



**DIAGNÓSTICO DA INCIDÊNCIA DE MANIFESTAÇÕES
PATOLÓGICAS DE UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR NA REGIÃO
DE CURITIBA - ESTUDO DE CASO**

CURITIBA

2014



DIOGO HENRIQUE DE BEM

HELOISA GALDI

**DIAGNÓSTICO DA INCIDÊNCIA DE MANIFESTAÇÕES
PATOLÓGICAS DE UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR NA REGIÃO
DE CURITIBA-ESTUDO DE CASO**

Estudo de caso desenvolvido para apresentação
de Trabalho de Conclusão do Curso de Pós
Graduação em Patologia nas Obras Civas para
obtenção do grau de especialista.

Prof. Orientador: M.Sc. Kirke A. W. Moreira

CURITIBA

2014

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos nossos pais que sempre nos incentivaram e apoiaram nesta trajetória, e também a todos que nos ajudaram de certa forma na realização deste trabalho. Ao orientador Kirke Moreira que nos proporcionou grande aprendizado durante o curso.

FOLHA DE APROVAÇÃO

DIAGNÓSTICO DA INCIDÊNCIA DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DE UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR NA REGIÃO DE CURITIBA –ESTUDO DE CASO

Por

DIOGO HENRIQUE DE BEM

HELOISA GALDI

TRABALHO APROVADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA A
OBTENÇÃO DO TÍTULO DE ESPECIALISTA EM PATOLOGIA NAS
OBRAS CIVIS, DO INSTITUTO IDD, PELA COMISSÃO FORMADA PELOS
PROFESSORES A SEGUIR MENCIONADOS.

Curitiba (PR) 13 de dezembro de 2014.

Kirke Andrew Wrubel Moreira, M.Sc

Marcelo Brandão, Eng. Esp

Mauricio Bianchini, M.Sc

RESUMO

Este trabalho tem como finalidade demonstrar o levantamento de manifestações patológicas de uma residência unifamiliar, com cinco pavimentos alternados, localizada na cidade de Curitiba-Paraná. A residência em questão apresenta fissuras e infiltrações desde a sua concepção. A inspeção predial inicia-se com a coleta de dados da edificação *in loco*, logo após uma entrevista com os moradores, em seguida o levantamento arquitetônico e um mapeamento fotográfico. Ensaios não destrutivos como: espas de gesso; câmara térmica e medidor de umidade foram utilizados para comprovar a origem das anomalias e falhas da estrutura.

Palavras chave: Manifestação patológica; Inspeção predial; Ensaios não destrutivos.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Evolução dos custos pela fase de intervenção (Regra de Sitter).....	17
Figura 2 – Diagrama de equilíbrio termodinâmico. Potencial x PH.	19
Figura 3– Corrosão de armadura em pilares de ponte no Canadá.....	19
Figura 4– Pilha de corrosão.....	20
Figura 5– Tipos de Corrosão	21
Figura 6– Trinca típica de assentamento plástico	23
Figura 5– Trinca típica de assentamento plástico	24
Figura 8 – Trinca típica de retração plástica	24
Figura 9– Trinca típica de retração plástica	25
Figura 10 – Trinca típica de deformação da forma	25
Figura 11– Deformação excessiva das formas	26
Figura 12 – Trinca típica no topo da parede paralela a laje	27
Figura 13 – Trinca típica no topo da parede paralela a laje	27
Figura 14–Trincas horizontais na alvenaria proveniente da expansão dos tijolos - (THOMAZ, 1949)	28
Figura 15 –Trincas nas peças estruturais devido a expansão da alvenaria.....	28
Figura 16 – Fissuração vertical devido à expansão dos tijolos por absorção.....	29
Figura 17 – Fissuração vertical devido à expansão dos tijolos por absorção.....	29
Figura 18 – Fissuração típica de viga subarmada à flexão.....	30
Figura 19–Fissuração típica de viga subarmada à flexão.....	30
Figura 20 – Fissuração típica de viga subarmada ao cisalhamento.....	31
Figura 21 – Fissuração típica de viga subarmadaao cisalhamento.....	31
Figura 22 – Fissuração típica de viga subarmada à torção.....	31
Figura 23 – Fissuração típica de viga subarmada à torção.....	32
Figura 24–Fissuração típica laje simplesmente apoiada	32
Figura 25 –Fissuração típica laje subarmada ao momento negativo.....	32
Figura 26 –Fissuração típica de torção na laje	33
Figura 27–Fissuração de pilar deficiente de estribo.....	33
Figura 28 – Fissuração de pilar deficiente de estribo.....	33

Figura 29 - Trinca em alvenaria devido a maior deformação da viga superior- (THOMAZ, 1949)	34
Figura 30 –Trinca em alvenaria com deformação igual da viga superior e inferior- (THOMAZ, 1949).....	34
Figura 31 –Trinca por deformação excessiva do balanço	35
Figura 32–Trinca por deformação excessiva do balanço	35
Figura 33 –Fissura vertical em alvenaria.....	36
Figura 34 – Fissura horizontal em alvenaria	36
Figura 35 –Fissura em canto de aberturas	36
Figura 36 –Fissura em canto de aberturas	37
Figura 37 – Fissuração típica de recalque de pilares internos.....	38
Figura 38 – Fissuração típica de recalque diferencial de pilares dos cantos.....	38
Figura 39 – Fissuração típica de recalque diferencial de pilares dos cantos.....	39
Figura 40– Interação com o meio	40
Figura 41 – Eflorescência em Alvenaria	41
Figura 42– Processo de Formação da Eflorescência	42
Figura 43 – Deslocamento de argamassa com cal.....	43
Figura 44 – Deslocamento de argamassa com cal.....	44
Figura 45 – Deslocamento de placas cerâmicas	45
Figura 46 – Custo de uma obra.....	46
Figura 47 – Principais efeitos de problemas de impermeabilização	47
Figura 48 – Eflorescência em alvenaria	48
Figura 49 – Corrosão de armaduras.....	49
Figura 50 – Parede degradada pela umidade	49
Figura 51 – Estalactite causada pelo gotejamento.....	50
Figura 52– Bolhas de umidade	50
Figura 53 – Manchas em alvenaria.....	51
Figura 54 – Locais da edificação mais afetados por problemas de infiltração	51
Figura 55– Localização da residência (Google Maps).....	56
Figura 56– Localização das manifestações patológicas	59
Figura 57 – Infiltração de água pelo baldrame (região externa a “Sala 02”)	60

Figura 58– Infiltração de água pelo baldrame (região externa a cozinha e depósito)	61
Figura 59 – Fissura na escada externa (região posterior da casa)	61
Figura 60 – Infiltração de água (parede da “Sala 02” com a Garagem).....	63
Figura 61 – Infiltração de água (parede da “Sala 01” que faz divisa com o terreno vizinho).....	62
Figura 62 – Infiltração de água (parede da “Sala 02” com a Garagem).....	63
Figura 63 – Fissura em ligação “pilar / alvenaria”	64
Figura 64– Fissura na ligação “Muro/Residência”	65
Figura 65 – Fissura no piso da “Sala 01”	66
Figura 66 – Fissura na interface do piso da “Sala 02” com o pilar central	67
Figura 67 – Fissuras na região da escada principal	69
Figura 68 – Fissuras na região da escada principal	69
Figura 69 – Fissura sobre a porta do “Quarto 04” com o “BWC 04”	70
Figura 70 – Vista externa do balanço com o pilar construído posteriormente.....	72
Figura 71 – Vista externa do balanço com o pilar construído posteriormente (Fissura visível partindo da janela).....	72
Figura 72 – Vista interna da fissura na alvenaria sobre o balanço	72
Figura 73 – Esquema de momentos fletores para uma estrutura em balanço e posterior com a colocação de um pilar na ponta deste	72
Figura 74 – Vista frontal da fissura sob a escada entre o “Quarto 04” e a “Sala 05”.	73
Figura 75 – Vista inferior da fissura sob a escada entre o “Quarto 04” e a “Sala 05”.	73
Figura 76 – Croqui esquemático da localização dos ensaios não destrutivos	74
Figura 77 – Espia de gesso colocada em fissura da escada central.....	75
Figura 78 – Espia de gesso colocada em fissura na escada entre o “Quarto 04” e “Sala 05”	76
Figura 79 – Espia de gesso colocada em fissura sobre a porta do “Quarto 04” com o “BWC 04”	76
Figura 80 – Espia de gesso colocada em ligação Pilar/Alvenaria	77

Figura 81 – Espia de Gesso colocada em fissura no alvenaria sobre o balanço do “Quarto 01”	77
Figura 82 – Marcação da posição do piso em relação ao pilar central na “Sala 02”	78
Figura 83 – Espia de gesso na região do balanço do “Quarto 01” com abertura de fissura.....	78
Figura 84 – Espia de Gesso na região da escada sem qualquer indicio de fissuração	79
Figura 85 – Conferência da marcação do nível do piso com o pilar central da “Sala 02”	79
Figura 86 – Utilização da câmera térmica para tentar determinar indícios de umidade	80
Figura 87 – Medidor de umidade indicando 0,9% de umidade (valor mínimo do aparelho) – medido a 2,0 de altura na parede entre a “Sala 02” e a garagem.	80
Figura 88 – Medidor de umidade indicando 2,2% - superior ao mínimo de 0,9%. Valor medido na parede entre a “Sala 02” e a garagem a uma altura de 40cm. ..	81
Figura 89 – Medidor de umidade indicando 1,8%, medido na parede da “Sala 01” que faz divisa com o terreno vizinho.....	81

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação das aberturas de fissura segundo	22
Tabela 2– Classificação das aberturas de fissura segundo a NBR9575	22
Tabela 3– Classificação das aberturas de fissura segundo a NBR 15.757	23
Tabela 4 – Origem dos sais causadores da Eflorescência.....	41
Tabela 5 – Manifestações patológicas encontradas na residência	58
Tabela 6 – Ensaios executados na residência	75

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	2
FOLHA DE APROVAÇÃO	3
RESUMO.....	4
LISTA DE FIGURAS.....	5
LISTA DE TABELAS	9
1. INTRODUÇÃO.....	13
2. PROBLEMA DO TRABALHO	13
3. OBJETIVOS.....	13
3.1. OBJETIVO GERAL	13
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
4. JUSTIFICATIVAS	14
4.1. TECNOLÓGICAS	14
4.2. ECONOMICAS	14
4.3. SOCIAIS	15
4.4. ECOLÓGICAS.....	15
5. HIPÓTESE	16
6. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	16
7. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
7.1. CORROSÃO DE ARMADURAS	18
7.1.1. Mecanismo eletroquímico da corrosão	20
7.1.2. Sintomatologia e tipos de corrosão	21
7.2. TRINCAS E FISSURAS.....	22
7.2.1. Fissuração no concreto Fresco	23
7.2.2. Fissuração no concreto Endurecido e Alvenaria.....	26

7.3. REVESTIMENTOS	39
7.3.1. Eflorescência	40
7.3.2. Desplacamentos.....	43
7.4. IMPERMEABILIZAÇÃO	45
8. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	53
8.1. INSPEÇÃO VISUAL E ANAMNESE.....	53
8.2. ANALISE INICIAL DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS.....	54
8.3. ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS	54
8.4. ANALISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS.....	55
9. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	56
9.1. VISITAS À RESIDÊNCIA.....	56
9.2. ANÁLISE DOS RESULTADOS E DISCUSSÕES	60
9.2.1. Manifestação patológica 01: Infiltração de água no baldrame ..	60
9.2.2. Manifestação patológica 02: Fissura em escada externa.....	61
9.2.3. Manifestação patológica 03: Percolação de água em parede	62
9.2.4. Manifestação patológica 04: Fissura vertical na parede externa	64
9.2.5. Manifestação patológica 05: Fissura na ligação muro – casa	65
9.2.6. Manifestação patológica 06: Fissura no Piso	66
9.2.7. Manifestação patológica 07: Puncionamento do piso.....	67
9.2.8. Manifestação patológica 08: Fissura na alvenaria da região da escada principal.....	68
9.2.9. Manifestação patológica 09: Fissura em 45°em porta	70
9.2.10. Manifestação patológica 10: Fissura no balanço	71
9.2.11. Manifestação patológica 11: Fissura de cisalhamento da escada (lance do Quarto 04 a Sala 05)	73
9.3. ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS.....	74

9.3.1. Colocação das Espias	75
9.3.2. Análise térmica e de umidade	80
10. CONSIDERAÇÕES FINAIS	83
11. APÊNDICE.....	85
12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	89

1.INTRODUÇÃO

Com o envelhecimento das cidades e conseqüentemente das estruturas, cada vez mais são observadas edificações com manifestações patológicas. Apesar de em sua maior parte estas manifestações apresentam somente riscos estéticos , estas poderiam também indicarem um colapso eminente. Por esta razão, se demonstra que é importantíssima uma avaliação adequada destas manifestações patológicas.

Atualmente, com o crescimento da construção civil e com a necessidade de se construir mais rápido, muitas vezes com mão-de-obra desqualificada, diversos são os casos de obras relativamente novas já apresentando sérias manifestações patológicas.

O presente trabalho tem como finalidade demonstrar um caso prático em que uma edificação relativamente recente (10 anos) e que já apresenta uma grande degradação. Além disso, tem também como finalidade demonstrar possíveis formas de identificação da causa destes problemas, bem como maneiras de reparo.

2.PROBLEMA DO TRABALHO

Quais são as manifestações patológicas presentes na obra em estudo, bem como suas causas e possíveis reparos, além dos riscos para a segurança e habitabilidade?

3.OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GERAL

Diagnosticar as manifestações patológicas de residência unifamiliar localizada no bairro de Santa Felicidade – Curitiba/PR.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Realizar um mapeamento dessas manifestações com registro fotográfico;
- b) Realizar a anamnese com os moradores, a fim de coletar maiores informações a respeito da data de aparecimento destas manifestações, bem como suas possíveis origens;
- c) Realizar ensaios não destrutivos, como a aplicação de espíás de gesso em fissuras, com o objetivo de observar a evolução das manifestações encontradas e conseguir determinar o risco para segurança dos moradores;
- d) Identificar as causas e origens das manifestações patológicas encontradas;

4.JUSTIFICATIVAS

4.1. TECNOLÓGICAS

Como comentado na introdução deste trabalho, o crescimento da construção civil, bem como a consequente utilização de mão-de-obra menos qualificada vem causando um número crescente de obras com manifestações patológicas.

Esta pesquisa visa demonstrar os riscos de construir sem maiores controles e com mão-de-obra, inclusive técnica, sem a devida preparação. Além de demonstrar alternativas tecnológicas para identificação e recuperação das manifestações patológicas encontradas.

4.2. ECONOMICAS

O aparecimento de manifestações patológicas em uma edificação, pode, dependendo do caso, reduzir significativamente seu valor de mercado.

Neste caso específico, a resistência não possui mais qualquer valor nas condições em que se encontra, sendo possível somente a venda do terreno.

Além disso, a identificação correta da causa e origem da manifestação patológica, bem como da forma de reparo, são importantíssimas para que se consiga

realmente corrigir o problema e que este não volte a ocorrer, impedindo assim gastos posteriores com novos reparos.

4.3. SOCIAIS

Dependendo o grau das manifestações patológicas, estas podem comprometer seriamente a segurança e a habitabilidade de uma edificação.

Neste caso, o número de pessoas envolvidas é relativamente pequeno (4 pessoas), por ser uma residência unifamiliar, mas este número poderia ser imensamente maior caso se tratasse um prédio, por exemplo.

Havendo impacto na segurança, a moradia deveria ser imediatamente evacuada, causando sérios transtornos às famílias envolvidas, tanto econômicas quanto socialmente.

Um reparo mal executado ou uma origem de manifestação patológica mal identificada pode fazer com que o problema não seja completamente resolvido, causando mais transtornos às pessoas envolvidas.

4.4. ECOLÓGICAS

Uma edificação construída corretamente implica em menores custos de manutenção e menor utilização de materiais, ou seja, há uma redução no impacto ambiental causado.

Além disso, caso as manifestações encontradas fossem extremamente sérias e sem possibilidade de reparo, seja por viabilidade de custo ou de segurança, seria necessária a demolição total ou parcial da residência, gerando enormes quantidades de resíduo (caliça).

A importância deste trabalho neste âmbito é demonstrar a necessidade de uma construção consciente, bem como da necessidade de uma correta avaliação das manifestações patológicas e de suas formas de reparo.

Qualquer erro, no que foi citado acima, gera impactos tecnológicos, econômicos, sociais e ecológicos.

5.HIPÓTESE

Considerando que se esperara uma vida útil de aproximadamente 50 anos para uma edificação e que esta em estudo apresenta apenas 10 anos, têm-se como hipótese que ela se encontra em boas condições de habitabilidade e segurança.

6.PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Inicialmente foi realizado um levantamento do material bibliográfico, a fim de se obter o máximo de informação possível sobre os tipos de manifestações patológicas que poderão ser encontradas, bem como possíveis causas, origens e formas de reparo.

Logo foi realizado uma visita ao local, a fim de se identificar todas as manifestações patológicas envolvidas, documentando-as através de fotografias.

Além disso, como a presente residência não possuía projetos, tanto arquitetônico quanto estrutural, foi feito um levantamento a fim de se conseguir desenhar a planta baixa da edificação para facilitar o entendimento das manifestações patológicas.

Posteriormente realizou-se uma análise de cada manifestação, procurando encontrar sua causa e origem. Também foi feito o estudo com espigas de gesso e ensaios não destrutivos, a fim de avaliar a atividade das manifestações patológicas.

7. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Segundo Helene (2007), os agentes causadores dos problemas patológicos podem ser diversos: cargas, variações de umidade, variações térmicas, agentes biológicos, incompatibilidade de materiais, agentes atmosféricos e outros. Em geral, os problemas patológicos são evolutivos e tendem a se agravarem com o tempo. Além disso, podem causar outras manifestações patológicas atreladas ao problema inicial. Por exemplo: uma fissura em uma viga causada por uma flecha excessiva pode ser uma entrada para agentes agressivos e originar uma corrosão de armadura.

A demora em iniciar a manutenção de uma obra torna seus reparos progressivamente mais caros e trabalhosos. A Lei de Cinco ou Lei de Sitter demonstra exatamente isso. Helene (1992) afirma que as correções destes problemas serão mais efetivas, duráveis e econômicas o quanto antes elas forem executadas.



Figura 1 – Evolução dos custos pela fase de intervenção (Regra de Sitter)
(SITTERapudHELENE, 1997)

Segundo Pujadas (2009), pode-se perceber em um trabalho realizado com mais de 1.700.000 m² inspecionados, dos anos de 2002 a 2007, que recorrentemente ocorrem investimentos equivocados devido à falta de avaliação correta do estado físico e de deterioração das instalações. Estes investimentos

apresentam situações de retrabalho em prazos pequenos além de manutenções preventivas onerosas, frentes aos supostos ganhos de desempenho que deveriam ter sido proporcionados. Por esta razão é que se faz de grande importância a determinação correta das origens das manifestações patológicas. As correções de um sintoma, como uma fissura, somente maquiará o real problema, fazendo com que este continue em evolução e eleve cada vez mais os custos de manutenção e reparo.

Neste capítulo será feito um breve descritivo das principais manifestações patológicas possíveis em uma residência unifamiliar.

7.1. CORROSÃO DE ARMADURAS

Desde o início da utilização do concreto armado, em meados do século XIX, as obras de engenharia vêm resistindo às mais diversas sobrecargas e ações ambientais. O concreto chegou a ser considerado durante muito tempo como um material de altíssima durabilidade. Entretanto, no século XX começou a apresentar manifestações patológicas de grandes intensidades e incidência, e sempre com elevados custos de recuperação. (Helene, 1993).

Um dos problemas mais graves é a corrosão das armaduras, que pode ser causada por falhas de projetos, uso inadequado de materiais e até mesmo pela má qualidade do processo construtivo. A corrosão nos traz como consequência, uma diminuição da seção de armadura e fissuração do concreto em direção paralela a esta (Mata et al., 2009). A redução da seção de aço pode impactar diretamente sobre a durabilidade e segurança de uma obra.

Helene (1992) define a corrosão de armaduras como sendo um fenômeno de natureza eletroquímica e que pode ser acelerado pela presença de agentes químicos internos e externos. No concreto armado, o aço encontra-se no interior de um meio alcalino e por consequência, encontra-se passivado contra a corrosão. Havendo carbonatação, ocorre a redução do pH e então a despassivação da armadura, dando início ao processo corrosivo. No caso de cloretos, havendo a penetração na peça de concreto, a reação de corrosão pode se iniciar mesmo com um pH elevado.

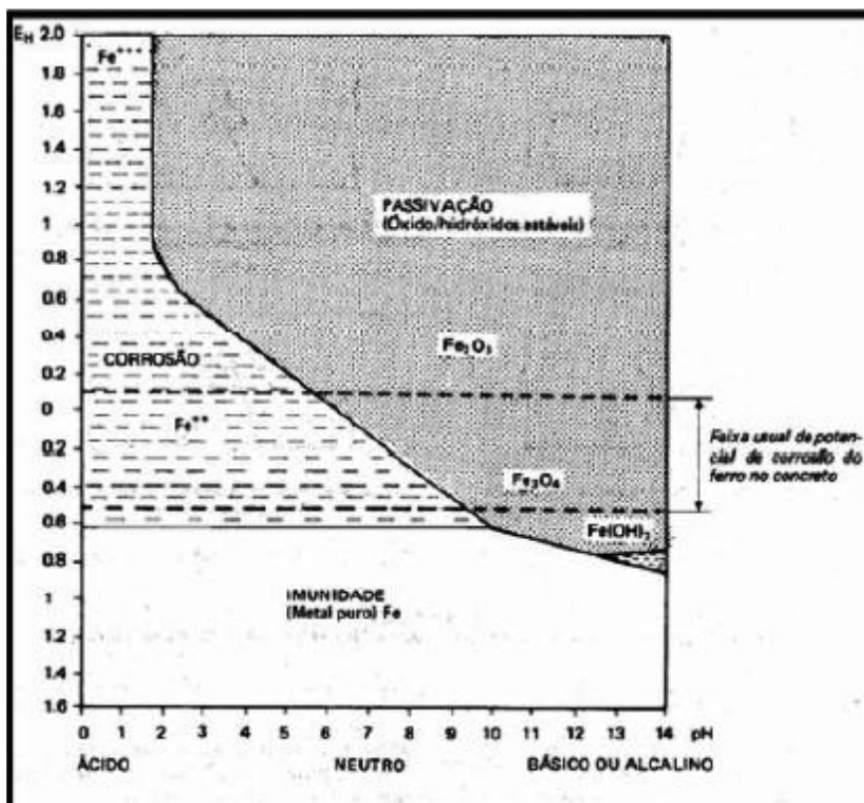


Figura 2– Diagrama de equilíbrio termodinâmico. Potencial x PH.
(POURBAIX, 1961)



Figura 3– Corrosão de armadura em pilares de ponte no Canadá
(FIGUEIREDO, 2013)

Segundo Figueiredo & Maia (2013) são diversos os fatores que podem contribuir para o aparecimento/evolução deste tipo de manifestação patológica:

- Alta relação a/c do concreto, fazendo com que este se torne mais permeável e consequentemente ocorra a carbonatação mais rapidamente, além de permitir a entrada de outros agentes agressivos.
- Baixo cobrimento, facilitando também a entrada de agentes agressivos e minimizando o tempo para que a carbonatação do concreto atinja a armadura.
- Presença de cloretos – tanto por impureza dos materiais utilizados, como por presença de névoa salina (obras marítimas).
- Presença de fissuras.

7.1.1. Mecanismo eletroquímico da corrosão

Segundo Figueiredo (2013), a corrosão se resume basicamente com a formação de uma pilha eletroquímica. Nesta há a presença de um ânodo o qual se caracteriza pela passagem do material do estado metálico para o estado iônico (oxidação); um cátodo onde são consumidos os elétrons gerados pela região anódica (redução). Para que esta operação ocorra, é necessária a presença de um eletrólito, água no caso do concreto e oxigênio. A figura abaixo demonstra a ocorrência desta reação em um meio básico, como o concreto.

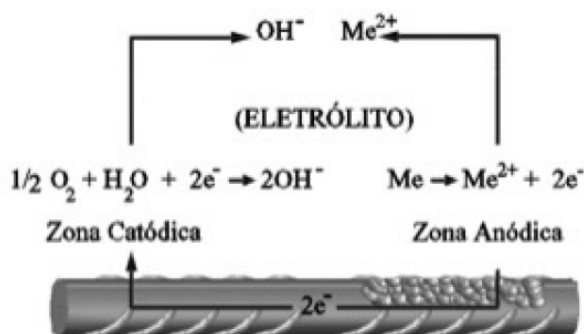


Figura 4– Pilha de corrosão
(FIGUEIREDO, 2013)

Em um concreto com uma umidade relativa abaixo dos 60% provavelmente não ocorrerá corrosão. O mesmo ocorre quando o concreto estiver saturado de água. A umidade ótima para o processo corrosivo encontra-se entre 70 e

80%, sendo que acima deste nível, a difusão de oxigênio é reduzida consideravelmente, reduzindo as reações na zona catódica (Aranha, 1994)

7.1.2. Sintomatologia e tipos de corrosão

Ainda segundo Figueiredo (2013), a corrosão pode ser generalizada, localizada ou por pites. No caso da generalizada, o desgaste do material ocorre de forma praticamente homogênea e com a formação de diversas micro-pilhas. No caso da localizada, este fenômeno ocorre em uma superfície mais limitada e usualmente tende a se aprofundar mais rapidamente. Uma razão pela que isso ocorra pode ser uma heterogeneidade do material ou do eletrólito que o circula. Já na corrosão por pites ocorre em zonas mais específicas, principalmente em presença de materiais que causam uma despassivação pontual, como o cloreto. Este é o caso mais crítico de corrosão, o qual acontece de maneira mais acelerada, trazendo maiores riscos às estruturas.

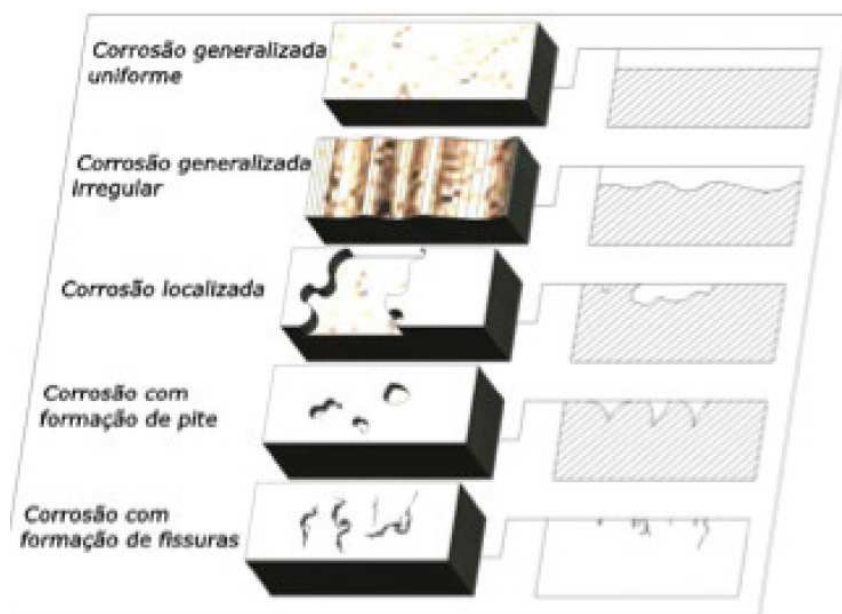


Figura 5– Tipos de Corrosão
(FELUI, 1984)

Os produtos da corrosão são basicamente os oxi-hidróxidos de ferro e que passam a ocupar um volume de 3 a 10 vezes superior que o volume do aço original da armadura, podendo assim gerar pressões de expansão no concreto que

chagam a 15MPa. Por estas tensões geradas serem de tração e o concreto resistir pouco a este tipo de esforço, ocorre o aparecimento de fissuras. Estas ocorrem preferencialmente no sentido da barra e são classificadas como ativas, pois crescem com a evolução do processo corrosivo (Ribeiro, 2013).

7.2. TRINCAS E FISSURAS

Fissuras, trincas e rachaduras são manifestações patológicas que podem ser observadas em alvenarias, vigas, pilares, lajes entre outros elementos, geralmente causadas por tensões excessivas nos materiais. (Oliveira, 2012).

A classificação entre fissuras, trincas e rachaduras é um pouco controversa. Braun (1981), por exemplo, classifica as fissuras e trincas da seguinte forma:

TIPO DE FRATURA	ABERTURA
Fissura Capilar	< 0,2mm
Fissura	0,2 a 0,5 mm
Trinca	0,5 a 1,5 mm
Rachadura	1,5 a 5,0 mm
Fenda	5,0 a 10,0 mm
Brecha	> 10,0mm

Tabela 1 – Classificação das aberturas de fissura segundo
(BRAUN, 1981)

Há também outras classificações como as da NBR 9575 e da NBR 15.575, conforme demonstrado abaixo:

TIPO DE FRATURA	ABERTURA
Micro Fissura	Até 0,05mm
Fissura	0,051 a 0,5 mm
Trinca	0,51 a 1,0 mm

Tabela 2– Classificação das aberturas de fissura segundo a NBR9575

TIPO DE FRATURA	ABERTURA
Fissura	Até 0,59mm
Trinca	0,6 a 5mm
Rachadura	>5mm

Tabela 3– Classificação das aberturas de fissura segundo a NBR 15.757

Segundo Dal Molin (1988) e Thomaz (1989), as trincas e fissuras na realidade são sintomas de problemas que possuem diversas origens e causas. A seguir elas serão descritas mais detalhadamente.

7.2.1. Fissuração no concreto Fresco

a) Assentamento do Concreto

Durante as primeiras horas após o lançamento e adensamento, as partículas do concreto tendem a se movimentar para baixo devido à ação da gravidade. Se existir algum obstáculo a esse movimento, como armaduras ou agregados de maiores dimensões, podem ocorrer a fissuração do concreto (Dal Molin, 1988).

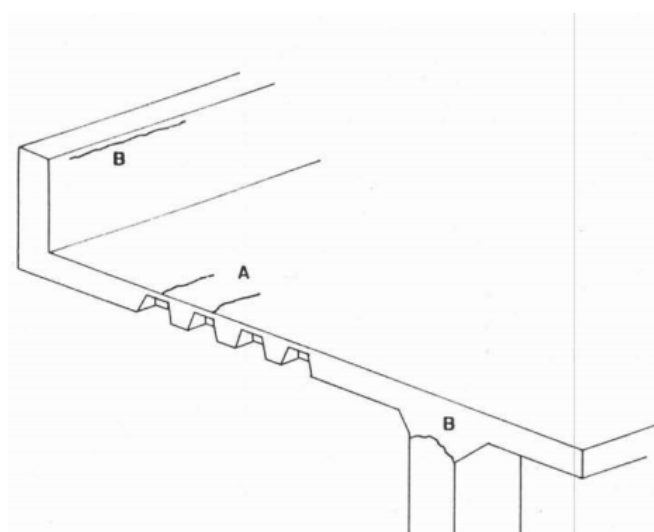


Figura 6– Trinca típica de assentamento plástico
(DAL MOLIN, 1988)

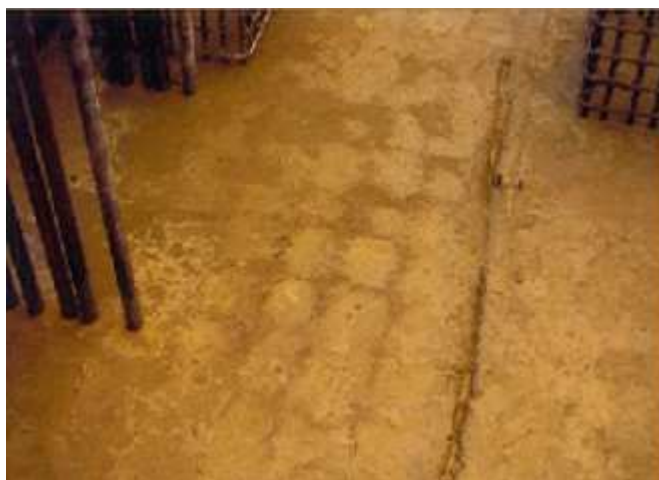


Figura 7– Trinca típica de assentamento plástico
(MARQUES, 2013)

b) Retração Plástica

Este tipo de fissura costuma ser observado logo após o adensamento e acabamento do concreto. Elas são causadas pela perda rápida de água, seja por evaporação ou por absorção, em velocidade superior à exsudação da água do concreto. Este fato leva ao aparecimento de tensões nos poros do concreto, levando à fissuração (Dal Molin, 1988)

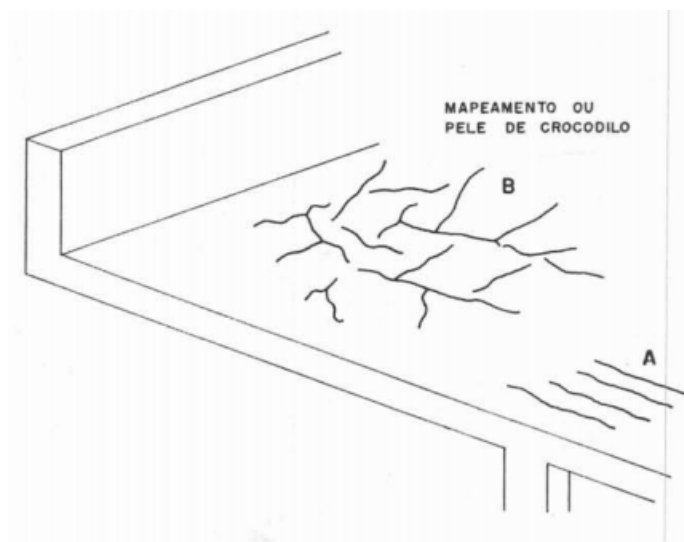


Figura 8– Trinca típica de retração plástica
(DAL MOLIN, 1988)



Figura 9– Trinca típica de retração plástica
(MARQUES, 2013)

c) Movimentação de formas

Segundo Dal Molin (1988), todo o movimento de forma que pode ocorrer entre o momento do lançamento do concreto até o início de pega pode provocar o aparecimento de fissuras. Estas movimentações das formas podem ter como origem uma má execução do encaixe das mesmas, sobrecarga excessiva, dentre outras.

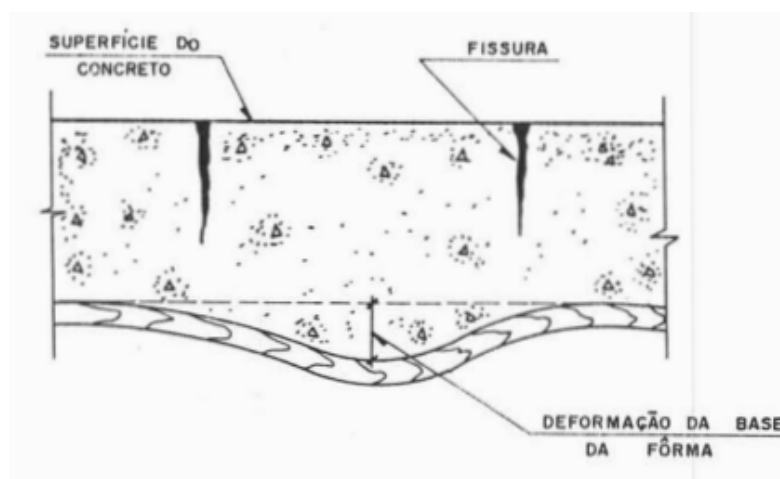


Figura 10– Trinca típica de deformação da forma
(DAL MOLIN, 1988)



Figura 11–Deformação excessiva das formas
(MARQUES, 2013)

7.2.2. Fissuração no concreto Endurecido e Alvenaria

a) Fissuras de Movimentação Térmica

Com a variação de temperatura durante o dia, os componentes de uma estrutura sofrem movimentação de dilatação e contração, gerando assim um aumento e redução das dimensões dos seus elementos estruturais. Estas variações dimensionais são normalmente restringidas pelos diversos vínculos que envolvem estes sistemas. Caso estas tensões geradas não sejam suportadas pelos elementos envolvidos, ocorrerão fissuras. (Dal Molin, 1988).

Este tipo de problema é muito usual em lajes de cobertura, uma vez que o material de contorno pode não conseguir suportar as tensões causadas pela variação dimensional da laje. (Thomaz, 2003).

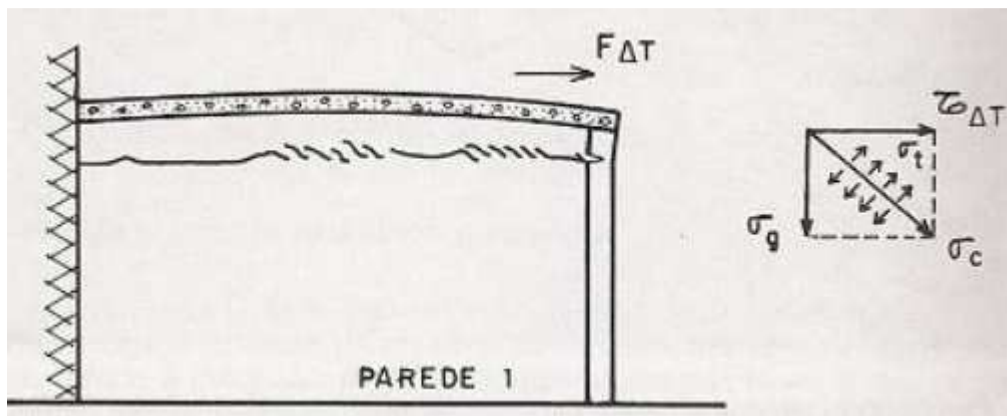


Figura 12 – Trinca típica no topo da parede paralela a laje
(THOMAZ, 2003)



Figura 13 – Trinca típica no topo da parede paralela a laje
(THOMAZ, 2003)

b) Fissuras de Movimentação Higroscópica

Alterações higroscópicas induzem a mudanças dimensionais nos materiais que fazem parte dos elementos de uma estrutura. O aumento do teor de umidade ocasiona a uma expansão do material, enquanto a sua diminuição leva a uma contração. Havendo vínculos de engastamento e sendo as tensões geradas pela restrição de movimento maior do que as tensões suportadas ocorrerão fissuras. (Oliveira, 2012).

Segundo Oliveira (2012) a origem desta variação de umidade dos materiais pode ocorrer pelos seguintes fatores:

- Água de amassamento: Normalmente se utiliza para produção de concreto e argamassa mais água do que realmente é necessário para a reação do cimento. Esta quantidade adicionada tende a ser utilizada para se conseguir trabalhabilidade. Contudo, uma vez que esta não participa das reações do cimento, acaba ficando residual nos poros deste concreto/argamassa. Com o passar do tempo, esta água evapora, criando tensões internas.
- Umidade de chuva.
- Umidade advinda do solo: Não sendo realizada uma impermeabilização adequada, a água proveniente do solo pode subir pelas alvenarias por capilaridade, gerando um aumento de volume.

Em qualquer um dos casos acima, havendo restrições volumétricas, pode ocorrer o aparecimento de fissuras.

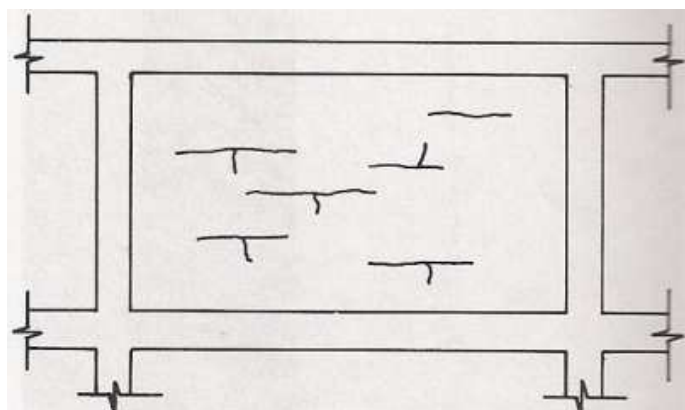


Figura 14–Trincas horizontais na alvenaria proveniente da expansão dos tijolos - (THOMAZ, 2003)

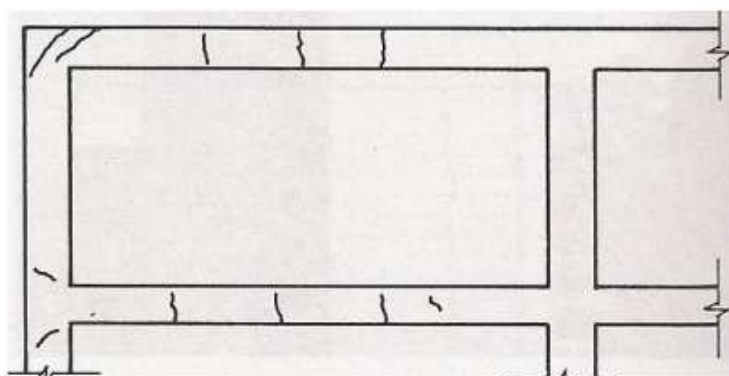


Figura 15–Trincas nas peças estruturais devido a expansão da alvenaria (THOMAZ, 2003)

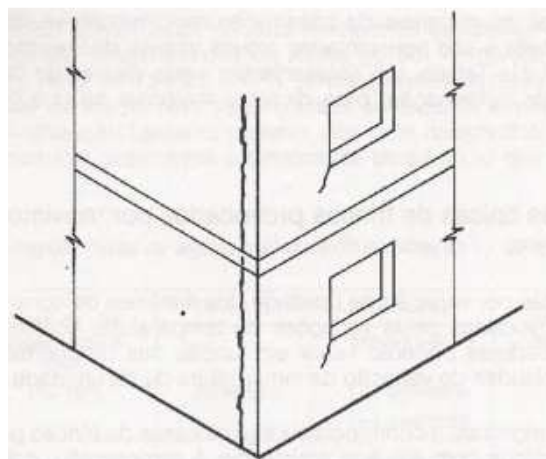


Figura 16–Fissuração vertical devido à expansão dos tijolos por absorção
(THOMAZ, 2003)

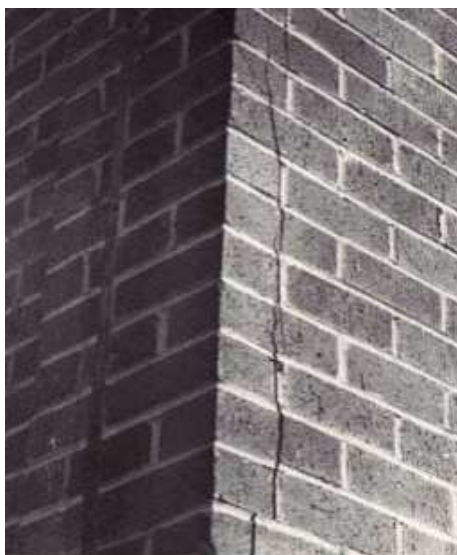


Figura 17– Fissuração vertical devido à expansão dos tijolos por absorção
(ELDRINGE, 1982)

c) Fissuras por atuação de cargas

As sobrecargas presentes em uma estrutura podem gerar fissurações nos elementos estruturais, uma vez que estes elementos não estejam preparados para suportá-las. A origem deste problema pode residir em um erro no cálculo do projeto estrutural, erro executivo da peça ou ainda uma sobrecarga excessiva, como por troca de utilização (sala em biblioteca, por exemplo).(Oliveira 2012)

Fissurações de pequeno porte são praticamente imperceptíveis a olho nú e comuns em praticamente todos os tipos de obra. O próprio projeto estrutural considera a peça micro fissurada na zona tracionada. Contudo, existem limites que devem ser respeitados para que não ocorram prejuízos na durabilidade da obra. Segundo a NBR 6118 a abertura máxima pode ser de 0,2 a 0,4mm, dependendo a classe de agressividade. Fissuras maiores que estas podem contribuir para a entrada de agentes agressivos.

Havendo sobrecargas maiores do que o elemento pode suportar ocorrerão fissuras e estas têm suas direções e posição no elemento estrutural determinadas pelo tipo de esforço envolvido.

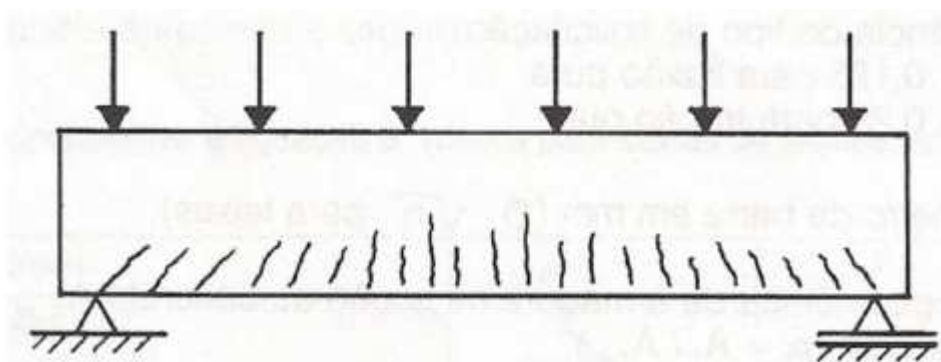


Figura 18–Fissuração típica de viga subarmada à flexão
(THOMAZ, 2003)



Figura 19–Fissuração típica de viga subarmada à flexão
(TUTIKIAN, 2013)

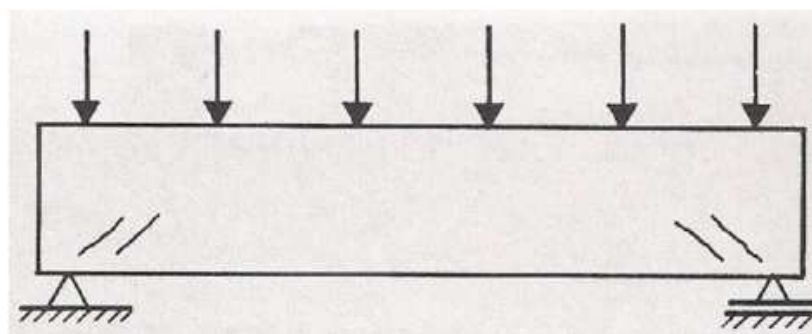


Figura 20–Fissuração típica de viga subarmada ao cisalhamento
(THOMAZ, 2003)



Figura 21–Fissuração típica de viga subarmada ao cisalhamento
(TUTIKIAN, 2013)

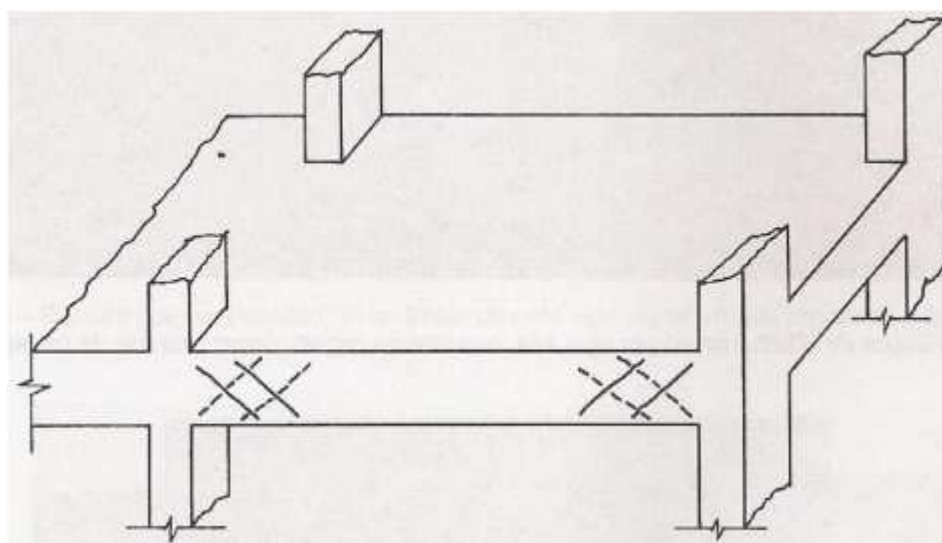


Figura 22–Fissuração típica de viga subarmada à torção
(THOMAZ, 2003)



Figura 23–Fissuração típica de viga subarmada à torção
(THOMAZ, 2003)

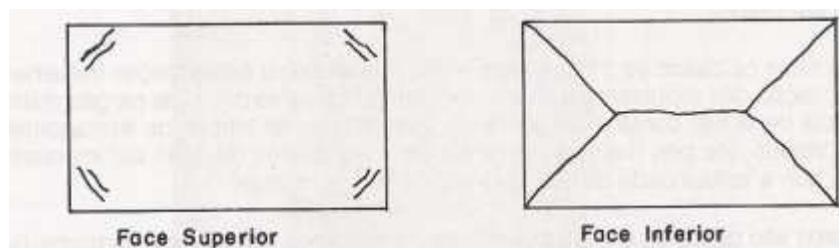


Figura 24–Fissuração típica laje simplesmente apoiada
(THOMAZ, 2003)

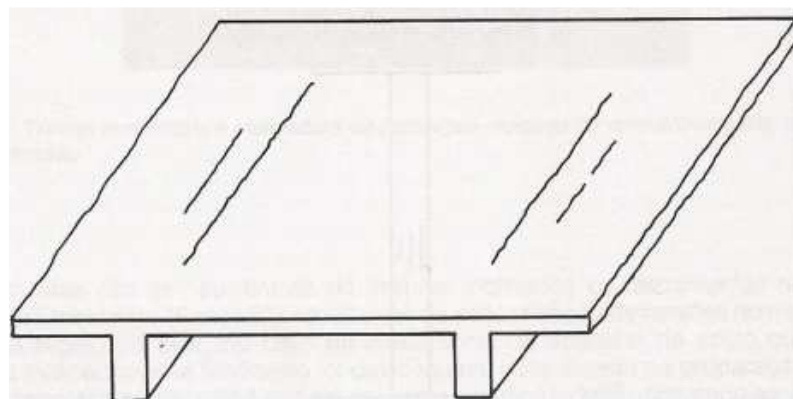


Figura 25–Fissuração típica laje subarmada ao momento negativo
(THOMAZ, 2003)

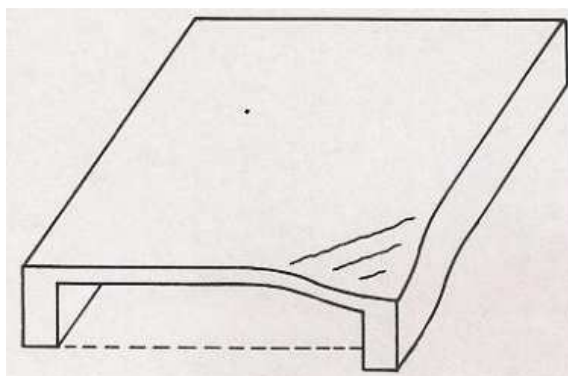


Figura 26–Fissuração típica de torção na laje
(THOMAZ, 2003)

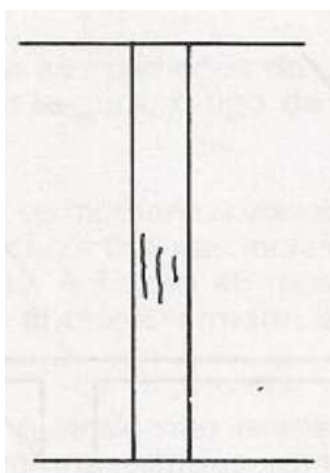


Figura 27–Fissuração de pilar deficiente de estribo
(THOMAZ, 2003)



Figura 28– Fissuração de pilar deficiente de estribo
(TUTIKIAN, 2013)

d) Fissuras por deformação excessiva

A norma NBR 6118 estipula limites máximos de flecha em estruturas de concreto armado. Este limite tem como funções principais não causar desconforto visual no usuário, bem como não causar fissuras nas alvenarias que estão sobre e sob estes elementos estruturais.

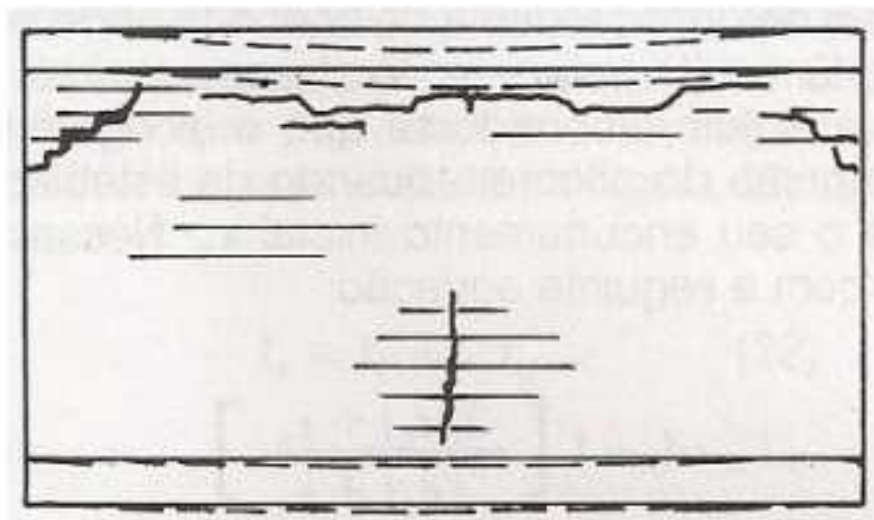


Figura 29 - Trinca em alvenaria devido a maior deformação da viga superior-
(THOMAZ, 2003)

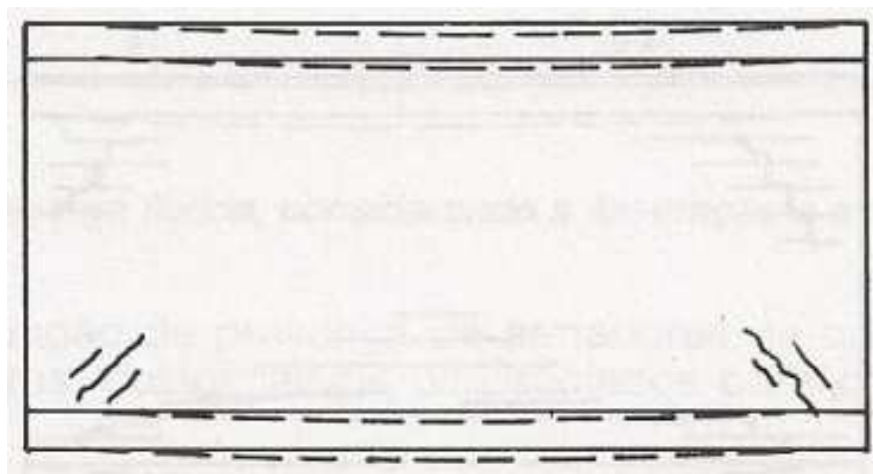


Figura 30–Trinca em alvenaria com deformação igual da viga superior e inferior-
(THOMAZ, 2003)

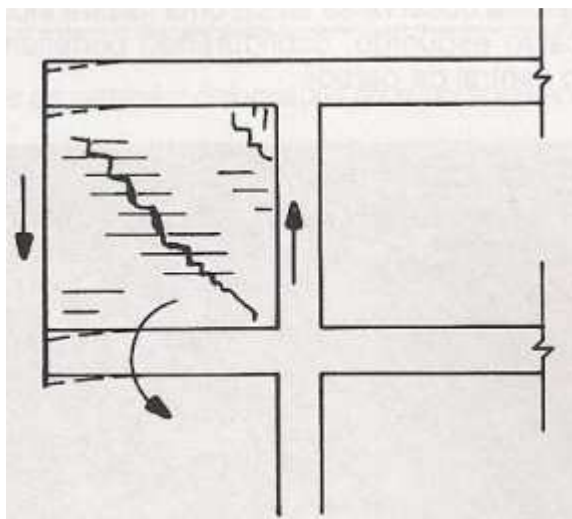


Figura 31–Trinca por deformação excessiva do balanço
(THOMAZ, 2003)



Figura 32–Trinca por deformação excessiva do balanço
(MAGALHÃES, 2004)

e) Fissuras de alvenarias submetidas a sobrecargas

Segundo Magalhães, as fissuras em alvenarias provenientes de sobrecargas podem aparecer de forma vertical ou horizontal. As fissuras verticais são mais comuns quando a alvenaria está submetida somente a compressão. Quando ocorre flexão em conjunto, devido a uma carga excêntrica, por exemplo, podem ocorrer fissuras também horizontais.

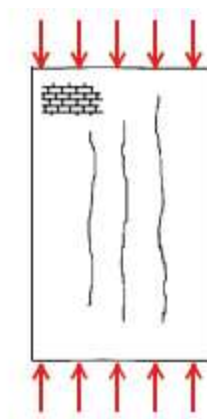


Figura 33–Fissura vertical em alvenaria
(MAGALHAES, 2004)

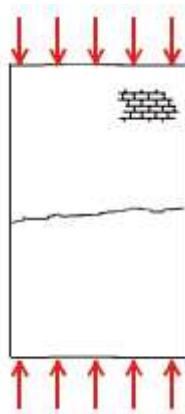


Figura 34–Fissura horizontal em alvenaria
(MAGALHÃES, 2004)

f) Fissuras em torno de aberturas

Paredes submetidas a carregamentos de compressão excessivos e com alvenarias descontínuas têm como características a formação de fissuras a 45°a partir dos vértices das aberturas (Thomaz, 2003).

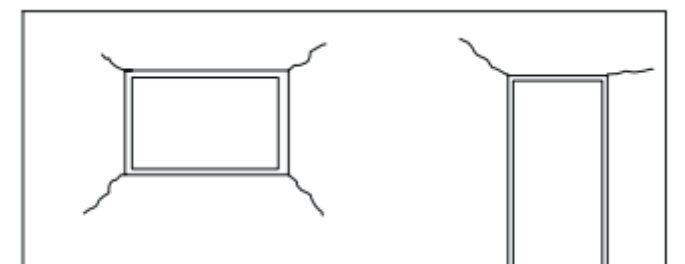


Figura 35–Fissura em canto de aberturas
(THOMAZ, 2003)



Figura 36–Fissura em canto de aberturas
(CISLAGHI,2006)

g) Fissuras por recalque da fundação

As fissuras em paredes causadas por recalques de fundação ocorrem quando existem movimentações diferenciais nas fundações que excedem à capacidade resistente das paredes de alvenaria. Estas movimentações podem ser originadas por falha das estruturas de fundação ou por recalques do próprio terreno (Ortiz, 1985)

Vários são os fatores que podem causar recalque e consequentemente fissurações nas estruturas: erro de projeto, alteração de finalidade e consequente aumento de carga, falta de homogeneidade do solo, rebaixamento do lençol freático, influencia de cargas de entorno (construções vizinhas), etc. (Maná, 1978, Thomaz, 2003).

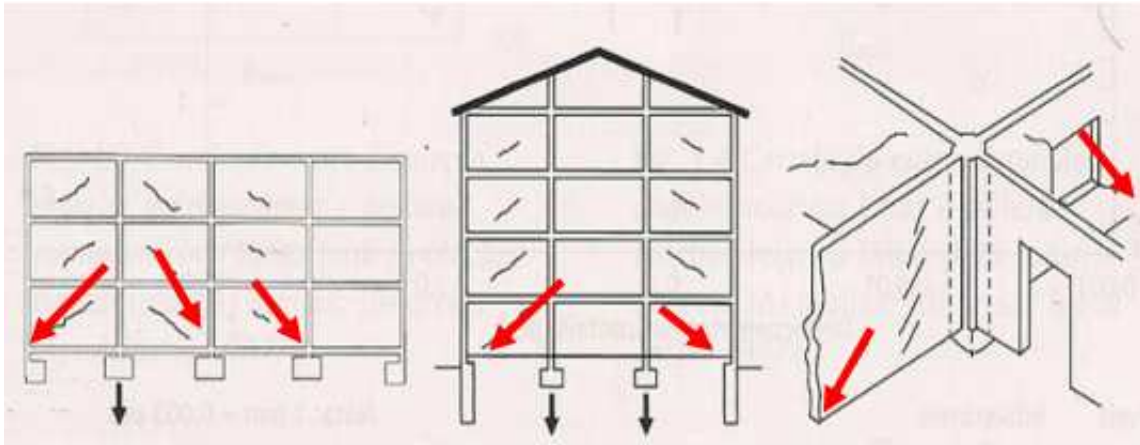


Figura 37–Fissuração típica de recalque de pilares internos
(MITILITSKY, 2008)

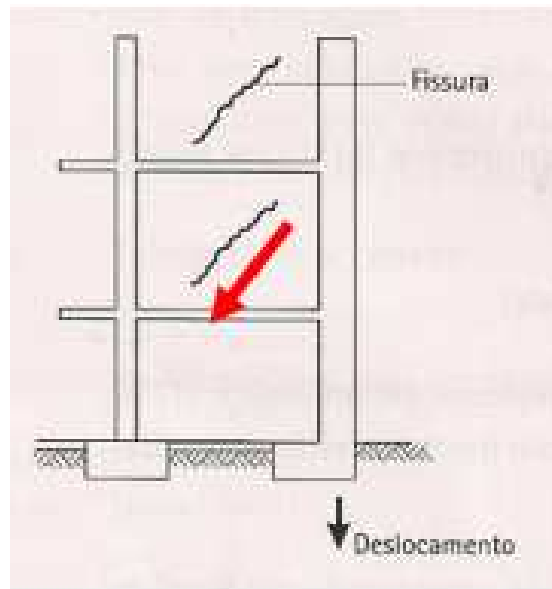


Figura 38–Fissuração típica de recalque diferencial de pilares dos cantos
(MITILITSKY, 2008)

Normalmente as fissuras causadas por recalques diferenciais são fáceis de serem identificadas. Elas normalmente se mostram inclinadas e tem repetições em praticamente em todos os pavimentos da edificação.



Figura 39– Fissuração típica de recalque diferencial de pilares dos cantos
(MAGALHÃES, 2004)

7.3. REVESTIMENTOS

A NBR 13529, Sistema de Revestimento, define-se como “conjunto formado por revestimento de argamassa e acabamento decorativo, compatível com a natureza da base, condições de exposição, acabamento final e desempenho, previstos em projeto”. Segundo Cavani (2014) o revestimento pode ser considerado um elemento do subsistema de vedação que tem função de auxiliar as vedações com relação a isolamento térmico e acústico, proteção contra incêndio, higiene, comportamento mecânico, estanqueidade e proteção física e química para a estrutura.

Assim como qualquer outra manifestação patológica, as presentes no revestimento podem ter sua origem em diversas etapas do processo construtivo: planejamento, projeto, materiais, execução e uso. (Cavani, 2014). Contudo, o revestimento é o elemento da obra que mais sofre com a interação do meio externo, e por esta razão, os mecanismos de degradação que comprometem a

durabilidade consistem numa sequencia de alterações químicas, mecânicas ou físicas que causam mudanças prejudiciais em uma ou mais de suas propriedades.

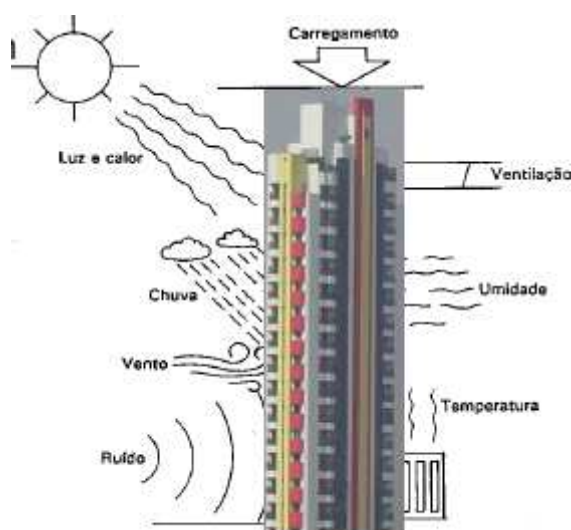


Figura 40– Interação com o meio
(CAVANI, 2004)

7.3.1. Eflorescência

A Eflorescência é decorrente de depósitos salinos, principalmente sais de metais alcalinos (sódio e potássio), nas superfícies de alvenarias, concretos, etc. No caso de estrutura de concretos, normalmente se caracterizam como manchas esbranquiçadas.(Bauer, 2008).

Ainda segundo Bauer (2008), para que ocorra este fenômeno é imprescindível a presença de três fatores: disponibilidade de água, teor de sais solúveis disponíveis nos materiais e de uma estrutura permeável o suficiente para a percolação da água com sais até a superfície, onde este evaporará, depositando o sal.

Segundo Brandão (2013), os sais mais comuns que podem causar eflorescência podem ser provenientes de diversas fontes, como argamassa, concreto, tijolos, blocos, entre outras.

Tabela 4– Origem dos sais causadores da Eflorescência

SAL	ORIGEM
Sulfato de cálcio $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Tijolo
Sulfato de sódio $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	Reacções tijolo - cimento
Sulfato de potássio K_2SO_4	Reacções tijolo - cimento
Carbonato de cálcio CaCO_3	Base em argamassa ou betão
Carbonato de sódio Na_2CO_3	Argamassa
Carbonato de potássio K_2CO_3	Argamassa
Cloreto de potássio KCl	Limpeza com ácido
Cloreto de sódio NaCl	Água do mar
Sulfato de vanádio VOSO_4	Tijolo
Cloreto de vanádio VOCl_2	Limpeza com ácido
Óxido de manganês Mn_3O_4	Tijolo
Óxido de ferro Fe_2O_3 ou $\text{Fe}(\text{OH})_3$	Aço ou tijolo com núcleo preto
Hidróxido de cálcio $\text{Ca}(\text{OH})_2$	Cimento



Figura 41– Eflorescência em Alvenaria
(BRANDÃO, 2013)

Apesar de, como comentado anteriormente, existirem mais sais solúveis em blocos e tijolos, eles tem a menor tendência a causar eflorescência. Na grande

maioria dos casos, o grande responsável são os sais presentes no cimento que constituem os traços de argamassa e concreto. (Brandão,2013).

A reação usual para formação das eflorescências é causada pela lixiviação do hidróxido de cálcio (Ca(OH)_2) e do carbonato ácido de cálcio [Ca(HCO_3)], que é formado pelo ataque de ácidos fracos (H_2CO_3) ao carbonato de cálcio (CaCO_3). (PIANCASTELLI, 1997)

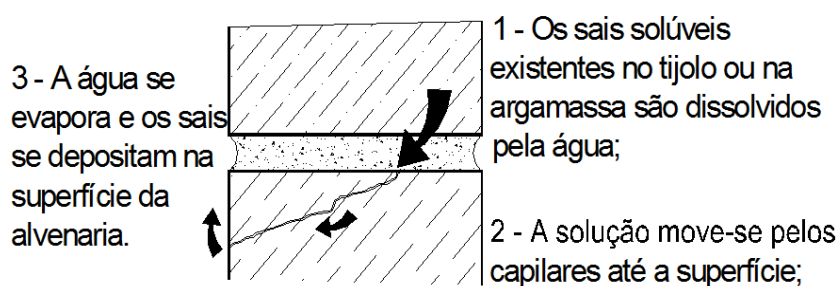
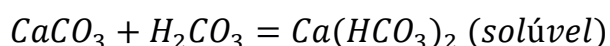
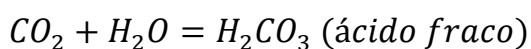
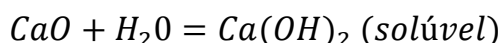


Figura 42– Processo de Formação da Eflorescência

(BRANDÃO, 2013)

Estas manchas esbranquiçadas não interferem na segurança da obra, mas a impactam esteticamente. Entretanto, a presença de eflorescência em um concreto, por exemplo, indica que está ocorrendo percolação de água. Este fato pode gerar problemas futuros como a corrosão de armadura e que, por sua vez, pode comprometer a segurança da obra. (Piancastelli,1997)

7.3.2. Desplacamentos

Segundo Bauer(1985), os deslocamentos ocorrem em modo a separar uma ou mais camadas dos revestimentos de argamassa e apresentam extensão que varia desde uma área restrita até dimensões que abrangem a totalidade de uma alvenaria.

Ainda segundo Bauer (1985), este tipo de manifestação patológica pode ser subdividida da seguinte forma:

- a) Descolamentos por empolamento : normalmente neste caso a cal do traço da argamassa está diretamente envolvida. A cal livre, ou seja, não hidratada existente no revestimento de argamassa irá reagir depois de sua aplicação, resultando em um aumento de volume e deslocamento. Outra possível causa para este problema seria a existência de óxido de magnésio não hidratado (proveniente do cimento) que também poderia reagir e expandir após a aplicação.

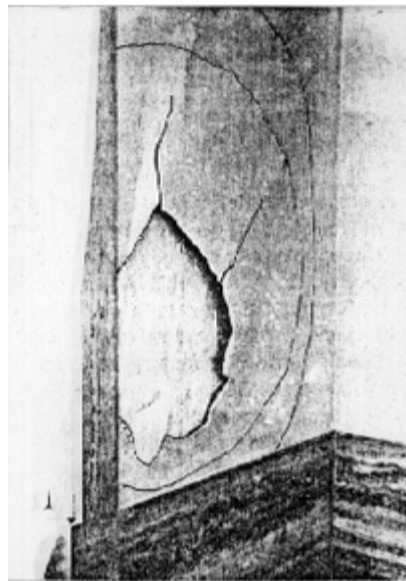


Figura 43– Desplacamento de argamassa com cal.
(CAVANI, 2014)

- b) Descolamentos em placas: Normalmente esta manifestação patológica está atrelada à falta de aderência entre as camadas. São diversas as possíveis causas deste problema: chapisco executado com areia fina,

comprometendo a aderência; presença de desmoldantes; espessuras de revestimentos muito elevadas; traço inadequado da argamassa (muito aglomerante-muito rígida); presença de sujeira na base na hora da aplicação; base muito seca, roubando esta água da argamassa e faltando água para a reação completa do cimento; ausência do chapisco; má qualidade da argamassa; dentre outras.



Figura 44– Deslocamento de argamassa com cal.
(CAVANI, 2014)

- c) Deslocamento de revestimentos cerâmicos: a principal causa deste problema, segundo Bauer (1985) seria a inexistência de juntas de movimentação, deficiência no assentamento das peças; excesso de água no traço de argamassa industrializadas; não respeitar o tempo em aberto; sujeiras no tardo da cerâmica; argamassa colante com má qualidade; entre outras.



Figura 45– Deslocamento de placas cerâmicas
(CAVANI, 2014)

7.4. IMPERMEABILIZAÇÃO

Segundo a NBR9575/2003, impermeabilização é o produto resultante de um conjunto de componentes e serviços que objetivam proteger as construções contra a ação deletéria de fluidos, vapores e umidade.

A atividade impermeabilização é entendida de forma simplória, como a adoção de técnicas e metas com o objetivo de formar uma barreira química ou física, contra a passagem da água. No entanto, a impermeabilização tem uma função muito mais importante, que é a de proteger as estruturas de concreto, contra a agressão provocada pela água e esgoto, visto serem suscetíveis a esta degradação. (Storte, 2013)

Segundo (Granato, 2011) os materiais e sistema de impermeabilização possuem características próprias e variáveis, em função da sua composição química, formulações, etc. Por esta razão, os sistemas possuem aplicações distintas. O profissional da especialidade deve conhecer com profundidade as propriedades de cada material e sistema para fazer a escolha correta e evitar problemas futuros.

Picchi (1986) afirma que a impermeabilização é considerada um serviço especializado dentro da construção civil, sendo que exige uma razoável experiência, no qual detalhes assumem um papel importante e onde a mínima falha, mesmo localizada, pode comprometer todo o sistema.

Segundo Reghi (2009), a relação do custo da impermeabilização ao custo total da edificação é em torno de 1 a 3%. Este custo é baixo quando se considera os prejuízos que uma impermeabilização mal feita pode trazer (corrosão, eflorescência, manchas, bolores, etc).

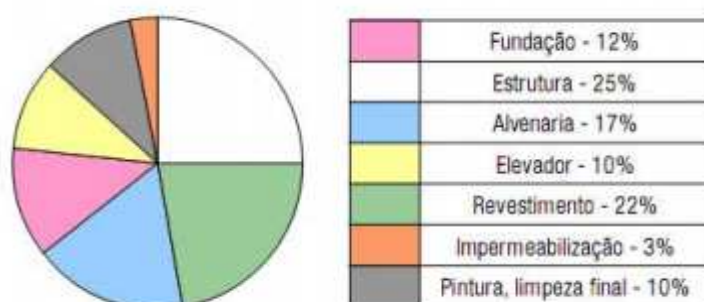


Figura 46– Custo de uma obra
(REGHI, 2009)

A água pode infiltrar em uma obra de diversas formas. Reghi (2009) classifica a origem da umidade de 5 formas:

- a) Umidade de infiltração: umidade que passa para áreas internas por pequenas trincas ou falhas em elementos construtivos, como planos de parede e portas.
- b) Umidade ascensional: caracteriza-se pela umidade oriunda do solo. A sua presença é percebida normalmente nos pisos e partes baixas das paredes.
- c) Umidade por condensação: é consequência da presença de grande umidade no ar e da existência de superfícies que estejam com temperatura abaixo do ponto de orvalho. Esse fenômeno é muito comum em garagens subterrâneas ou em casas com ar condicionado e calefação.
- d) Umidade de obra: se refere a umidade que estão contidas nos materiais utilizados para a construção da obra, como argamassa e concreto. Este excesso de água, caso não eliminado previamente a uma pintura, por

exemplo, pode causar a deterioração desta quando ocorrer a saída desta umidade na forma de vapor.

e) Umidade accidental: é a causada por falhas acidentais nas tubulações.

Segundo Cabral (1992), apesar de ser fundamental que a impermeabilização seja parte integrante dos projetos da obra, na maioria dos casos as construtoras só dedicam atenção a esta atividade e seus problemas no final da obra, quando muitas vezes é já tarde para executar um serviço de qualidade sem crescimento exponencial de custos. A falta de previsão de detalhes e a improvisação são responsáveis por um grande numero de falhas. Antonelli *et al.* (2002) concluiu que a falta de um projeto especifico de impermeabilização é responsável por 42% dos problemas.

Em sua pesquisa, Antonelli *et al.* (2002) quantificou as principais causas das infiltrações em uma edificação :

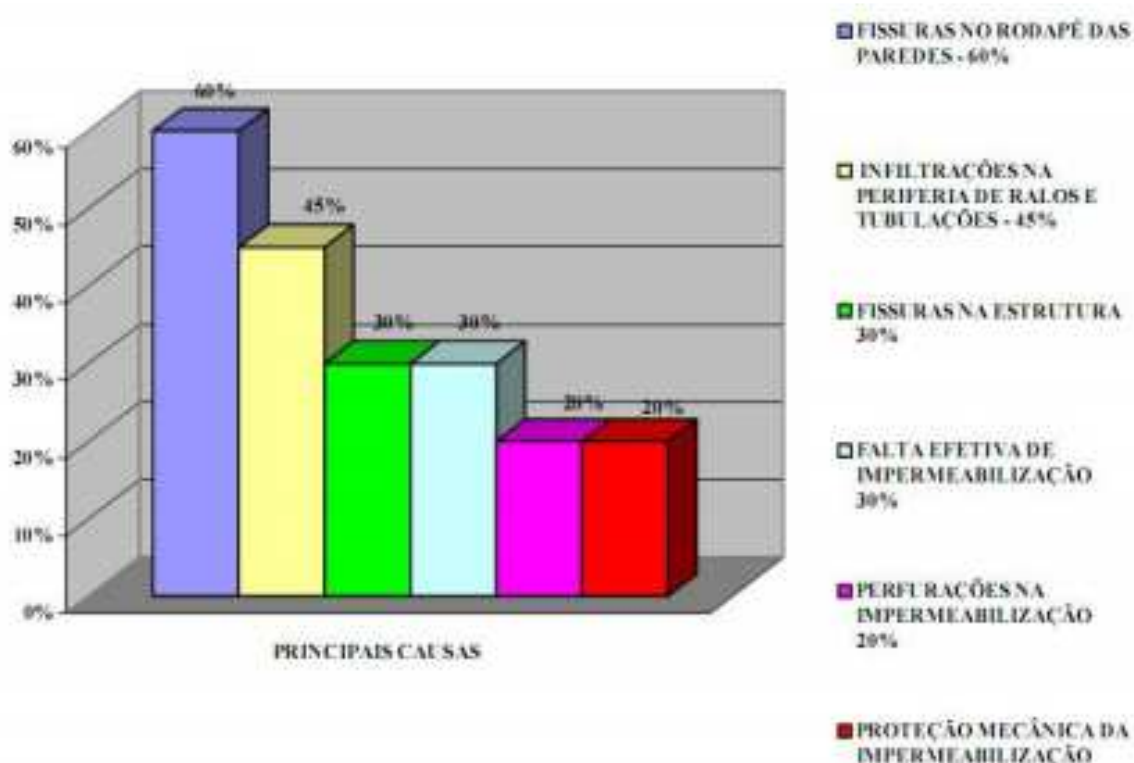


Figura 47– Principais efeitos de problemas de impermeabilização
(ANTONELLI, 2002)

Reghi (2009) divide ainda as causas de das manifestações patológicas em quatro itens:

- a) Projeto : podendo ter suas manifestações causadas por falta do mesmo, especificação inadequada, falta de dimensionamento de coletores pluviais e interferência de outros projetos.
- b) Execução : causada pela falta de argamassa de regularização que ocasiona a perfuração da impermeabilização, não arredondamento de cantos e arestas; execução da impermeabilização sobre base úmida (caso de mantas asfálticas), execução sobre passe empoeirada, uso de camadas grossas de emulsão, falhas de emendas, perfuração de mantas durante execução da obra, etc.
- c) Qualidade dos materiais
- d) Utilização : não realização de manutenção; perfuração da manta durante reformas e fixação de antenas, varais, etc; instalação de floreiras sem a realização de uma impermeabilização.

Segundo Pinto (1996) as manifestações patológicas causadas por um problema de impermeabilização apresentam-se com características próprias e sistematizadas conforme descrito a seguir:

- a) Eflorescência: a água carrega os sais presentes no concreto e argamassa, causando um depósito deste material na superfície do revestimento



Figura 48– Eflorescência em alvenaria
(MOREIRA, 2014)

- b) Corrosão : a percolação de água causa o arraste do hidróxido de cálcio , reduzindo a pH do concreto, podendo causar a despassivação da armadura e iniciar o processo corrosivo. Além disso, a água percolando por dentro do concreto pode também carrear compostos agressivos, como cloretos.



Figura 49– Corrosão de armaduras
(MOREIRA, 2014)

- c) Degradação de revestimentos: a água que carrega materiais da argamassa pode comprometer a coloração, além de causar o aparecimento de fissuras edescolamentos. Isso ocorre pela perda do caráter aglomerante devido a ataques principalmente de sulfatos e cloretos e perda da sua vida útil.



Figura 50– Parede degradada pela umidade
(MOREIRA, 2014)

d) Gotejamento de água:causando incomodo aos moradores



Figura 51– Estalactite causada pelo gotejamento
(MOREIRA, 2014)

e) Mancha de umidade/bolhas : uma parte da superfície se apresenta mais úmida do que outra, indicado por uma diferença de coloração. Não sendo contida a infiltração a tempo, esta umidade de dentro da parede tende a sair na forma de vapor, causando bolhas em pinturas e deslocamento de revestimentos.



Figura 52– Bolhas de umidade
(MOREIRA, 2014)

- f) Manchas no revestimento : a água proveniente da infiltração pode carrear materiais do solo e também provenientes da corrosão de armaduras (óxido de ferro), causando manchas na superfície do revestimento.



Figura 53– Manchas em alvenaria
(MOREIRA, 2014)

Para Correia (1998), os locais da edificação com maior incidência de manifestação patológica por conta de problemas de impermeabilização pode ser representado como abaixo:



Figura 54– Locais da edificação mais afetados por problemas de infiltração
(CORREIA, 1998)

Segundo Souza (2008) as principais causas para surgimentos de manifestações patológicas em impermeabilizações se daria aos seguintes fatores:

- Baixa qualidade dos materiais impermeabilizantes;
- Falta de impermeabilização;
- Escolha de materiais inadequados;
- Dimensionamento inadequado para o escoamento das águas pluviais;
- A não consideração do efeito térmico sobre a laje;
- Pouco caimento para o escoamento das águas;
- Execução inadequada da impermeabilização;
- Má execução das juntas;
- Rodapés mal executados;
- Acabamento mal executado no entorno de ralos;
- Acabamento mal executado em passagens de tubulações pela laje;
- Ralos quebrados;
- Rachaduras da platibanda;
- Vazamento de tubulações furadas ou rachadas;
- Entupimento de ralos;
- Ruptura da impermeabilização;
- Ruptura de revestimentos cerâmicos;
- Concretagem mal executada, produzindo: falhas, concreto desagregado;
- Fôrmas mal executadas;
- Instalações das tubulações mal executadas.

8.PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A obra em estudo é uma residência de cinco pavimentos intercalados, situada no bairro Santa Felicidade – Curitiba – PR. Na residência será realizada uma vistoria criteriosa analisando as tipologias e frequências das manifestações patológicas. A realização da parte prática deste trabalho pode ser dividida em quatro etapas principais: o levantamento de dados da residência; análise dos dados obtidos no primeiro item; uso de ensaios não destrutivos que se fizerem necessários e por último a análise final das manifestações existentes com base em todos os dados que foram coletados anteriormente. Tudo isso visa à obtenção mais exata possível da origem dos problemas encontrados.

8.1. INSPEÇÃO VISUAL E ANAMNESE

O diagnóstico terá início com uma inspeção visual no local da residência. A fim de se conseguir localizar com melhor precisão as manifestações patológicas e também entender a ocorrência destas como um todo, faz-se necessária a utilização do projeto arquitetônico ou estrutural para o seu mapeamento. Estes projetos serão solicitados aos moradores, caso não possuam faz-se necessário os levantamentos arquitetônico e estrutural em forma de croqui esquemático para melhor entendimento da obra.

Com os projetos ou croquis em mãos será realizado o mapeando das manifestações patológicas e um registro fotográfico. Nesta etapa também será feita uma entrevista com os moradores para maior conhecimento da história da obra, e a partir dela, poderá ser confrontado o que será encontrado na inspeção visual com o escopo inicial da obra.

8.2. ANÁLISE INICIAL DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

Com o auxílio dos projetos arquitetônicos ou croquis esquemáticos obtidos na inspeção à residência, o mapeamento e o registro fotográfico determinaremos as possíveis causas, origens e mecanismos das manifestações existentes.

8.3. ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS

Subsequente a isto, será realizado ensaios não destrutivos para a confirmação dos dados obtidos na etapa anterior e principalmente avaliar a evolução das manifestações patológicas. Os equipamentos/procedimentos usados na residência serão: aplicação de selo de gesso nas fissuras; medidor de umidade INSTRUTEMP – Moisturemeter; câmera térmica FLIR- I3.

- Espia de gesso: Serão instaladas espías de gesso, com dimensão aproximada de 250mm X 80mm , nas fissuras que poderiam apresentar movimentações estruturais a fim de verificar a sua ocorrência. O processo de aplicação começa com a limpeza das fissuras, ou seja, a retirada de poeira; este processo é importante para que se possa retratar o real comportamento da estrutura; após a limpeza é aplicado o selo nas regiões críticas de movimentação e em sequência é feito o monitoramento por quarenta e cinco dias, sempre intercalando as conferências de movimentação em dias de calor e frio, evitando assim erros de dilatação térmica..
- Medidor de umidade INSTRUTEMP – Moisturemeter : O medidor realiza por determinações eletrônicas, utilizando dois eletrodos pontiagudos posicionados sobre a superfície em questão, a leitura da variação da quantidade de água existente no material em comparação com uma superfície já conhecida, estabelecendo uma correlação entre as duas grandezas. O medidor será colocado em pontos que aparentemente apresentavam umidade devido ao deslocamento do revestimento.

- Câmera térmica FLIR I3 : A câmera térmica é um dispositivo que captura a diferença de calor transmitido por um objeto e o transforma em um sinal eletrônico. Este sinal é processado de forma a mostrar a imagem térmica em um display e ao mesmo tempo calcula a temperatura de cada objeto. Este método é consegue determinar a presença de vazamentos e infiltrações desde que haja diferença de temperatura entre a água e o substrato.

8.4. ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

Com base nos dados que foram coletados nos itens anteriores, espera-se determinar, com certa exatidão, a origem de cada uma das manifestações patológicas existentes e bem como acompanhar a sua evolução.

9.RESULTADOS E DISCUSSÕES

9.1. VISITAS À RESIDÊNCIA (INSPEÇÕES E ANÁLISES INICIAIS)

O presente estudo teve início no dia 05/04/2014 com a primeira visita a residência que está situada na rua João Batista Dallarmi 976, no bairro de Santa Felicidade, na cidade de Curitiba – PR.A residência é contemplada com cinco pavimentos alternados, feita de concreto armado e com aproximadamente 10 anos. Os moradores residem nesta desde o termino da sua construção e relatam quem existem problemas de fissuras e infiltrações desde o momento que começaram a habitar a residência em questão.



Figura 55– Localização da residência (Google Maps)

Ao chegar à residência, foram solicitado aos moradores os projetos estruturais e/ou arquitetônicos. Estes informaram que não possuíam as cópias destes projetos. Devido a este fato, foi realizado o levantamento arquitetônico para localização das possíveis manifestações patológicas. Esta medição foi feita com o auxílio de trenas e posteriormente passada para o programa computacional AutoCad. O levantamento estrutural *in loco* não foi possível, uma vez que a maior parte das estruturas está localizada dentro das alvenarias, fato que causaria a necessidade de quebras a fim de encontrar com exatidão as estruturas de concreto armado e determinar as suas dimensões. Por este fato, não houve o consentimento dos moradores para a realização desta tarefa.

Nesta primeira inspeção também foi realizada uma entrevista com os moradores para descobrir se houve alguma peculiaridade durante a execução da obra e também durante a sua utilização. Neste ponto, identificou-se que a residência estava projetada para apenas três pavimentos, e que com o andamento da obra, a execução foi alterada, passando para cinco pavimentos alternados, contudo, não houve alteração do projeto estrutural. Outra observação feita pelos moradores foi que a caixa d'água foi deslocada da sua posição inicial para cima da escada central também sem o consentimento do projetista. Todas as decisões foram tomadas somente pelo engenheiro responsável da obra.

Os moradores informaram que em pouco tempo a residência já estava apresentando algumas manifestações patológicas, como infiltrações e pequenas fissuras. Os moradores, por conta própria tomaram algumas medidas, como inserir um pilar na ponta de um balanço do segundo pavimento (quarto 01) para tentar diminuir as fissuras que estavam aparecendo na parede de vedação externa e pequenos outros reparos de fissuras, com a simples aplicação de massa corrida e pintura.

Durante a entrevista foi comentado ainda que o vizinho construiu um jardim elevado rente a divisa dos terrenos (divisa com a sala 01) e não foram tomados os devidos cuidados em relação à impermeabilização do muro, causando diversas infiltrações.

Os croquis levantados na residência encontram-se na seção anexo deste trabalho.

Com os croquis em mãos, dia 07/04/2014 foi feita uma segunda visita técnica com o objetivo de mapear e fotografar as manifestações patológicas que existem na residência, a fim de possibilitar uma melhor análise das suas ocorrências. Visando facilitar a representação esquemática, estas foram divididas da seguinte forma:

Tabela 5– Manifestações patológicas encontradas na residência

REFERÊNCIA	MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA
1	Infiltração de água – baldrame
2	Fissura em escada externa
3	Percolação de água em parede
4	Fissura vertical na parede externa
5	Fissura na ligação muro - casa
6	Fissura Piso
7	Puncionamento do piso
8	Fissura na região da escada principal
9	Fissura em 45° na porta
10	Fissura no balanço
11	Fissura de cisalhamento da escada (lance do Quarto 04 a Sala 05)

Na sequência seguem os croquis com a indicação de cada tipo de ocorrência das manifestações patológicas encontradas.

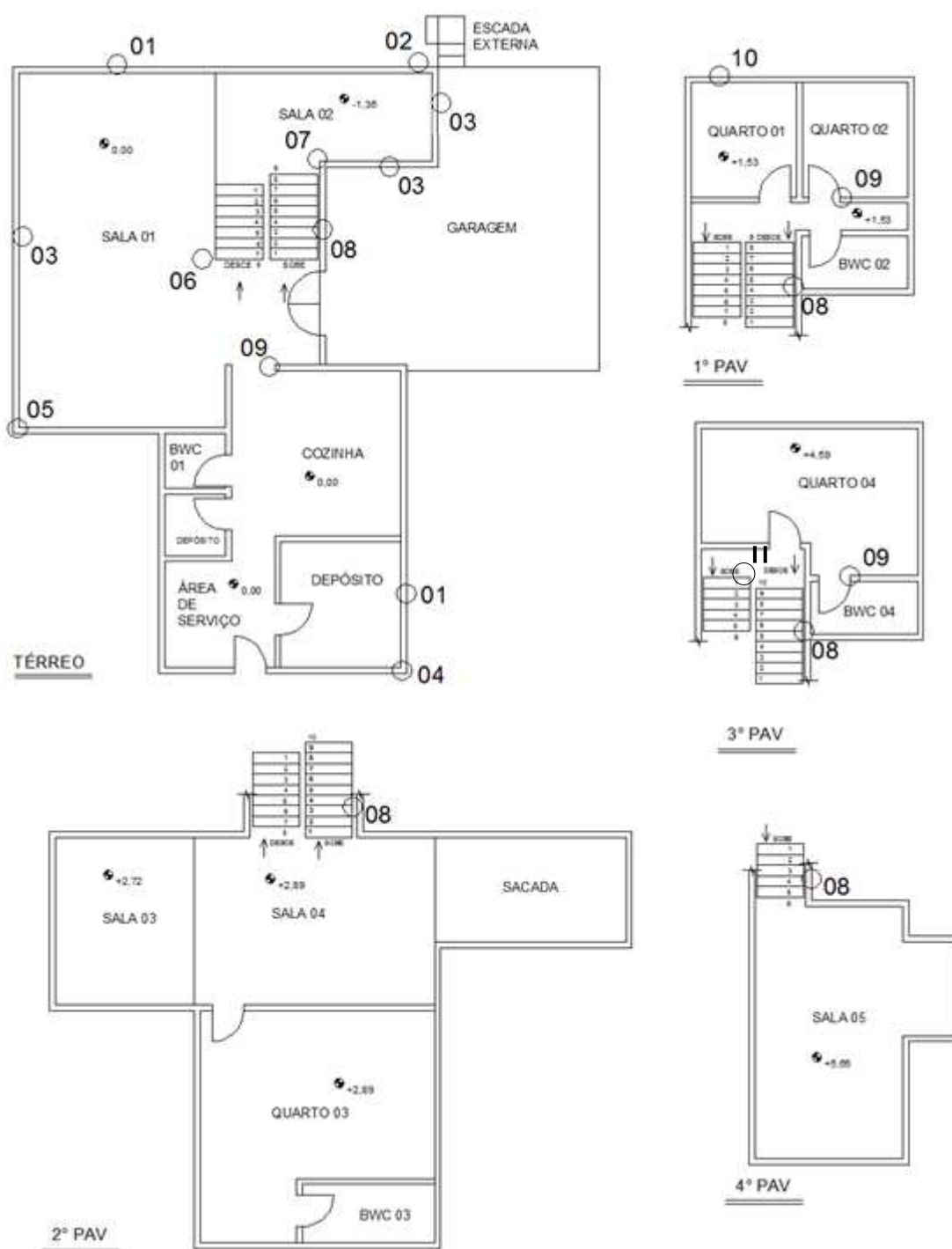


Figura 56– Localização das manifestações patológicas

Como pode ser visto, a manifestação mais recorrente no pavimento térreo é a presença de infiltrações. Nos demais pavimentos, este problema não tem mais ocorrência, sendo as fissuras o principal problema encontrado. Na sequência será descrito cada uma das manifestações patológicas encontradas, indicando possíveis origens para cada uma delas.

9.2. ANÁLISE DOS RESULTADOS E DISCUSSÕES

9.2.1. Manifestação patológica 01: Infiltração de água no baldrame

As fundações e demais estruturas enterradas estão constantemente expostas à umidade provenientes do solo e, quando não corretamente impermeabilizadas, captar essa umidade e a transmitem por capilaridade para as partes superiores da edificação, como as paredes de alvenaria ou mesmo estruturas de concreto armado. Em todo o contorno da residência existe a presença de manchas de infiltração, possivelmente decorrentes da não realização de impermeabilização de baldrame ou ainda uma impermeabilização utilizando um material inadequado para esta finalidade.

Este tipo de manifestação se não reparada adequadamente pode levar a corrosão de armaduras, fato que pode comprometer a integridade e segurança da estrutura. Além disso, infiltrações causam prejuízo estético e proliferações de fungos e bactérias, comprometendo a salubridade da residência.



Figura 57–Infiltração de água pelo baldrame (região externa a Sala 02)



Figura 58– Infiltração de água pelo baldrame (região externa a cozinha e depósito)

9.2.2. Manifestação patológica 02: Fissura em escada externa

Para o diagnóstico da fissura na escada apoiada no solo é preciso analisar mais de uma situação. Neste caso tem-se uma área externa da casa, com uma escada de alvenaria que liga a varanda do térreo com a garagem. Esta varanda apresenta indícios de recalque. Existem diversas fissuras no piso, além desta da escada. Possivelmente não foi feita uma fundação adequada ou uma compactação adequada do solo para suportar os esforços. Para conseguir determinar com melhor exatidão a origem deste problema seria necessário um levantamento estrutural desta região.

Neste caso, a manifestação não traz riscos à segurança, somente prejuízos estéticos, mesmo se não reparada.



Figura 59– Fissura na escada externa (região posterior da casa)

9.2.3. Manifestação patológica 03: Percolação de água em parede

Existem no pavimento térreo diversos pontos de infiltração de água pela parede. Em alguns casos, o provável agente causador seria a falta de impermeabilização do baldrame, como já descrito em Manifestação 01.

Entretanto, há na residência indícios de infiltrações que possuem outras origens. Na residência vizinha, por exemplo, foi construído um jardim rente a parede da Sala 01 com altura de aproximadamente 1,50m e não foi realizado nenhum tipo de impermeabilização na face que ficaria em contato com solo. Este fato causou infiltrações na parede desta sala, como pode ser visto na Figura 61.

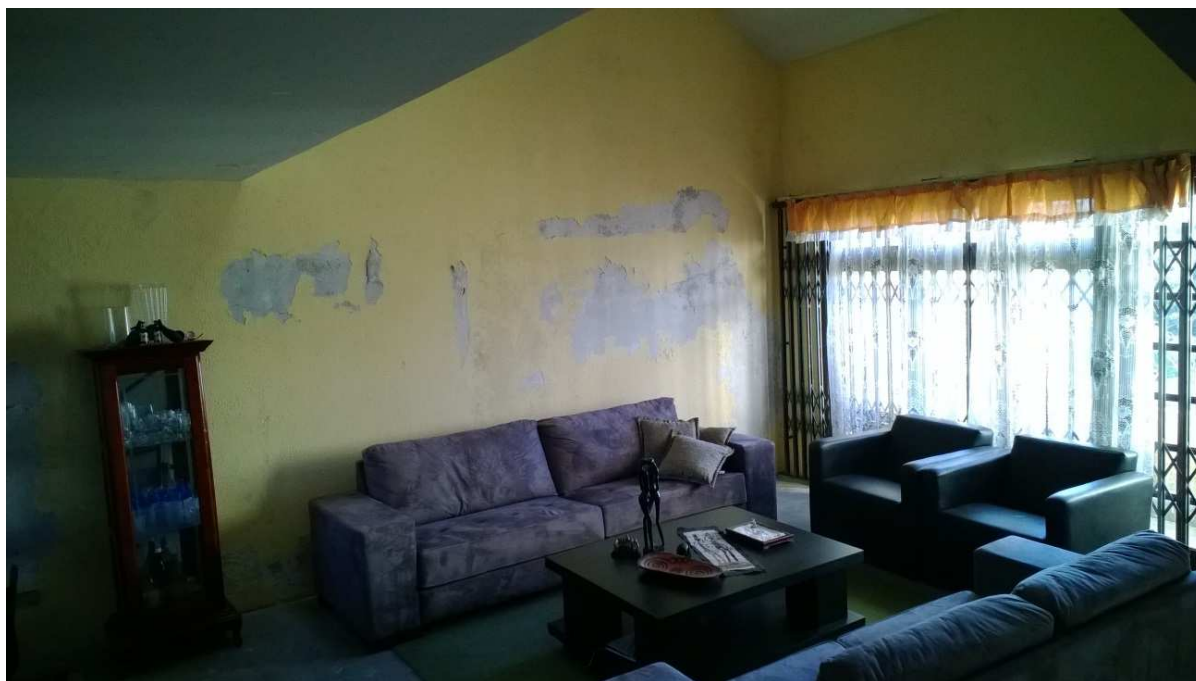


Figura 60– Infiltração de água (parede da Sala 01 que faz divisa com o terreno vizinho)

Nas paredes que dividem a garagem e a Sala 02 também foram encontradas bolhas e indícios de presença de umidade. Consultando os moradores, estes comentaram que existe um problema na calha superior e que quanto chove escorre muita água pela parede da garagem. Como está já esta sem pintura, possivelmente haja penetração de água, comprometendo também o lado interno destas paredes. Aliado a isto, esta região é pouco ventilada, dificultando a saída da umidade e comprometendo ainda mais a integridade da alvenaria.



Figura 61– Infiltração de água (parede da Sala 02 com a Garagem)

Como comentado anteriormente, infiltrações de água, além de causarem problemas estéticos e comprometerem a salubridade da residência devido a proliferação de fungos e bactérias, podem também causarem corrosão de armadura, seja por carbonatação ou por penetração de agentes agressivos, como cloretos e sulfatos.

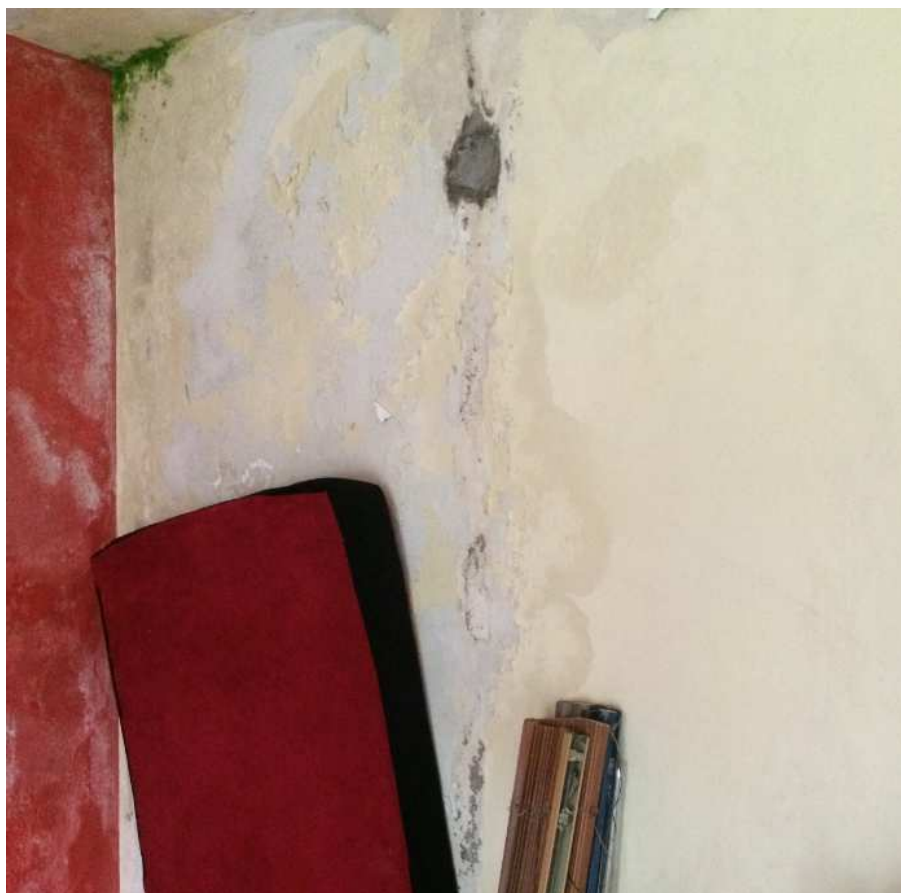


Figura 62– Infiltração de água (parede da Sala 02 com a Garagem)

9.2.4. Manifestação patológica 04: Fissura vertical na parede externa

Cada material envolvido nas construções tem seu módulo de elasticidade e capacidade de absorver deformações, inclusive térmicas. A união de dois materiais diferentes, no caso aqui envolvidos o concreto e o tijolo e sem a devida amarração pode causar uma fissura nesta junção, como a apresentada na figura abaixo.

Outra possível origem para este tipo de fissura envolve a dilatação da alvenaria por absorção de umidade. A presença de umidade nestas alvenarias de contorno já foi apresentada nos itens anteriores.

Este tipo de manifestação patológica cria uma região de penetração de água, fato que pode futuramente levar a uma corrosão da armadura dos pilares.



Figura 63– Fissura em ligação pilar / alvenaria

9.2.5. Manifestação patológica 05: Fissura na ligação muro – casa

Acompanhando o mesmo caso do item quatro, cada estrutura se movimenta de formas diferentes, principalmente quando estão apoiadas em fundações diferentes. Neste caso, o muro de alvenaria possui uma dilatação térmica diferente da residência de concreto armado, além disso, por possuírem fundações diferentes e terem rigidezes diferentes, as cargas de vento e eventuais sobrecargas de uso (no caso da residência) não transportadas ao solo de formas diferentes e geram deformações diferentes. Não estando as duas estruturas com uma ligação adequada que permita a transmissão de correta de esforços, ocorre o aparecimento de fissuras na região de maior fragilidade – o encontro das duas estruturas.

Existe também a possibilidade de que um destes elementos tenha sofrido algum deformação excessiva (recalque, flexão do muro, etc). Se este fosse o caso e o muro estivesse devidamente ligado a casa, esta fissura poderia ter ocorrido em outra região do muro.

Esta manifestação se não tratada não traz riscos significativos, além de problemas estéticos.



Figura 64– Fissura na ligação Muro/Residência

9.2.6. Manifestação patológica 06: Fissura no Piso

No piso do térreo da residência foram encontradas diversas fissuras. Neste caso, existem algumas possibilidades para a origem deste problema. Dentre elas, pode-se citar:

- Compactação não adequada do solo no qual o piso de apoia. Com o passar do tempo e com a ocorrência de cargas normais este se compacta, causando fissuras no piso de concreto simples (sem armadura).

- Ausência de armadura;

- Recalque da estrutura de concreto armado;

Para conseguir determinar com exatidão a origem desta manifestação seria imprescindível o projeto estrutural ou o levantamento estrutural.

Segundo os moradores, o problema se encontra estável, não havendo há tempo aparecimento de novas fissuras e nem aumento das existentes.



Figura 65– Fissura no piso da Sala 01

9.2.7. Manifestação patológica 07: Puncionamento do piso

Na Sala 02 da resistência pode-se perceber uma fissura no piso acompanhando o contorno de um dos pilares que sustenta a escada principal da edificação.

Como houve um descolamento do piso do pilar, pode-se supor que ocorreu um recalque ou do piso ou do pilar, ocorrendo um cisalhamento no concreto de junção dos dois elementos. Para a determinação da origem deste problema é de importante a realização de uma análise estrutural, verificando-se como a estrutura se comportaria com as sobrecargas adicionais (dois pavimentos extras além da carga da caixa d'água que foi posicionada sobre estes pilares).

Além disso, deve-se analisar a evolução deste recalque, visando determinar a sua estabilidade. Caso este ainda esteja ocorrendo, deve-se tomar medidas a fim de conseguir interromper este processo, como esvaziar as caixas d'água, por exemplo. Caso isso não seja realizado, pode-se criar migrações de carga na estrutura, podendo, dependendo do caso, levar a sua ruína.

Estando esta manifestação sem alterações, não há riscos significativos de colapso. Somente devem-se reparar os sintomas deste problema, como fissuras, por exemplo.

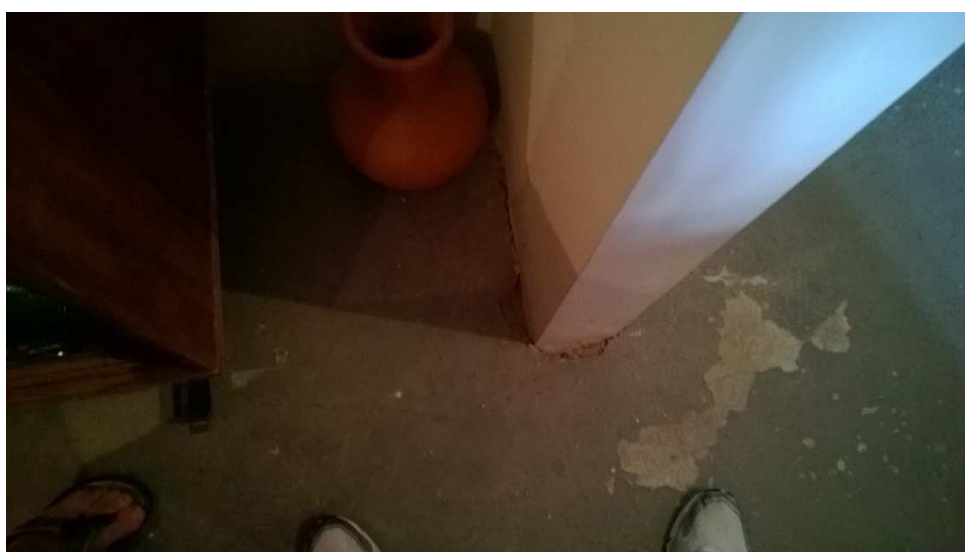


Figura 66– Fissura na interface do piso da Sala 02 com o pilar central

9.2.8. Manifestação patológica 08: Fissura na alvenaria da região da escada principal

Toda estrutura está sujeita a diversos esforços e estes são devidamente previstos na execução dos estruturais e de fundação. Entretanto, havendo alguma alteração de projeto arquitetônico e que propicie um aumento de carga em algum ponto da estrutura, os projetos de fundação e estrutural devem ser verificados, visando garantir que estrutura conseguiria absorver os novos esforços satisfatoriamente, ou seja, sem fissuras e deformações excessivas.

Neste caso observado, como já dito anteriormente, o projeto da residência era para apenas três pavimentos e o escopo foi alterado para cinco pavimentos e com o deslocamento da posição da caixa d'água. Segundo os moradores, sem as devidas correções nos projetos estruturais e de fundação.

A obra apresenta diversos tipos de fissuras, mas a sua ocorrência majoritária é em torno da região da escada principal. Como os pavimentos são alternados, os pilares externos da resistência suportam 2º e 3º pavimentos somente. A região da escada, contudo, é a única da casa que recebe carga do 5º pavimentos além da carga nova da caixa d'água.

Pelo formato e incidência das fissuras, aliado ao cisalhamento do piso próximo do pilar do térreo apresentado na manifestação 07 pode-se concluir que houve de fato um recalque da estrutura. Contudo, uma análise detalhada do projeto estrutural, principalmente planta de cargas, e do projeto de fundações seria importante para determinar se a origem do recalque se deve à sobrecarga adicional ou se houve algum erro de projeto.

Além disso, é necessário realizar o mapeamento destas fissuras a fim de verificar a atividade desta manifestação patológica. Isto foi feito com o auxílio de espigas de gesso e está melhor detalhado no próximo item deste trabalho.

Como comentado anteriormente, estando a manifestação ainda ativa, deve-se realizar um monitoramento do recalque com auxílio de um topógrafo, a fim de verificar a velocidade de recalque. Dependendo do caso, será necessário fazer um

alívio da estrutura, visando com isso conter o recalque e evitar, em último caso, uma ruína.



Figura 67– Fissuras na região da escada principal



Figura 68– Fissuras na região da escada principal

9.2.9. Manifestação patológica 09: Fissura em 45° em porta

Como comentado nas revisões bibliográficas, fissuras a 45° em vãos de janelas e portas são comuns em residências. Normalmente estão atreladas a falta de vergas e contra-vergas. Neste caso, contudo, outra suposição também é possível. Como já é de conhecimento a estrutura da residência foi modificada sem as adequadas alterações nos respectivos projetos estruturais e de fundação. Por esta razão, pode ter havido um recalque diferencial que causou esta manifestação patológica relatada.

Este tipo de manifestação não apresenta, além de problemas estéticos, riscos significativos no caso de uma ausência de verga e contra-verga. Sendo entretanto causada por um recalque diferencial ou sobrecarga da estrutura, deve-se avaliar a evolução desta manifestação visando determinar se a fissura se encontra ativa, indicando que ainda está ocorrendo recalque .

Como nas outras manifestações comentadas anteriormente, estando a fissura passiva, ou seja, sem movimentação, esta pode simplesmente ser reparada. Entretanto, estando esta fissura ativa, deve-se fazer um monitoramento da estrutura da residência com auxílio de um topógrafo para avaliar o recalque. Estando este ainda em ritmo acelerado, seria recomendado realizar um alívio de carga da estrutura ou um reforço estrutural.



Figura 69– Fissura sobre a porta do Quarto 04 com o BWC 04

9.2.10. Manifestação patológica 10: Fissura no balanço

Fissuras no balanço geralmente têm ligação com uma deformação excessiva deste. As flechas que surgem na ponta do balanço, quando mal dimensionados ou mal executados, fazem com que a alvenaria de vedação seja solicitada além da sua capacidade resistente e portanto fissure. Um agravante é que na parede sobre este balanço existe uma janela (ponto de fragilidade da estrutura), onde mais facilmente ocorre a fissura. Neste caso específico, segundo os moradores, quando as fissuras apareceram a providência imediata foi colocar um pilar na ponta do balanço, invertendo completamente o diagrama da viga, conforme indicado na Figura 73. Este processo faz com que as armaduras longitudinais da viga fiquem superarmada para o negativo e subarmada para o positivo, podendo ocasionar outras manifestações patológicas. Devido ao pequeno vão do balanço, mesmo com esta inversão de momentos fletores não ocorreram novas fissurações na região de momento fletor positivo, possivelmente a armadura mínima utilizada nesta viga conseguiu suportar este novo esforço.

Para saber se a razão da deformação excessiva inicial foi devido a um erro executivo ou de projeto, seria necessário fazer o levantamento da estrutura da obra e compará-la com o projeto estrutural original. Infelizmente não foi possível fazer este levantamento e os moradores não possuíam o projeto estrutural original.

Esta manifestação deve ser monitorada atentamente, uma vez que balanços dificilmente propiciam uma redistribuição de carga, ou seja, tendo o aço entrado em fluência a deformação do balanço prosseguirá até a ruptura.

Neste caso, será feita a aplicação de espia de gesso visando avaliar a atividade ou não desta fissura e conseqüentemente a necessidade ou não de tomar uma medida de curto prazo para reforço.



Figura 70– Vista externa do balanço com o pilar construído posteriormente



Figura 71– Vista interna da fissura na alvenaria sobre o balanço

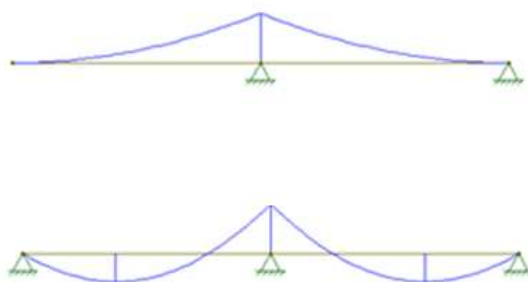


Figura 72– Esquema genérico de momentos fletores para uma estrutura em balanço e posterior com a colocação de um pilar na ponta deste

9.2.11. Manifestação patológica 11: Fissura de cisalhamento da escada (lance do Quarto 04 a Sala 05)

Como comentado anteriormente, esta residência teria originalmente três pavimentos e foi de fato construída com cinco pavimentos. Uma das escadas que não fazia parte do projeto original, segundo os moradores, era a que está localizada entre os Quarto 04 a Sala 05.

Nesta escada ocorreu o aparecimento de uma fissura, indicando possivelmente uma ruptura do concreto por cisalhamento, formando uma cunha. Possivelmente o patamar que recebeu a carga praticamente pontual da escada não foi devidamente armada para resistir este esforço e como consequência, ocorreu o aparecimento da fissura. Para conseguir determinar com exatidão a origem deste problema seria imprescindível o levantamento estrutural e uma análise deste levantamento. Contudo, independentemente da origem, este problema deve ser sanado o quanto antes, sob risco de ruína da escada.



Figura 73– Vista frontal da fissura sob a escada entre o Quarto 04 e a Sala 05.



Figura 74– Vista inferior da fissura sob a escada entre o Quarto 04 e a Sala 05.

9.3. ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS

A partir de todas as anomalias listadas e mapeadas, foram determinadas as manifestações patológicas que teriam maiores chances de comprometer a estabilidade da estrutura. Baseado nisso, determinou-se os pontos em que seriam feitas as colocações das espias de gesso a fim de verificar a evolução destas manifestações patológicas.

A seguir segue um croqui com a localização de cada ensaio realizado.

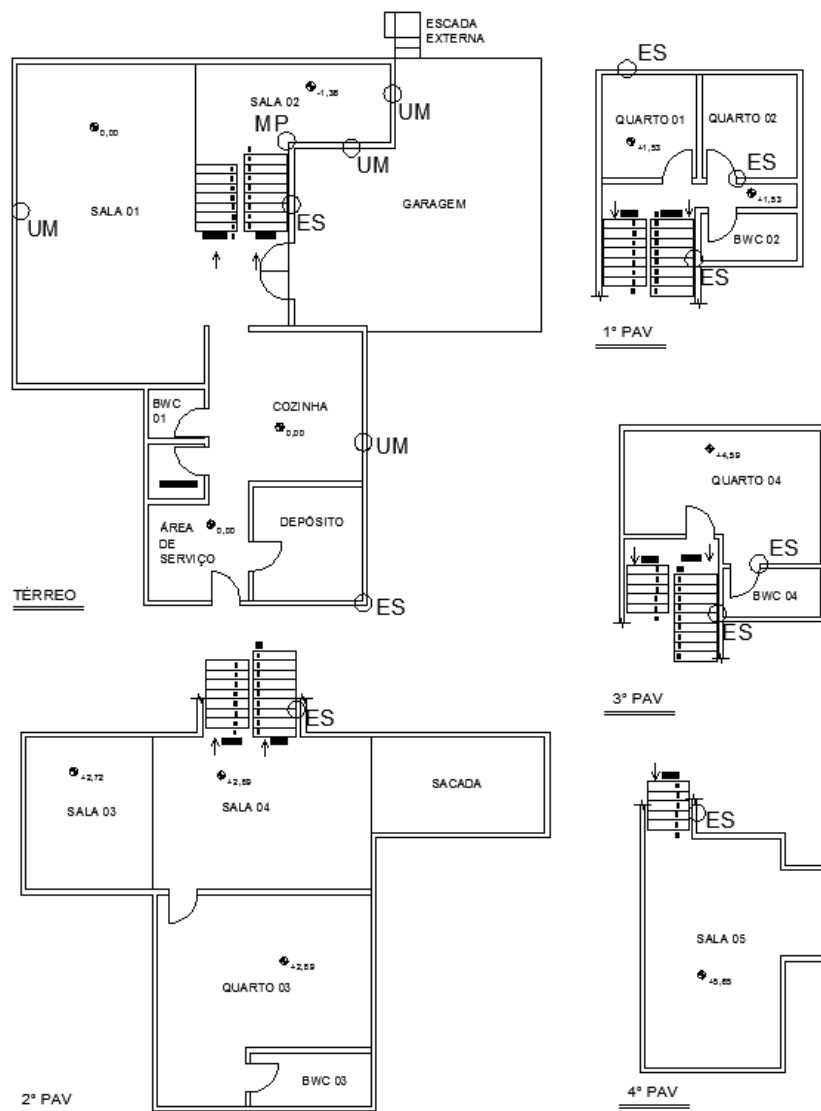


Figura 75– Croqui esquemático da localização dos ensaios não destrutivos

Tabela 6– Ensaios executados na residência

REFERÊNCIA	ENSAIO
ES	Espia de Gesso
UM	Ensaio de umidade com medidor de umidade e câmera térmica
MP	Marcação Pilar (recalque)

9.3.1. Colocação das Espias

No dia 26/04/2014 foram feitas as colocações das espías de gesso e em 03/05/2014 e 07/06/2014 estas foram monitoradas em relação a sua abertura. Além disso, solicitou-se aos moradores que monitorassem estas espias diariamente e comunicassem caso notassem alguma abertura.



Figura 76– Espia de gesso colocada em fissura da escada central



Figura 77– Espia de gesso colocada em fissura na escada entre o Quarto 04 e Sala 05



Figura 78– Espia de gesso colocada em fissura sobre a porta do Quarto 04 com o
BWC 04



Figura 79– Espia de gesso colocada em ligação Pilar/Alvenaria



Figura 80– Espia de Gesso colocada em fissura na alvenaria sobre o balanço do Quarto 01

1.1.1. Marcação do Recalque

Em 26/04/2014 ainda foi feita uma marcação no pilar do térreo, o qual estava puncionando o piso, a fim de verificar se ainda estava ocorrendo o recalque.



Figura 81– Marcação da posição do piso em relação ao pilar central na Sala 02

1.1.2. Análise das Espias e do Recalque

Somente uma das espias de gesso, localizada no Quarto 01 (balanço) apresentou uma clara movimentação estrutural. As demais não mostraram qualquer tipo de fissuração no decorrer da análise.



Figura 82– Espia de gesso na região do balanço do Quarto 01 com abertura de fissura



Figura 83– Espia de Gesso na região da escada sem qualquer indicio de fissuração

A marcação do pilar do térreo também foi conferida na visita do dia 07/06 e pode-se perceber que não houve a evolução do recalque daquela região.

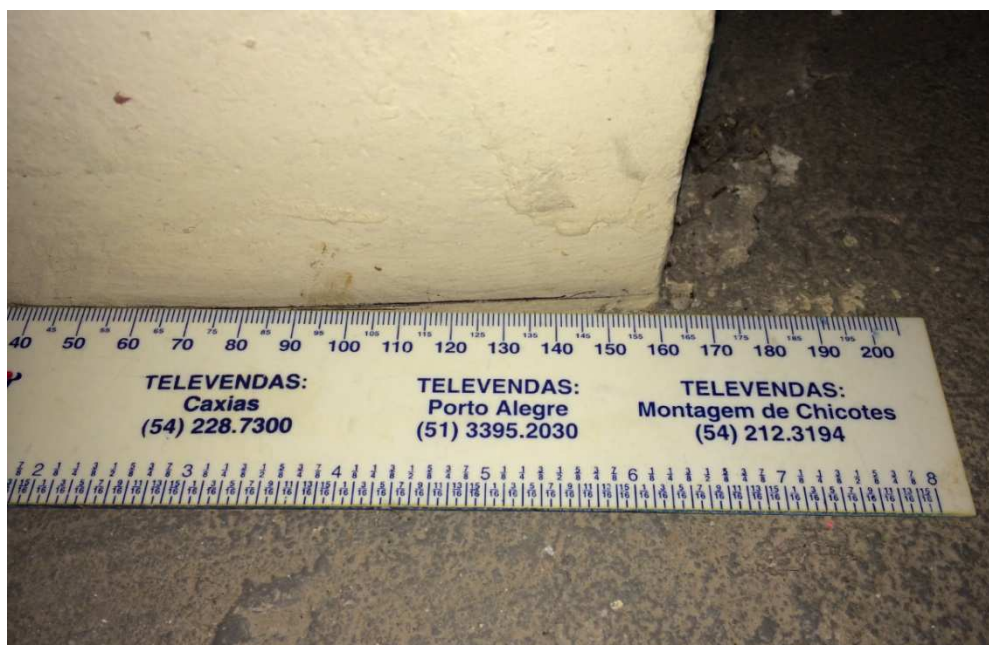


Figura 84– Conferência da marcação do nível do piso com o pilar central da Sala 02

9.3.2. Análise térmica e de umidade

Uma próxima visita foi feita no dia 20/07/2014 para realização de outros ensaios não destrutivos: Câmera térmica FLIR – I3e o Medidor de umidade INTRUTEMP. Ambos aparelhos tiveram como objetivo comprovar a presença de infiltração de água na estrutura.



Figura 85– Utilização da câmera térmica para tentar determinar indícios de umidade



Figura 86– Medidor de umidade indicando 0,9% de umidade (valor mínimo do aparelho) – medido a 2,0 de altura na parede entre a Sala 02 e a garagem.



Figura 87– Medidor de umidade indicando 2,2% - superior ao mínimo de 0,9%. Valor medido na parede entre a Sala 02 e a garagem a uma altura de 40cm.

Pode-se notar a presença de umidade em diversas paredes até uns 50cm do solo. Acima disto, apesar de já ter ocorrido contato com umidade, está não estava mais presente.



Figura 88– Medidor de umidade indicando 1,8%, medido na parede da “Sala 01” que faz divisa com o terreno vizinho.

Exceto na parede da Sala 01, a qual apresentava umidade em praticamente toda a sua altura, possivelmente devido a presença do jardim no lado do vizinho.

A câmera térmica não conseguiu captar a presença de umidade, possivelmente devido ao fato de ser o modelo de entrada da Flir com resolução relativamente baixa. Não foi possível testar uma câmera com qualidade superior para avaliar se esta conseguiria captar alguma diferença térmica.

10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos diagnósticos realizados na residência pode-se afirmar que existem duas manifestações patológicas com maior incidência: Infiltração de água nas paredes e as fissuras verticais na região central da residência. A primeira manifestação tem origem na falta de impermeabilização dos baldrames e demais paredes sujeitas à umidade, como a em contato com o jardim do vizinho; já a segunda citada provém possivelmente da alteração na execução da obra, sobrecarregando a região da escada, seja pelo acréscimo de dois pavimento ou também pelo deslocamento da caixa d'água. Estas duas manifestações patológicas somadas compreendem cerca de 73% (55% tem origem na alteração da execução da obra e 18% correspondem a situações com infiltrações) das inconformidades existentes na residência.

Para chegar a um diagnóstico foram de suma importância os relatos dos moradores, pois com eles pode-se encontrar com mais facilidade as possíveis origens de cada manifestação patológica listada. A ausência de projetos e a impossibilidade de um levantamento estrutural impossibilitou a análise estrutural. Esta seria importante para precisar em uma revisão do cálculo estrutural se a origem dos problemas de fissuras encontrada reside em erros somente executivos ou também de projeto.

Apesar da ausência desta análise, pode-se concluir por meio dos ensaios não destrutivo que a residência se encontra estável e que o recalque causador das fissuras na região da escada central encontra-se estabilizado. O recomendado para os moradores foi sanar a infiltração de água e as fissuras nas paredes, evitando assim outras manifestações que podem aparecer a partir dessas. As únicas manifestações encontradas que apresentam riscos imediatos seria a fissura na escada central (lance do Quarto 04 a Sala 05), cisalhando o concreto desta, bem como a fissura do balanço do Quarto 02. Em ambos os casos, recomenda-se aos moradores um reparo imediato, a fim de evitar um potencial colapso.

Para estudos futuros sugere-se o mapeamento da estrutura e o processamento em um software de cálculo estrutural para a origem do problema de recalque visando com isso uma correção mais assertiva.

11. APÊNDICE

12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118– Projeto de Estruturas de Concreto Armado : Procedimento** .Rio de Janeiro, 2007.
- ALMEIDA, H. T; CARNEIRO, A. M. P. **Análise das Patologias em Estruturas de Concreto na Zona Litorânea da Cidade do Recife** – PE. X Congresso Latino-americano de Patologia –CONPAT. Valparaíso – Chile. 2009
- ANTONELLI, G.R.; CARASEK, H.; CASCUDO O. Levantamento das manifestações patológicas de lajes impermeabilizadas em edifícios habitados de Goiânia-Go. IX Encontro Nacional do Ambiente Construído. Foz do Iguaçu. 2002.
- ARANHA, P. M. F. Contribuição ao estudo das manifestações patológicas nas estruturas de concreto armado da região da Amazônia. Porto Alegre: UFRGS, 1994. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1994, 144p.
- BAUER, L. A. F. Materiais de construção. 5. ed. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2008.
- Bauer. R . J. F.- Falhas em Revestimentos: Recomendações nas fases de projeto, execução e manutenção. São Paulo, SP. – 1985
- BOLINA, C. et al **Estudo de corrosão de armaduras frente ao ataque por cloretos e carbonatação em estruturas de concreto armado no laboratório de materiais de construção da Universidade Federal de Goiás** . Goiás , 2006.
- CABRAL, P. L. Impermeabilização e proteção em armazéns graneleiros. Revista Impermeabilizar, São Paulo, n. 43, p. 6, fev. 1992.
- Cislagui, R. -Problemas Constatados no Prédio Novo do INE – Departamento de Informática e Estatística – UFSC – 2006.
- CORREIA, N.C.; SILVA, C.G.V.; MONTEIRO, E.C.B. et al. Caracterização das manifestações patológicas em serviços de impermeabilização. Brasil - Florianópolis, SC. 1998. v.1 p. 305-312. In: Encontro Nacional de Tecnologia do

Ambiente Construído, 7º, Florianópolis, 1998. Artigo técnico.

FIGUEIREDO, A.P.; MEIRA, G.. **Boletim Técnico do Alconpat – Capítulo 6: Corrosão das Armaduras de Estruturas de Concreto Armado**. México, 2013

Granato, J. E. – Patologia na impermeabilização – Artigo online no site www.empek.com.br – 2011

HELENE, P. R. L. **Manual Prático para Reparo e Reforço de Estruturas de Concreto**. Editora PINI. São Paulo, 1992.

HELENE, P. R. L. **Contribuição ao estudo da corrosão em armaduras de concreto armado**. São Paulo, 1993.

HELENE, Paulo; TERZIAN, Paulo. Manual de dosagem e controle do concreto. São Paulo: PINI, 1992.

HELENE, Paulo. Vida útil das Estruturas de concreto. In: IV Congresso

Helene, P; Pereira, F. **Rehabilitación y Mantenimiento de Estructuras de Concreto**. São Paulo, 2007

Iberoamericano de Patologias das Construções e VI Congresso de Controle de Qualidade. Anais. Porto Alegre, 1997. v.1. p. 1-30.

Magalhães, E. – Fissuras em Alvenarias: Configurações Típicas e levantamento de incidências no estado do rio grande do sul – UFRS – Porto Alegre – 2004

MOTA, J. M. F; PONTES, R. B; CANDEIAS NETO, J. A; OLIVEIRA, M. F; Braun M.. **Apostila do curso “Anomalias e Segurança na Edificações”** . São Paulo, 1981.

MILITITSKUY, Jarbas. CONSOLI, Nilo Cesar. SCHINAID, Fernando. – **Patologia das Fundações**, Editora PINI, São Paulo, Maio, 2007

Monografia (Especialização em Construção Civil) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

Moreira. K.A.W. – Sistemas de Impermeabilização – Notas de Aula IDD – Curitiba, 2013.

NBR 9952 – Manta asfáltica para impermeabilização. São Paulo, 2007

NBR 9574 – Execução de impermeabilização. São Paulo, 2008.

NBR 12170 – Potabilidade da água aplicável em sistema de impermeabilização. São Paulo, 1992.

Notas de Aula – Proj. José Marques Filho – Materiais de Construção III – UFPR
Oliveira.A – Fissuras, Trincas e rachaduras causadas por recalque diferencial de fundações. – UFMG – Belo Horizonte – 2012.

ORTIZ, J.M.R, La cimentacion. Madrid: Colegio Oficial de Arquitectos 1985.

Cavani, G. Notas de Aula da aula de Patologia dos revestimentos., IDD, 2014.

Piancastelli, E.M. - Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto Armado - Ed. Depto. Estruturas da EEUFMG - 1997 - 160p.

PICCHI, F.A. Impermeabilização de coberturas. São Paulo: Editora Pini, 1986.
220p.

PUJADAS, F; Inspeção Predial – Ferramenta de avaliação da manutenção- IBAPE , São Paulo, 2009.

POURBAIX, M. **Curso sobre corrosão eletroquímica** .Lisboa: Instituto Nacional de Investigação Industrial, 1961

RIBEIRO,D. Corrosão em Estruturas de Concreto Armado: Teoria, Controle e Métodos de Análise.

Righi, G.V – Estudo dos Sistemas de Impermeabilização: Patologias, prevenções e correções – analise de casos – UFSM – Santa Maria , 2009

SOUZA, M.F. Patologias ocasionadas pela umidade nas edificações. 2008. 64f.

Storte, M. – Manifestações Patológicas na Impermeabilização de Estruturas de Concreto em Saneamento – Forum da Construção, 2013.

THOMAZ, E.;**Trincas em Edifícios**, São Paulo, 2003