

MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS CAUSADAS POR RECALQUE DE FUNDAÇÃO: DIAGNÓSTICO DO SURGIMENTO DE FISSURAS NA ALVENARIA DE UMA CASA POPULAR EM PANAMBI/RS

Daniela Brust¹

Resumo: Aborda-se neste artigo uma revisão bibliográfica das configurações típicas das fissuras em alvenarias decorrentes de recalque de fundação devido à má compactação do solo aterrado. A seguir, é apresentado um estudo de caso a fim de encontrar a causa do surgimento de fissuras na alvenaria de uma casa popular no município de Panambi/RS, detalhando-o com registros fotográficos e projeto com o mapeamento das fissuras.

Palavras-chaves: Fissuras, recalque de fundação, alvenaria.

1 INTRODUÇÃO

Não é de hoje que os problemas patológicos acometem as estruturas. Desde o início das construções, inúmeras deteriorações contribuíram para a evolução das técnicas construtivas que conhecemos hoje. Segundo Thomaz (2002), foi necessário que surgissem fissuras decorrentes das movimentações térmicas para descobrir que os muros como estruturas únicas costumavam trincar a cada 4 ou 5 metros e prever juntas de dilatação nesses pontos. Essas experiências foram fundamentais para a execução de obras com qualidade e durabilidade que buscamos nos dias atuais.

A fim de evitar incômodos futuros, na projeção de uma obra é imprescindível que se faça um bom planejamento e durante a execução, um acompanhamento total dos serviços. Procedimentos visando apenas à rápida execução e ao baixo custo geralmente geram gastos futuros maiores com a necessidade de reformas e tratamentos. Em terrenos aterrados, essa consideração é ainda mais importante, pois o aterro deve ser com um solo adequado, bem compactado, com camadas de acordo com a norma e a total remoção dos solos frágeis. Por não dar a devida importância ao adensamento dos aterros em obras de pequeno porte, sem a inspeção por sondagens, é comum que muitas casas sofram recalques de fundações com o passar do tempo. Como consequências, na edificação surgem trincas vivas, de difícil

¹ Autora, Engenheira Civil (UFSM, 2012). dbrust1@gmail.com

tratamento, pois o problema aparente nas paredes ocorre em detrimento do rebaixamento das fundações e mesmo com o tratamento parcial das fissuras através da colocação de ferros ou tela de náilon nas paredes danificadas, a estrutura continuará trabalhando e com a estabilidade prejudicada.

O recalque de fundação pode não ser o único diagnóstico das manifestações patológicas da estrutura, ou então, o que parece ser recalque de fundação pode ter sua origem em outro problema. O Prof. Francisco Romeu Landi no livro de Thomaz (2002) afirma: “É necessário uma visão sistêmica de todo o problema para se encaminhar em direção a uma solução”, ou seja, a principal causa dos danos pode estar longe de sua localização visual. Insistindo: o caminho para um bom trabalho pericial envolve uma boa bagagem de experiência e estudos.

Sendo assim, este artigo visa apresentar uma revisão teórica sobre as manifestações patológicas resultantes do recalque das fundações de uma edificação. Em seguida, com o embasamento técnico fomentado, será apresentada uma análise para a obtenção do diagnóstico das fissuras de uma casa térrea de alvenaria no município de Panambi/RS. São apresentadas as fotos das manifestações patológicas encontradas e a identificação da principal causa que as gerou.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Inspeção e diagnóstico de recalque de fundações

Uma manifestação patológica pode ter sua origem em diversos fatores, portanto é muito difícil ter certeza dos fenômenos de deterioração e quantificá-los em uma determinada estrutura. De acordo com Lichtenstein et al Thomaz (2002), a resolução de uma manifestação patológica deve seguir três tópicos:

- a) Entendimento da manifestação patológica: levantamento das informações e ocorrências analisadas;
- b) Diagnóstico do problema: identificar a causa e o efeito do fenômeno;
- c) Indicar a solução correta: especificar o que deve ser feito para resolver o problema, para recuperar a estrutura, a melhor forma de execução, os materiais a serem utilizados, etc.

Assim como no diagnóstico de um médico, no diagnóstico de um problema patológico é importante eliminar as causas que não poderiam ter gerado tal degradação, considerando todo o universo de causas hipotéticas. Uma maneira mais simples de verificar a estabilização da trinca é utilizando testemunho rígido (gravata) colocado sobre a trinca, se caso ele fissurar há uma indicação de a continuidade do movimento (Thomaz, 2002).

Não sendo raro para um bom trabalho, Thomaz (2002) indica que a revisão do cálculo estrutural da edificação, análise do perfil de sondagem e estimativas de recalques são fundamentais para a obtenção de um diagnóstico confiável.

Na definição exata do diagnóstico sobre o recalque de fundações que originou as fissuras da edificação vários fenômenos devem ser analisados, independente de a construção ser sobre um aterro ou não. De acordo com Marcelli (2010), deve ser questionado o seguinte:

- a) O aterro foi executado sobre solo inclinado?
- b) O aterro foi executado com solo impróprio?
- c) O aterro foi executado sem a remoção da camada superficial de solo mole?
- d) As camadas foram executadas com espessura inadequada?
- e) A compactação das camadas foi inadequada?
- f) Os taludes não foram protegidos adequadamente?
- g) Existe a possibilidade de alguma obra executada posteriormente ter afetado o bulbo da construção em análise?
- h) As águas pluviais estão sendo lançadas em local inadequado.
- i) O corte apresenta inclinação acentuada?

2.2 Compactação do aterro sobre solo inclinado

Sobre solos inclinados é imprescindível que o corte e posteriormente o aterro sejam executados em forma de escada, assim, as diversas camadas de 20 cm de aterro terão sua compactação mais eficiente amarrando melhor o solo natural com o solo depositado, garantindo dessa maneira, a estabilidade total do conjunto e resistindo à corrente das águas pluviais (Marcelli,2010).

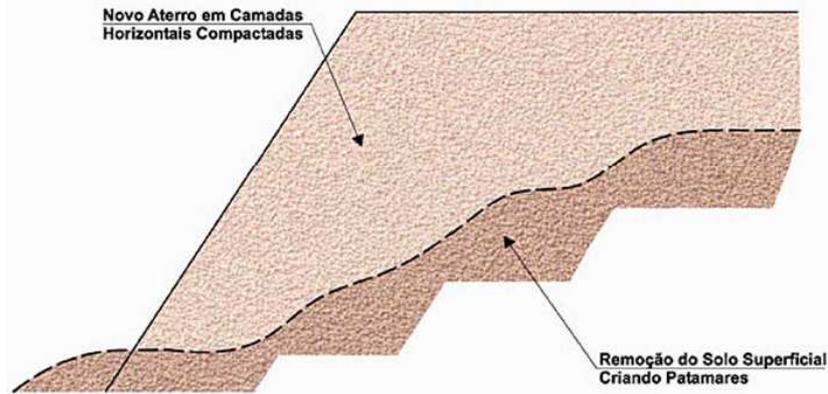


Figura 1 – Compactação de aterro sobre solo inclinado (Fonte: Marcelli, 2010)

2.3 Recalque de sapatas em aterros

De acordo com Verçoza (1991), as fundações isoladas são estruturas independentes entre si formadas por sapatas ou estacas e geralmente são ligadas no topo por vigas de fundação ou vigas de amarração que são a base do pavimento térreo. O fenômeno indesejado mais presente nestas fundações é o recalque diferencial, quando uma das sapatas sofre um afundamento diferente das outras em decorrência da redução de volume do solo. Por exemplo, muitas vezes a carga considerada nas sapatas é homogênea e elas são dimensionadas uniformemente como se fossem executadas todas na mesma resistência do solo. Porém, na prática sabemos que isso não ocorre, os pontos podem ter diferenças, ou seja, uma sapata pode deslocar verticalmente mais que as outras por ter sido considerada uma carga de projeto menor que a carga in loco. Esse fenômeno depende principalmente de dois fatores: da carga aplicada sobre a fundação e da resistência do terreno no ponto de contato. Para Gobbi (2014), os bulbos de tensão são maiores em sapatas do que em estacas, nas estacas eles atingem um volume muito próximo da periferia das estacas, ao contrário das sapatas.

Em consequência do mencionado acima, as fissuras que surgem na parede geralmente são altas e verticais, com aberturas em ângulo, bem mais largas na parte superior e com o passar de algum tempo, essa acomodação costuma cessar (Verçoza, 1991).

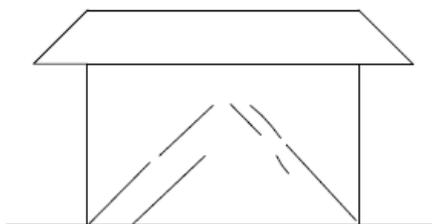


Figura 2 – Recalque diferencial de sapata no centro da estrutura (Fonte: Verçoza, 1991)

Thomaz (2002) enfatiza: “a capacidade de carga e a deformabilidade dos solos não são constantes” e são função dos seguintes fatores: tipo e estado do solo, localização do lençol freático, carga da fundação, tipo de fundação (direta ou profunda) e cota de apoio da fundação, além da dimensão e formato da placa da sapata.

Infelizmente, ainda é comum encontrarmos aterros executados sem controle de qualidade e por essa questão é indicado que não se execute fundações diretas sobre aterros, exceto quando o aterro foi dimensionado e sondado para este fim. As sapatas costumam não dar transtornos quando estão assentadas sobre solo natural e de boa qualidade, por isso é importante que elas estejam na profundidade adequada até encontrar a cota de solo natural, mesmo que atravessem terrenos aterrados (Marcelli, 2010).

Os projetos mal dimensionados e a falta de sondagens do terreno estão entre as principais causas de ocorrência de recalques de fundações. No caso de duas sapatas que foram calculadas para o assentamento em uma mesma resistência do solo, considerando que a primeira camada seja aparentemente incompressível e abaixo desta camada o solo seja compressível, pode haver um recalque não previsto da sapata de maior dimensão devido ao bulbo de pressão atingir a camada de solo ruim (Verçoza 1991). Lembrando que de acordo com a NBR 6122/2010 a largura da base da sapata não pode ser inferior a 60 cm e nas divisas com terrenos vizinhos a profundidade mínima é igual a 1,50 m.

2.4 Deformabilidade de solo argiloso

Nos solos e aterros argilosos a consolidação, fenômeno conhecido pela mudança de volume devido ao escoamento da água da chuva pelos poros, ocorre lentamente podendo durar vários anos e alterar o módulo de deformação do solo, o que explica a demora da estabilização das trincas decorrentes de recalque em solos menos permeáveis. Além disso, é importante citar que nos solos coesivos, como a resistência e a deformabilidade não variam significativamente com a profundidade, uma sapata com área de base maior tenderá a recalcar mais que outra menor, visto que o bulbo de pressões afetará as profundidades maiores. (Thomaz, 2002).

A falta de homogeneidade dos solos é outra causa de recalque que ocasiona fissuras nas paredes, segundo Thomaz (2002).

2.5 Configuração típica de fissuras em alvenaria causadas por recalque de fundação

As fissuras decorrentes de recalque de fundações ocorrem devido a tensões de cisalhamento ou tensões de tração. Sendo assim, a alvenaria acima das aberturas de janelas e portas comporta-se como uma viga, fazendo com que a parte superior da abertura sofra tensões de tração e as tensões de cisalhamento ocorram nas proximidades dos apoios. Dessa maneira, se as tensões máximas surgirem nas vigas superiores centrais, há um indício de que o recalque está localizado na região central (Thomaz, 2002).

Geralmente o recalque de fundações gera a formação de fissuras inclinadas, com aberturas consideravelmente maiores e com a parte horizontal sobre o ponto de maior recalque. Além disso, a formação de escamas nas fissuras indica um local onde ocorreu tensão de cisalhamento (Thomaz, 2002).

Thomaz (2002) indica que em recalques acentuados é provável que aconteça uma variação das espessuras e tamanhos das fissuras presentes na edificação e elas podem acontecer em função de diversas variáveis dependendo da geometria e enrijecimento da estrutura (emprego de cintamento, vergas e contra-vergas), juntas de dilatação, etc (Thomaz, 2002).

Ainda de acordo com Thomaz (2002), quando a edificação se encontra com carregamento uniforme, podem ocorrer os casos de recalque indicados nas figuras 3 (a) e 3 (b) a seguir:

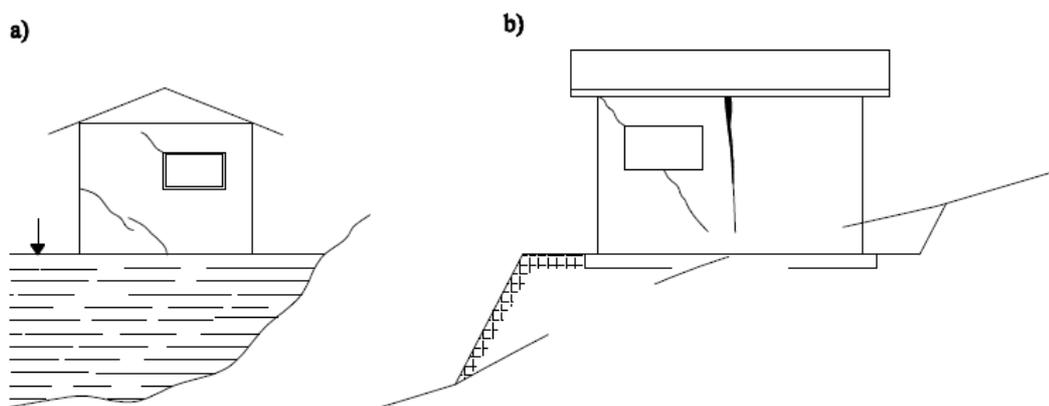


Figura 3 – a) Recalque por consolidações distintas do aterro carregado; b) Fundação assentada sobre seção de corte e aterro com fissuras de cisalhamento e tração na alvenaria. (Fonte: Thomaz, 2002)

Característica marcante do recalque de fundação em construções de estrutura reticulada são as trincas inclinadas com direção para o pilar que sofreu o maior afundamento vertical, resultante da fissuração por tração diagonal da parede, como mostrado na figura a seguir (Thomaz, 2002):

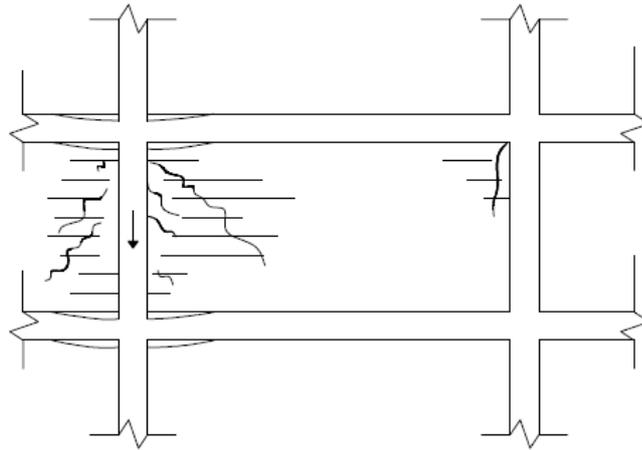


Figura 4 – Recalque diferencial: surgem trincas inclinadas na direção do pilar que sofreu recalque (Fonte: Thomaz, 2002)

3 DESCRIÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

3.1 Materiais e Métodos

O estudo de caso foi realizado em uma residência térrea de alvenaria financiada pelo programa da Caixa Econômica Federal no município de Panambi no noroeste do estado do Rio Grande do Sul. A edificação de 69,90 m² apresenta diversas manifestações patológicas e, a partir da revisão bibliográfica apresentada anteriormente, será realizado um estudo para o correto diagnóstico das fissuras encontradas. No exato momento, o morador aguarda seguimento do processo judicial para a execução das medidas corretivas. Esse caso específico foi concluído a partir de detecção e inspeção visual, registro fotográfico, identificação dos materiais empregados e entrevista com o proprietário do imóvel sobre as várias etapas do processo.

O imóvel fica localizado na Rua Irã, nº 95, no Bairro Medianeira, na cidade de Panambi e foi concluído em abril de 2012. Trata-se de um terreno de esquina, com acentuada inclinação, onde foi realizada uma compensação de aterros. A casa possui dois quartos, dois banheiros, uma cozinha e uma sala. As esquadrias são de madeira e a parede é rebocada e pintada. O serviço público atende a todas as necessidades do local: energia elétrica, iluminação pública, canalização pluvial e cloacal, pavimentação das ruas, telefonia, sistema de coleta de lixo, transporte coletivo e abastecimento com água tratada.



Figura 5 – Vista superior identificando o terreno de esquina (Fonte: Google Earth, 2014).



Figura 6 – Imagem da fachada da residência (Fonte: Arquivo Pessoal, 2015).

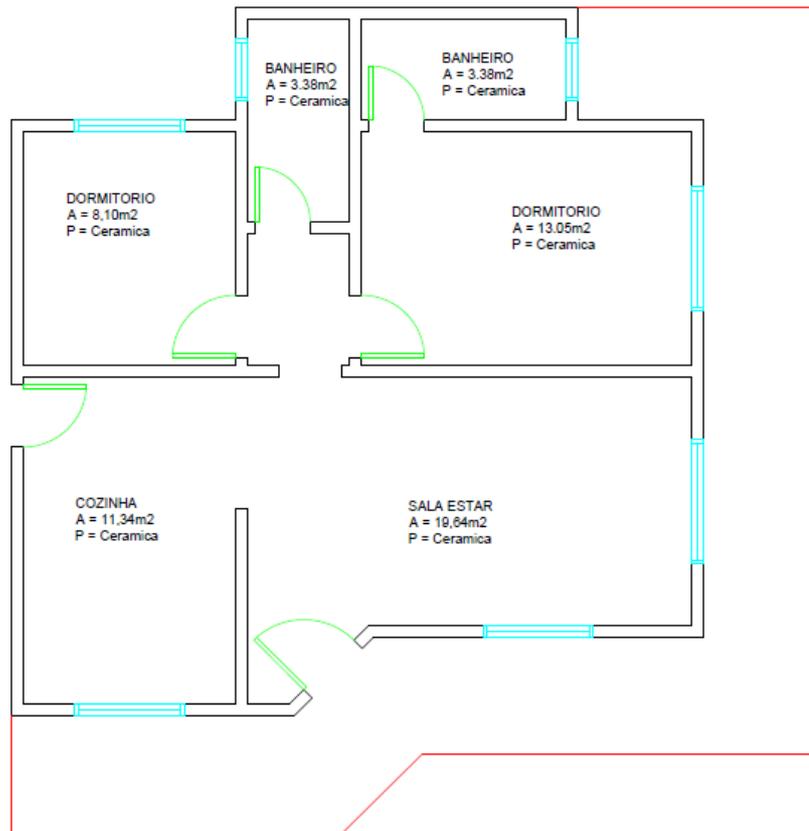


Figura 7 – Planta baixa da casa em estudo (Fonte: Arquivo Pessoal, 2015).

3.2 Resultados e Discussão

3.2.1 Diagnóstico das fissuras da casa de alvenaria

Na casa foram encontradas fissuras de diversos tamanhos, dimensões, espessuras e inclinação, o que leva a pensar que o recalque em algum ponto é bem acentuado. Para a conclusão de que o principal fator a considerar foi o recalque das fundações, inicialmente observou-se o seguinte:

- A casa foi executada em um terreno com inclinação acentuada, com seção de corte e aterro, indicando que o aterro pode não ter sido bem compactado.
- A fundação da casa é composta de sapatas e muros de arrimo. Pelo que relata o morador, as sapatas das extremidades foram executadas em solo firme, porém as sapatas centrais foram executadas sobre o aterro, o que nos faz pensar que a parte central tinha chances de sofrer o maior recalque.
- O solo do local é bom, trata-se de solo argiloso, mas por isso leva anos para seu completo adensamento, fazendo com que as fissuras demorem a estabilizar.

Posteriormente foram respondidas as perguntas apresentadas no item 2.1, para a complementação da inspeção:

- a) O aterro foi executado sobre solo inclinado, na compensação de corte e aterro.
- b) O aterro não foi executado com solo impróprio.
- c) O aterro provavelmente foi executado com remoção da camada superficial de solo mole.
- d) Não podemos delimitar se as camadas foram executadas com a espessura adequada de 20 cm.
- e) Não podemos definir se a compactação das camadas foi adequada.
- f) Os taludes foram protegidos adequadamente.
- g) Não existe a possibilidade de alguma obra executada posteriormente ter afetado o bulbo da casa em análise.
- h) As águas pluviais não estão sendo lançadas em local inadequado.
- i) O corte apresenta inclinação acentuada.

Por fim, foram inspecionadas as fissuras, observando a direção, altura e espessuras das mesmas nas paredes, os desníveis e a presença de fissuramento no piso, a indicação de tensão de cisalhamento ou tração, a fim de diagnosticar onde ocorreu o maior recalque, ou seja, em qual local ocorreu consideravelmente o adensamento do solo e sua posterior redução de volume. É isso que mostraremos nas figuras a seguir:



Figura 8 – Imagens de três fissuras transversais na calçada na fachada frontal, indicando maior recalque em direção ao ponto em que o aterro apresenta maior espessura (Fonte: Arquivo Pessoal, 2015).



Figura 9 – Fissura longitudinal na calçada da fachada frontal, indicando redução de volume do aterro no ponto localizado (Fonte: Arquivo Pessoal, 2015).



Figura 10 – Fissura diagonal na parede no canto superior da abertura, a espessura é pequena, mas indica rompimento devido à tração e se “deita” para o ponto de maior recalque (Fonte: Arquivo Pessoal, 2015).



Figura 11 – Fissuras horizontais em cima do ponto de maior recalque (Fonte: Arquivo Pessoal, 2015).



Figura 12 – Vista lateral, muro de arrimo com espessura do aterro (Fonte: Arquivo Pessoal, 2015).



Figura 13 – Aproximação da fissura da Figura 11. Rachadura horizontal rompida por tensões de tração sobre ponto de maior recalque, na divisa da cozinha com a sala (Fonte: Arquivo Pessoal, 2015).

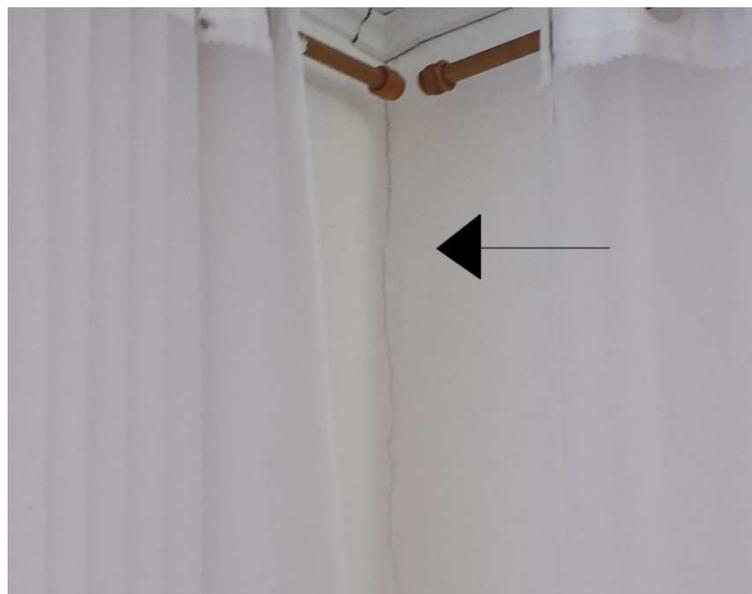


Figura 14 – Fissura vertical no canto superior da sala, fissura de tração devido ao giro da estrutura (Fonte: Arquivo Pessoal, 2015).



Figura 15 – Trincas na mesma janela indicando a direção do recalque, que fica ao lado esquerdo da janela da cozinha (Fonte: Arquivo Pessoal, 2015).



Figura 16 – Aumento da trinca da figura 15, as fissuras tendem a deitar para o lado do recalque (Fonte: Arquivo Pessoal, 2015).



Figura 17 – Indicação do rebaixamento do piso no centro da casa (Fonte: Arquivo Pessoal, 2015).



Figura 18 – Fissura horizontal na sala divisa com a suíte (Fonte: Arquivo Pessoal, 2015).

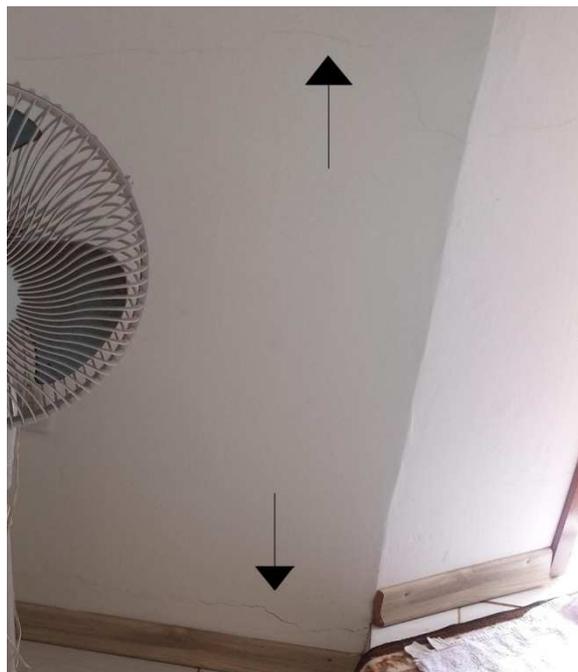


Figura 19 – Fissura horizontal na sala divisa com a porta de entrada (Fonte: Arquivo Pessoal, 2015).



Figura 20 – Fissuras diagonais na entrada dos quartos, elas aparecem dos dois lados da parede (Fonte: Arquivo Pessoal, 2015).

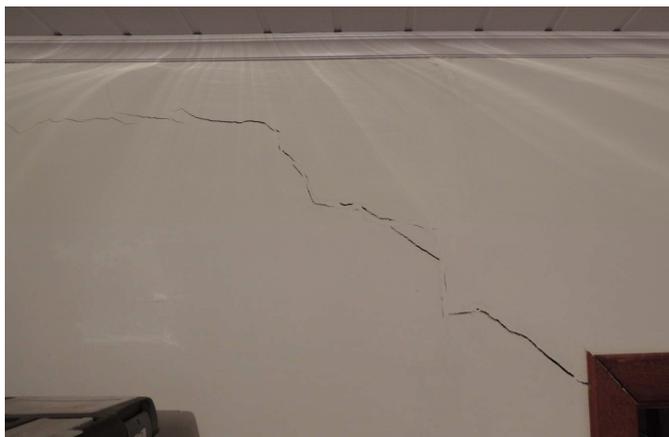


Figura 21 – Aproximação da fissura da Figura 20 vista da parte interna do quarto de visita, indica ruptura por tração na parte diagonal e cisalhamento na parte mais ao centro (Fonte: Arquivo Pessoal, 2015).

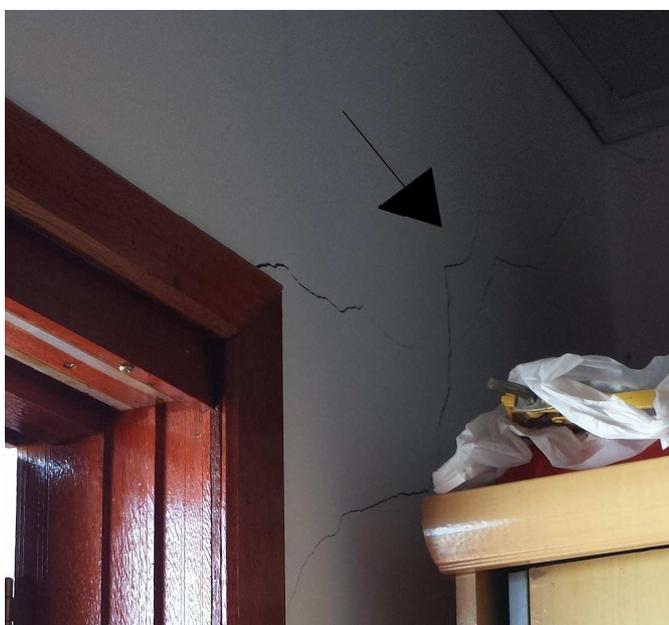


Figura 22 – Fissura diagonal na janela do quarto de visita (Fonte: Arquivo Pessoal, 2015).

Os danos físicos foram ocasionados por defeitos construtivos vistos após a execução da alvenaria, conforme a compactação do aterro com a ação deletéria do tempo e a infiltração da água da chuva no terreno. Nos alicerces das alvenarias não há sinais de infiltração.

De acordo com as figuras apresentadas, as fissuras são inclinadas ou horizontais (dependendo do ponto de ocorrência), com espessuras consideráveis no eixo superior das paredes e predominantemente decorrentes de tensões de cisalhamento e tração, sendo a maioria devido às forças de tração. Outra questão que intensifica a certeza de que o resultado das fissuras é o recalque das fundações é a crescente abertura das fissuras, ou seja, indica que o aterro com solo argiloso não alcançou o total adensamento e continua a reduzir seu volume, compactando. Essa análise foi feita segundo relato do morador, que contou que algumas vezes

tentou esconder as fissuras com massa e pintura e mesmo assim elas voltavam a aparecer com maiores espessuras.

Analisando as inclinações das fissuras, concluiu-se que a parte central apresenta o recalque mais crítico do solo aterrado. A figura a seguir aponta para as 2 duas regiões de maior recalque:

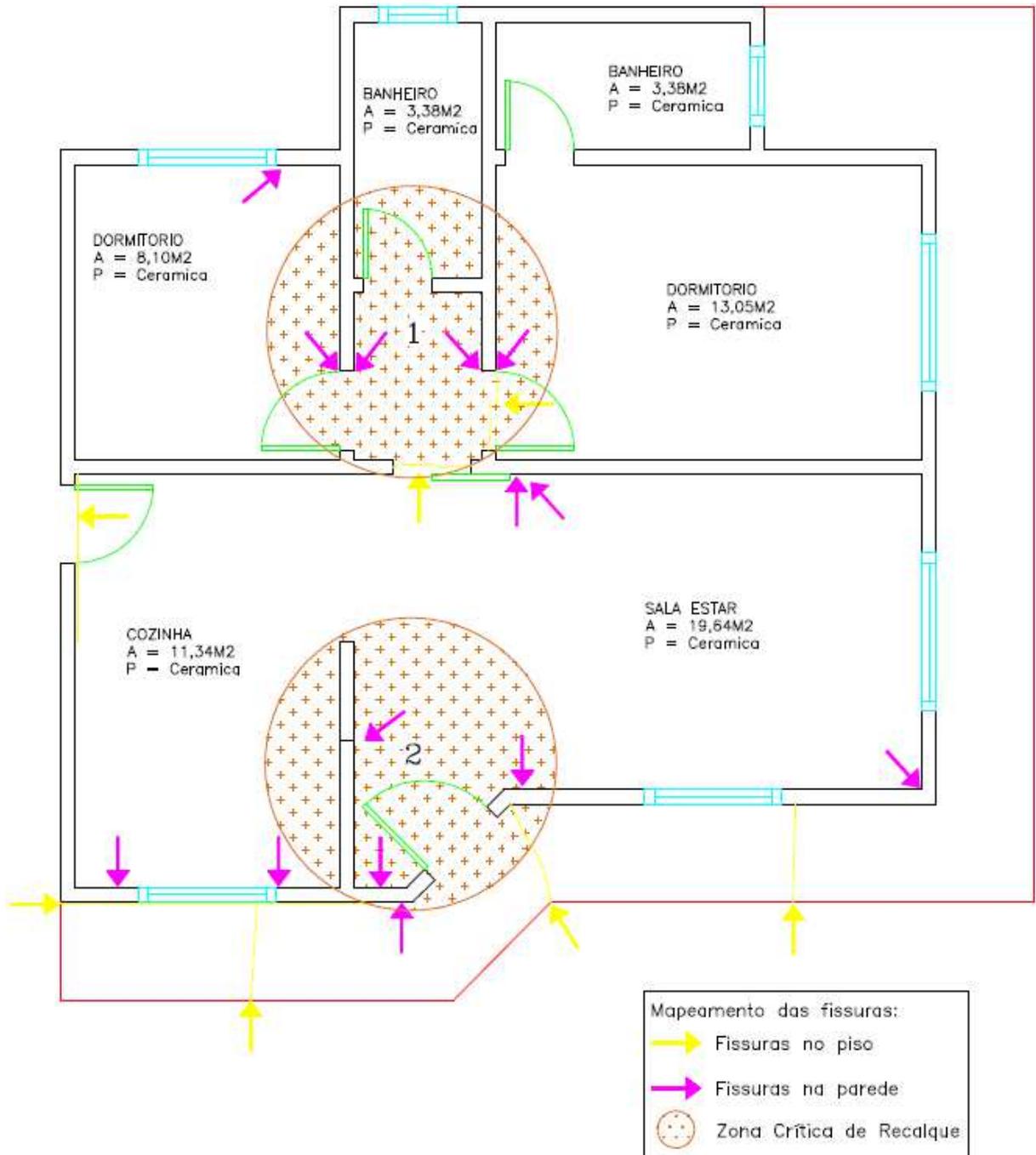


Figura 23 – Planta baixa com mapeamento das fissuras e indicação das zonas críticas de recalque. (Fonte: Arquivo Pessoal, 2015).

Após a definição das duas regiões de maior recalque, também se observou que a caixa d'água encontra-se posicionada no centro da casa, exatamente em cima da região 1, ou seja, aumentando a carga aplicada nas fundações centrais e garantindo a teoria encontrada.

Entre as principais causas que favoreceram o recalque das fundações, estão:

- Falta de homogeneidade do aterro: o solo argiloso utilizado para o aterro é de boa qualidade, porém o desnível acentuado do terreno favoreceu com que o ponto com maior espessura de aterro e o local no qual a fundação não se apoiou em solo firme sofressem o maior recalque, que no caso em estudo foi a região central da casa (Figura 24).
- Falha na execução das sapatas: a execução sem fiscalização e sobre solo instável permitiu o recalque.
- Cálculo da carga aplicada: em uma casa pequena, pode ser que o carregamento considerado tenha sido uniforme, distribuindo a mesma resistência característica de projeto para as fundações. Porém, o carregamento não é uniforme. Por exemplo, na parte central da construção, a carga aplicada é aumentada devido à instalação do reservatório.

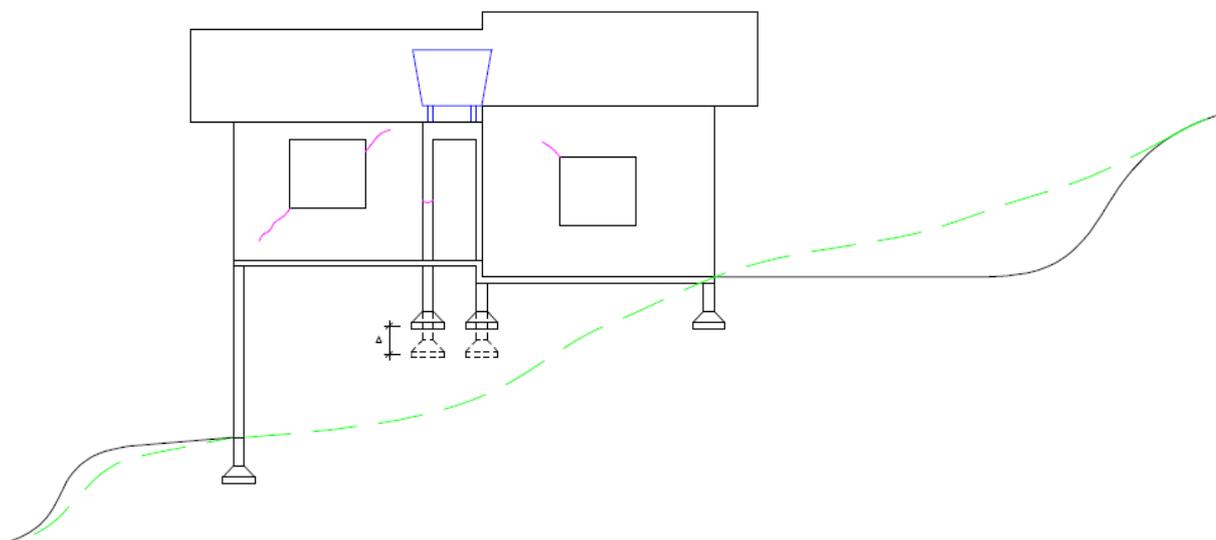


Figura 24 – Fachada com seção de corte e aterro, com indicação das fundações que sofreram maior recalque, posição da caixa d'água e direção de algumas fissuras (Fonte: Arquivo Pessoal, 2015).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A compactação do terreno e a fundação são partes imperceptíveis para um leigo ao conhecer uma edificação, mas se algo der errado em algum desses itens, certamente eles se

tornarão a parte principal. É dever do engenheiro garantir que a base da construção seja executada de maneira adequada, visando um imóvel com segurança, estabilidade e durabilidade, afinal, para muitas famílias a casa própria é o investimento principal.

As fundações mal executadas ou a carga aplicada maior que a capacidade resistente das fundações são as principais causas do recalque de fundação. Como vimos no presente artigo, os danos físicos oriundos de recalque de fundações além de comprometerem a estabilidade da edificação, resultam em trincas de espessuras elevadas ocasionando um mau aspecto da construção e esse fenômeno abala não apenas a estrutura física da casa, mas o sentimento das pessoas.

Porém, quando infelizmente as fissuras surgirem devido a má fiscalização e execução da obra, deve-se atentar para o acompanhamento das manifestações patológicas. É importante observar a estabilização das aberturas das trincas e o surgimento de novas fissuras, pois a recuperação só deverá ser feita se for comprovada a estabilidade do recalque de fundação. E como afirma Thomaz (2002): “Em caso contrário, deve-se combater inicialmente a causa dos recalques, empregando-se técnicas de consolidação do terreno (compactação ou injeção de nata de cimento) ou de reforço de fundação (cachimbos, estacas laterais, estacas mega)”.

Executar uma obra bem feita, com planejamento, fiscalização, sondagem e no tempo adequado de cada serviço, continua sendo a opção mais econômica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

GOBBI, F. **Patologia das fundações**. Notas de aula Unisinos em: 06 jun. 2014.

MARCELLI, M. **Sinistros na construção civil**: causas e soluções para danos e prejuízos em obras. São Paulo: Editora PINI, 2010.

OLIVEIRA, A. M. **Fissuras, trincas e rachaduras causadas por recalque diferencial de fundações**. Monografia, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 96 p, 2012.

THOMAZ, E. **Trincas em edifícios**: causas, prevenção e recuperação. São Paulo: Editora PINI, 2002.

VERÇOZA, E. J. **Patologias das edificações**. Porto Alegre: Sagra, 1991.