Anais do Congresso Brasileiro de Patologia das Construções - CBPAT 2018

Abril de 2018

MONITORAMENTO DE FISSURAS E TRINCAS COMBINADO COM TESTE DE CARGA EM UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR CONSTRUIDA SEM PROJETOS DE ENGENHARIA

MONITORING OF FISSURES COMBINED WITH LOAD TEST IN A UNIFAMILIARY RESIDENCE BUILT WITHOUT ENGINEERING PROJECTS

L. C. DE OLIVEIRA
Mestrando de Engenharia Civil
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
PARANÁ; BRASIL
contato@confienge.com

A. MEDEIROS
Professor, Adjunto I
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Paraná; Brasil
arthurmedeiros@utfpr.edu.br

W. MAZER
Professor Titular
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Paraná; Brasil
wmazer@utfpr.edu.br

RESUMO

É recorrente no Brasil a construção de imóveis residenciais sem os devidos projetos de engenharia. Com isso, construções que apresentam manifestações patológicas se tornam mais complexas de serem analisadas frente a inexistência de projetos de fundações, superestrutura, hidrossanitários, entre outros. Por um período de dois meses foi realizado o monitoramento de fissuras e trincas na residência junto com a realização de teste de carga em uma laje apoiada nas paredes de alvenaria e pilar/viga/laje de concreto, pois havia o interesse de se construir um telhado sobre a laje. O teste de carga foi realizado com o intuito de representar a solicitação do futuro telhado a fim de analisar a estabilidade do imóvel fissurado. O monitoramento das fissuras e trincas foram feitos com lâminas de vidro ancoradas nas estruturas com resina epóxi (parte externa) e com pastilhas de gesso aderidas ao substrato com gesso cola (parte interna). O teste de carga foi realizado utilizando baldes de água para carregar a estrutura o qual recebeu o telhado. A estrutura teve um comportamento estável, porém antes de realizar o carregamento notou-se o rompimento de alguns selos externos devido a grande amplitude térmica no dia do teste de carga.

Palavras-chave: Monitoramento Estrutural. Teste de Carga. Fissuras e Trincas em Alvenaria.

ABSTRACT

It is recurrent in Brazil the construction of residential buildings without the proper engineering projects. Herewith, constructions that presented pathological functions become more complex to be analyzed in the absence of foundations, superstructure, hydrosanitary, among others projects. For a period of two months was monitoring cracks in the house together with a load test performance in an area supported on masonry walls and column/beams/slab of concrete, there is an interest in constructing a roof over the slab. The load test was performed in order to represent a request for the future roof in order to analyze the stability of the cracked property. The monitoring of cracks used factories with glass targets anchored in structures with epoxy resin (outside) and with gypsum inserts adhered to the substrate with plaster glue (inside). The load test was performed using buckets of water to load a slab intended to build the roof. The structure had a stable behavior, but before carrying out the loading it was noticed the rupture of some external seals due to the high thermal amplitude on the day of the load test.

Keywords: Structural Monitoring. Load Test. Fissures and cracks in masonry.

1. INTRODUÇÃO

Dentre os inúmeros problemas patológicos que afetam os edifícios, sejam eles residenciais, comerciais ou institucionais, particularmente importante é o problema das trincas, devido a três aspectos fundamentais: o aviso de um eventual estado perigoso para estrutura, o comprometimento do desempenho da obra em serviço (estanqueidade à água, durabilidade, isolação acústica, etc.) e o constrangimento psicológico que a fissuração do edifício exerce sobre seus usuários (Thomaz, 2014).

Helene (2014) frisa a importância de atentar para os sinais de comportamento inadequado das estruturas de uma edificação. Um sinal visível, e muito comum, de que existe algo a ser observado em uma construção que, possivelmente, tenha a sua integridade abalada é o surgimento de fissuras. Nesses casos é fundamental mapear o quadro fissuratório e monitorar a evolução das fissuras para que possam avaliar quais as causas e os efeitos da perda de integridade.

Corroborando com Thomaz (2014) e Helene (2014), Caporrino (2015) afirma que as trincas são consideradas de grande importância dentre as manifestações patológicas, pois podem significar o aviso de um possível colapso da estrutura, o comprometimento do desempenho da execução, além do abalo psicológico que exercem sobre as pessoas.

Em alguns casos, as fissuras aparecem devido a falhas no dimensionamento dos elementos estruturais, deficiência em materiais utilizados nas construções e até mesmo o excesso de carga sendo aplicado em uma determinada região da edificação. No caso do desconhecimento dos dados referentes ao projeto, execução e histórico de utilização, e tendo o intuito de avaliar a segurança estrutural (estabilidade, idoneidade, nova utilização, etc.), Oliveira (2006) recomenda a realizar um ensaio de prova de carga.

Segundo Cánovas (1988) apud Helene (2014), a prova de carga consiste basicamente em colocar, sobre a estrutura ou em parte dela, cargas verticais iguais ou superiores às que devem ser suportadas em condições normais, com o objetivo de observar o comportamento estrutural, avaliando se esse comportamento é satisfatório e condiz com o previsto em projeto.

Ao realizar o teste de carga, é esperado que a estrutura responda de acordo com as solicitações impostas. As reações oriundas das adições de cargas geralmente são: flechas, movimentações horizontais/verticais (recalques), surgimento de novas fissuras e até mesmo o acréscimo dimensional das existentes. A fim de monitorar o surgimento e progressão de um painel de fissuras, Klein e Silva Filho (2009) apud Helene (2014) recomendam utilizar os seguintes procedimentos:

i. Realizar o mapeamento das fissuras, informando a localização e as características (espessura, extensão, forma, etc.) das mesmas. O mapeamento deve ser esquemático e de fácil entendimento, geralmente apresentado em um corte da planta arquitetônica;

ii. É recomendado que em algumas fissuras se realize a extração de camadas superficiais, a fim de avaliar se a manifestação patológica é apenas superficial ou atinge camadas mais internas da estrutura;

iii. Com o intuito de identificar os movimentos que causaram as fissuras, o inspetor/perito deve se atentar aos deslocamentos que gerem tensões de tração. Por isso, é importante fazer um bom mapeamento das fissuras que possibilite ter uma visão sistêmica da estrutura e observar os pontos críticos e de possíveis surgimentos de manifestações patológicas;

iv. Após o entendimento das possíveis movimentações da estrutura, deve-se fazer a aplicação de sensores (selos, lâminas, targets, etc.) nas fissuras mais significativas;

v. Com os sensores instalados, deve-se registrar o início e o fim da lesão. Sempre que for efetuada a aferição da integridade dos marcadores, registrar informações como data, hora, temperatura, espessura, comprimento e qualquer outra variável que julgar importante e que causará alguma interferência no monitoramento estrutural;

viii. As leituras dos sensores devem obedecer uma periodicidade, que podem ser diárias, semanais, quinzenais ou mensais. Deve-se fazer o registro de informações pertinentes como: extensão, abertura, temperaturas, etc;

ix. Com o intuito de aferir a evolução das fissuras, é feito o registro dos valores aferidos através da observação dos sensores para detectar de existem variações cíclicas (movimentações térmicas) ou monotônicas.

x. Ao final, é emitido um laudo sobre a atividade das fissuras, utilizando os dados obtidos nas leituras.

Em relação as dimensões das fissuras, a norma de desempenho referente a vedações verticais internas e externas (NBR 15.575-4) determina limitações dos deslocamentos horizontais para paredes com função de vedação. Segundo a norma, quando a altura do elemento parede possuir 2,8 metros de altura, os deslocamentos horizontal instantâneo e horizontal residual devem ser menores ou iguais à 8 mm e 1,6 mm, respectivamente. Levando em consideração a estrutura de concreto armado, as fissuras podem ter uma abertura máxima de 0,2mm (NBR 6118:2007, apud Filho e Helene 2011).

2. METODOLOGIA

2.1 Monitoramento de fissuras

2.1.1 Objeto de monitoramento

O imóvel monitorado está localizado na cidade de Curitiba/PR e sua ocupação consistem em uma residência unifamiliar (Figura 1). O objeto de estudo possui área total de construção de aproximadamente 122m^2, e 325 m^2 de área de terreno, sendo unicamente de pavimento térreo.

Figura 1 — Localização do objeto de inspeção



Fonte: Google Earth, 2017.

Segundo o proprietário da residência, a edificação foi construída em 2 fases (Figura 2). A primeira fase, denominada de "estrutura 1", foi construída no ano de 1970. Já a ultima fase teve a sua construção no ano de 1995. O dono do imóvel frisou que ambas as fases foram executadas sem projeto de engenharia.

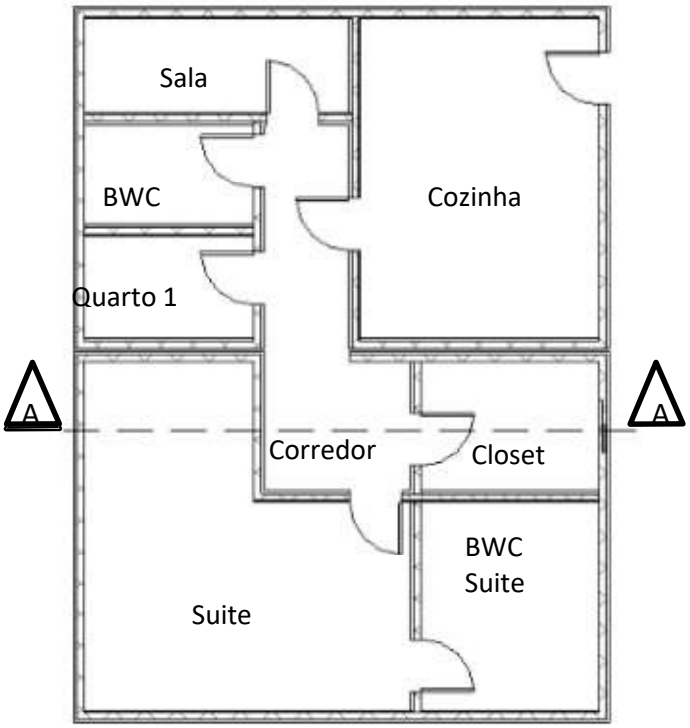
Figura 2 — Etapas de construção da residência



Fonte: Adaptado de Google Earth, 2017.

Em visita a edificação, foi identificado a presença de várias fissuras e trincas, essas identificadas como consequência de fatores como: possível recalque de fundações (desconhecidas), variações térmicas e movimentações diferenciais entre as estruturas 1 e 2. Para facilitar a compreensão da localização das fissuras, as Figuras 3 e 4 apresentam o imóvel em planta e em corte, respectivamente. Na representação da residência em corte, está destacada a localização da manifestação patológica.

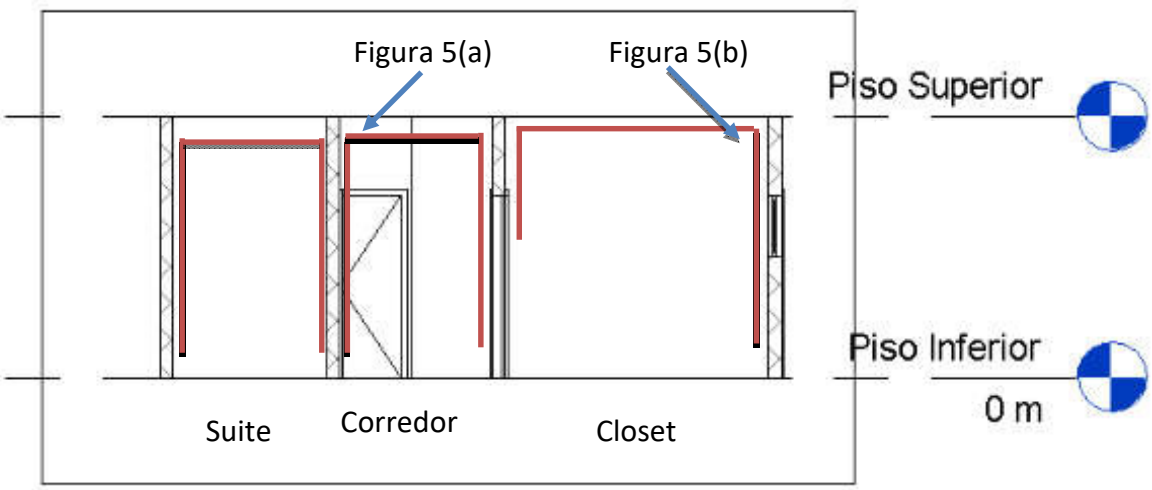
Figura 3 — Planta residencial (sem escala)



Fonte: Autor, 2017.

É apresentado o corte AA, presente na Figura 3, na Figura 4.

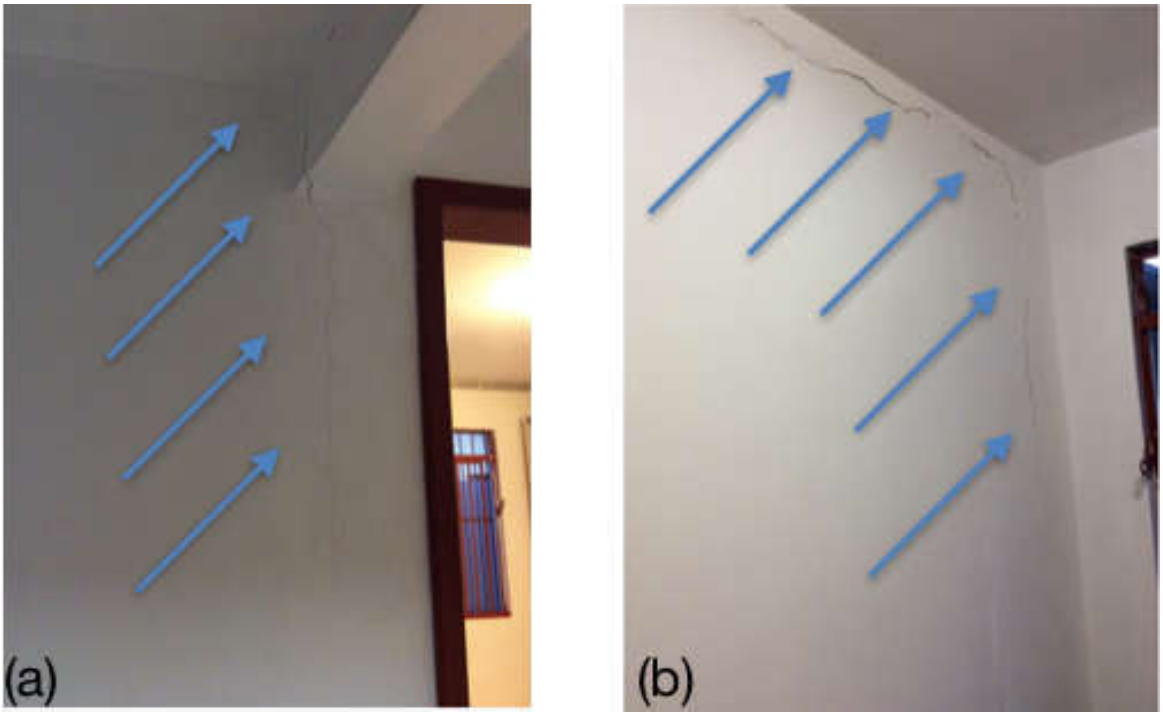
Figura 4 — Corte AA (sem escala)



Fonte: Autor, 2017.

As Figuras 5(1) e 5(b) apresentam as fissuras presentes no corredor e *closet*, respectivamente.

Figura 5 — (a) Trinca na parede interna do corredor e (b) Trinca na parede interna do *closet*



Fonte: Autor, 2017.

Foi observado que as trincas se manifestavam tanto na parte interna da residência quanto na parte externa. Na Figura 6 é apresentado a parte externa do imóvel.

Figura 6 — Trincas na parede externa do closet/cozinha



Fonte: Autor, 2017.

A trinca presente na suíte também se manifestava na parede externa da residência que faz divisória com o quarto 1, como pode ser visto na Figura 7.

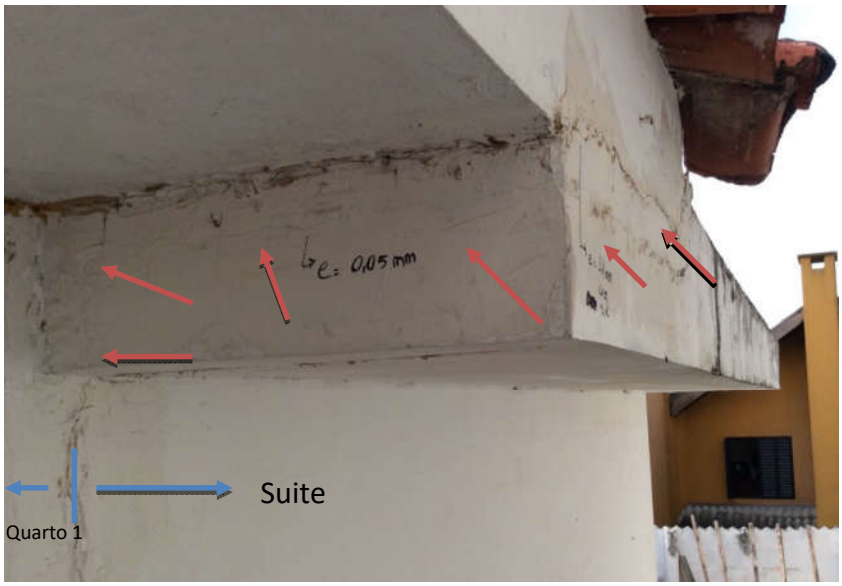
Figura 7 — Trincas presente na parede externa da suíte/quarto 1



Fonte: Autor, 2017.

As manifestações patológicas referentes a fissuração foram encontradas entre a interface da cobertura da estrutura 1 (referente ao quarto 1) e estrutura 2 (referente a suíte), como é apresentado na Figura 8.

Figura 8 — Trincas presente na cobertura externa da suíte/quarto 1



Fonte: Autor, 2017.

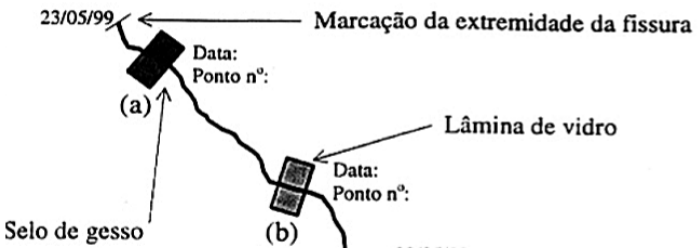
2.1.2 Selos de Monitoramento

Para fazer a análise da estabilidade das fissuras e trincas, se fez necessário a instalação de selos de gesso e lâminas de vidro. Segundo Filho e Helene (2011) existe inúmeras formas de monitorar fissuras em estruturas, dentre estas selo de gesso e lâmina de vidro.

A utilização de lâminas finas de gesso além de ser uma técnica simples de monitoramento de fissuras é de fácil instalação. Devido o gesso possuir baixa resistência e ser um material frágil, qualquer movimentação da fissura monitorada causará ruptura do selo. Porém, está técnica não pode se aplicada ao ar livre devido a grande reatividade do gesso com a água.

Para a utilização em ambientes externos, o mais indicado é a lâmina de vidro fixadas com adesivos. A Figura 9 exemplifica a utilização destes dois métodos.

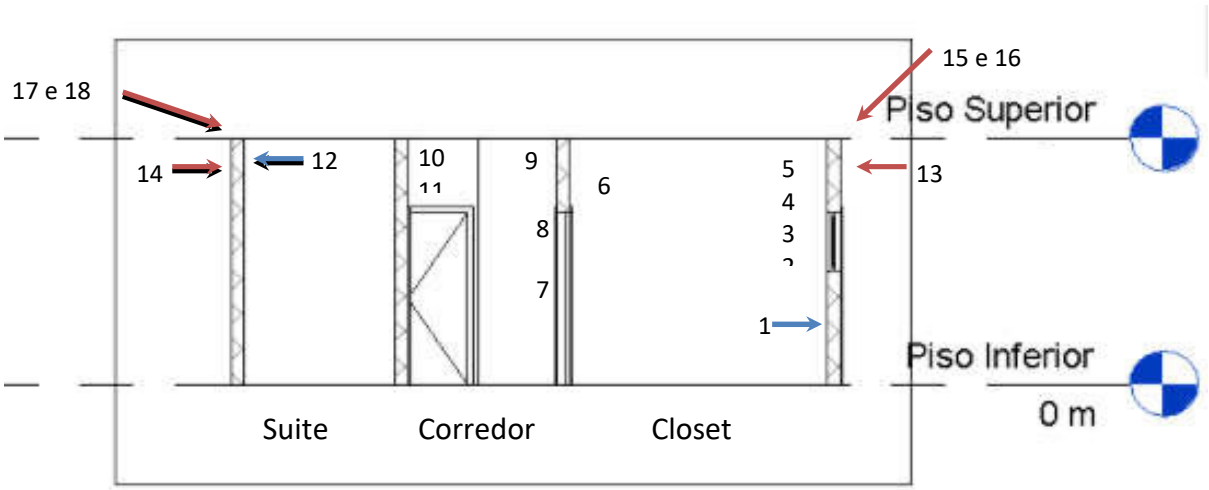
Figura 9 — Formas de instrumentação para controle da abertura de fissuras



Fonte: Filho e Helene, 2011.

Utilizando o conceito de monitoramento estrutural apresentado por Filho e Helene (2011), foram instalados 18 selos de monitoramento de fissuras e trincas ao longo das manifestações patológicas. A Figura 10 apresenta os pontos de instalação dos selos de monitoramento.

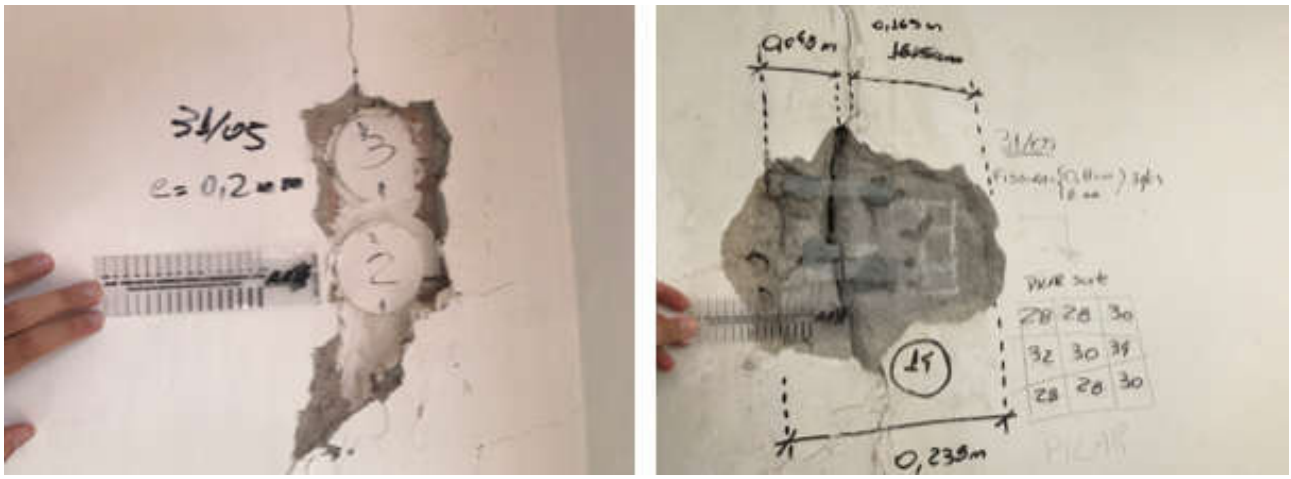
Figura 10 — Representação esquemática da localização dos selos de monitoramento estrutural no corta AA



Fonte: Autor, 2017.

Os selos de 1 à 12 são confeccionados em gesso. Na Figura 11, é apresentado a instalação dos selos 2 e 3. Na parte externa da residência, foram instalados as lâminas de vidro 13, 14, 15, 16, 17 e 18 para o monitoramento de movimentações e estabilidade das fissuras e trincas nas áreas externas.

Figura 11 — Selos de monitoramento interno 2 e 3 (gesso) e Selos de monitoramento externo 14 (vidro)



Fonte: Autor, 2017.

2.2 Teste de carga

A fim de garantir a estabilidade da edificação referente a estrutura 2, visto que o proprietário tinha a intenção de construir um telhado sobre a laje existente, foi solicitado os seguintes projetos: estrutural, arquitetônico e fundações.

Na ausência da apresentação dos projetos, que segundo o contratante ambas as estruturas da residência haviam sido construídas sem a orientação e supervisão de engenheiros, foram levantadas algumas possibilidades para aferir a real estabilidade da edificação. A primeira sugestão levava em conta realizar os seguintes ensaios: extração de testemunho e esclerometria para aferir a resistência e homogeneidade da estrutura de concreto armado; exumação das fundações para descobrir qual o sistema utilizado para transmissão de carga para o solo; ensaio SPT (Standard Penetretion Test) para levantamento das características do solo; escarificação das vigas, pilares e laje afim de descobrir qual a seção transversal das armaduras das estruturas, para assim modelar a edificação em *software* estrutural e descobrir como o conjunto da superestrutura da residência se comporta. Visto o elevado custo e tempo para execução dos serviços, essa primeira sugestão foi descartada pelo contratante.

A segunda opção foi realizar um teste de carga no local que seria construído a cobertura (Figura 12), utilizando como base apenas os carregamentos do telhado a ser instalado. Neste teste de carga seriam utilizados os selos de gesso e lâminas de vidro como referencias de movimentação da estrutura.

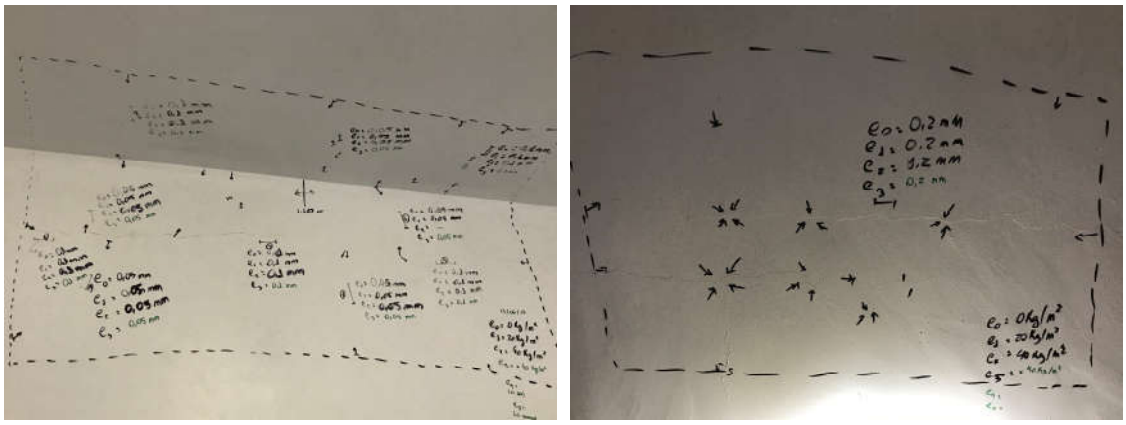
Figura 12 — Local que foi realizado o teste de carga (laje superior estrutura 2)



Fonte: Autor, 2017.

Também foram escolhidas 2 regiões internas na residência, com aproximadamente 1m^2 (Figura 13), para monitorar as fissuras existentes e o possível surgimento de novas patologias.

Figura 13 — Panos de monitoramento de fissuras (pano 1 - esquerda: centro da viga lateral da suite; pano 2 - direita: centro da laje da suite)



Fonte: Autor, 2017.

Para analisar a estabilidade da estrutura em questão, foi utilizado como base os procedimentos de teste de carga a ABNT NBR 9607:2012 - Prova de carga em estruturas de concreto armado e protendido. Optou-se pelo ensaio básico de prova de carga (tabela 1), onde a eficiência do carregamento varia entre 50% a 100% do admissível calculado no estado limite de serviço.

Tabela 1 - Classificação da prova de carga

Ensaio	Eficiência do Carregamento	Emprego
Básico	$0,5 < ¥ < 1,0$	- recepção de estruturas em condições normais de projeto e construção - estudo do comportamento da estrutura

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 9607:2012 (Autor, 2017)

Visando a menor solicitação possível oriunda da nova cobertura, foi imposto ao proprietário que o telhado a ser construído deveria ser da tipologia Shingle. Segundo projetista, o telhado dimensionado para a residência com inclinação de 16%, localizada entre residências mais altas e construída a uma cota mais baixa que os telhados do entorno (protegida das ações do vento), o carregamento adicional seria de 0,4 kN/m^2.

Para simular os esforços que a estrutura do telhado Shingle iria transmitir para a estrutura 2 (Figura 2), foram utilizados baldes de 18 litros cheios de água. Para cada metro quadrado de laje foram instalados 3 baldes, representado na Figura 14.

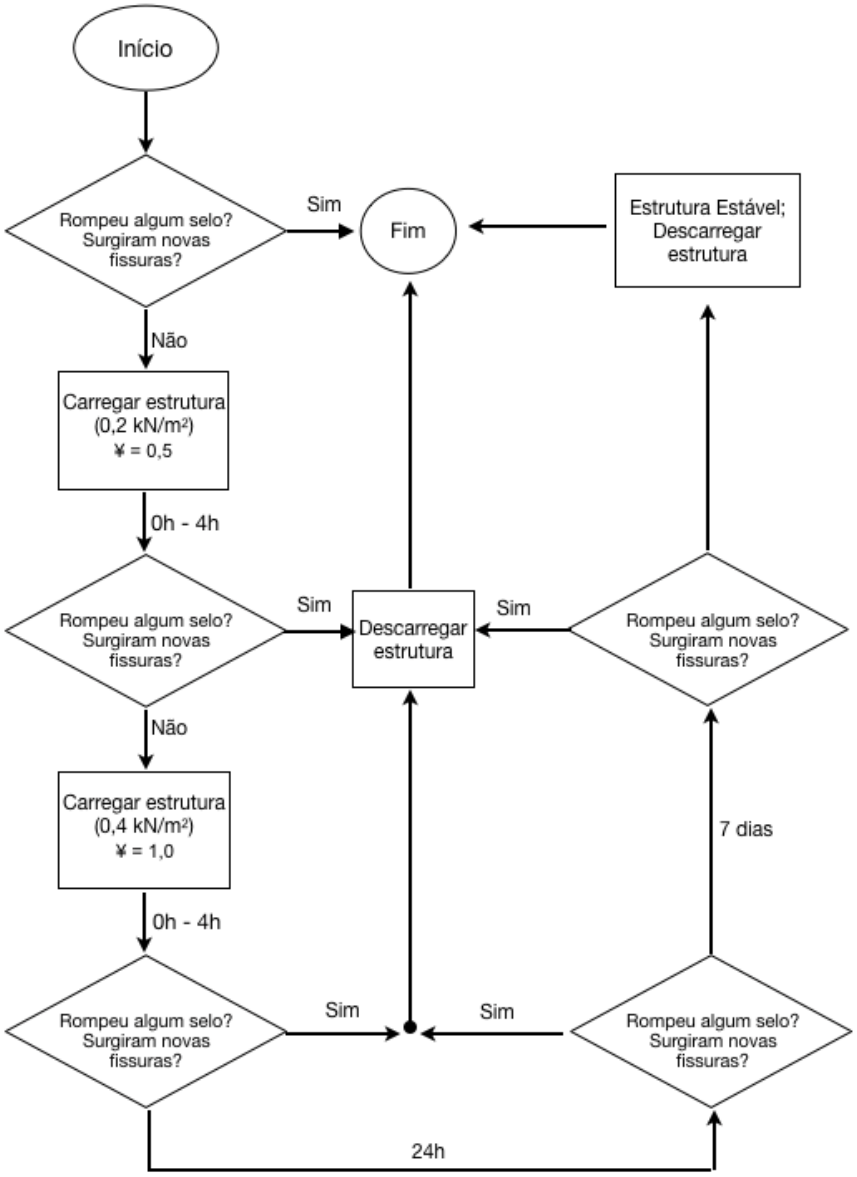
Figura 14 — Carregamento da estrutura 2



Fonte: Autor, 2017.

Assim, foi determinado que o carregamento da laje seria em duas etapas. A primeira etapa consistiu em instalar um carregamento de 0,2 kN/m² (¥ = 0,5) e a segunda elevar o carregamento para 0,4 kN/m² (¥ = 1,0). Na Figura 15, é apresentado um fluxograma que demonstra as rotinas, etapas e questionamentos feitos durante o teste de carga.

Figura 15 — Fluxograma do ensaio de teste de carga



Fonte: Autor, 2017.

Através do modelo supracitado, foi possível estabelecer um cronograma e atividades a serem realizadas antes, durante e após o ensaio de teste de carga.

3. RESULTADOS

Ao longo de 20 dias, foram monitoradas todas possíveis movimentações da estrutura 2, onde havia o interesse em fazer a instalação de uma estrutura em madeira (telhado *Shingle*) sobre a laje.
Na tabela 2 são apresentados os dias de leitura de cada selo junto com as informações do sobrecarregamento da estrutura 2 e a maior amplitude térmica registrada durante a semana.

Tabela 2 — Monitoramento de estabilidade global da estrutura 2

Data (Carga)	Número do Selo de Gesso												Número da Lamina de Vidro						Amplitude Térmica
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	ºC
31/05 (0kg/m²)	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	11
01/06 (0kg/m²)	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	13
07/06 (0kg/m²)	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	13
12/06 (0kg/m²)	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	R	R	E	E	R	16*
13/06 (0kg/m²)	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	13
13/06(20kg/m²)	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	13
13/06(40kg/m²)	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	13
13/06(40kg/m²)	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	13
14/06(40kg/m²)	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	13
21/06(40kg/m²)	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	12

Fonte: Autor, 2017.

Na tabela 2, a letra "**E**" significa que no dia da aferição do selo o mesmo encontravá-se "estável", logo intacto e integro. Na mesma tabela a letra "**R**" (em vermelho) significa que o selo estava "rompido" no dia da checagem, ou seja, houve uma movimentação que ocasionou a fratura ou deslocamento do selo/lâmina de monitoramento. As lâminas foram trocadas e deu início ao teste de carga.

Os panos de monitoramento de fissuras foram aferidos juntamente com os selos, com o interesse de observar se surgiram novas fissuras ou se aumentariam as espessuras das existentes. Na tabela 3 são apresentados os valores das dimensões das aberturas assim como a data e carregamento no ato da aferição.

Tabela 3 — Monitoramento dos panos de fissuras na suíte

Data (Carga)	Pano 1 [mm]										Pano 2 [mm]
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
13/06 (0kg/m²)	0,1	0,05	0,1	0,05	0,1	0,05	0,1	0,05	0,05	0,05	0,2
13/06 (20kg/m²)	0,1	0,05	0,1	0,05	0,1	0,05	0,1	0,05	0,05	0,05	0,2
13/06 (40kg/m²)	0,1	0,05	0,1	0,05	0,1	0,05	0,1	0,05	0,05	0,05	0,2
13/06 (40kg/m²)	0,1	0,05	0,1	0,05	0,1	0,05	0,1	0,05	0,05	0,05	0,2
14/06 (40kg/m²)	0,1	0,05	0,1	0,05	0,1	0,05	0,1	0,05	0,05	0,05	0,2
21/06 (40kg/m²)	0,1	0,05	0,1	0,05	0,1	0,05	0,1	0,05	0,05	0,05	0,2

Fonte: Autor, 2017.

As espessuras das fissuras foram monitoradas do dia 13 de junho (antes do carregamento) até o dia 21 de junho (finalização do teste de carga). Foi possível observar que a estrutura 2 teve um comportamento estável, sem que as fissuras existentes tivessem um acréscimo em suas dimensões e não houve aparecimento de novas manifestações patológicas.

4. CONCLUSÕES

Ao fazer o monitoramento das manifestações patológicas, foi observado que o rompimento das lâminas de vidro 14, 15 e 18 ocorreram devido a grande variação térmica que ocorreu no dia 11/06/2017. O rompimento das lâminas de vidro devido apenas a variação térmica registrada demonstra uma estabilidade estrutural, referente ao carregamento imposto, porém com fissuras ativas na parte externa da residência.

A estrutura se comportou de maneira estável mesmo durante o ensaio de teste de carga de 0,4 kN/m^2 e as causas mais prováveis do aparecimento das fissuras e trinca são: i. as estruturas 1 e 2 (Figura 2) terem sido construídas sem juntas de dilatação; ii. possível recalque na estrutura 2 devido a uma fossa séptica desativada de maneira desconhecida e sem acompanhamento de um engenheiro responsável.

As fissuras tiveram um comportamento dentro dos limites estipulados tanto pela parte 4 da norma de desempenho referente aos sistemas de vedações verticais internas e externas (SVVIE), quanto pela NBR 6118:2007.

Ao termino dos ensaios e finalizado o laudo, foi executado a construção do telhado.

5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto e construção de obras de concreto — Procedimento. Rio de Janeiro, 2014

_____. **NBR 9607:** Prova de carga em estruturas de concreto armado e protendido - Procedimento. Rio de Janeiro, 2012.

_____. **NBR 15575-4:** Edificações habitacionais — Desempenho Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas. Rio de Janeiro, 2013.

CÁNOVAS, M.F. **Patologia e terapia do concreto armado**. São Paulo: Editora PINI, 1988.

CAPORRINO, Cristiana Furlan. **Patologia das anomalias em alvenarias e revestimentos argamassados**. 1ª ed. São Paulo: Editora PINI, 2015.

FILHO, L. C. P da Silva; HELENE, P. **Análise de Estruturas de Concreto com Problemas de Resistência e Fissuração**. Rio Grande do Sul: IBRACON, 2011.

KLEIN, D. L.; SILVA FILHO, L. C. P. **Introdução à Patologia das Estruturas de Concreto, Curso de Extensão.** ALCONPAT-SERGS. ALCONPAT Brasil, 78 p. 2009.

OLIVEIRA, C. R. de. **Prova de carga em estruturas de concreto**. 2006. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil com ênfase em Estruturas, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2006.

THOMAZ, E. **Trincas em Edifícios: causas, prevenção e recuperação**. 16. ed. São Paulo: Editora PINI, 2014.