

Joaquim Sant'Ana Santos Ferreira

PATOLOGIAS EM EDIFICAÇÕES DEVIDO AO RECALQUE DIFERENCIAL EM FUNDAÇÕES

Universidade Federal de Minas Gerais

Belo Horizonte

Julho de 2016

JOAQUIM SANT'ANA SANTOS FERREIRA

**PATOLOGIAS EM EDIFICAÇÕES DEVIDO AO
RECALQUE DIFERENCIAL EM FUNDAÇÕES**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil
da Escola de Engenharia da UFMG

Ênfase: Gestão e Avaliações na Construção Civil

Orientadora: Profa. Dra. Cristiane Machado Parisi Jonov

Belo Horizonte

Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais

Julho de 2016

AGRADECIMENTOS

À minha querida mãe Nilza e à minha amada esposa Luísa pelo apoio, carinho e dedicação, à prima Ione pela oportunidade de fazer estudos técnicos em sua residência. Agradeço à Deus por ter tido esta oportunidade de realizar um curso em uma Universidade Federal. Adquiri conhecimentos que levarei por toda minha vida. Agradeço ao grande professor e Engenheiro Doutor Adriano de Paula e Silva, do Curso de Especialização em Construção Civil da UFMG, pela dedicação e incentivo.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	01
2. OBJETIVOS	03
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	04
3.1 Definições de patologia das construções.....	04
3.2 Principais tipos de manifestações patológicas.....	04
3.3 Definições de fundações	05
3.3.1 Fundações superficiais	06
3.3.2 Fundações profundas	07
3.4 Interação solo-estrutura	08
3.5 Deformações (recalque)	09
3.6. Causas dos recalques diferenciais de fundações	10
3.6.1 Investigação do solo	11
3.6.2 Superposição de tensões	11
3.6.3 Fundações sobre aterros	12
3.6.4 Análise de projeto	13
3.6.5 Fatos pós-conclusão da obra	14
3.6.6 Deterioração dos materiais	15
3.6.7 Rebaixamento do lençol freático	16
3.7. Danos causados por recalques diferenciais de fundações..	17
3.7.1 Fissuras, trincas e rachaduras	18
4. ESTUDO DE CASO	22
4.1 Introdução	22
4.2 Localização dos imóveis	22
4.3 Descrição do imóvel da autora.....	23

4.4 Vistoria	25
4.5 Descrição das manifestações patológicas identificadas no imóvel	26
4.6 Diagnóstico provável das patologias no imóvel.....	36
5. CONCLUSÃO	39
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 - Exemplos de fundações superficiais	07
Figura 3.2 - Exemplos de fundações profundas	08
Figura 3.3 - Profundidade da investigação insuficiente	11
Figura 3.4 - Sobreposição de tensões nas Fundações.....	12
Figura 3.5 - Fissuramento de edificação assente em aterro.....	13
Figura 3.6 - Influência da vegetação nas fundações	14
Figura 3.7 - Recalque por rebaixamento do lençol freático	16
Figura 3.8 - Fissuras típicas causadas por recalque de fundações de pilares internos	18
Figura 3.9 - Fissuras por recalque de fundação de pilar de canto.....	19
Figura 3.10 - Fissuras em parede portante com recalque na extremidade.....	19
Figura 3.11 - Deformação convexa de parede portante e seus efeito	20
Figura 3.12 - Provável fissuramento de edificação assente parte em corte e parte em aterro.....	20
Figura 3.13 - Bulbos de tensões diferentes que se encontram e geram fissuras	21
Figura 3.14 - Classificação de fissura, trinca e rachadura.....	21
Figura 4.1 - Vista frontal do edifício construído e da casa vistoriada, indicada pela seta amarela.....	23
Figura 4.2 - Vista aérea da residência e do terreno antes da construção do edifício..	23
Figura 4.3 - Vista aérea do imóvel e do edifício construído	24
Figura 4.4 - Vista interna do 3º pavimento da casa e o edifício al lado.....	26
Figura 4.5 - Rachadura no quarto da área de serviço no 2º pavimento.....	27
Figura 4.6 - Rachadura de 2,0mm no quarto da área de serviço no 2º pavimento	27
Figura 4.7 - Trinca no quarto da área de serviço no 2º pavimento	28

Figura 4.8 - Trinca de 1,4mm no quarto da área de serviço no 2º pavimento	28
Figura 4.9 - Rachaduras no quarto da área de serviço no 2º pavimento, visto da elevação lateral esquerda.....	29
Figura 4.10 - Fissura no quarto do 3º pavimento.....	30
Figura 4.11 - Fissura de 0,1mm no quarto do 3º pavimento.....	30
Figura 4.12 - Trinca na elevação lateral do esquerda do 2º pavimento	31
Figura 4.13 - Trinca de 1,1mm na elevação lateral do esquerda do 2º pavimento	31
Figura 4.14 - Trinca na elevação lateral direita do 2º pavimento.	32
Figura 4.15 - Trinca na elevação lateral direita do 2º pavimento	32
Figura 4.16 - Fenda de 5mm na elevação lateral direita do 1º pavimento	33
Figura 4.17 - Fenda de 3mm na elevação lateral direita do 1º pavimento.	33
Figura 4.18 - Parede degradada na elevação lateral esquerda entre o 1º e o 2º pavimento.....	34
Figura 4.19 - Medição da abertura na elevação lateral esquerda do 1º pavimento	34
Figura 4.20 - Vista da casa da autora e do edifício construído recentemente ao lado	35
Figura 4.21 - Muro de divisa com aberturas próximo ao edifício	35
Figura 4.22 - Vista da casa da autora, residência vizinha e do edifício já construído.....	36
Figura 4.23 - Localização do aterro no terreno da edificação residencial	38

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E UNIDADES

ABNT = Associação brasileira de normas técnicas

NBR = Norma Brasileira

MG: Minas Gerais

Cm = centímetro(s)

m² = metro(s) quadrado(s)

mm = milímetro(s)

% = porcentagem

RESUMO

A identificação e o acompanhamento dos problemas patológicos de uma fundação é fundamental para o desempenho, durabilidade e segurança de um edifício. Nos casos em que ocorrem patologia em fundações fica clara a falta de conhecimento dos projetos elaborados e/ou executados de forma inadequada, além da falta de investigações corretas do solo. O presente trabalho apresenta e analisa as principais patologias causadas pelo recalque diferencial em fundações de uma edificação. Através de pesquisas realizadas foi apresentado os principais danos ocorridos na edificação com o intuito de auxiliar o Perito Judicial em seu laudo pericial tornando possível a correta identificação das manifestações patológicas inerentes da interação solo-estrutura. Por meio do estudo de caso em uma residência, tal fato é ilustrado para uma correta apuração das causas e responsabilidades e, no caso da perícia judicial, dar ao Juiz uma visão real dos problemas de engenharia ocorridos.

Palavras-chave: fundações; patologia em edificações; recalque diferencial.

1. INTRODUÇÃO

Com o grande crescimento do país nas últimas décadas, houve um aumento na quantidade de obras em diversos setores para suprir a demanda do país. Porém, não ocorreu investimento significativo em qualificação da mão-de-obra, estudos preliminares do solo e em projetos para se iniciar as obras.

A necessidade da conclusão de obras em prazos curtos, juntamente com a escassez de mão-de-obra qualificada e a falta do devido estudo preliminar do solo, tem provocado um aumento significativo de patologias nas edificações (OLIVEIRA, 2012).

Uma das patologias mais significativas de uma edificação é o recalque diferencial, principal causa de trincas e rachaduras. O recalque ou assentamento é o termo utilizado em engenharia civil para caracterizar o fenômeno que ocorre quando uma edificação sofre um rebaixamento devido ao adensamento do solo sob sua fundação (MILITITSKY, 2008).

O presente trabalho, aborda as patologias mais comuns de ocorrer nas obras de edificação trazendo em evidência o recalque de fundações, bem como o estudo de caso voltado para o laudo pericial em uma residência no bairro Sagrada Família, na cidade de Belo Horizonte, que apresentou trincas, rachaduras e fissuras e o agravamento das mesmas após a conclusão de um edifício de cinco pavimentos construído recentemente ao lado, buscando o esclarecimento das causas e dos prováveis responsáveis, dando suporte técnico ao Juiz para suas decisões.

A metodologia utilizada no presente trabalho consiste em uma revisão da literatura técnica sobre os problemas patológicos em edificações originados no solo e fundações ocasionando os recalques diferenciais. Esses estudos subsidiaram uma perícia técnica em uma edificação residencial que apresenta aberturas nas paredes buscando identificar o tipo de dano e apontar a causa e/ou responsável pelo fato.

Foram realizadas três visitas à mencionada residência no período de abril a junho de 2016, nas quais foi aplicado um questionário à proprietária do imóvel com o objetivo de coletar informações acerca da execução dessa edificação. Além disso, fotografaram-se os danos utilizando-se o fissurômetro para classificar as aberturas nas paredes do imóvel e foi elaborado um relatório fotográfico.

2. OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo abordar e analisar as principais patologias ocorridas em edificações geradas pelo recalque diferencial em fundações e apresentar um estudo de caso de trincas, rachaduras e fissuras em uma residência com intuito de auxiliar o Perito Judicial em seu laudo pericial, tornando possível a correta identificação das manifestações patológicas inerentes da interação solo-estrutura e apontar para uma correta apuração de causas e responsabilidades.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Será apresentada uma revisão da literatura técnica sobre os tipos de fundações e os problemas patológicos em edificações originados na fundação ocasionando os recalques diferenciais.

3.1 Definições de patologia das construções

Segundo Silva (2011), há uma diferença entre patologia e manifestação patológica, esta última é a expressão resultante de um mecanismo de degradação. Já a patologia, é uma ciência formada por um conjunto de teorias que serve para explicar o mecanismo e a causa da ocorrência de determinada manifestação patológica, em outras palavras, “patologia pode ser entendida como a parte da engenharia que estuda os sintomas, os mecanismos, as causas e as origens das anomalias das construções civis, ou seja, é o estudo das partes que compõem o diagnóstico do problema” (HELENE, 1992).

3.2 Principais tipos de manifestações patológicas

Os problemas patológicos podem surgir em qualquer fase de uma edificação, sendo as causas mais frequentes o uso incorreto de materiais em obras juntamente com a forma inadequada de execução somado a deficiência de projeto e falta de manutenção das edificações.

As principais manifestações patológicas nas edificações são:

- corrosão de armaduras;
- aberturas em paredes e estruturas;
- desagregação do concreto;
- reação álcali-agregado;
- infiltrações;
- descolamento do revestimento externo.

Os principais agentes causadores dos problemas patológicos podem ser vários: cargas; variação de umidade; variações térmicas intrínsecas e extrínsecas no concreto; agentes biológicos, físicos e químicos; incompatibilidade de materiais; agentes atmosféricos; dentre outros.

As patologias em fundações podem surgir durante os estudos preliminares do solo, durante a elaboração do projeto, durante a execução da obra ou após a conclusão da obra, porém a causa mais frequente das patologias em fundações é a ausência ou incompleta investigação do solo.

3.3 Fundações

A fundação é o elemento estrutural com função de transmitir as cargas da estrutura para o terreno de contato, em outras palavras, são as raízes da edificação.

As fundações classificam-se em superficiais ou profundas, de acordo com a forma de transferência de cargas da estrutura para o solo de apoio, que depende da profundidade da camada de suporte.

3.3.1 Fundações superficiais

Elementos de fundação em que a carga é transmitida ao terreno, predominantemente pelas pressões distribuídas sob a base da fundação, e em que a profundidade de assentamento em relação ao terreno adjacente é inferior a duas vezes a menor dimensão da fundação. A fundação rasa ou superficial é utilizada quando a camada superficial do solo apresenta resistência suficiente para suportar as cargas da edificação, esse tipo de fundação tem o custo mais reduzido. Segundo Velloso & Lopes (2004), as mais usuais são:

Bloco – elemento de fundação em concreto. Dimensionado de maneira que as tensões de tração nele produzidas possam ser resistidas pelo concreto, sem necessidade de armadura;

Sapata – elemento de fundação de concreto armado, de altura menor que o bloco, utilizando armadura para resistir aos esforços de tração;

Viga de fundação – elemento de fundação que recebe pilares alinhados, geralmente de concreto armado; pode ter seção transversal tipo bloco (sem armadura transversal), quando são frequentemente chamadas de baldrame, ou tipo sapata armadas;

Sapata associada – elemento de fundação que recebe parte dos pilares da obra, sendo que estes pilares não são alinhados;

Radier – piso em concreto com armadura de aço que recebe todos os pilares da obra.

Na figura 3.1 temos as fundações diretas citadas;

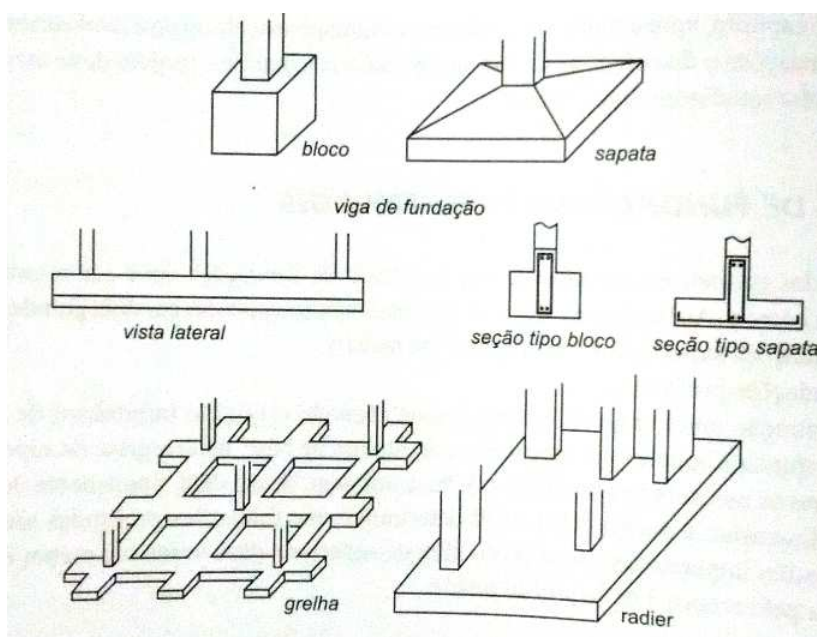


Figura 3.1: Exemplos de fundações superficiais - VELLOSO & LOPES, 2004.

3.3.2 Fundações profundas

Geralmente são utilizadas quando o solo em pequenas profundidades não tem tensão admissível para suportar o projeto. A NBR6122/1996 designa que, fundações profundas são aquelas cujas bases são implantadas a uma profundidade com pelo menos três metros e duas vezes a sua menor dimensão. Esse tipo de fundação pode ser considerada direta, quando o carregamento é transmitido diretamente pela ponta da estrutura, ou indireta quando o carregamento é transmitido tanto pela ponta, quanto pelo atrito lateral com o solo. Segundo Velloso & Lopes (2004), fundações profundas são separadas em três grupos;

Estacas – elemento de fundação profunda executada com o auxílio de ferramentas ou equipamentos. A execução pode ser por cravação a percussão, prensagem, vibração ou por escavação, ou, ainda, de forma mista, figura 3.2 (a);

Tubulações – elemento de fundação profunda de forma cilíndrica, em que, pelo menos na sua fase final de execução, há a descida de operário (o tubulão não difere da estaca por suas dimensões, mas pelo processo executivo, que envolve a descida de operário), figura 3.2 (b);

Caixão – elemento de fundação profunda de forma prismática, concretado na superfície e instalado por escavação interna, figura 3.2 (c).

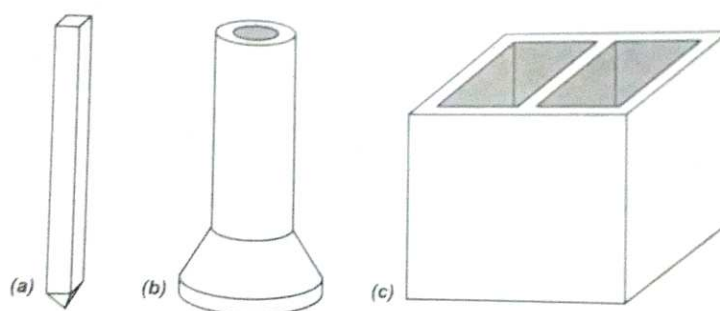


Figura 3.2: Exemplos de fundações profundas - VELLOSO & LOPES, 2004.

3.4 Interação solo-estrutura

A interação solo-estrutura tem como finalidade o correto dimensionamento da estrutura e a escolha adequada da fundação de acordo com as características apresentadas pelo solo, considerando-se as deformações e os deslocamentos reais da estrutura, bem como seus esforços internos. Para Velloso & Lopes (2004), os esforços podem ser obtidos diretamente pela análise física da interação ou de forma indireta por meio das pressões de contato. As pressões de contato

dependem principalmente das características das cargas aplicadas, rigidez relativa fundação-solo, propriedades do solo e intensidade da carga.

Os problemas com essa relação são basicamente o recalque e a capacidade de carga, podendo até mesmo provocar a ruptura da fundação, que ocorre quando a tensão de resistência do maciço é inferior a resistência do esforço transferido pela fundação, provocando a destruição de parte da estrutura do solo.

A interação solo-estrutura são influenciadas pelas dimensões e pelo localização da fundação, mas dependem principalmente da resistência, da compressibilidade do solo e da posição do nível d'água. As características do solo também serão determinantes para a escolha do tipo de estrutura para fundação, considerando-se as características das camadas de solos abaixo da cota de apoio da fundação, para evitar problemas de instabilidade da fundação.

3.5 Deformações (recalque)

Quando um elemento da fundação se desloca verticalmente para baixo, ele sofre recalque. Esse deslocamento é resultante da deformação do solo proveniente da aplicação de cargas ou devido ao peso próprio das camadas sobre a qual se apoia o elemento da fundação, ou seja, o solo perde o contato esperado com a fundação. Quando um dos elementos que compõe uma fundação se desloca e os outros não (ou se desloca mais que o outro) temos o recalque diferencial, caso ocorra em toda a fundação é chamado de recalque total, ambos podendo acontecer imediatamente após o carregamento e/ou com o decorrer do tempo.

Em toda obra ocorre recalque em fundações, sendo os recalques admissíveis parte importante nas análises e projetos de fundações, definindo um limite a partir do qual se considera problemática a segurança ou o desempenho da estrutura (MILITITSKY, CONSOLI e SCHNAID, 2008).

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 (MILITITSKY, CONSOLI e SCHNAID, 2008).

3.6. Causas dos recalques diferenciais de fundações

A seguir serão apresentadas as principais patologias responsáveis pelo recalque diferencial em fundações.

3.6.1 Investigação do solo

Segundo Milititsky (2008), geralmente, a sondagem do terreno é dispensada em obras de pequeno e médio porte por questões financeiras, o que leva a soluções inadequadas de fundações. O número de pontos ou profundidade insuficientes de sondagem também pode acarretar grandes danos futuros, pois cavernas, matacões, solos compressíveis e aterros podem passar despercebidos, conforme figura 3.3.

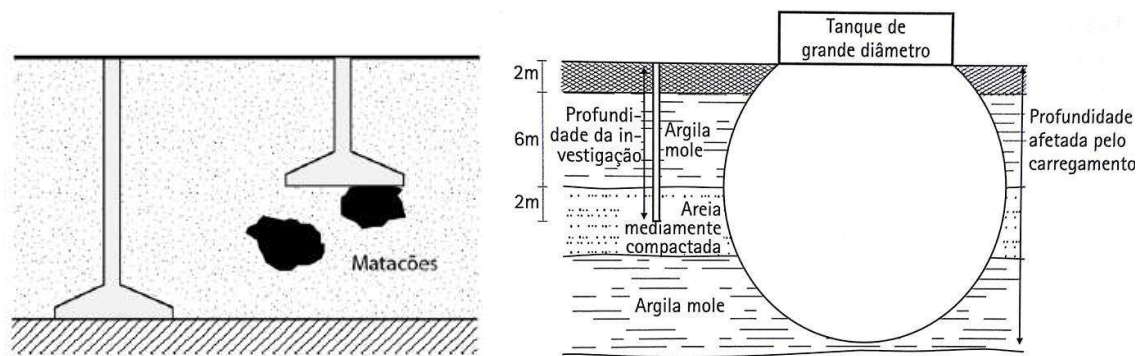


Figura 3.3: Profundidade da investigação insuficiente - MILITITSKY, CONSOLI e SCHNAID, 2008.

A observação das normas, visita ao local, inspeções às estruturas vizinhas, a experiência e o bom senso devem servir de guia para evitar problemas desta natureza (MILITITSKY, CONSOLI e SCHNAID, 2008).

3.6.2 Superposição de tensões

O efeito superposição de tensões ocorre quando tensões originadas por fundações são propagadas no solo até uma determinada profundidade, formando assim um bulbo de tensão. Este bulbo de tensão tem uma característica natural de estabilizar-se na camada de solo, porém quando outra estrutura com seu bulbo de tensão interferir nesta região de concentração de tensões, isto poderá ocasionar problemas na estrutura devido aos acréscimos de tensões em determinada área. Situação que normalmente acontece em grandes centros urbanos, quando são realizadas construções de grande porte próximas umas das outras, junto a edificações com fundações diretas, ocasionando o recalque adicionais em edificações mais antigas, conforme figura 3.4;

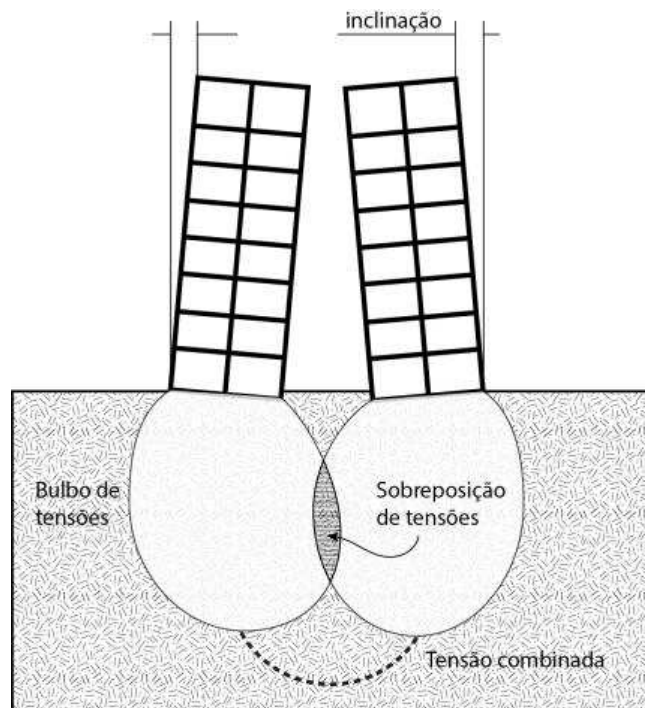


Figura 3.4: Sobreposição de Tensões nas Fundações - MILITITSKY, CONSOLI e SCHNAID, 2008.

3.6.3 Fundações sobre aterros

A execução de fundações em aterro constitui uma fonte significativa de problemas caso não tenham os cuidados necessários no momento de sua criação, como uma boa compactação do material, análise do solo e dos materiais a serem depositados, aterro com remoção da camada superficial de solo mole, não fazer aterro sobre solo inclinado e altura inadequada das camadas de aterro.

Os recalques oriundos de fundações assentes sobre aterros podem ocorrer por: deformações do corpo do aterro por causa do seu peso próprio, deformações do solo natural abaixo do aterro e execução de fundações sobre lixões ou aterros sanitários desativados (MILITITSKY, CONSOLI e SCHNAID, 2008).

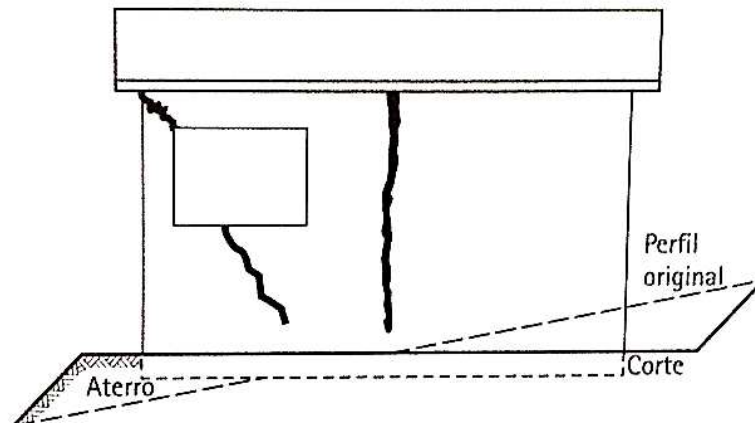


Figura 3.5: Fissuramento de edificação assente em aterro - MILITITSKY, CONSOLI e SCHNAID, 2008.

3.6.4 Análise e projeto

Dentre as principais falhas no momento da análise e elaboração do projeto para fundações, podemos destacar as seguintes situações:

- Uso indevido dos resultados de sondagem para estimativa de propriedades do solo;
- Adoção de fundações face ao comportamento específico do solo;
- Determinação das cargas atuantes nas fundações;
- Dimensionamento de elementos estruturais das fundações;
- Desconsideração do efeito de atrito negativo de estacas em aterros;
- Cotas de assentamentos em desacordo com as características do solo;
- Flambagem de estacas esbeltas em solos moles.

3.6.5 Fatos pós-conclusão da obra

Diversos fatores externos pode ocasionar o recalque diferencial em fundações após a conclusão da obra. Dentre os mais frequentes, tem-se o efeito da vegetação que pode ocorrer por interferência física das raízes ou pela modificação no teor de umidade do solo, uma vez que as raízes extraem água do solo para manter seu crescimento, modificando o teor de umidade se comparado com o local onde as raízes não estão presentes (MILITITSKY, CONSOLI e SCHNAID, 2008). Dessa forma, fissuras aparecem devido também ao esforço produzido pelas raízes nas fundações, conforme figura 3.6.

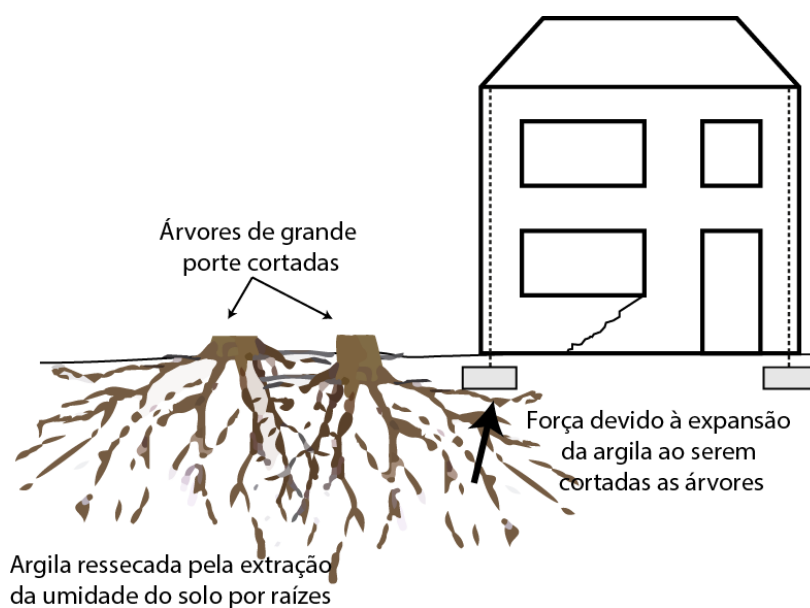


Figura 3.6: Influência da vegetação nas fundações - MILITITSKY, CONSOLI e SCHNAID, 2008.

Escavações ou alteração do uso em terrenos vizinhos é outro fato que gera recalque, pois as mesmas dificilmente são previstas na elaboração dos projetos, até mesmo pelo fato de não saber a espécie de edificação a ser construída pelo vizinho.

A lixiviação de solos em virtude do rompimento de tubulações provoca o risco de ter graves problemas de recalques acentuados.

Outras situações frequentes que levam a recalques diferenciais de fundações são carregamento próprio da superestrutura, carregamentos não previstos na estrutura, movimento da massa do solo causada pela umidade, grande fluxo de veículos de grande porte próximo ao terreno, instabilidade de taludes, dentre outras.

3.6.6 Deterioração dos materiais

Os projetos de estrutura com elementos enterrados ou em contato com o solo e água devem considerar os aspectos de permanência e integridade ao longo dos anos devido a degradação dos materiais. A ação dos elementos naturais sobre os materiais das fundações obriga à verificação da existência de materiais agressivos e seus possíveis efeitos, cuja avaliação deve ser prevista nas etapas de coleta de dados do solo (investigação), análise, projeto e execução (MILITITSKY, CONSOLI e SCHNAID, 2008).

No caso do concreto, vários tipos de ácidos são agressivos e ao serem transportados para o interior da estrutura vão deteriorando o concreto. Elementos metálicos executados em solos com presença de umidade e ar estão sujeitos à corrosão e devem ser adequadamente projetados. A corrosão do aço também pode ocorrer se estiver em contato com solos contendo materiais agressivos ou aterros, se estiverem localizados em ambiente marinho ou submetido aos efeitos de variação do nível da água.

Sendo assim, com o tempo a deterioração do concreto e conseqüentemente do aço altera as características previstas em projeto para a estrutura de fundação, fazendo com que a mesma não corresponda corretamente na interação solo-estrutura. Os problemas com essa relação são basicamente o recalque e a capacidade de carga, podendo até mesmo provocar a ruptura da fundação, conforme já explicado no item 3.4.

3.6.7 Rebaixamento do lençol freático

O retirada de água no interior do solo com o objetivo de tornar possível a execução de fundações ou de garagens em subsolos de edifícios faz com que o nível do lençol freático abaixe, provocando vazios no solo e que leva ao recalque da edificação, conforme mostrado na figura 3.7.

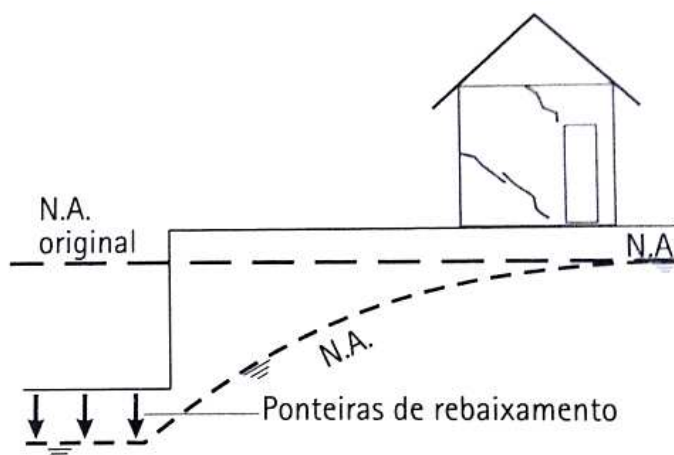


Figura 3.7: Recalque por rebaixamento do lençol freático - MILITITSKY, CONSOLI e SCHNAID, 2008.

3.7 Danos causados por recalques diferenciais de fundações

As manifestações patológicas podem apresentar na obra como diferentes formas de danos e são classificadas em três grupos;

- Danos arquitetônicos

São os danos visíveis ao observador comum, que comprometem a estética da edificação, como trincas em paredes, recalques de pisos, rompimento de painéis etc. (TEIXEIRA e GODOY, 1998).

- Danos funcionais

São os danos causados à utilização da edificação, tais como refluxo ou ruptura das tubulações, desgaste excessivo dos trilhos dos elevadores devido ao desaprumo, mau funcionamento de portas e janelas (GOTLIEB, 1998).

- Danos estruturais

Danos na estrutura, ou seja, pilares, vigas e lajes, sendo geralmente apresentados em formas de trincas, fissuras e rachaduras (GOTLIEB, 1998).

Para o estudo de caso apresentado neste trabalho, foi dado ênfase ao tema trincas, fissuras e rachaduras causadas por recalque diferencial em fundações, que, de acordo com Thomaz (1989), dentre os inúmeros problemas patológicos que afetam os edifícios, um dos mais importantes são os das trincas, devido a três aspectos fundamentais: o aviso de um eventual estado perigoso para a estrutura, o comprometimento do desempenho da obra em serviço e o constrangimento psicológico que as aberturas do edifício exerce sobre seus usuários.

3.7.1 Fissuras, trincas e rachaduras

A manifestação patológica mais comum na ocorrência do movimento das fundações em edificações é o surgimento de fissuras e trincas, geralmente com ângulos de 45 graus, partindo do lado mais rígido do solo para o lado que está sofrendo deformação. Toda vez que a resistência dos componentes da edificação ou conexão entre elementos for superada pelas tensões geradas por movimentação, ocorrem fissuras (MILITITSKY, CONSOLI e SCHNAID, 2008).

As figuras 3.8 a 3.13 a seguir apresentam padrões típicos de deslocamentos e correspondem às aberturas. É importante mencionar que detalhes construtivos específicos de vinculação dos diferentes elementos que normalmente compõem uma edificação, além de efeitos combinados de movimentos causados por outra origem que não deslocamentos, tornam, nos casos reais, bastante complexa a definição e identificação dos movimentos a partir da fissuração apresentada. É necessária a realização de acompanhamento ou controle dos recalques para identificação precisa do comportamento real das fundações (MILITITSKY, CONSOLI e SCHNAID, 2008).

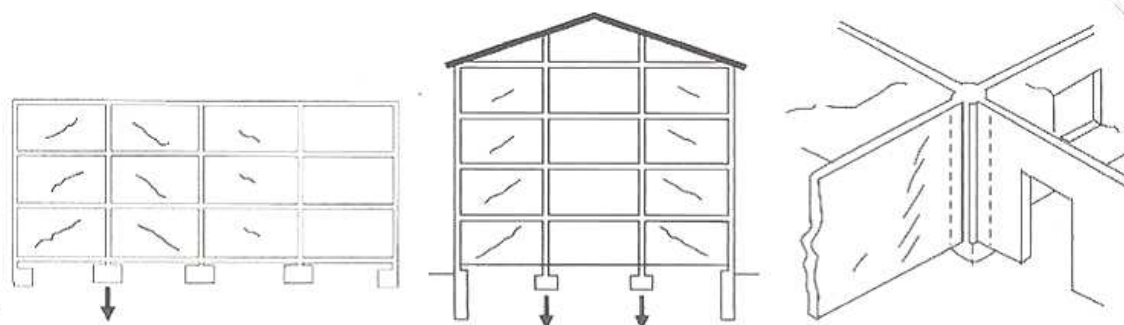


Figura 3.8: Fissuras típicas causadas por recalque de fundações de pilares internos - CONSOLI; MILITITSKY; SCHINAID, 2008.

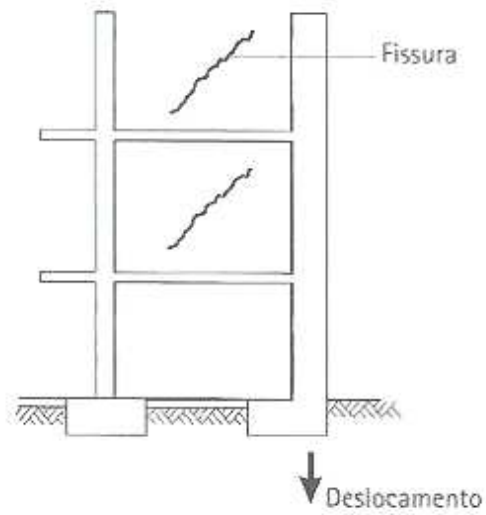


Figura 3.9: Fissuras por recalque de fundação de pilar de canto - CONSOLI; MILITITSKY; SCHINAID, 2008.

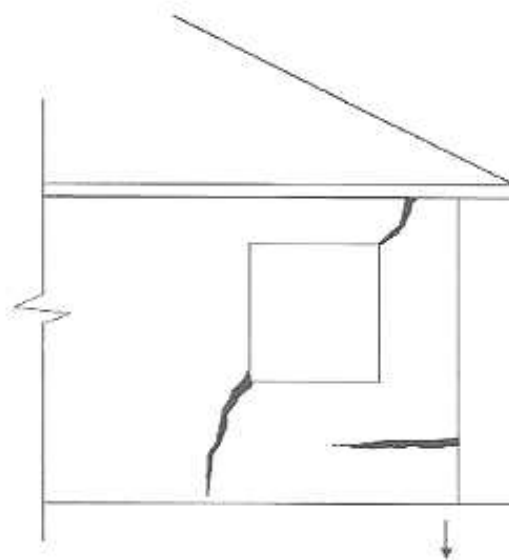


Figura 3.10: Fissuras em parede portante com recalque na extremidade - CONSOLI; MILITITSKY; SCHINAID, 2008.

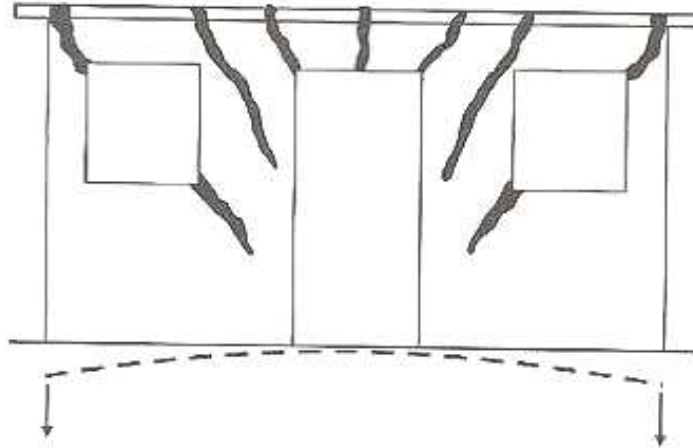


Figura 3.11: Deformação convexa de parede portante e seus efeito - CONSOLI; MILITITSKY; SCHINAID, 2008.

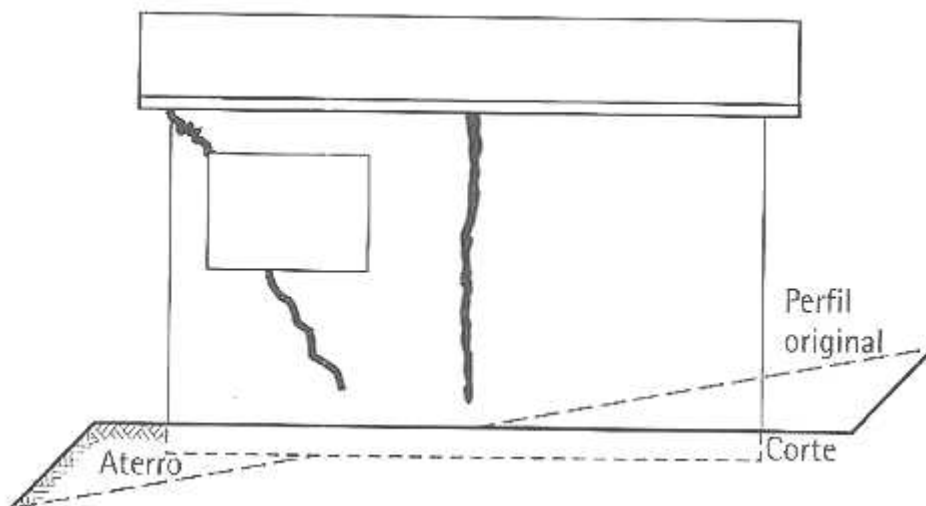


Figura 3.12: Provável fissuramento de edificação assente parte em corte e parte em aterro - CONSOLI; MILITITSKY; SCHINAID, 2008.

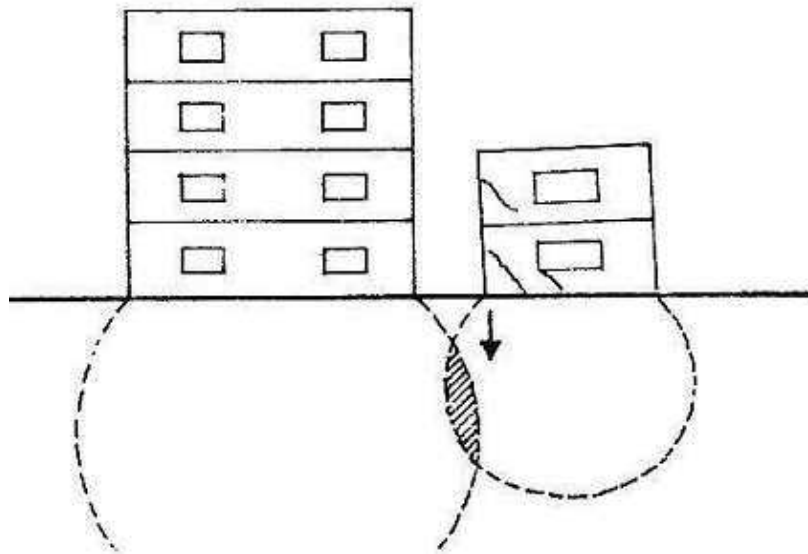


Figura 3.13: Bulbos de tensões diferentes que se encontram e geram fissuras - THOMAZ, 1989.

As manifestações patológicas do tipo aberturas também podem ter suas causas, por movimentação térmica, movimentação higroscópica, por atuação de sobrecargas, por deformação excessiva de estruturas ou até por alterações químicas.

As espessura das aberturas serão classificadas como fissura, trinca, rachadura, fenda ou brecha, conforme a figura 3.14.

ANOMALIAS	ABERTURAS (mm)
Fissura	até 0,5
Trinca	de 0,5 a 1,5
Rachadura	de 1,5 a 5,0
Fenda	de 5,0 a 10,0
Brecha	Acima de 10,0

Figura 3.14: Classificação de fissura, trinca e rachadura - Adriano de Paula e Silva, UFMG.

4. ESTUDO DE CASO

Nesse capítulo será mostrado o uso dos conhecimentos de engenharia na realização de uma perícia de engenharia civil para a constatação da presença de manifestações patológicas bem como suas origens e causas em uma edificação de três pavimentos.

4.1 Introdução

Foi realizada a perícia para avaliação de possíveis danos que ocorreram ou poderão ocorrer em uma residência em Belo Horizonte, Minas Gerais.

O presente laudo tem por objetivo verificar a eventual influência das patologias ocorridas em um imóvel, no bairro Sagrada Família, em virtude da construção de um prédio de cinco pavimentos e subsolo, ambos localizados na rua Horizontal, bem como a segurança da edificação na data da vistoria.

4.2 Localização dos imóveis

O imóvel do estudo de caso, ou seja, da autora da ação, localiza-se à rua Horizontal, nº 145, e o imóvel do réu, também situado na mesma rua, nº 165, no bairro Sagrada Família, Belo Horizonte, Minas Gerais, conforme figura 4.1



Figura 4.1: Vista frontal do edifício construído e da casa vistoriada, indicada pela seta amarela.

As figuras 4.2 e 4.3 a seguir mostram o imóvel periciado e seu entorno através de uma visão aérea.



Figura 4.2: Vista aérea da residência e do terreno antes da construção do edifício - GOOGLE EARTH.



Figura 4.3: Vista aérea do imóvel e do edifício já construído - GOOGLE EARTH.

4.3 Descrição do imóvel da autora

Trata-se de uma casa residencial, com idade aproximada de 25 anos, padrão construtivo intermediário, com três pavimentos, sendo o terceiro pavimento no nível da rua e os demais abaixo desse nível, paredes amassadas internamente e pintura látex, na parte externa da residência o revestimento de reboco está aparente.

O local se enquadra na categoria de uso residencial urbano dotado de todos os melhoramentos públicos usuais: energia elétrica, iluminação pública, canalizações pluviais, ruas pavimentadas, serviço de correio, serviço telefônico, transporte coletivo, sistema de coleta de lixo, dentre outros.

4.4 Vistoria

O registro das manifestações patológicas foi realizado através de fotos produzidas durante a vistoria da edificação residencial e diálogos com a autora e parte da vizinhança. Levando em conta que são residências com mais de 25 anos, foi constatado junto aos documentos disponibilizados pela proprietária a inexistência de projetos de sondagem do terreno para elaboração do projeto estrutural. Com o conhecimento das patologias em edificações apresentadas no presente trabalho, pretende-se chegar a conclusão das causas das anomalias apresentada na residência.

No dia 25 de abril de 2016 foi feita a primeira vistoria e retirada diversas fotos, dentre as quais está muito evidente o grande número de trincas e fissuras nas paredes em todos os pavimentos, sendo as mais agudas nas paredes do lado externo da residência voltadas para o fundo do terreno. Os ambientes mais críticos são o quarto próximo a lavanderia no 2º pavimento, o quarto do 3º pavimento e a elevação da parede dos fundos, sendo mais evidente as aberturas entre o 1º pavimento e o 2º pavimento. Também observou-se trincas no muro de bloco aparente na divisa com o vizinho.

Algumas perguntas foram realizadas para a proprietária da residência para melhores esclarecimentos e estão disponíveis no apêndice.

A figura 4.4 a seguir mostra a residência vistoriada com o edifício ao lado, antes e após a construção.



Figura 4.4: Vista interna do 3º pavimento da casa e do edifício ao lado.

4.5 Descrição das manifestações patológicas identificadas no imóvel

Através de questionamentos, relatos, fotografias, estudos sobre a literatura de trincas e fissuras em edificações, da verificação visual, estabeleceram-se algumas hipóteses:

I – Patologia do quarto da área de serviço do 2º pavimento:

- Rachadura com configuração típica provocada por recalque diferencial, abertura deitando-se em direção ao ponto onde ocorreu o maior recalque. Figuras 4.5 á 4.9 a seguir;



Figura 4.5: Rachadura no quarto da área de serviço no 2º pavimento.

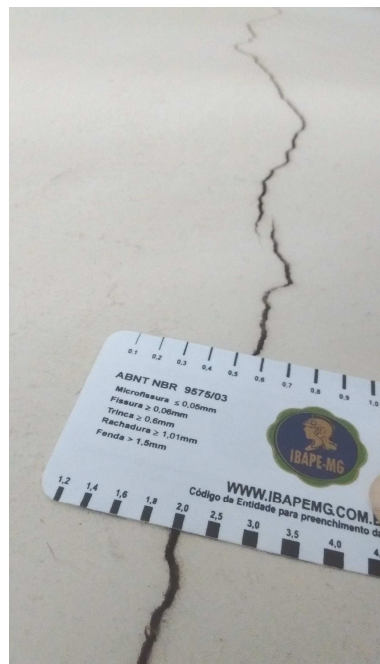


Figura 4.6: Rachadura de 2,0mm no quarto da área de serviço no 2º pavimento.



Figura 4.7: Trinca no quarto da área de serviço no 2º pavimento.



Figura 4.8: Trinca de 1,4mm no quarto da área de serviço no 2º pavimento.

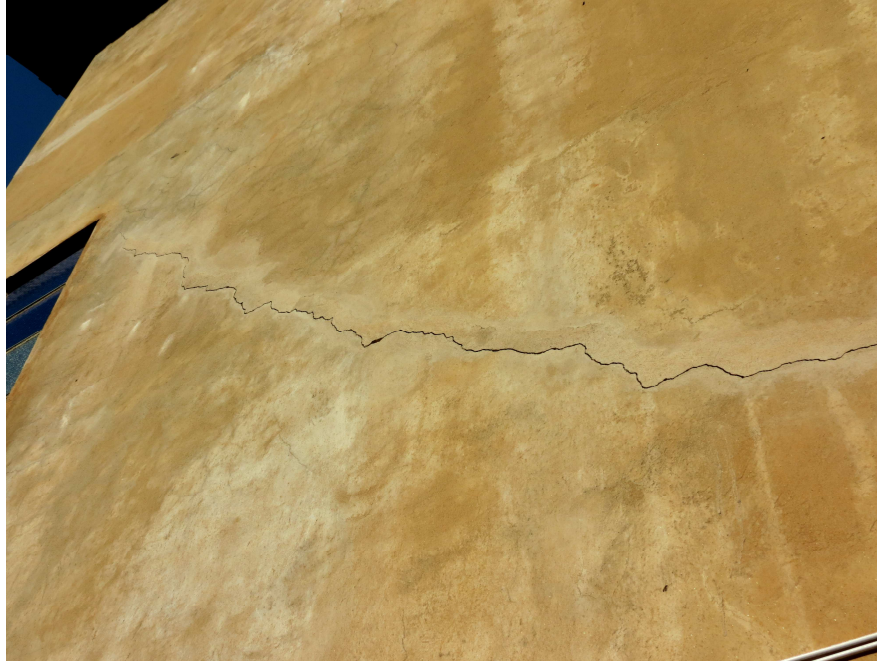


Figura 4.9: Rachaduras no quarto da área de serviço no 2º pavimento, visto da elevação lateral esquerda.

II – Patologia do quarto do 3º pavimento:

- Fissura na parede lateral direita e na parede do fundo, começando a fissura inclinada na parede lateral e terminando em linha horizontal até a parede do fundo, característico de recalque na extremidade da edificação. Figuras 4.10 e 4.11 a seguir;



Figura 4.10: Fissura no quarto do 3º pavimento.

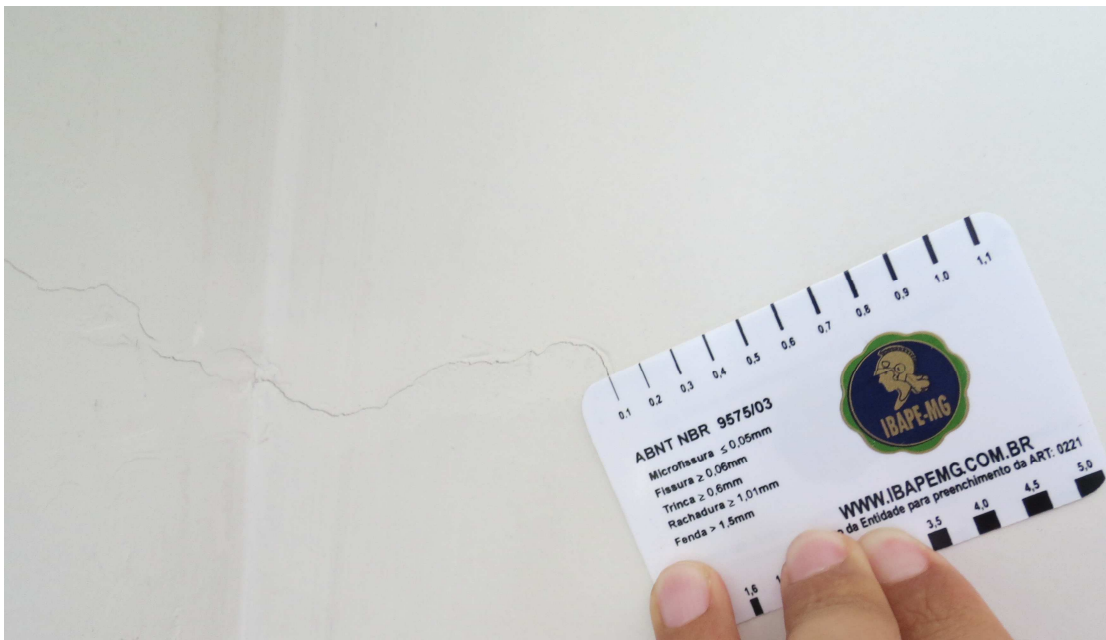


Figura 4.11: Fissura de 0,1mm no quarto do 3º pavimento.

III – Sala do 2º pavimento:

- Trinca na parede externa do lado esquerdo, começando com aberturas maiores em linha vertical e terminando inclinada próximo ao piso, figuras 4.12 e 4.13 a seguir;



Figura 4.12: Trinca na elevação lateral esquerda do 2º pavimento.



Figura 4.13: Trinca de 1,1mm na elevação lateral esquerda do 2º pavimento.

IV – Trincas e fissuras apresentadas na parte externa da residência, figuras 4.14 a 4.22 a seguir;



Figura 4.14: Trinca na elevação lateral direita do 2º pavimento.



Figura 4.15: Trinca na elevação lateral direita do 2º pavimento.



Figura 4.16: Fenda de 5mm na elevação lateral direita do 1º pavimento.



Figura 4.17: Fenda de 3mm na elevação lateral direita do 1º pavimento.



Figura 4.18: Parede degradada na elevação lateral esquerda entre o 1º e o 2º pavimento.



Figura 4.19: Medição da abertura na elevação lateral esquerda do 1º pavimento.



Figura 4.20: Vista da casa da autora e do edifício construído recentemente ao lado.



Figura 4.21: Muro de divisa com aberturas próximo ao edifício.



Figura 4.22: Vista da casa da autora, residência vizinha e do edifício construído recentemente.

4.6 Diagnóstico provável das patologias no imóvel

Neste estudo de caso, a provável causa da patologia apontada foi o recalque diferencial decorrente de um erro de dimensionamento e execução da fundação, devido, possivelmente, à inexistência de sondagem do solo e à ausência de projetos específicos à época da construção da residência.

Um fator que contribui para esse diagnóstico é que as paredes com maiores danos estão localizadas nas extremidades da casa, pontos em que a fundação recebe maior esforço da estrutura.

Além disso, através de relatos da proprietária, as aberturas presentes na residência foram acentuadas ao longo dos últimos meses com a construção de um edifício vizinho de cinco pavimentos. Provavelmente, o edifício, com seu bulbo de tensão gerado pelo esforço da fundação, interferiu na região de concentração de tensões

no solo, ocasionando problemas na estrutura da residência devido aos acréscimos de tensões em determinada área. Ou seja, o edifício originou uma superposição de tensão, agravando o recalque diferencial da residência.

Conforme apresentado nas fotos deste estudo de caso, destacando-se as 4.9 e 4.19, as aberturas presentes são características de recalque diferencial, deitando-se em direção ao ponto onde ocorreu o maior recalque. As figuras 3.12 e 3.13, presentes na revisão bibliográfica deste trabalho, tem muita semelhança com o caso concreto em estudo, pois elas mostram de forma simplificada o que pode ter ocorrido com a residência assente em aterro e a superposição de tensões ocasionadas por duas construções vizinhas.

Acredita-se que o recalque poderia ter sido evitado se durante a execução da fundação da residência tivesse sido usada uma cota de assentamento em uma profundidade maior, de forma que se alcançasse o solo resistente.

Abaixo tem-se uma representação da residência através da figura 4.23 com a localização do aterro mal compactado e do bloco de fundação assente sobre aterro.

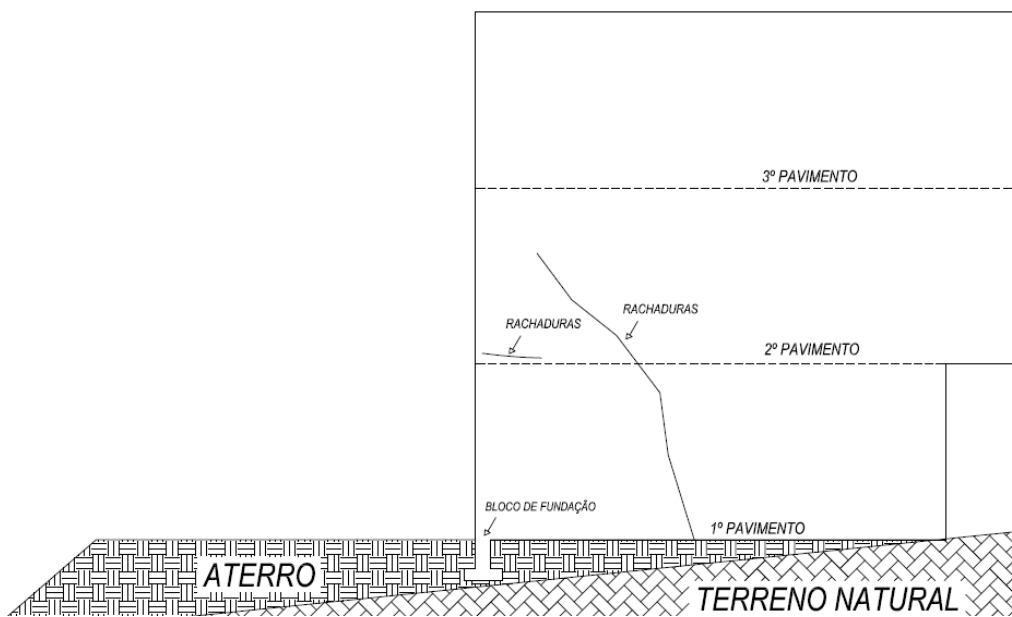


Figura 4.23: Localização do aterro no terreno da edificação residencial (Autoria própria).

5. CONCLUSÃO

Através da revisão da literatura técnica sobre patologias em edificações devido ao recalque diferencial em fundações, junto a vistoria realizada no estudo de caso, foi possível obter dados importantes a respeito das manifestações patológicas na residência analisada, identificando-se, assim, as configurações e mecanismos de aberturas, além de diagnosticar suas prováveis origens, unindo-se o conhecimento prático ao teórico.

Identificou-se que, ao ser construído um edifício de cinco pavimentos em terreno vizinho, provavelmente, as aberturas presentes na residência foram agravadas devido à superposição de tensões no solo. Esse imóvel já sofria com tais danos devido a uma possível fundação construída sobre um aterro mal compactado.

Foi constatada, também, a inexistência de projetos específicos, como investigação do subsolo, fato esse típico de obras de pequeno porte, que, muitas vezes não elaboram o projeto por motivos de economia. Isso pode ter contribuído para o surgimento de patologias na residência, conforme identificadas no estudo de caso.

Dessa forma, com base neste trabalho, sugere-se que sejam feitos estudos geotécnicos, como de sondagem do solo e de análise da tensão gerada pela fundação do edifício vizinho, pois através de equipamentos específicos é possível comprovar com mais precisão as causas das patologias da residência. Recomenda-se, ainda, que a proprietária do imóvel monitore as aberturas para verificar se as mesmas estão evoluindo para um estado ainda mais avançado.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

GOTLIEB, M. Reforço de fundações. In: AUTORES, V. **Fundações: Teoria e Prática**. 2. ed. São Paulo: Pini, 1998.

HACHICH, Waldemar. FALCONI, Frederico F. SAES, José Luiz. FROTA, Celso S. Carvalho. NIYAMA, Sussumu. **Fundações, Teoria e Prática**. Editora PINI, São Paulo, abril 2009.

HELENE, Paulo R. L.. **Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto**. 2ª ed. São Paulo: Pini, 1992.

HENRIQUE, P. S. **Patologia em revestimentos argamassados - Estudo de caso**. 2014. 54f. Monografia (Especialização em Gestão de avaliações e perícias) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.

MILITITSKUY, Jarbas. CONSOLI, Nilo Cesar. SCHINAID, Fernando. – **Patologia das Fundações**, Editora PINI, São Paulo, Maio, 2008.

OLIVEIRA, A. M. **Fissuras, Trincas e Rachaduras causadas por recalque diferencial de fundações**. 2012. 54f. Monografia (Especialização em Gestão de avaliações e perícias) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

THOMAZ, E. **Trincas em Edifícios, Causas, Prevenção e Recuperação**. 1. ed. São Paulo: PINI, 1989. 205p.

VELLOSO, D. A., & LOPES, F. R. **Fundações** (Vol. I). São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

APÊNDICE

Questionário aplicado a proprietária da residência do estudo de caso:

- **A casa foi construída sobre aterro?**

Apenas a parte dos fundos da residência, sendo o local que apresenta as trincas nas paredes.

- **Existia alguma anomalia na residência antes da construção do edifício vizinho?**

Sim, porém não tão acentuada como após a conclusão do edifício.

- **Os vizinhos estão passando pelos mesmos problemas?**

Sim, após a conclusão do edifício, a casa de um dos vizinhos foi interditada, devido ao grande risco de desabamento e danos a estrutura.

- **Existe rede de água ou esgoto que passa no fundo do terreno?**

Sim.

- **Superficialmente, foi detectada algum vestígio de vazamento ou anomalia na tubulação?**

Não.

- **A casa foi construída com projetos estrutural e de instalações?**

Sim, inclusive projeto foi aprovado junto a prefeitura de Belo Horizonte.

- **Qual a idade do imóvel?**

Aproximadamente 25 anos.