

LIGA DE ENSINO DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO UNIVERSITÁRIO DO RIO GRANDE DO NORTE
ENGENHARIA CIVIL

MARIA DOS MILAGRES SAMYLA JULIÃO BESERRA

**ANÁLISE DE UMA EDIFICAÇÃO UNIFAMILIAR COM TRINCAS E FISSURAS
CAUSADAS POR RECALQUE DIFERENCIAL**

NATAL/RN

2019

MARIA DOS MILAGRES SAMYLA JULIÃO BESERRA

**ANÁLISE DE UMA EDIFICAÇÃO UNIFAMILIAR COM TRINCAS E FISSURAS
CAUSADAS POR RECALQUE DIFERENCIAL**

Trabalho de Conclusão de Curso
Engenharia Civil apresentado ao Centro
Universitário do Rio Grande do Norte (UNI-
RN) como requisito final para obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Phd. Fábio Sérgio da
Costa Pereira

NATAL/RN

2019

MARIA DOS MILAGRES SAMYLA JULIÃO BESERRA

**ANÁLISE DE UMA EDIFICAÇÃO UNIFAMILIAR COM TRINCAS E FISSURAS
CAUSADAS POR RECALQUE DIFERENCIAL**

Trabalho de Conclusão de Curso
Engenharia Civil apresentado ao Centro
Universitário do Rio Grande do Norte (UNI-
RN) como requisito final para obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. PhD Fábio Sérgio de Costa Pereira
Orientador – UNI-RN

Prof^a. MSc. Mariana Freitas
Membro Interno – UNI-RN

Prof. ESP. Tarcísio Medeiros
Membro Externo - UFRN

AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente a Deus, pelo amor incondicional e companhia em todas as horas dessa caminhada que não se mostrou fácil desde início.

A meus pais Francisca Seneide e Manoel Moura, que não mediram esforços para dar todo tipo de apoio, sendo suporte essencial nessa trajetória percorrida, minha infinita gratidão.

A meu irmão Marcel Julião, que como sempre, foi companheiro em todos os momentos.

A todos os meus familiares, que diretamente me ajudaram a caminhar nessa estrada, em especial a minha tia Verônica Julião e a minha avó Francisca Julião, que foram pilares para que pudesse chegar até aqui.

A meu noivo Matheus Henrique, que suportou comigo altos carregamentos encontrados durante este percurso, foi paciente, solidário e se esforçou junto a mim. Agradeço também a sua família, que me acolheu e me deu suporte nos momentos que mais precisei, fazendo o possível para não me deixar fraquejar.

A meus amigos Yllana Albuquerque, Yago Victor, João Victor e Edson Lopes, que foram apoios diários e inúmeras vezes me empurraram para onde eu já não pensava em chegar.

A meu orientador Prof. Fábio Sérgio, da Costa Pereira, pela paciência e esforço para que eu desse meu melhor na realização deste trabalho.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte desta árdua caminhada, meu muito obrigada.

“O sucesso mora longe da Zona de
Conforto.”

(Felipe Aiello)

RESUMO

As trincas e fissuras são os principais sintomas patológicos das edificações atuais, perdendo espaço apenas para problemas de umidade. Sendo esses, resultante de problemas provenientes de falhas de projeto, execução e utilização. Métodos de prevenção e diagnóstico correto são etapas essenciais a serem executadas na resolução ou prevenção do problema. O recalque diferencial é a causa mais comum do aparecimento desses sintomas, necessitando assim o correto diagnóstico e tratamento. A insatisfação dos usuários é um relevante problema enfrentado com o surgimento dessas patologias, visto que são, na maioria dos casos, muito perceptíveis. Sendo assim, além da necessidade estrutural, existe a necessidade de devolver o conforto ao usuário. Como complemento ao embasamento teórico no estudo do problema, foi abordado um estudo de caso de uma edificação que apresentou fissuras e trincas em seu corpo, onde foi feito diagnóstico, processo executivo de estabilização e recuperação da edificação. Ao final, mostrando a necessidade de uma análise precisa e detalhada de todos os sintomas patológicos e suas possíveis causas.

Palavras-chave: Fissuras. Trincas. Recalque diferencial. Diagnóstico. Recuperação.

ABSTRACT

The cracks and fissures are the main pathological symptoms of the current buildings, resulting from problems coming from project failure, execution and usage. Prevention methods and correct diagnoses are essential steps to be executed in solving or preventing the problem. The differential consolidation is the most common cause of these symptoms, thus necessitating the correct diagnosis and treatment. User dissatisfaction is a relevant problem faced with the appearance of these pathological, whereas are in most cases plenty perceptible. Thus, beyond the structural need, there is a need to return comfort to the users. As a complement to the theoretical basis in the study of the problem, will be approached a case study of a building that presented fissure and cracks in the structure, whereabouts was made diagnosis, executive process and building recovery, in the long run, showing the need for an accurate analysis of all the pathological symptoms in addition their possible causes.

Keywords: Fissure. Cracks. Differential Consolidation. Diagnosis. Recovery.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fissura a 45° provocada por recalque diferencial.	15
Figura 2 - Dilatação plana e abaulamento por variação de temperatura da laje causando fissura em alvenaria de sustentação.	24
Figura 3 – Alvenaria com fissura no topo, área de contato com a laje de cobertura. Fissura causada por dilatação plana e abaulamento da laje.	24
Figura 4 – Descolamento da argamassa e componente da alvenaria.	26
Figura 5 - Descolamento da argamassa e bloco de concreto.	26
Figura 6 – Fissuração horizontal na base da alvenaria.	27
Figura 7 – Fissuração horizontal no topo da alvenaria.	27
Figura 8 – Fissuras na placa de gesso em forro engastado nas paredes.	28
Figura 9 – Aparecimento de fissura em viga pouco armada.	29
Figura 10 – Viga super armada submetida a flexão, com ruptura do concreto na sua face tracionada.	30
Figura 11 – Aparecimento de fissura em viga submetida a flexão, sendo deficiente de armação que combata cisalhamento ou falha de ancoragem.	30
Figura 12 – Fissuras provocadas por torção em vigas.	31
Figura 13 – Fissuração típica de uma laje biapoiada.	32
Figura 14 – Fissuração em laje causada pela falta de armadura negativa entre os painéis.	32
Figura 15 – Fissuração em laje por esforço de torção.	33
Figura 16 – Fissuração vertical em alvenaria causada por sobrecarga.	35
Figura 17 – Fissuração horizontal em alvenaria causada por sobrecarga.	35
Figura 18 – Fissuração real em aberturas de alvenarias, sob atuação de sobrecarga.	36
Figura 19 – Relação da deformabilidade do concreto na idade de 28 dias e idade em que é submetido a carregamento.	36
Figura 20 – Deformação dos pilares maior que deformação da viga superior.	37
Figura 21 – Deformação da viga superior maior que deformação dos pilares.	37
Figura 22 – Deformação dos pilares e viga superior idênticas.	38
Figura 23 – Deflexão das vigas em balanço provocam cisalhamento e/ou destacamento entre parede e estrutura.	39
Figura 24 – Descolamento do piso causado pela excessiva deformação da laje.	39

Figura 25 – Alvenaria apoiada em fundação contínua, região com maior carregamento apresenta maior recalque em relação a outra, ocorre cisalhamento.	40
Figura 26 – Recalque diferencial causado por consolidação distinta do aterro.....	41
Figura 27 – Recalque diferencial causado por fundação assentada sobre seção de corte e aterro, surgimento de trincas de cisalhamento nas alvenarias.	41
Figura 28 – Recalque diferencial no menor edifício causado pela interferência do bulbo de tensões do maior edifício.....	41
Figura 29 – Recalque diferencial causado por falta de homogeneidade do solo.	42
Figura 30 – Recalque diferencial causado por rebaixamento do lençol freático.	42
Figura 31 – Fissuração em alvenarias causadas por recalque diferencial de fundação de pilares internos.....	43
Figura 32 – Fissuração em alvenarias causadas por recalque diferencial de fundação de pilares de canto.....	43
Figura 33 – Pórtico com pilares de grande rigidez, retração de viga, fissuração em viga.	45
Figura 34 – Pórtico com pilares de baixa rigidez, retração de viga, fissuração em pilares.	46
Figura 35 – Fissuras por retração numa viga de concreto armado.....	46
Figura 36 – Fissuração em parede provocada pela retração de laje de teto.....	47
Figura 37 – Fissuração em revestimento de argamassa.	48
Figura 38 – Reação álcali-agregado no concreto.	50
Figura 39 – Fissuração em argamassa de revestimento causadas por ataque por sulfatos.	50
Figura 40 – Trincas e lascamento em pilar, causado pela expansão do concreto por ataque por sulfato.	51
Figura 41 – Trincas e lascamento em viga, causado pela expansão do concreto. ..	52
Figura 42 – Situações de edifícios em situações potencialmente perigosas para recalque.	54
Figura 43 - Alvenaria executada sem encunhamento e elevação de alvenaria em pavimentos alternados (nesse segundo caso com painel).	55
Figura 44 - Utilização de material deformável na base ou no topo da alvenaria.	56
Figura 45 - Tipos de frisamento de juntas de alvenaria exposta.....	58
Figura 46 - Utilização de juntas provisórias em lajes de cobertura.	59
Figura 47 – Colagem de cantoneira de aço para reforço de viga.	66

Figura 48 – Reforço de viga com concreto e armadura adicional.	67
Figura 49 - Reforço de pilar com concreto e armadura adicional.	68
Figura 50 – Recuperação de destacamento entre parede/pilar utilizando tela.	69
Figura 51 – Recuperação de fissuração utilizando bandagem de dessolidarização em parede/revestimento. (a) remoção de revestimento da parede, numa faixa com largura de aproximadamente 10 a 15cm; (b) aplicação da bandagem com distribuição regular para ambos os lados da fissura, 2 a 10 cm; (c) aplicação de chapisco e recomposição do revestimento com argamassa de baixo módulo de deformação.	70
Figura 52 – Recuperação de fissura ativa com uso de selante flexível.	71
Figura 53 – Recuperação de parede com enfraquecimento localizado com tela metálica.	71
Figura 54 – Recuperação de fissura em alvenaria aparente utilizando armadura defasada.	72
Figura 55 – Reforço de alvenaria portante com utilização de tirantes.	73
Figura 56 – Grampeamento de alvenaria.	74
Figura 57 - Trinca vertical em muro frontal (portão de entrada).	76
Figura 58 - Fenda em sentido horizontal localizada acima da cinta superior do terraço.	76
Figura 59 - Terraço frontal com afundamento do piso. Algumas peças cerâmicas danificadas e outras soltas.	77
Figura 60 - Calçada periférica (borda do radier) com fenda longitudinal acusando afundamento do piso.	77
Figura 61 - Sala de estar/jantar com afundamento no piso.	78
Figura 62 - Detalhe do descolamento entre o piso e a parede em um dos quartos.	78
Figura 63 - Parede com trinca horizontal em toda a extensão.	79
Figura 64 - Trinca horizontal em parede da sala (frente do imóvel), acima e ao lado da porta de entrada do imóvel.	79
Figura 65 - Trinca em vértice superior direito de esquadria.	80
Figura 66 - Trinca horizontal mostrada na Figura 64, nesta vista externa, se estende de face a face da alvenaria.	80
Figura 67 - Canto da calçada periférica (borda do radier) na parte frontal do imóvel com deslocamento e desagregação intensa do piso cimentado.	81
Figura 68 - Canto da calçada periférica (borda do radier) na parte posterior do imóvel com deslocamento e desagregação do piso cimentado.	81

Figura 69 - Fissuras aleatórias dispostas horizontalmente na fachada lateral direita do imóvel. Tentativas de reparos observados.	82
Figura 70 - Fachada lateral esquerda: Fissura horizontal coincidindo com cintamento superior e, mais abaixo, tentativa de reparo em trinca no vértice superior esquerdo da esquadria.	82
Figura 71 - Ampliação executada na área frontal do imóvel, mas que não possui qualquer influência na causa ou na evolução dos problemas observados.	83
Figura 72 – Esquema retratando a estrutura do radier estando bi-apoiado sobre o baldrame e sofrendo flexão pela acomodação do solo.....	85
Figura 73 – Localização das aberturas dos furos para injeção da pasta de cimento.	87
Figura 74 – Quebra da extremidade do radier (calçada) para ter acesso ao solo a ser reforçado, com profundidade de 3 metros.....	87
Figura 75 – Injeção sob pressão da pasta de cimento.....	88
Figura 76 – Pasta de cimento injetada no solo.	88
Figura 77 – Vista do piso cimentado da calçada até o muro lateral.	89
Figura 78 – Detalhe da calçada recomposta.	89
Figura 79 – Fissura interna tratada.....	90
Figura 80 – Fissuras externas tratada.	91
Figura 81 – Vista do piso novo sendo assentado.	91
Figura 82 – Piso do banheiro impermeabilizado, esperando assentamento do revestimento cerâmico.	92

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação de acordo com abertura.....	20
Tabela 2 – Relação abertura, danos e feitos nas estruturas, em meio não agressivo.....	20
Tabela 3 – Resumo patologias encontradas em cada cômodo e seu diagnóstico.....	86

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. OBJETIVOS	17
2.1 OBJETIVO GERAL	17
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
3. JUSTIFICATIVA	18
4. METODOLOGIA	19
5. DESCRIÇÃO DOS CAPÍTULOS	20
6. PATOLOGIA NAS EDIFICAÇÕES	21
7. TRINCAS E FISSURAS	21
7.1 TRINCAS E FISSURAS CAUSADAS POR MOVIMENTAÇÕES TÉRMICAS	23
7.2 TRINCAS E FISSURAS CAUSADAS POR MOVIMENTAÇÕES HIGROSCÓPICAS	25
7.3 FISSURAS CAUSADAS POR SOBRECARGA	28
7.4 FISSURAÇÃO CAUSADA POR DEFORMABILIDADE DE ESTRUTURAS	36
7.5 FISSURAS CAUSADAS POR RECALQUE DE FUNDAÇÕES.....	39
7.6 FISSURAS CAUSADAS PELA RETRAÇÃO DE PRODUTOS À BASE DE CIMENTO	43
7.7 FISSURAÇÃO CAUSADA POR ALTERAÇÕES QUÍMICAS DOS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO	48
7.8 PREVENÇÃO DE FISSURAS NOS EDIFÍCIOS	52
7.9 DIAGNÓSTICO DAS TRINCAS	61
7.10 RECUPERAÇÃO DE COMPONENTES TRINCADOS	63
8. ESTUDO DE CASO	75
8.1 IMÓVEL	75

8.2	ANÁLISE	76
8.3	DIAGNÓSTICO	83
8.4	RECUPERAÇÃO	86
9.	CONCLUSÕES	93
	REFERÊNCIAS	94

1. INTRODUÇÃO

É notório o crescimento do mercado da construção civil, aumentando a cada dia a necessidade de se atender ao crescimento populacional. Junto, nasce a necessidade de produzir mais em menor período de tempo, muitas vezes, passando despercebidos ou negligenciados, problemas patológicos já manifestados nas fases de execução e término da obra.

É comum afirmar que as manifestações patológicas estão diretamente ligadas ao controle de qualidade na elaboração de projetos e na execução de cada etapa da obra (Figura 1). No Brasil, o incentivo pela produção acelerada e pouco fiscalizada resulta em inúmeras manifestações patológicas, muitas vezes reveladas antes mesmo do término da obra. A inexistência de compatibilização dos projetos, inexistência de fiscalização das obras, projetos com não-conformidades, não observância do memorial descritivo, falta de análise real da área a ser edificada, não execução de ensaios para verificação da qualidade dos materiais, uso de materiais inapropriados e falhas na execução de serviços são pontos que causam tais manifestações.

Figura 1 – Fissura a 45° provocada por recalque diferencial.



Fonte: Pereira (2018)

Partindo-se muitas vezes de projetos incompatíveis ou mal detalhados, considerando-se ainda a interferência de todos os projetos das instalações, as falhas de planejamento, a carência de especificações técnicas, ausência de mão-de-obra bem treinada, a deficiência de fiscalização e, muitas vezes, as imposições políticas de prazos e preços, chega-se finalmente à execução

da obra, onde uma série de improvisações e malabarismos deverão ser adotados para tentar produzir um edifício de boa qualidade. (THOMAZ, 1989).

Dentre tantas manifestações patológicas, as fissuras e trincas ocupam um importante espaço, muitas delas podem alertar sobre o desempenho da estrutura como um todo ou apenas em peças, além de serem as grandes responsáveis pela invasão de agentes agressores em estruturas e sendo, muitas vezes, as principais responsáveis pelo descontentamento dos usuários das edificações.

Na Bélgica, segundo pesquisa desenvolvida pelo Centre Scientifique et Technique de la Construction, com base na análise de 1800 problemas patológicos chegou-se à conclusão de que a maioria deles originava-se de falhas de projeto (46%), seguindo-se falhas de execução (22%) e qualidade inadequada dos materiais de construção empregados (15%). No tocante as fissuras, que em ordem de importância perdiam apenas para os problemas de umidade, concluiu-se que as causas mais importantes eram a deformabilidade das estruturas e as movimentações térmicas, seguindo-se os recalques diferenciados de fundações e as movimentações higroscópicas. (THOMAZ, 1989).

Pelo número crescente de reclamações de usuários relativas ao aparecimento de fissuras e trincas em edificações, torna-se necessário o aprofundamento do estudo detalhado de causas e soluções. Para isso, o presente trabalho será embasado em revisão bibliográfica existente e incrementado com estudo de caso de uma edificação que apresenta a manifestação patológica mais frequente na área de fissuras e trincas que é o recalque diferencial, esse será realizado, tomando como suporte a revisão bibliográfica, determinando-se o tipo/causas de fissuras/trincas, determinando o método de prevenção, diagnóstico e recuperação dos componentes fissurados/trincados.

2. OBJETIVOS

Os objetivos deste trabalho resumem-se em objetivo geral e objetivos específicos.

2.1 OBJETIVO GERAL

Fazer uma análise geral sobre os diferentes tipos de trincas e fissuras em estruturas; suas metodologias executivas de prevenção e soluções através da consulta de livros, artigos, tcc's e dissertações de mestrado.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Identificar os tipos/causas, ocorrência, sugerir prevenções e soluções corretivas, para a edificação analisada.

3. JUSTIFICATIVA

O índice de reclamações de usuários de edificações e o aumento pela procura por profissionais capacitados na área de reparos e manutenções para resolução de problemas patológicos em estruturas vem crescendo gradativamente nos últimos tempos, tornando clara a necessidade de evitar o surgimento de manifestações patológicas por meio do reconhecimento destas e agindo, de preferência, de forma preventiva ou em caso já efetivo, de forma corretiva.

Sabendo-se da grande incidência da ocorrência de fissuras e trincas em estruturas, principalmente por recalque diferencial, foi escolhido o tema do TCC visando explicar os tipos de fissuras e trincas, identificar as possíveis causas para cada tipo, determinando os métodos de prevenção, diagnosticando e recuperando os componentes trincados e/ou fissurados.

4. METODOLOGIA

Foi realizado um estudo de caso de uma edificação residencial unifamiliar que apresenta as manifestações patológicas mais frequente na região, causada por recalque diferencial, analisando as causas e determinando as soluções. Essa investigação será realizada inicialmente de forma visual, após isso, com auxílio do embasamento teórico para identificação da causa de recalque diferencial.

5. DESCRIÇÃO DOS CAPÍTULOS

O presente trabalho apresenta 8 capítulos.

No primeiro capítulo tem-se a introdução onde foi feita a explanação da finalidade do trabalho.

No segundo capítulo, tem-se a descrição dos objetivos a serem alcançados ao término do trabalho.

No terceiro capítulo, o esclarecimento da escolha e importância do tema tratado e a necessidade de um estudo mais aprofundado sobre o assunto.

No quarto capítulo, o detalhamento dos métodos e técnicas que foram utilizados na execução de todo o trabalho.

No quinto capítulo, foi feita a abordagem de forma geral sobre o assunto, dando ênfase aos tipos de fissuras e trincas, ao diagnóstico, a determinação de soluções, acompanhamento e recuperação de componentes fissurados e/ou trincados.

No sexto capítulo, é mostrado a escolha de uma edificação em que existe o problema patológico de fissuras e trincas causados por recalque diferencial, sabendo-se que este é o mais comumente encontrado, realizando-se o diagnóstico, determinando as causas e mostrando soluções para resolução do problema patológico.

No oitavo capítulo, aborda as conclusões obtidas com o trabalho.

6. PATOLOGIA NAS EDIFICAÇÕES

A palavra patologia tem origem no grego, *Pathos* = doença e *Logos* = estudo, logo, estudo das doenças, porém, esse termo também é muito utilizado como sinônimo de doença. Na construção civil, o termo é associado a diminuição do desempenho de edificações, ressaltando a necessidade do estudo das origens, causas, consequências e soluções do problema patológico.

Problemas patológicos estão diretamente ligados ao controle do sistema de gestão de qualidade, na atualidade mostra-se a necessidade e importância de melhorias nesse sistema no mercado da construção, ressalta resultados consideráveis obtidos com essa melhoria, além da diminuição de gastos com reparação, obtém-se a notoriedade num ramo em que a competitividade cresce a cada dia.

Os selos de qualidade, padronização e normatização tornam público e acessível os padrões em que determinada empresa trabalha, deixando o cliente e o usuário atualizados e cientes da qualidade do serviço e produto adquirido.

Mesmo com a disseminação da necessidade de implementação e manutenção do sistema de gestão de qualidade na construção civil, não se obteve diminuição no surgimento de problemas patológicos nas edificações construídas e a necessidade de produzir mais em menor período de tempo, com mão de obra não qualificada são pontos relevantes a serem observados.

A durabilidade e desempenho de uma edificação está diretamente ligado a como essa foi pensada, concebida e é tratada após a entrega a seus usuários, manutenções são de extrema importância no decorrer de toda a vida da edificação, sendo essa submetida a esforços durante toda a sua existência, necessitando de cuidados, reparos e principalmente análise de seu desempenho e possíveis causas de deficiências.

7. TRINCAS E FISSURAS

Definida como abertura em componente da edificação, que segundo Duarte (1998), são causadas por tensões de tração e sua direção é ortogonal a direção do esforço de tração atuante. As fissuras, assim como qualquer outro problema patológico, devem ser estudadas e diagnosticadas para possível tratamento e

resolução do problema, identificando a necessidade de intervenção. Segundo Olivari (2003), “alguns tipos de fissuração é intrínseco do concreto e das alvenarias, por serem materiais com baixa resistência a tração”. Estas podem ser classificadas de acordo com sua abertura (ver tabela 1) e podendo-se relacionar a abertura a possibilidade danos a edificação (tabela 2).

Tabela 1 – Classificação de acordo com abertura.

DENOMINAÇÃO	ABERTURA (mm)
Fissura capilar	Menos de 0,2
Fissura	0,2 a 0,5
Trinca	0,5 a 1,5
Rachadura	1,5 a 5,0
Fenda	5,0 a 10,0
Brecha	Mais de 10,0

Fonte: Adaptado (OLIVARI, 2003)

Tabela 2 – Relação abertura, danos e feitos nas estruturas, em meio não agressivo.

Abertura da fissura (Mm)	Intensidade dos danos			Efeito na estrutura e no uso do edifício
	Residencial	Comercial ou público	Industrial	
< 0,1	Insignificante	Insignificante	Insignificante	Nenhum
0,1 a 0,3	Muito leve	Muito leve	Insignificante	Nenhum
0,3 a 1	Leve	Leve	Muito leve	Apenas estética; deterioração
1 a 2	Leve a moderada	Leve a moderada	Muito leve	acelerada do aspecto externo.
2 a 5	Moderada	Moderada	Leve	Utilização do edifício será
5 a 15	Moderada a severa	Moderada a severa	Moderada	afetada e, no limite superior, a
15 a 25	Severa a muito severa	Severa a muito severa	Moderada a severa	estabilidade também pode estar em risco.
> 25	Muito severa e perigosa	Severa a perigosa	Severa a perigosa	Cresce o risco de a estrutura tornar-se perigosa.

Fonte: Adaptado. THORNBURN e HUTCHINSON (1985) citado por VELLOSO e LOPES (2011)

Além dessas classificações, as fissuras devem ser observadas de acordo com seu desenvolvimento, analisando se são passivas, ou seja, estacionaram em sua abertura ou ativas, aquelas que ainda continuam a abrir. Fissuras passivas podem dar a impressão da não necessidade de intervenção, porém vale salientar a grande influência das fissuras na invasão de agentes agressores nas estruturas. Após classificação preliminar, inicia-se a identificação das causas e diagnóstico.

7.1 TRINCAS E FISSURAS CAUSADAS POR MOVIMENTAÇÕES TÉRMICAS

Como qualquer elemento exposto ao ambiente externo, as edificações e seus materiais estão propensos as variações de temperaturas, resultando em expansão e contração desses elementos.

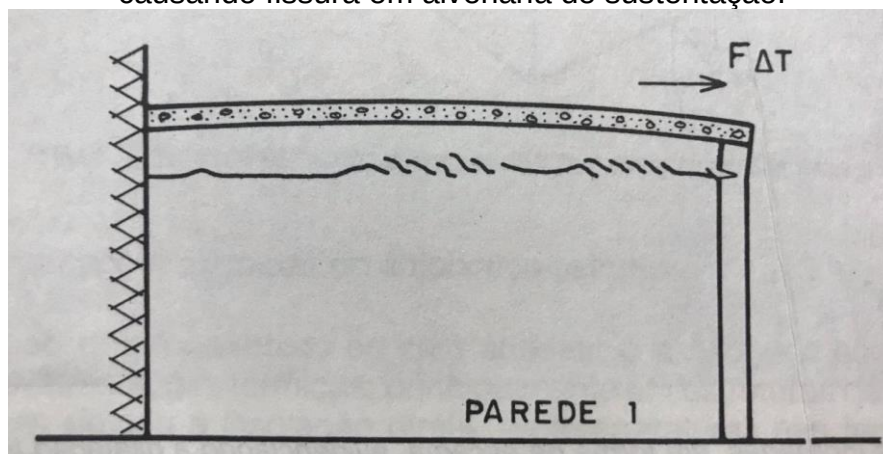
Cada qual com sua capacidade de dilatação e contração, desenvolvem tensões entre materiais de diferentes características, provocando o surgimento das fissuras.

Também pode ocorrer o aparecimento de fissuras e trincas por movimentações térmicas de peças de mesmo material, justificadas pelo gradiente de temperatura ao longo do componente, como por exemplo, a diferença de solicitação de uma alvenaria comparando sua face exposta ao sol e sua face protegida no interior da edificação.

As lajes de cobertura se encaixam no caso anterior, onde sua exposição a variação de temperatura é diferente entre suas faces, mesmo lajes cobertas sofrem com a transmissão de calor das telhas.

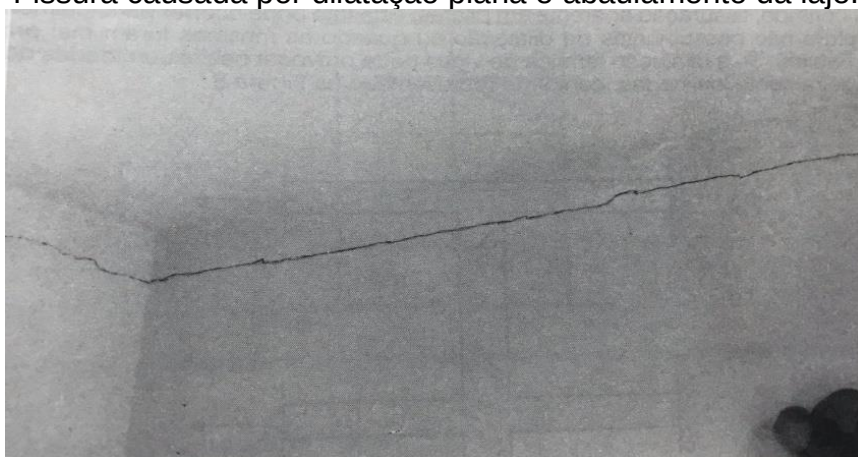
THOMAZ (1989), afirma que, “pelo fato das lajes de cobertura normalmente estarem em contato direto com as alvenarias de sustentação, surgem tensões de origem térmica no corpo das lajes e paredes, teoricamente sendo nulas nos pontos centrais e máximas nos bordos, crescendo proporcionalmente”. As alvenarias em contato com lajes de cobertura sofrem normalmente com tensões de tração e cisalhamento, explicadas pela dilatação plana da laje e o abaulamento causado pela variação de temperatura ao longo de suas alturas, logo, as trincas e fissuras apresentam-se normalmente nas alvenarias. Esse esquema de tensões pode ser observado nas Figura 2 e 3. Já em lajes de cobertura compostas por treliças pré-moldadas e blocos cerâmicos, as fissuras resultantes da movimentação se mostram na direção das treliças no encontro do bloco cerâmico e treliça.

Figura 2 - Dilatação plana e abaulamento por variação de temperatura da laje causando fissura em alvenaria de sustentação.



Fonte: Thomaz (1989)

Figura 3 – Alvenaria com fissura no topo, área de contato com a laje de cobertura. Fissura causada por dilatação plana e abaulamento da laje.



Fonte: Thomaz (1989)

Com o surgimento da abertura nas alvenarias deixando a região enfraquecida, permite-se surgir a possibilidade de aparecimento de novas aberturas na região, como por exemplo, em direção a vãos vazios ou áreas de esquadrias.

Segundo THOMAZ (1989), “as vigas são os principais elementos a serem solicitados, porém as movimentações térmicas podem provocar fissuras nos pilares, isso ocorre, principalmente, quando não há juntas de dilatação ou por má projeção dessas. As fissuras nos pilares se mostram inclinadas e nas extremidades.”

No comportamento entre alvenaria e pilar, a variação térmica ocorre da mesma maneira, fissura vertical no sentido do pilar ou no decorrer da alvenaria também no sentido vertical. “Em função da resistência a tração da argamassa de assentamento e dos componentes de alvenaria as fissuras poderão acompanhar

juntas verticais de assentamento ou mesmo estenderem-se através dos componentes de alvenaria” (THOMAZ, 1989).

Em pisos, as fissuras normalmente ocorrem pela solicitação a compressão quando submetidos a elevadas temperaturas e a tração quando são submetidas a baixas temperaturas, quando os esforços são maiores que os suportados, surgem as fissuras. Pode ocorrer também o destacamento de revestimento quando as bordas forem engastadas.

7.2 TRINCAS E FISSURAS CAUSADAS POR MOVIMENTAÇÕES HIGROSCÓPICAS

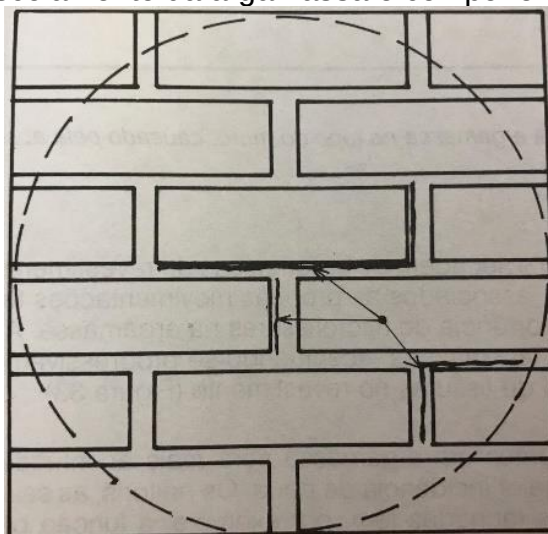
Segundo Thomaz (1989):

As trincas provocadas por variação de umidade dos materiais de construção são muito semelhantes àquelas provocadas pelas variações de temperatura. Entre um caso e outro, as aberturas poderão variar em função das propriedades hidrotérmicas dos materiais e das amplitudes de variação de temperatura ou da umidade.

Materiais higroscópicos são materiais que possuem capacidade de absorver água, essa absorção está diretamente ligada à sua porosidade e capilaridade. A absorção ou liberação da umidade do material pode ocorrer logo após sua fabricação, que são conhecidas como movimentações irreversíveis ou pode ocorrer tempos após, conhecidas como movimentações reversíveis.

As movimentações podem atingir a estrutura que o material compõe, como exemplo, a alvenaria, onde a expansão ou contração do bloco afeta a conexão bloco e argamassa, provocando o destacamento da argamassa do bloco, como mostra as figuras 4 e 5.

Figura 4 – Descolamento da argamassa e componente da alvenaria.



Fonte: Thomaz (1989)

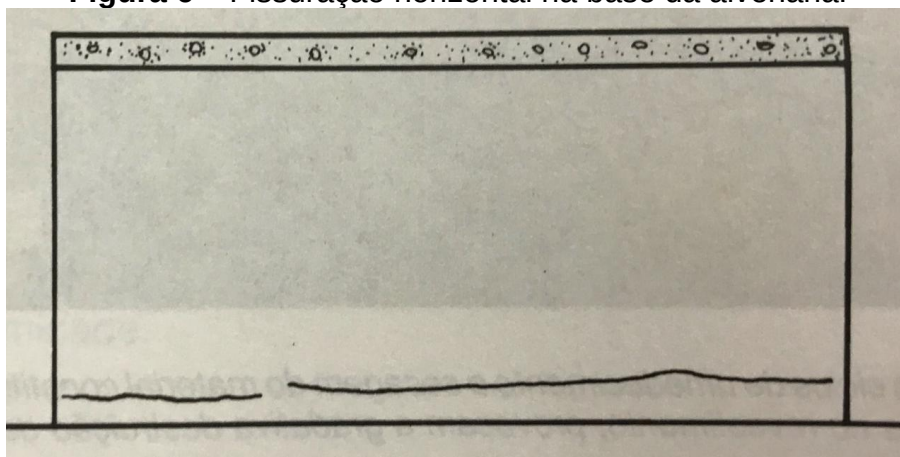
Figura 5 - Descolamento da argamassa e bloco de concreto.



Fonte: Desimone (2010)

As fissuras e trincas causadas pela umidade também podem se apresentar nas bases de alvenarias (Figura 6), onde a base está diretamente ligada a um solo úmido e não protegida, absorvendo umidade e se movimentando diferentemente das fiadas superiores, que estão em outra condição de umidade. Esses tipos de aberturas são acompanhadas, normalmente, por eflorescência, tornando mais fácil e rápida a identificação da causa.

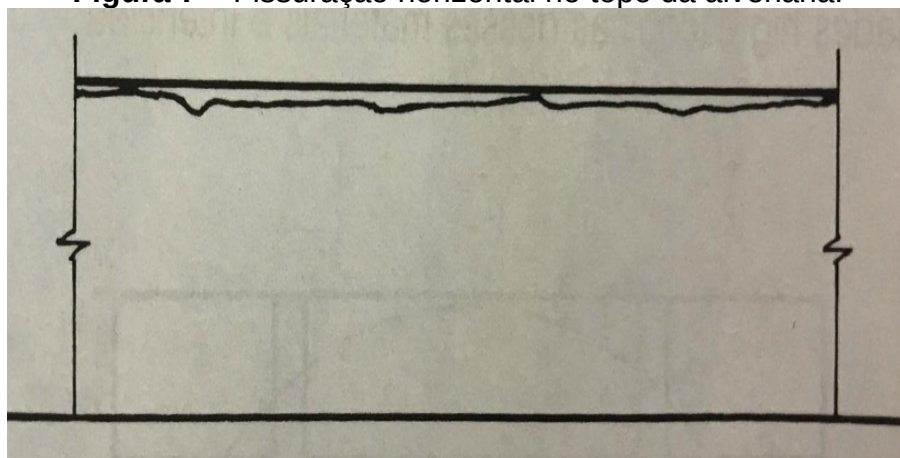
Figura 6 – Fissuração horizontal na base da alvenaria.



Fonte: Thomaz (1989)

Já nos topos das alvenarias as fissuras por umidade, existentes no maior sentido da alvenaria, são causadas pela ausência de rufos e chapins, como mostrado na figura 7.

Figura 7 – Fissuração horizontal no topo da alvenaria.



Fonte: Thomaz (1989)

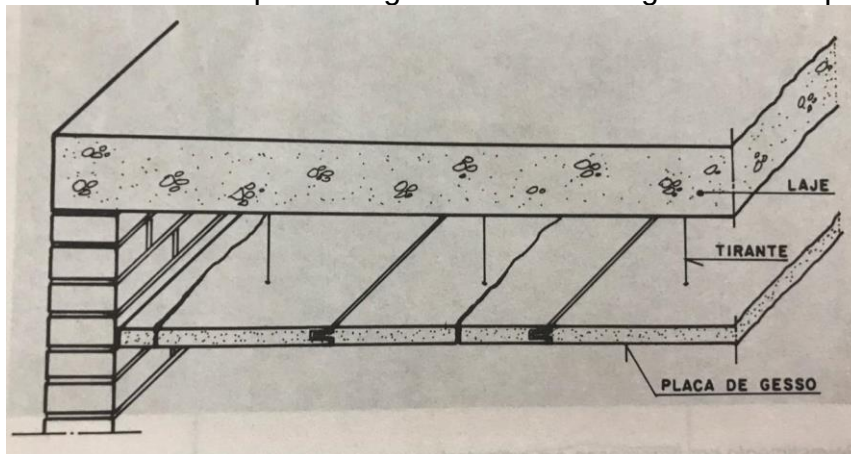
Em relação aos revestimentos em argamassa, THOMAZ (1989), afirma que:

Os ciclos de umedecimento e secagem de argamassas de revestimento, com deficiente impermeabilização da superfície, associados às próprias movimentações térmicas do revestimento provocam inicialmente a ocorrência de microfissuras na argamassa. Através destas ocorrerão penetrações de água cada vez maiores, acentuando-se progressivamente as movimentações e consequentemente incidência de fissuras no revestimento.

Um material imensamente utilizado na construção e que possui alta capacidade de absorção é o gesso, por isso, não sendo indicado para ambientes molhados. O gesso em placas, muito utilizado para forros, sofre muitas vezes com o

aparecimento de fissuras causadas pela diferença de movimentação entre o gesso e a alvenaria em que estão em contato direto (figura 8).

Figura 8 – Fissuras na placa de gesso em forro engastado nas paredes.



Fonte: Thomaz (1989)

7.3 FISSURAS CAUSADAS POR SOBRECARGA

Sabe-se que elementos pré-determinados para recebimento de cargas são elementos estruturais, sendo esses, em sua maioria, em concreto armado. O dimensionamento de peças que sofrem flexão deve estar no estágio III, onde leva-se em conta o aparecimento de fissuras. Segundo Thomaz (1989):

A atuação de sobrecargas pode produzir a fissuração de componentes estruturais, tais como pilares, vigas e paredes. Essas sobrecargas atuantes podem ter sido consideradas no projeto estrutural, caso em que a falha decorre da execução da peça ou do próprio cálculo estrutural, como pode também estar ocorrendo a solicitação da peça por uma sobrecarga superior à prevista. Vale frisar ainda que não são raras as vezes que pode-se presenciar a atuação de sobrecargas em componentes sem função estrutural, geralmente pela deformação da estrutura resistente do edifício ou pela má utilização.

Comumente, estruturas de concreto armado são dimensionadas prevendo-se a fissuração do concreto na região tracionada da peça. O objetivo é limitar o aparecimento das fissuras por motivos estéticos e evitar deformabilidade da estrutura e melhor durabilidade.

Segundo a NBR 6118:2014 – Projeto de Estruturas de Concreto, a fissuração é danosa (invasão de agentes agressores) ao concreto armado quando a abertura das fissuras na face da peça de concreto ultrapassar:

- Até 0,4 mm para peças em meio agressivo fraco.
- Até 0,3 mm para peças em meio agressivo moderado a forte;
- Até 0,2 mm para peças em meio agressivo muito forte;

Dentre os possíveis aparecimentos de fissuras já citados anteriormente (cálculo no estágio III), pode-se observar os mais frequentes casos:

7.3.1 Flexão em vigas

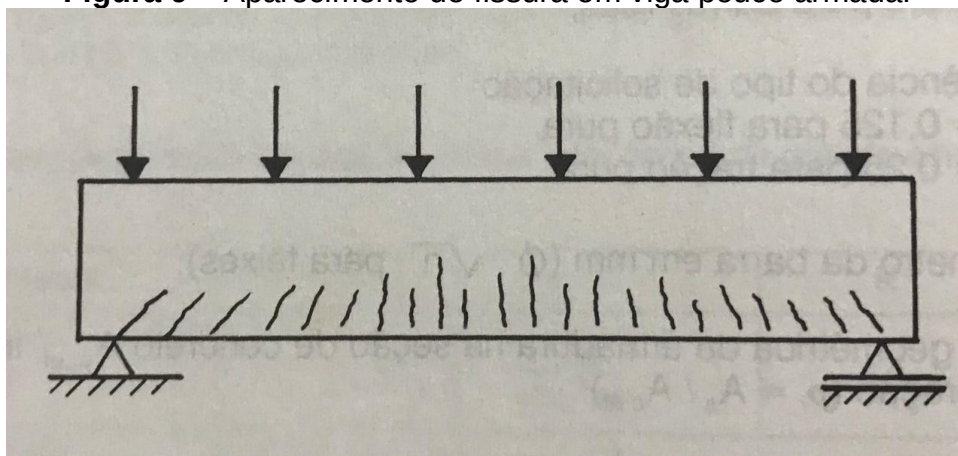
A localização, abertura, extensão e quantidade de fissuras em uma peça dependerá de suas propriedades físicas e mecânicas, das suas características geométricas e do estágio de solicitação das cargas.

Segundo Thomaz (1989):

As fissuras ocorrem perpendicularmente às trajetórias dos esforços principais de tração. São praticamente verticais no terço médio do vão e apresentam aberturas maiores em direção à face inferior da viga onde estão as fibras mais tracionadas. Junto aos apoios as fissuras inclinam-se aproximadamente 45° com a horizontal, devido à influência dos esforços cortantes. Nas vigas altas esta inclinação tende a ser da ordem de 60° .

Para melhor visualização, ver Figura 9.

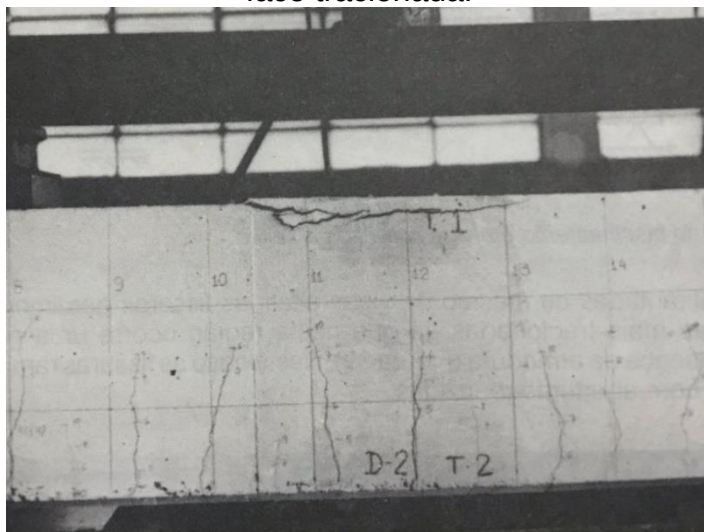
Figura 9 – Aparecimento de fissura em viga pouco armada.



Fonte: Thomaz (1989)

Já vigas super armadas submetidas a flexão sofrem fissuras de elevada abertura na face comprimida, por esmagamento do concreto, isso ocorre pela deficiência de concreto para resistência a compressão. Isso também pode ocorrer quando se utiliza concretos de baixa resistência (Figura 10).

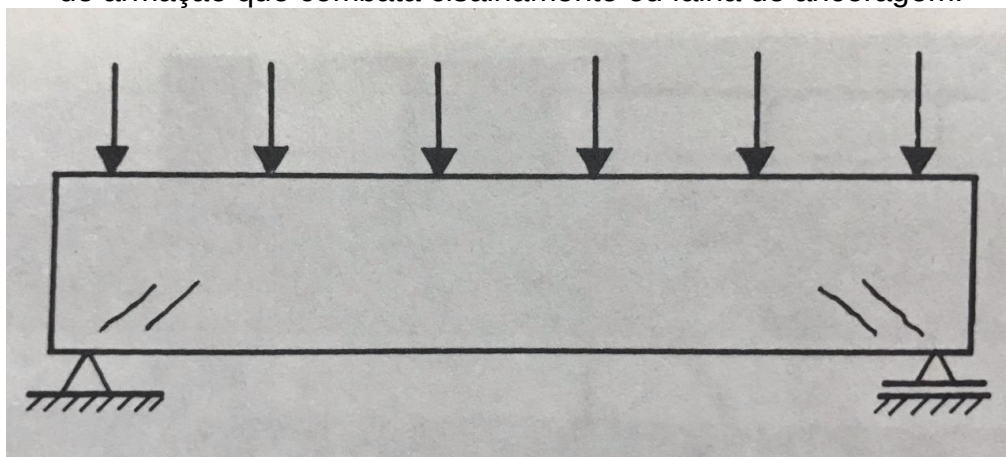
Figura 10 – Viga super armada submetida a flexão, com ruptura do concreto na sua face tracionada.



Fonte: Thomaz (1989)

Em vigas que possuem apenas deficiência em armação que combata o cisalhamento ou que apresente problemas na ancoragem das armaduras, é comum o surgimento (inicialmente) apenas de fissuras inclinadas nas proximidades dos apoios (Figura 11).

Figura 11 – Aparecimento de fissura em viga submetida a flexão, sendo deficiente de armação que combata cisalhamento ou falha de ancoragem.



Fonte: Thomaz (1989)

Um dos métodos utilizados para minimização dos efeitos causados pelo aparecimento de fissuras é a utilização de armadura de pele, com objetivo de diminuir a o efeito da tração homogeneamente na altura do elemento, isso provoca um maior número de fissuras, porém com aberturas bem reduzidas.

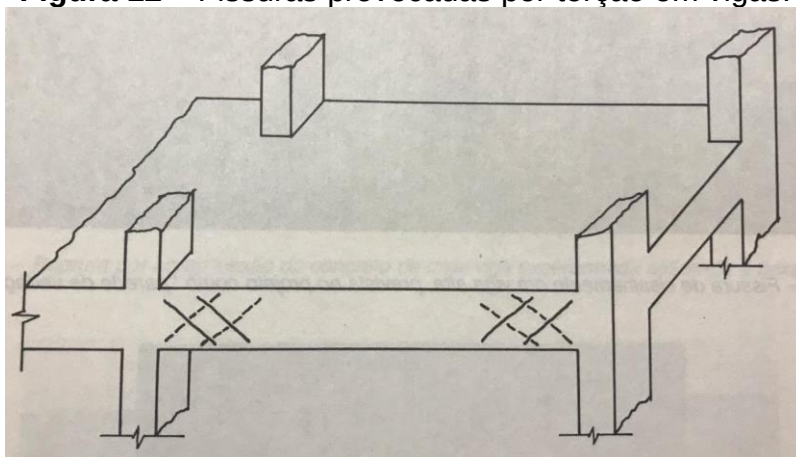
Segundo Thomaz (1989):

Nas estruturas correntes de concreto armado, as fissuras presentes nas bordas tracionadas de vigas fletidas são em geral imperceptíveis a olho nu. Em alguns casos, contudo, estas podem até mesmo ser fotografadas à distância, sendo tais situações anormais causadas mais comumente por falhas na construção da viga (erro na bitola ou no número de barras de aço), mau uso da obra (aplicação de sobrecarga não prevista em projeto), descimbramento e/ou carregamento precoce da estrutura.

7.3.2 Torção de vigas

Essas trincas, normalmente, não aparecem em estruturas de concreto armado, porém quando ocorrem, se mostram em vigas de bordas e acontecem por excessiva deformação da laje ou de outras vigas que a atravessam, podendo ocorrer também por recalque diferencial das fundações. Elas se mostram nas duas faces laterais da peça, em sentidos opostos (Figura 12) e formam aproximadamente 45° com o eixo horizontal.

Figura 12 – Fissuras provocadas por torção em vigas.

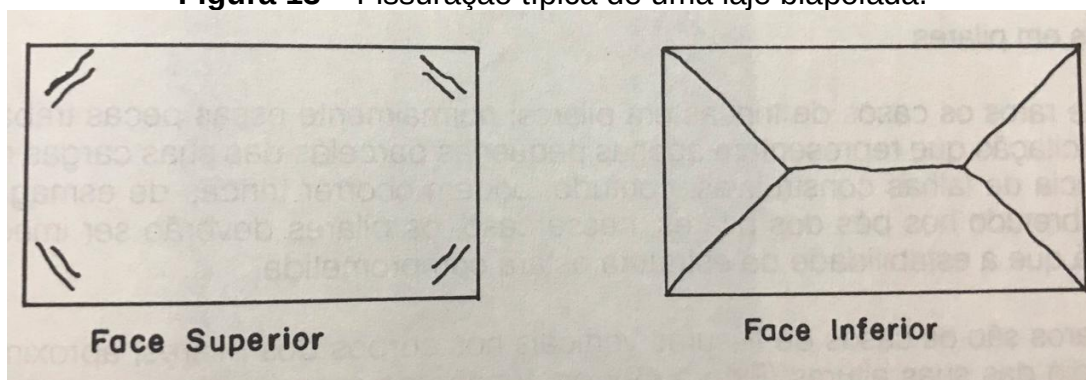


Fonte: Thomaz (1989)

7.3.3 Flexão em lajes

As fissurações por flexão em lajes normalmente se mostram nos cantos das lajes, inclinadas, formando triângulos aparentemente isósceles, causadas pelos momentos que ocorrem nas proximidades dos vértices da laje (Figura 13).

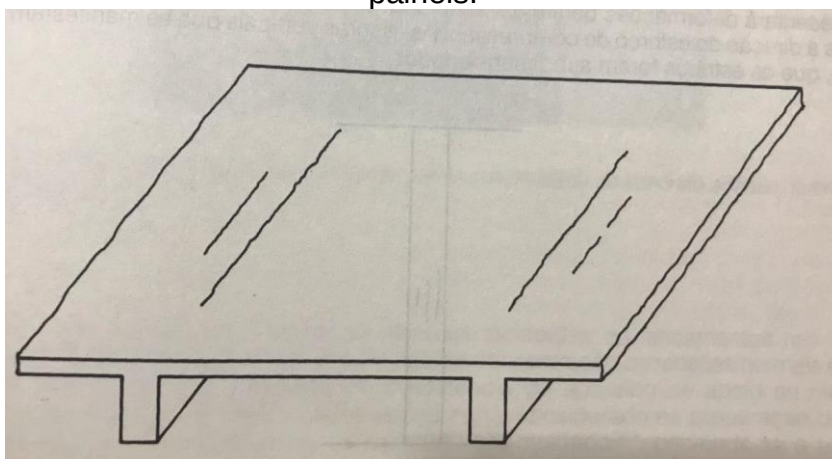
Figura 13 – Fissuração típica de uma laje biapoiada.



Fonte: Thomaz (1989)

A ausência de armadura negativa entre lajes construtivamente contínuas, mas projetadas como simplesmente apoiadas, provocam o aparecimento de trincas na face superior da laje e em direção ao contorno (Figura 14).

Figura 14 – Fissuração em laje causada pela falta de armadura negativa entre os painéis.

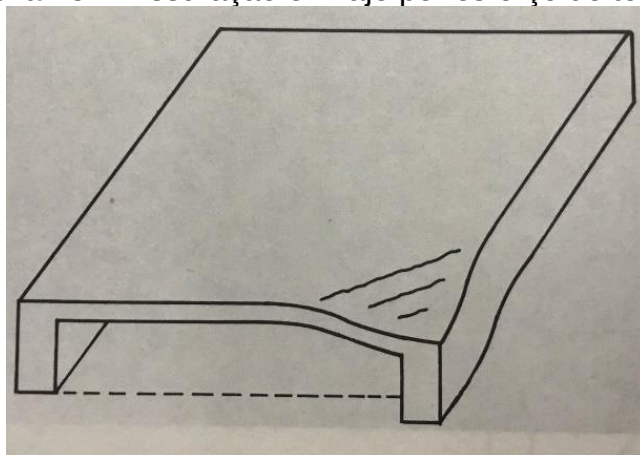


Fonte: Thomaz (1989)

7.3.4 Torção em lajes

As trincas nesse caso, apresentam-se inclinadas em relação ao bordo da laje, causadas por recalques diferenciais ou deformabilidade da estrutura (Figura 15).

Figura 15 – Fissuração em laje por esforço de torção.



Fonte: Thomaz (1989)

7.3.5 Trincas em pilares

Segundo Thomaz (1989):

São bastante raros os casos de trincas em pilares; normalmente essas peças trabalham como taxas de solicitação que apresentam apenas pequenas parcelas das suas cargas resistentes. Pela ocorrência de falhas construtivas, contudo, podem ocorrer trincas de esmagamento do concreto, sobretudo nos pés dos pilares; neste caso, os pilares deverão ser imediatamente reforçados já que a estabilidade da estrutura estará comprometida.

Em relação ao aparecimento de fissuras verticais, é comum o aparecimento, causados, na maioria das vezes, pela diferença de capacidade de deformação do agregado graúdo e da argamassa intersticial, onde essa última possui deformações bem mais acentuadas, fazendo surgir superfícies de cisalhamento paralelas a direção do esforço de compressão (vertical), logo, as fissuras que se manifestam relatam a falha de dimensionamento dos estribos ou falha na execução da peça (aplicação dos estribos).

Fissuras horizontais ou moderadamente inclinadas em pilares são causadas pelo esforço de flexo-compressão, ou em casos mais extremos, por ocorrência flambagem.

7.3.6 Alvenarias submetidas à compressão axial

Para Thomaz (1989), alguns fatores são essenciais para determinação da resistência das alvenarias a compressão axial, esses são: resistência mecânica dos

componentes de alvenaria e da argamassa de assentamento; módulos de deformação longitudinal e transversal dos componentes de alvenaria e da argamassa; rugosidade superficial e porosidade dos componentes de alvenaria; poder de aderência, retenção de água, elasticidade e retração da argamassa; espessura, regularidade e tipo de juntas de assentamento e, finalmente, esbeltez da parede produzida. Entretanto, dentre tantos aspectos a serem analisados, a principal característica influenciadora na resistência da alvenaria a compressão axial é a resistência a compressão do componente de alvenaria.

Segundo Sahlin (1971), citado por Thomaz (1989), “a resistência da parede em situações normais ficara compreendida entre 25% a 50% da resistência do componente de alvenaria”.

Já de acordo com Pereira da Silva (1985) e Pfeffermann (1978) citados por Thomaz (1989):

A introdução de uma taxa mínima de armadura (0,2%) na alvenaria não chega a aumentar significativamente a resistência à compressão da parede; entretanto, tal armadura melhora substancialmente o comportamento da alvenaria quanto à fissuração, normalmente provocada por atuação de cargas excêntricas, ocorrência de recalques diferenciados ou concentração de tensões.

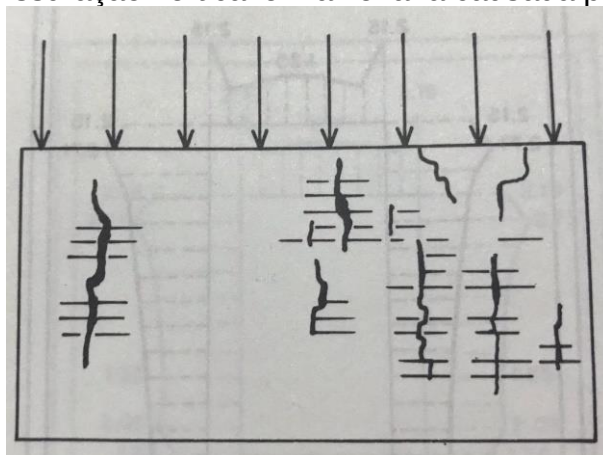
Em relação a concentração de tensões deve ser frequentemente observado em vãos de abertura para esquadrias ou vãos vazios. Essas tensões são influenciadas pelo tamanho do vão e localização deste na parede.

7.3.7 Fissuras em alvenarias submetidas a sobrecargas

De acordo com Thomaz (1989), “em trechos contínuos de alvenaria solicitadas por sobrecarga uniformemente distribuídas, dois tipos característicos de trincas podem surgir:

- a) As trincas verticais (caso mais típico), provenientes da deformação transversal da argamassa sob ação das tensões de compressão, ou da flexão local dos componentes de alvenaria (Figura 16).

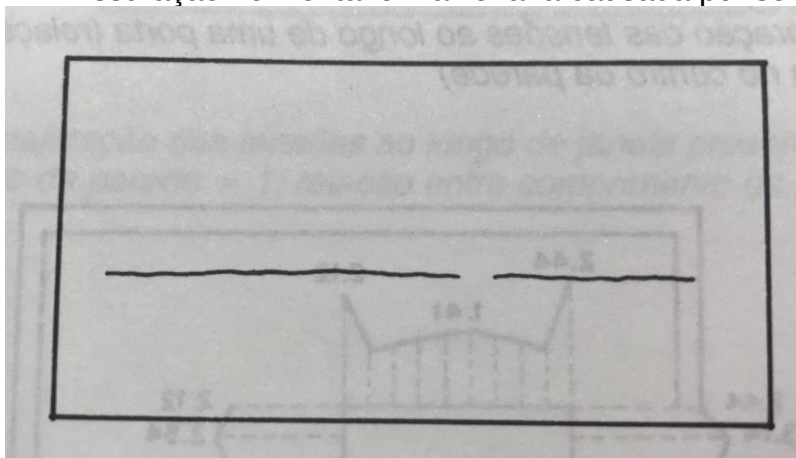
Figura 16 – Fissuração vertical em alvenaria causada por sobrecarga.



Fonte: Thomaz (1989)

- b) Trincas horizontais, provenientes da ruptura por compressão dos componentes de alvenaria ou da própria argamassa de assentamento, ou ainda de solicitações de flexo-compressão da parede” (Figura 17).

Figura 17 – Fissuração horizontal em alvenaria causada por sobrecarga.

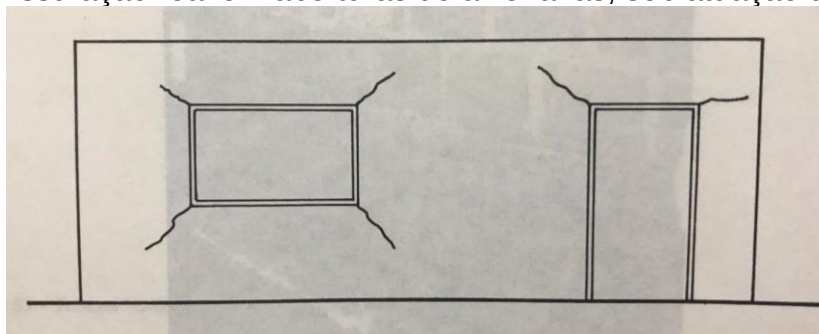


Fonte: Thomaz (1989)

Vale salientar que as concentrações de sobrecargas em determinado ponto podem provocar a fratura do elemento de alvenaria e, a partir deste, provocar o surgimento de fissuras inclinadas surgidas desse ponto.

Como citado anteriormente, observando-se os vãos abertos em alvenarias e concentração de tensões nestes, pode notar-se o surgimento de fissuras nos cantos das aberturas, causadas pela atuação de sobrecargas (Figura 18).

Figura 18 – Fissuração real em aberturas de alvenarias, sob atuação de sobrecarga.



Fonte: Thomaz (1989)

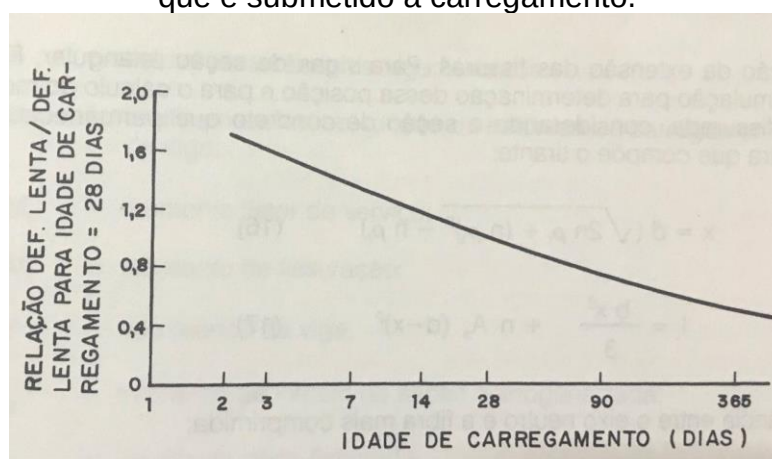
7.4 FISSURAÇÃO CAUSADA POR DEFORMABILIDADE DE ESTRUTURAS

Para Thomaz (1989):

Vigas e lajes deformam-se naturalmente sob ação do peso próprio, das demais cargas permanentes e acidentais e mesmo sob efeito da retração e da deformação lenta do concreto. Os componentes estruturais admitem flechas que podem não comprometer em nada sua própria estética, a estabilidade e a resistência da construção; flechas, no entanto, podem ser incompatíveis com a capacidade de deformação de paredes ou outros componentes que integram o edifício.

A relação entre deformação do concreto na idade de 28 dias e quantidade de dias que ele é submetido a carregamento pode ser analisada na Figura 19.

Figura 19 – Relação da deformabilidade do concreto na idade de 28 dias e idade em que é submetido a carregamento.



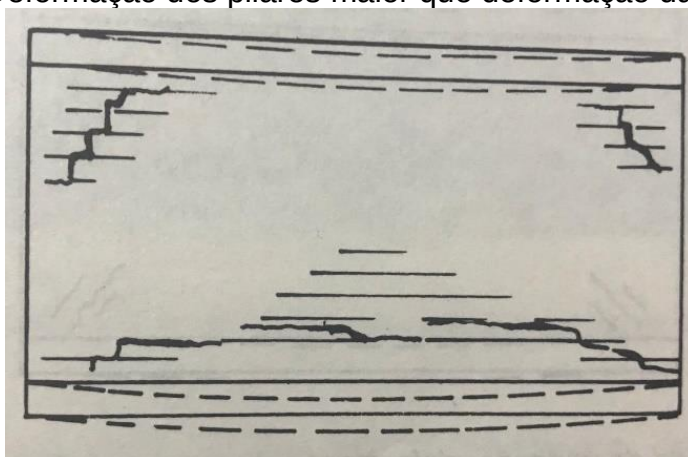
Fonte: Thomaz (1989)

7.4.1 Trincas causadas por flexão de vigas e lajes

Como já citado, as alvenarias muito sofrem com a deformabilidade das estruturas em que estão ao seu redor. Para Thomaz (1989), “para paredes de vedação sem aberturas de portas e janelas existe três configurações típicas de trincas:

- a) O componente de apoio deforma mais que o componente superior (Figura 20).

Figura 20 – Deformação dos pilares maior que deformação da viga superior.

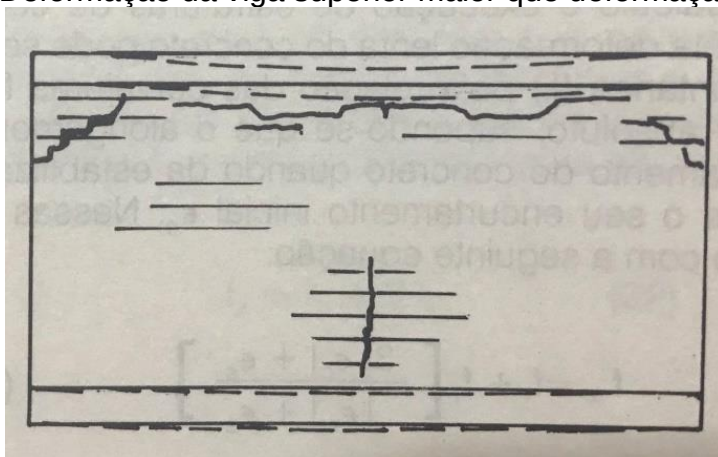


Fonte: Thomaz (1989)

No caso, o surgimento de trincas nos cantos superiores é explicada pela má distribuição do carregamento da viga sobre a parede, que provocam também trincas horizontais que normalmente aparecem na parte inferior da alvenaria.

- b) O componente de apoio deforma-se menos que o componente superior (Figura 21).

Figura 21 – Deformação da viga superior maior que deformação dos pilares.

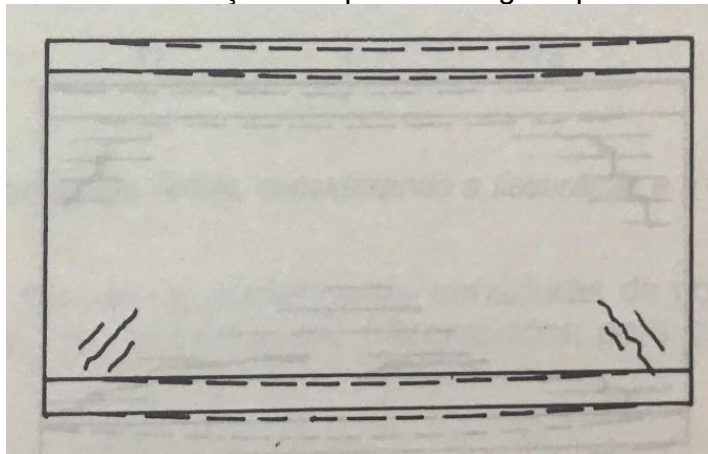


Fonte: Thomaz (1989)

A alvenaria passa a se comportar como elemento estrutural (viga), logo, fissura da mesma forma como ocorre a fissuração por flexão em vigas, paralelas ao esforço cortante sob a peça.

- c) O componente de apoio e o componente superior apresentam deformações aproximadamente iguais” (Figura 22).

Figura 22 – Deformação dos pilares e viga superior idênticas.



Fonte: Thomaz (1989)

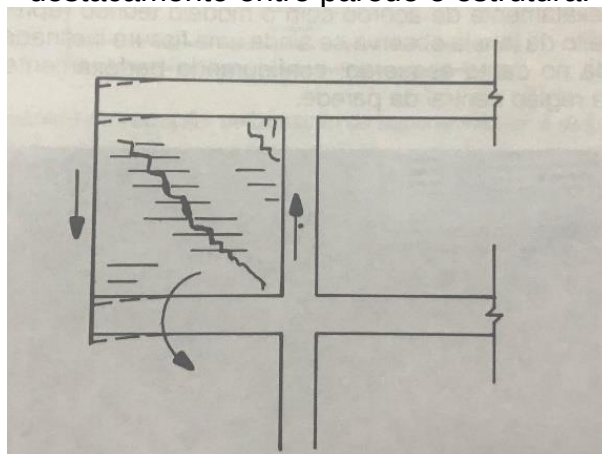
A alvenaria é submetida a tensões de cisalhamento, logo, as fissuras iniciam-se nos vértices inferiores dos painéis e se estendem formando aproximadamente 45° , assim como acontece em vigas com carência de armação resistente ao cisalhamento.

Em relação ao aparecimento de fissuras em alvenarias que possuem vão abertos, no caso das deformações dos elementos estruturais, elas se apresentarão de forma idêntica a quando as alvenarias são submetidas a sobrecargas, acrescidas de fissuras horizontais causadas pela má distribuição das tensões.

Essas mesmas solicitações nas alvenarias provocam cisalhamento entre placas pré-moldadas que podem compor um painel.

Em vão em balanço, quando as estruturas se deformam, na alvenaria, normalmente, aparecem fissuras que tem início no vértice interno na alvenaria apoiada sobre a viga em balanço (Figura 23).

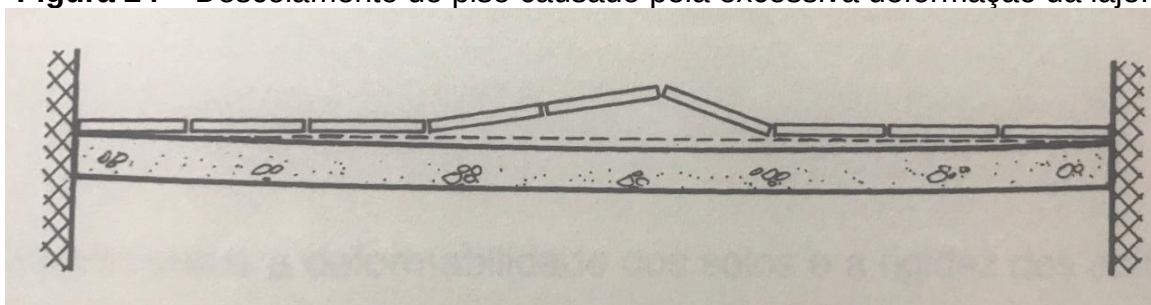
Figura 23 – Deflexão das vigas em balanço provocam cisalhamento e/ou destacamento entre parede e estrutura.



Fonte: Thomaz (1989)

Com a deformação de lajes por flexão os pisos apoiados sobre elas sofrem, muitas vezes, fissuração ou destacamento das peças, com excessiva deformação da camada de revestimento começa a trabalhar sobre compressão (Figura 24).

Figura 24 – Descolamento do piso causado pela excessiva deformação da laje.



Fonte: Thomaz (1989)

7.5 FISSURAS CAUSADAS POR RECALQUE DE FUNDAÇÕES

De acordo com a NBR 6122:1996 – Projeto e execução de fundações, recalque é definido pelo Movimento vertical descendente de um elemento estrutural.

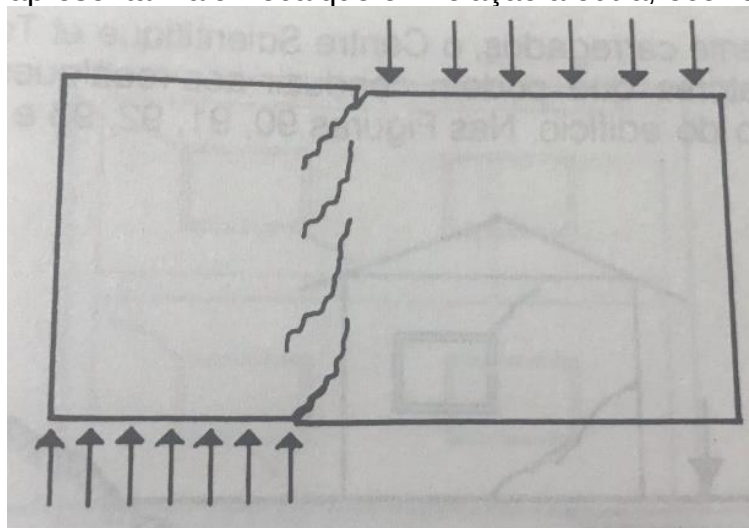
De acordo com MILITITSKY (2005), citado por CALISTO et al. (2015) “recalque em fundações acontece quando o contato entre fundação e solo se rompe, fazendo assim com que a fundação afunde mais do que o projetado”. Quando ocorre em todos os elementos de fundação de forma igual é definido como recalque total, quando ocorre em apenas parte dos elementos de fundação é definido de recalque diferencial.

De acordo com Thomaz (1989):

De maneira geral, as fissuras provocadas por recalques diferenciados são inclinadas confundindo-se muitas vezes com as fissuras provocadas por deflexão de componentes estruturais. Em relação as primeiras, contudo, apresentam aberturas geralmente maiores, “deitando-se” em direção ao ponto onde ocorreu o maior recalque. Outra característica das fissuras provocadas por recalques é a presença de esmagamentos localizados, em forma de escamas, dando indícios das tensões de cisalhamento que as provocaram; além disso, quando os recalques são acentuados, observa-se nitidamente uma variação na abertura da fissura.

Tomaz (1989), ainda afirma que, “os recalques diferenciados podem provir de carregamentos desbalanceados;” nesse caso, as trincas se apresentam com as características observadas na Figura 25.

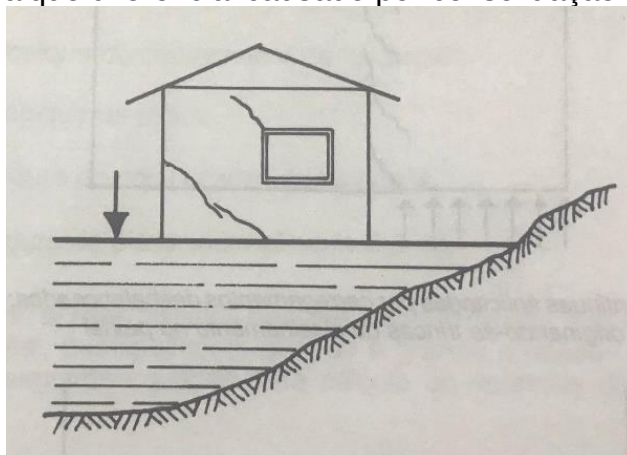
Figura 25 – Alvenaria apoiada em fundação contínua, região com maior carregamento apresenta maior recalque em relação a outra, ocorre cisalhamento.



Fonte: Thomaz (1989)

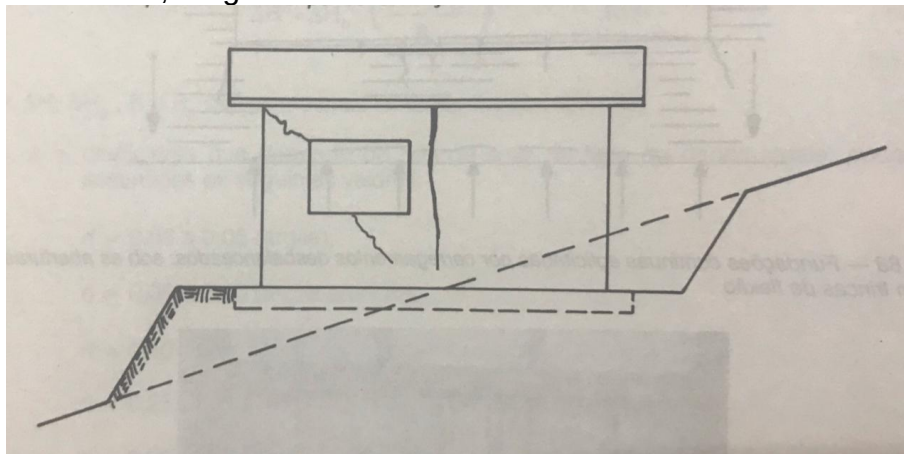
Segundo o Centre Scientifique et Technique de la Construction, citado por Thomaz (1989), são apontados diversos fatores que podem conduzir aos recalques diferenciais e, conseqüentemente, à fissuração do edifício. Esses aspectos seriam: consolidações distintas do aterro (Figura 26), fundações assentadas sobre seções de corte e aterro (Figura 27), interferência de carregamentos de outras edificações (Figura 28), falta de homogeneidade do solo (Figura 29), rebaixamento do lençol freático (Figura 30).

Figura 26 – Recalque diferencial causado por consolidação distinta do aterro.



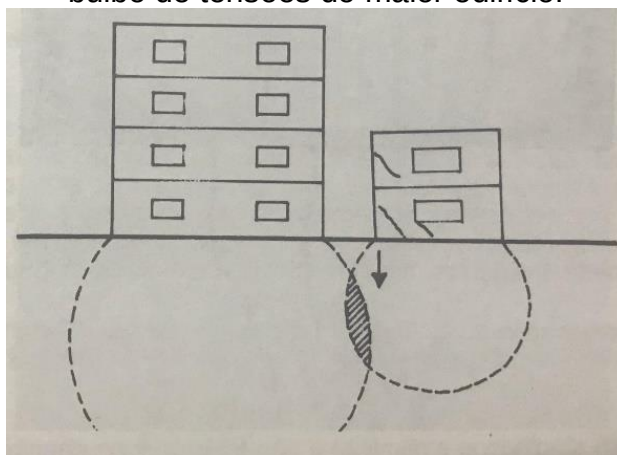
Fonte: Thomaz (1989)

Figura 27 – Recalque diferencial causado por fundação assentada sobre seção de corte e aterro, surgimento de trincas de cisalhamento nas alvenarias.



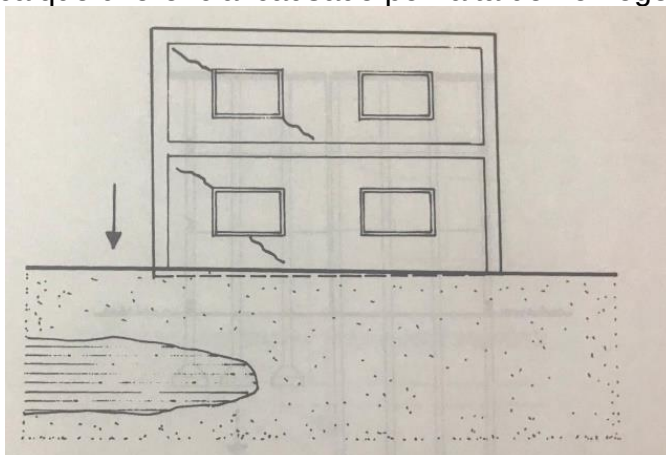
Fonte: Thomaz (1989)

Figura 28 – Recalque diferencial no menor edifício causado pela interferência do bulbo de tensões do maior edifício.



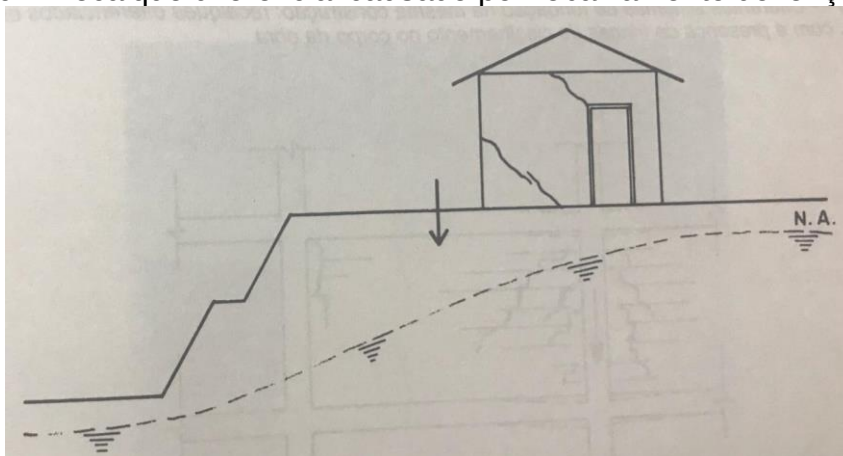
Fonte: Thomaz (1989)

Figura 29 – Recalque diferencial causado por falta de homogeneidade do solo.



Fonte: Thomaz (1989)

Figura 30 – Recalque diferencial causado por rebaixamento do lençol freático.

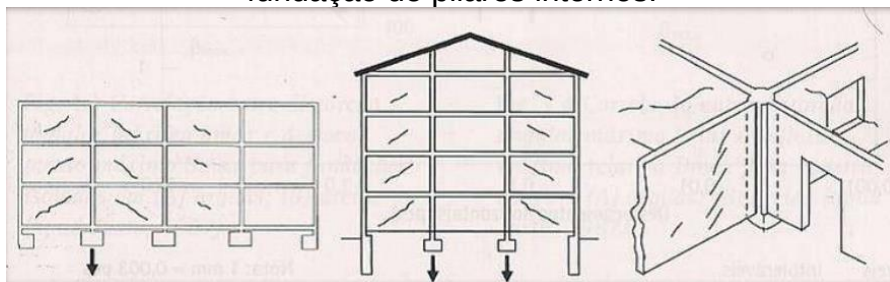


Fonte: Thomaz (1989)

A adoção de diferentes sistemas de fundação para uma mesma edificação pode provocar recalques distintos entre elas, ou seja, recalques diferenciais, fazendo surgir fissuras entre os sistemas e, consequentemente, trincas de cisalhamento na estrutura da edificação.

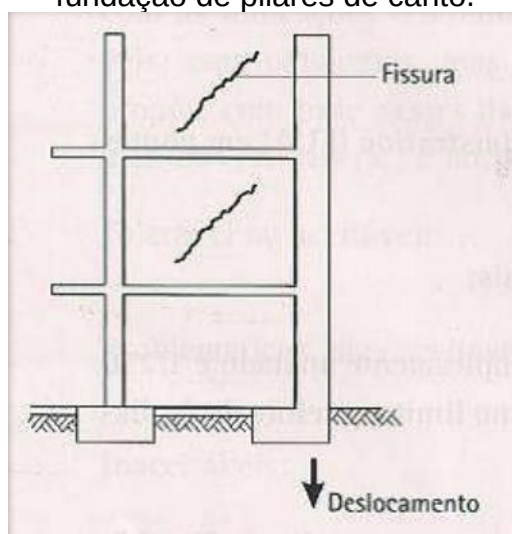
Nos edifícios, o recalque diferencial das fundações dos pilares provoca fissuração nas paredes de vedação, essas comumente inclinam-se na direção do pilar que sofreu maior recalque (Figura 31).

Figura 31 – Fissuração em alvenarias causadas por recalque diferencial de fundação de pilares internos.



Fonte: CONSOLI; MILITITSKY; SCHINAID (2005) citado por CALISTO; KOSWOSKI (2015)

Figura 32 – Fissuração em alvenarias causadas por recalque diferencial de fundação de pilares de canto.



Fonte: CONSOLI; MILITITSKY; SCHINAID (2005) citado por CALISTO; KOSWOSKI (2015)

Para os solos altamente permeáveis como as areias, os recalques acontecem em períodos de tempo relativamente curtos após serem solicitados; já para os solos menos permeáveis, como as argilas, a consolidação ocorre de maneira bastante lenta, ao longo de vários anos.

7.6 FISSURAS CAUSADAS PELA RETRAÇÃO DE PRODUTOS À BASE DE CIMENTO

Segundo Thomaz (1989), “a hidratação do cimento consiste na transformação de compostos anidros mais solúveis em compostos hidratados menos solúveis, ocorrendo na hidratação a formação de uma camada de gel em torno dos grãos dos compostos anidros”.

Helene (1980), afirma que, “para que ocorra a reação química completa entre a água e os componentes anidros é necessário cerca de 22 a 32% de água em relação a massa do cimento”.

Thomaz (1989) ainda afirma que, “para a constituição do gel é necessária uma quantidade adicional em torno de 15 a 25%. E que em média uma relação água/cimento de aproximadamente 0,40 é suficiente para que o cimento se hidrate completamente”.

“O processo de retração consiste na contração tridimensional do concreto, tendo como principal causa a perda de água. Quando restrita, essa contração pode resultar em fissuras no material” (VIEIRA, 2017).

Para Thomaz (1989), “em produto preparado com cimento, no seu estado endurecido ou em processo de endurecimento, é possível a ocorrência de três tipos de retração:

- a) Retração química: quando a reação química entre o cimento e a água se dá com redução de volume; devido as grandes forças interiores de coesão, onde a água combinada quimicamente (22 a 32%) sofre uma contração de cerca de 25% de seu volume original;
- b) Retração de secagem: quando a quantidade excedente de água, empregada na preparação do concreto ou argamassa, permanece livre no interior da massa, evaporando-se posteriormente; essa evaporação gera forças de capilares equivalentes a uma compressão isotrópica da massa, produzindo redução do seu volume;
- c) Retração por carbonatação: a cal hidratada liberada nas reações de hidratação do cimento reage com o gás carbônico presente no ar, formando carbonato de cálcio. Essa reação é acompanhada pela redução de volume, gerando a retração por carbonatação”.

Muitos fatores influenciam na retração de um produto a base de cimento, sendo os principais: umidade relativa do ambiente, características da pasta de cimento como, por exemplo, o grau de hidratação, o fator água-cimento, o tipo e tamanho dos agregados e a geometria da peça de concreto. Dentre esses fatores, o fator água-cimento é o que mais influencia no aparecimento de fissuras por retração.

Quanto maior a área da peça em contato com o meio externo, maior será a retração, sendo assim, a geometria influi diretamente na grandeza da retração.

As fissuras por retração ocorrem pelas tensões de tração nos materiais compostos por cimento, logo, a introdução de armaduras reduzem significativamente o aparecimento dessas fissuras.

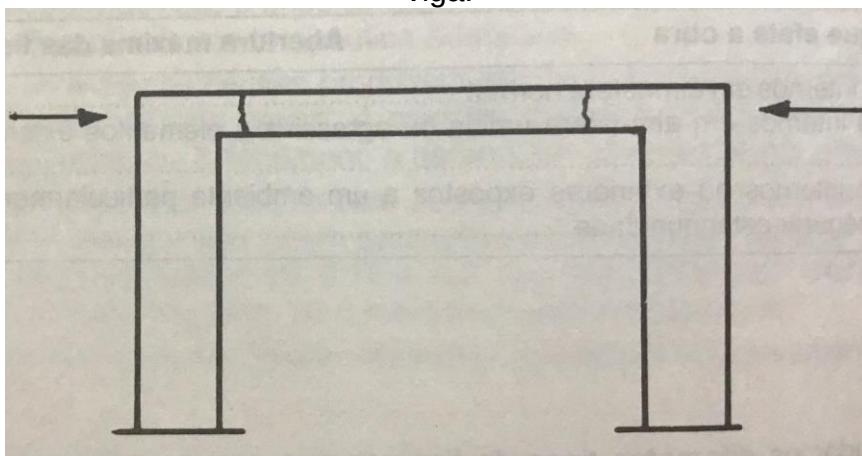
7.6.1 Retração de vigas e pilares de concreto armado

A ocorrência de fissuras de retração numa viga de concreto armado dependerá da dosagem do concreto (principalmente da relação água-cimento), das condições de adensamento (quanto mais adensado, menor a retração) e das condições de cura (a evaporação precoce da água aumentará substancialmente a retração) (THOMAZ, 1989).

Johnson (1965), citado por Thomaz (1989), ainda afirma que "a fissuração de uma viga de concreto armado dependerá também das dimensões da peça, da rigidez dos pórticos, da taxa de armadura e da própria distribuição de armaduras ao longo de sua seção transversal".

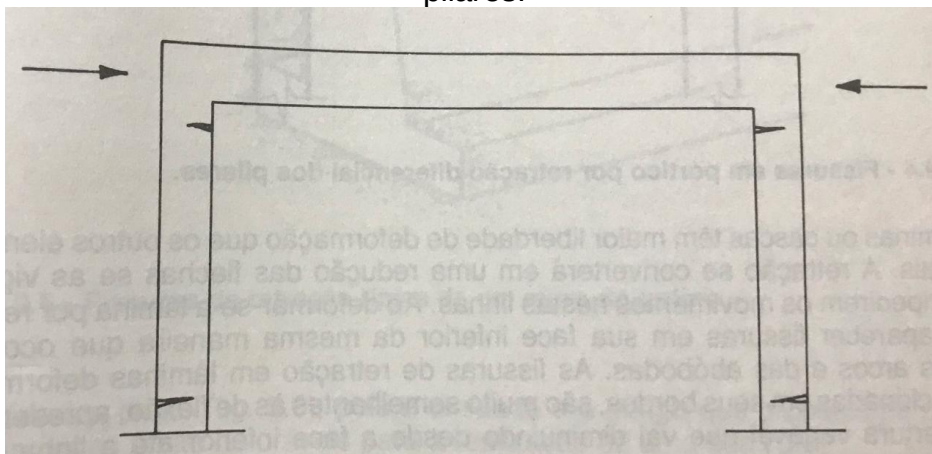
Há situações em que o elemento fissurado não é o elemento em que ocorreu a retração e sim em elementos que a ele estão unidos, como por exemplo, em estruturas de pórticos, quando ocorre retração da viga superior, a fissuração ocorre nos pilares (caso possua baixa rigidez) (Figuras 33 e 34).

Figura 33 – Pórtico com pilares de grande rigidez, retração de viga, fissuração em viga.



Fonte: Cánovas (1988)

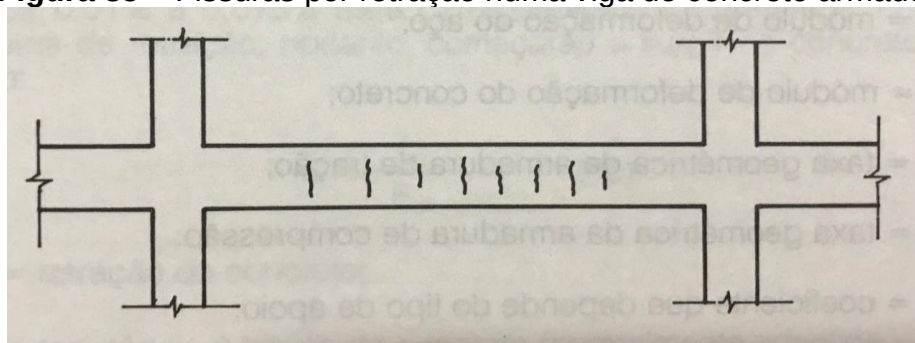
Figura 34 – Pórtico com pilares de baixa rigidez, retração de viga, fissuração em pilares.



Fonte: Cánovas (1988)

Nas vigas altas, com inexistência ou insuficiência de armadura de pele, as fissuras ocorrerão preferencialmente no terço médio da altura da viga, sendo retas e regularmente espaçadas (Figura 35).

Figura 35 – Fissuras por retração numa viga de concreto armado.



Fonte: Thomaz (1989)

Thomaz (1989), ainda afirma que:

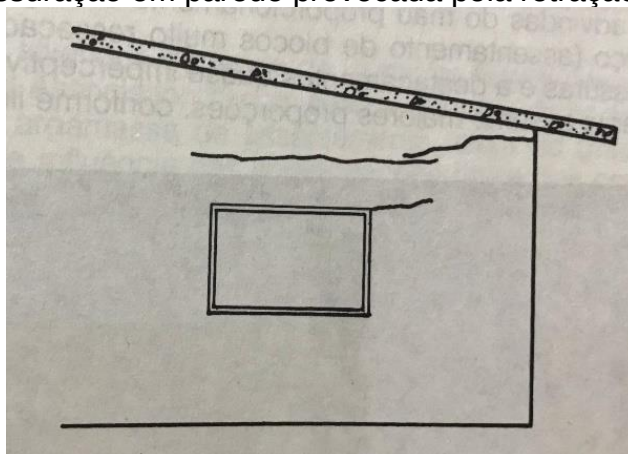
A retração de pilares de concreto armado, somada as deformações elásticas provenientes das solicitações externas, pode introduzir elevadas tensões de compressão nas alvenarias de fechamento, chegando-se a produzir o arqueamento dessa alvenaria. Assim, poderão surgir na parede fissuras típicas de sobrecarregamento e fissuras horizontais características da solicitação de flexocompressão. Em casos extremos o arqueamento pode provocar a fissuração de peças intermediárias da estrutura que se oponham a esse movimento.

7.6.2 Retração de lajes de concreto armado

Em lajes de teto o aparecimento de fissuras pode ocorrer na própria laje, distribuída regularmente na peça.

Em lajes de piso, a retração pode provocar fissuração do revestimento de piso e até o destacamento deste. Sabendo-se que a retração de lajes atua em seus componentes vinculados, pode ocorrer a fissuração de forro falso caso este esteja engastado nas paredes. Pode afetar de forma notória principalmente em paredes que são solidárias as lajes (Figura 36).

Figura 36 – Fissuração em parede provocada pela retração de laje de teto.



Fonte: Thomaz (1989)

7.6.3 Retração de paredes e muros

As fissurações ocorridas normalmente em paredes e muros por retração apresentam-se de forma semelhante a fissuração e destacamentos por variação de temperatura e umidade.

O problema mais significativo, contudo, decorrente da retração de argamassas de assentamento de alvenarias, é aquele que se verifica nas fachadas constituídas por alvenaria aparente, onde a penetração de água através de fissuras ou destacamentos gera uma série de patologias correlatas (manchas de umidade, bolos, lixiviação etc.) (THOMAZ, 1989).

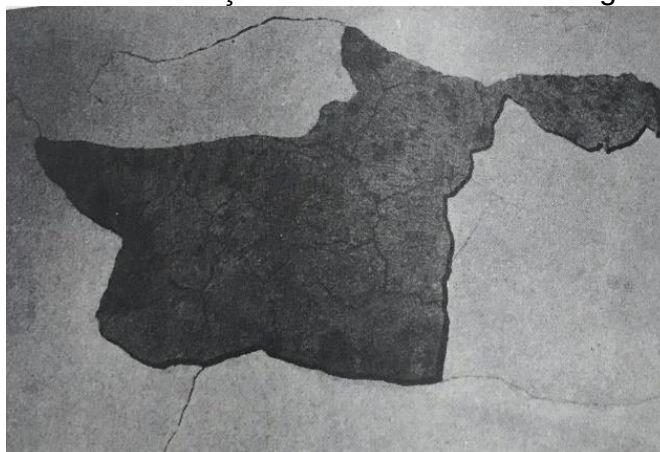
Além da fissuração na ligação com componentes estruturais, as alvenarias podem fissurar nos encontros entre paredes, no terço médio de paredes muito extensas, em regiões que ocorrem brusca diminuição de largura ou altura da parede (passagem de tubulações, por exemplo).

7.6.4 Retração de argamassas de revestimento

Segundo Thomaz (1989), a retração das argamassas aumentam com o consumo de aglomerante, com a porcentagem de finos existente na mistura e com o teor de água de emassamento, assim como, aderência da base, número de camadas aplicadas, espessura das camadas, tempo entre a aplicação de uma camada e outra, rápida perda de água durante o endurecimento por ação intensiva de ventilação e/ou insolação etc.

Thomaz (1989) ainda afirma que as fissuras desenvolvidas por retração das argamassas de revestimento apresentam distribuição uniforme, com linhas mapeadas que se cruzam formando ângulos próximos de 90° (Figura 37).

Figura 37 – Fissuração em revestimento de argamassa.



Fonte: Thomaz (1989)

7.7 FISSURAÇÃO CAUSADA POR ALTERAÇÕES QUÍMICAS DOS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

Os materiais de construção são suscetíveis de deterioração pela ação de substâncias químicas, principalmente as soluções ácidas e alguns tipos de álcool (THOMAZ, 1989). Dentre inúmeras as alterações químicas que acontecem nos materiais da construção, três tipos são manifestados mais frequentemente, vistos a seguir.

7.7.1 Hidratação retardada de cales

O principal problema observado com a cal hidratada é a presença de óxidos não hidratados em teor excessivo. Nesses casos, esses óxidos podem reagir com a umidade após a aplicação e endurecimento da argamassa. A reação de hidratação é expansiva, levando a um aumento de volume do material de 100% para o CaO e de 110% para o MgO. Assim, quando ocorre a hidratação retardada, não existe espaço para os produtos formados levando à deterioração dos revestimentos (CARASEK, 2011).

“Em função da intensidade da expansão poderão ocorrer fissuras e outras avarias, em tudo semelhantes aquelas analisadas para o caso das dilatações térmicas ou higroscópicas” (THOMAZ, 1989).

Thomaz (1989) afirma que:

O efeito mais nocivo da hidratação retardada de cales manifesta-se, entretanto, nos revestimentos em argamassa, cuja expansão decorrente tende a produzir danos generalizados no revestimento (além de fissuras, descolamento, desagregações e pulverulências).

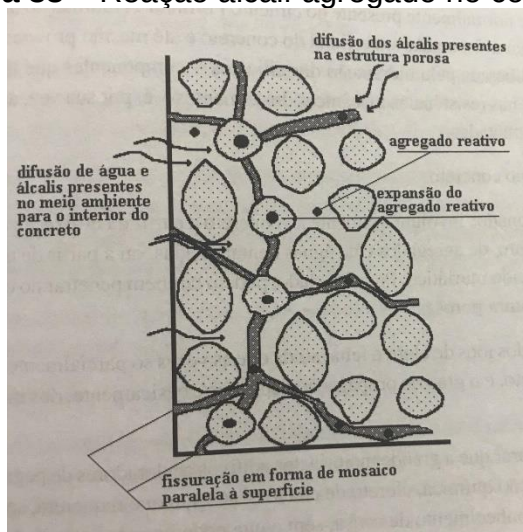
Pequenos buracos (“pite”) podem surgir no revestimento explicados pela presença de grânulos isolados de óxidos ativos, ocorrendo a expansão e desagregação desse revestimento.

7.7.2 Ataque por sulfatos

“Os sulfatos são elementos extremamente agressivos, e a ação de águas sulfatadas pode ser responsável, ao fim de algum tempo, pela total desagregação do concreto” (SOUZA e RIPPER, 1998).

Os principais sulfatos são encontrados na água do mar, em águas subterrâneas e em águas poluídas com dejetos industriais. Logo, obras próximas a áreas marítimas sofrem constantemente com a ameaça, além disso, a obtenção de agregados a partir de rochas que contenham sulfatos solúveis, é uma fonte potencial de risco para os concretos, onde ocorre a reação álcali-agregado (Figura 38).

Figura 38 – Reação álcali-agregado no concreto.

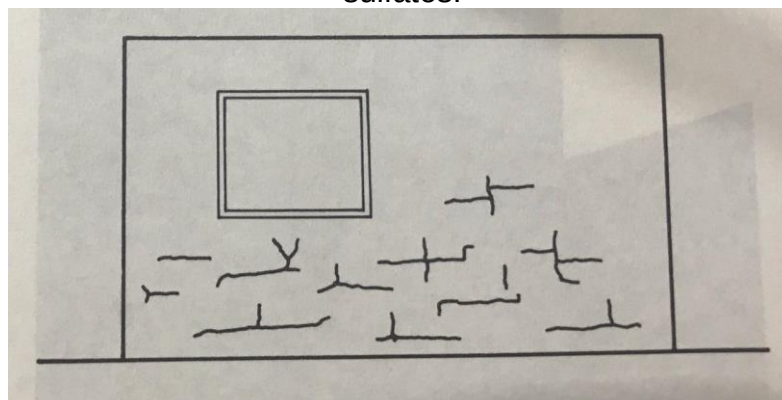


Fonte: Souza e Ripper (1998)

Para formação da etringita é necessário o aluminato tricálcico, constituinte comum dos cimentos, e sulfatos em solução, por isso, a utilização conjunta de cimento e gesso é potencialmente perigosa.

Thomaz (1989), relata que em alvenarias revestidas, as trincas serão semelhantes aquelas que ocorrem pela retração da argamassa de revestimento. Diferem em três aspectos fundamentais: apresentam aberturas maior pronunciadas, acompanham as juntas de assentamento horizontais e verticais e aparecem quase sempre acompanhadas de eflorescência (Figura 39).

Figura 39 – Fissuração em argamassa de revestimento causadas por ataque por sulfatos.



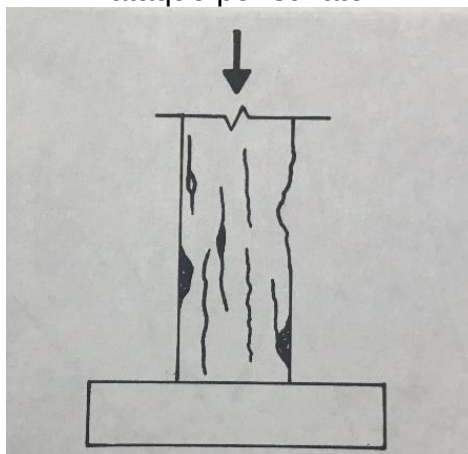
Fonte: Thomaz (1989)

Johnson (1965) citado por Thomaz (1989) afirma que:

O feito expansivo numa massa de concreto provoca fendilhamentos generalizados e fissuras que vão amentando tanto na abertura quanto na profundidade, até que fragmentos de concreto relativamente grandes sejam destacados. Onde a expansão não encontra vínculos resistentes (muros de arrimo, parapeitos etc.) as trincas configuram-se ao acaso; quando a expansão encontra resistência ao longo de um ou mais eixos (pilares, por exemplo), as trincas ocorrem como uma série de aberturas paralelas ao eixo vinculado, com expansão lateral do concreto.

Na Figura 40 é possível observar trincas e lascamentos em pilar.

Figura 40 – Trincas e lascamento em pilar, causado pela expansão do concreto por ataque por sulfato.



Fonte: Thomaz (1989)

7.7.3 Corrosão de armaduras

De forma deliberada, as armaduras das peças de concreto armado são quase que invariavelmente colocadas nas proximidades de suas superfícies; no caso de cobrimentos insuficientes ou de concretos mal adensados, as armaduras ficarão sujeitas à presença de água e de ar, podendo-se desencadear então um processo de corrosão, que tende a abranger toda a extensão mal protegida da armadura (THOMAZ, 1989).

“A corrosão dos aços no concreto armado tem dois inconvenientes importantes: produzir desagregações no concreto e diminuir a seção resistente das barras” (CÁNOVAS, 1988).

A corrosão eletroquímica costuma ser a principal causa de deterioração nas armaduras do concreto armado e protendido. O concreto é um material eminentemente básico porque em sua composição se encontram hidróxido de cálcio, sulfatos, álcalis etc. que produzem um meio com pH acima de 12, nas primeiras idades, até 13 nos concretos de mais idade. A armadura nessas

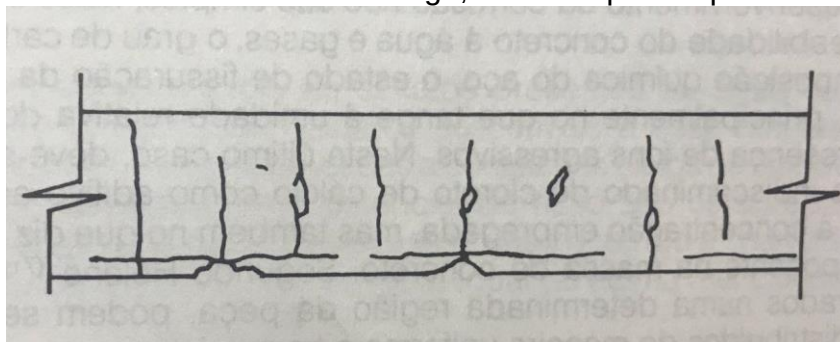
condições, está num meio alcalino ideal e, portanto, o aço está em forma passiva; entretanto, por diversas causas, a passividade pode desaparecer em pontos localizados ou completamente.

Thomaz (1989), abrange de forma clara condições importantes em relação a ocorrência de corrosão:

Os mecanismos de desenvolvimento de corrosão não são simples, neles interferindo diversos fatores como a permeabilidade do concreto à água e gases, o grau de carbonatação atingido pelo concreto, a composição química do aço, o estado de fissuração da peça e as características do ambiente, principalmente no que tange à umidade relativa do ar e, conforme já foi dito, à eventual presença de íons agressivos. Nesse último caso, deve-se dedicar especial cuidado ao emprego indiscriminado de cloreto de cálcio como aditivo acelerador de pega, não só no que tange a concentração empregada, mas também no que diz respeito a homogeneização deste componente na massa de concreto.

As reações de corrosão, independentemente de sua natureza, produzem óxido de ferro, cujo volume é muitas vezes maior do que o original do metal são. Essa expansão provoca o fissuramento e o lascamento (“spalling”) do concreto nas regiões próximas as armaduras (Figura 41).

Figura 41 – Trincas e lascamento em viga, causado pela expansão do concreto.



Fonte: Thomaz (1989)

7.8 PREVENÇÃO DE FISSURAS NOS EDIFÍCIOS

Para Thomaz (1989):

A prevenção de fissuras nos edifícios, como não poderia deixar de ser, passa obrigatoriamente por todas as regras de bem planejar, bem projetar e bem construir. Mais ainda, exige um controle sistemático e eficiente da qualidade dos materiais e dos serviços, uma perfeita harmonia entre os diversos projetos executivos, estocagem e manuseio correto dos materiais e componentes no canteiro de obras, utilização e manutenção correta do edifício etc.

Ripper (1984) citado por Muci et al. (2014) afirma que, “devido à vasta experiência prática dos funcionários atuantes nas obras, os mesmos acabam por negligenciar algumas etapas importantes de execução, o que pode acarretar em possíveis patologias.”

Muito se fala sobre os custos de execução de medidas preventivas e corretivas, logo, a realidade tem demonstrado que os custos de prevenção não são expressivos em relação aos custos de intervenção, valendo salientar que os custos finais de uma obra devem ser calculados considerando com custos de operação e manutenção destas, além da construção.

Dentre os problemas mais comuns apresentados nas edificações, temos problemas com fundações, estruturas de concreto armado, ligações entre estrutura e parede de vedação, alvenarias, lajes de cobertura, revestimentos de parede, pisos cerâmicos, forros de gesso e caixilhos e envidraçamentos, sendo esses apenas os mais comumente encontrados e abordados a seguir.

7.8.1 Fundações

Para Milititsky et al. (2015), “a investigação do subsolo é a causa mais frequente de problemas de fundações. Na medida em que o solo é o meio que vai suportar as cargas, sua identificação e a caracterização de seu comportamento são essenciais à solução de qualquer problema.”

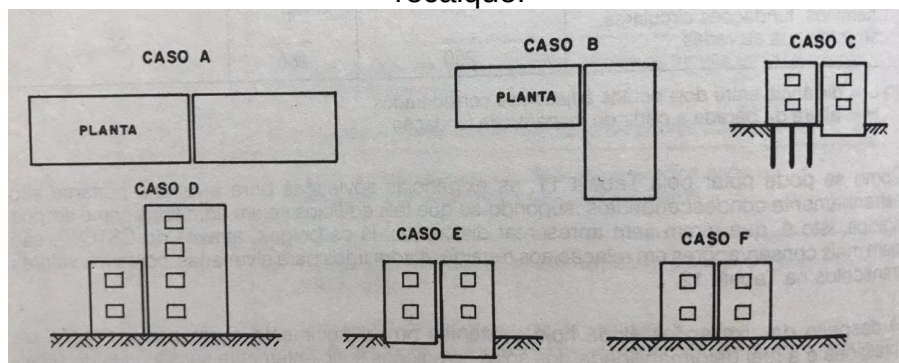
Milititsky (1989), citado por Milititsky et al. (2015), afirma que, “patologias decorrentes de incertezas quanto às condições do subsolo podem ser resultado da simples ausência de investigação, de uma investigação ineficiente ou com falhas ainda da má interpretação dos resultados das sondagens.”

De acordo com Thomaz (1989), após o estudo do solo e verificação da possibilidade ocorrência de recalques diferenciais perigosos, adota-se uma “superfundação”, antieconômica, ou discute-se como o calculista ou arquiteto possibilidade de aumentar a flexibilidade do edifício, como utilização de juntas de dilatação, desvinculação de paredes etc..

Alguns autores como Bowles (1982) e Crawford (1976), citados por Thomaz (1989), reiteram que em situações potencialmente perigosas como: (a) Edifícios muito longos; (b) Edifícios com geometria irregular; (c) Sistemas de fundações diferentes; (d) Carregamentos diferentes; (e) Cotas de apoios diferentes e (f) Diferentes fases de

construção, deve-se adotar o uso de juntas de movimentação do corpo do edifício (Figura 42).

Figura 42 – Situações de edifícios em situações potencialmente perigosas para recalque.



Fonte: Thomaz (1989)

Segundo Crawford (1976), citado por Thomaz (1989),:

Movimentos das fundações sempre vão existir: o importante é salientar que o comportamento em serviço da fundação pode ser satisfatoriamente previsto, tendo o projetista o compromisso de aliar seu desejo de recalque nulo com o desejo do proprietário da obra de que a fundação seja a mais barata possível.

7.8.2 Estruturas de concreto armado

As estruturas de concreto armado podem sofrer deformações que não influenciam seu desempenho, porém podem comprometer o desempenho de outros elementos, como visto nos tópicos anteriores.

Como citado anteriormente, as juntas de dilatação possuem papel importante no tocante a diminuição dos efeitos de movimentação das estruturas. Para Thomaz (1989), as recomendações da utilização de juntas variam na aplicação entre 30 m a 60 m, mas em geral é adotado a aplicação a cada 50m. Conhecendo-se a condições que o edifício é submetido e outros demais fatores, é possível entender que grandes espaçamentos podem provocar danos aos elementos não estruturais. Entretanto, Thomaz (1989), também afirma que “na realidade, a distância entre juntas de dilatação dependerá muito mais de fatores extrínsecos à estrutura, sendo que, do ponto de vista eminentemente estrutural, alguns fatores consideram até mesmo dispensável o emprego dessas juntas.”

De uma forma geral, as deformações das estruturas devem ser limitadas, principalmente para que se evite a aplicação de elevadas tensões de cisalhamento nas alvenarias de vedação.

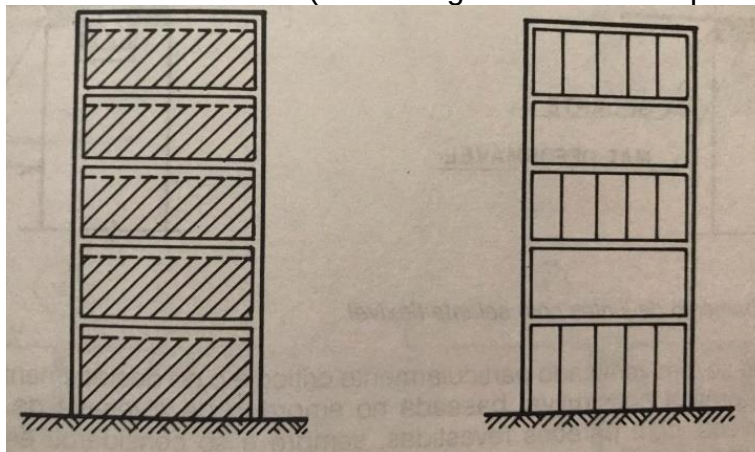
O efeito mais comum e nocivo da movimentação das estruturas é a ocorrência de fissuras nas peças pela deflexão dessas, logo, devem ser calculadas considerando-se essas flechas formadas, limitando-as e adequando o projeto a isso.

7.8.3 Ligação entre estrutura e parede de vedação

É essencial a execução correta da ligação dos componentes de alvenaria e estrutura no que diz respeito a prevenção de fissuras, pois essa ligação quando não feita corretamente, os comportamentos distintos dos materiais (características diferentes) são grandes responsáveis pelo aparecimento de patologias, principalmente fissuras e trincas.

Como visto anteriormente, as deflexões de vigas e lajes são os principais causadores de problemas em alvenaria, logo, Thomaz (1989) propõe, “para que as deflexões dos andares superiores não sejam transmitidas aos andares inferiores, a montagem das paredes deverá ser feita do topo para a base do prédio; quando isto for impossível, o encunhamento das paredes deverá ser efetuado “a posteriori””. Thomaz (1989), ainda cita Pfeiffermann (1967), onde sugere outra opção para diminuição dos esforços causados, “os fechamentos deverão ser inicialmente efetuados em pavimentos alternados” (Figura 43).

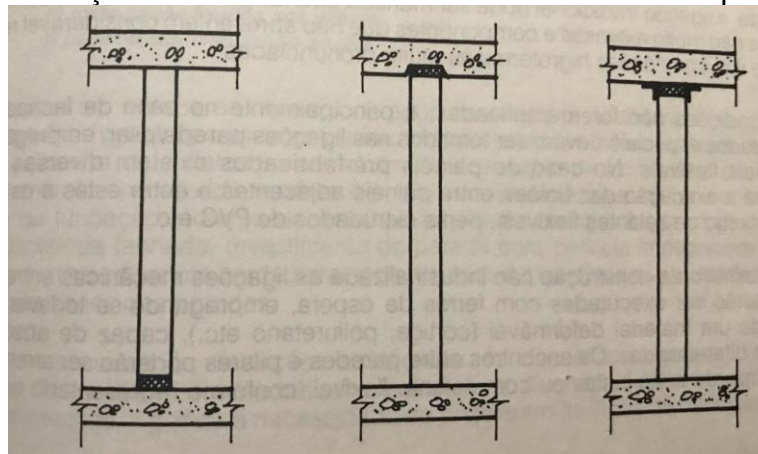
Figura 43 - Alvenaria executada sem encunhamento e elevação de alvenaria em pavimentos alternados (nesse segundo caso com painel).



Fonte: Thomaz (1989)

Na base e topo das paredes podem ser introduzidos materiais deformáveis (Figura 44).

Figura 44 - Utilização de material deformável na base ou no topo da alvenaria.



Fonte: Thomaz (1989)

A ligação entre alvenaria e pilar é feita usualmente com argamassa, chapiscando o pilar previamente e em alguns casos utiliza-se ferros de espera (chumbados no pilar), os materiais se comportavam bem no quesito desempenho pois era para realidade de utilização apenas de argamassa e tijolos de barro ou bloco cerâmico. Essa prática é ideal nessas condições, pois normalmente os revestimentos absorvem grande parte das deformações.

Quando o tipo de vedação é modificado, a utilização de material deformável entre pilar e parede é essencial para absorver as deformações ocorridas, ferros de espera também podem ser utilizados nesses casos.

7.8.4 Alvenarias

As alvenarias sendo elas portantes ou não, possuem um bom desempenho a esforço de compressão, logo, esforços pontuais devem ser distribuídos, utilizando conxins para cargas pontuais ou em abertura de vãos, por exemplo, deve-se utilizar vergas e contravergas.

Em relação a presença de água em alvenarias, Thomaz (1989) afirma que. “pode provocar movimentações higroscópicas acentuadas, manifestações de eflorescência, expansão pela eventual presença de sulfatos ou até mesmo a dissolução de compostos da argamassa de assentamento. Em forma de prevenção,

Thomaz (1989) ainda cita medidas como: boa impermeabilização da fundação, adoção de detalhes arquitetônicos que façam com que a água de chuva descole da fachada, revestimento de parede com película impermeável ou hidrófuga, presença de cobertura verdadeiramente estanque e medidas que evitem o empoçamento de água nas bases das paredes.

Vigas de transição de transição com elevada rigidez é medida eficaz quando existir paredes portantes.

No caso de alvenarias de tijolos cerâmicos, esses materiais devem atender a todas as especificações da NBR 7171:1992 – Bloco cerâmico para alvenaria – especificações, a observância da situação desses materiais deve ser feita no recebimento e de forma visual no lote inteiro. Além disso, o bloco deve ter taxa de absorção dentro do determinado por norma.

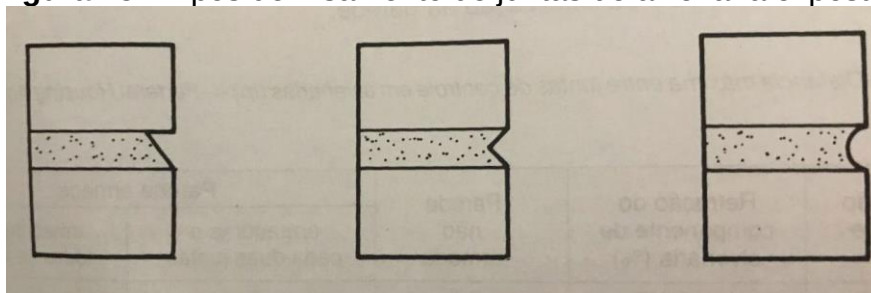
A escolha da argamassa deve ser de acordo com a necessidade da alvenaria, para Thomaz (1989), “praticamente todas as especificações técnicas recomendam argamassas proporcionadas com um volume de aglomerante (cimento e cal misturados) para três volumes de areia, relação esta que parece ser ideal para que os grãos de areia sejam totalmente recobertos pela pasta de aglomerante.”

Além da escolha dos materiais, a elevação da alvenaria deve ser feita nas melhores das condições, assim como afirma Thomaz (1989):

Além dos cuidados referentes à escolha dos materiais, a qualidade da alvenaria dependerá fundamentalmente da qualidade do serviço (nível, prumo, regularidade das juntas etc.). O adensamento da argamassa das juntas verticais e horizontais, conseguido mediante a pressão de um bloco contra o outro na operação de assentamento, e o não realinhamento do bloco assentado após o início da pega da argamassa são cuidados imprescindíveis para que se obtenham juntas estanques, requisito indispensável para as alvenarias aparentes localizadas nas fachadas das obras. Nessas alvenarias é sempre recomendado o frisamento das juntas, tanto para melhorar-se a compacidade da argamassa, quanto para propiciar-se o descolamento da lâmina de água de chuva escorrendo pela fachada.

Existem diversos tipos de frisamento de juntas, como mostra a Figura 45.

Figura 45 - Tipos de frisamento de juntas de alvenaria exposta.



Fonte: Thomaz (1989)

Segundo Thomaz (1989), as alvenarias sofrem movimentações próprias, causadas por fenômenos hidrotérmicos, pela retração dos componentes de alvenaria e argamassa de assentamento, para diminuição desses fenômenos provocadores de fissuras é necessário a utilização de juntas de controle, localizadas normalmente nas concentrações de tensões (mudança brusca de espessura ou altura), essas juntas devem ser previstas em alvenarias muito longas.

As alvenarias podem ser armadas, pois é conhecido sua deficiência à resistirem a esforços de tração e cisalhamento, onde a armação é grande aliada para não fissuração, pois ajudaria na absorção desses esforços. Thomaz (1989) fala sobre as maneiras a introduzir o aço no sistema, “através de cintas de concreto, de grauteamento vertical executado nos furos dos blocos vazados, ou ainda através de ferros corridos dispostos nas juntas de assentamento; nesse último caso o diâmetro das armaduras não deverá exceder a metade da espessura da junta.” Em qualquer caso, a armadura deve ser totalmente protegida.

7.8.5 Lajes de cobertura

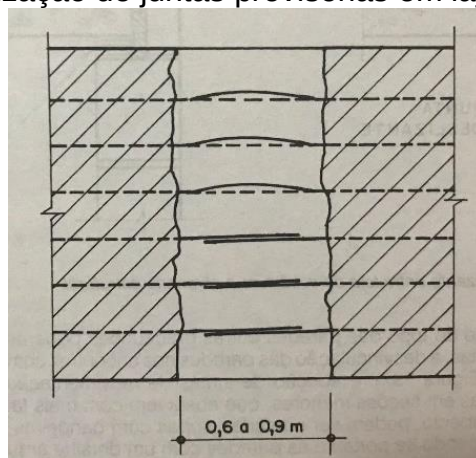
As paredes do último pavimento de um edifício estão sujeitas a condições particularmente adversas, em função principalmente da movimentação térmica da laje de cobertura (THOMAZ,1989).

Além da movimentação da laje, os efeitos das dilatações térmicas dos pilares aconteceram com maior efeito neste pavimento, pois estes só poderão expandir-se para cima.

Assim como em outros componentes, as juntas podem auxiliar na absorção dessas movimentações da laje, podendo utilizar mata-juntas ou selantes flexíveis.

Fintel (1974) citado por Thomaz (1989), propõe solução para quando não se é possível a utilização de juntas, “recomenda a criação de juntas provisórias, com barras emendadas por transpasse ou ligeiramente arqueadas (Figura 46). Tais juntas com largura compreendida entre 60 a 90 cm, seriam posicionadas nas seções de menor momento fletor.” Elas possuem papel de absorver grande parte da retração do concreto (até 50% do total, no primeiro mês), sendo concretadas 20 a 30 dias após execução da laje.

Figura 46 - Utilização de juntas provisórias em lajes de cobertura.



Fonte: Thomaz (1989)

A isolamento térmica da laje é um fator pertinente no combate de fissuras, quando bem projetada e executadas.

Nas alvenarias do último pavimento devem ser executadas medidas vistas anteriormente, como a dessolidarização entre parede e laje (ou vigamento de cobertura), utilização de material expansivo entre laje e alvenaria, juntas de movimentação em paredes muito longas e utilização de vergas e contra vergas em diminuição bruscas de espessura ou altura.

7.8.6 Revestimentos rígidos de parede

As fissuras desenvolvidas em argamassas de revestimento, sem fissuração da base, manifestam-se por solicitações hidrotérmicas e, sobretudo, por retração da argamassa (THOMAZ, 1989).

A retração das argamassas está diretamente ligada ao módulo de deformação da argamassa e sua resistência a tração. Thomaz (1989), cita Cincotto (1989), onde

destaca que, “as argamassas de revestimento devem apresentar módulos de deformações inferiores àqueles apresentados pelas alvenarias e outras bases, podendo assim absorver relativamente bem pequenas movimentações ocorridas nas bases onde foram aplicadas”. Observa ainda que “no caso de camadas múltiplas, o módulo de deformação da argamassa de cada camada deveria ir diminuindo gradativamente de dentro pra fora da parede (consumo de cimento, portanto, diminuindo no mesmo sentido”.

Além da escolha e proporção ideal dos materiais, a qualidade do material é ideal para obtenção de uma boa argamassa. Areias com elevados teores de finos, impurezas orgânicas ou aglomerantes argilosos favorecerão as fissuras de retração da argamassa.

Na aplicação, a superfície deve estar limpa e rústica (chapiscada). A cada camada deve ser respeitado o tempo de secagem, quando não respeitado, a retração da camada inferior pode provocar fissuração na camada externa.

“Os revestimentos com azulejos não deverão ser muito extensos, já que movimentações relativamente acentuadas da parede não poderão ser absorvidas pelo corpo cerâmico e, principalmente, pelo vidrado do azulejo (THOMAZ, 1989).”

7.8.7 Pisos cerâmicos

“Por uma série de motivos, os pisos cerâmicos podem fissurar-se ou destacar-se da base: argamassa de assentamento, ausência de juntas entre peças adjacentes, retração acentuada da base de assentamento, ladrilhos assentados demasiadamente secos etc. (THOMAZ, 1989).”

Problemas de movimentações térmicas e deflexões acentuadas das lajes também são provocadores de fissuras e trincas, como já citado.

Nos pisos também pode ser utilizada juntas de movimentação para prevenção de fissuras, essas sendo longitudinais e/ou transversais. Thomaz (1989) cita casos a serem utilizadas: em pisos internos com área igual ou maior que 50 m², ou sempre que a extensão do lado for maior que 8 m; em pisos externos com área igual ou maior que 20 m², ou sempre que a extensão do lado for maior que 5 m.

7.8.8 Forros de gesso

Como já citado, quanto a utilização de placas de gesso, quando encunhadas em alvenarias laterais sofrem com o aparecimento de fissuras causadas pelas movimentações dos diferentes materiais. Para prevenção, deve-se prever folgas em todo o contorno do forro como objetivo de permitir essas movimentações. Para melhor acabamento pode ser utilizado cimalthas de gesso, roda teto ou qualquer tipo de mata-juntas.

Assim como em alvenarias longas, em forros de gesso longos, Thomaz (1989), afirma que, “deverão ser previstas juntas de movimentação intermediárias, espaçadas, no máximo, a cada 5 ou 6m, devidamente arrematadas por mata-juntas.”

7.9 DIAGNÓSTICO DAS TRINCAS

No diagnóstico das trincas, uma causa pode provocar diversos tipos de trincas e uma configuração pode ser representativa de diversas causas.

Segundo Thomaz (1989), não são raras as vezes que se observam trincas originadas por uma somatória de causas, com configurações diferentes das normalmente apresentadas, em alguns casos o diagnóstico correto só acontecerá após a realização de consultas a especialistas, minuciosos ensaios de laboratório, revisão de projetos etc.

Lichtenstein (1985), citado por Thomaz (1989), estabelece que a resolução de um problema patológico passa obrigatoriamente por três etapas:

- a) Levantamento de subsídio: acumular e organizar as informações necessárias e suficientes para o entendimento dos fenômenos;
- b) Diagnóstico da situação: entender fenômenos, identificando as múltiplas relações de causa e efeito que normalmente caracterizam um problema patológico.
- c) Definição de conduta: prescrever a solução do problema, especificando todos os insumos necessários, e prever a real eficiência da solução proposta.

Em relação ao levantamento de subsídio, é imprescindível a análise cuidadosa da obra. O Building Research Establishment (1978), citado por Thomaz (1989), aponta uma série de fatores que devem ser investigados:

- a) Incidência, configuração, comprimento, abertura e localização da trinca;
- b) Idade aproximada da trinca, do edifício e época em que foi construído;
- c) Se a mesma aprofunda-se por toda a espessura do componente trincado;
- d) Se trinca semelhante aparece em componente paralelo ou perpendicular àquele em exame;
- e) Se trinca semelhante aparece em pavimento contíguos;
- f) Se trinca semelhante aparece em edifício vizinho;
- g) Se o aparecimento da trinca é intermitente ou se sua abertura varia sazonalmente;
- h) Se a trinca já foi reparada anteriormente;
- i) Se ocorreu alguma modificação profunda nas cercanias da obra;
- j) Se no entorno da trinca aparecem outras manifestações patológicas, como umidade, descolamentos, manchas de ferrugens e de bolor, eflorescências etc.
- k) Se nas proximidades da trinca existem tubulações ou eletrodos embutidos;
- l) Se existem na obra caixilhos comprimidos;
- m) Se as trincas se manifestam preferencialmente em alguma das fachadas da obra;
- n) Se existem deslocamentos relativos (para fora ou para dentro) na superfície do componente trincado;
- o) Se a abertura da trinca é constante ou se ocorre estreitamento numa dada direção;
- p) Se a trinca é acompanhada por escamações indicativas de cisalhamento;
- q) Se está ocorrendo condensação ou penetração de água de chuva para o interior do edifício;
- r) Se o edifício está sendo corretamente utilizado.

Um fato importante a ser analisado é a tentativa de imaginar o movimento que deu origem a trinca, visto que se sabe que a maioria delas é provocada pela movimentação dos componentes da edificação.

O método da eliminação é uma ferramenta eficaz, pois exclui-se as causas estudadas anteriormente que forem menos evidentes.

Caso o diagnóstico ainda não seja possível, é necessário o estudo de projetos, cálculos estruturais, análise dos perfis de sondagem etc.

7.10 RECUPERAÇÃO DE COMPONENTES TRINCADOS

“A recuperação de componentes trincados só deverá ser procedida em função de um diagnóstico seguramente afirmado, e somente após ter-se pleno conhecimento da implicação das trincas nos componentes do edifício como um todo” (THOMAZ, 1989).

Antes da reparação deve-se ter a confirmação de que a trinca não provocou danos as instalações, redução de áreas de apoios as lajes ou coberturas, comprometimento da segurança da estrutura etc.

Para Thomaz (1989), outras questões devem ser analisadas antes de estabelecer o processo de recuperação, como: implicações da fissuras em termos de desempenho global do componente ou de componentes vizinhos (isolação termoacústica, estanqueidade à água, durabilidade); sazonalidade ou estágio de avanço do movimento que deu origem à trinca; possibilidade de adoção de um reparo definitivo ou provisório; época mais apropriada para execução do reparo etc.

Tendo definido as causas que originaram o problema, o foco deve ser suprimi-las ou minimizá-las. Thomaz (1989), cita que, “as medidas de recuperação deverão basear-se sempre nas medidas preventivas; quanto maior a aproximação entre a medida preventiva recomendada e a solução corretiva adotada, maior será a eficiência do reparo.

Sabendo-se da necessidade de cessar as causas que estão provocando as fissuras e trincas, é fácil observar que a recuperação do componente trincado é o menos significativo.

Pfeffermann (1967), citado por Thomaz (1989), discorre sobre recuperação de componentes afetados por recalque diferencial, “se os estudos demonstram que há possibilidade de continuação do movimento, nenhum método de reparo do componente será eficiente”. Já Thomaz (1989), afirma que:

A recuperação do componente só deverá ser efetuada quando o movimento estabilizar-se ou quando tiver-se certeza sobre a estabilidade da obra. Em caso contrário, combater inicialmente a causa dos recalques, empregando técnicas de consolidação do terreno (compactação, injeção de nata de cimento etc.) ou de reforço da fundação (cachimbos, estacas laterais, estacas mega etc.) Medidas complementares devem ser tomadas como a impermeabilização superficial do terreno ao redor da obra, drenagem superficial de águas que possam eventualmente empoçar nas proximidades da fundação e corte de árvores que absorvem muita água do solo.

7.10.1 Recuperação ou reforço de componentes de concreto armado

Sendo o problema mais comumente encontrado à corrosão das armaduras, Thomaz (1989), defende que não tenha ocorrido acentuada perda na área resistente das armaduras, a recuperação poderia ser executada da seguinte maneira:

- a) Remoção do concreto solto, desagregado ou lascado, nas proximidades das barras corroídas;
- b) Remoção do óxido de ferro, mediante lixamento ou jateamento com areia, até que se atinja o metal são;
- c) Remoção da poeira aderente às barras e à cavidade do concreto, com jato de ar ou escova;
- d) Proteção das barras de aço com pintura anticorrosiva (zarcão. “wash-primer”, etc.);
- e) Estando bem seco o fundo corrosivo, aplicação de resina epóxi tanto nas barras de aço quanto na cavidade do concreto;
- f) Cura úmida da argamassa (sacos de estopa umedecidos etc.).

Para Josiel (1975) citado por Thomaz (1989), as fissuras provocadas por retração em vigas ou pilares de concreto armado geralmente não representam perigo de corrosão para as armaduras. Porém em casos de peças expostas ação do ambiente, como vigas e lajes aparentes e que tenham elevado nível de fissuração, Thomaz (1989), sugere que seja feita a proteção dessas peças com pinturas flexíveis, incorporando, sempre que possível, tela de náilon ou de polipropileno.

Para casos em que as fissuras nas peças de concreto armado são acentuadas e há perigo de corrosão das armaduras ou em peças que é obrigatória a estanqueidade (reservatório, estações de tratamento etc.), Thomaz (1989), afirma que as fissuras podem ser reparadas com injeção de resina epóxi, onde este reparo deve ser preferencialmente executado quando a abertura for a maior possível, ou seja, quando a estrutura apresentar-se contraída pela ação de temperaturas baixas.

Para utilização de resina epóxi, Almeida (1980), recomenda alguns procedimentos a serem realizados:

- a) Abertura de um sulco com formato de V, com aproximadamente 10mm de profundidade e largura de 30mm, em toda a extensão da fissura;
- b) Broqueamento do concreto no eixo da trinca, com profundidade de aproximadamente 5cm, para inserção dos tubos de injeção com diâmetro

- de aproximadamente 10mm; o distanciamento entre os furos pode variar de 15 a 80cm, em função da abertura da fissura e da largura do componente;
- c) Limpeza do sulco, dos furos broqueados e das paredes seccionadas do componente, com jato de ar;
 - d) Fixação dos tubos de injeção e obturação superficial da fissura com massa epoxídica;
 - e) Teste com ar comprimido, para verificar se é perfeita a comunicação entre os tubos de injeção, 12 a 36 horas após a fixação desses tubos;
 - f) Sendo perfeita a comunicação, início da injeção de resina pelo furo mais inferior, empregando-se uma seringa ou outro equipamento apropriado; quando a resina começar a aflorar pelo tubo superior adjacente transfere-se a seringa para este tubo, obtura-se o tubo inferior, e assim sucessivamente;
 - g) 48 horas após a injeção, os tubos plásticos são retirados mediante corte e broqueamento; furos resultantes são preenchidos, então, com massa epoxídica ou com mistura de areia, cimento e resina epóxi.

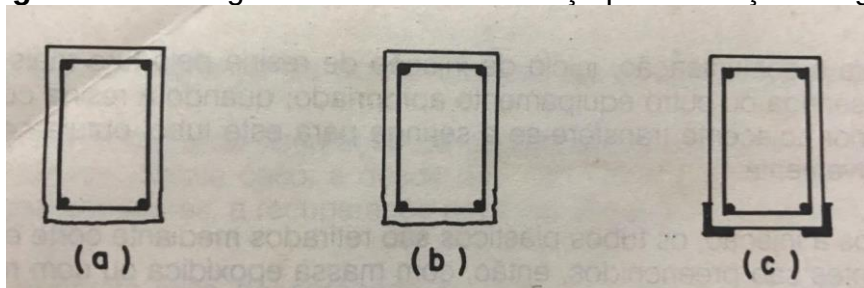
Tendo como objetivo principal o preenchimento das fissuras, a resina epóxi não auxilia em nada o aumento de resistência de peças estruturais. Para isso, Thomaz (1898) afirma que, “o reforço de vigas propriamente dito pode ser feito mediante a colagem, com resina epóxi, de chapas de aço à viga, corretamente dimensionadas e posicionadas. Se houver problemas de resistência ao cisalhamento, as chapas serão colocadas nas laterais das viga, nas seções mais solicitadas pelas forças cortante; se o problema advir de momentos fletores, as chapas ou cantoneiras de aço serão coladas na base da viga (Figura 47).

Nesse caso, Almeida (1980), lista precauções a serem tomadas em relação ao reforço de componentes estruturais de concreto armado:

- a) A superfície do concreto deve ser apicoada e a poeira resultante totalmente removida; a superfície da chapa de aço deve ser jateada com areia, adquirindo assim uma certa rugosidade, e limpa com solventes com alto poder de evaporação (triclorotileno, xilou etc.);
- b) A resina epoxídica é aplicada em excesso, tanto no concreto, quanto na chapa metálica;
- c) A chapa ou cantoneira é fortemente pressionada contra a superfície da peça de concreto, ocorrendo assim o refluxo da resina em excesso; a pressão,

obtida com pontaletes ou outros acessórios, é mantida no mínimo por 24 horas.

Figura 47 – Colagem de cantoneira de aço para reforço de viga.



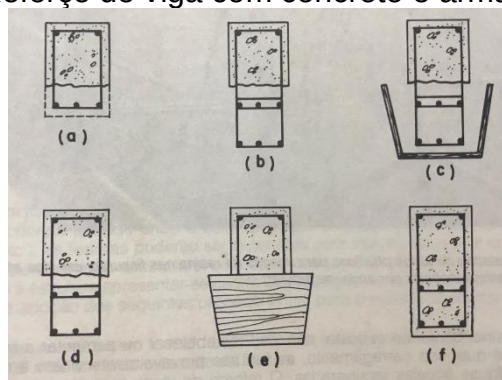
Fonte: Thomaz (1989)

O reforço de vigas também pode ser realizado utilizando-se concreto, adotando armadura adicional e aumentando a vida útil da peça. Antes de qualquer procedimento, a viga deve ser devidamente escorada. Thomaz (1989), cita operações realizadas nesse procedimento, sendo essas:

- d) O concreto presente na base da viga é removido com ponteiro metálico ou outro dispositivo;
- e) A armadura suplementar é posicionada, sendo amarrada com arame recozido na armadura existente;
- f) A fôrma e seu respectivo cimbramento são ajustados; a fôrma representa uma sobrelargura, de modo que o concreto possa ser lançado por uma lateral, refluindo pela outra;
- g) A superfície de corte do concreto e as armaduras são limpas com escova ou jato de ar; em seguida, a superfície de corte e, opcionalmente, as barras, são pintadas com resina epoxídica;
- h) A fôrma é recolocada e bem travada ao cimbramento; o concreto é lançado e vigorosamente vibrado, injetando-se a agulha do vibrador pelas duas laterais da viga;
- i) Após a cura inicial do concreto, as laterais das fôrmas são removidas; o concreto em excesso é cortado com talhadeira, sendo dado o acabamento final a peça.

Essas operações podem ser melhor visualizadas na figura 48. Também é comum e mais rápido o reforço de vigas e pilares utilizando-se concreto projetado.

Figura 48 – Reforço de viga com concreto e armadura adicional.



Fonte: Thomaz (1989)

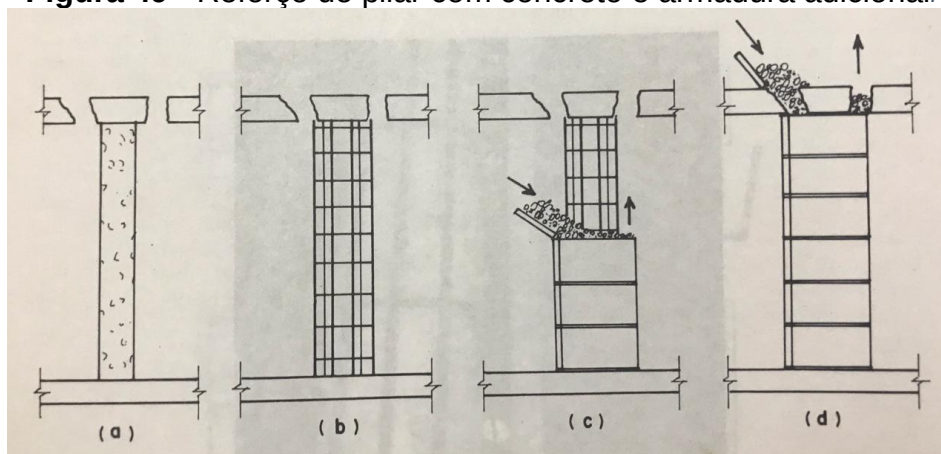
“No caso de pilares, bastante comum é o reforço com chapas de aço, coladas ao pilar e soldadas entre si, envolvendo toda a seção do pilar” (THOMAZ, 1989).

Caso opte-se à reforçar pilares com o próprio emprego do concreto, pode haver dificuldade no lançamento do material na região próxima a cabeça do pilar. Noronha (1980), sugere solução:

- a) São executadas duas aberturas (janelas) na laje, próximas à cabeça do pilar, uma para lançamento do concreto e outra para refluxo da massa; o concreto existente é apicoado com ponteiro e a poeira removida com escova ou jato de ar;
- b) A armadura suplementar é posicionada e a resina epóxi é aspergida contra a superfície do pilar;
- c) As fôrmas, previamente preparadas, vão sendo colocadas em etapas, assim como se vai procedendo ao lançamento e ao adensamento do concreto;
- d) A última aduela de fôrma é posicionada; o concreto é lançado e vibrado por uma das janelas inicialmente abertas, refluindo pela outra.

Essas operações podem ser melhor visualizadas na Figura 49.

Figura 49 - Reforço de pilar com concreto e armadura adicional.



Fonte: Thomaz (1989)

Em situações que não é possível a abertura de janelas (existência de vigas, por exemplo), Thomaz (1989), recomenda que o concreto seja lançado até a máxima altura possível e o enchimento deve ser executado com argamassa de cimento e areia (1:2 ou 1:3) com consistência de farofa, energicamente apiloada contra a superfície do pilar e a superfície superior (laje ou viga).

Em relação a reforço de lajes, Thomaz (1989) cita:

O reforço de laje de concreto armado é um fato muito raro; quando tal necessidade for constatada, provavelmente será mais econômico destruir o concreto, reforçar a armadura e reconcretar a laje. Pode-se contudo, proceder à colagem de chapas de aço sob a laje, ou tentar a utilização de uma armadura suplementar amarrada à armadura existente, recobrindo-se em seguida a armadura complementar com concreto projetado; este último procedimento pode ser adotado também quando desejar-se simplesmente proteger contra a corrosão armaduras expostas de lajes.

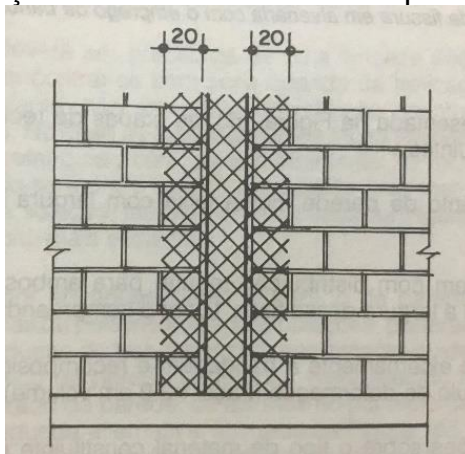
7.10.2 Recuperação ou reforço de paredes em alvenaria

Além das alvenarias serem os componentes mais suscetíveis a fissuração, elas são os elementos mais visíveis aos olhos, principalmente se apresentar problemas patológicos.

Como já citado, é essencial que a prevenção ande junto com a recuperação. Em relação a fissuração causada por destacamento parede/pilar ocasionado por retração da alvenaria, Thomaz (1989) sugere que seja aplicado uma tela metálica leve (metal “deployée”) inserida numa nova argamassa aplicada e transpassando o pilar aproximadamente 20cm de cada lado (Figura 50), a tela pode ser fixada na alvenaria com pregos ou cravos de metal e deve estar medianamente distendida; logo após a

aplicação, a parede e o pilar devem ser chapiscados e revestidos com argamassa de baixo módulo de deformação (traço 1:2:9 de volume).

Figura 50 – Recuperação de destacamento entre parede/pilar utilizando tela.

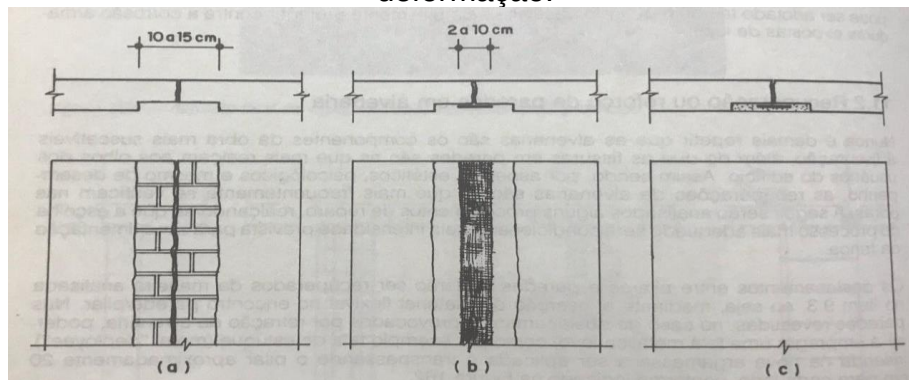


Fonte: Thomaz (1989)

Em relação ao aparecimento de fissuras em paredes longas, provocadas por movimentações iniciais acentuadas, onde a abertura passa a ser vinculada a movimentações higrotérmicas da própria parede, Latta (1976) e Chand (1979), citados por Thomaz (1989), sugerem que seja utilizado tela metálica ou interseção de bandagem que propicie a dessolidarização entre o revestimento e a parede na região da fissura (Figura 51).

Essa bandagem pode ser constituída por saco de estopa, fita crepe, plástico, etc., porém, no mercado já existe bandagens pré-fabricadas com largura de 20 mm e 50 mm com tela lateral auto adesiva (tela-fix).

Figura 51 – Recuperação de fissuração utilizando bandagem de dessolidarização em parede/revestimento. (a) remoção de revestimento da parede, numa faixa com largura de aproximadamente 10 a 15cm; (b) aplicação da bandagem com distribuição regular para ambos os lados da fissura, 2 a 10 cm; (c) aplicação de chapisco e recomposição do revestimento com argamassa de baixo módulo de deformação.

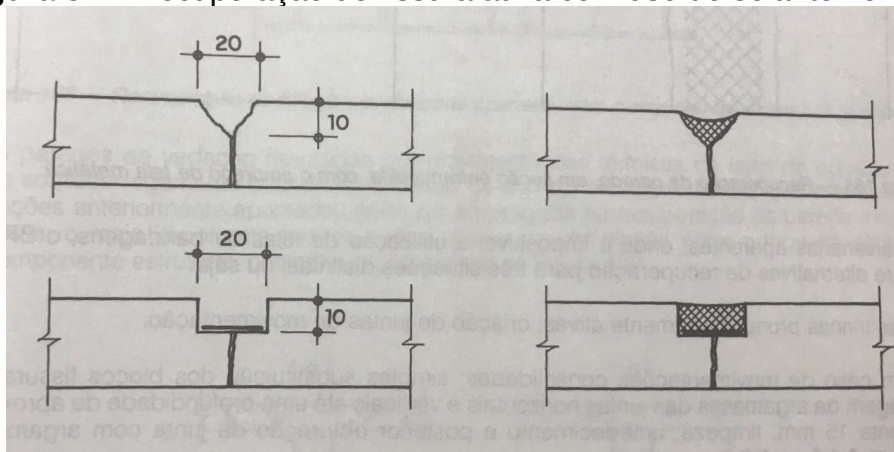


Fonte: Thomaz (1989)

Como citado, o principal papel da bandagem é a desvinculação da alvenaria e do revestimento, sendo essa a receptora das movimentações causadas na alvenaria. Quanto maior a largura, menor será a probabilidade de aparecimento de fissuras no revestimento causadas pela variação da abertura da fissura.

Segundo Thomaz (1989), em casos de fissuras ativas com movimentos pequenos, essa poderá ser tratada por meio de aplicação de pintura reforçada com finíssima tela de náilon ou polipropileno, com aproximadamente 10 cm de largura, sendo necessário a aplicação de seis a oito demãos de tinta elástica com base de resina acrílica, poliuretânica etc. Vale salientar que em trincas ativas, sempre que possível, deve ser utilizado selantes flexíveis (poliuretano, silicone etc.) em sulco de aproximadamente 20 mm de largura e 10mm de profundidade aberto inicialmente em formato de Vê na região da trinca (Figura 52). Já em casos de trincas com movimentações muito intensas, deve-se realizar a abertura em formato retangular com aproximadamente 20 mm de largura e 10 mm de profundidade, utilizando-se membrana de separação entre a parede e o selante (fita crepe, por exemplo) (Figura 52). Para aplicação do selante a superfície deve estar isenta de poeira e seca.

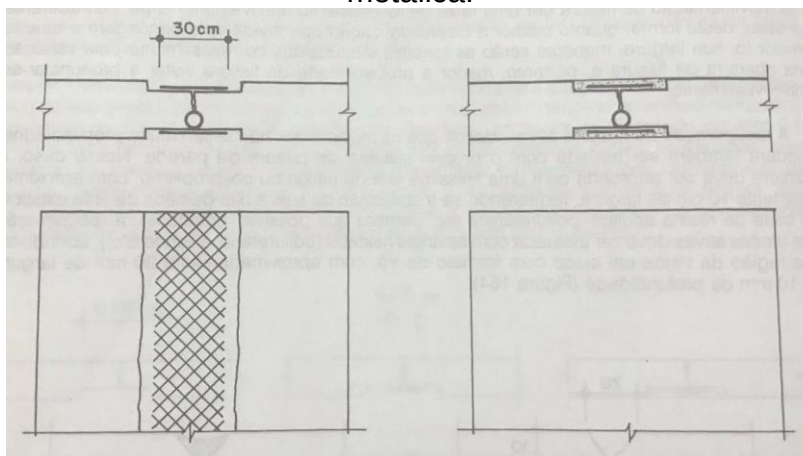
Figura 52 – Recuperação de fissura ativa com uso de selante flexível.



Fonte: Thomaz (1989)

Fissuras provocadas por enfraquecimento localizado (abertura, inserção de tubulações etc.) também podem ser recuperadas com utilização de bandagem no revestimento ou pintura com introdução de tela de náilon. Também podendo ser utilizado armaduras no trecho fissurado da parede ou telas metálicas inseridas no revestimento, sendo nesse caso, o comprimento de transpasse em cada lado da trinca aproximadamente 15 cm e a tela deve estar medianamente estendida (Figura 53).

Figura 53 – Recuperação de parede com enfraquecimento localizado com tela metálica.



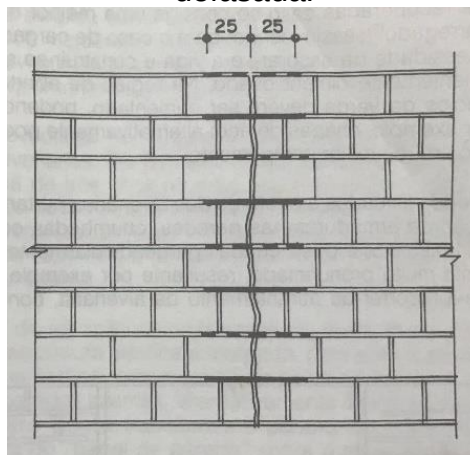
Fonte: Thomaz (1989)

O Building Research Establishment (1977), citado por Thomaz (1989), sugere alternativas de recuperação de alvenarias aparentes, onde é impossibilitado o uso de telas e bandagens:

- a) Nas trincas pronunciadamente ativas: criação de juntas de movimentação;

- b) Em casos de movimentações consolidadas: simples substituição dos blocos fissurados, raspagem da argamassa das juntas horizontais e verticais até uma profundidade de aproximadamente 15 mm, limpeza, umedecimento e posterior obturação da junta com argamassa de traço 1:1:6 ou 1:2:9;
- c) Em paredes sujeitas a variações dimensionais limitadas: substituição dos blocos fissurados, introdução de armadura vertical e grauteamento dos furos, constituindo-se assim um pilarete armado na seção originalmente fissurada;
- d) Alternativamente a hipótese anterior, ainda é sugerido a raspagem das juntas horizontais de assentamento até uma profundidade de aproximadamente 15 mm preenchendo com selante flexível, seguindo-se o chubamento, com argamassa 1:1:6 bem seca, de ferros com diâmetro de 4 ou 5 mm. Ferros transpassados 25 cm para cada lado da fissura, devem ser chumbados em juntas alternadas, nas duas faces da parede (Figura 54).

Figura 54 – Recuperação de fissura em alvenaria aparente utilizando armadura defasada.



Fonte: Thomaz (1989)

Em casos de destacamentos pontuais entre a alvenaria e o revestimento a proposta d alínea “b” proposta pelo Building Research Establishment é alternativa ideal, porém se for generalizada, a melhor solução são as globais, revestimento com argamassa e pintura elástica com tela incorporada.

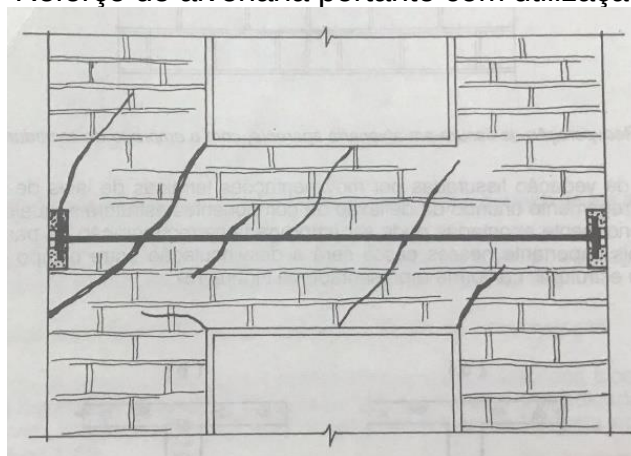
Em alvenarias fissuradas por movimentações térmicas de lajes de cobertura ou sobrecarregamento provocado por deflexão de componentes estruturais qualquer

solução citada é eficaz (bandagem, selagem, pintura elástica com tela), porém, o mais importante é realizar a desvinculação entre o topo da parede e o componente estrutural.

No caso de fissuração de paredes portantes causadas por concentração pontual de cargas o problema será resolvido com a melhor distribuição das tensões no trecho carregado da parede. No caso de cargas concentradas transmitidas por vigas deve-se escorá-la e distribuir sobre essa um coxim previamente dimensionado. Nas aberturas de portas e janelas o comprimento de apoio das vergas deve ser aumentado, podendo sobrepor sobre a já existente uma de maior comprimento.

“No caso de fissuramento muito pronunciado, resultante por exemplo de recalques intensos da fundação, pode-se-à recorrer ao atirantamento da alvenaria” (THOMAZ, 1989) (Figura 55).

Figura 55 – Reforço de alvenaria portante com utilização de tirantes.



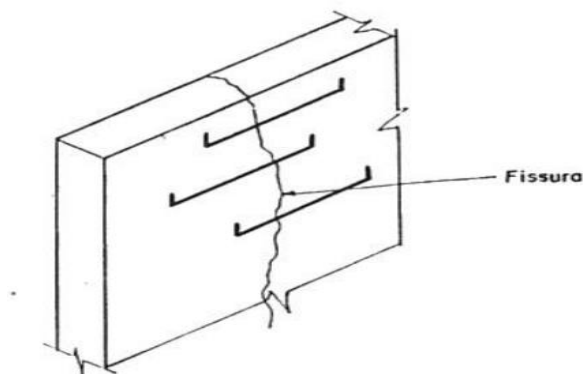
Fonte: Thomaz (1989)

O esforço produzido pelo tirante deve ser transmitido para as alvenarias através de placas de aço apoiadas em superfície regularizada com argamassa de cimento e areia, sendo posteriormente o corpo e as extremidades rosqueados do tirante, as placas de apoio e as porcas de fixação protegidas com argamassa aditivada de agente impermeabilizante; esse tipo de reforço será mais eficiente se na operação de aperto das porcas o tirante estiver aquecido, produzindo com seu resfriamento e consequente contração da alvenaria.

Em caso de fissuras isoladas em alvenarias, pode-se realizar a técnica de grampeamento. “Os grampos tem sido técnica de reparação de fissuras mais empregada. O sucesso em sua realização é, no entanto, reduzido a aplicações em fissuras isoladas e estabilizadas” (DUARTE, 1998). O grampeamento deve ser realizado seguindo etapas: Remover revestimento da parede; dispor de grampos de

forma alternada ao longo da fissura, com espaçamento regular; ancorar os grampos nas extremidades, perfurando a parede e colando com adesivo estrutural; recompor o revestimento (Figura 56).

Figura 56 – Grampeamento de alvenaria.



Fonte: Duarte (1998)

7.10.3 Recuperação de revestimentos rígidos

No tocante a recuperação de revestimentos rígidos, o processo esbarra em situações como a falta do revestimento no mercado ou parecidos. A recuperação não difere muito da utilização de juntas de movimentação e substituição de peças trincadas.

Em relação a revestimento em argamassa, a reparação ocorre com a substituição deste, eliminando a causa, sendo essa muito frequente a infiltração de umidade.

8. ESTUDO DE CASO

O estudo de caso é baseado na análise de uma edificação que sofreu recalque diferencial e de seus relatórios de diagnóstico e recuperação. A edificação é localizada na Rua Hilda Tavares Alves, n. 4309, Bairro Bela Vista, conjunto Márcio Marinho, em Mossoró/RN.

A vistoria para diagnóstico foi realizada em 15/02/2017, pelo senhor Hênio Tinoco, engenheiro perito da Caixa Econômica Federal. Para suporte no diagnóstico foram disponibilizados: laudo de Vistoria de Danos Físicos (LVDF), elaborado pela engenheira credenciada Patrícia Sena, datado de 24/5/2016 e o Relatório de Vistoria, elaborado pelo engenheiro credenciado Marcelino Andrade de Lima, datado de 7 de março de 2017.

Seriam de grande valia, porém não foi possível ter acesso ao projeto de estruturas (inclusive, fundações) e ao resultado do estudo do solo (sondagem).

8.1 IMÓVEL

Residência unifamiliar construída em 2009, situada no conjunto Márcio Marinho, em Mossoró/RN, com aproximadamente 200m² de lote. A casa é constituída por dois quartos, sala de estar/jantar, cozinha, banheiro, terraço e área de serviço. Após recebimento por parte do proprietário/morador, foi executada uma cobertura na parte frontal do imóvel para abrigar veículos. O imóvel foi ocupado por aproximadamente 8 anos e seus problemas estruturais apareceram nos primeiros meses, como informado pelo proprietário. O piso é do tipo cerâmico, as paredes são de tijolos cerâmicos, revestidas com argamassa de cimento e areia, com pintura do tipo látex PVA. A cobertura é feita com madeira serrada e telhas cerâmicas do tipo colonial.

A estrutura é do tipo auto-portante (alvenaria não estrutural), sem elementos independentes em concreto armado, porém com cintas de amarração inferior e superior, laje pré-moldada e fundação do tipo direta (superficial) em placa radier.

8.2 ANÁLISE

A visita para realização da vistoria foi executada pelo engenheiro responsável, da caixa, que fez alguns registros fotográficos das patologias existentes na edificação, como mostrado nas Figuras de 57 a 71.

Figura 57 - Trinca vertical em muro frontal (portão de entrada).



Fonte: Eng. Hênio Fernandes da Fonseca Tinoco (2017)

Figura 58 - Fenda em sentido horizontal localizada acima da cinta superior do terraço.



Fonte: Eng. Hênio Fernandes da Fonseca Tinoco (2017)

Figura 59 - Terraço frontal com afundamento do piso. Algumas peças cerâmicas danificadas e outras soltas.



Fonte: Eng. Hênio Fernandes da Fonseca Tinoco (2017)

Figura 60 - Calçada periférica (borda do radier) com fenda longitudinal acusando afundamento do piso.



Fonte: Eng. Hênio Fernandes da Fonseca Tinoco (2017)

Figura 61 - Sala de estar/jantar com afundamento no piso.



Fonte: Eng. Hênio Fernandes da Fonseca Tinoco (2017)

Figura 62 - Detalhe do descolamento entre o piso e a parede em um dos quartos.



Fonte: Eng. Hênio Fernandes da Fonseca Tinoco (2017)

Figura 63 - Parede com trinca horizontal em toda a extensão.



Fonte: Eng. Hênio Fernandes da Fonseca Tinoco (2017)

Figura 64 - Trinca horizontal em parede da sala (frente do imóvel), acima e ao lado da porta de entrada do imóvel.



Fonte: Eng. Hênio Fernandes da Fonseca Tinoco (2017)

Figura 65 - Trinca em vértice superior direito de esquadria.



Fonte: Eng. Hênio Fernandes da Fonseca Tinoco (2017)

Figura 66 - Trinca horizontal mostrada na Figura 64, nesta vista externa, se estende de face a face da alvenaria.



Fonte: Eng. Hênio Fernandes da Fonseca Tinoco (2017)

Figura 67 - Canto da calçada periférica (borda do radier) na parte frontal do imóvel com deslocamento e desagregação intensa do piso cimentado.



Fonte: Eng. Hênio Fernandes da Fonseca Tinoco (2017)

Figura 68 - Canto da calçada periférica (borda do radier) na parte posterior do imóvel com deslocamento e desagregação do piso cimentado.



Fonte: Eng. Hênio Fernandes da Fonseca Tinoco (2017)

Figura 69 - Fissuras aleatórias dispostas horizontalmente na fachada lateral direita do imóvel. Tentativas de reparos observados.



Fonte: Eng. Hênio Fernandes da Fonseca Tinoco (2017)

Figura 70 - Fachada lateral esquerda: Fissura horizontal coincidindo com cintamento superior e, mais abaixo, tentativa de reparo em trinca no vértice superior esquerdo da esquadria.



Fonte: Eng. Hênio Fernandes da Fonseca Tinoco (2017)

Figura 71 - Ampliação executada na área frontal do imóvel, mas que não possui qualquer influência na causa ou na evolução dos problemas observados.



Fonte: Eng. Hênio Fernandes da Fonseca Tinoco (2017)

8.3 DIAGNÓSTICO

Segundo o Engenheiro Hênio Fernandes, responsável pelo parecer da edificação, de acordo com o porte da obra, seu baixo carregamento e considerando que essas cargas são bem distribuídas, é possível concluir que o tipo de fundação utilizado é o radier, possuindo este, aproximadamente, de 7 a 10 cm de espessura.

De acordo com a NBR 6122:1996 – Projeto e execução de fundações, radier é definido como elemento de fundação superficial que abrange todos os pilares da obra ou carregamentos distribuídos. Tipo de fundação conhecida pelo seu bom desempenho em obras de pequeno porte, principalmente pela sua boa capacidade de distribuição das pequenas cargas recebidas ao solo. Assim, com baixas cargas e fundação com boa capacidade de distribuição, normalmente pequenas edificações não exigem um solo com resistência elevada.

Porém, a edificação analisada apresentou manifestações patológicas que são causadas por recalque diferencial, que foram: afundamento de piso, com maior intensidade no sala de estar/jantar e um dos quartos; fissuras, trincas e rachaduras em piso e parede com diversas configurações; trincas em vértices de esquadrias; ruptura da calçada externa, que é a aba do radier, no alinhamento com a parede externa da edificação, deslocamento e desagregação do piso cimentado;

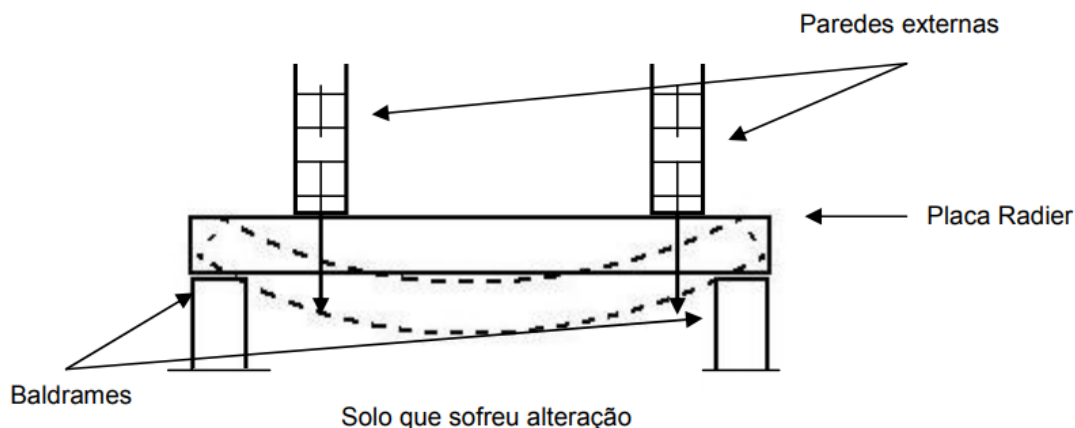
esquadrias com dificuldades no funcionamento; abertura na alvenaria (auto-portante), um dos principais sintomas do recalque diferencial.

Para melhor análise do problema e suas causas, se fez necessária uma pesquisa sobre o local onde a edificação está localizada, mostrando que se trata de uma região de córrego inativo aparentemente, ou seja, alagadiça, com grande probabilidade de solo com alto índice de vazios e mudando seu estado de acordo com a época do ano. Apesar do radier ser um excelente tipo de fundação para pequenas edificações e pequenas cargas, é preciso que o solo seja homogêneo e com camadas regulares. Sabe-se que a presença de água em fundações faz aumentar a deformabilidade de solos, principalmente argilosos.

Além das condições desvantajosas do terreno, as patologias encontradas também estão ligadas a má execução de serviços de compactação do solo aterrado, por exemplo.

O recalque diferencial do radier pelas condições descritas explica as aberturas e movimentações da estrutura da edificação, porém, o levantamento das extremidades da calçada que rodeia a edificação não poderia ser explicado pelo mesmo motivo. Logo, conclui-se que foi executado outro elemento estrutural abaixo do radier, para servir de apoio e evitar a erosão do solo, esse sendo o baldrame, executado em todo o perímetro do radier. Sendo assim, com o recalque da placa radier causada pela acomodação do solo onde se concentra a parte edificada, ocorreu o deslocamento das abas da calçada no entorno, que está próximo a maior concentração de cargas, as das paredes externas da edificação. Esse deslocamento ocorreu devido a fundação do tipo radier, nesse caso, não ser dimensionada para trabalhar a flexão, nem como elemento bi-apoiado. Ver esquema da Figura 72.

Figura 72 – Esquema retratando a estrutura do radier estando bi-apoiado sobre o baldrame e sofrendo flexão pela acomodação do solo.



Fonte: Eng. Hênio Fernandes da Fonseca Tinoco (2017)

Conhecendo o sistema construtivo da fundação do tipo radier, sabe-se que a armação é bidirecional (dois sentidos) e que auxilia para uma melhor distribuição das cargas, isso quando as cargas são distribuídas uniformemente. Como normalmente não há necessidade de reforço na armação por causa de cargas pontuais, não deve ter sido previsto esse reforço para as alvenarias externas da edificação, sendo essas as mais carregadas.

Outro ponto que favorece o aparecimento de fissuras e trincas é a ausência de vergas e contra vergas nos vãos das esquadrias, onde há concentração de tensões pelo vazio naquele ponto, como não há a verga para distribuição dessas tensões, ocorre cisalhamento, gerando as aberturas inclinadas.

A construtora chegou a realizar reparos na edificação, porém, o problema persistiu, e mostra que as aberturas continuam ativas.

Na tabela 3 pode-se observar melhor o resumo das patologias encontradas.

Tabela 3 – Resumo patologias encontradas em cada cômodo e seu diagnóstico.

CÔMODO/ELEMENTO	CONFIGURAÇÃO PATOLÓGICA	DIAGNÓSTICO
Muro frontal	Abertura vertical na dimensão espessura.	Rompimento do elemento de vedação por compressão.
Terraço	Abertura horizontal.	Ausência de cintamento superior e movimentação térmica da laje superior.
	Afundamento de piso.	Acomodação do solo.
Calçada periférica	Abertura longitudinal	Acomodação do solo, elevação da borda do radier.
Sala estar/jantar	Afundamento de piso.	Acomodação do solo.
	Abertura nos vértices superiores das esquadrias.	Acomodação do solo/falta de verga e contraverga.
Quarto 1	Afundamento de piso.	Acomodação do solo.
	Abertura horizontal na extensão da alvenaria.	Movimentação térmica da laje superior.
Quarto 2	Abertura horizontal na extensão da alvenaria.	Movimentação térmica da laje superior.
Fachada lateral direita	Aberturas horizontais aleatórias na alvenaria.	Ausência do cintamento superior e expansão da argamassa (hidratação retardada de óxidos da cal).
Fachada lateral esquerda	Aberturas horizontais aleatórias na alvenaria.	Ausência do cintamento superior e expansão da argamassa (hidratação retardada de óxidos da cal).

Fonte: Autor (2019)

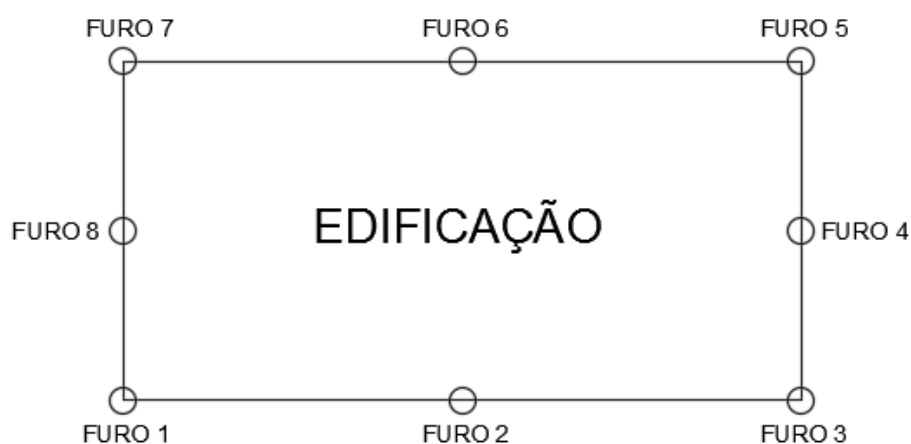
8.4 RECUPERAÇÃO

A recuperação da edificação foi realizada de acordo com as necessidades para resolução do problema, iniciada no dia 22 de maio de 2018, concluída no dia 28 de junho de 2018 e a vistoria final da obra foi realizada no dia 03 de julho de 2018.

8.4.1 Estabilização do terreno

A estabilização do terreno foi realizada com a utilização de 150 sacos de cimento em forma de pata de cimento, sendo injetado a profundidade de 3 metros, em pontos estratégicos ao redor da edificação (Figura 73). A injeção da pasta de cimento possibilita o preenchimento dos vazios do solo, impedindo a continuação do recalque, aumentando a capacidade de carga do solo (Figuras 74, 75 e 76).

Figura 73 – Localização das aberturas dos furos para injeção da pasta de cimento.



Fonte: Autor (2019)

Figura 74 – Quebra da extremidade do radier (calçada) para ter acesso ao solo a ser reforçado, com profundidade de 3 metros.



Fonte: Eng. Flávio César da Costa Pereira (2018)

Figura 75 – Injeção sob pressão da pasta de cimento.



Fonte: Eng. Flávio César da Costa Pereira (2018)

Figura 76 – Pasta de cimento injetada no solo.



Fonte: Eng. Flávio César da Costa Pereira (2018)

Além da injeção da pasta de cimento foi executado um piso cimentado na calçada até o muro lateral da casa, para tornar a área impermeável (Figura 77).

Figura 77 – Vista do piso cimentado da calçada até o muro lateral.



Fonte: Eng. Flávio César da Costa Pereira (2018)

8.4.2 Recuperação da calçada

Toda a calçada foi recomposta com concreto (Figura 78).

Figura 78 – Detalhe da calçada recomposta.



Fonte: Eng. Flávio César da Costa Pereira (2018)

8.4.3 Recuperação das fissuras

O caminho por onde passa a fissura ou trinca teve revestimento removido, ou seja, o reboco e o chapisco, até o substrato (tijolo), numa faixa de 15 cm para cada lado.

A abertura foi preenchida com graute, reforçada com tela de aço, passando 15 cm para cada lado, em seguida, foi seguido o processo de revestimento (chapisco, reboco, emboço e pintura (Figura 79 e 80).

Figura 79 – Fissura interna tratada.



Fonte: Eng. Flávio César da Costa Pereira (2018)

Figura 80 – Fissuras externas tratada.



Fonte: Eng. Flávio César da Costa Pereira (2018)

8.4.4 Recuperação do piso

Reconstituição completa do piso, mudando apenas as dimensões do piso cerâmico, antes 35x35 cm, passando para 46x46 cm (Figura 81).

Figura 81 – Vista do piso novo sendo assentado.



Fonte: Eng. Flávio César da Costa Pereira (2018)

O piso do banheiro foi impermeabilizado, evitando assim, infiltrações e problemas futuros (Figura 82).

Figura 82 – Piso do banheiro impermeabilizado, esperando assentamento do revestimento cerâmico.



Fonte: Eng. Flávio César da Costa Pereira (2018)

9. CONCLUSÕES

Como observado, são inúmeros os problemas que ocorrem nas edificações. Podendo ser evitados melhorando o controle de qualidade em alguns principais quesitos, como no estudo do terreno a ser edificado, na elaboração do projeto, na utilização e especificação dos materiais a serem utilizados, na análise estrutural adequada da edificação e de seus elementos estruturais e na realização de um cronograma de manutenções preventivas. Assim, evitando constrangimentos para o usuário e a necessidade de trabalho de recuperação.

O diagnóstico correto na recuperação de uma edificação é ponto primordial, pois cada obra tem suas características e peculiaridades, podendo ter sintomas idênticos, porém, causas totalmente diferentes. Logo, não se deve determinar um modelo de diagnóstico e recuperação para obras distintas.

É possível observar também a importância da escolha correta da técnica a ser utilizada na recuperação estrutural, pois esta garante o sucesso ou fracasso do trabalho executado.

Sendo assim, o presente trabalho procurou mostrar os tipos de fissuras e trincas, seus métodos de diagnóstico e suas técnicas de recuperação, com foco principal nas causadas por recalque diferencial.

Em relação a recuperação da edificação analisada no estudo de caso, um ano após a recuperação (2019), foi realizada a vistoria na edificação e concluído que o método de recuperação foi eficaz e solucionou os problemas patológicos.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, D F. **Recuperação de estruturas**. São Paulo, 1980. Apostila do curso de patologia das Construções de Concreto, FDTE/EPUSP/IPT.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 7171:1992 – **Bloco cerâmico para alvenaria**. Novembro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15575-2:2013 – **Edificações habitacionais – Desempenho Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais**. Outubro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 9575:2010 – **Impermeabilização – Seleção e projeto**. Outubro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 6122:1996 – **Projeto e execução de fundações**. Maio, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 6118:2014 – **Projeto de estruturas de concreto - procedimentos**. Maio, 2014.

CALISTO, Aline; KOSWOSKI, Regiane. **EFEITO DO RECALQUE DIFERENCIAL DE FUNDAÇÕES EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO E ALVENARIA DE VEDAÇÃO. ESTUDO DE CASO**. Curitiba: 2015. 35 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

CÁNOVAS, Manuel Fernández. **Patologia e Terapia do Concreto Armado**. 1. ed. São Paulo: Pini, 1988.

CARASEK, Helena. **Patologia das Argamassas de Revestimento**. Goiás: 2011. 11 f. Artigo – Universidade Federal de Goiás.

DESIMONE, Mariana Ribeiro. Trincas em paredes, pilares e lajes: saiba como identificar e analisar ocorrências no seu condomínio. **Sindiconet**, São Paulo, 09 de Dez. 2010. Disponível em: <<https://www.sindiconet.com.br/informese/trincas-em-paredes-pilares-e-lajes-manutencao-checkup-e-inspecao-predial>> Acesso em: 06 março 2019.

DUARTE, Ronaldo Bastos. **Fissuras em alvenarias: Causas principais, medidas preventivas e técnicas de recuperação**. Boletim técnico – Cientec (Fundação de ciência e tecnologia). Porto Alegre: 1998.

GONÇALVES, Eduardo Albuquerque Buys. **Estudo de patologias e suas causas nas estruturas de concreto armado de obras de Edificações**. Rio de Janeiro: 2015. 174 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro.

HELENE, P. R. L. **Estrutura interna do concreto**. São Paulo, 1980. Apostila do curso Patologia das construções de concreto, FDTE/EPUSP/IPT).

MARINHO, Rafaella Pereira. **Patologia das Fundações: Estudos de Caso**. João Pessoa: Instituto de Pós-Graduação – IPOG, 2017. Artigo. Instituto de Pós-Graduação – IPOG, 2017.

MILITITSKY, Jarbas; CONSOLI, Nila Cesar; Schnaid. **Patologia das Fundações**. 2 ed. São Paulo: Pini, 2015.

MUCI, Daniel Wallace Silva; NETTO, José Ricarto Bezerra SILVA, Rodrigo De Almeida. **Sistemas De Recuperação De Fissuras Da Interface Alvenaria De Vedação estrutura De Concreto: Comparativo Entre Os Processos Executivos E Análise De Custo**. Goiânia – 2014. 68 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Goiás.

NORONHA, M A A. **Diagnóstico dos males e terapia das estruturas**. São Paulo , 1980. Apostila do curso de patologia das Construções de Concreto, FDTE/EPUSP/IPT.

OLIVARI, Giorgio. **PATOLOGIA EM EDIFICAÇÕES**. São Paulo: 2003. 95 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Anhembi Morumbi.

PEREIRA, Fábio Sérgio da Costa. **Inspeção e Manutenção Predial**. Natal: Uni-RN, 2018. Slides sobre Inspeção e Manutenção Predial.

PEREIRA, Flávio César da Costa. **Relatório final de recuperação**. Mossoró – RN: 2018. ENGEAL.

SANTOS, Guilherme Veloso Dos. **PATOLOGIAS DEVIDO AO RECALQUE DIFERENCIAL EM FUNDAÇÕES**. Brasília: 2014. 111 f. Monografia (Graduação em

Engenharia Civil) - Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas do UniCEUB.- Centro Universitário de Brasília, 2014.

SOUZA, Vicente Custódio Moreira; RIPPER, Thomaz. **Patologia, Recuperação e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: Pini, 1998.

THOMAZ, Ercio. **Trincas em Edifícios**: causas, prevenção e recuperação. 1. ed. São Paulo: Pini, 1989.

TINOCO; Hênio Fernandes da Fonseca. **Parecer técnico**. Mossoró – RN: 2017. Caixa Econômica Federal.

TRINDADE, Diego dos Santos. **Patologia em Estruturas de Concreto Armado**. Santa Maria – RS: 2015. 88 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

VELOSO, Dirceu de Alencar; LOPES, Francisco de Rezende. **Fundações**: critérios de projeto – Investigação do subsolo – Fundações Superficiais. Vol. 1. 2. ed. São Paulo: Oficina de textos, 2011.

VIEIRA, Thamirys Luyse. **Fissuras em concreto armado: estudo de caso em Florianópolis**. Florianópolis, 2017. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina.