



UNIARA

Universidade de Araraquara

PATOLOGIA DE ESTRUTURAS SUJEITAS A RECALQUE EM SOLOS COLAPSÍVEIS

PATHOLOGY OF STRUCTURES SUBJECT TO SETTLEMENT IN COLLAPSIBLE SOILS

<https://doi.org/10.47820/recima21.v3i10.2074>

Guilherme Martins Polez¹
Gerson de Marco²

Resumo: O presente trabalho tem por objetivo, identificar as manifestações patológicas de estruturas sujeitas a recalque que podem ser encontradas em solos colapsíveis; aprofundar o conhecimento sobre conceitos e definições das manifestações patológicas recorrentes em solos colapsíveis; e entender o porquê elas estão aparecendo cada vez mais e quais os seus impactos, bem como o que pode ser feito para minimizar seus impactos. Para realizar este trabalho, foi realizada uma pesquisa bibliográfica, utilizando-se *sites* periódicos. Com a pesquisa, foi possível compreender que solos colapsíveis tendem a desencadear recalque nas edificações em que os utilizaram como local de construção e que essa e outras manifestações patológicas podem surgir por diversos fatores, como a projeção incorreta da edificação, entretanto, se bem projetado e definidas as manutenções preventivas e as intervenções para com a construção em solos colapsíveis, seus efeitos são reduzidos e a edificação acaba por ter uma vida útil mais duradoura e o prédio apresentar mais conforto. Desta forma, o projeto, a manutenção preventiva e as intervenções realizadas para reduzir os impactos dispostos pelas manifestações patológicas são relevantes ações que mitigam os recalques e a perda de prédios construídos em solos colapsíveis.

Palavras-chave: Solos Colapsíveis. Manifestações Patológicas. Recalques. Manutenção Preventiva. Intervenções/reforços.

Abstract: The present work aims to identify the pathological manifestations of structures subject to settlement that can be found in collapsible soils; deepen the knowledge about concepts and definitions of pathological manifestations recurrent in collapsible soils; and understand why they are appearing more and more and what their impacts are, as well as what can be done to minimize their impacts. To carry out this work, a bibliographic research was carried out, using periodical websites. With the research, it was possible to understand that collapsible soils tend to trigger settlement in buildings where they were used as a construction site and that this and other pathological manifestations can arise from several factors, such as the incorrect projection of the building, however, if well designed and Once preventive maintenance and interventions for construction on collapsible soils are defined, their effects are reduced and the building ends up having a longer lifespan and the building being more comfortable. In this way, the project, preventive maintenance and interventions carried out to reduce the impacts caused by pathological manifestations are relevant actions that mitigate settlements and the loss of buildings built on collapsible soils.

Keywords: Collapsible Soils. Pathological Manifestations. settlements. Preventive maintenance. Interventions/reinforcements.

¹ Graduando do Curso de Engenharia Civil da Universidade de Araraquara- UNIARA. Araraquara-SP. E-mail: guilhermepolez@hotmail.com

² Orientador. Docente Curso de Engenharia Civil da Universidade de Araraquara- UNIARA. Araraquara-SP. E-mail: gdmarco@uniara.edu.br

1 INTRODUÇÃO

As manifestações patológicas sempre estiveram atuantes na construção civil. De acordo com Rezende (2019), elas representam anomalias que surgem nas obras de engenharia civil, acarretadas por falhas nos projetos, por uso inadequado de materiais, por mão-de-obra não qualificada, que associadas à falta de manutenção periódica da edificação (FRANCO et al., 2017), começa a apresentar patologias estruturais.

Rezende (2019) relata que, mesmo com toda evolução técnica existente na construção civil, há um elevado número de anomalias, que podem ser congênitas, executivas, acidentais ou adquiridas. Tais anomalias, quando afetam a parte estrutural da obra, fazem com que ela esteja sujeita ao recalque, no qual a estrutura se submete a um desnivelamento, decorrente da baixa resistência do solo, que é colapsível, ocasionando, na obra, trincas e rachaduras que podem afetar, ou até condenar, a edificação (SOUZA, s/d).

A partir da menção destas anomalias, o trabalho busca identificar as manifestações patológicas de estruturas sujeitas a recalque que podem ser encontradas em solos colapsíveis. Os objetivos específicos são aprofundar o conhecimento sobre conceitos e definições das manifestações patológicas recorrentes em solos colapsíveis; buscar entender o porquê elas estão cada vez mais aparecendo; estudar conceitos sobre manifestações patológicas e seus impactos; e encontrar estudos teóricos que auxiliam no enfrentamento desse problema, buscando resolvê-lo.

Se torna pertinente encontrar estratégias para minimizar os impactos causados por fatores que desencadeiam patologias estruturais.

Em solos colapsíveis, as manifestações patológicas são mais frequentes, o que demanda de mais estudo sobre o que se pode fazer para preparar melhor estes solos, a fim de não haver recalques, decorrentes do preparo inadequado do solo antes da construção.

O maior problema em relação ao surgimento das manifestações patológicas tem relação com o preparo inadequado de solos colapsíveis, pois eles já apresentam problemas em sua estrutura, demandando, então, de maior planejamento e melhor adequação à obra. Se não preparados adequadamente, o problema fica maior, e as consequências, após um tempo, são ruins, fazendo, até, com que a edificação seja condenada e precise ser demolida.

Foi realizada uma pesquisa bibliográfica, utilizando-se de *sítes* periódicos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Patologias estruturais: conceitos e tipologias

De acordo com Rezende (2019), o conceito patologia se associa a indicação de desvios da normalidade, caracterizando alguma enfermidade ou doença, que na Engenharia Civil tem relação com estudos sistemáticos de anomalias, defeitos e sintomas nas edificações.

Nevez e Vázquez (2020) ponderam que as patologias são resultadas da atuação insatisfatória dos princípios que deveriam ser regidos pelas normas técnicas destinadas à adequada edificação, o que manifesta anomalias e problemas que afetam as exterioridades estruturais do edifício (CREMONINI, 1988 apud NEVEZ; VÁZQUEZ, 2020).

Rezende (2019) salienta que, apesar das inovações e evoluções técnicas construtivas, as anomalias estão se tornando, cada vez mais, frequentes nas obras.

Segundo Kageyami (2006 apud NEVEZ; VÁZQUEZ, 2020), são variados e distintos os motivos que desencadeiam os fenômenos patológicos, como envelhecimento natural, acasos, problemas econômicos, escolha indevida dos materiais a seres utilizados na obra, imprudência dos profissionais da obra, falta de manutenção correta da estrutura, dentre outros.

Martins (2021) acrescenta que as patologias estruturais também podem se originar de más execuções construtivas decorrentes de falhas no projeto; e podem variar de acordo com o tipo de obra, com o sistema construtivo, com a região da locação e outros aspectos.

Segundo Martins (2021), existem cinco patologias que são mais frequentes na área da construção civil, sendo elas as:

- Fissuras, trincas e rachaduras: apesar de semelhantes, possuem algumas características específicas, como a fissura, que se manifesta nas faces da alvenaria (tijolos ou juntas de alvenaria/estruturas) e nas argamassas (reboco), pois ocorre uma retração do material; já as trincas se caracterizam por uma separação do material em partes fragmentadas, podendo atingir os elementos estruturais, o que compromete a segurança e a estabilidade do edifício, apesar de ser quase imperceptível, pois tem limite de espessura entre 0,5 a 3mm; e as rachaduras (figura 1), que representam um agravamento na ruptura dos materiais, devido à incapacidade de resistência, por parte deles, às cargas que a estrutura deve suportar, gerando inviabilidade à edificação e possível risco de nível grave, apresentando espessura superior a 3mm;



Figura 1: Rachadura

Fonte: plantasdecasas.com (apud MARTINS, 2021)

Coelho (2008 apud NEVEZ; VÁZQUEZ, 2020) relata que, para compreender como os fenômenos patológicos acontecem numa edificação, normalmente se procura a origem do problema revelado e o que provocou tal manifestação, problema que pode estar vinculado com erros cometidos em alguma fase do projeto, como execução, fabricação das matérias primas, planejamento, projeto e uso (CARMO, 2003 apud NEVEZ; VÁZQUEZ, 2020).

De acordo com o Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia (IBAPE apud TEIXEIRA; SANTOS, s/d), essas falhas de manutenção podem se originar por meio de quatro formas:

- Falhas de planejamento: se relacionam à falta de conhecimento do responsável pela edificação no que diz respeito ao ato de se adequar às questões técnicas que possibilitam um bom desempenho na manutenção;
- Falhas de execução: relacionam-se à consequência da contratação incorreta da empresa ou do autônomo não qualificados para realizar o serviço;
- Falhas operacionais: relacionadas aos erros de registro e controle de sistemas construtivos, para acompanhamento das reais situações estruturais;
- Falhas gerenciais: têm relação com a falta de acompanhamento da qualidade dos serviços prestados por profissionais da área, inclusive às manutenções da edificação. Às vezes, mesmo havendo um acompanhamento, a não compreensão da necessidade do uso de materiais e pessoal de qualidade, acaba gerando esta falha.

Segundo Nevez e Vázquez (2020), no momento em que a patologia é gerada, essas falhas ou anomalias são possíveis de haver decorrentes de erro humano.

Nevez e Vázquez (2020, p.14) relatam que “as decorrências de agentes nocivos do meio ambiente, ou interna, são as que têm origem durante o procedimento construtivo e podem ser fragmentados em três”, sendo essas anomalias, de uso, que são decorrentes do uso impróprio da estrutura desenvolvida e da ausência de manutenção; as construtivas, que acontecem durante o desenvolvimento, decorrentes da falta de qualidade dos materiais ou

de pessoal não qualificado; e congênitas, que se originam na fase da programação ou no projeto.

De acordo com Almeida (1999 apud REZENDE, 2019), ainda existem as anomalias acidentais, que são relacionadas às solicitações não previstas, como ventos e vibrações com intensidade acima do previsto em norma, situações de incêndio e recalques excepcionais. São esforços de natureza atípica e precisam ser atentados; e anomalia adquirida, que têm relação com fatores ligados à extensão da vida útil da edificação, que será exposta ao meio externo, que poderá desencadear fenômenos térmicos (retração e dilatação), ataques por agente agressivos, falta de manutenção, dentre outros.

Muitas vezes, conforme exemplificam Thorburn et al. (1989 apud SOUZ, s/d), uma decisão subjetiva realizada pelo projetista, que não respeita o mecanismo do comportamento estrutural do solo, poderá desencadear patologias na estrutura, pois, fisicamente, a interação entre as fundações e o solo influenciará na resistência da edificação e, por isso, precisa ser observada.

2.1.1 Patologias em fundações

De acordo com Milititsky et al. (2015 apud REZENDE, 2019), os elementos de fundações são utilizados com base no grau de transmissão dos esforços da estrutura ao solo.

Rezende (2019) conceitua fundação como um elemento de transição entre a edificação e o solo e, que é definida a partir do comportamento do solo quando submetido ao carregamento e à tensão transmitida a ele, bem como qual a profundidade de sua camada de resistência. Se não observado este comportamento, a chance de recalque total é aumentada, já que não foram buscadas alternativas para diminuir sua atuação.

A Norma Técnica NBR 6122 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS E TÉCNICAS – ABNT, 2010 apud REZENDE, 2019) define o tipo de fundação subdividindo-a em dois grupos:

- Fundações superficiais, diretas ou rasas, que são elementos estruturais que transmitem as cargas, na maioria dos casos, por meio de pressões distribuídas sob a base da fundação apoiada no terreno. Sua profundidade de assentamento é duas vezes menor do que a menor dimensão do elemento. São exemplos delas os blocos, os radiers (figura 2), as sapatas, as vigas de fundação, dentre outras;

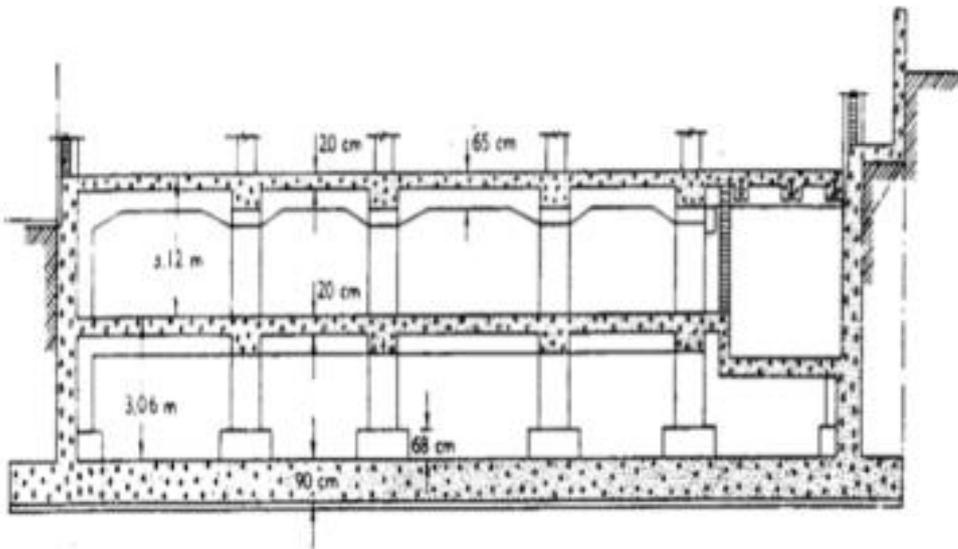


Figura 2: Representação do tipo de fundação radier
 Fonte: Brito (1987 apud REZENDE, 2019)

- Fundações profundas, que são elementos estruturais que transmitem as cargas ao terreno por meio do contato da base (resistência de ponta) ou da sua superfície lateral (resistência de fuste) ou, ainda, combinando os dois tipos. Sua profundidade de assentamento é duas vezes maior que sua menor dimensão exposta em planta, sendo de, no mínimo 3m de profundidade, exceto quando houver justificativa para alteração que diminui seu “tamanho”. São exemplos de fundações profundas as estacas, os tubulões (figura 3), os caixões, dentre outras;

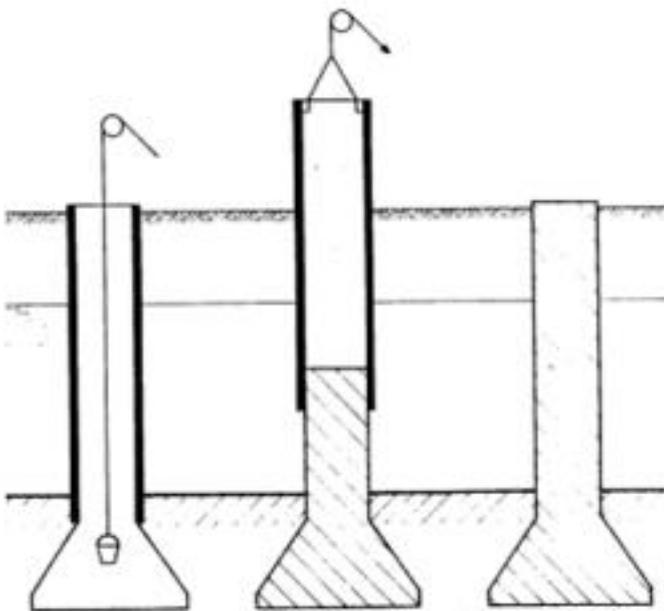


Figura 3: Representação do tipo de fundação profunda por tubulões
 Fonte: Brito (1987 apud REZENDE, 2019)

Souza (s/d) relata que no caso das fundações rasas, ou diretas, as sapatas, comumente utilizadas, a transmissão de carga se dá, unicamente pela base, já nas fundações profundas, ou indiretas, que comumente utiliza estacas, a transmissão de carga se dá por meio do atrito lateral ao longo do fuste, ocasionando resistência de ponta, lateral ou de ambas, em conjunto.

O solo deve ser observado para se realizar uma fundação adequada, pois ele suportará a carga transmitida por ela, para isso, Ribeiro e Quintana (2014) acreditam que se deve reconhecer o solo durante a realização do projeto da obra, para que seja possível decidir quais os procedimentos construtivos serão utilizados e quais serão os efeitos de acontecimentos pós-implantação deste projeto, incluindo as possíveis degradações recorrentes a obra e ao solo, pois, existem deformações e variações volumétricas nos solos, o que pode provocar patologias sem influência das fundações.

Partindo da pressuposição de que as fundações são elementos estruturais que transmitem as cargas ao solo, seu comportamento está completamente ligado com o que acontece no solo, assim, uma das principais consequências da origem das patologias estruturais tem relação com a ausência de investigação do subsolo (MILITITSKY et al., 2005 apud RIBEIRO; QUINTANA, 2014), o que pode gerar consideráveis recalques.

2.2 Recalque: conceito e definições

De acordo com a NBR 6122 (ABNT, 1996 apud CALISTO; KOSWOSKI, 2015), o recalque se define pelo movimento vertical descendente de um elemento estrutural. Numa fundação, ele acontece quando o contato entre a fundação e o solo se rompe, o que faz com que a fundação afunde mais do que estava projetado (CALISTO; KOSWOSKI, 2015).

Segundo Milititsky (2005 apud CALISTO; KOSWOSKI, 2015), quando toda a fundação afunda, ocorre o recalque total, quando é parcial, é recalque diferencial.

É comum haver recalque em fundações, sendo ele admissível, em partes, em projetos de fundações, porém, precisa ser analisado enquanto se elabora o projeto, para que seja definido um limite de alerta à problemática relacionada à segurança ou ao desempenho da estrutura (MILITITSKY, 2005 apud CALISTO; KOSWOSKI, 2015).

De acordo com Milititsky (2005 apud CALISTO; KOSWOSKI, 2015), pode-se utilizar as relações de limites entre recalques máximos e recalques diferenciais máximos admissíveis para defini-los, sendo que nas fundações isoladas para recalque diferencial é de 25mm, enquanto para recalque total, 40mm; para radiers, recalques máximos da ordem de 50mm e para as fundações em solos argilosos, recalques máximos de 40mm.

Conforme é esclarecido por Milititsky (2005 apud CALISTO; KOSWOSKI, 2015, p.16), "os danos causados por recalques podem ser divididos em três grupos: visuais e

estéticos (sem riscos de qualquer natureza), danos comprometendo o uso e funcionalidade do prédio e danos estruturais pondo em risco a segurança dos usuários”.

Para Velloso e Lopes (2004 apud RIBEIRO; QUINTANA, 2014), os efeitos destes danos podem ser classificados em três grupos, sendo eles, os danos estruturais, que se dão nos pilares, vigas e lajes; danos arquitetônicos, que se relacionam à estética da construção, como fissuras, trincas e rupturas; e danos funcionais, que se relacionam com danos como ruptura de esgotos e galerias, emperramento de portas e janelas, dentre outros.

Segundo Ribeiro e Quintana (2014), as causas de recalques estão relacionadas ao rebaixamento do lençol freático, já que ocorre aumento das pressões geostáticas na camada do subsolo, independente da carga externa aplicada; escavações em áreas adjacentes à fundação; vibrações advindas de operações de equipamentos como bate-estacas, rolos compactadores vibratórios, dentre outros; escavação de túneis; e solos colapsíveis, que são solos de elevadas porosidades, que, quando entram em contato com a água, fazem com que haja uma destruição da cimentação intergranular, resultando num colapso súbito deste solo.

2.3 Solos Colapsíveis

De acordo com Cintra et al. (1988 apud GARUTTI, 2017), todos os solos se deformam, no entanto, existem solos não saturados que sofrem recalques em grande proporção, especialmente, quando são submetidos a um aumento da porcentagem de saturação e tensões totais contínuas, o que pode ocasionar colapsos em sua estrutura geológica.

Segundo Brizolari (2018), o solo colapsível, geralmente, é poroso, com alto número de vazios e baixa umidade, localizando-se nas camadas acima do nível da água. Ele entra em colapso estrutural quando entra em contato, aleatoriamente, a uma fonte de água que o inunda a ponto de determinar uma tensão constante de sobrecarga. Algumas dessas inundações podem ser resultado de infiltrações de água da chuva, ruptura de tubulação de esgoto ou água, fissuras em reservatórios enterrados, dentre outras.

Garutti (2017) acrescenta que este colapso também pode se dar em função do próprio peso do solo.

Conforme relata Gonçalves (2006 apud GARUTTI, 2017), anteriormente, entendia-se que o colapso só acontecia quando a inundação era completa, porém, atualmente, já se sabe que não é necessária a saturação completa do solo para que ele se torne colapsível, podendo, para isso, saturar entre 70% e 80% a capacidade geológica do solo, pois gera uma variação de sucção significativa.

Brizolari (2018) relata que quanto mais seco o solo colapsível, maior a sucção e, por consequência, maior a capacidade de carga da fundação, entretanto, quanto mais úmido o solo, menor a sucção, devido a isso, menor a capacidade de carga.

Para Cintra (1998 apud BRIZOLARI, 2018), os solos colapsíveis compactados não sofrem exatamente um colapso quando se aumenta o teor de umidade do solo, já que a estrutura não é alterada, entretanto, pode-se considerar recalque de colapso a redução do volume solo que antes foi compactado com umidade baixa e, agora, devido à inundação, se compactou mais, submetido a níveis elevados de tensão.

Os solos colapsíveis apresentam características geológicas de micro agregações, que permanecem estáveis devido à presença da sucção matricial e dos agentes cimentantes, porém quando aumenta-se a saturação do solo, as forças atuantes que mantinham as micro agregações estáveis se enfraquecem e o solo, sujeito a um carregamento além de sua resistência de carga entra em colapso, pois as partículas do solo preenchem os espaços vazios existentes, até então, no solo, ocasionando uma ampla e súbita redução de seu volume, o que mexe na estrutura da edificação, que sofre recalques (GARUTTI, 2017).

3 DESENVOLVIMENTO

O solo colapsível, segundo Cintra (1998 apud REZENDE, 2019), apresenta uma estrutura instável, entretanto com uma rigidez temporária que é mantida pela pressão de sucção e/ou pela cimentação. Tal instabilidade relaciona-se com o teor de umidade presente no solo que, quando aumenta, pode gerar colapso nele, ou seja, solos suscetíveis ao colapso apresentam sensibilidade à ação da água.

O recalque gerado nos solos colapsíveis decorrem de algumas patologias detectadas na estrutura da obra, que faz com que a fundação seja abalada, dependendo das tensões características e da deformidade do solo (CINTRA; AOKI, 2013, apud BRIZOLARI, 2018).

Segundo a NBR 6122 (ABNT, 2010 apud GARUTTI, 2017), os recalques diferenciais são os que mais chamam atenção no meio técnico, pois são os mais prejudiciais a todo tipo de estruturas, já que afetam dois apoios próximos, quando relativo, ou pode fazer com que o edifício se movimente de forma rotativa, quando específico. Tais recalques, em solos colapsíveis podem desencadear posteriores manifestações patológicas nas edificações.

3.1 Patologias de estruturas sujeitas a recalque em solos colapsíveis

De acordo com Júnior (2002 apud GARUTTI, 2017), o solo é um material complexo, que pode ter inúmeras variações características que podem desenvolver patologias de estruturas, tendo como problemas frequentes as rupturas do solo e os recalques, devido ao excesso de carga nas estruturas, ou às erosões no terreno, ou, ainda, à ação de agentes agressivos e à imprópria adequação da solução adotada.

Quando o solo colapsível não é bem-preparado para a edificação, solo que já preparado corre o risco de apresentar futuras recalques, ao longo do tempo e com os efeitos do carregamento externo, contém tendência à deformação, o que afeta a estrutura desta edificação, surgindo patologias, como trincas nos elementos estruturais (THOMAZ, 1989 apud GARUTTI, 2017).

As fissuras também são patologias que, em muitas vezes, derivam-se de recalques, no caso, diferenciais, segundo Thomaz (1989 apud CALISTO; KOSWOSKI, 2015). Elas apresentam aberturas maiores (figura 4), “deitando-se” em direção ao ponto onde aconteceu o maior recalque.

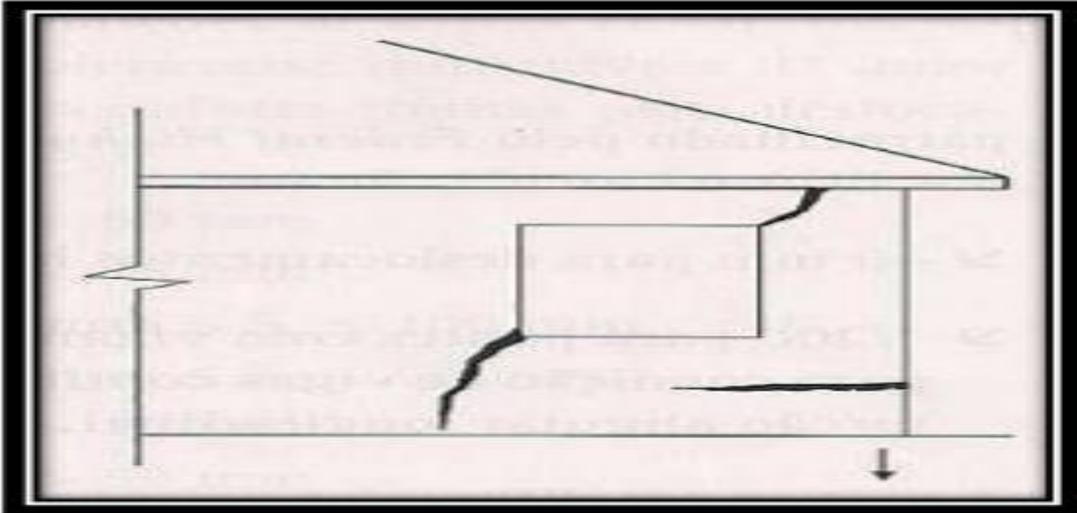


Figura 4: Fissuras em parede decorrente de recalque na extremidade
Fonte: Consoli et al. (2005 apud CALISTO; KOSWOSKI, 2015)

Outra característica das fissuras provocadas por recalque é a presença de esmagamento localizados, em forma de escamas, dando indícios das tensões de cisalhamento que as provocam; além disso, quando os recalques são acentuados, observa-se nitidamente uma variação na abertura da fissura. Entretanto, os recalques diferenciados poderão provocar fissuras com outras configurações, em função de diversas variáveis: geometria das edificações e/ou do componente, tamanho e localização de aberturas, grau de enrijecimento da construção (emprego de cintamentos, vergas e contravergas), eventual presença de juntas no edifício etc. (THOMAZ, 1989 apud CALISTO; KOSWOSKI, 2015, p.17).

Teixeira e Godoy (1998 apud SANTOS, 2014) falam que quando são feitas fundações por estacas em solos colapsíveis, elas perdem sua capacidade de carga e se apenas o fuste da estaca estiver neste tipo de solo, haverá uma redução brusca do volume e ela será sobrecarregada por tensões de atrito lateral negativo.

Santos (2014, p.74) relata que quando ocorrem recalques diferenciais em fundações, “as construções apresentam fissuras nas alvenarias de fechamento e nas vigas de concreto armado”.

O desaprumo, ou inclinação da construção, é outra manifestação patológica que pode ocorrer devido a recalques em solos colapsíveis, originando-se de um recalque

diferencial das fundações, que pode ser agravado devido à inclinação que sobrecarrega estruturas específicas da edificação, ocasionando seu colapso (SANTOS, 2014).

De acordo com Cerri e Amaral (1998 apud UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP, s/d), as manifestações patológicas recorrentes aos recalques em solos colapsíveis geram as feições indicativas de campo, que se relacionam à inclinação de prédios; desnivelamento acentuado entre as estruturas e os terrenos adjacentes; trincas no terreno ou em pavimentos e em edificações; afundamento estrutural e formação de cavidades.

Tais feições podem desencadear alguns danos, como inutilização da construção, pois localizou-se excessivos recalques no local, podendo até, por isso, ocorrer o desabamento da edificação; rompimento de galerias, encanamentos e tubos subterrâneos; e vazamentos (CERRI; AMARAL, 1998 apud UNESP, s/d).

3.2 Como definir se o solo é colapsível

Para definir se o solo é colapsível, o que permite um melhor planejamento da obra, segundo Rezende (2019), é necessário realizar ensaios de adensamento, observando o comportamento do solo. Para isso, a NBR 6122 (ABNT, 1996 apud NIEDERMEYER, 2017) dispõe sobre a necessidade de realizar sondagens especiais de reconhecimento, coletando amostras do solo local.

Um dos estudos mais conhecidos sobre o assunto é o de Vargas (1973), no qual, foi ensaiado amostras adensadas na umidade natural sob vários níveis de carregamento. E no segundo momento, quando os recalques estabilizaram as amostras foram inundadas. Nessa fase ocorriam recalques adicionais, devido somente a saturação do solo. Entretanto foi constatado, posteriormente, que a magnitude diminuiu com o aumento da atuação de pressões externas (REZENDE, 2019, p.24).

Segundo Vargas (1973 apud REZENDE, 2019), e os ensaios edométricos realizados, pode-se perceber que a partir de certa pressão (p), as ligações fracas da estrutura são extintas e a saturação perde o efeito na solução de cimento ou nos meniscos capilares que conectam os solos porosos. Num dado momento, observou-se que, em um certo nível de carregamento, não foi mais apresentado o fenômeno de colapso.

Assim, os ensaios edométricos (de adensamento), atualmente, são os usados na intenção de detectar se o solo é colapsível. Neles, uma amostra de solo é confinada em anel rígido (figura 5) e, acima e abaixo da amostra estão duas pedras porosas, que possibilitam a saída da água utilizada no ensaio e a indução de uma variação volumétrica unidirecional (REZENDE, 2019).

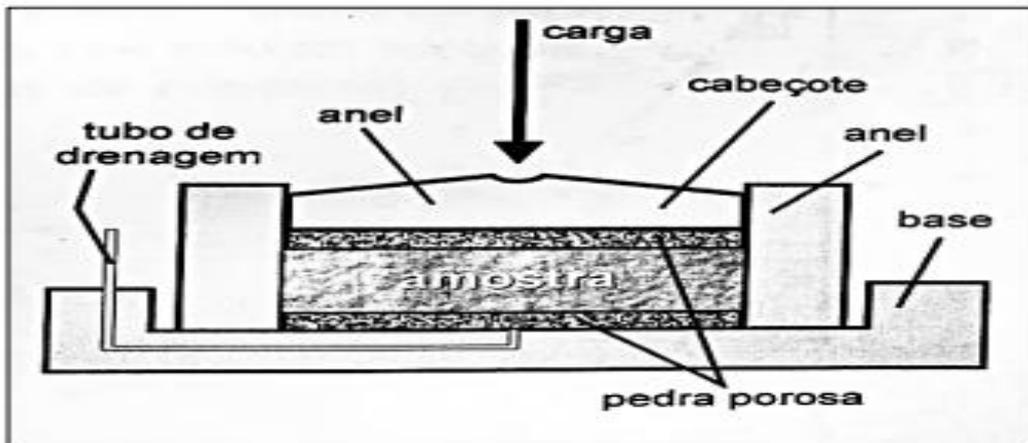


Figura 5: Configuração da câmara de ensaio edométrico.
Fonte: Pinto (2006 apud REZENDE, 2019)

Como o diâmetro do anel é constante, há variações de altura em função da pressão aplicada para realizar o ensaio, segundo Rezende (2019), o que permite representar essa variação de altura e obter os índices de vazios de cada fase do carregamento, representados a partir do índice de vazio inicial da amostra e da redução da altura. Os resultados desse ensaio também permitem quantificar o potencial de colapso do solo, definido pela equação:

$$PC = \frac{\Delta e}{1 + e_0}$$

Onde:

PC – Potencial de colapso

Δe - Alteração de índice de vazios com a saturação

e_0 - Índice de vazio antes da saturação da amostra

De acordo com Jennings e Knight (1975 apud REZENDE, 2019), com esse cálculo é possível associar o potencial de colapso à gravidade da patologia, conforme tabela 1.

Tabela 1 – Potencial de colapso e grau de patologia

| PC em % | Severidade do Problema |
|-----------|-------------------------------|
| 0 – 1 | Nenhum problema |
| 1 – 5 | Problema Moderado |
| 5 – 10 | Problemático |
| 10 – 20 | Muito Problemático |
| >> que 20 | Excepcionalmente problemático |

Fonte: Jennings e Knight (1975 apud REZENDE, 2019)

Existe outro tipo de sondagem, que, segundo Conciani et al. (2013 apud GARUTTI, 2017), se dá por meio de uma investigação geológica diretamente no local onde será realizada a obra, podendo, com ela, identificar qual o tipo de solo, qual sua resistência para com os carregamentos estruturais, qual a espessura de cada camada do solo, qual a altura do nível da água e qual a profundidade do leito rochoso.

Como os ensaios de sondagem são executados em campo, necessita-se de equipamentos específicos para realizá-los, como a cravação de um elemento do terreno, que mensura sua penetração, ao passo que outras informações são adquiridas de sensores elétricos, como grandezas de força e poropressão (SCHNAID; ODEBRECHT, 2012 apud GARUTTI, 2017).

O *Standard Penetration Test* (SPT), reconhecido na Engenharia de Fundações como o método de ensaio de sondagem mais utilizado e econômico, é uma ferramenta de investigação geotécnica, de indicação da densidade de solos granulares e de identificação da consistência de solos coesivos (GARUTTI, 2017).

Segundo Schnaid e Odebrecht (2012 apud GARUTTI, 2017), qualquer método corriqueiro de projeto de fundação direta ou indireta utiliza o sistema de resultados do SPT, pois, no Brasil, este método é usado em larga escala, já que é de fácil manuseio e de custo baixo na realização do ensaio.

O ensaio de sondagem SPT consiste em uma medida de resistência dinâmica fundida a uma sondagem de simples reconhecimento do solo. A perfuração é obtida por tradagem e circulação de água, utilizando-se um trépano de lavagem como ferramenta de escavação. Amostras representativas do solo são coletadas a cada metro de profundidade por meio de um amostrador padrão com diâmetro externo de 50mm. O procedimento [...] consiste na cravação do amostrador no fundo de uma escavação, usando-se a queda de peso de 65kg de uma altura de 750mm (SCHNAID; ODEBRECHT, 2012 apud GARUTTI, 2017, p.40).

Para Ferreira et al. (1989 apud BRIZOLARI, 2018), após análise, o solo é definido como colapsível com nas indicações de solos colapsíveis que se dão por valores de SPT menores ou iguais a 4 golpes; por granulometria aberta, que representa a ausência da fração de silte; pelo baixo grau de saturação ($\leq 60\%$); e grande porosidade ($\leq 40\%$).

De acordo com Garutti (2017), independente de como identificar se o solo é colapsível, para a Engenharia Civil, esta identificação é de grande serventia, pois suas características geológicas e cargas críticas de colapso podem ser usadas nos cálculos e na elaboração de projetos de fundações.

4 RESULTADOS

O tipo de solo influencia na estrutura de uma edificação, principalmente, com o passar do tempo. No que diz respeito a solos colapsíveis, é muito comum de se encontrar

patologias estruturais nas edificações em que, no projeto, a atenção ao tipo de solo não foi suficiente para defini-lo como tal. Com isso, é normal encontrar edifícios que apresentam fissuras, rachaduras e/ou desaprumo após certo tempo de vida, o que pode ser agravado quando não se tem a sua devida manutenção. Apesar disso, como declara Martins (2021), existem vários estudos e estratégias que buscam mitigar as ocorrências destas patologias.

Segundo Niedermeyer (2017), uma delas é a prevenção, que, para isso, de acordo com Velloso e Lopes (2004), demanda-se do desenvolvimento do projeto de fundações, devendo conter informações como topografia da área, dados geológico-geotécnicos, dados da estrutura que será construída e das construções vizinhas. A análise destes dados auxilia na definição dos deslocamentos admissíveis e dos fatores de segurança a serem considerados na execução da obra, com foco na sua aplicação às diferentes cargas ou ações das estruturas.

A manutenção preventiva do prédio tem como intento proceder para que ele se mantenha em boas condições e com mais durabilidade e conforto. Para Nevez e Vásquez (2020), ela é a efetivação das etapas realizadas que antecedem a possíveis erros que poderiam ser realizados, os prevendo e agindo de forma que diminua essa possibilidade e a total degradação da edificação.

Para a referida manutenção preventiva se efetivar, a elaboração de um projeto é de relevante importância, já que, nele, são definidas as medidas a serem tomadas para que seja ampliada a durabilidade da edificação e para que a sua estrutura seja protegida, como aumentando o cobrimento da armadura, diminuindo a relação cimento/água do concreto ou expandindo os tratamentos de proteção (NEVEZ; VÁSQUEZ, 2020).

Após a vida da edificação alcançar sua utilidade, torna-se necessária intervenção corretiva, segundo Nevez e Vásquez (2020).

De acordo com Faleiros (2013 apud NIEDERMEYER, 2017), reconhecer a necessidade de uma intervenção na fundação é extremamente importante, pois se isso não acontecer, o edifício pode até desabar.

Calisto e Kowoski (2015) relatam que um sistema de reforço de fundações é um intervenção solo-fundação-estrutura que visa mudar o desempenho destas fundações. O tipo de cada reforço varia de acordo com o custo, com o tipo de solo, com sua urgência, com nível da carga, com o espaço físico e com as fundações externas.

Em concordância com o defendido por Niedermeyer (2017), compreende-se que os objetivos principais dos métodos preventivos, que tem relação com a compactação e adensamento prévio das camadas do solo colapsível, tem como intento diminuir a sua porosidade, o que eleva sua resistência e minimiza o aparecimento de recalques.

Para se controlar o recalque, pode-se controlá-lo a partir do nível óptico de precisão da estrutura; da medida de cargas; do controle da verticalidade ou do desaprumo do edifício; do congelamento do solo, por meio de tubulação com líquido refrigerante; e injeções de

cimento no terreno, abaixo das fundações, por meio de tubos galvanizados (SANTOS, 2014).

Assim, entende-se que é necessário, principalmente em solos colapsíveis, realizar manutenções preventivas e/ou intervenções/reforços na estrutura e na fundação de edifícios construídos neste tipo de solo, pois assim, as manifestações patológicas serão mais raras de se encontrar no local.

CONCLUSÃO

Com base nas informações coletadas para elaboração desta pesquisa, pode-se concluir que solos colapsíveis tendem a apresentar recalques nas edificações, pois, quando em contato com fatores que os alteram, como a água, mudam de forma, compactando-se, por exemplo, o que faz com que o edifício construído neste solo comece a apresentar manifestações patológicas, como fissuras, rachaduras e os referidos recalques.

Esses recalques fazem com que o edifício se desaprume e possa até ser condenado e desmoriado, pois deixa de apresentar segurança e conforto ao seu usuário. Sua durabilidade é afetada.

Para reduzir tais problemas, manutenções preventivas e/ou intervenções/reforços podem diminuir as ações nos solos colapsíveis, estruturando a edificação para enfrentá-los. Para isso, a elaboração de um projeto torna-se relevante, já que, com ele, é possível observar o tipo de solo (definido por meio de ensaios) e definir os métodos construtivos que reduzam os impactos causados por solos não totalmente apropriados às construções.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRIZOLARI, G.H.S. **Solos colapsíveis**: estude 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: 03 mai. 2022.

CALISTO, A.; KOSWOSKI, R. **Efeito do recalque diferencial de fundações em estruturas de concreto armado e alvenaria de vedação**. Estudo de caso. 2015. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/8323/2/CT_EPC_2014_2_03.pdf>. Acesso em: 15 mai. 2022.

FRANCO, V.N.C. et al. **Manifestações patológicas geradas por recalque de fundações**. 2017. Disponível em: <<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/recalque-de-fundacoes>>. Acesso em: 31 mar. 2022.

GARUTTI, E.G. **Características patológicas de estruturas submetidas a recalques de solos colapsíveis**. 2017. Disponível em: <https://www.academia.edu/46926491/Caracter%C3%ADsticas_Patol%C3%B3gicas_de_Estruturas_Submetidas_a_Recalque_de_Solos_Colaps%C3%ADveis>. Acesso em: 03 mai. 2022.

MARTINS, M. **As 5 patologias mais comuns da construção civil.** 2021. Disponível em: <<https://engenharia360.com/5-patologias-de-construcao/#:~:text=As%20patologias%20mais%20comuns%20da%20constru%C3%A7%C3%A3o%20civil,entre%20o%20cimento%20e%20os%20demais%20agregados.%20>>. Acesso em: 03 mai. 2022

NEVEZ, M.B.J.; VÁZQUEZ, E.G. **Patologia das estruturas.** Rev. Bol. Gerenc., 2020, p.11-19. Disponível em: <<https://nppg.org.br/revistas/boletimdogerenciamento/article/view/511/344>>. Acesso em: 15 mai. 2022.

NIEDERMEYER, F.M. **Manifestações patológicas geradas por recalques de fundações.** 2017. Disponível em: <<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/recalque-de-fundacoes>>. Acesso em: 03 mai. 2022.

REZENDE, V.L.M. **Avaliação patológica em recalques solo-fundação:** uma análise de ocorrências na cidade de Uberlândia. 2019. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/25950/1/AvaliaçãoPatológicaRecalques.pdf>>. Acesso em: 30 mar. 2022

RIBEIRO, T.D.; QUINTANA, L.H. **Patologias das fundações.** 2014. Disponível em: <<http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/br/14/patologias-fundacoes.html>>. Acesso em: 15 mai. 2022.

SANTOS, G.V. **Patologias devido ao recalque diferencial em fundações.** 2014. Disponível em: <<https://repositorio.uniceub.br/jspui/bitstream/235/6389/1/21113271.pdf>>. Acesso em: 15 mai. 2022.

SOUZA, F.R. **Características patológicas de estruturas submetidas a recalques no solo.** Disponível em: <https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/artigo_95.pdf>. Acesso em: 31 mar. 2022.

TEIXEIRA, R.; SANTOS, J.C. **Vícios, falhas e anomalias nas edificações.** Disponível em: <<https://www.teixeiracosta.com/patologia-das-construcoes-curitiba>>. Acesso em: 15 mai. 2022.

UNESP, UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA. **Estudo dos processos naturais do Brasil: solos colapsíveis.** Disponível em: <<http://www1.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/riscos/risco18.html>>. Acesso em: 20 mai. 2022.