A solução foi dividida em quatro etapas. Segundo Dias (2010) a primeira etapa foi a execução de estacas escavadas com o auxílio de lama betonítica com profundidade média de 57 metros. Ao todo foram executadas 16 estacas com diâmetro variando entre 1,00 e 1,40 metros, sendo oito estacas em cada lado do edifício, tendo sido executado, primeiramente, no lado mais recalçado.

A segunda etapa teve início com a execução de oito vigas de transição do tipo virandeel, que são vigas formadas por barras horizontais e verticais, funcionando como um quadro rígido de ligações enrijecidas, com aproximadamente 4,50 metros de altura, cuja principal função era receber os esforços dos pilares do edifício e transmiti-los às novas fundações (Dias, 2010).

A terceira etapa, segundo Sayegh (2001), consistiu na utilização de 14 macacos hidráulicos acionados por seis bombas que foram colocados entre as vigas de transição e os novos blocos de fundação, cuja principal função era a de reaprumar o edifício.

Segundo Dias (2010), a quarta e última etapa foi a escavação do terreno, retirando cerca de 200 toneladas de terra que dificultavam o nivelamento do edifício e as sapatas deixaram de estar em contato com o terreno. Deste modo, o NM-A passou a transmitir suas 6,50 mil toneladas para o solo através das estacas profundas. Ressaltando o cuidado necessário para a execução das obras, uma vez que todo este reparo ocorreu sem que os moradores desocupassem seus imóveis.

4.3. Ponte Na Rodovia PE-507

Ponte Na Rodovia PE-507, a obra analisada é apresentada por Vitório (2012) e refere-se a uma ponte com 40 metros de extensão e três vãos de 12,5 m, 15 m e 12,5 m, conforme é mostrada na figura 8. A fundação da ponte é constituída por sapatas isoladas de concreto armado assentes sobre blocos corridos de concreto ciclópico. Segundo Vitório (2012), logo após uma cheia no riacho Ingazeira houve uma significativa erosão, causando o rebaixamento do leito do rio e solapando as fundações. Após a conclusão do reforço das fundações, os encontros da ponte também necessitaram de reforço devido aos sinais de avarias causadas pelo antigo movimento das fundações. Este reforço constituiu na construção de novos encontros rentes aos encontros existentes, com fundação em estaca escavada de 250 mm de diâmetro (VITÓRIO, 2012).



Figura 8: Ponte Na Rodovia PE-507

Fonte: Vitório (2010)

A solução adotada transferiu a área de atuação das cargas, transformando a fundação superficial existente em uma fundação profunda por meio de estacas raiz. Porém, por utilizar a fundação existente como um bloco de coroamento das estacas raiz, caso o leito do rio continue sendo rebaixado, possivelmente poderá ocasionar a exposição das estacas, tornando-as propícias ao ataque de micro-organismos, podendo reincidir o problema de recalque (Santos, 2014).

Os três exemplos acima, são casos de recalque diferencial e como foi abordado, para cada caso há uma solução específica. Com isso podemos analisar que cada caso deve ser estudado de forma única, cada região tem um tipo de solo específico, podendo ser solucionado de maneiras diferentes. Os exemplos mostram a divergência de soluções, como por exemplo, em Santos, sendo o solo com características específicas litorânea, solos pouco evoluídos, com teor de areia na fração textural superior a 90% e apresentam como principais características a baixa capacidade de retenção de água e baixa fertilidade natural, com camadas de resistências profundas, por isso, foi necessário uma forma de reforço estrutural mais incisivo.

5. Considerações Finais

O trabalho procurou analisar e compreender como são originados os recalques diferenciais nas edificações e as manifestações patológicas causadas pelo recalque diferencial.

Diante de toda pesquisa feita durante o artigo, foi nítido que cada solo, cada edifício, cada construção tem sua solução e a maneira exata para exercer as atividades para regularizar.

O objetivo geral do estudo foi analisar como o recalque diferencial pode modificar uma estrutura, aumentando a precisão das patologias, principalmente em das áreas externas ao redor do projeto.

Com as pesquisas obtidas no artigo, foi possível perceber a importância da caracterização do solo antes da construção de uma edificação. Nos casos apresentados, a negligência na análise de todas as manifestações patológicas nas edificações, no qual acarretou o desaprumo devido ao recalque diferencial.

Os recalques diferenciais promovem fissuras, podendo ser na alvenaria ou, em casos mais graves, ocorrendo nos elementos estruturais da edificação. As fissuras, como foram mostradas podem ser de níveis desprezíveis, quando o único

dano que causa é estético, ou em situações mais sérias essas fissuras viram trincas ou rachaduras que podem comprometer a segurança e a resistência da edificação (Lima, Kiel, 2017).

O recalque e as fissuras quando não se estabilizam devem ser feitos a intervenção e reparo, com o intuito de estabelecer a segurança e resistência da estrutura, tendo a necessidade de uma realização de análise geotécnica completa (Lima, Kiel, 2017).

De acordo com as informações abordadas no decorrer do trabalho, pode-se concluir a importância da identificação e controle das patologias, tendo em vista que, as edificações devem ser executadas e projetadas de maneira que siga as diretrizes das normas técnicas, mantendo a qualidade e a resistência da estrutura.

Referências

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575. *Desempenho de edificações*. Rio de Janeiro: ABNT. 2020.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5674. *Manutenções de edificações*. Rio de Janeiro: ABNT. 2012.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6122. *Projeto e execução de fundações*. Rio de Janeiro: ABNT. 2019.

BRIZOLARI, Guilherme; MORONI, Ivo; FLORIAN, Fabiana. *SOLOS COLAPSÍVEIS: Estudos de três casos por meio de sondagem a percussão no município de Araraquara SP*. 2018. Disponível em: <https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/guilherme_henrique_sasso_brizolari.pdf> Acesso em 07 de junho de 2021.

CAPELLO, A., et. al. *Patologia das fundações*. 2010. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/doc/54137409/PATOLOGIA-DE-FUNDACOES-TCC>> Acesso em 11 de maio de 2021.

CARVALHO, Denez. *Recalque diferencial em estrutura de concreto armado em aterro compactado*. 2018. Disponível em: <[file:///C:/Users/User/Downl%20TCC.%20Arquivo%20completo%20do%20artigo%20em%20PDF.%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/User/Downl%20TCC.%20Arquivo%20completo%20do%20artigo%20em%20PDF.%20(1).pdf)> Acesso em 07 de junho de 2021.

DIAS, Marianna S. *Análise do Comportamento de Edifícios Apoiados em Fundações Direta no Bairro da Ponta da Praia na Cidade de Santos* (Mestrado em Engenharia

Geotécnica). Programa de Pós –Graduação em Engenharia Geotécnica, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

FRANCO, Vanessa; NIEDERMEYER, Francieli. *Manifestações Patológicas Geradas por Recalque de Fundações*. 2017. Disponível em:

<<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/wp-content/uploads/artigo-cientifico/pdf/recalque-de-fundacoes.pdf>> Acesso em 04 de maio de 2021.

GONÇALVES, Heloisa; SEIXAS, Nilene. *Comparação de recalques calculados e observados para um prédio em santos*. 2004. Disponível em: <

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2259614>> Acesso em 05 de abril de 2021.

Hachich, W. Falconi, F. F. Saes, J. L. Frota, C. S. C. Niyama, S. *Fundações, Teoria e Prática*. Editora PINI, São Paulo, Abril 1998.

KERKOFF, Matheus. *Trincas devido ao Recalque de Fundação*. 2017. Disponível em: < <https://guideengenharia.com.br/trincas-devido-ao-recalque-de-fundacao/>> Acesso em 05 de maio de 2021.

KOGA, Letícia; MIRANDA, Maicon; BERTERQUINI, Aline. *Patologias das fundações*. 2017. Disponível em: < <http://ojs.toledo.br/index.php/engenharias/article/view/2543> > Acesso em 26 de maio de 2021.

LIMA, Fabiano; KIEL, Walter Júnior. *Contribuições ao estudo de patologias em fundações superficiais*. 2017. Disponível em: < <https://dspace.doctum.edu.br/bitstream/123456789/478/1/TCC-PATOLOGIA-FUNDA%c3%87%c3%95ES-SUPERFICIAIS-CORRE%c3%87%c3%83O-FINAL-CAMILA.pdf>> Acesso em 13 de novembro 2021.

MACHADO, Guilherme; GOULART, Leonardo. *Análise comportamental de estrutura pré-moldada de concreto e as deformações sofridas em decorrência dos recalques diferenciais oriundos do uso de fundações híbridas*. 2018. Disponível em: < <https://www.riuni.unisul.br/bitstream/handle/12345/6026/TCC%20Guilherme%20e%20Leonardo.pdf?sequence=1&isAllowed=y> > Acesso em 07 de junho de 2021.

MILITITSKY, Jarbas; CONSOLI, Nilo Cesar; SCHNAID, Fernando. *Patologia das fundações*. 2. ed. Ed. Oficina de Textos: Cubatão, 2015.

OLIVEIRA, Alexandre. *Fissuras, trincas e rachaduras causadas por recalque diferencial de fundações*. Disponível em:

<https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUOS9A3GCW/1/monografia_esp_2012_1_th.pdf> Acesso em 06 de junho de 2021.

PEREIRA, Maurício Campos Júnior; NEVES, Rafael Gomes; FAGUNDES, Fabiano. *Patologia em fundações: Identificação e prevenção de problemas*. 2020. Disponível em: < <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/patologia-em-fundacoes> > Acesso em 11 de maio de 2021.

RIBEIRO, Thiago Dias; QUINTANA, Lia Maria Herzer. *Patologias das fundações*. 2014. Disponível em: < <https://www.eumed.net/cursecon/ecolat/br/14/patologias-fundacoes.html> > Acesso em 11 de maio de 2021.

RIBEIRO, Thiago; QUINTANA, Lia. *Patologia das fundações*. 2014. Disponível em: < <https://www.eumed.net/cursecon/ecolat/br/14/patologias-fundacoes.html> > Acesso em 06 de junho de 2021.

RIBEIRO, Vinicius. *ESTUDO APROFUNDADO DE CASOS REAIS DE RECALQUE DIFERENCIAL EM FUNDAÇÕES*. Disponível: <<http://repositorio.uema.br/handle/123456789/1011?locale=de>> Acesso em 23 de outubro de 2021.

SANTOS, Guilherme. *Patologias devido ao recalque diferencial em fundações*. Brasília, 2014. Disponível em: <<http://repositorio.uniceub.br/bitstream/235/6389/1/21113271.pdf>> Acesso em 03 de maio de 2021.

SAYEGH, S. *Efeito Solo*. Techné PINI, 2001. Disponível em: < <http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/51/artigo285197-1.aspx>>. Acesso em 23 de outubro de 2021.

SILVA, Dieimes; OLIVEIRA, Jéssica. *ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DEVIDO AO RECALQUE DIFERENCIAL DAS FUNDAÇÕES*. 2018. Disponível em: < http://45.4.96.19/bitstream/aee/518/1/2018_1_DIEMES_JESSICA.pdf>. Acesso em 23 de outubro de 2021.

SILVA, Marina. *Controle de recalque para monitoramento estrutural em edificações*. 2020. Disponível em: < <https://www.sienge.com.br/blog/monitoramento-estrutural-em-edificacoes/#:~:text=Entre%20as%20medidas%20poss%C3%ADveis%20de,%2C%20tipo%20de%20solo%2C%20etc.>> Acesso em 05 de maio de 2021.

TEIXEIRA, Alberto H. *Fundações Rasas na Baixada Santista*. In: *Solos do Litoral de São Paulo*. Livro editado pelas ABMS. São Paulo, 1994.

VELLOSO, D. A. LOPES, F. R. *Fundações, critérios de projeto – Investigação do subsolo Edição vol1: Fundações Superficiais*. São Paulo-SP. Oficina dos Textos.

2004.

VITÓRIO, José Afonso. *Reforço de Fundações de Pontes e Viadutos - Três Casos Reais (2012)*. Disponível em: <
https://vitorioemelo.com.br/publicacoes/Reforco_Fundacoes_Pontes_Viadutos_Casos_Reais.pdf > Acesso em 06 de junho de 2021.