

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CONSTRUÇÃO CIVIL

**AVALIAÇÃO DA EFICÁCIA DE ALGUNS PROCESSOS  
DE RECUPERAÇÃO NAS EDIFICAÇÕES DO  
TRIBUNAL DE JUSTIÇA DO ESTADO  
DE MINAS GERAIS**

**Ana Paula Veloso Valente**

**Belo Horizonte**

**2008**

**AVALIAÇÃO DA EFICÁCIA DE ALGUNS PROCESSOS  
DE RECUPERAÇÃO NAS EDIFICAÇÕES DO  
TRIBUNAL DE JUSTIÇA DO ESTADO  
DE MINAS GERAIS**

**Ana Paula Veloso Valente**

**Ana Paula Veloso Valente**

**AVALIAÇÃO DA EFICÁCIA DE ALGUNS PROCESSOS  
DE RECUPERAÇÃO NAS EDIFICAÇÕES DO  
TRIBUNAL DE JUSTIÇA DO ESTADO  
DE MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Construção Civil da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Construção Civil.

Área de concentração: Materiais de Construção Civil.

Linha de pesquisa: Materiais Cimentícios.

Orientador: Prof. Dr. Adriano de Paula e Silva.

Co-Orientador: Prof. Dr. José Márcio Fonseca Calixto

Belo Horizonte  
Escola de Engenharia da UFMG

2008

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
**ESCOLA DE ENGENHARIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CONSTRUÇÃO CIVIL**

**AVALIAÇÃO DA EFICÁCIA DE ALGUNS PROCESSOS DE  
RECUPERAÇÃO NAS EDIFICAÇÕES DO TRIBUNAL DE  
JUSTIÇA DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

**Ana Paula Veloso Valente**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Construção Civil da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Construção Civil.

Comissão Examinadora:

---

Prof. Dr. Adriano de Paula e Silva  
DEMC / UFMG – (Orientador)

---

Prof. Dr. José Márcio Fonseca Calixto  
DEES / UFMG – (Co-Orientador)

---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Maria Teresa Paulino Aguilãr  
DEMC / UFMG

---

Prof. Dr. Ney Amorim Silva  
DEES / UFMG

Belo Horizonte, 19 de dezembro de 2008.

Dedico este trabalho a minha  
querida família: Marcelo meu  
companheiro e amigo e as minhas filhas  
Mariana e Gabriela.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus pela força e superação durante o desenvolvimento deste trabalho, me guiando e iluminando em mais esta etapa da minha vida.

Ao meu marido Marcelo, pelo carinho, apoio e presença em todos os momentos.

As minhas filhas Mariana e Gabriela, que são a minha alegria.

A minha família, especialmente aos meus pais, Graça e Paulo e aos meus irmãos, André, Polyana e Eliana, por sempre acreditarem na minha capacidade.

Ao professor e orientador Adriano de Paula e Silva, pela orientação, amizade e confiança demonstrada na realização deste trabalho.

Ao professor e co-orientador José Márcio Fonseca Calixto, pelo incentivo na execução deste trabalho.

Aos colegas do curso de mestrado que estiveram ao meu lado durante esta caminhada.

A todos os professores do Departamento de Materiais da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais pela dedicação.

As funcionárias Ivonete e Isa do Departamento de Materiais da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais.

A todos os amigos da DENGEP/TJMG em especial a Beatriz, Belmiro, Miguel, Antonio Ribeiro, Lilian, Viviane, José Agostinho, Márcio e Elidia pela confiança e torcida durante todo o período do mestrado.

## **RESUMO**

A recuperação de edificações por problemas patológicos engloba inicialmente um minucioso estudo que atua no sentido de auxiliar na escolha do tipo de tratamento mais adequado. Este estudo deve levar em conta além de questões técnicas também a relação custo/benefício que este tratamento trará para a edificação. Outro fator importante que deve ser observado em recuperação/ reforço das edificações é um acompanhamento pós recuperação, pois é através deste acompanhamento que pode ser verificado a eficácia do tratamento. Nesta etapa pode ser confirmada a eficiência ou descartado caso haja ineficiência dos tratamentos para problemas patológicos futuros de mesma natureza, evitando assim gastos desnecessários. Com o objetivo de analisar a pós-recuperação, buscou-se no universo de edificações de um órgão público do estado de Minas Gerais/Brasil aqueles que haviam passado por algum tipo de recuperação/reforço. Inicialmente verificaram-se as patologias mais recorrentes e que tinham como causas trincas por recalques de fundação, movimentação higroscópica e infiltração e os seus respectivos tratamentos utilizados no reparo destas edificações. A partir destas informações definiram-se as edificações e patologias que seriam objeto de estudo. Os estudos de casos foram baseados em 8 (oito) edificações divididas em 7 (sete) cidades diferentes no estado de Minas Gerais/Brasil. Todas as edificações escolhidas passaram por um processo de recuperação e/ou reforço há pelo menos 3 (três) anos. O trabalho mostra através das vistorias realizadas nestas edificações quais os processos adotados foram eficientes, tendo como foco a análise dos tratamentos adotados inicialmente, verificando se houve recorrência das patologias devido a problemas de tratamento. Finalmente no caso do retorno dos problemas patológicos são propostos novos tratamentos.

Palavras chave: Patologia, tratamento e recuperação.

## **ABSTRACT**

The rehabilitation/repair process of buildings, due to its pathological problems, initially calls for a detailed study in order to aid in the choice of the most suitable treatment. This study must also go beyond technical matters and also consider the cost-effectiveness of this treatment for the edification. Another important factor which must be taken into account concerning recuperation and reinforcement of edifications is the post-recuperation follow-up, for is through this support which one is able to verify the efficiency of the treatment. In this stage one may also confirm the efficiency or rejects in case the treatment is believed to have been inefficient for pathological problems of the same nature, therefore avoiding unnecessary expenses. Having in mind the goal of post-recuperation analysis, we sought after a public organization in the edification market in the state of Minas Gerais, Brazil which had previously undergone some type of recuperation or reinforcement. Initially, the most recurrent pathologies and methods of treatment were examined. Upon obtaining this information, the proper edifications and pathologies were defined for the object of this study. Moreover, the case studies were based on 8 (eight) edifications in 7 (seven) different cities throughout the state of Minas Gerais, Brazil. All chosen edifications went through a recuperation and/or reinforcement process in the last 3 years. Therefore, this paper will demonstrate, through visits taken place in these edifications, if the aforementioned adopted methods were efficient; while emphasizing the analysis of the initial therapeutic measures and verifying the possible reoccurrence of the pathologies due to treatment problems. Finally, in the event of the return of pathological problems, new therapeutic measures will be proposed.

Key-words: Pathology, treatment and rehabilitation/repair.



# SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>XIII</b>
<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>XVIII</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS .....</b>	<b>XIX</b>
<b>1 – INTRODUÇÃO .....</b>	<b>20</b>
<b>1.1 – Justificativa da Pesquisa .....</b>	<b>21</b>
<b>1.2 – Objetivos .....</b>	<b>22</b>
1.2.1 – Objetivo Geral .....	22
1.2.2 – Objetivos Específicos .....	22
<b>1.3 – Desenvolvimento do Trabalho .....</b>	<b>22</b>
<b>2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>24</b>
<b>2.1 – Patologias das Construções .....</b>	<b>24</b>
<b>2.2 – Recalques de Fundações .....</b>	<b>28</b>
<b>2.3 – Sobrecarga em Alvenaria .....</b>	<b>37</b>
<b>2.4 – Movimentação Higroscópica .....</b>	<b>45</b>
<b>2.5 – Infiltração .....</b>	<b>49</b>
<b>2.6 – Processos de Recuperação .....</b>	<b>56</b>
<b>3 – MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>66</b>
<b>3.1 – Materiais .....</b>	<b>66</b>
3.1.1 – Definição do prazo de análise pós-tratamento.....	66
<b>3.2 – Métodos .....</b>	<b>69</b>
3.2.1 – Determinação das edificações e patologias estudadas .....	69

<b>4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>76</b>
<b>4.1 – Edificações estudadas com suas patologias e tratamentos .....</b>	<b>76</b>
4.1.1 – Bambuí .....	76
4.1.2 – Congonhas .....	86
4.1.3 – Contagem .....	95
4.1.4 – Corinto .....	98
4.1.5 – Luz .....	109
4.1.6 – Timóteo – Edificação 1 .....	113
4.1.7 – Timóteo – Edificação 2 .....	125
4.1.8 – Sabará .....	129
<b>4.2 – Análise das Edificações após Tratamento .....</b>	<b>135</b>
4.2.1 – Bambuí .....	140
4.2.2 – Congonhas .....	144
4.2.3 – Contagem .....	147
4.2.4 – Corinto .....	150
4.2.5 – Luz .....	153
4.2.6 – Timóteo – Edificação 1 .....	157
4.2.7 – Timóteo – Edificação 2 .....	162
4.2.8 – Sabará .....	164
<b>5 – ANÁLISE DOS RESULTADOS .....</b>	<b>166</b>
<b>6 – CONCLUSÕES .....</b>	<b>173</b>
<b>7 – SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>175</b>
<b>8 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>176</b>

<b>ANEXO A – RELATÓRIO DE SONDAÇÃO EM CORINTO .....</b>	<b>181</b>
<b>ANEXO B – PROJETO PADRÃO PARA COSTURA DE TRINCAS .....</b>	<b>188</b>
<b>ANEXO C – FICHA DE ANÁLISE PÓS-RECUPERAÇÃO .....</b>	<b>190</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Etapas na Solução de um Processo Patológico (adaptado de CÁNOVAS, 1988).....	26
Figura 2.2 – Lei da evolução de custos, lei de SITTER (1984).....	27
Figura 2.3 – Fluxograma das etapas de projeto e possíveis causas de patologias em fundações (adaptado de MILITITSKY et al., 2005) .....	29
Figura 2.4 – Prováveis diagramas de esforços e fissuras em estruturas de concreto por recalques de fundações de pilares internos (adaptado de MAÑÁ, 1978 <i>apud</i> MILITITSKY et al., 2005) .....	32
Figura 2.5 – Fissuras típicas causadas por recalques de fundações de pilares internos (URIEL ORTIZ, 1984 <i>apud</i> MILITITSKY et al., 2005) .....	33
Figura 2.6 – Prováveis diagramas de esforços e fissuras em estruturas de concreto por recalques de fundações de pilares nas extremidades (adaptado de MAÑÁ, 1978 <i>apud</i> MILITITSKY et al., 2005) .....	33
Figura 2.7 – Esquematização das fissuras típicas causadas por recalques de fundações de pilar de canto (URIEL ORTIZ, 1983 <i>apud</i> MILITITSKY et al., 2005) .....	34
Figura 2.8 – Deformação côncava de parede portante e seus efeitos (MILITITSKY et al., 2005) .....	34
Figura 2.9 – Deformação cônvexa de parede portante e seus efeitos (MILITITSKY et al., 2005) .....	35
Figura 2.10 – Resultados da capacidade de deformação provocada por tensões de tração (LORDSLEEM JÚNIOR e FRANCO, 1998) .....	40
Figura 2.11 – Resultados da capacidade de deformação provocada por tensões de cisalhamento (LORDSLEEM JÚNIOR e FRANCO, 1998) ..	41
Figura 2.12 – Fissuração típica da alvenaria causada por sobrecarga vertical (THOMAZ, 1989) .....	44
Figura 2.13 – Trincas horizontais na alvenaria causada por sobrecarga (THOMAZ, 1989) .....	44
Figura 2.14 – Ruptura localizada da alvenaria sob o ponto de aplicação da carga e propagação de fissuras a partir desse ponto (THOMAZ, 1989) .....	45
Figura 2.15 – Trincas horizontais na alvenaria provenientes da expansão dos tijolos (THOMAZ, 1989) .....	48

Figura 2.16 – Trincas nas peças estruturais (THOMAZ, 1989) .....	48
Figura 2.17 – Destacamentos entre argamassa e componentes de alvenaria ...	49
Figura 2.18 – Exemplo de manchas na estrutura, devido problemas de impermeabilização .....	51
Figura 2.19 – Exemplo de manchas, infiltração, mofo e bolor .....	52
Figura 2.20 – Exemplo de oxidação da armadura, devido a problemas de umidade .....	52
Figura 2.21 – Detalhe de eflorescência “estalactite” na estrutura .....	53
Figura 2.22 – Detalhe de criptoflorescência .....	53
Figura 2.23 – Detalhe de deslocamento da estrutura devido a ação da umidade .....	54
Figura 2.24 – Árvore de detecção da patologia (PIANCASTELLI, 2003) .....	56
Figura 2.25 – Medidas possíveis com relação às enfermidades (PIANCASTELLI, 2003) .....	57
Figura 2.26 – Formas de terapia para o tratamento de patologias (adaptado de MELHADO, 1994) .....	59
Figura 2.27 – Origem dos problemas patológicos com relação às etapas de produção e uso de obras civis (HELENE e FIGUEIREDO, 2003) ..	60
Figura 2.28 – Principais problemas patológicos quanto a sua origem (FIGUEIREDO e O'REILLY, 2003) .....	61
Figura 2.29 – Principais incidências dos patológicos (FIGUEIREDO e O'REILLY, 2003) .....	61
Figura 2.30 – Principais etapas para a seleção de materiais e/ou sistemas (HELENE e RINCÓN, 2003) .....	65
Figura 3.1 – Incidência de defeitos nas Paredes (BERNARDES et al., 1998).....	67
Figura 3.2 – Incidência de defeitos nas Impermeabilizações (BERNARDES et al., 1998).....	67
Figura 3.3 – Incidência percentual do total de defeitos ao longo de 5 anos (BERNARDES et al., 1998) .....	68
Figura 3.4 – Levantamento dos sintomas de maior incidência observados nos prédios estudados por ASSUNÇÃO (2005) e VALENTE (2005) ....	73
Figura 3.5 – Levantamento das causas de maior incidência observadas nos prédios estudados por ASSUNÇÃO (2005) e VALENTE (2005).....	73
Figura 3.6 – Levantamento dos sintomas de maior incidência observados nos prédios estudados por VALENTE (2005) .....	74
Figura 3.7 – Levantamento das causas de maior incidência observadas nos prédios estudados por VALENTE (2005) .....	75

Figura 4.1 – Mapa de localização da cidade de Bambuí (MG) .....	76
Figura 4.2 – Detalhe da fachada e da planta de cobertura .....	78
Figura 4.3 – Planta do 1º pavimento e suas patologias .....	79
Figura 4.4 – Planta do 2º pavimento e suas patologias .....	80
Figura 4.5 – Pintura soltando do teto em Bambuí (MG) – 2º pavimento .....	81
Figura 4.6 – Infiltração com mofo no teto da edificação – 1º pavimento (Anexo) ....	82
Figura 4.7 – Infiltração na base das edificações .....	82
Figura 4.8 – Deslocamento da argamassa de revestimento .....	83
Figura 4.9 – Mapa de localização da cidade de Congonhas (MG) .....	86
Figura 4.10 – Planta do 1º pavimento e suas patologias .....	87
Figura 4.11 – Planta do subsolo e Fachada .....	88
Figura 4.12 – Abertura realizada no abrigo, mostrando sinal de vazamento .....	89
Figura 4.13 – Pintura soltando na parede de uma das salas, localizada abaixo do reservatório .....	90
Figura 4.14 – Pintura soltando na parede da lateral direita, localizadas abaixo do reservatório .....	91
Figura 4.15 – Vista da cobertura central da edificação .....	91
Figura 4.16 – Expansão da argamassa pelo aumento da umidade .....	92
Figura 4.17 – Expansão da argamassa pelo aumento da umidade .....	92
Figura 4.18 – Beiral curto sobre o pátio central .....	93
Figura 4.19 – Aplicação de emulsão na ligação do rufo com reservatório superior ..	94
Figura 4.20 – Aplicação de emulsão na ligação do rufo com reservatório superior ..	94
Figura 4.21 – Mapa de localização da cidade de Contagem (MG) .....	95
Figura 4.22 – Patologias no 2º e 3º níveis .....	96
Figura 4.23 – Detalhe da junta de dilatação .....	97
Figura 4.24 – Mapa de localização da cidade de Corinto (MG) .....	98
Figura 4.25 – Fachada e Implantação .....	99
Figura 4.26 – Planta do 1º pavimento e suas patologias .....	100
Figura 4.27 – Planta do 2º pavimento e suas patologias .....	101
Figura 4.28 – Infiltração no teto do 2º pavimento .....	103
Figura 4.29 – Mapeamento do reforço da fundação .....	104
Figura 4.30 – Execução do tubulão para reforço .....	107
Figura 4.31 – Situação do reboco da fachada antes do tratamento .....	108
Figura 4.32 – Mapa de localização da cidade de Luz (MG) .....	109
Figura 4.33 – Planta do 1º pavimento e suas patologias .....	110
Figura 4.34 – Planta do 2º pavimento e suas patologias .....	111
Figura 4.35 – Localização da cidade de Timóteo (MG) .....	113

Figura 4.36 – Fachada e Detalhe da cobertura da escada .....	114
Figura 4.37 – Corte e patologias .....	115
Figura 4.38 – Planta do subsolo e suas patologias .....	116
Figura 4.39 – Planta do 1º e 2º pavimentos e suas patologias .....	117
Figura 4.40 – Infiltração na parede do hall do subsolo .....	118
Figura 4.41 – Detalhe das trincas na platibanda .....	119
Figura 4.42 – Imprimação e aplicação de manta asfáltica .....	122
Figura 4.43 – Planta da edificação e suas patologias .....	126
Figura 4.44 – Infiltração na base da casa .....	127
Figura 4.45 – Mapa de localização da cidade de Sabará (MG) .....	129
Figura 4.46 – Planta do subsolo e suas patologias.....	130
Figura 4.47 – Planta do 1º pavimento e suas patologias.....	131
Figura 4.48 – Mapeamento dos tubulões para reforço.....	133
Figura 4.49 – Teto do 2º pavimento sem infiltração .....	140
Figura 4.50 – Teto e parede do 1º pavimento (anexo) sem infiltração .....	141
Figura 4.51 – Base da edificação sem infiltração .....	141
Figura 4.52 – Base da edificação sem infiltração .....	142
Figura 4.53 – Parede sem patologias .....	142
Figura 4.54 – Parede sem patologia .....	143
Figura 4.55 – Parede e teto sem infiltrações .....	144
Figura 4.56 – Fechamento com venezianas no lanternim. ....	145
Figura 4.57 – Infiltração na parede da lateral esquerda .....	145
Figura 4.58 – Rufo soltando da platibanda .....	146
Figura 4.59 – Trinca inclinada no 2º pavimento .....	147
Figura 4.60 – Trinca inclinada no 2º pavimento .....	148
Figura 4.61 – Vista externa da trinca inclinada do 2º pavimento .....	148
Figura 4.62 – Local de tratamento das trincas de recalque de fundação .....	149
Figura 4.63 – Corredor onde ocorreu reforço de fundação .....	150
Figura 4.64 – Trinca de reboco em uma sala do 1º pavimento .....	151
Figura 4.65 – Teto do 2º pavimento sem infiltração .....	151
Figura 4.66 – Fachada dos fundos após tratamento .....	152
Figura 4.67 – Trinca sobre porta na ligação entre anexo e edificação principal .	153
Figura 4.68 – Trinca e infiltração nos sanitários do 2º pavimento na ligação entre anexo e edificação principal .....	153
Figura 4.69 – Trinca nos sanitários do 2º pavimento na ligação entre anexo e edificação principal.....	154
Figura 4.70 – Trinca na ligação entre anexo e edificação principal .....	154

Figura 4.71 – Infiltração devido ao recalque de fundação na ligação entre anexo e edificação principal .....	155
Figura 4.72 – Trinca na fachada - ligação entre anexo e edificação principal ....	155
Figura 4.73 – Parede do subsolo com sinais de infiltração .....	157
Figura 4.74 – Parede do subsolo com sinais de infiltração .....	157
Figura 4.75 – Teto do subsolo sob jardim impermeabilizado .....	158
Figura 4.76 – Teto do subsolo sob jardim impermeabilizado .....	158
Figura 4.77 – Teto do anexo sem infiltração .....	159
Figura 4.78 – Telhado do Anexo .....	159
Figura 4.79 – Platibanda da escada central tratada .....	160
Figura 4.80 – Base da casa com alguns pontos de infiltração .....	162
Figura 4.81 – Base da casa com alguns pontos de infiltração .....	163
Figura 4.82 – Entrada da edificação sem apresentação de patologias .....	164
Figura 4.83 – Detalhe da edificação sem apresentação de patologias .....	164
Figura 4.84 – Lateral direita da edificação sem apresentação de patologias .....	165
Figura 5.1 – Grau de satisfação dos tratamentos .....	168



## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Distribuição percentual em função das causas que produziram os defeitos nas construções de concreto (adaptado CÁNOVAS, 1988).....	25
Tabela 2.2 – Valores limites para rotações relativas (distorções angulares - $\beta$ ), em prédios estruturados e com paredes portantes armadas (MILITITSKY et al., 2005).....	31
Tabela 2.3 – Valores limites da razão entre $\Delta/L$ para o início de fissuras visíveis, em prédios com paredes portantes não armadas (MILITITSKY et al., 2005).....	31
Tabela 2.4 – Materiais empregados nos sistemas de recuperação (LORDSLEEM JÚNIOR e FRANCO, 1998).....	40
Tabela 2.5 - Contração de argamassas e concretos em função do teor de umidade (adaptado de Building Research Station <i>apud</i> THOMAZ, 1989).....	47
Tabela 2.6 - Propriedades higrotérmicas de alguns materiais de construção (THOMAZ, 1989).....	47
Tabela 2.7 – Correspondência entre as causas dos fenômenos patológicos nas construções e as fases do processo de construção (%) (RIPPER e COSTA, 1998).....	60
Tabela 3.1 – Levantamento dos sintomas e causas observados por ASSUNÇÃO (2005).....	71
Tabela 3.2 – Levantamento dos sintomas e causas observados por VALENTE (2005).....	72
Tabela 3.3 – Cidades e patologias estudadas.....	75
Tabela 5.1 – Grau de satisfação dos tratamentos.....	167

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ALMG – Assembléia Legislativa de Minas Gerais.

CEOP – Centro Operacional.

COPASA - Companhia de Saneamento de Minas Gerais.

IBAPE-SP - Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia de São Paulo.

TJMG – Tribunal de Justiça de Minas Gerais.

# 1. INTRODUÇÃO

---

A construção civil é formada por vários agentes que são os profissionais e que estão constantemente interagindo, juntamente com uma gama de materiais e produtos que vem surgindo e incorporam diferentes padrões de qualidade da construção. Entendem-se como agentes desde os responsáveis pelo planejamento do empreendimento, os projetistas, os fabricantes de materiais de construção, os executores das obras, os usuários, e até os responsáveis pela manutenção das edificações, ao longo da sua fase de uso.

Observa-se ainda que existe uma complexidade crescente nas construções, e que juntamente com a falta de sistematização do conhecimento, com a velocidade exigida ao processo construtivo, com as novas definições arquitetônicas, bem como a aplicação de novos materiais, são alguns dos fatores que atuam como causadores de não qualidade nas construções.

Assim, as questões relacionadas com problemas patológicos estão intimamente vinculadas à qualidade das construções. E apesar dos avanços constantes na engenharia, os problemas patológicos não vêm diminuindo na mesma proporção. Os problemas patológicos em edificações são fenômenos tão antigos quanto às próprias edificações. Os primeiros relatos surgiram na Mesopotâmia, há quatro mil anos, com o Código de Hamurabi, que já assinalava cinco regras para prevenir defeitos nos edifícios, sendo então o primeiro tratado conhecido sobre o assunto.

As Patologias das Construções podem ser entendidas como a parte da engenharia que estuda os sintomas, mecanismos, as causas e as origens dos defeitos ou falhas das construções civis, ou seja, é o estudo das partes que compõem o diagnóstico do problema.

A realidade da construção civil no Brasil mostra um grande o número de edificações com patologias. Estas patologias são devidas, na maioria das vezes, a uma combinação de fatores correlatos, tendo como origem deficiências nas etapas de planejamento, projeto, execução, uso e manutenção dos edifícios. Por outro lado, é pequeno o número de resultados relativos à verificação do comportamento e

desempenho dos diversos elementos das construções reforçados ou recuperados pelos vários processos existentes.

Conforme definição do Conselho Técnico em Engenharia de Avaliações da Sociedade Americana de Engenheiros Civis (1999), as falhas apresentadas nas edificações são definidas como uma diferença inaceitável entre o desempenho observado e o esperado durante o desenvolvimento de um projeto.

As falhas citadas englobam, além do colapso estrutural, problemas como a deformação excessiva, deterioração prematura de materiais, vazamentos em telhados e fachadas e inadequado sistema de controle do ambiente interno. A relação entre expectativas e desempenhos ajuda a explicar um grande número de reclamações advindas de clientes insatisfeitos. As falhas são resultados de vários fatores inter relacionados, que envolvem problemas técnicos e de desempenho dos materiais.

Com o intuito de sanar as patologias fazem-se uso dos tratamentos, que estudam as correções e as soluções dos problemas patológicos, inclusive aqueles devidos ao envelhecimento natural.

## **1.1. Justificativa da Pesquisa**

O TJMG (Tribunal de Justiça do Estado de Minas Gerais) possui um grande número de edificações no estado de MG, e algumas destas edificações já passaram por algum tipo de reparo ao longo dos anos. Após a realização destes reparos não foi feita uma análise do desempenho das terapias adotadas. Assim, este trabalho apresenta como proposta, a verificação do desempenho das medidas terapêuticas já adotadas nestas edificações, visando com isto além de dar uma contribuição para ciência, reduzir retrabalho e custos quando da utilização de medidas terapêuticas inadequadas.

Para que seja possível verificar os procedimentos adotados para uma medida terapêutica é necessário seguir uma série de verificações, sendo que estas verificações contribuem para a avaliação dos tratamentos verificando se os mesmos foram satisfatórios ou insatisfatórios.

No caso da medida terapêutica adotada ser satisfatória basta apenas registrar o caso para que o mesmo sirva como referência. Mas se o processo terapêutico for

insatisfatório é necessário que se reinicie o tratamento a partir da etapa de diagnóstico.

A análise de comportamento das edificações que passaram por tratamento de recuperação das patologias irá contribuir para a criação de metodologias adequadas, evitando com isto processos de recuperação ineficientes.

É importante que após a recuperação seja efetuado o acompanhamento do comportamento das correções realizadas nas edificações. Com esta análise será possível a verificação dos tratamentos menos recomendados, evitando com isto utilizar tratamentos inadequados e conseqüentemente reduzir custos e retrabalho.

## **1.2. Objetivos**

Os objetivos desta dissertação são:

### **1.2.1. Objetivo geral**

Análise da eficácia das medidas terapêuticas utilizadas em edificações que passaram por processo de recuperação e/ou reforço há pelo menos 3 anos no TJMG.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

- a) Verificar o comportamento das edificações, que serão objeto de estudo, após tratamento dos problemas patológicos;
- b) Fazer analogia dos resultados da adoção de processos semelhantes de tratamentos para edificações que possuem mesmo sintoma, mas origens patológicas diferentes;
- c) Verificação da especificação padrão utilizada para costura de trincas.

## **1.3. Desenvolvimento do Trabalho**

Dentro do contexto descrito acima, este trabalho está estruturado da seguinte forma:

No Capítulo 1 – Introdução, apresenta-se a justificativa da pesquisa e os objetivos geral e específicos.

No Capítulo 2 – Revisão bibliográfica, apresenta-se uma revisão da literatura referente às patologias que serão objeto de estudo desta dissertação, tais como: Patologias das construções, Recalques de Fundação, Sobrecarga em Alvenaria, Movimentação Higroscópica, Infiltração e Processos de Recuperação.

No Capítulo 3 – Materiais e Métodos, apresenta os materiais e as metodologias que foram utilizadas no desenvolvimento deste trabalho.

No Capítulo 4 – Resultados e Discussões, é apresentado o levantamento das patologias bem como as edificações que serão estudadas, com as respectivas técnicas de recuperação utilizadas. Apresenta também o estudo pós recuperação, destas edificações. Faz-se ao final deste capítulo uma análise dos resultados obtidos.

No Capítulo 5 – Conclusões, faz-se uma análise geral do que foi apresentado neste trabalho.

No Capítulo 6 – Sugestões, é apresentado algumas sugestões para novos trabalhos.

No Capítulo 7 – Referências Bibliográficas, apresenta-se as Referências Bibliográficas utilizadas no trabalho.

Nos Anexos, apresenta-se a sondagem executada para o reforço estrutural da edificação de Corinto, o projeto padrão para costura de trincas e a ficha utilizada nas vistorias pós-recuperação.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

---

Para apoiar o objetivo proposto a revisão bibliográfica está dividida nos seguintes tópicos: patologias das construções, recalques de fundações, sobrecarga em alvenaria, movimentação higroscópica, infiltração e processos de recuperação.

### **2.1. Patologias das Construções**

De uma maneira geral, nas construções, em maior ou menor grau, parte das edificações não tem apresentado desempenho satisfatório. Em geral a preocupação está focada nos problemas relacionados com a falta de segurança estrutural, mas isto vem mudando e a preocupação é com o desempenho como um todo das edificações. Assim, as terapias para tratamento dos problemas patológicos também devem ser entendidas de uma forma mais global e não de forma pontual.

O primeiro procedimento a ser realizado para que o tratamento das patologias seja eficiente é uma análise detalhada das falhas apresentadas. Essa análise deve ser efetuada através de vistoria e perícia técnica na edificação a ser tratada, onde são identificadas as causas dos problemas patológicos.

SOUZA e RIPPER (1998) enfatizam que a busca de soluções e o estabelecimento dos métodos a serem adotados para recuperar ou reforçar uma estrutura de concreto só poderão ser bem sucedidos, se forem cuidadosamente estudadas e analisadas, em conjunto, com as condições físicas, químicas, ambientais e mecânicas às quais a estrutura está submetida, com as causas da sua deterioração (que podem ser múltiplas) e com os seus efeitos (sintomas patológicos).

Uma das principais patologias existentes são as fissuras, conforme destacado por PFEFFERMANN (1968) apud LORDSLEEM JÚNIOR E FRANCO (1998). De acordo com estes autores, as fissuras movimentam-se ao longo do tempo, em virtude das variações térmicas e higroscópicas da alvenaria e do próprio revestimento e a capacidade de deformação é sem dúvida a propriedade mais solicitada dos sistemas de recuperação.

A Tabela 2.1 mostra os resultados de um estudo apresentado por CÁNOVAS (1988), porém realizado por JEAN BLEVOT (1974), sobre os fatores causadores de patologias em estruturas de concreto armado. Estes resultados foram obtidos

através de uma análise dos documentos de 2.979 sinistros existentes nos arquivos do *Bureau Securitas* e *Socotex*.

Tabela 2.1 – Distribuição percentual em função das causas que produziram os defeitos nas construções de concreto (adaptado de CÁNOVAS, 1988).

Tipo de problema	(%)
Erros de concepção	3,5
Erros nas hipóteses de cálculo, erros materiais e ausência de estudos	8,5
Disposições defeituosas em certos elementos ou na transmissão de esforços	2,5
Falhas resultantes de deformações excessivas	19,7
Falhas resultantes dos efeitos de variações dimensionais (térmica)	43,7
Defeitos de execução	16,5
Fenômenos químicos	4,0
Causas diversas	1,6

Para dar início a uma terapia adequada, segundo CÁNOVAS (1988), é preciso seguir os seguintes procedimentos:

#### **a) Inspeção para mapeamento dos sintomas**

O procedimento começa com a inspeção, onde se busca identificar os sintomas das patologias existentes na estrutura, elaborando um mapeamento dos sintomas realizado por um exame visual da estrutura.

#### **b) Recolhimento de dados e informações**

Este procedimento em geral vem complementar os dados obtidos na inspeção e auxiliam na quantificação dos danos (medidas geométricas, evolução no tempo, bem como no conhecimento das condições prévias aos danos da edificação, avaliação da resistência do concreto).

#### **c) Conhecer o histórico da estrutura**

Este histórico é parte fundamental na escolha da terapia e sua análise deve levar em consideração a data da construção, o responsável pela construção, o projeto executivo para revisão e análise, o conhecimento dos materiais utilizados (cimento, areia, aço, aditivo, relação água/cimento) e detalhes sobre o uso da estrutura (sobrecargas, ações acidentais, etc.).



#### d) Realização de análises e ensaios

Em muitos casos o levantamento histórico e a inspeção não são suficientes, sendo necessário realizar análises e ensaios que permitam clarificar os sintomas, mecanismos e causas das patologias da estrutura.

CÁNOVAS (1988) sugere ainda o organograma, mostrado na Figura 2.1, de atividades a serem realizadas na solução de um processo patológico.

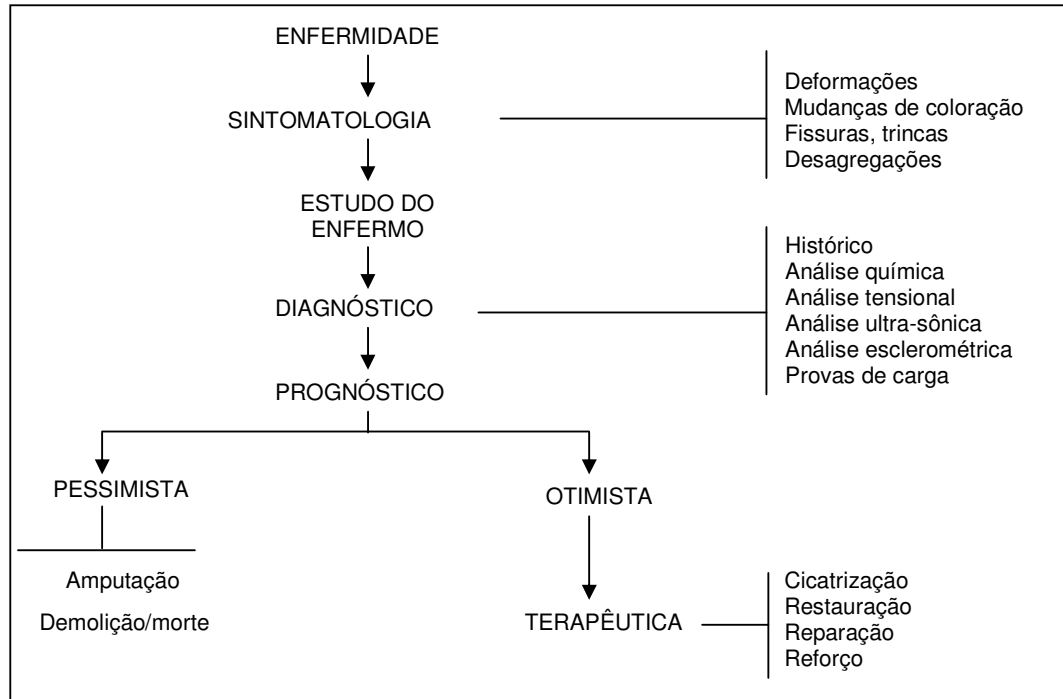


Figura 2.1 – Etapas na solução de um processo patológico (adaptado de CÁNOVAS, 1988).

Através destes procedimentos chega-se ao ponto fundamental dos danos, avaliando se a necessidade é de reparo ou reforço. Esta decisão será baseada na importância dos danos, progressão ou estabilização da estrutura, além de fatores econômicos. É neste ponto que se escolhe a terapia a ser utilizada com a escolha dos materiais e da técnica de correção a ser empregada.

De acordo com PEÑA e HELENE (2005), nos últimos 20 anos, tanto no Brasil como em muitos outros países a sociedade e a engenharia tem percebido que as estruturas de concreto não são eternas, como um dia se acreditou. A interação com o meio ambiente ao longo da extensa etapa de uso e operação das edificações ocasiona sua deterioração, fato que vem preocupando o meio técnico tanto no âmbito internacional como no nacional.

A relação dos altos custos associado às intervenções corretivas foi apresentado por SITTER, na década de 80, através da Figura 2.2 da evolução de custos.

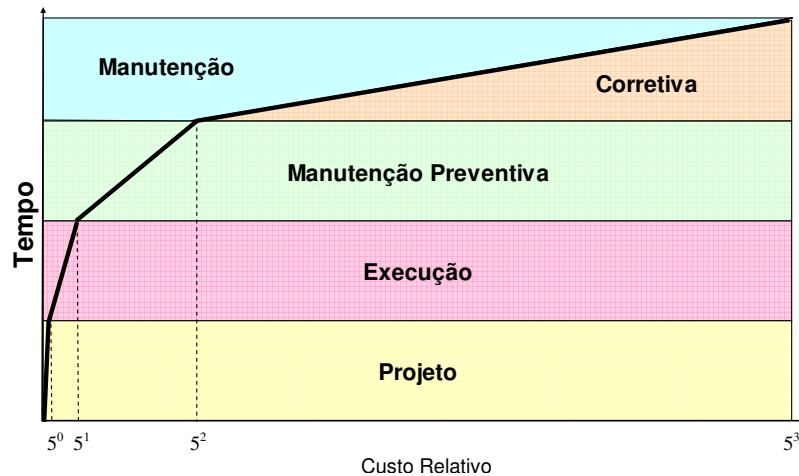


Figura 2.2 – Lei da evolução de custos, lei de SITTER (CEB–RILEM, 1984).

Fazendo a análise da Figura 2.2 para as etapas de projeto, execução, manutenção preventiva e manutenção corretiva têm-se que:

#### a) Projeto

Medida tomada com o objetivo de aumentar a proteção e a durabilidade da estrutura, como por exemplo, aumentar o cobrimento da armadura, reduzir a relação água/cimento, etc., corresponde ao número  $5^0$  do eixo Custo Relativo da Figura 2.2.

#### b) Execução

Medida extra projeto, tomada durante a execução da obra, implica em um custo cinco vezes maior ao custo que teria sido acarretado se esta medida tivesse sido tomada durante o desenvolvimento do projeto, para obter o mesmo grau de proteção e durabilidade;

#### c) Manutenção preventiva

Medida tomada com intuito de garantir a integridade e o bom funcionamento da edificação, durante o período de uso e manutenção da estrutura. Pode ser associado a um custo vinte e cinco vezes maior que aquele necessário se a decisão de obter certo grau de proteção e durabilidade tivesse sido tomada no projeto.

#### **d) Manutenção corretiva**

Correspondem aos trabalhos de diagnóstico, prognóstico, reparo e proteção das estruturas que já apresentam manifestações patológicas. A esta atividade pode associar um custo de cento e vinte e cinco vezes superior ao custo das medidas que poderiam ter sido tomadas durante o desenvolvimento do projeto.

Conforme BAKER (1976) é um erro muito comum referir aos materiais como bons ou ruins, duráveis ou não duráveis e resistentes ou não resistentes, como se essas propriedades fossem inerentes aos materiais. A durabilidade dos materiais está relacionada às condições de aplicação e exposição.

## **2.2. Recalques de Fundações**

Esta é uma das causas mais freqüentes de aparecimento de fissuras nas estruturas. Os recalques podem ser provocados por diferentes causas tais como:

- Erros de projeto ou de execução das fundações;
- Ampliações e modificações não previstas no projeto original;
- Alteração no uso da edificação;
- Deformação excessiva do solo de fundação, não considerada no projeto por desconhecimento ou informação errônea de suas características;
- Deformação excessiva localizada do solo pela aparição de alterações não previstas (inundação, vibração, etc.);
- Fundações sobre escavação mal coberta, aterros mal executados, alterações do terreno desconhecidas, etc.;
- Fundação de uma mesma estrutura sobre diferentes tipos de solo e/ ou utilização de diferentes sistemas de fundação ou diferentes níveis da fundação;
- Alterações de uso de terrenos vizinhos;
- Existência de solos expansivos;
- Execução de grandes escavações próxima à construção;
- Oscilações não previstas do nível de água;

- Ação de animais ou do homem resultando em escavações indevidas.

Conforme destacado por MILITITSKY et al. (2005) o comportamento das fundações ao longo dos anos pode ser afetado por inúmeros fatores, iniciando por aqueles decorrentes do projeto propriamente dito, que envolve o conhecimento do solo, passando pelos procedimentos construtivos e finalizando por efeitos de acontecimentos pós-implantação, incluindo sua possível degradação.

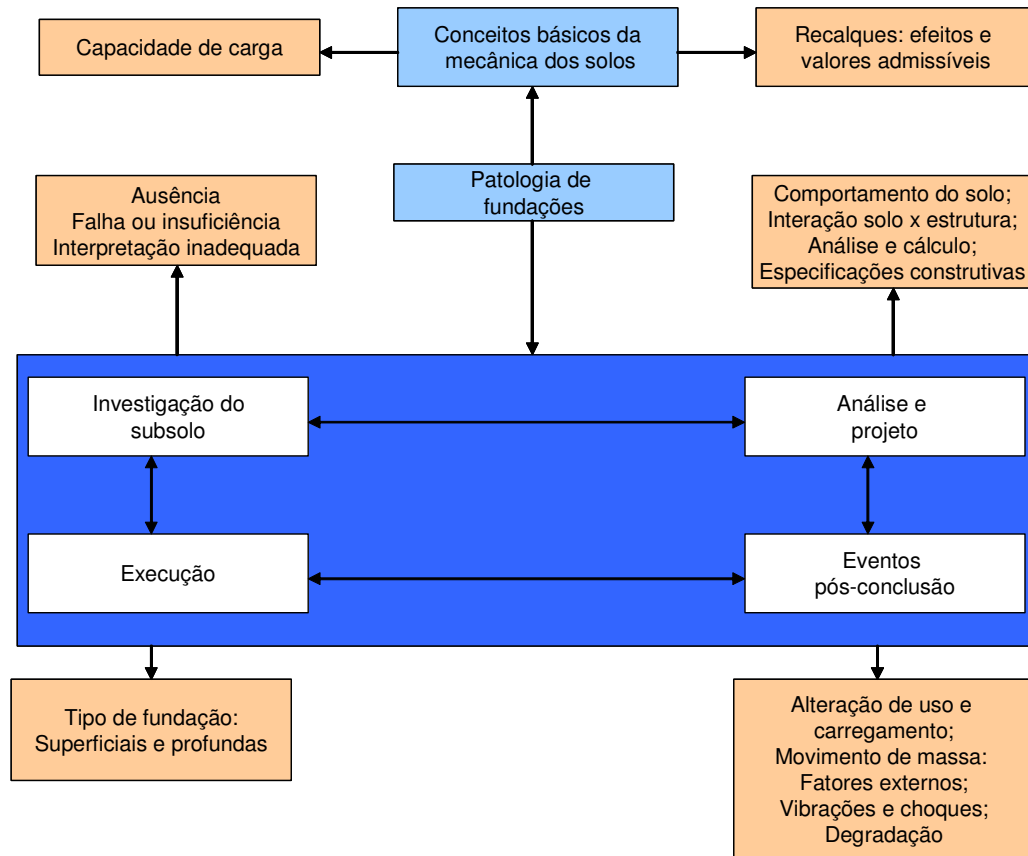


Figura 2.3 – Fluxograma das etapas de projeto e possíveis causas de patologias em fundações (adaptado de MILITITSKY et al., 2005).

No caso dos projetos, quando os recalques diferenciais puderem ser previstos e quantificados, as solicitações geradas na estrutura em consequência de sua existência devem ser avaliadas e os elementos convenientemente dimensionados.

Considerando-se ainda que a estrutura seja projetada sem considerar tal mecanismo de interação, o projeto das fundações não deve desprezá-lo, ou seja, sua rigidez deve ser projetada de modo a reduzir os recalques diferenciais, sem

e elevar seus custos. Esta interação realmente distribui os esforços nos apoios e tende a uniformizar os recalques a depender da rigidez relativa e é possível propor dimensões que aperfeiçoem o projeto de fundações.

Tanto na etapa de projeto, quanto na fase de construção faz-se uma análise do recalque admissível para a referida estrutura. Na elaboração do projeto o cálculo/estimativa do recalque de fundação é avaliado verificando o seu valor com o comportamento desejado para a estrutura.

Para o controle de recalque durante a construção deve ser observada a ocorrência de efeitos adversos externos. O estabelecimento de recalques admissíveis indica ordem de grandeza de valores nos quais os problemas usualmente acontecem, e desta forma estes não podem ser usados de forma rigorosa ou como limite único.

Em construções uniformemente carregadas os fatores que podem levar a ocorrência de recalques diferenciados são:

- Recalques em edificações onde há fundações assentadas sobre corte e aterro, o que geram trincas de cisalhamento nas alvenarias;
- Recalques diferenciados entre edifícios de tamanhos diferentes e neste caso há uma interferência no bulbo de tensões;
- Recalques diferenciados devido à falta de homogeneidade do solo e o provocado pelo rebaixamento do lençol freático;
- A utilização de diferentes sistemas de fundação em uma mesma edificação, gera recalques diferenciados entre os sistemas.

Além disso, existem os recalques de fundação ocasionados por carregamentos desbalanceados.

Nas Tabelas 2.2 e 2.3 são apresentadas as regras empíricas dos recalques admissíveis que foram coletadas de dados e casos entre 1955 e 1975. De acordo com MILITITSKY et al. (2005), estas informações devem ser utilizadas com cautela, devido às mudanças de padrões construtivos ocorridas desde a época em que os dados foram coletados.

Tabela 2.2 – Valores limites para rotações relativas (distorções angulares)  $\beta$ , em prédios estruturados e com paredes portantes armadas (MILITITSKY et al., 2005).

	Skempton e MacDonald (1956)	Meyerhof (1956)	Polshin e Tokar (1957)	Bjerrum (1963)
Dano estrutural	1/150	1/250	1/200	1/150
Rachaduras em Paredes e divisórias	1/300 (mas 1/500 recomendado)	1/500	1/500	1/500

Tabela 2.3 – Valores limites da razão entre  $\frac{\Delta}{L}$  para o início de fissuras visíveis, em prédios com paredes portantes não armadas (MILITITSKY et al., 2005).

	Meyerhof (1956)	Polshin e Tokar (1957)	Burland e Wroth (1975)
Deformada côncava ∪	1/2.500	$\frac{L}{H} < 3$ ; 1/3.500 a 1/2.500	1/2.500 para $\frac{L}{H} = 1$
		$\frac{L}{H} > 5$ ; 1/2.000 a 1/1.500	1/1.250 para $\frac{L}{H} = 5$
Deformada convexa ∩	–	–	1/5.000 para $\frac{L}{H} = 1$
			1/2.500 para $\frac{L}{H} = 5$

Para a relação apresentada na Tabela 2.3, L – refere ao comprimento do vão e H – refere à altura da parede.

O sintoma apresentado nos problemas patológicos provenientes de recalques de fundação conforme relatado anteriormente são as fissuras. Conforme MILITITSKY et al. (2005), toda vez que a resistência dos componentes da edificação ou conexão entre elementos for superada pelas tensões geradas por movimento, ocorrem às fissuras. Estas fissuras podem ser classificadas em:

- a) Sem risco algum, apresentando apenas problemas de natureza estética;

- b) Com danos que comprometem o uso e funcionalidade do prédio;
- c) Com danos estruturais.

As Figuras 2.4, 2.5, 26 e 2.7 apresentadas a seguir mostram os padrões que as fissuras geralmente apresentam quando ocorre o movimento das fundações.

Quando da ocorrência do recalque central, ou seja, recalque nos pilares internos tem-se o diagrama de esforços e a conformação de danos conforme apresentado nas Figuras 2.4 e 2.5.

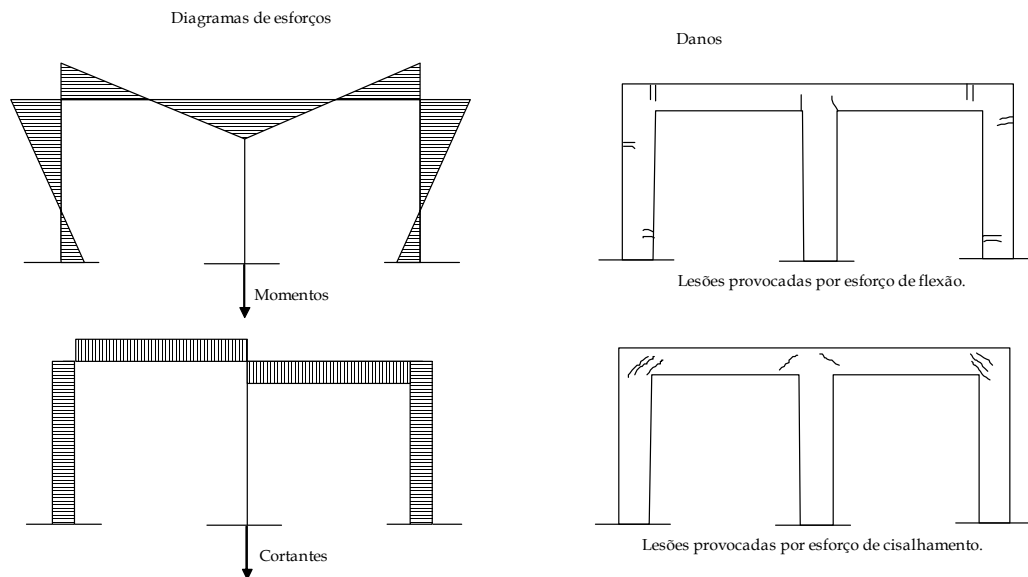


Figura 2.4 – Prováveis diagramas de esforços e fissuras em estruturas de concreto por recalques de fundações de pilares internos (Recalque Central) (adaptado de MAÑÁ, 1978 *apud* MILITITSKY et al., 2005).

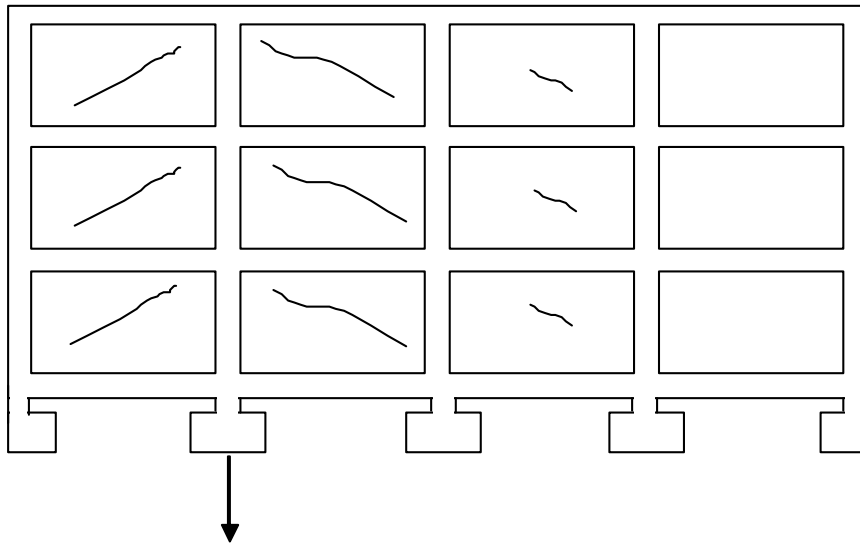


Figura 2.5 – Fissuras típicas causadas por recalques de fundações de pilares internos (URIEL ORTIZ, 1984 *apud* MILITITSKY et al., 2005).

No caso da ocorrência na extremidade da edificação, ou seja, deslocamento dos pilares externos tem-se o diagrama de esforços e a conformação de danos conforme apresentado nas Figuras 2.6 e 2.7.

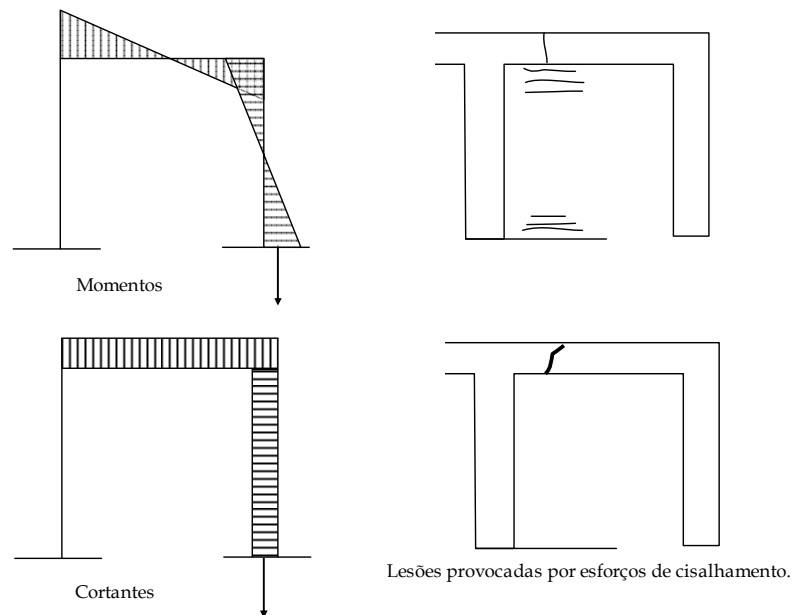


Figura 2.6 – Prováveis diagramas de esforços e fissuras em estruturas de concreto por recalques de fundações de pilares nas extremidades (adaptado de MAÑÁ, 1978 *apud* MILITITSKY et al., 2005).



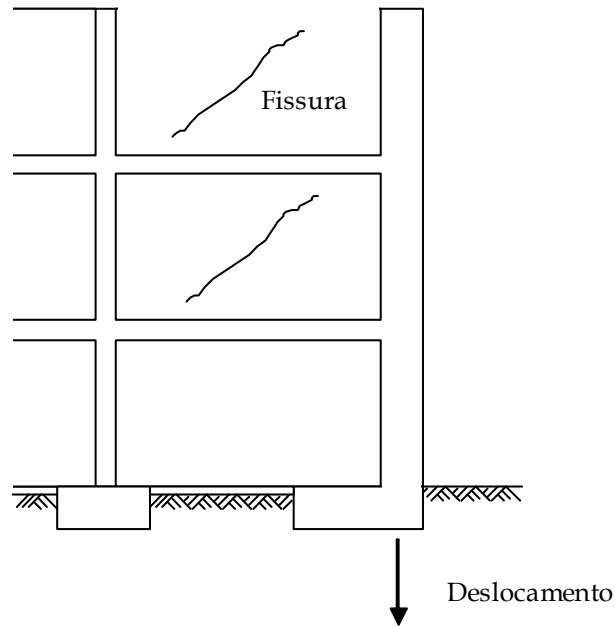


Figura 2.7 – Esquemática das fissuras típicas causadas por recalques de fundações, pilar de canto (URIEL ORTIZ, 1983 *apud* MILITITSKY et al., 2005).

No caso de paredes portantes não armadas, a configuração das fissuras pode ser observada nas Figuras 2.8 e 2.9. Estas podem se apresentar em conformação côncava ou convexa, conforme os limites de deformação entre  $\frac{\Delta}{L}$ , apresentado na Tabela 2.3.

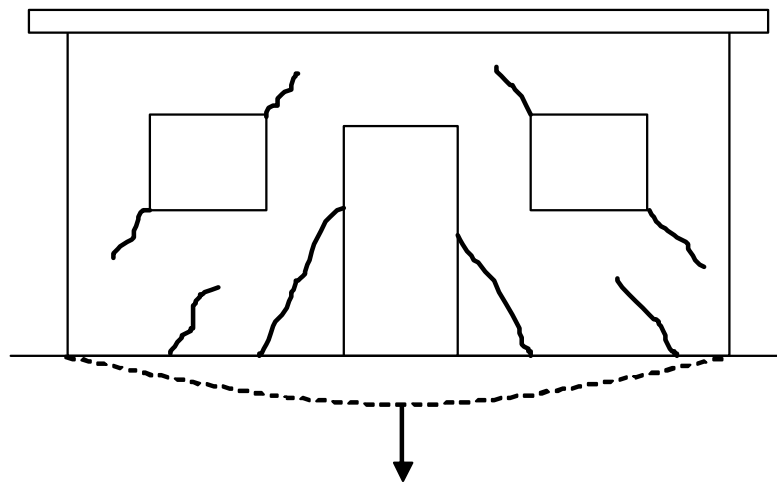


Figura 2.8 – Deformação côncava de parede portante e seus efeitos (URIEL ORTIZ, 1983 *apud* MILITITSKY et al., 2005).

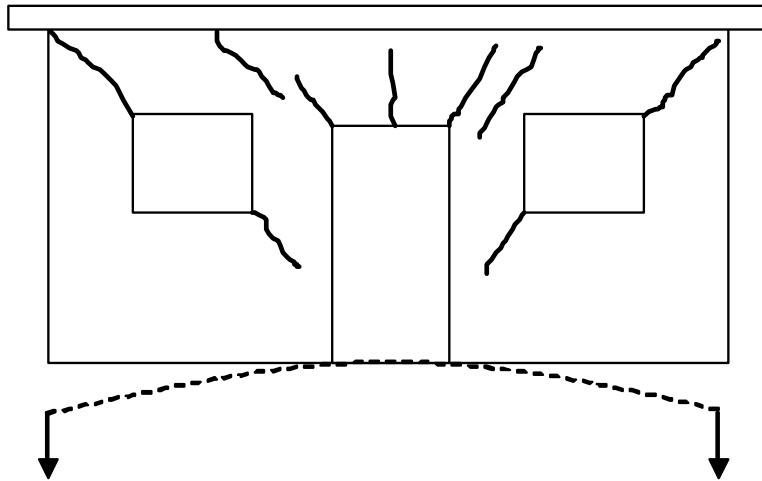


Figura 2.9 – Deformação cônica de parede portante e seus efeitos (URIEL ORTIZ, 1983 *apud* MILITITSKY et al., 2005).

Segundo THOMAZ (1989), em relação ao conhecimento do solo, deve ser feita uma análise em relação à capacidade de carga e deformabilidade dos solos, observando os seguintes fatores:

- a) Tipo e estado de solo (areia nos vários estados de compactação ou argila nos vários estados de consistência);
- b) Disposição do lençol freático;
- c) Intensidade da carga, tipo de fundação (direta ou profunda) e cota de apoio da fundação;
- d) Dimensões e formato da placa carregada (placas quadradas, retangulares, circulares);
- e) Interferência de fundações vizinhas.

THOMAZ (1989), também afirma que sob efeito de cargas externas, todos os solos, em maior ou menor proporção se deformam. Caso estas deformações sejam diferenciadas ao longo do plano das fundações, surgirão tensões de grande intensidade na estrutura podendo ocorrer às trincas.

No geral, conforme THOMAZ (1989), o comportamento dos diferentes tipos de solo obedece a seguinte regra:

a) Argila dura ou areia compacta – recalques ocorrem por deformações através de mudança de forma, função da carga atuante e do módulo de deformação do solo.

b) Solos fofos e moles – recalques são devido à redução de volume, visto que a água presente no bulbo de tensões das fundações tende a percolar para as regiões sujeitas a pressões menores.

De acordo com THOMAZ (1989), o estudo apresentado por MACLEOD E ABU-EL-MAGD (1980) em que se analisam as tensões e deformações em edificações conclui-se que:

- O uso de armadura na alvenaria pode melhorar seu comportamento em relação às tensões de tração e cisalhamento;
- O comportamento do edifício só se torna mais flexível e com melhor absorção das tensões provocadas pelos recalques mediante o aumento do seu comprimento;
- Adoção de aberturas de grandes dimensões ( $\frac{h_w}{h} > 0,4$  ou  $\frac{b_w}{b} > 0,4$ ) diminui a rigidez da obra, tornando-a mais suscetível às tensões de cisalhamento que ocorrem ao redor das aberturas;
- Em paredes com altura “h” e comprimento “b” entre contraventamentos, providos com janelas de altura “h<sub>w</sub>” e comprimento “b<sub>w</sub>”, relações  $\frac{h_w}{h} > 0,4$  ou  $\frac{b_w}{b} > 0,4$  farão com que os trechos de alvenaria sobre as aberturas comportem-se como vigas, predominando as tensões de tração no centro das aberturas e as tensões de cisalhamento nas proximidades dos apoios;
- A falta de homogeneidade do solo ao longo de edifícios muito extensos, com carregamento uniformemente distribuído é provavelmente o fator mais importante na ocorrência de recalques diferenciados que provocarão a fissuração das paredes;
- Para essa configuração de abertura, em edifícios uniformemente carregados apoiados sobre solos homogêneos, as tensões máximas ocorrerão nas

vigas superiores, nas extremidades da obra (região onde aparecem os maiores esforços cortantes); se o edifício apresentar um carregamento maior na sua região central, as tensões máximas ocorrerão nas vigas centrais.

As características apresentadas nas fissuras provenientes de recalques diferenciados geralmente têm a conformação inclinada e possuem a presença de esmagamentos localizados em forma de escamas; além disso, no caso de recalques mais acentuados observa-se variação na abertura da fissura.

Outras variáveis como a geometria das edificações e/ou do componente, tamanho e localização de aberturas, grau de enrijecimento da construção (uso de cintamento, vergas e contra-vergas), juntas nas edificações, dentre outras podem provocar fissuras com outros tipos de conformação, que são variações das trincas inclinadas provocadas por recalques diferenciais.

### **2.3. Sobrecarga em Alvenaria**

Nas construções brasileiras a alvenaria possui um lugar de destaque, visto que a mesma está presente em praticamente todas as edificações. Além de sua importância no cenário construtivo é importante salientar que elas interferem e sofrem interferência direta ou indiretamente no desempenho satisfatório de uma edificação. Muitos dos problemas patológicos nas alvenarias podem ser evitados com a utilização de materiais, técnicas, procedimentos e normas adequadas. Algumas das causas da sobrecarga em alvenaria é a movimentação da edificação, que pode ocorrer através de acomodação, esmagamento ou flambagem.

Os estudos sobre as alvenarias foram evoluindo, tanto no seu processo de fabricação que se tornou mais industrializado, quanto no seu processo construtivo. Mas segundo OLIVEIRA (2001) ao lado da evolução das técnicas de projeto e de execução de obras, surgiram problemas de falhas nas construções, onde há empenho de pesquisadores do mundo todo para estudar formas adequadas de execução, reparo e reforço.

Segundo THOMAZ (1989), são as alvenarias que mais passam por processos de recuperação nas obras sejam por aspectos estéticos, psicológicos ou de desempenho.

A importância de se estudar as trincas em alvenarias deve-se pelo fato de que as alvenarias são os materiais de construção mais importantes na construção civil do Brasil, apesar do concreto ter maior destaque, conforme descrito por MEDEIROS e FRANCO (1999).

Para MEDEIROS e FRANCO (1999) fissuras e trincas originam-se devido ao mecanismo inerente que os materiais possuem de aliviar as tensões que lhe são impostas. Além de provocar desconforto psicológico para o usuário, as fissuras e trincas podem provocar a perda de estanqueidade da parede e conseqüente degradação com o passar do tempo.

As trincas das alvenarias têm sua origem interna ou externa, sendo que as fissuras com origem externa ocorrem devido à ação de choques e cargas suspensas, cargas transmitidas pelos elementos estruturais ou deslocamentos transferidos à parede pelo seu suporte. Ainda as de origem externas são devidas principalmente à incompatibilidade entre a estrutura de concreto armado e a alvenaria, sendo que o agente causador são movimentos diferenciais entre os elementos de concreto armado e as alvenarias. Já as manifestações de origem interna são provocadas principalmente pela ação da temperatura e umidade. Mudanças na quantidade de umidade e na temperatura das paredes e da estrutura, provocam movimentações de contração e expansão que podem causar fissuras e trincas.

O impacto destes movimentos está ligado principalmente às propriedades dos materiais (retração na secagem, dilatação térmica, etc.) e componentes empregados e das variações das condições de umidade e temperatura.

As questões relacionadas ao desempenho não se referem apenas a questões de estabilidade da alvenaria, mas também está intimamente ligado ao fato da mesma permitir a penetração da água de chuva promovendo a deterioração da edificação.

No estudo efetuado por LORDSLEEM JÚNIOR e FRANCO (1998) em que se avalia a capacidade de deformação dos sistemas de recuperação nas fissuras de alvenaria, estes concluíram que não são raros os casos de reincidência destas patologias e que os mesmos poderiam ter sido evitados, se os sistemas empregados na recuperação tivessem sido prévia e adequadamente avaliados. Além disso, deve-se tratar a recuperação das fissuras com a visão de conjunto, enfocando desde os aspectos relacionados com o projeto, a execução e o controle até a avaliação de desempenho das suas propriedades.

Ainda de acordo com estes autores há muitas formas de manifestação de fissuras na alvenaria não sendo possível recomendar uma metodologia geral de recuperação que seja adequada para todos os casos. Assim, há necessidade de elaboração de projetos de recuperação específicos para cada problema, devendo ser feita à análise para cada obra em específico.

LORDSLEEM JÚNIOR e FRANCO (1998) elaboraram um experimento utilizando bloco de concreto celular autoclavado, aplicando diversos materiais no sistema de recuperação. Na Tabela 2.4, há uma representação esquemática do experimento informando os materiais empregados.

Conforme apresentado nas Figuras 2.10 e 2.11, o sistema de recuperação “D” (Ver Tabela 2.4) apresentou o melhor resultado, com a maior capacidade de deformação provocada por tensões de tração e também na capacidade de deformação provocada por tensões de cisalhamento. É importante ressaltar que estes sistemas (A, B, C, D e E) apresentaram maior capacidade de deformação provocada por tensões de tração e também na capacidade de deformação provocada por tensões de cisalhamento quando comparado com revestimentos de gesso e argamassa industrializada.

Tabela 2.4 – Materiais empregados nos sistemas de recuperação (LORDSLEEM JÚNIOR e FRANCO, 1998).

Sistemas de recuperação	Materiais empregados	Representação esquemática
A	<ul style="list-style-type: none"> <li>② Tinta látex acrílica (2 demãos)</li> <li>③ Massa acrílica (2 demãos)</li> <li>④ Impermeabilizante acrílico</li> <li>④ Tela de poliéster</li> <li>③ Impermeabilizante acrílico</li> <li>② Vedante acrílico (2 demãos)</li> <li>① Fundo preparador de paredes</li> </ul>	
B	<ul style="list-style-type: none"> <li>③ Tinta látex acrílica (2 demãos)</li> <li>④ Massa acrílica (2 demãos)</li> <li>③ Massa à base de pó de mármore e resina acrílica (3 demãos)</li> <li>② Tela de poliéster com bandagem central</li> <li>① Massa à base de pó de mármore e resina acrílica</li> </ul>	
C	<ul style="list-style-type: none"> <li>④ Tinta látex acrílica (2 demãos)</li> <li>③ Massa acrílica (2 demãos)</li> <li>② Massa à base de resina acrílica (4 demãos)</li> <li>① Tela de poliéster</li> </ul>	
D	<ul style="list-style-type: none"> <li>⑥ Tinta látex PVA (2 demãos)</li> <li>⑤ Massa de acabamento (resina PVA + massa PVA)</li> <li>④ Massa de recuperação (água + resina PVA + massa PVA)</li> <li>④ 4 Véus de poliéster</li> <li>② Massa de recuperação (água + resina PVA + massa PVA)</li> <li>① Fita adesiva de 50 mm</li> </ul>	
E	<ul style="list-style-type: none"> <li>⑥ Argamassa polimérica</li> <li>⑤ Tela metálica</li> <li>④ Argamassa polimérica</li> <li>③ Fita adesiva (100 mm)</li> <li>② Mástique acrílico (2 demãos)</li> <li>① Fundo preparador de paredes</li> </ul>	

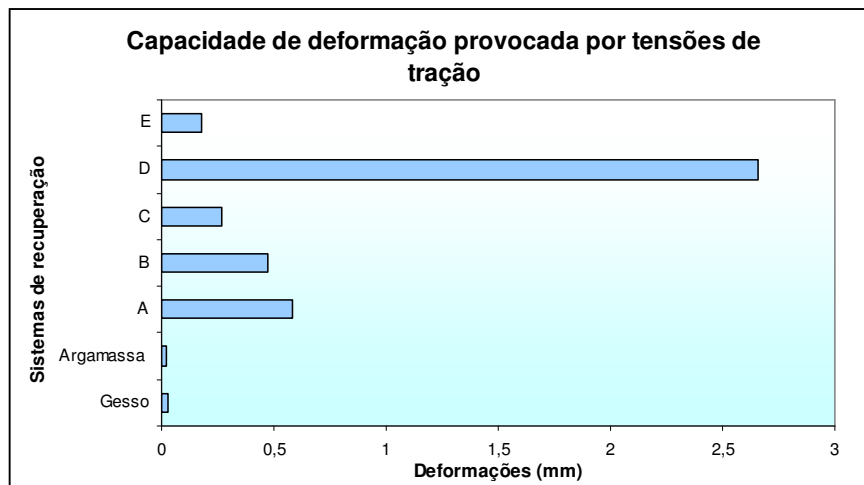


Figura 2.10 – Resultados da capacidade de deformação provocada por tensões de tração (adaptado de LORDSLEEM JÚNIOR e FRANCO, 1998).

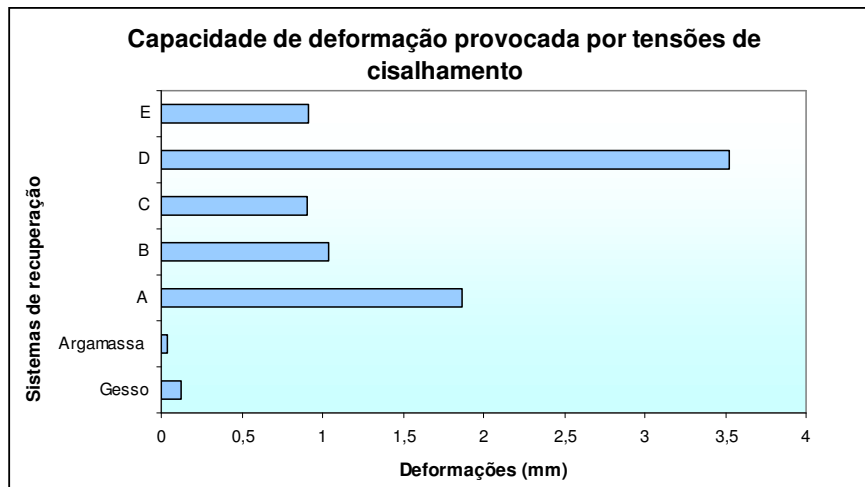


Figura 2.11 – Resultados da capacidade de deformação provocada por tensões de cisalhamento (adaptado de LORDSLEEM JÚNIOR e FRANCO, 1998).

No estudo das fissuras apresentadas nas alvenarias é importante salientar que há uma diferença de comportamento entre tijolos e argamassas de assentamento e isto pode levar as solicitações de flexão nos tijolos, podendo surgir às fissuras.

Segundo THOMAZ (1989), como a argamassa de assentamento apresenta deformação mais acentuada que os tijolos, esta introduz tensões de tração nas duas direções do plano horizontal, o que também pode levar a fissuras verticais nas alvenarias. Os fatores que intervêm na fissuração e na resistência de uma parede a esforços de compressão 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 junta de assentamento e esbeltez da parede produzida.

Em estudo efetuado por FRANCO et al. (1994) citado por LORDSLEEM JÚNIOR e FRANCO (1998) concluem-se que para a maioria dos casos as fissuras consideradas prejudiciais não são as que se relacionam com a estabilidade da alvenaria ou a um estado limite de fissuração, mas sim as que permitem a penetração de água através das juntas ou ainda, as fissuras que, pelas suas características, trazem prejuízos aos requisitos advindos das exigências dos usuários de ordem psicossocial (estética, temor pela segurança, etc.).



Já no estudo realizado por SAHLIN (1971), a resistência das paredes em alvenaria de tijolo cerâmico ficará compreendida entre 25% e 50% da resistência do revestimento da alvenaria, sendo os 25% para uma argamassa fraca e 50% para argamassa de alta resistência. Ainda de acordo com este estudo, a cada aumento de 3,0 mm na espessura da argamassa há uma redução de 15% na resistência do conjunto alvenaria–revestimento.

Para determinação da correlação entre a resistência dos componentes de alvenaria, da argamassa de assentamento e da parede acabada podem-se adotar as Equações empíricas a seguir:

$$f_{cpa} = (\sqrt{1 + 0,15 f_{cb}} - 1)(8 + 0,048 f_{ca}) \quad (\text{Equação 2.1 – Fórmula de Haller})$$

Sendo:

$f_{cpa}$  = Resistência à compressão da parede (kgf/cm<sup>2</sup>);

$f_{cb}$  = Resistência à compressão do bloco (kgf/cm<sup>2</sup>);

$f_{ca}$  = Resistência à compressão da argamassa (kgf/cm<sup>2</sup>);

$$f_{cpa} = 0,45 \sqrt[3]{f_{ca} (f_{cb})^2} \quad (\text{Equação 2.2: Fórmula de Hermann})$$

$$f_{cpa} = (0,33 f_{cb} + 1) \frac{0,1 f_{cb} + f_{ca}}{0,3 f_{cb} + f_{ca}} \quad (\text{Equação 2.3: Fórmula de Onisczyk})$$

Alguns pesquisadores consideram que as fórmulas empíricas superestimam a resistência à compressão das paredes, já a fórmula semi–empírica que leva em conta a esbelteza da parede há uma compatibilidade entre os valores estimados e os obtidos em ensaios.

$$f_{cpa}^- = 0,20 f'_m \left[ 1 - \left( \frac{h}{40t} \right)^3 \right] \quad (\text{Equação 2.4})$$

Sendo:

$f_{cpa}^-$  = Tensão admissível da parede comprimida;

$h$  = Altura da parede;

$t$  = Espessura da parede;

$f'_m$  = Resistência média à compressão de no mínimo cinco prismas constituídos por dois blocos, assentados com a argamassa a empregada na obra; em função da relação entre a altura (h) e a largura (d) dos prismas e o valor de  $f'_m$  deve ser multiplicado pelas seguintes constantes:

- 0,86 para  $h/d = 1,5$  ;
- 1,00 para  $h/d = 2,0$  ;
- 1,20 para  $h/d = 3,0$  ;
- 1,30 para  $h/d = 4,0$  ;
- 1,37 para  $h/d = 5,0$  .

O coeficiente de segurança adotado é  $\gamma = 5$  para determinar a tensão admissível da alvenaria submetida à compressão axial.

Segundo THOMAZ (1989), através de estudos realizados por PFEFFERMANN, quando se introduz uma taxa de armadura mínima (0,2%) na alvenaria, não há um aumento significativo na resistência à compressão, mas há uma melhora quanto à fissuração, normalmente provocada por atuação de cargas excêntricas, ocorrências de recalques diferenciados ou concentração de tensões.

As configurações típicas de fissuras em alvenaria, devidas a sobrecargas são as trincas verticais, provenientes da deformação transversal da argamassa sob a ação das tensões de compressão ou de flexão local dos componentes de alvenaria e trincas horizontais provenientes da ruptura por compressão dos componentes de alvenaria ou da própria argamassa de assentamento ou por solicitação de flexo-compressão da parede.

No caso de deformação transversal da argamassa devido a tensões de compressão ou de flexão local dos componentes de alvenaria observam-se trincas com a conformação, conforme apresentado na Figura 2.12.

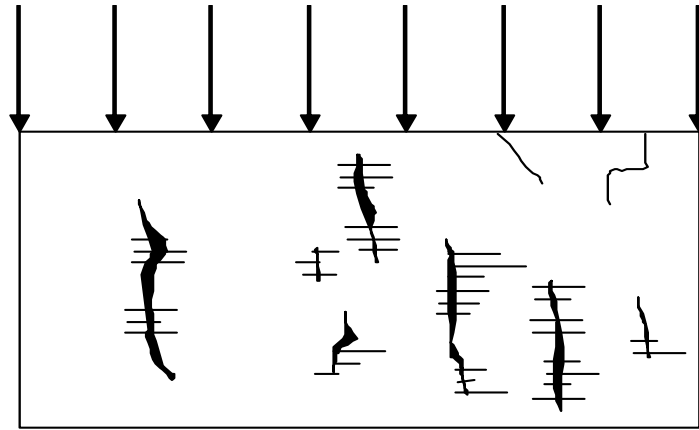


Figura 2.12 – Fissuração típica da alvenaria causada por sobrecarga vertical (adaptado de THOMAZ, 1989).

No caso de ruptura por compressão dos componentes de alvenaria ou da argamassa de assentamento as trincas apresentam a conformação observada na Figura 2.13.

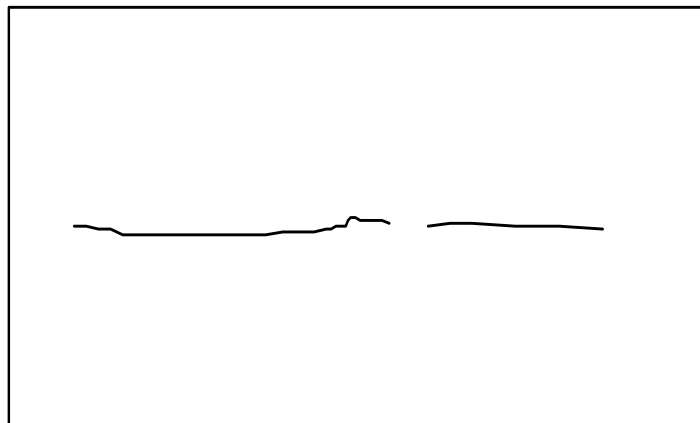


Figura 2.13 – Trincas horizontais na alvenaria causada por sobrecarga (adaptado de THOMAZ, 1989).

No caso de sobrecargas localizadas pode ocorrer a conformação, apresentada na Figura 2.14.

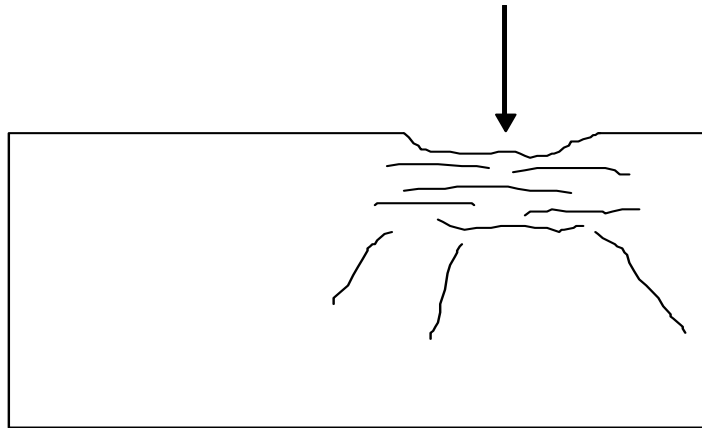


Figura 2.14 – Ruptura localizada da alvenaria sob o ponto de aplicação da carga e propagação de fissuras a partir desse ponto (adaptado de THOMAZ, 1989).

## 2.4. Movimentação Higroscópica

A movimentação higroscópica é um fenômeno que tem origem no deslocamento da água, ou da umidade no interior dos materiais e pode ser resultante de diversos mecanismos de transporte e está intimamente ligada a problemas em alvenarias.

Conforme POLISSENI (1985) e SELMO (1989) *apud* GARCIA (2003) por ser o material que recobre a superfície das paredes, o revestimento, de um modo geral, é o primeiro elemento da edificação a sofrer a ação de agentes agressivos de origem natural ou oriunda da própria utilização do edifício, tais como:

- Movimentação higroscópica do revestimento;
- Movimentação térmica do revestimento;
- Movimentação higroscópica da base;
- Movimentação térmica da base;
- Incidência de chuvas e ventos e insolação às superfícies.

Uma boa parte dos materiais utilizados na construção civil realiza troca de umidade com o meio ambiente em que se encontram. O aumento do teor de umidade produz uma expansão do material enquanto que a diminuição desse teor provoca uma

retração. Assim, temos que as formas de acesso da umidade nos materiais de construção são:

- Umidade resultante da produção dos componentes;
- Umidade proveniente da execução da obra;
- Umidade do ar ou proveniente de fenômenos meteorológicos;
- Umidade do solo.

As patologias decorrentes de movimentação higroscópica geralmente estão ligadas a problemas de infiltração, ou seja, seu sintoma mais acentuado acontece em regiões onde ocorre acúmulo de água. A variação de umidade apresenta como sintomas mais típicos as fissuras e o deslocamento da argamassa de revestimento dos panos de alvenaria, bem como de elementos estruturais como vigas e pilares.

Em estudo realizado por VALENTE (2005) há alguns exemplos de causa dessa patologia como:

- A utilização de solo estabilizado (solo-cimento ou solo-cal), assim como de saibro, na fabricação de argamassa de revestimento provocando a formação de fissuras, visto que estes materiais apresentam grandes variações volumétricas na presença de umidade;
- Em muros, peitoris e platibandas, que não estejam protegidos por rufos e chapins, onde a argamassa do topo absorve a água movimentando-se diferencialmente em relação ao resto da peça, provocando o seu destacamento;
- Nas fachadas dos edifícios, peitoris e saliências, que têm por função interromper fluxo de água que possa escorrer pela parede, devem ser bem projetados, pois caso contrário podem causar problemas em regiões localizadas na fachada;
- As chuvas provocam o umedecimento em alvenarias de blocos que por sua vez pode ocasionar microfissuras, devido à brusca variação de umidade.

Conforme apresentado por THOMAZ (1989), a quantidade de água absorvida por um material de construção depende da porosidade e da capilaridade, sendo a capilaridade o fator mais importante visto que na secagem de materiais porosos é a

capilaridade que provoca o surgimento de forças de sucção que conduzem a água até a superfície onde ela será evaporada.

As variações de teor de umidade dos materiais pode ser irreversível ou reversível. As irreversíveis são as que acontecem logo após a fabricação do material, já as reversíveis ocorrem por variação do teor de umidade do material ficando delimitada a certo intervalo.

Na Tabela 2.5 têm-se os valores das contrações reversíveis e irreversíveis de alguns materiais utilizados na construção.

Tabela 2.5 – Contração de argamassas e concretos em função do teor de umidade (adaptado de Building Research Station *apud* THOMAZ, 1989).

Material	Contração irreversível (%)	Contração reversível (%)
Argamassa	0,07	0,03
Concreto	0,05	0,03
Concreto celular (cura ao ar)	0,30	0,10
Concreto celular (cura em autoclave)	0,08	0,05

A Tabela 2.6 apresenta as propriedades higrotérmicas de alguns materiais utilizados na construção.

Tabela 2.6 – Propriedades higrotérmicas de alguns materiais de construção (adaptado de BRE *apud* THOMAZ, 1989).

Material	Coeficiente de dilatação térmica linear ( $^{\circ}\text{C} \cdot 10^{-6}$ )	Movimentação devido à umidade (%)		Módulo de deformação ( $\text{kN/mm}^2$ )
		Reversível	Irreversível (+) expansão (-) contração	
<b>Compostos à base de cimento</b>				
Argamassa	10 – 13	0,02 – 0,06	0,04 – 0,10 (-)	20 – 35
Concreto (seixo rolado)	12 – 14	0,02 – 0,06	0,03 – 0,08 (-)	15 – 36
Concreto (brita)	10 – 13	0,03 – 0,10	0,03 – 0,08 (-)	15 – 36
Concreto celular	8	0,02 – 0,03	0,07 – 0,09 (-)	1,4 – 3,2
Cimento com fibra de vidro	7 – 12	0,15 – 0,25	0,07 (-)	20 – 34
Cimento amianto	8 – 12	0,10 – 0,25	0,08 (-)	14 – 26
<b>Tijolos ou blocos vazados</b>				
Concreto	6 – 12	0,02 – 0,04	0,02 – 0,06 (-)	10 – 25
Concreto celular	8	0,02 – 0,03	0,05 – 0,09 (-)	3 – 8
Sílico-calcário	8 – 14	0,01 – 0,05	0,01 – 0,064 (-)	14 – 18
Barro cozido	5 – 8	0,02	0,02 – 0,07 (+)	4 – 26

As trincas oriundas de movimentação higroscópica apresentam a configuração para as alvenarias e para as peças estruturais, conforme apresentado nas Figuras 2.15 e 2.16.

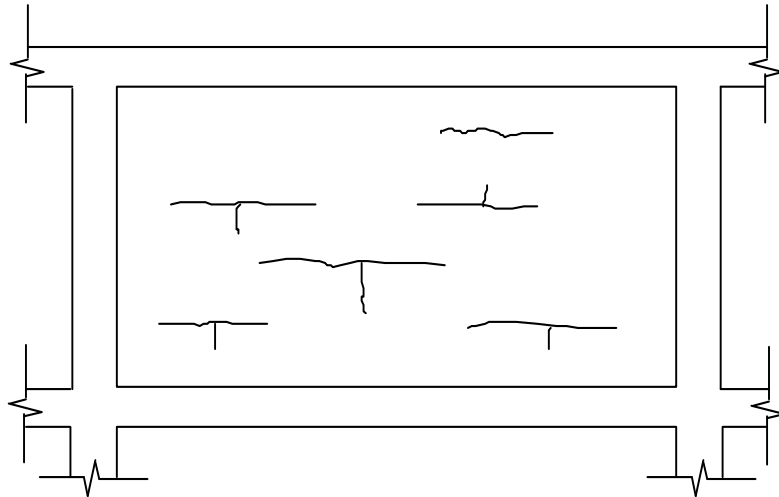


Figura 2.15 – Trincas horizontais na alvenaria provenientes da expansão dos tijolos (adaptado de THOMAZ, 1989).

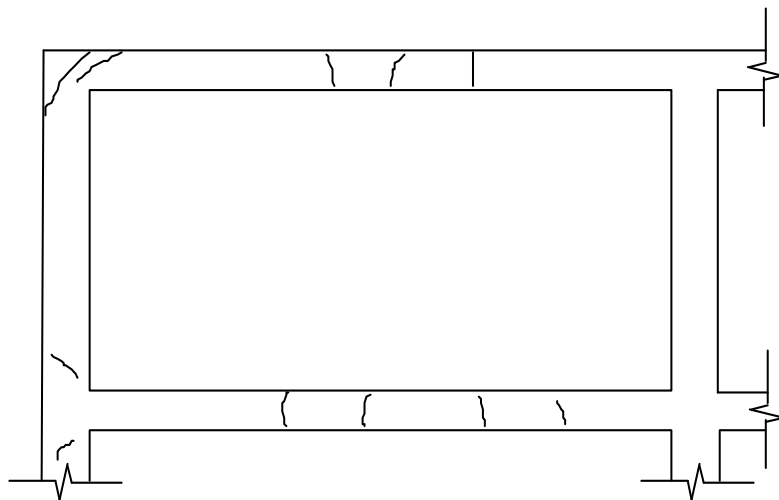


Figura 2.16 – Trincas nas peças estruturais (adaptado de THOMAZ, 1989).

Estas movimentações também podem originar destacamento entre componentes de alvenaria e argamassa de assentamento, conforme apresentado na Figura 2.17.

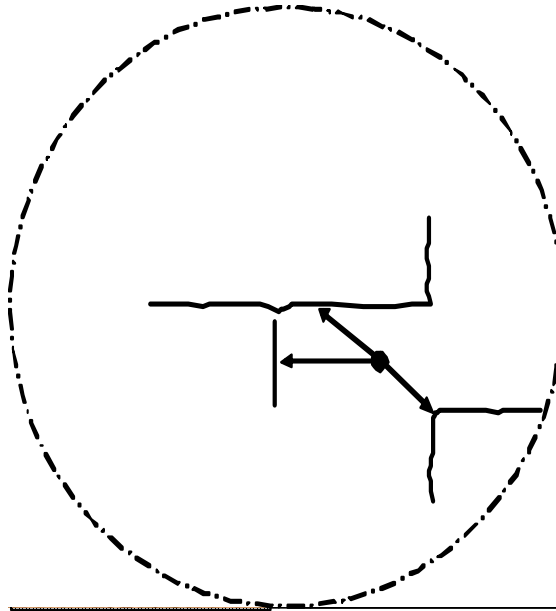


Figura 2.17 – Destacamentos - argamassa e componentes de alvenaria (THOMAZ, 1989).

Podem surgir também trincas na base da alvenaria, devido a problemas de umidade do solo em decorrência da falta de impermeabilização do cintamento ou mesma de uma impermeabilização mal executada e também no topo de muros, peitoris e platibandas sem a devida proteção de rufos e chapins. Segundo THOMAZ (1989), geralmente estas trincas vem acompanhadas de eflorescência, que é o acúmulo de sais solúveis existentes na argamassa que juntamente com água afloram até superfície.

A eflorescência só aparece se houver alguma infiltração ou umidade no local, pois é a água que carrega os sais até a superfície formando uma camada espessa, normalmente dura e de cor esbranquiçada. A melhor forma de se evitar essa patologia é isolar os pontos de infiltração, respeitar os tempos de cura na execução de cada etapa da obra e impermeabilizar a alvenaria.

## 2.5. Infiltração

Um dos grandes problemas relacionados a patologias decorrentes de impermeabilização está ligado a problemas principalmente a falhas de execução e de manutenção.



De acordo com PIRONDI (1988) embora a água seja o mais puro e imprescindível componente para a vida, são igualmente conhecidos os inconvenientes que ela causa nas construções humanas.

A fim de proteger as edificações desse efeito agressivo buscaram-se várias formas para torná-las mais estanques aos efeitos da água, especialmente as de subpressão e as de percolação intermitentes.

No Brasil as primeiras impermeabilizações utilizavam óleo de baleia na mistura das argamassas para o assentamento de tijolos e revestimentos das paredes das obras que necessitavam desta proteção. Mas a impermeabilização entendida como item da construção, ganhou especial impulso no Brasil durante as obras do Metrô da cidade de São Paulo, que se iniciaram em 1968.

É de grande importância adotar sistemas de impermeabilização adequados para evitar o aparecimento de patologias ligadas à impermeabilização. Isto porque a água tem uma grande agressividade, principalmente à água de chuva que possui muitos elementos agressivos tais como óxidos, fuligem dentre outros.

À medida que as edificações vão envelhecendo a resistência das mesmas quanto à penetração de água, seja de chuva, ou não, vai diminuindo, principalmente quando não são utilizados processos de impermeabilização adequados.

Conforme CHE (1986) apud PIRONDI (1988) tem-se que a impermeabilização é dentro da construção civil um serviço especializado, visto que se trata de um setor que exige uma razoável experiência, no qual os detalhes assumem um papel importante e onde a mínima falha, mesmo que localizada, pode comprometer todo o serviço.

A preocupação com a impermeabilização de uma edificação deve ser iniciada juntamente com o projeto arquitetônico. Isto porque a água penetra por três caminhos que são: trincas e rachaduras, pelos poros do material e por falhas no material como brocas e ninhos de concretagem. Um projeto adequado fará a compatibilização do material adequado com a estrutura a ser impermeabilizada, bem como um maior cuidado no traço e na execução do concreto e da argamassa de revestimento que contribuem para a melhoria da impermeabilização.

CUNHA e NEUMANN (1979) classificam as impermeabilizações em duas formas principais:

- De acordo com a atuação da água sobre o elemento de construção, que leva em consideração a proteção contra água de percolação (coberturas e fachadas), água de pressão (subsolo e caixa d'água) e umidade por capilaridade (elementos de construção em contato com bases alagadas ou úmidas);
- De acordo com o comportamento físico do elemento de construção, que leva em consideração as impermeabilizações de elementos de construção onde normalmente se prevê a ocorrência de trincas (locais onde há alterações dimensionais, como balanços, etc.) e de elementos de construção não sujeitos a fissuração e trincas.

A falta de impermeabilização ou sua execução de forma inadequada provoca o aparecimento de patologias que podem comprometer a durabilidade das edificações, diminuindo assim sua vida útil, podendo a longo prazo provocar o seu colapso. Além disso, as manifestações patológicas comprometem a saúde, segurança do usuário e a estética do imóvel.

Conforme relatado por VERÇOZA (1985) apud LIMA et al. (1998) as patologias ocasionadas pela penetração de água nas edificações são:

- Manchas: A água ao atravessar uma barreira, como por exemplo, uma alvenaria, fica aderente, resultando daí uma mancha;



Figura 2.18 – Exemplo de manchas na estrutura, devido problemas de impermeabilização.

- Infiltração: Quando a quantidade de água é maior ela pode pingar, ou até fluir resultando em uma infiltração;
- Mofo e bolor: É a ocorrência de fungos vegetais aderentes à alvenaria, escurecendo sua superfície e desagregando-a;



Figura 2.19 – Exemplo de manchas, infiltração, mofo e bolor.

- Ferrugem: Oxidação do ferro ou do aço, oxidação esta favorecida pela ação da umidade;



Figura 2.20 – Exemplo de oxidação da armadura, devido a problemas de umidade.

- Eflorescência: Formações salinas nas superfícies das paredes, trazidas de seu interior pela umidade. Apresenta-se com aspecto esbranquiçado à superfície da pintura ou reboco;



Figura 2.21 – Detalhe de eflorescência “estalactite” na estrutura.

- Criptoflorescência: Formação de cristais no interior da parede ou estrutura pela ação de sais. Causam rachaduras e até a queda da parede;

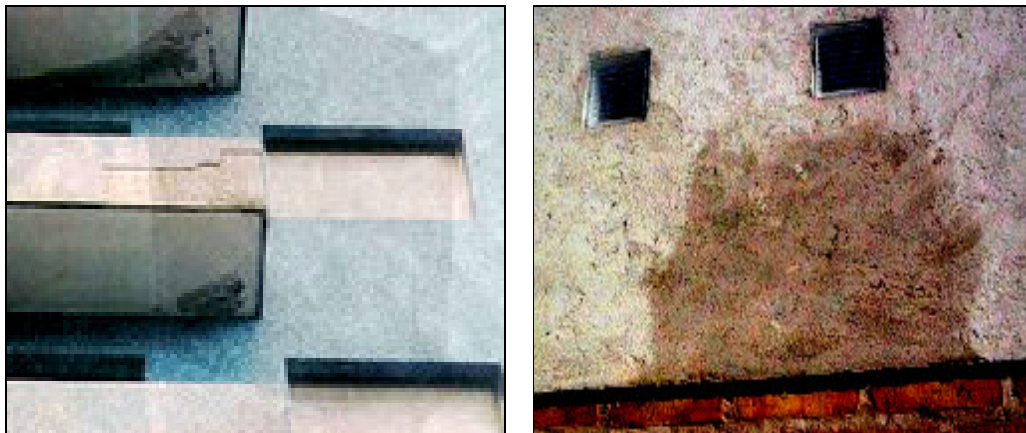


Figura 2.22 – Detalhe de criptoflorescência.

- Gelividade: Ação da água depositada nos poros e canais capilares dos materiais que ao se congelar podem causar a desagregação dos mesmos devido ao seu aumento de volume;
- Deterioração: Degradação do reboco e/ou estrutura quando exposta à ação da umidade.



Figura 2.23 – Detalhe de deslocamento da estrutura devido à ação da umidade.

No estudo realizado por GONÇALVES et al. (2005) levantaram-se as características que o revestimento de impermeabilização deve possuir:

- Ser capaz de se opor à passagem de água do exterior para a camada subjacente, para dar satisfação à exigência de estanqueidade à água, a principal exigência de aptidão ao uso dos revestimentos de impermeabilização;
- O revestimento deve possuir um aspecto razoável;
- Não conter componentes solúveis na água capazes de causar manchas nos edifícios com os quais possa entrar em contacto;
- A necessária resistência mecânica;
- Resistir sem deterioração às rajadas de vento de maior intensidade, bem como ao efeito de fadiga nos materiais causados pelos ventos de velocidade menos intensa.

Em relação às exigências relativas à conservação das suas qualidades, os materiais utilizados nos revestimentos de impermeabilização devem ser compatíveis entre si, com todo sistema de impermeabilização e com os materiais de uso corrente na construção com os quais a impermeabilização poderá estar em contacto direta ou indiretamente, por intermédio de produtos dissolvidos e transportados pela água.

Os movimentos do suporte e as solicitações mecânicas (estáticas e dinâmicas) podem influenciar o desempenho do revestimento de impermeabilização podendo alterar as suas qualidades. Assim, de acordo com as características de qualidade apresentadas tem-se que o revestimento de impermeabilização deve conservar sua qualidade de forma satisfatória durante um período suficiente, pelo menos igual a 10 anos, para os revestimentos de impermeabilização auto-protegidos ou com uma proteção ligeira, e ter uma vida útil superior a esta para os revestimentos com proteção pesada.

Para que todo o sistema funcione adequadamente é importante projetar sistemas de impermeabilização compatíveis com o local a ser tratado, visto que o número de materiais existentes é diversificado, então somente conhecendo as características e o campo de aplicação do local a ser tratado, com uma seleção adequada do sistema é que conduzirá a um bom desempenho do sistema que integram.

No caso de aplicação de reimpermeabilização, conforme USSAN (1997), este processo é muito parecido ao de uma impermeabilização executada pela primeira vez. A reimpermeabilização deve ser baseada em um tripé: testes, diagnóstico do problema e solução. Esta deve ser adequada para devida correção e ser eficiente, no sentido de não se realizar os mesmos erros que originaram os problemas. Na vistoria deve ser feita uma análise dos pontos de vazamento tais como: verificação da instalação hidráulica, observar a existência de postes, piscinas e floreiras, observar a existência de desnível entre as partes internas e externas das portas e também colher informações para saber como ocorre a infiltração, se depender da chuva deve-se verificar a sua direção e intensidade.

A coleta de dados é o primeiro passo de um roteiro, para a obtenção de soluções eficientes, ou seja, a execução dos testes de estanqueidade, para diagnosticar o problema e então adotar a solução mais correta. Com a execução dos testes deve-se traçar um plano de trabalho, que vise causar o menor transtorno e perturbação possível ao usuário. A última etapa compreende a execução dos serviços.

No estudo realizado por USSAN (1997), os sistemas a serem utilizados na reimpermeabilização podem ser divididos em rígido e flexível. O sistema rígido compreende o uso dos seguintes materiais: concreto impermeável, argamassa impermeável, cimentos especiais (aqueles fabricados por cristalização e, ou tamponamento de superfícies) e argamassa especial (vem com os componentes balanceados da fábrica). O sistema flexível incorpora as membranas (asfálticas

com ou sem armadura ou com elastômeros em solução) e as mantas (asfálticas com armadura, PVC, EPDM e Butyl).

## 2.6. Processos de Recuperação

O aparecimento de problemas patológicos nas edificações implica na existência de falhas que podem ser decorrentes de projeto e/ou execução e/ou manutenção. Dentre estas etapas construtivas há falhas devido à utilização de materiais inadequados bem como mão de obra desqualificada.

Após o surgimento das falhas inicia-se uma nova etapa que é o projeto com sua devida especificação técnica para recuperação da edificação. O projeto de recuperação deve citar todos os reparos a serem executados, explicando cada etapa executiva do mesmo. A próxima etapa deve apresentar todos os materiais e equipamentos a serem utilizados.

Para adotar medidas terapêuticas adequadas deve-se ter o conhecimento da patologia através de seu diagnóstico, detectando assim, os sintomas, os mecanismos, as causas e as origens, conforme demonstrado na Figura 2.24.

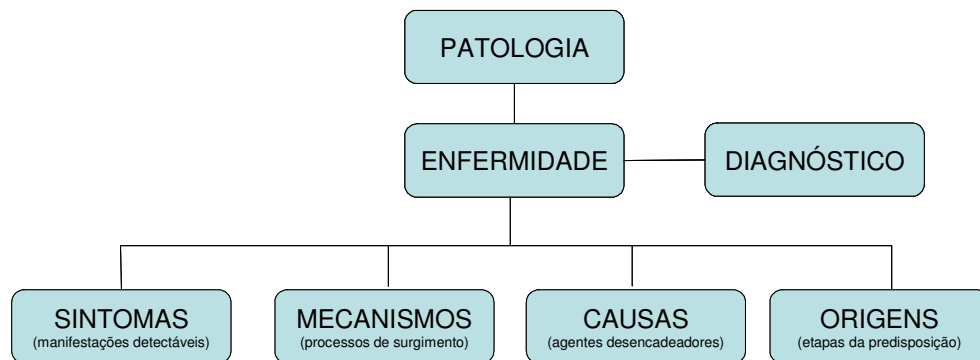


Figura 2.24 – Árvore de detecção da patologia (adaptado de PIANCASTELLI, 2003).

Para PIANCASTELLI (2003), os tratamentos nas edificações que necessitam de recuperação e/ou reparo devem ser tratados adequadamente para que não ocorra a perda da estrutura, conforme Figura 2.25.

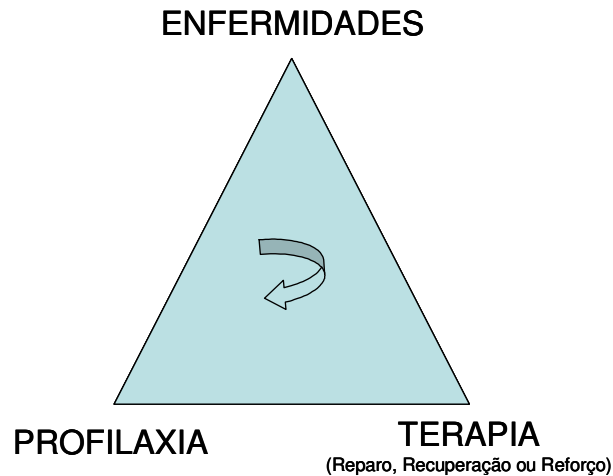


Figura 2.25 – Medidas possíveis com relação às enfermidades (PIANCASTELLI, 2003).

De acordo com RIPPER & COSTA (1998), a necessidade de recuperar ou reforçar uma estrutura deriva, na grande maioria dos casos, do fraco desempenho da mesma, comparativamente às expectativas para as quais foi concebida.

Segundo HELENE & FIGUEIREDO (2003), *“Para obter êxito nas medidas terapêuticas de correção, reparo, reforço ou proteção, é necessário que não apenas o estudo precedente, o diagnóstico da questão, tenha sido bem conduzido, mas principalmente que se conheçam muito bem as vantagens e desvantagens dos materiais, sistemas e cada um dos procedimentos de recuperação de estruturas de concreto, pois para cada situação particular existe uma melhor alternativa de intervenção”*.

Para que seja feita a adoção da medida terapêutica correta é necessário seguir uma série de procedimentos, conforme LICHTENSTEIN (1986):

#### **a) Vistoria no local**

Esta etapa engloba várias fases que são a vistoria propriamente dita realizada através de instrumentos (ponteiro, talhadeira, furadeira, gabaritos tipo fissurômetro, EPI's, etc.), a fase de anamnese (entrevistas e análises com intenção de ser um ponto inicial no diagnóstico da patologia), a fase de exames complementares e a



fase de pesquisa. À medida que não se consegue diagnosticar vai sendo necessário utilizar outras fases.

**b) Diagnóstico**

Busca-se a determinação dos mecanismos de ocorrência, com suas causas e origens.

**c) Prognóstico**

Estudam-se as alternativas de intervenção, definindo assim a conduta a ser adotada.

**d) Definição da conduta**

Pode-se optar pela morte da estrutura, que é sua “amputação” ou demolição ou a opção pode ser pela intervenção e adoção de terapia que pode ser reparo, recuperação, reforço, restrição de uso ou proteção;

**e) Execução**

**f) Avaliação**

### g) Registro do caso

No tratamento das patologias é necessária que sejam seguidos, além dos procedimentos descritos anteriormente, uma integração entre os agentes envolvidos, de forma que não ocorram novos problemas patológicos, conforme Figura 2.26.

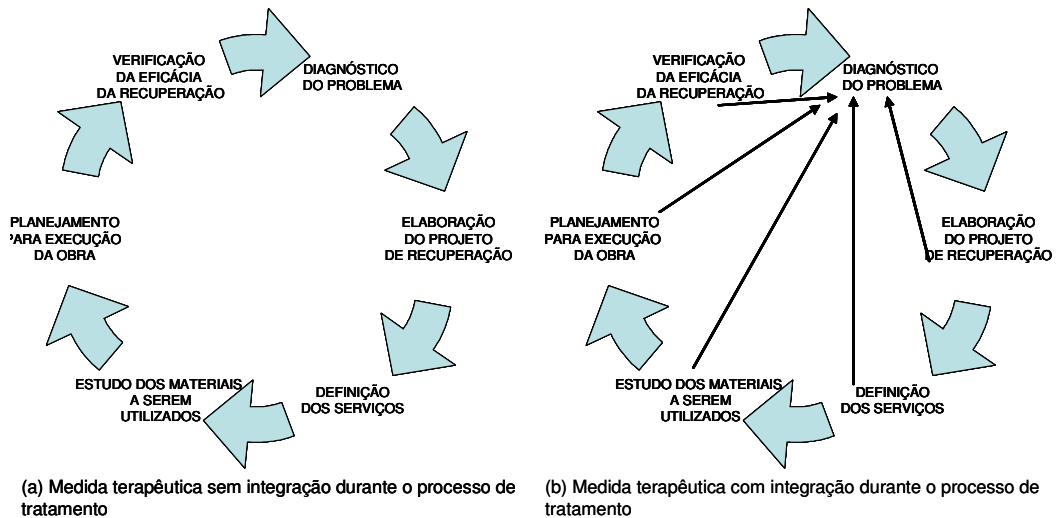


Figura 2.26 – Formas de terapia para o tratamento de patologias (adaptado de MELHADO, 1994).

Assim, o processo de tratamento e vistoria de edificações tem que atuar de forma a fazer com que este processo ocorra de maneira integrada entre os envolvidos no tratamento, ou seja, devem programar um tratamento de forma coordenada entre todos.

Na Tabela 2.7, apresentada no estudo de RIPPER & COSTA (1998), faz-se uma comparação entre as causas dos fenômenos patológicos e as fases do processo de construção, verificam-se que grande parte das patologias, tem sua origem na fase de concepção e projeto.

Tabela 2.7 – Correspondência entre as causas dos fenômenos patológicos nas construções e as fases do processo de construção (%) (RIPPER & COSTA, 1998).

Fonte de pesquisa	Concepção e projeto	Materiais	Execução	Utilização e Manutenção	Outros
Espanha	41	13	31	11	4
Bélgica	49	15	22	9	5
Reino Unido	49	11	29	10	1
Alemanha	37	14	30	11	8
Dinamarca	36	25	22	9	8
Romênia	37	22	19	11	11
C.E.B Boletim 157 (82)	50		40	10	
Building Research Establishment (U.K, 76)	50	10	30	10	
D. Plum & J. Hayes (Edinburgh, 83)	46	11	33	10	
Cóias e Cachadinha (Lisboa, 1983)	12		81	7	
Jean Blénot (PARIS, 1974)	35		58	7	
J. Loss (U.S.A, 87)	62		32	6	
J. Hauser (U.S.A, 79)	36	10	44	5	5
Faculdade de Eng. da Fund. Armando Álvares Penteado (SP, 89)	18	6	52	14	10
P. Aranha, D. Molin (IBRACON, 94)	30	5	39	26	
E.N.R. (U.S.A, 79)	10	10	65	15	
L.E.M.I.T. (CARACAS, 75)	20	43	23	14	
T. Ripper (LISBOA, 97)	36	17	32	9	6

Por meio do estudo de HELENE & FIGUEIREDO (2003), tem-se também que as manifestações patológicas possuem origem na maior parte das vezes nas fases de projeto, planejamento e execução, conforme apresentado na Figura 2.27.

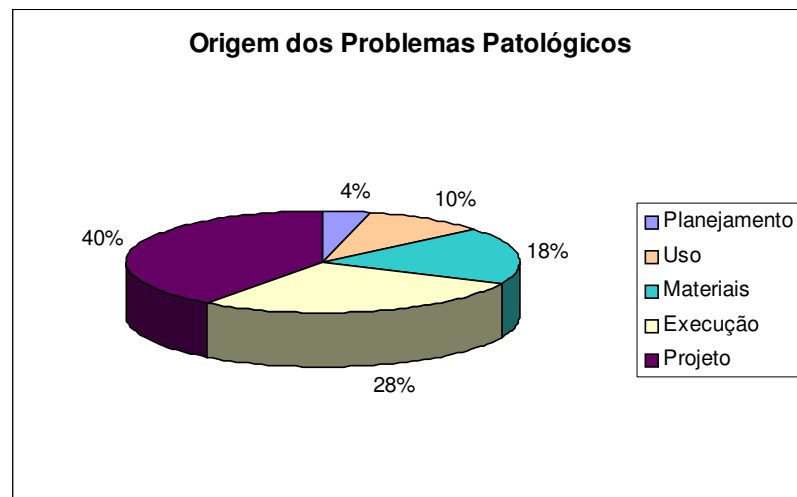


Figura 2.27 – Origem dos problemas patológicos com relação às etapas de produção e uso das obras civis (adaptado de HELENE & FIGUEIREDO, (2003).

No estudo realizado por CARMONA & MAREGA (1988) e apresentado por FIGUEIREDO & O'REILLY (2003), observa-se que a maior parte das origens de patologias encontra-se na execução, conforme Figura 2.28.

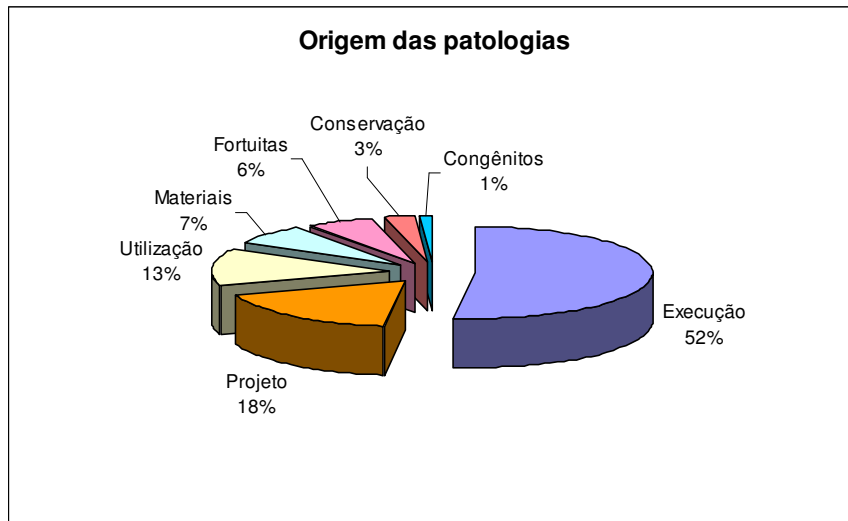


Figura 2.28 – Principais problemas patológicos quanto sua origem (adaptado de CARMONA & MAREGA, 1988 *apud* FIGUEIREDO & O'REILLY, 2003).

A Figura 2.29 mostra através do estudo de CARMONA & MAREGA (1988) e apresentado por FIGUEIREDO & O'REILLY (2003) que a maior incidência dos problemas patológicos das edificações são as fissuras.

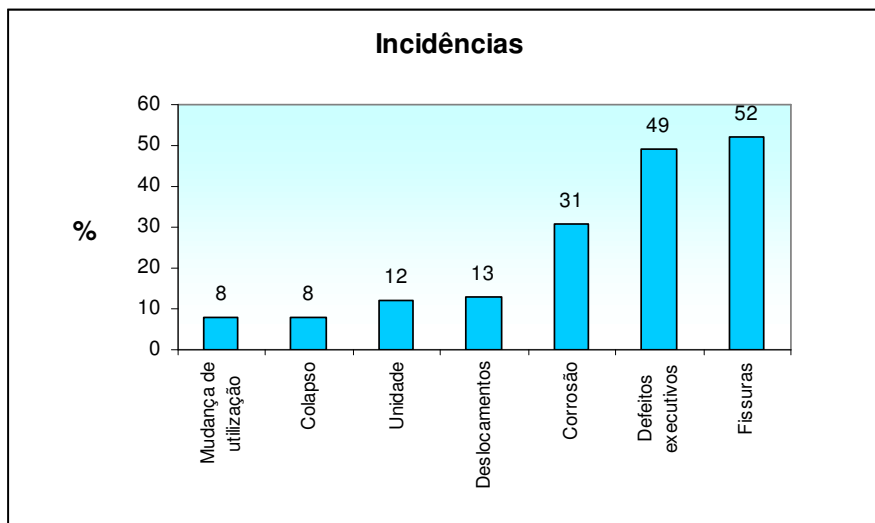


Figura 2.29 – Principais incidências dos patológicos (adaptado de CARMONA & MAREGA, 1988 *apud* FIGUEIREDO & O'REILLY, 2003).

A durabilidade das edificações está ligada à qualidade, mas mesmo com todo avanço tecnológico dos últimos anos não tem havido uma redução dos problemas patológicos.

De acordo com FIGUEIREDO & O'REILLY (2003) o ambiente hoje em dia é mais agressivo que o de décadas atrás, além disso, o aperfeiçoamento de técnicas de dimensionamento mais avançadas e, portanto, mais econômicas, também interferem negativamente na durabilidade das edificações. Assim, FIGUEIREDO E O'REILLY (2003) concluem ainda que as estruturas de concreto armado contemporâneas estejam cada vez mais vulneráveis ao aparecimento precoce de manifestações patológicas.

No caso da especificação dos materiais a serem utilizados no reparo é importante que a mesma descreva as características e propriedades básicas que o mesmo deve possuir. É importante que seja dada estas instruções devido ao grande número de materiais que existem atualmente no mercado.

De acordo com HELENE e RINCÓN (2003) o número de materiais disponíveis nos processos de recuperação é muito grande e constantemente são desenvolvidos e lançados novos produtos em um mercado francamente em expansão que, segundo MAILVAGANAM (1991), nos últimos 20 anos cresceu nos Estados Unidos, a uma taxa de 30 a 50% maior que o crescimento da Construção Civil nesse mesmo período.

HELENE (1992) classifica os materiais de reparo em 3 grupos: argamassas cimentícias, argamassas modificadas com polímeros e argamassas com base resina. O número de materiais disponíveis é muito grande e permanentemente são desenvolvidos e lançados novos produtos.

Não existe ainda uma terminologia normalizada ou adotada pelo setor, de tal modo que a identificação imediata da natureza e características principais de um produto possa ser feita a partir de seu nome comercial.

Assim foi proposta uma classificação e organização dos produtos destinados à proteção, reparo e reforço de estruturas como: concreto de cimento Portland, argamassas poliméricas e argamassas orgânicas.

Na classificação apresentada por HELENE e RINCÓN (2003) tem-se que os materiais a serem utilizados para reparo são:

- Concreto de cimento Portland: material tradicionalmente usado em reparos e reforços. Na grande maioria dos casos requer um traço especialmente formulado que altere para melhor algumas de suas características naturais, como resistências iniciais, ausência de retração por secagem, baixa permeabilidade e outras propriedades obtidas com o emprego de aditivos e adições;
- Argamassas poliméricas: argamassas à base de cimento portland modificadas com polímeros, com agregados de graduação adequada;
- Aditivos: formulados para melhorar algumas propriedades dos concretos e das argamassas tanto no estado fresco quanto no endurecido;
- Grautes base cimento: material fluido e auto-adensável no estado recém-misturado, formulado para preencher cavidades e subsequentemente tornar-se aderente, resistente e sem retração no estado endurecido;
- Argamassas e grautes orgânicos: formulados com resinas orgânicas cuja aglomeração e resistência do conjunto são obtidas pelas reações de polimerização e endurecimento dos componentes das resinas, em ausência de água;
- Revestimentos monolíticos e sistemas de polímeros reforçados com fibras – PRF: materiais compósitos de fibras inorgânicas em matriz de resinas orgânicas;
- Barras de material composto reforçadas com fibras de FRP: são fibras banhadas por uma matriz polimérica, que pode ser de resina de poliéster, “vinylester” ou epóxicas dependendo da forma que se queira dar;
- Silicatação: silicatação da superfície de concreto é uma série de procedimentos similares que visam tamponar os poros superficiais e endurecer as superfícies de concreto ou argamassa;
- Óleos: óleos de soja, peroba e certos ácidos como o linólico e oléico, que têm consistência oleosa e podem ser usados para impermeabilização e proteção da superfície de concreto;

- Vernizes e hidrofugantes de superfície: são pinturas aplicadas à superfície da estrutura de concreto destinadas a protegê-las e impermeabilizá-las, sem alterar substancialmente seu aspecto;
- Tintas orgânicas: são dispersões de pigmentos em aglutinantes que, quando aplicadas em finas camadas sobre uma superfície, sofrem um processo de secagem ou cura formando um filme impermeável;
- Pinturas betuminosas e de alcatrão de hulha base epóxi: são aplicadas em duas ou mais demãos, sendo que a primeira demão serve para dar aderência ao substrato;
- Selantes: são materiais utilizados nas juntas de movimentação das estruturas de concreto, com objetivo de impedir a passagem de líquidos, gases, vapor ou partículas sólidas para o interior da estrutura;
- Adesivos e primers: utilizados como ponte de aderência entre dois outros materiais. Promovem melhoria da aderência entre os diversos materiais;
- Produtos para ancoragem e emendas de barras de aço: são em geral de base polimérica, podendo ser misturados in loco ou na forma de cartuchos prontos;
- Concretos e argamassas de pega / endurecimento rápido;
- Tijolos anticorrosivos: dão proteção contra ataque químico severo;
- Argamassas de enxofre: são úteis para proteção contra ácidos oxidantes.

Como é grande a diversidade de materiais que podem ser utilizados em reforço e/ou recuperação de edificações é necessário que para obter uma análise adequada do tipo de material a ser adotado deve ser seguido à seqüência apresentada na Figura 2.30.

Mas, além da importância de escolher o material adequado para cada tipo de reparo a mão de obra também é um fator importante para que o processo de recuperação da edificação atinja o desempenho especificado no projeto.

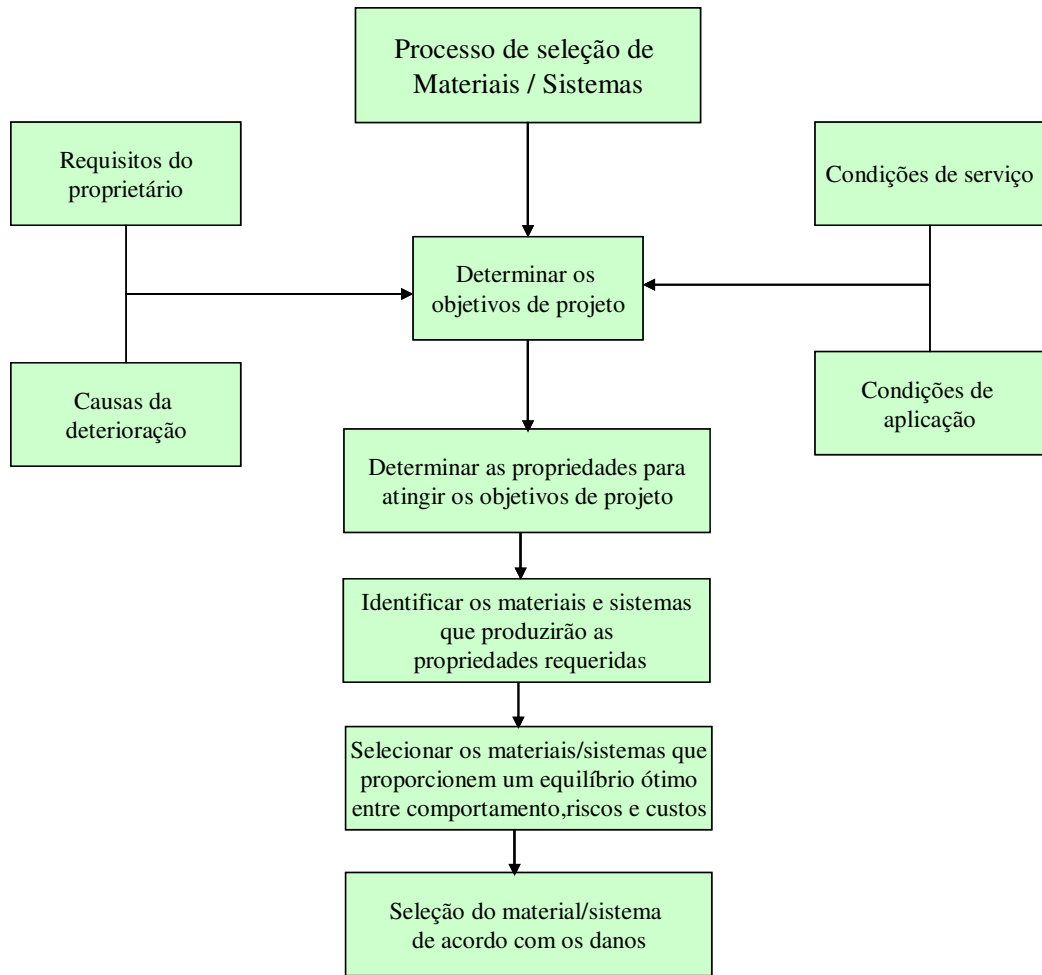


Figura 2.30 – Principais etapas para a seleção de materiais e/ou sistemas (adaptado HELENE e RINCÓN, 2003).



## **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

---

A verificação da necessidade de recuperação e/ou reforço em edificações foi realizada através de análises que englobam questões relativas ao custo de se fazer tal processo, bem como a rapidez necessária à liberação da edificação. Outro ponto que geralmente é levada em conta diz respeito a questões de utilização de tratamentos convencionais neste processo, pela facilidade de mão de obra para execução deste tipo de tratamento.

### **3.1. Materiais**

A metodologia da presente pesquisa escolheu caracterizar as patologias de edificações do TJMG, observando as de maior incidência, com as causas e sintomas que as originaram, bem como as medidas terapêuticas adotadas para as mesmas. Assim, neste Capítulo foram definidas as edificações objeto de estudo que passaram por tratamento há pelo menos 3 (três) anos, sendo que neste período será avaliada a eficácia da terapia adotada.

#### **3.1.1. Definição do prazo de análise pós - tratamento**

Para definição do período de três anos baseou-se em um estudo de BERNARDES et al. (1998), que avaliou os oito principais grupos de defeitos: hidráulica, paredes, impermeabilização, esquadrias de alumínio, esquadrias de madeira, azulejos, piso cerâmica e elétrica, concluindo que: “O tempo mínimo necessário ao aparecimento de possível retorno de problemas patológicos decorrentes de uma solução inadequada para a recuperação deve ser para um período completo de cinco anos, não apenas por tratar de um período de garantia legal, mas também porque é neste período em que a incidência de defeitos é mais baixa”.

Apesar da consideração do tempo mínimo de cinco anos para análise de defeitos, os estudos de caso a serem conduzidos serão em edificações que tiveram sua recuperação efetuada há pelo menos três anos. A escolha por este período deve-se ao fato de que as edificações que serão objetos de estudos de casos já são de conhecimento da autora e a mesma vem acompanhando a reforma e o desempenho destas edificações neste período. Também ao observar a Figura 3.1 apresentada por BERNARDES et al. (1998) temos que para o grupo de defeito analisado, as incidências de defeitos sempre começam a cair a partir do terceiro

ano, conforme observado na figura relativa à porcentagem de incidências, que é acumulativa.

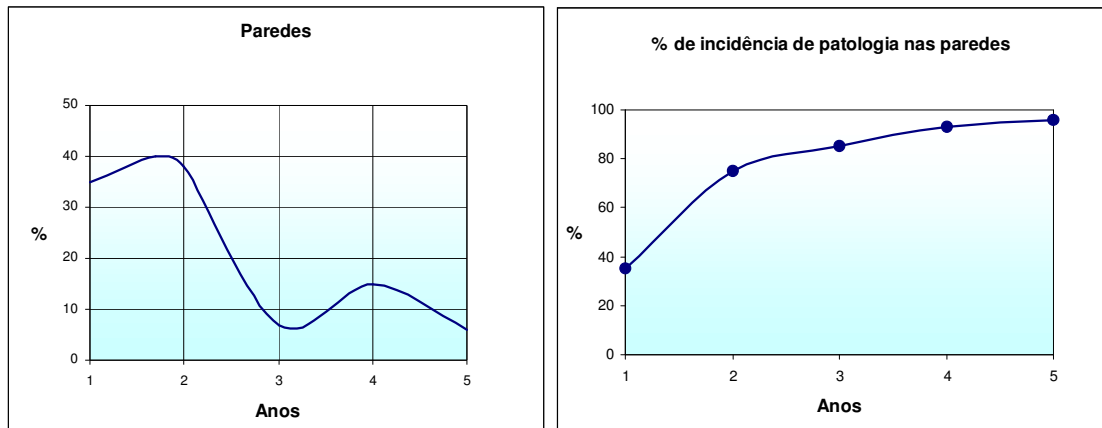


Figura 3.1 – Incidência de defeitos nas Paredes (adaptado de BERNARDES et al., 1998).

Na parte esquerda da Figura 3.1 apresenta-se a incidência das patologias ano a ano, já na parte direita desta mesma figura apresenta a incidência de forma acumulativa.

BERNARDES et al. (1998) afirmam que independente da idade da obra, percentualmente a distribuição dos defeitos parece convergir, indicando que os defeitos podem variar quanto ao número de incidências, mas a sua distribuição é semelhante.



Figura 3.2 – Incidência de defeitos nas Impermeabilizações (adaptado de BERNARDES et al., 1998).

Na Figura 3.2 de BERNARDES et al. (1998), observa-se que os defeitos de impermeabilização nos dois primeiros anos apresentam uma queda gradual, para voltar a crescer do segundo para o terceiro ano. As patologias decorrentes de problemas de impermeabilização continuam a apresentar alta incidência de não-conformidade após os cinco anos de estudo. Nesta Figura as incidências também apresentam porcentagem acumulativa ao longo dos anos.

Através da análise de incidência dos oito principais grupos de defeitos realizados por BERNARDES et al. (1998), chegou-se a Figura 3.3.

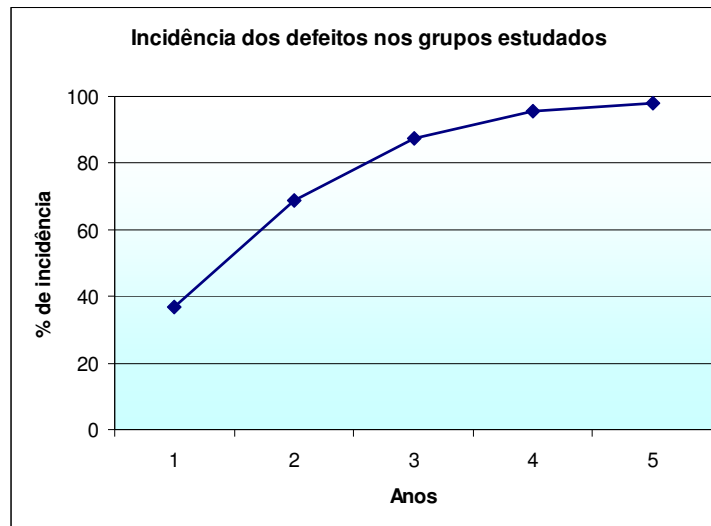


Figura 3.3 – Incidência percentual do total de defeitos ao longo de 5 anos (adaptado de BERNARDES et al. (1998).

Verifica-se pela Figura 3.3, que a partir do terceiro ano já ocorreu mais de 80% dos defeitos construtivos.

O SindusCon-SP chegou a resultados semelhantes ao apresentado por BERNARDES et al. O levantamento realizado pelo SindusCon-SP foi baseado nas chamadas de assistência técnica recebidas por 12 construtoras totalizando 78 empreendimentos com idades entre zero e cinco anos, conforme publicado na Revista Construção Mercado nº 72 de julho de 2007. Neste caso, as solicitações de maior incidência estavam relacionadas a problemas hidráulicos, revestimento interno e esquadrias/vidros.

Outro ponto que pode ser observado é que as patologias apresentadas nas edificações estudadas que passam por medidas corretivas obedecem a certa padronização. Conseqüentemente as medidas corretivas adotadas acabam

acompanhando também uma padronização, que não significa eficiência no tratamento.

Com isto, a análise das medidas terapêuticas após 3 (três) anos de tratamento vem ratificar ou alterar de forma sistemática os tratamentos adotados nas patologias encontradas nas edificações do TJMG.

## **3.2. Métodos**

### **3.2.1. Determinação das edificações e patologias estudadas**

Para avaliação do processo terapêutico implementado e para definição das edificações estudadas, será apresentado um quadro contendo a situação em que as edificações estavam antes de passar pelo processo de recuperação e/ ou reforço, informando o tratamento realizado e fazendo uma análise da situação atual. Para tanto foram coletadas informações, in loco, das obras submetidas a processos de recuperação, analisando a reincidência ou não de patologias.

Tanto na vistoria realizada para definição do tratamento quanto à vistoria realizada após o tratamento foi a de Nível 1, de acordo com a classificação da Norma de Inspeção Predial do IBAPE-SP (2001). Este classifica as vistorias da seguinte forma:

- Nível 1: vistoria para a identificação das anomalias aparentes;
- Nível 2: vistoria para a identificação de anomalias aparentes, com o auxílio de equipamentos, elaborada por profissionais de diversas especialidades;
- Nível 3: vistoria para a identificação de anomalias aparentes e das ocultas constatáveis, com o auxílio de equipamentos, incluindo testes e ensaios locais e/ou laboratoriais específicos, elaborada por profissionais de diversas especialidades.

No caso da definição das edificações a serem estudados os requisitos considerados foram:

- a) Sintomas observados com as respectivas causas de maior incidência, sendo que as edificações já devem ter passado por um processo de reforço e/ou recuperação a pelo menos três anos;
- b) Verificação da origem das patologias, relacionadas com seus defeitos.

Para seleção das edificações, foram utilizadas edificações do TJMG levantadas na dissertação de Mestrado de ASSUNÇÃO (2005) e nas edificações levantadas na monografia de Especialização de VALENTE (2005).

ASSUNÇÃO (2005) citou vinte e sete edificações do TJMG que foram alvo de reformas relacionadas com reparo, reforço ou recuperação situadas nas seguintes cidades: Abre Campo, Belo Horizonte (Prédio da CEOP), Entre Rios de Minas, Manhuaçu, Mercês, Ponte Nova, Prados, Raul Soares, Tombos, Ipanema, Jacinto, Luz, Matozinhos, Manhumirim, Sacramento, Bueno Brandão, Carmo do Rio Paranaíba, Cássia, Cataguases, Congonhas, Corinto, Sabará, Açucena, Alto Rio Doce, Bonfim, Guapé, Piranga.

Destas vinte e sete edificações apresentadas foram escolhidas seis, estudadas pelo mesmo: Sacramento, Belo Horizonte (Prédio da CEOP), Congonhas, Sabará, Cataguases e Açucena.

VALENTE (2005) citou vinte e quatro edificações, apresentando a origem de suas patologias: Além Paraíba, Araguari, Bambuí, Barbacena, Bicas, Brasília de Minas, Buenópolis, Congonhas, Contagem, Corinto, Coronel Fabriciano, Elói Mendes, Entre Rios de Minas, Inhapim, Ituiutaba, Itumirim, Juiz de Fora, Paraguaçu, Poços de Caldas, Presidente Olegário, Santo Antônio do Monte, Tarumirim, Timóteo – Fórum, Timóteo – Casa. Foi apresentado estudo de caso para todas as cidades, descrevendo os sintomas e as medidas terapêuticas adotadas.

Assim, as Tabelas 3.1 e 3.2, sintetizam as edificações estudadas por ASSUNÇÃO (2005) e VALENTE (2005) respectivamente, com os sintomas e causas observadas.

Tabela 3.1 – Levantamento dos sintomas e causas observadas por ASSUNÇÃO (2005).

Cidades (MG)	Sintomas observados: Trincas		Causas Observadas	Data da Reforma
	Alvenaria	Estrutura		
Abre Campo			Sobrecarga em estruturas de concreto	1998
Açucena			Deformação excessiva (princípio de ruína)	2002
Alto Rio Doce			Deformação excessiva (princípio de ruína)	2003
Belo Horizonte			Sobrecarga em estruturas de concreto	1993
Bonfim			Deformação excessiva (princípio de ruína)	1999
Bueno Brandão			Recalques de fundação	1999
Carmo do Paranaíba			Recalques de fundação	2000
Cássia			Recalques de fundação	2000
Cataguases			Recalques de fundação	1999
Congonhas			Recalques de fundação	1998
Corinto			Recalques de fundação	2003
Entre Rios de Minas			Sobrecarga em alvenarias	2004
Guapé			Deformação excessiva (princípio de ruína)	1998
Ipanema			Deformação excessiva	1998
Jacinto			Deformação excessiva	1999
Luz			Deformação excessiva	2002
Matozinhos			Deformação excessiva	2003
Manhuaçu			Sobrecarga em alvenarias	2001
Manhumirim			Deformação excessiva	2000
Mercês			Sobrecarga em alvenarias	2002
Piranga			Fissuras, por flexão nas lajes	2005
Ponte Nova			Sobrecarga em alvenarias	2002
Prados			Sobrecarga em alvenarias	2001
Raul Soares			Sobrecarga em alvenarias	2001
Sacramento			Deformação excessiva	1997
Sabará			Recalques de fundação	1995
Tombo			Sobrecarga em alvenarias	2002

Tabela 3.2 – Levantamento dos sintomas e causas observadas por VALENTE (2005).

Cidades (MG)	Sintomas Observados		Causas Observadas	Data da Reforma
	Alvenaria	Estrutura		
Além Paraíba			Mov. higroscópica, impermeabilização	2003
Araguari			Mov. higroscópica, impermeabilização, recalque	-
BambuÍ			Mov. higroscópica e térmica, impermeabilização, sobrecargas e deformabilidade	2004
Barbacena			Deformabilidade da estrutura, Mov. Higroscópica	2004
Bicas			Mov. higroscópica e térmica, impermeabilização, sobrecarga	-
Brasília de Minas			Mov. higroscópica, recalque de fundação	2005
Buenópolis			Mov. higroscópica, impermeabilização	2003
Congonhas			Mov. higroscópica, impermeabilização, recalque	1998
Contagem			Sobrecarga	2004
Corinto			Mov. higroscópica, impermeabilização, recalque	2003
Coronel Fabriciano			Mov. higroscópica, impermeabilização, recalque, deformabilidade	2003
Elói Mendes			Problema de vedação de esquadrias	2004
Entre Rio de Minas			Deformabilidade da estrutura	2004
Inhapim			Movimentação higroscópica	2004
Ituiutaba			Mov. higroscópica, sobrecarga na alvenaria	-
Itumirim			Mov. higroscópica, recalque de fundação	2005
Juiz de Fora			Sobrecarga na alvenaria	-
Paraguaçu			Movimentação higroscópica	2006
Poços de Caldas			Sobrecarga	2001
Presidente Olegário			Mov. higroscópica, impermeabilização, recalque, sobrecargas	-
Santo Antônio do Monte			Mov. higroscópica, recalque, sobrecargas	2005
Tarumirim			Mov. higroscópica, impermeabilização	2007
Timóteo – Fórum			Mov. higroscópica e térmica, impermeabilização, sobrecarga	2005
Timóteo – Casa			Mov. higroscópica, impermeabilização, sobrecarga	2005

Através dos estudos apresentados nas Tabelas 3.1 e 3.2, observa-se na Figura 3.4 que o sintoma de maior incidência está relacionado a trincas em alvenaria.

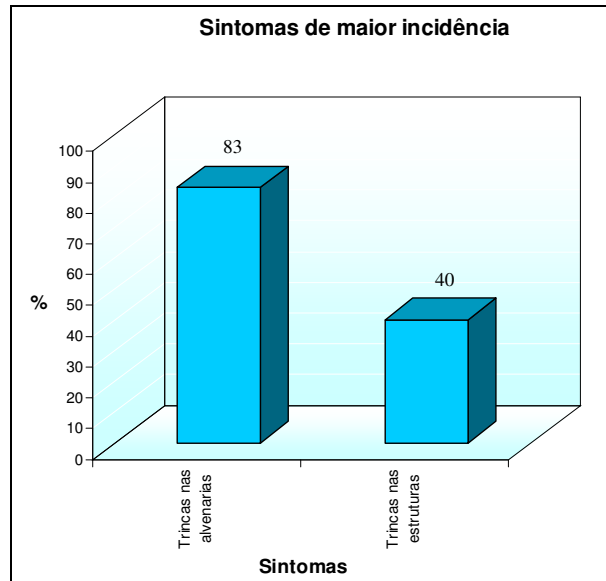


Figura 3.4 – Levantamento dos sintomas de maior incidência observados nos prédios (levantamento de ASSUNÇÃO, 2005 e VALENTE, 2005).

Já em relação às causas de maior incidência, verifica-se na Figura 3.5 que são: sobrecarga em alvenarias e recalque.

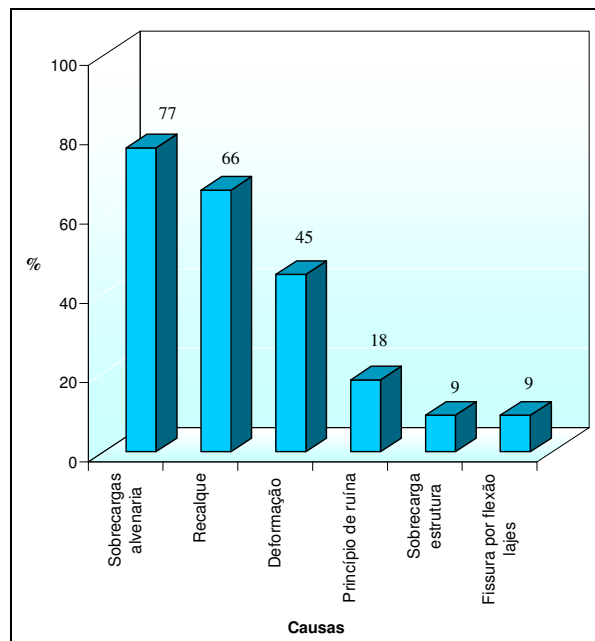


Figura 3.5 – Levantamento das causas de maior incidência observadas nos prédios (levantamento de ASSUNÇÃO, 2005 e VALENTE, 2005).



Os autores fizeram abordagens diferentes em seus trabalhos, enquanto ASSUNÇÃO (2005) realizou uma análise do comportamento estrutural das edificações, VALENTE (2005) fez uma abordagem mais geral das patologias apontando tanto os problemas relacionados a questões estruturais quanto a problemas de impermeabilização e movimentação higroscópica.

A partir dos dados obtidos destes trabalhos, definiu-se que o estudo englobará as trincas devido a problemas de recalques de fundação, que são uma das causas de maior incidência nas edificações.

O levantamento de VALENTE (2005) e apresentado nas Figuras 3.6 e 3.7 mostram incidência de patologias relacionadas à impermeabilização. Em virtude disso, também serão analisadas situações relacionadas às movimentações higroscópicas e a problemas de impermeabilização.

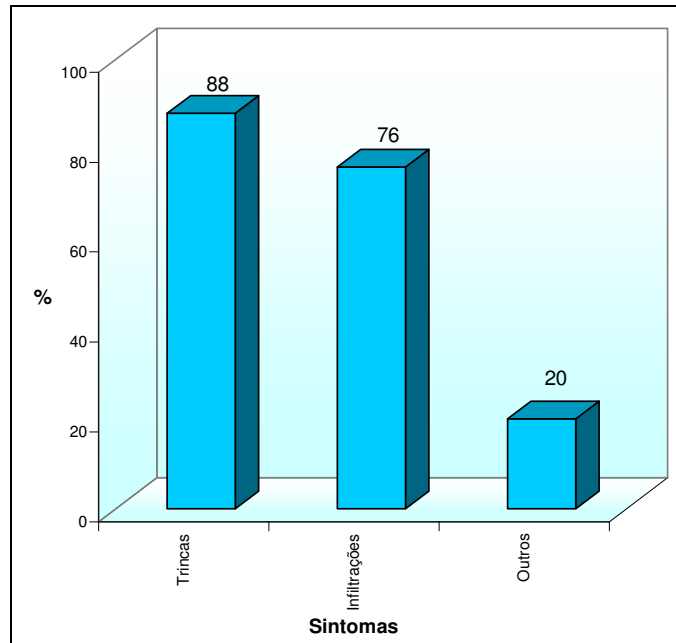


Figura 3.6 – Levantamento dos sintomas de maior incidência observados nos prédios (levantamento de VALENTE, 2005).

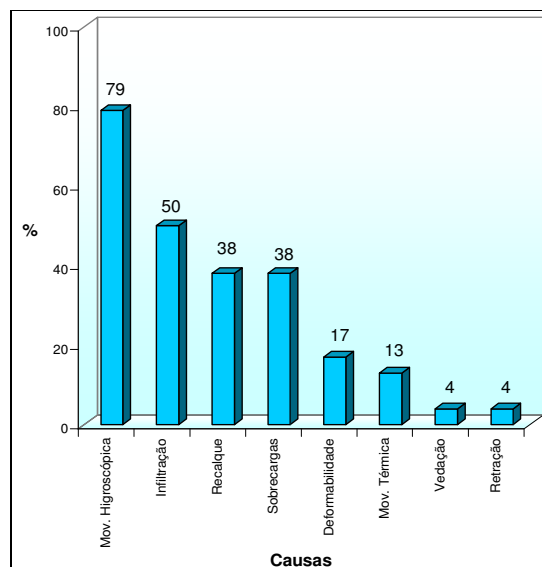


Figura 3.7 – Levantamento das causas de maior incidência observadas nos prédios (levantamento de VALENTE, 2005).

Na análise apresentada neste capítulo, tem-se que as causas mais freqüentes das patologias encontradas são: movimentações higroscópicas, recalques de fundações e problemas relacionados à impermeabilização. Os demais sintomas não serão considerados neste estudo.

Na Tabela 3.3, apresentam-se as cidades escolhidas, com as respectivas patologias estudadas.

Tabela 3.3 – Cidades e Patologias estudadas.

Cidades (MG)	Patologia		
	Recalques de Fundação	Movimentação higroscópica	Infiltração
Bambuí			
Congonhas			
Contagem			
Corinto			
Luz			
Sabará			
Timóteo – Edificação1			
Timóteo – Edificação2			

Para estas edificações verificou a recorrência das patologias. No caso do retorno analisou-se a extensão do problema. Para este relatório foi elaborado um registro fotográfico das edificações, bem como uma ficha para entrevista junto aos administradores destes prédios e verificado o estado de manutenção dos mesmos.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

---

Os resultados são apresentados em duas etapas. Na primeira etapa serão apresentadas as edificações com suas patologias e detalhando o tratamento efetuado. Em seguida será apresentada uma análise das medidas terapêuticas, verificando a eficácia da mesma, após o período definido de três anos. Esta análise decorrido o período estipulado consiste em vistorias nas edificações escolhidas, verificando se o tratamento proposto foi satisfatório ou insatisfatório. No caso do retorno das patologias será analisado se isso ocorreu devido às falhas nas medidas terapêuticas ou devido ao surgimento de outras origens.

### 4.1. Edificações estudadas com patologias e tratamentos

#### 4.1.1. Bambuí

##### a) Caracterização

Cidade localizada no estado de Minas Gerais, com temperatura média de 20,7°C e índice médio pluviométrico anual de 1.426,3mm (Figura 4.1).

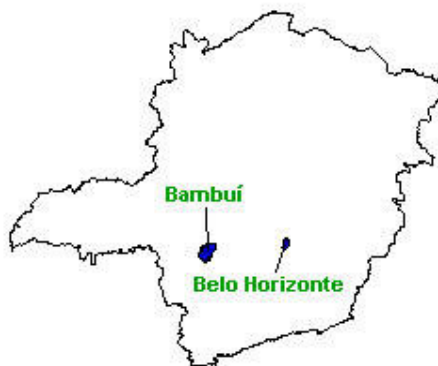


Figura 4.1 – Mapa de localização da cidade de Bambuí (www.almg.gov.br, 2008).

##### b) Descrição das patologias

A edificação em estudo nesta cidade foi construída na década de 60, sendo que a última reforma aconteceu em 2004. A arquitetura e as patologias presentes na edificação e que foram objeto de recuperação são as constantes nas Figuras 4.2, 4.3 e 4.4.

Para definição do tratamento que seria adotado, fez-se primeiramente uma vistoria da edificação no ano de 2003. Através deste estudo iniciou-se o desenvolvimento dos projetos e uma análise do tratamento que seria adotado na edificação de forma a sanar os problemas que são descritos abaixo. Conforme relatado anteriormente a inspeção realizada foi de forma visual, Nível 1 de acordo com a classificação do IBAPE-SP (2001), não sendo utilizado para tal nenhum ensaio, equipamento ou mesmo análise dos materiais que apresentavam problema. Nesta edificação foram realizadas duas vistorias no prazo de 2 meses, devido às dúvidas geradas no desenvolvimento do projeto e na definição do tratamento utilizado.

O projeto arquitetônico é padrão, denominado Padrão 3 colunas, sendo que foram construídos dois (2) anexos neste projeto (Figura 4.2). Como não havia projeto estrutural dos anexos, foi realizada vistoria *in loco* da estrutura destes. Esta inspeção foi necessária devido ao redimensionamento da cobertura que seria instalada, bem como para estabelecer a ligação entre as estruturas dos anexos.

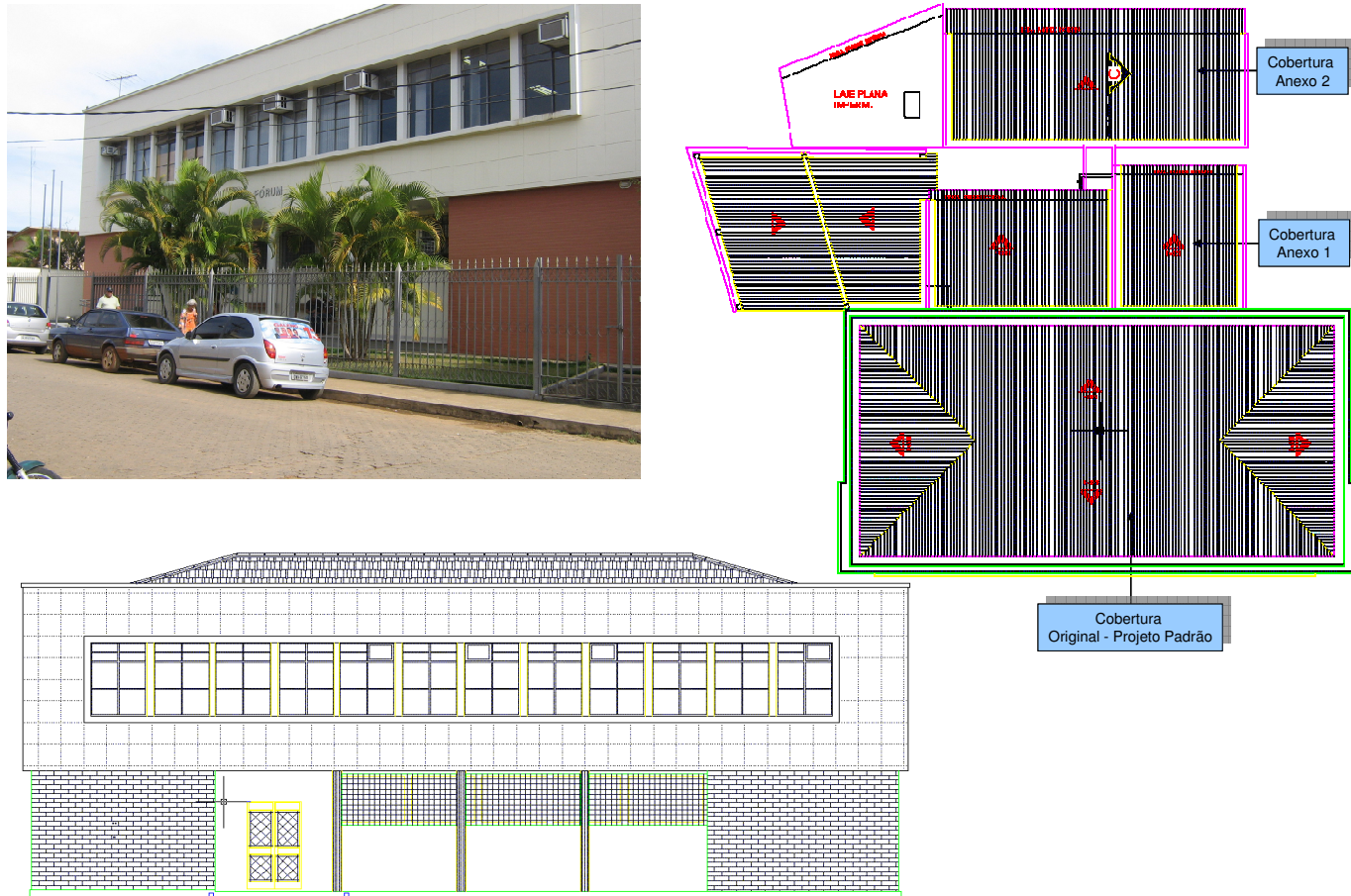


Figura 4.2 – Detalhe da fachada e da planta de cobertura.

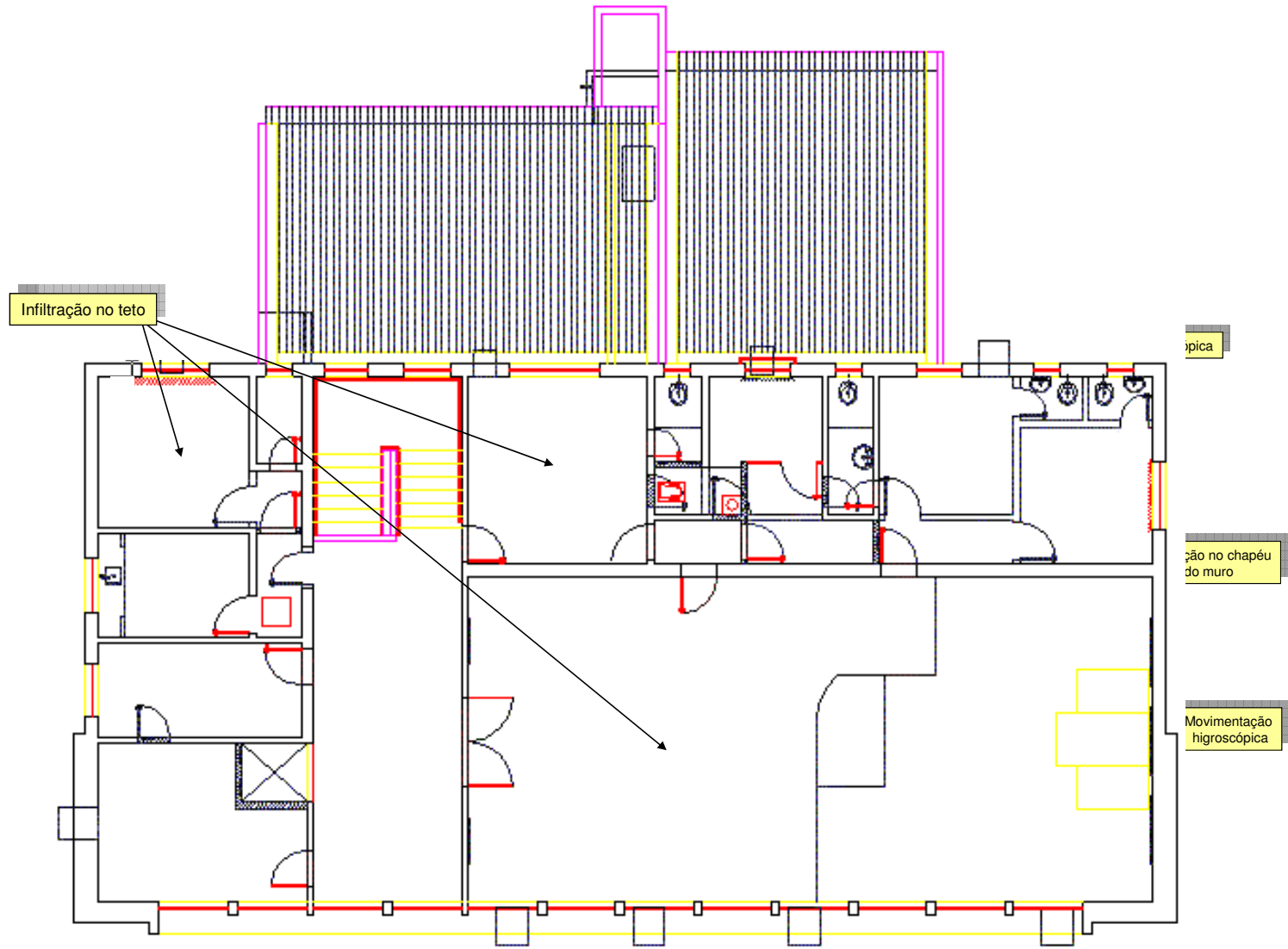


Figura 4.4 – Planta do 2º pavimento e suas patologias.

### **b.1) Infiltração**

Nas vistorias realizadas antes do tratamento, constatou-se que o mecanismo que gerou as infiltrações no teto foi à penetração de água presente na face superior da laje de cobertura, conforme observado nas Figuras 4.5 e 4.6. Os problemas foram verificados tanto no 2º pavimento da edificação principal quanto no teto do Anexo 1.

Os agentes causadores das infiltrações foram os entupimentos das calhas da estrutura do telhado da edificação, devido à falta de limpeza e manutenção, associado à existência de telhas e engradamento quebrados e apodrecidos. No Anexo 1 também foi detectado problema na ligação entre lajes. A construção do anexo ocorreu em partes e a ligação das estruturas não ocorreu de forma adequada. Havia uma laje onde a infiltração era muito intensa, então se optou pela demolição da mesma, para execução de ligação adequada.

A origem dos problemas de infiltração tem relação a erro de uso, devido à falta de manutenção periódica. Há também problemas de execução, devido à falha na ligação entre as estruturas do anexo.



Figura 4.5 – Pintura soltando do teto em Bambuí – 2º pavimento.



Figura 4.6 – Infiltração com mofo no teto da edificação – 1º pavimento (Anexo 1).

Em relação às infiltrações existentes na base das edificações, apresentadas pela Figura 4.7, acredita-se que as mesmas ocorreram devido à falta de impermeabilização na meso-estrutura (ligação entre a fundação e a estrutura da edificação). Por tratar de edificações antigas, não dispomos de dados para verificar tais fatos.

Um fator que pode ter agravado a infiltração externa na base das edificações foi o fato dos prédios apresentarem passeios de contorno com inclinação no sentido das alvenarias, o que provoca empocamento nas mesmas e conseqüentemente a patologia de infiltração.



Figura 4.7 – Infiltração na base das edificações.



## **b.2) Movimentação higroscópica**

O agente causador desta patologia foi à utilização de materiais inadequados como o saibro na composição da argamassa de revestimento.

A origem deste problema foi um erro de especificação e de execução, já que o saibro foi utilizado na confecção da argamassa de assentamento e revestimento. O saibro é uma argila mineral que foi muito utilizado na confecção de argamassas. Deve haver um estudo de dosagem de argamassa quando da adição de saibro na mesma. Caso não haja este estudo pode ocorrer o aparecimento de patologias, conforme Figura 4.8.



Figura 4.8 – Desplacamento da argamassa de revestimento.

## **c) Medidas terapêuticas**

### **c.1) Infiltração**

Quando da execução do tratamento para correção dos problemas descritos anteriormente, obedeceu à seqüência executiva abaixo:

- Demolição e retirada

No caso das infiltrações existentes nas coberturas (2º pavimento e prédio Anexo 1 e 2), primeiramente foram retiradas as telhas de fibrocimento, as cumeeiras, o engradamento e as calhas do telhado.

O reboco do teto também foi demolido devido aos problemas ocasionados pela infiltração, que causou estufamento e deslocamento do mesmo.

Fez-se também a demolição da argamassa de revestimento da platibanda de contorno do edifício, interna e externamente.

Todos os pontos de infiltração existentes na edificação foram demolidos.

Uma das lajes do Anexo 1 foi demolida devido aos grandes problemas de infiltração causados principalmente por falhas de ligação no prédio.

Também o passeio externo que contornava a edificação foi demolido, uma vez que acumulava água.

- Estrutura da Cobertura

No caso da cobertura o engradamento do telhado foi totalmente refeito obedecendo às inclinações previamente existentes. Concluído o engradamento passou-se à colocação de telhas e cumeeiras novas. Um tratamento à base de vermiculita (isolamento térmico) também foi feito na face superior da laje de cobertura destas edificações.

Calhas em chapa galvanizada com espessura (#23) foram instaladas no contorno de todas as edificações, apoiadas em berços com caimentos adequados para evitar empoçamentos de água na calha. Em seguida procedeu-se às instalações dos rufos e contra-rufos, também em chapa galvanizada com espessura (#24). Para fixação dos rufos foi executado primeiramente um rasgo na alvenaria, onde tarugos de madeira foram chumbados. Os rufos foram presos a estes tarugos através de parafusos zincados e buchas do tipo S6. Na região de encontro dos rufos, foi utilizada uma emenda por traspasse com comprimento mínimo de 5 cm. Os contra-rufos foram instalados seguindo estes mesmos procedimentos.

Para proteção da platibanda instalou-se chapins pré-moldados.

- Estrutura

A laje do Anexo 1, após a demolição foi refeita, utilizando sistema pré-moldado. Para a ligação estrutural foi deixado um espaço de 2,0 cm entre as estruturas, sendo que este espaço foi preenchido com mástique. Após a aplicação do mástique a vedação foi concluída com a instalação de um perfil metálico. Também a nova

cobertura foi concebida de forma a não canalizar a captação de água para os pontos críticos, como as juntas.

- Revestimentos

Todo o revestimento nos locais que apresentavam pontos de infiltração tais como, platibanda e teto do 2º Pavimento e Anexos foram refeitos e após, concluídos e curados recebeu a aplicação de líquido selador e posteriormente a pintura acrílica.

- Aplicação de manta asfáltica

Para a sala onde funciona o arquivo e depósito (Anexo 2) foi efetuado a aplicação de manta asfáltica para a impermeabilização.

- Passeio externo

Foi construído um novo passeio contornando a edificação. O mesmo foi executado tendo a sua inclinação no sentido oposto à edificação, com esta mudança não haverá empoçamento de água na edificação.

### **c.2) Movimentação higroscópica**

Para o tratamento da Movimentação Higroscópica seguiu-se a seguinte seqüência executiva:

- Demolição dos revestimentos

Primeiramente foi feita a retirada do reboco até o tijolo das alvenarias destas edificações nos locais, onde o reboco se apresentava estufado ou solto, devido a problemas de movimentação higroscópica.

Este tratamento foi executado interna e externamente em todas as alvenarias com esta patologia.

- Revestimentos

Neste caso, as alvenarias foram revestidas com chapisco e reboco, executados através de argamassa industrializada, própria para cada etapa do revestimento. Concluído o revestimento e sua cura foi feita a pintura, empregando-se líquido selador e tinta látex acrílica.

## 4.1.2. Congonhas

### a) Caracterização

Cidade localizada no estado de Minas Gerais, com temperatura média de 20,9°C e índice médio pluviométrico anual de 967,00mm (Figura 4.9).



Figura 4.9 – Mapa de localização da cidade de Congonhas (www.almg.gov.br, 2008).

### b) Descrição das patologias

Esta edificação foi construída na década de 90, sendo que a última reforma aconteceu em 1998. A arquitetura e as patologias presentes na edificação e que foram objeto de recuperação são as constantes nas Figuras 4.10 e 4.11.

Foi realizada uma vistoria no ano de 2004 para averiguação dos sintomas relacionados à infiltração nesta edificação. Observou-se que a maior parte das patologias de infiltração está localizada na região onde está concentrado o reservatório superior, localizado na entrada da edificação.

A inspeção executada foi visual, sendo que foi aberto um buraco no abrigo da caixa d'água para analisar se o vazamento era proveniente da mesma, conforme Figura 4.12.

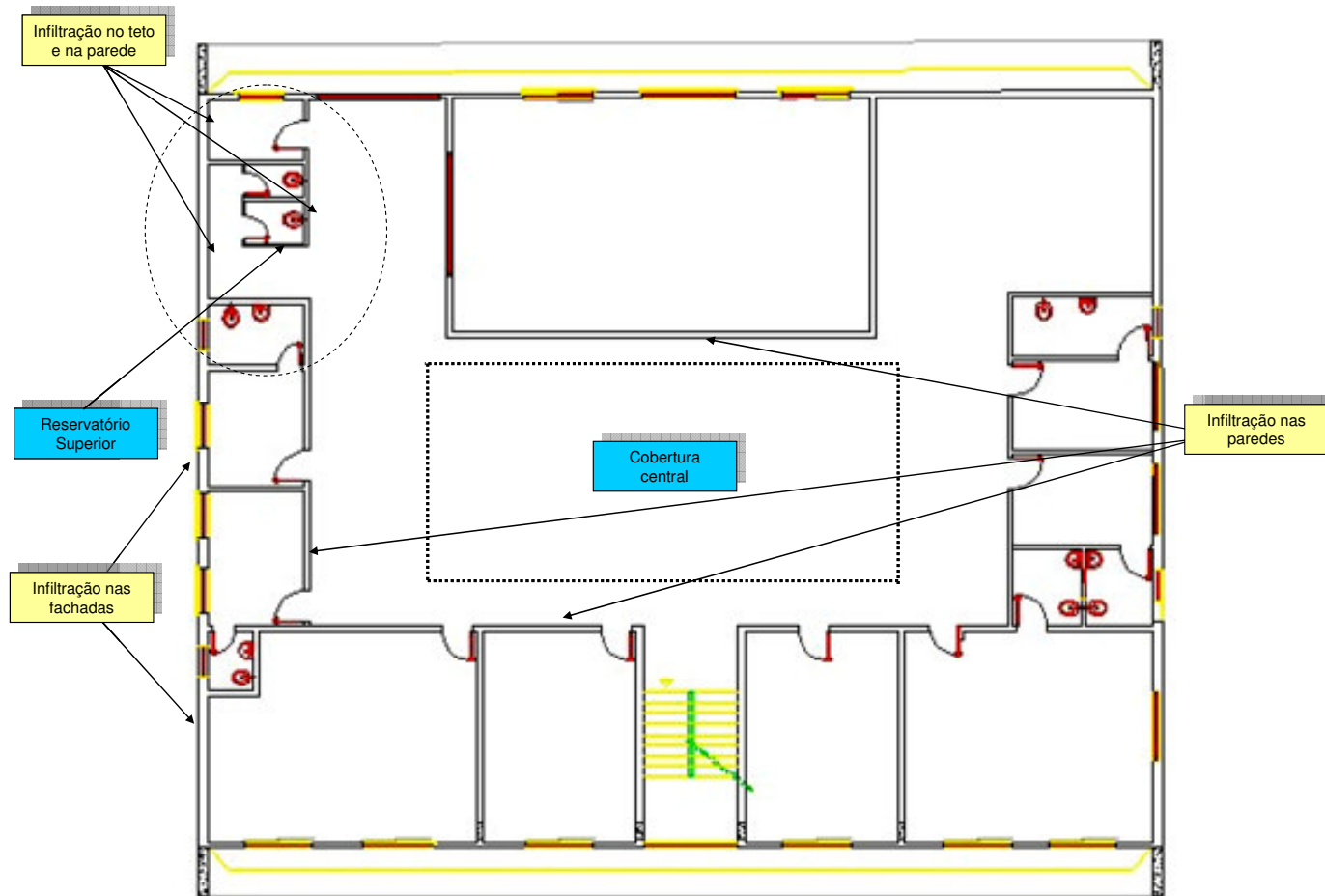


Figura 4.10 – Planta do 1º pavimento e suas patologias.

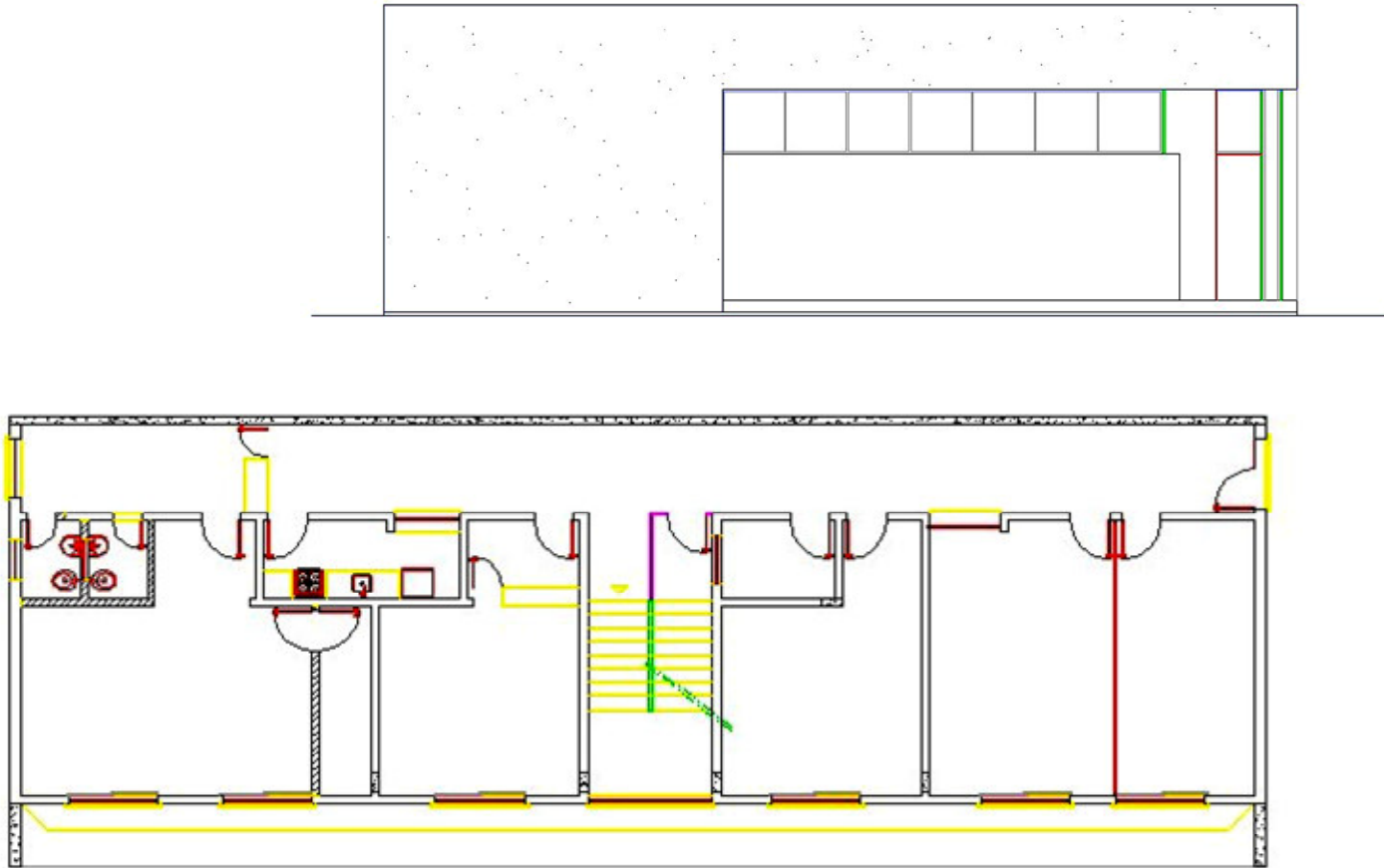


Figura 4.11 – Planta do subsolo e Fachada



Figura 4.12 – Abertura realizada no abrigo, mostrando sinal de vazamento.

Pela vistoria, foi estabelecida uma relação entre os problemas atuais de infiltração e o acidente ocasionado no ano de 1998, três anos após sua construção e que provocou uma grande movimentação da edificação. No ano de 1998 ocorreu o rompimento de uma adutora da COPASA, o que provocou o fenômeno chamado “pipping”. Este acidente fez com que toda edificação, sofresse uma grande movimentação.

Após o tratamento, ocorreram ainda movimentações no terreno que provocaram o surgimento de trincas em alguns pontos localizados da edificação. Os pontos de maior incidência de trincas são também onde há maior problema de infiltração.

Outro fator responsável pelas infiltrações é o fato da platibanda que contorna a edificação ser em concreto não tendo como fixar o rufo na platibanda. O mesmo problema ocorre no abrigo do reservatório superior. Há também um desnível, próximo ao reservatório superior, entre a alvenaria da platibanda e a edificação, o que acaba provocando empoçamento de água nesta região e conseqüentemente traz como sintoma os problemas de infiltração.

### **b.1) Infiltração**

Assim, o sintoma encontrado nesta edificação foi o descolamento da pintura na face inferior da laje de cobertura bem como na porção superior das paredes internas e externas.

A origem neste caso foi em parte pelo excesso de águas pluviais lançadas pelo telhado central, localizado no hall da edificação, sobre as demais coberturas da edificação. Isto contribui para um acúmulo de água nestas coberturas, já que as descidas (calhas e tubos) de águas pluviais não foram dimensionadas para receber esta quantidade de água adicional.

Então um dos agentes causadores das infiltrações foi à incapacidade dos telhados laterais absorverem as águas pluviais lançadas pela parte central do telhado, associado à ausência de limpeza e manutenções preventivas das calhas e descidas de água fazendo com que ocorra o entupimento das mesmas.

Outro agente causador está relacionado também a um erro de projeto, onde não há detalhamento de como será feita a fixação dos rufos na platibanda em concreto, bem como no abrigo do reservatório superior que também é em concreto. Ainda, existe o problema, não foi observado no projeto, da diferença de nível entre a edificação e a alvenaria da platibanda, próximo ao reservatório superior.

E por último, as fissuras decorrentes ainda da acomodação da edificação favorecem a penetração de água e também contribuem para a incidência de infiltração, como apresentado nas Figuras 4.13 e 4.14.

No caso desta edificação, as origens dos problemas de infiltração foram devido às falhas de projeto, de manutenção e acidente estrutural.





Figura 4.13 – Pintura soltando na parede de uma das salas, localizadas abaixo do reservatório.



Figura 4.14 – Pintura soltando na parede da lateral direita, localizada abaixo do reservatório.

A cobertura que faz o fechamento do pátio central, conforme Figura 4.15, não possuía nenhum fechamento lateral na época da vistoria, sendo que as chuvas fazem com que haja constantemente umidade nas paredes desta região. Este fator ajuda na expansão da argamassa, e conseqüentemente causa o estufamento do reboco e seu deslocamento na região da cobertura central, conforme apresentado nas Figuras 4.16 e 4.17.



Figura 4.15 – Vista da cobertura central da edificação.



Figura 4.16 – Expansão da argamassa pelo aumento da umidade



Figura 4.17 – Expansão da argamassa pelo aumento da umidade

### **c) Medidas terapêuticas**

#### **c.1) Infiltração**

A descrição das medidas terapêuticas será dividida em partes, pois neste caso há mais de um agente causador desta patologia.

Para as infiltrações decorrentes do beiral curto da cobertura do pátio central da edificação, foram instaladas venezianas que bloqueiam a água decorrente de chuva e ao mesmo tempo mantêm a ventilação da edificação (Figura 4.18).



Figura 4.18 – Beiral curto sobre o pátio central.

Foi efetuada também uma revisão geral no telhado, calhas e descidas de água pluvial.

No caso das patologias decorrentes de problemas de infiltração, causado pelo desnível entre a alvenaria e a platibanda a solução foi relativamente simples. Como este desnível era pequeno, foi estabelecido um traço de argamassa de 1:4 e o mesmo aplicado. A aplicação da argamassa foi em forma de meia-cana, para que não ocorresse o empoçamento da água.

Nos problemas decorrentes da falta de fixação dos rufos na platibanda procedeu-se a retirada dos rufos, colocando em seguida um mastique e reinstalando os mesmos. Assim, o “mastique” atua no sentido de vedar a entrada de água entre a platibanda de concreto e o rufo. No abrigo do reservatório superior também estava soltando a ligação do rufo com o abrigo. Neste caso adotou-se a aplicação de uma emulsão que ao mesmo tempo em que impermeabiliza, faz a vedação entre o rufo e o abrigo, conforme Figuras 4.19 e 4.20.



Figura 4.19 – Aplicação de emulsão na ligação do rufo com reservatório superior



Figura 4.20 – Aplicação de emulsão na ligação do rufo com reservatório superior

Para o reservatório superior o tratamento efetuado, além do fechamento com a selagem das trincas, foi aplicado sobre a cobertura uma manta em alumínio aluminizada, sobre o reservatório e nos locais onde não há telhado. Esta região é justamente na entrada da edificação, e onde se concentra a maior quantidade de trincas. Antes do tratamento as trincas foram costuradas, conforme PDR-Trincas.

Após sanar os problemas de infiltração, houve demolição do reboco com os problemas patológicos, sendo refeito este reboco. Com sua cura foi executada a aplicação de nova pintura nos locais que receberam tratamento.

### 4.1.3. Contagem

#### a) Caracterização

Cidade localizada no estado de Minas Gerais, com temperatura média de 21,1°C e índice médio pluviométrico anual de 1491,3mm (Figura 4.21).



Figura 4.21 – Mapa de localização da cidade de Contagem ([www.almg.gov.br](http://www.almg.gov.br), 2008)

#### b) Descrição das patologias

Esta edificação foi construída na década de 70, sendo que a reforma para tratamento desta patologia aconteceu em 2004. A edificação estudada com os problemas patológicos detectados na reforma é a apresentada na Figura 4.22.

##### b.1) Recalques de fundações

A patologia foi detectada quando da construção de um anexo nesta edificação. Apenas no trecho apresentado na Figura 4.22 é que se percebe uma maior movimentação e conseqüentemente uma maior quantidade de trincas. Analisando o projeto estrutural verifica-se que a edificação foi dividida em 3 (três) trechos, com juntas de concretagem, sendo que no terceiro trecho da junta apresentada na Figura 4.23 é que se concentram algumas trincas.

As trincas concentravam-se nos 2º e 3º níveis deste trecho, nas alvenarias apontadas na Figura 4.22.

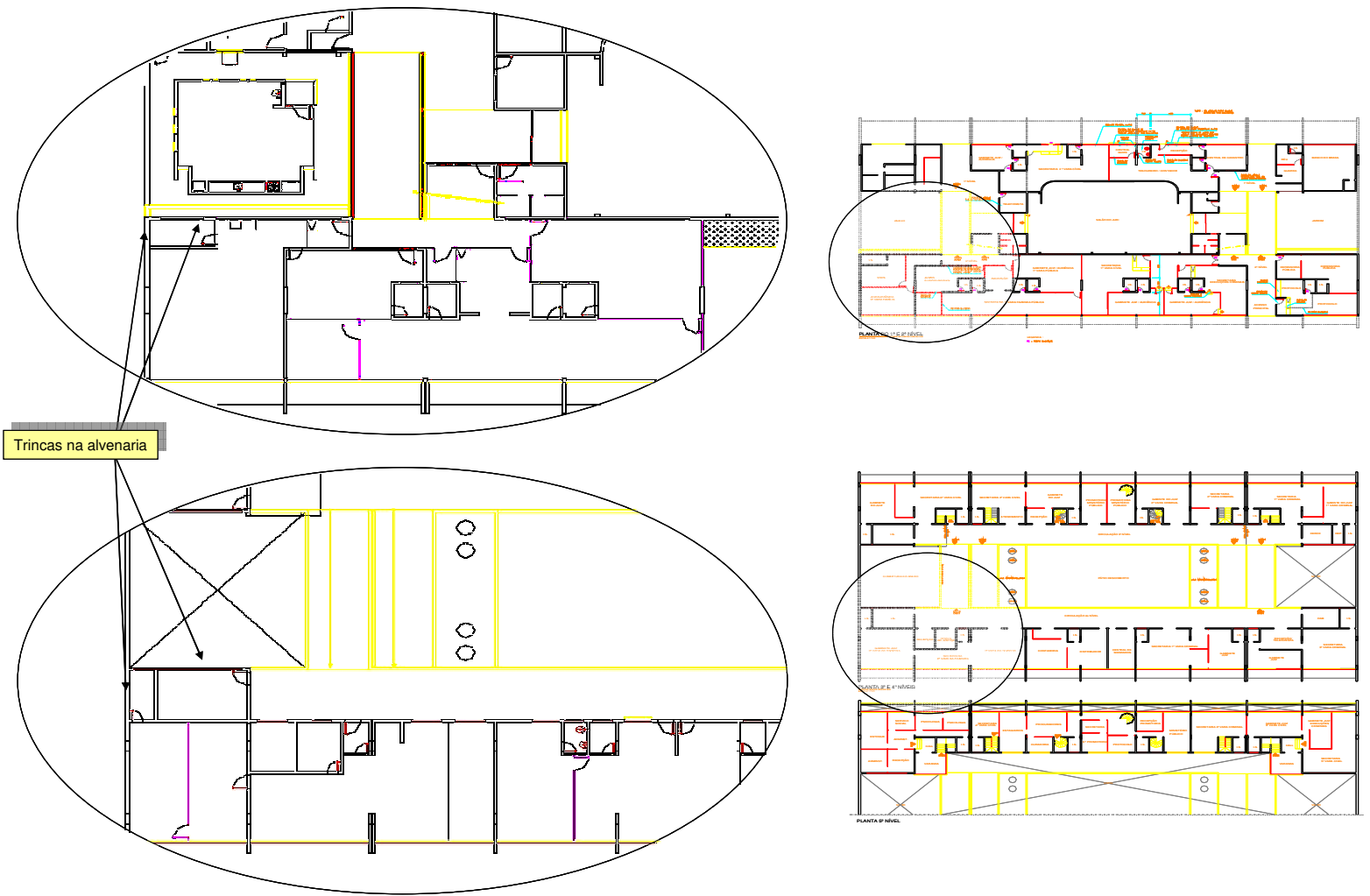


Figura 4.22 – Patologias no 2º e 3º níveis.



Figura 4.23 – Detalhe da junta de dilatação

### **c) Medidas terapêuticas**

#### **c.1) Recalques de fundações**

Quando do término da construção do Anexo, ao lado do trecho que apresentava as trincas, iniciou-se o tratamento das mesmas, através de costura das trincas, conforme PDR-Trincas, apresentado no Anexo B.

O processo de costura consta da demolição do reboco (e retirada dos azulejos), em uma faixa de 60 cm de largura no entorno de cada trinca. Primeiramente retiraram-se os tijolos trincados a cada quatro fiadas e novos tijolos foram assentados com argamassa de cimento, cal e areia lavada no traço 1:2:9. Barras de aço com diâmetro 6,3 mm foram então colocadas a cada duas fiadas, fixando-as com argamassa de cimento e areia, traço 1:2. Em seguida efetuou-se, sobre uma tela de estuque, o chapisco.

Após a cura procedeu-se a aplicação de líquido selador e posteriormente a pintura acrílica. Para as instalações sanitárias os azulejos foram reassentados.

Não foi efetuado nenhum reforço estrutural por acreditar que a movimentação já havia sido concluída.



#### 4.1.4. Corinto

##### a) Caracterização

Cidade localizada no estado de Minas Gerais, com temperatura média de 18,1°C e índice médio pluviométrico anual de 1.404,0 mm (Figura 4.24).

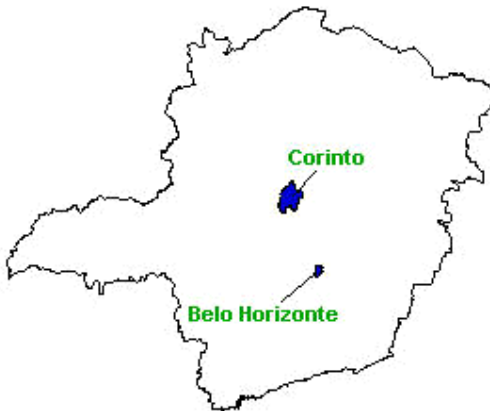


Figura 4.24 – Mapa de localização da cidade de Corinto ([www.almg.gov.br](http://www.almg.gov.br), 2008)

##### b) Descrição das patologias

No caso desta edificação, sua construção data da década de 60, sendo que a última reforma aconteceu em 2003. O projeto arquitetônico é apresentado na Figura 4.25 e os problemas detectados nesta reforma são os citados abaixo e apresentado nas Figuras 4.26 e 4.27. Esta edificação tem como projeto arquitetônico o padrão 3 colunas, mesmo projeto utilizado em Bambuí.

##### b.1) Recalque de fundação

Trata-se de edificação de dois pavimentos, conforme projeto apresentado na Figura 4.25. Este projeto arquitetônico foi usado como padrão em outras localidades do estado, tais como na cidade de Bambuí e não apresentaram problemas semelhantes.

O sintoma principal desta edificação foi o surgimento de inúmeras trincas em toda a edificação, com predominância na região demarcada na Figura 4.26.

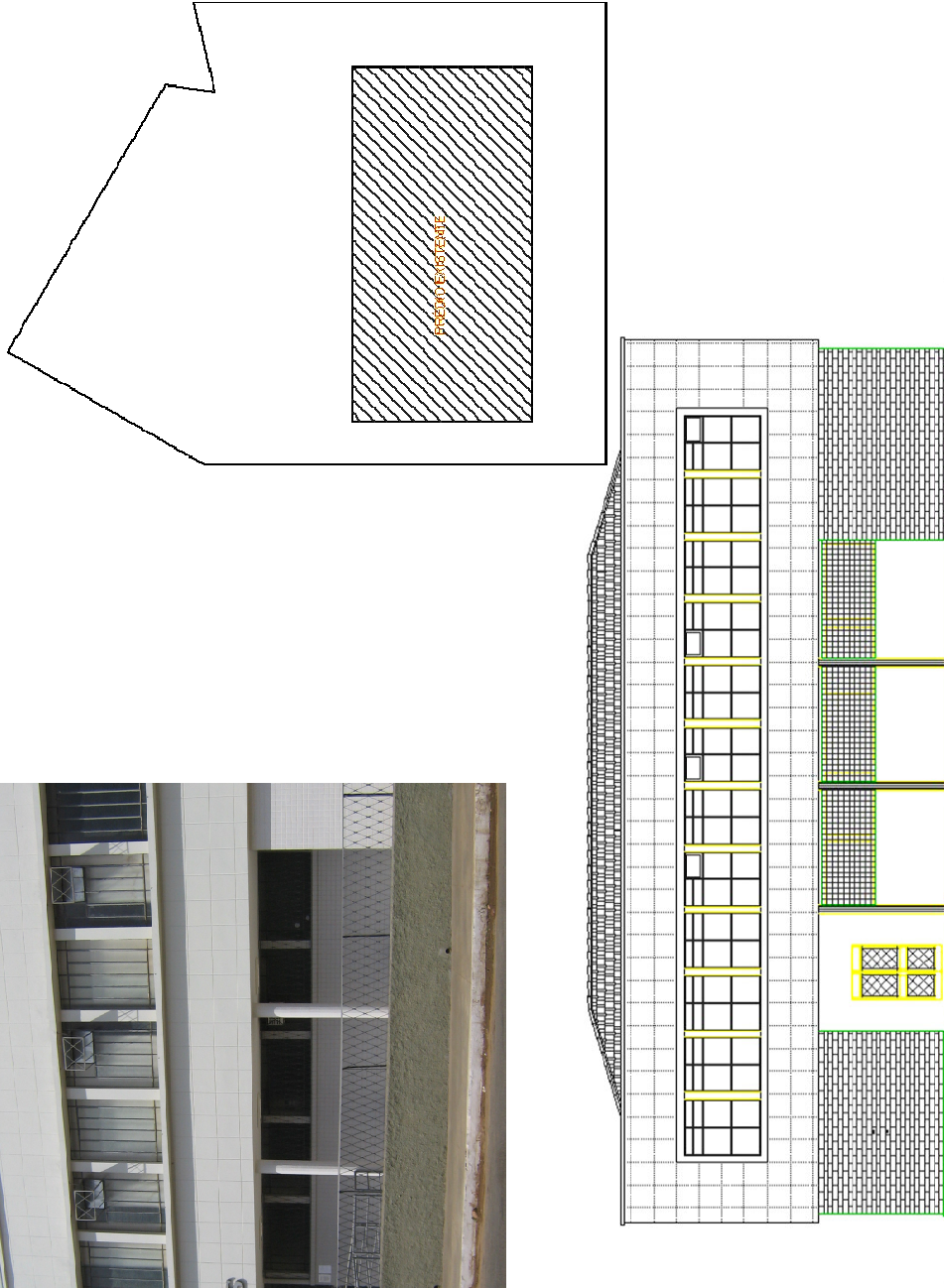


Figura 4.25 – Fachada e Implantação.

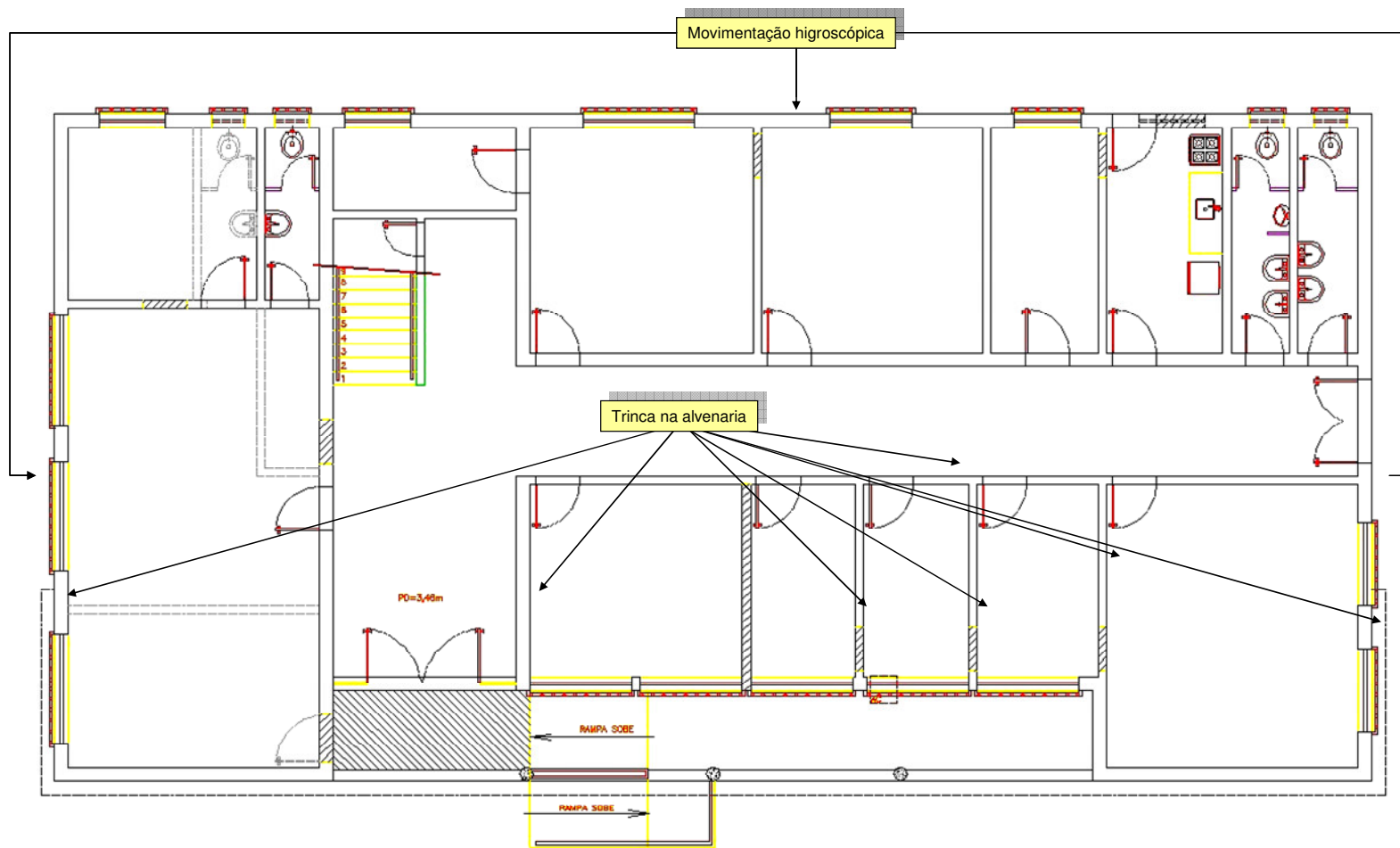


Figura 4.26 – Planta do 1º pavimento e suas patologias.

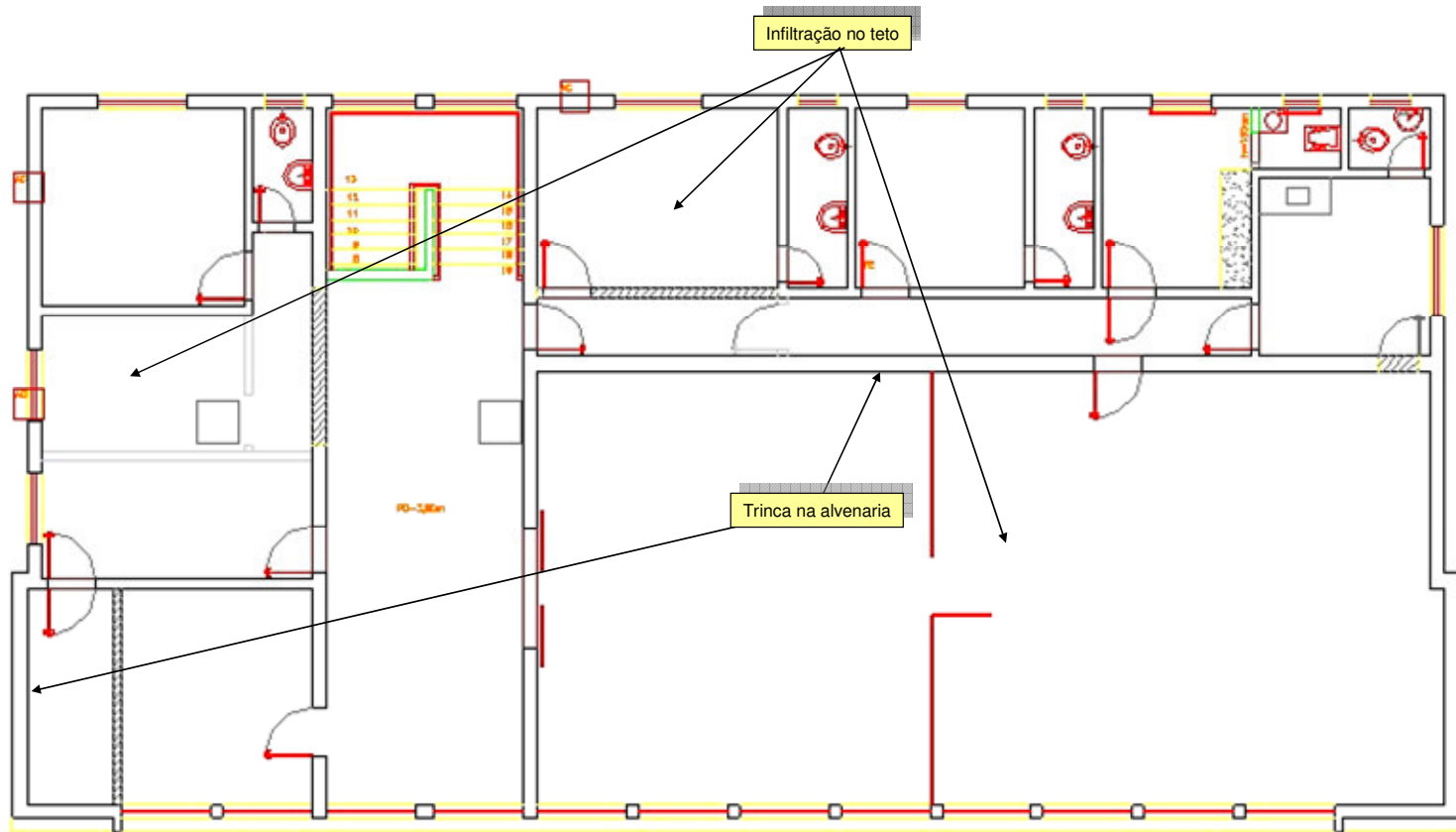


Figura 4.27 – Planta do 2º pavimento e suas patologias.

A razão do surgimento destas trincas foi o aparecimento de deformações diferenciadas do solo ao longo do plano das fundações, conforme apresentado na sondagem, Anexo A, onde se mostra que o solo sob a edificação é mole. Assim o recalque ocorrido foi basicamente proveniente da sua redução de volume, uma vez que a água presente no bulbo de tensões das fundações percolou para regiões sujeita as pressões menores. Este fenômeno de mudança de volume do solo por percolação de água é denominado “consolidação”. No caso de solos argilosos, menos permeáveis, este processo de consolidação ocorre de maneira lenta, ao longo de vários anos.

Assim, a causa desta patologia foi à consolidação do solo de fundação da edificação. Como o terreno é argiloso, o processo de consolidação é lento e diferenciado gerando com o passar do tempo recalques. Estes recalques, por sua vez, provocaram as trincas.

A origem deste problema está relacionada basicamente a um erro de projeto, já que as fundações deveriam ter sido projetadas para ultrapassar a camada de argila existente no terreno.

## **b.2) Infiltração**

Nas vistorias realizadas antes do tratamento, constatou-se que o mecanismo que gerou as infiltrações no teto foi à penetração de água presente na face superior da laje de cobertura.

Os agentes causadores das infiltrações foram os entupimentos das calhas da estrutura do telhado da edificação, devido à falta de limpeza e manutenção, associado à existência de telhas e engradamento quebrados e apodrecidos.

Neste caso a origem do problema está relacionada há um erro de uso, devido à falta de manutenção periódica (Figura 4.28).



Figura 4.28 – Infiltração no teto do 2º pavimento

### **b.3) Movimentação higroscópica**

O agente causador desta patologia foi à utilização de materiais inadequados como o saibro na composição da argamassa de revestimento.

A origem deste problema foi um erro de especificação e de execução, já que saibro foi utilizado na confecção da argamassa de assentamento e revestimento e a adição desta argila mineral exige que seja efetuada uma dosagem experimental para a argamassa.

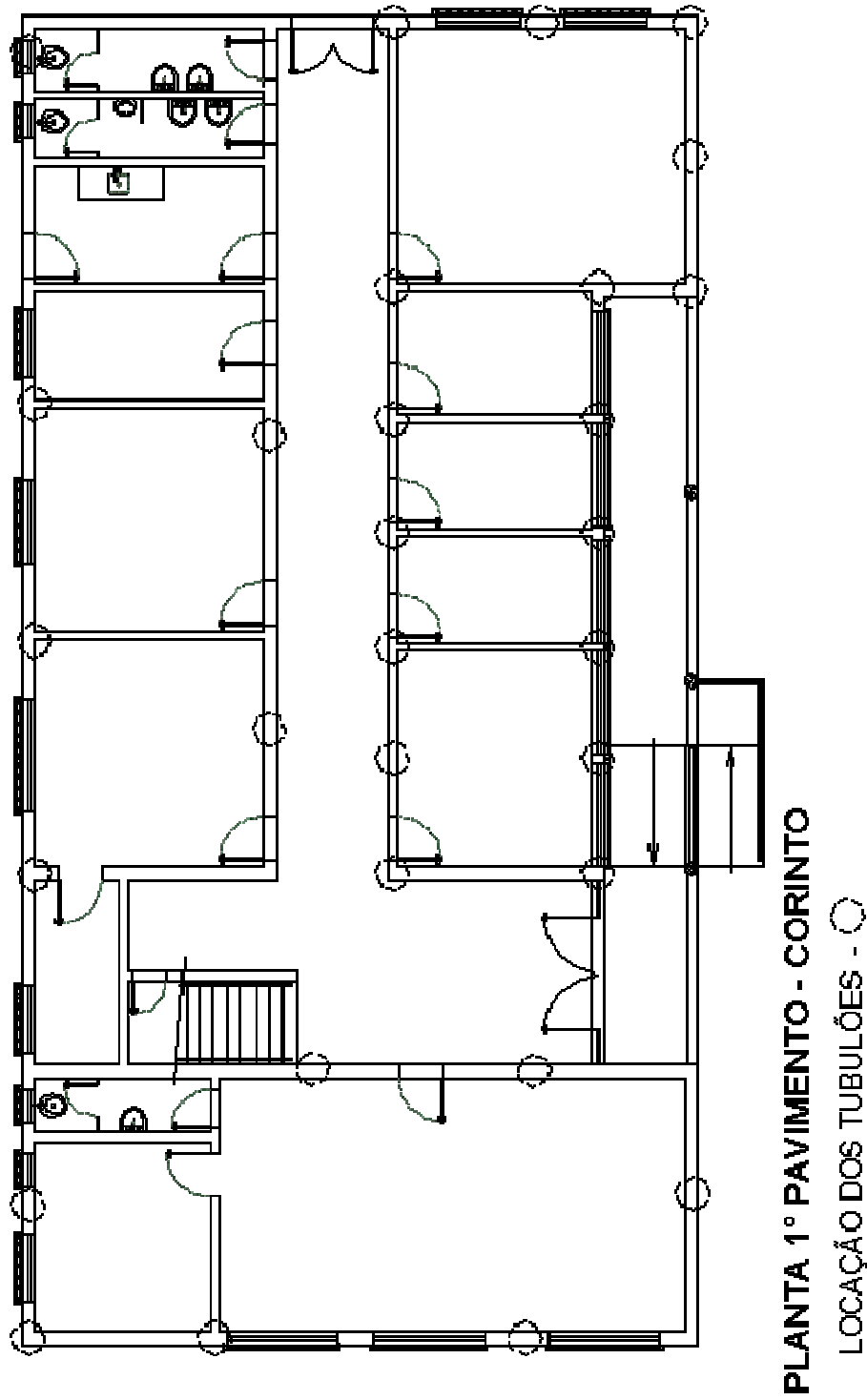
### **c) Medidas terapêuticas**

#### **c.1) Recalque de fundação**

Para definição da seqüência executiva a ser implementada, foi providenciado inicialmente à sondagem do terreno e um mapeamento das trincas da edificação. Com este mapeamento fez-se uma marcação dos locais onde seria implantado o reforço de fundação, conforme apresentado na Figura 4.29, para o tratamento desta patologia.

Ainda é importante ressaltar que esta edificação é de alvenaria autoportante, ou seja, não há vigas e nem pilares. Ela foi executada em parede dupla com tijolos maciços deitados.

Na Figura 4.29 apresentamos o mapeamento do reforço de fundação que foi executada nesta edificação.



- Vistoria inicial

Através da vistoria identificou-se serem as fundações existentes constituídas de vigas baldrame (seção 1,5m x 0,50m), feitas com pedra de mão abaixo das alvenarias, situadas em cotas variáveis (terreno tem um pequeno desnível), estando apoiadas em uma argila siltosa mole. Trata-se, portanto, de uma fundação direta.

Com base nesta vistoria e considerando-se as trincas existentes fez-se então uma investigação geotécnica do terreno para determinar o tipo de solo. A análise do terreno indica que edificação estava apoiada sobre uma camada de argila siltosa mole, de aproximadamente 3,5 m de profundidade, conforme mostra o relatório de sondagem apresentado no Anexo A. Esta camada de argila tem capacidade insuficiente para resistir ao carregamento aplicado. Assim sendo, decidiu-se por reforçar as fundações utilizando-se tubulões, com 4,0 metros em média de profundidade, apoiados sobre a camada de silte argiloso (solo residual).

- Movimento de terra - Escavação

Antes do reforço das vigas baldrame, foram executados todos os escoramentos necessários, no primeiro e no segundo pavimento, em todas as faces do elemento estrutural ou de vedação, procurando aliviar ao máximo o carregamento sobre a fundação que se pretendia reforçar.

Com o intuito de se avaliar o estado real das vigas baldrame bem como do solo em que se apoiavam, valas foram abertas nos pisos do primeiro pavimento, em várias salas, determinando as características do solo "in situ". Estas valas foram abertas antes de se iniciar o reforço, e foram criadas porque os furos de sondagem se localizaram fora do edifício e o período de tempo entre a vistoria e a execução do reparo é bastante longo.

Durante a investigação, caso ocorresse instabilidade do terreno já estava previsto um encamisamento da fundação de reforço. A execução dos trabalhos de escavações foi feita obedecendo a todas as prescrições das normas concernentes ao assunto.

- Execução dos tubulões

O reforço das fundações existentes foi constituído de tubulões, localizados conforme mostra a Figura 4.29. Os tubulões foram escavados manualmente e



apresentavam diâmetro do fuste de 60 cm, diâmetro da base de 120 cm e comprimento total de aproximadamente 4,0 m. Antes de iniciar a concretagem de cada tubulão foi feita a conferência de sua cota de arrasamento, do seu prumo (centro do fuste coincidindo com o centro da base) e de sua locação. Uma limpeza da base do tubulão também foi realizada.

Na concretagem dos tubulões, foi utilizado concreto com resistência característica à compressão ( $f_{ck}$ ) de 9,0 MPa. Na fabricação do concreto utilizou-se 30% de pedra de mão. A porcentagem de pedra de mão foi separada antes da concretagem, sendo que o seu lançamento foi feito em conjunto com o concreto, de forma que a distribuição das pedras ocorresse de forma homogênea.

O concreto, preparado na obra, teve dosagem experimental (racional) na forma preconizada pela NBR 6118/1980, utilizando os materiais disponíveis na região. A dosagem foi elaborada por laboratório especializado. Durante a execução, corpos de prova foram extraídos para se verificar a resistência característica do concreto executado.

Após a concretagem dos tubulões, executou-se reaterro compactado nos locais de reforço da fundação (no cachimbo aberto para execução de cada tubulão), bem como nos locais de inspeção.

- Tratamento das trincas

O tratamento das trincas ocasionadas pelos recalques da fundação foi feito, 60 dias após a execução do reforço da fundação. Julgou-se que este seria o prazo de tempo necessário para a acomodação da estrutura recém reforçada. No processo de tratamento foram seguidos os procedimentos citados anteriormente na Costura de Trincas para a edificação de Contagem e ilustrado pelo projeto padrão que se encontra no Anexo B.

- Revestimentos

Neste caso, as alvenarias foram revestidas com chapisco e reboco, executados através de argamassa industrializada, própria para cada etapa do revestimento. Concluído o revestimento e sua cura foi feita a pintura, empregando-se líquido selador e tinta acrílica.



Figura 4.30 – Execução do tubulão para reforço.

### c.2) Infiltração

Para tratamento dos problemas de infiltração, foi efetuada a seqüência executiva descrita abaixo:

- Demolição e retirada

No caso das infiltrações existentes nas coberturas (2º pavimento), primeiramente foram retiradas as telhas de fibrocimento, as cumeeiras, o engradamento e as calhas do telhado.

Executamos a demolição do reboco do teto, devido aos problemas ocasionados pela infiltração, que causou estufamento e deslocamento do reboco do teto.

Em seguida fez-se a demolição da argamassa de revestimento da platibanda de contorno do edifício, interna e externamente.

- Estrutura da Cobertura

No caso da cobertura o engradamento do telhado foi totalmente refeito obedecendo às inclinações previamente existentes. Concluído o engradamento passou-se à colocação de telhas e cumeeiras novas. Um tratamento à base de vermiculita (isolamento térmica) também foi feito na face superior da laje de cobertura destas edificações.

Calhas em chapa galvanizada com espessura (#23) foram instaladas no contorno de todas as edificações, apoiadas em berços com caimentos adequados para evitar empoçamentos de água na calha. Em seguida procedeu-se às instalações dos rufos e contra-rufos, também em chapa galvanizada com espessura (#24). Para fixação dos rufos foi executado primeiramente um rasgo na alvenaria, onde tarugos

de madeira foram chumbados. Os rufos foram presos a estes tarugos através de parafusos zincados e buchas do tipo S6. Na região de encontro dos rufos, foi utilizada uma emenda por traspasse com comprimento mínimo de 5 cm. Os contrarufos foram instalados seguindo estes mesmos procedimentos.

Para proteção da platibanda instalou-se chapins pré-moldados.

- Revestimentos

Todo o revestimento nos locais que apresentavam pontos de infiltração tais como, platibanda e teto do 2º Pavimento foram refeitos e após, concluído e curado recebeu a aplicação de líquido selador e posteriormente a pintura acrílica.

### **c.3) Movimentação higroscópica**

Para o tratamento da Movimentação Higroscópica seguiu-se a seguinte seqüência executiva:

- Demolição dos revestimentos

Primeiramente foi feita a retirada do reboco até o tijolo das alvenarias destas edificações nos locais, onde o reboco se apresentava estufado ou solto, devido a problemas de movimentação higroscópica.

- Revestimentos

Neste caso, as alvenarias foram revestidas com chapisco e reboco, executados através de argamassa industrializada, própria para cada etapa do revestimento. Concluído o revestimento e sua cura foi feita a pintura, empregando-se líquido selador e tinta acrílica.



Figura 4.31 – Situação do reboco da fachada antes do tratamento

## 4.1.5. Luz

### a) Caracterização

Cidade localizada no estado de Minas Gerais, com temperatura média de 22,1°C e índice médio pluviométrico anual de 1.415,7mm (Figura 4.32).

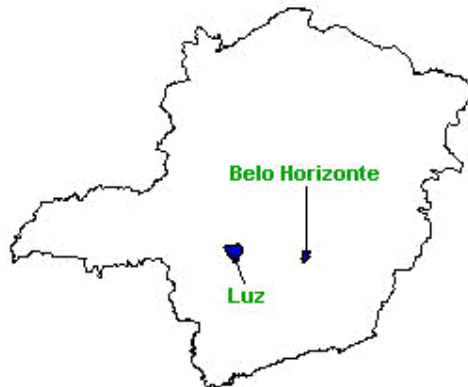


Figura 4.32 – Mapa de localização da cidade de Luz ([www.almg.gov.br](http://www.almg.gov.br), 2008)

### b) Descrição das patologias

A edificação, objeto de estudo, foi construída na década de 70, sendo que a reforma com ampliação aconteceu em 2002, mas devido aos problemas ocasionados nesta reforma a construtora foi obrigada a realizar reparos no ano de 2003. A edificação estudada com os problemas detectados nesta reforma são os citados abaixo e apresentado nas Figuras 4.33 e 4.34.

#### b.1) Recalque de fundação e Infiltração

Esta edificação passou por uma reforma e construção de um anexo no ano de 2002. Para a construção foi executada uma junta de dilatação entre a construção existente e o anexo. Mesmo adotando os procedimentos para ligação entre as duas edificações, ocorreu o recalque de fundação, ocasionando trincas no anexo e no prédio principal.

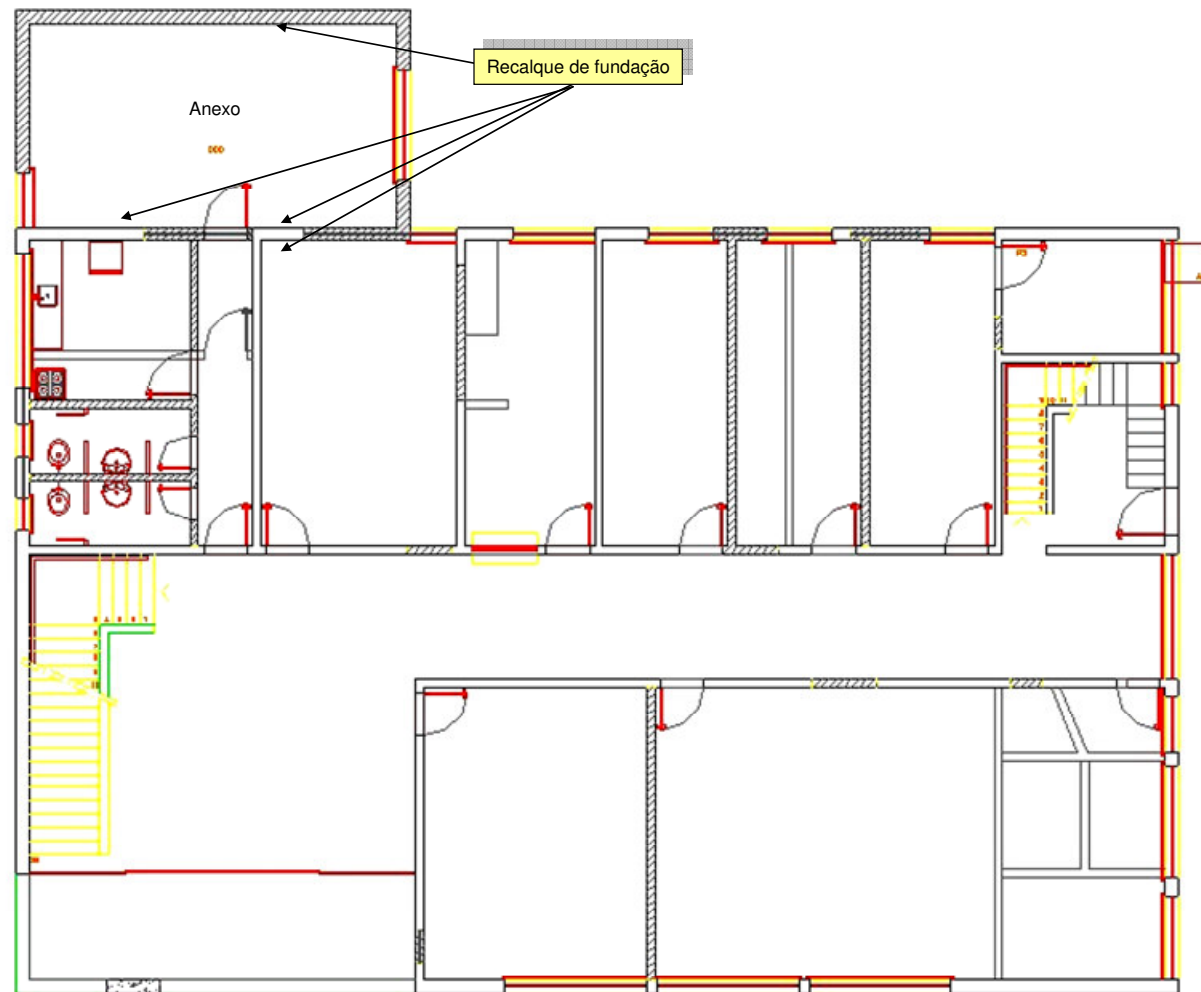


Figura 4.33 – Planta do 1º pavimento e suas patologias.

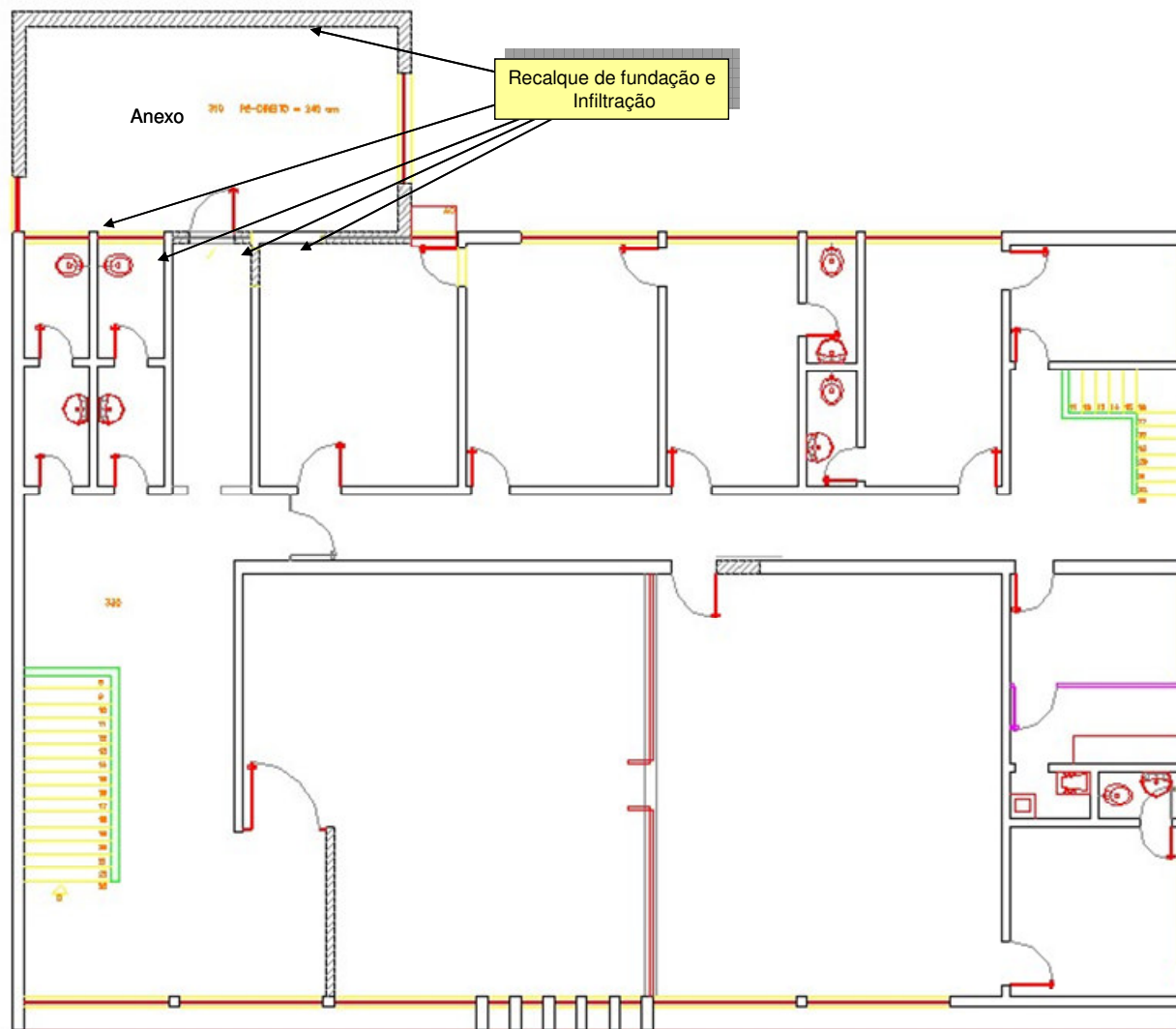


Figura 4.34 – Planta do 2º pavimento e suas patologias.

As trincas, bem como os problemas de infiltração decorrentes da mesma ocorreram poucos meses após a conclusão da obra. Na documentação da obra consta a notificação do TJMG junto à empresa responsável pela obra, para que a mesma providenciasse o reparo. Este reparo compreendia o tratamento das trincas, bem como a instalação de um rufo na ligação entre os prédios e conseqüentemente a troca de revestimento e nova pintura.

### **c) Medidas terapêuticas**

#### **c.1) Recalque de fundação**

- Costura das trincas

As trincas em suas alvenarias e na ligação entre os dois prédios passaram pelo processo de costura, visto que as mesmas foram consideradas mortas (passivas). Estas trincas foram tratadas usando procedimentos rígidos, através do método de costura das trincas, conforme relatado no tratamento da edificação de Contagem e apresentado no Anexo B e que não permitem a movimentação.

- Instalação de rufos

Para correção dos problemas de infiltração originados pelo recalque de fundação, tendo como foco a ligação entre os dois prédios, principalmente na cobertura, optou-se pela instalação de sistema de vedação na cobertura. Assim, foram instalados rufos em chapa galvanizada #24. Para fixação dos rufos foi executado primeiramente um rasgo na alvenaria, onde tarugos de madeira foram chumbados. Os rufos foram presos a estes tarugos através de parafusos zincados e buchas do tipo S6. Na região de encontro dos rufos, foi utilizada uma emenda por traspasse com comprimento mínimo de 5 cm.

- Revestimento

Na região danificada, todo reboco foi trocado e após sua cura a pintura utilizando tinta acrílica foi refeita.

## 4.1.6. Timóteo – Edificação 1

### a) Caracterização

Cidade localizada no estado de Minas Gerais, com temperatura média de 23,5°C e índice médio pluviométrico anual de 1374,00mm (Figura 4.35).

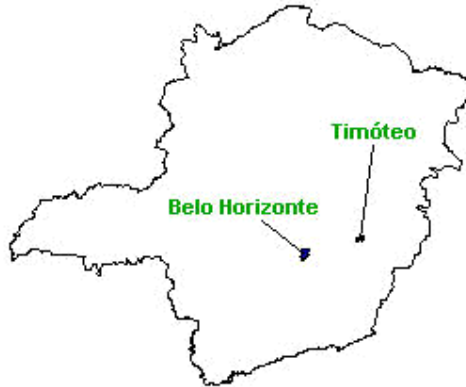


Figura 4.35 – Localização da cidade de Timóteo (www.almg.gov.br, 2008)

### b) Descrição das patologias

Esta edificação foi construída na década de 80, sendo que a última reforma para tratamento das patologias relatadas abaixo aconteceu em 2005. A edificação estudada é a apresentada nas Figuras 4.36 e 4.37, sendo que os problemas detectados nesta reforma são os citados abaixo e apresentado nas Figuras 4.38 e 4.39.

#### b.1) Infiltração

Trata-se de um imóvel constituído de subsolo e mais dois pavimentos. As infiltrações encontradas estão nas paredes, nas lajes de piso e cobertura do subsolo, bem como no teto no Anexo (Praça) e na cobertura da escada central, conforme apresentado nas Figuras 4.38 e 4.39.

Por se tratar de uma edificação construída pela Prefeitura, não foi possível obtermos uma cronologia da época da construção, pois não há diários de obras e nem os projetos executivos da época. Não sabemos também se durante a construção foram realizados testes de estanqueidade.



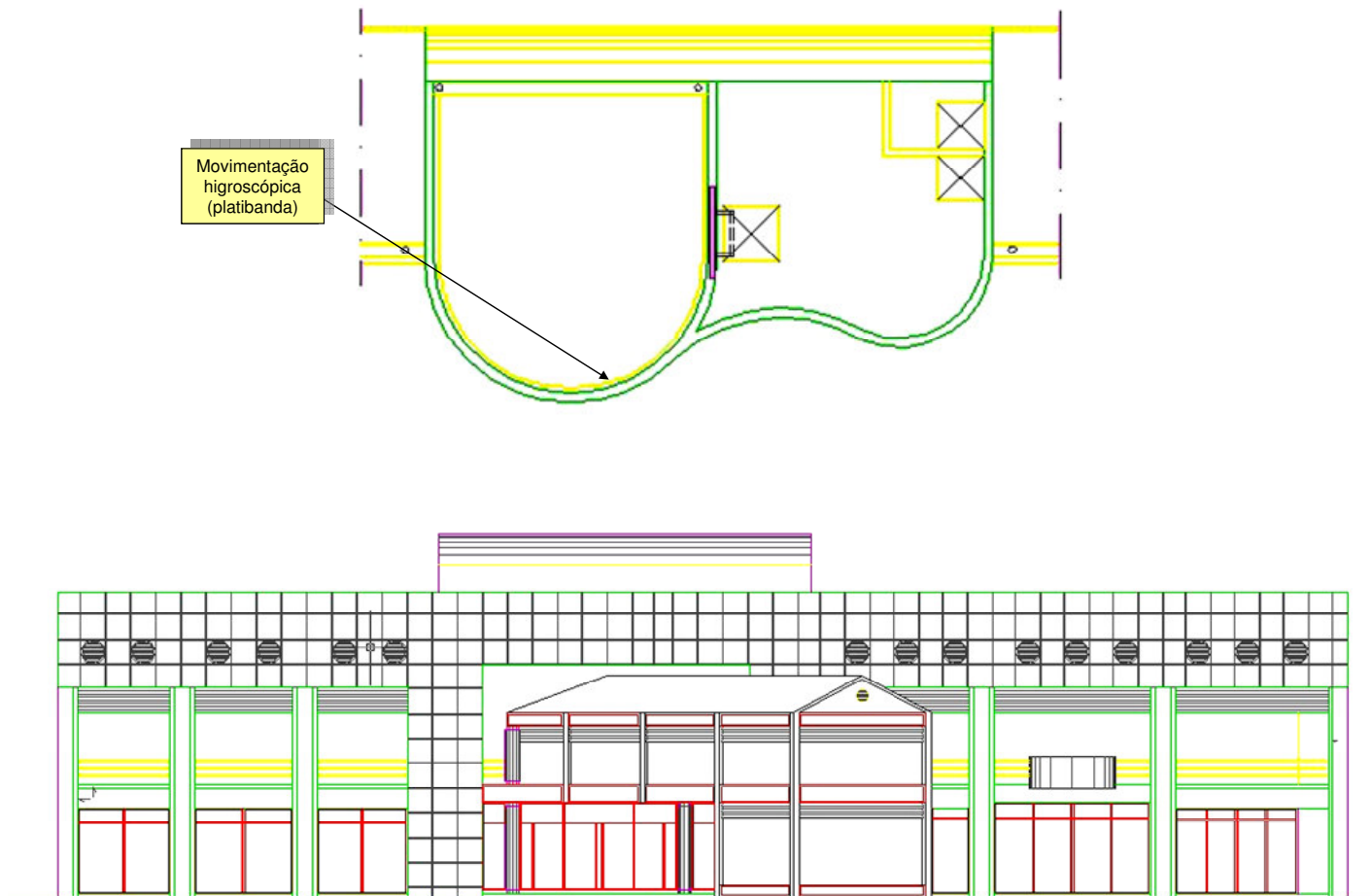


Figura 4.36 – Fachada e Detalhe da Cobertura da escada.

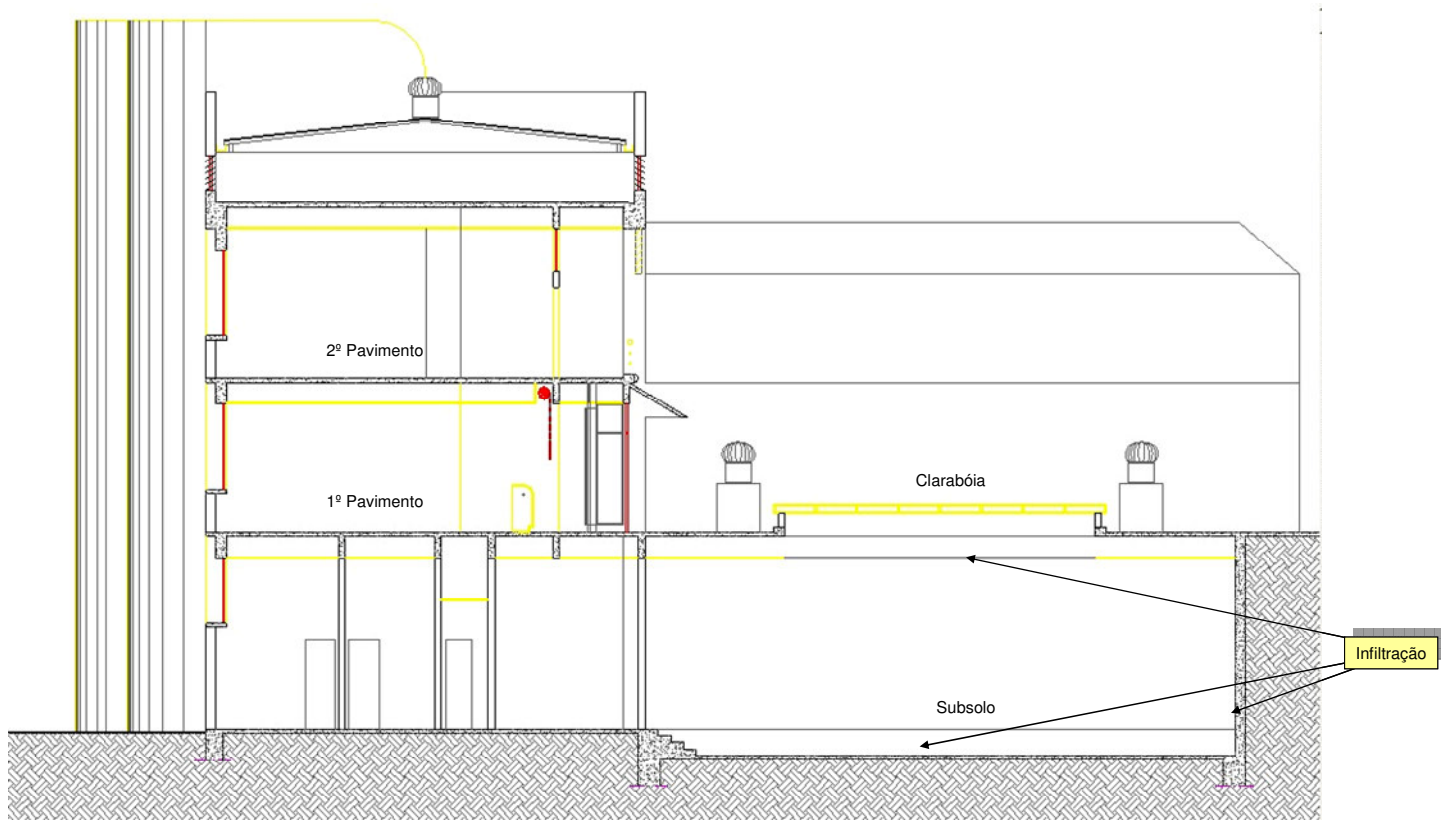


Figura 4.37 – Corte e patologias.

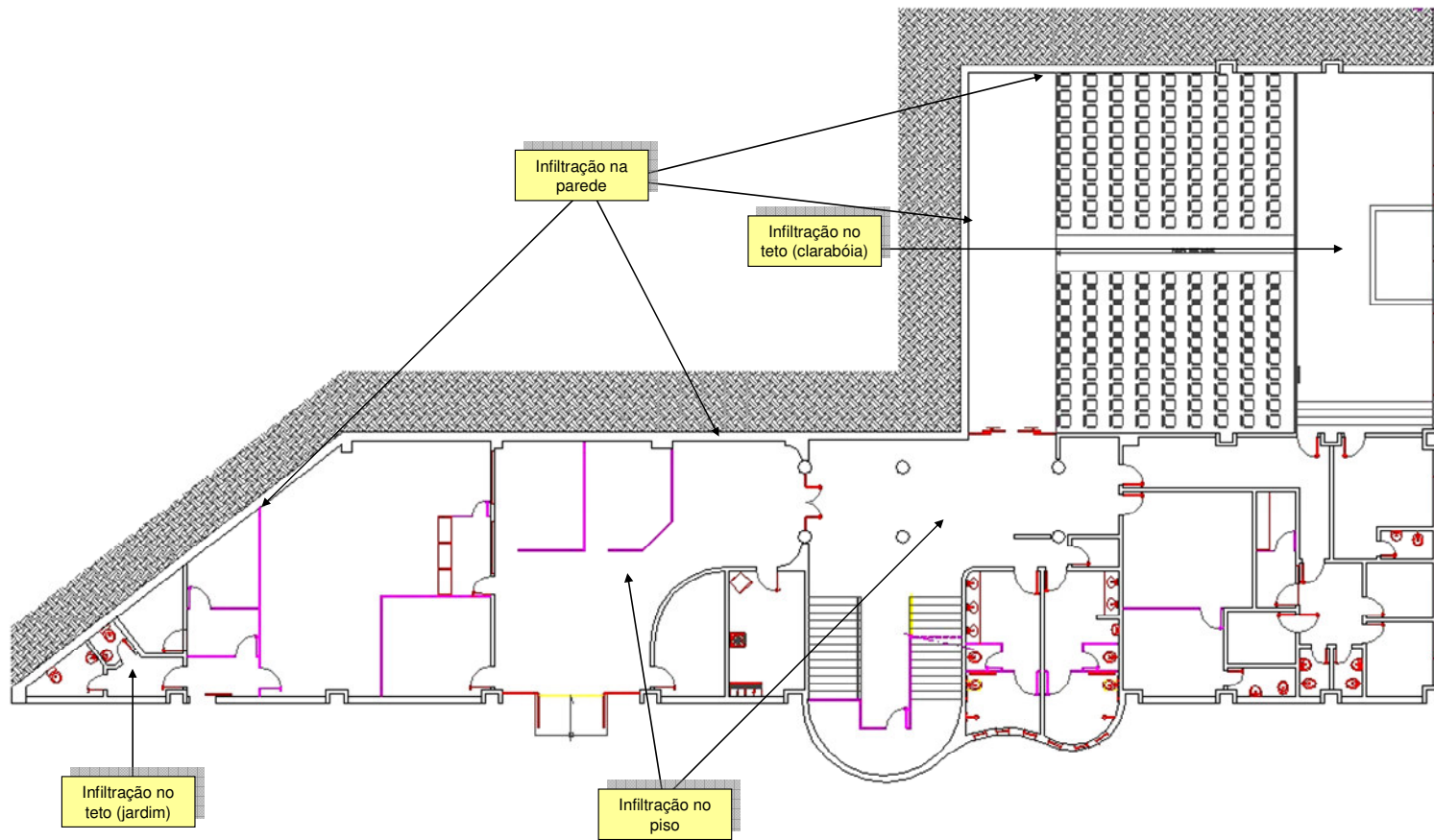


Figura 4.38 – Planta do subsolo e suas patologias.

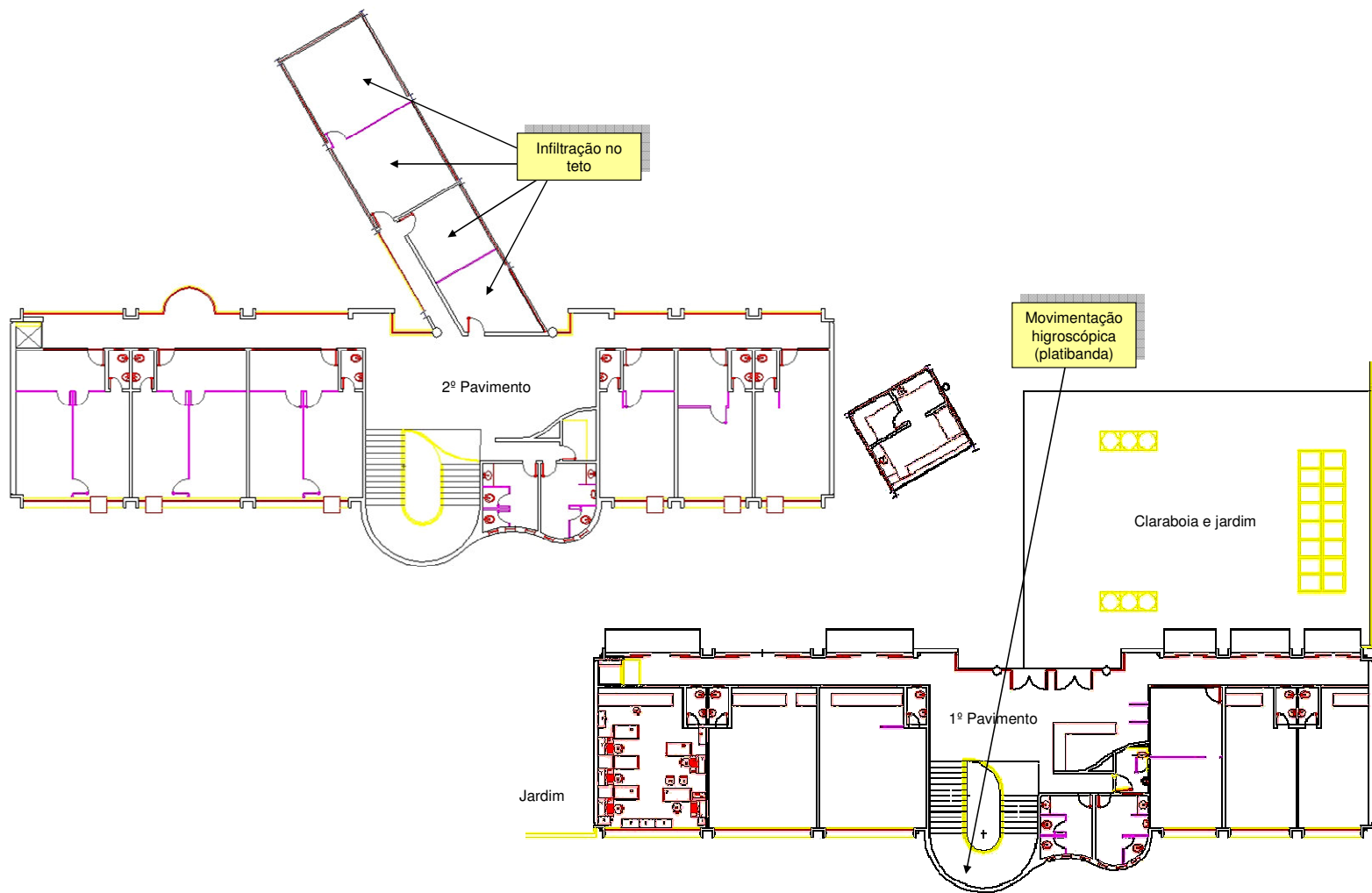


Figura 4.39 – Planta do 1º e 2º Pavimentos e suas patologias.

Apesar da carência de dados para analisar a edificação, entendeu-se que a origem do problema estava no projeto, pela falta/insuficiente sistemas de drenagem e de impermeabilização.

O piso do subsolo apresenta afloramento de água, que faz com que o mesmo apresente manchas generalizadas, bem como problemas nas alvenarias devido à pressão da água por capilaridade e pela falta de drenagem nas paredes do subsolo, conforme Figura 4.40.



Figura 4.40 – Infiltração na parede do hall do subsolo.

Também sob o teto do subsolo, nas partes onde o mesmo possui um jardim e uma clarabóia há vários pontos de infiltração. A ala dos banheiros do subsolo, conforme apresentado na Figura 4.38, há manchas de infiltração em todo teto.

Já no teto do salão do Júri (subsolo), além dos problemas de infiltração causados pelo jardim, o maior problema vem da clarabóia. A mesma tem uma estrutura de ferro, sendo que a fixação da mesma não permite a movimentação dos vidros. Isto faz com que os mesmos permaneçam sempre trincados, sendo um ponto de infiltração constante. No ano de 2003 foi executada uma calha em concreto contornando esta clarabóia com o intuito de evitar o empoçamento da água e consequentemente a infiltração no teto do salão do júri. Na vistoria para reforma que ocorreu no ano de 2005, pode-se perceber que a calha não sanou os problemas. A inclinação com que à mesma foi construída fez com que continuássemos a ter empoçamento de água em vários pontos, além disso, não foi efetuada a troca da estrutura da clarabóia.

Outro agente causador das patologias nesta edificação é o piso do tipo calçada portuguesa no 1º pavimento. Este tipo de piso permite a permeabilidade da água, fazendo com que a mesma percole para o subsolo e provoque os problemas de impermeabilização na parede do mesmo.

### **b.2) Movimentação higroscópica**

O desencadeador deste processo é a percolação de água em todo o contorno da platibanda. A argamassa de revestimento é constituída de um material poroso, que ao trocar umidade com o meio expande e contrai, gerando as trincas em sua superfície.

Pela análise do mecanismo causador dos problemas, chega-se à conclusão de que o agente do problema patológico é a falta de chapim e rufo no topo da platibanda, que direciona a água diretamente para a platibanda da escada central. Além disso, o topo da platibanda apresenta inclinação em direção à parte onde o revestimento é pintura, sendo que se a inclinação tivesse sentido contrário, a mesma iria em direção ao revestimento de pastilhas. A Figura 4.41 mostra o detalhe da movimentação higroscópica, inclusive com as trincas apresentadas no revestimento.



Figura 4.41 – Detalhe das trincas na platibanda.

Para estas patologias, entende-se que a origem do problema está na deficiência de projeto e também de falhas executivas.

### **c) Medidas terapêuticas**

#### **c.1) Infiltração**

A seqüência executiva realizada para o tratamento desta patologia está descrito abaixo:

##### **c.1.1) Infiltrações nas paredes e na laje de piso do subsolo**

Os procedimentos de reparo constaram da demolição e remoção da camada de reboco, eliminação das trincas existentes nas alvenarias, aplicação de uma camada de impermeabilização seguida de revestimento e pintura. Os detalhes de cada um destes procedimentos são os seguintes:

- Demolições e retiradas

Foi executada a demolição do reboco até no tijolo, das paredes internas e externas da edificação, onde o mesmo apresentava-se com infiltração, solto ou estufado. O rodapé existente em marmorite ( $h = 7 \text{ cm}$ ) foi também retirado nos locais, onde o mesmo estava se soltando no subsolo. O reboco das muretas externas que contornam os jardins foi também demolido.

- Impermeabilizações das alvenarias, muretas e muro de arrimo

Antes da aplicação da camada de impermeabilização, as superfícies a serem revestidas foram levemente apicoadas e se apresentavam ásperas, isentas de partículas soltas e materiais estranhos. Os cantos também foram arredondados em formato de meia-cana.

Após a demolição do revestimento, nos locais indicados, foi feita a aplicação de um impermeabilizante para concretos e argamassas com 3 demãos com um consumo de  $3,0 \text{ Kg/m}^2$ . As superfícies tratadas não podiam apresentar trincas; nos locais onde elas existiam, sendo então tratadas antes da impermeabilização.

Depois de realizada a aplicação do impermeabilizante, aplicou-se um chapisco de cimento e areia, com um traço indicado pelo fabricante do sistema

impermeabilizante. Este revestimento foi aplicado em duas camadas de 1 (um) cm de espessura, perfazendo um total de 2 cm.

Este procedimento de impermeabilização foi feito até uma altura de 1,5 metros acima do nível do piso inferior no lado interno dos muros de arrimo e nos lados internos das paredes do subsolo em contato com o solo. Nos muros de arrimo externos, nas paredes externas e nas muretas o procedimento foi executado em toda extensão destes elementos.

- **Eliminação de trincas**

Nos locais onde existiam trincas, elas foram tratadas, obedecendo aos procedimentos descritos para o tratamento de costuras de trincas seguindo o Padrão PDR-Trincas que se encontra no Anexo B.

- **Revestimentos**

Antes de serem revestidas, as superfícies foram limpas com vassoura e aspergiu-se água sobre a base sem que houvesse saturação. Os revestimentos internos e externos consistiram primeiramente de chapisco, aplicado conforme descrito anteriormente. Três dias após a aplicação do chapisco, as superfícies foram rebocadas, utilizando-se argamassa de cimento, plastificante, areia lavada fina e cal hidratada, no traço 1:2:8, em volume. Após a cura do reboco, aplicou-se um líquido selador nos locais onde havia sido realizada a recomposição do reboco.

Seguindo as recomendações do fabricante não foi feita aplicação de emassamento nas paredes que receberam tratamento de impermeabilização. Sendo assim, após a aplicação do líquido selador foi feita a pintura utilizando-se tinta PVA nas paredes internas e tinta acrílica nas paredes externas. Nas paredes externas utilizou-se tinta acrílica, pois a mesma possui maior resistência à água, à alcalinidade e às intempéries.

### **c.1.2) Infiltrações na laje de cobertura do subsolo**

- **Demolições e retiradas**

Externamente removeu-se o jardim que se encontrava sobre a laje de cobertura do subsolo e do salão do júri. Também se procedeu à demolição do reboco da calha que faz o contorno da clarabóia, localizada no mesmo jardim. Do lado interno foi



feita a retirada do forro de gesso nos sanitários e do forro de acrílico no salão do júri, que apresentava infiltrações no teto do subsolo.

Após a retirada do jardim e antes de proceder à impermeabilização, foi executada uma camada impermeabilizante, com 10 cm de espessura, de concreto com resistência à compressão de 10 MPa. Esta camada foi estendida, sarrafeada, desempenada e nivelada, sobre toda a área onde seria novamente replantado o jardim.

Antes de iniciar a impermeabilização, foi feita uma limpeza na superfície a ser impermeabilizada, retirando-se todas as partículas soltas. Com o objetivo de corrigir as irregularidades que pudessem prejudicar o sistema impermeabilizante, foi executada, em seguida, uma camada de regularização, com 2 cm de espessura e caimento de 1% em direção aos ralos e condutores de água, em argamassa de cimento e areia com traço de 1:3.

Em seguida iniciou-se o processo de imprimação através da aplicação de um primer sobre o substrato seco. Após a secagem do primer, fez-se a aplicação do sistema impermeabilizante, que consistiu de mantas asfálticas de 4 mm de espessura e proteção ante-raiz. A aplicação das mantas foi realizada com o auxílio do maçarico, direcionando-se a chama para aquecer a parte inferior da bobina e a parte superior da superfície imprimada. À medida que se derretia o asfalto da bobina, o aplicador ia desenrolando a mesma tomando os devidos cuidados para uma boa aderência final.



Figura 4.42 – Imprimação e aplicação da manta asfáltica.

A sobreposição entre as mantas foi de 10 cm, e foi executada derretendo-se a extremidade da manta superior com uma colher de pedreiro aquecida formando um

chanfro e selando junto à manta inferior. Nas extremidades da laje, a manta foi aplicada até uma altura de 20 cm acima da face superior da laje sendo então embutida nas muretas de contorno fazendo o arremate da impermeabilização.

- Impermeabilização da calha de contorno da clarabóia

A impermeabilização da calha consistiu da aplicação de uma massa betuminosa, formando uma camada plástica, impermeável e de grande resistência química. Antes de se executar essa camada de massa, aplicou-se sobre a superfície da calha uma pintura primária diluída com 20% de água. Seguiu-se então a colagem da massa em 3 camadas (com espessura de 2 mm por camada), uma após a secagem da anterior, sobre a qual foi colocada uma camada de argamassa antiácida para proteção. Esta camada de argamassa foi pintada com tinta impermeável e elástica a base de resinas acrílicas emulsionadas. Esta tinta tem como função formar uma membrana impermeável e de alta aderência, visando impedir a passagem de umidade, bem como o surgimento de manchas e bolores. Também devido a sua elasticidade, a tinta é capaz de acompanhar o movimento dos substratos, evitando o aparecimento de fissuras.

- Revestimentos

Do lado externo, o revestimento consistiu de chapisco seguido de reboco, aplicação de um líquido selador e pintura, com tinta acrílica nas muretas do jardim. Internamente, novas placas de gesso suspensas fixas foram recolocadas nos locais de onde haviam sido retiradas, bem como as placas de acrílico. Para se evitar trincas nestas placas de gesso, juntas de dilatação foram colocadas no encontro das placas de gesso com as alvenarias de contorno, sendo que o espaçamento entre elas foi de 3 cm. As placas de gesso foram então emassadas e posteriormente pintadas com tinta PVA.

- Replântio do gramado

O gramado foi replantado tomando-se o cuidado de não utilizar plantas com raízes profundas de modo a evitar danos na manta asfáltica de impermeabilização.

### **c.1.2) Infiltrações na laje de cobertura do Anexo**

Para as infiltrações provenientes desta patologia foi realizada a substituição das calhas em chapa metálicas no entorno da cobertura. A forma como a calha havia sido assentada provocava o empoçamento em vários pontos do telhado.

- Demolições e retiradas

Foi executada a retirada da calha que não tinha sido assentada sobre berço com inclinação adequada.

Também foi demolido todo o reboco que se encontrava soltando ou estufado.

- Substituição de calha

Instalação de nova calha sobre berço com inclinação adequada de forma a evitar empoçamentos.

- Revestimentos

Aplicação de novo revestimento de reboco no teto danificado. Após a cura deste reboco, aplicou-se líquido selador e posteriormente pintura com tinta látex PVA.

## **c.2) Movimentação higroscópica**

- Demolição dos revestimentos

Fez-se a demolição do reboco até no tijolo da platibanda da edificação, onde este reboco apresentava-se com sinais de movimentação higroscópica.

- Instalação dos rufos e contra-rufos na platibanda

Rufos, contra-rufos e chapins foram instalados seguindo os mesmos procedimentos adotados para as edificações de Bambuí e Corinto.

- Revestimentos

O revestimento da platibanda consistiu de chapisco e reboco, executados com os mesmos procedimentos citados anteriormente. Na composição do chapisco foi adicionado um adesivo para proporcionar uma maior resistência ao desgaste mecânico, aumentar sua impermeabilidade bem como evitar a retração da argamassa. Concluído o revestimento e sua cura foi feita a pintura da platibanda, empregando-se líquido selador seguido de tinta acrílica.

### **4.1.7. Timóteo – Edificação 2**

Esta edificação e os seus problemas patológicos foram detectados na vistoria ocorrida em 2005 e estão apresentados na Figura 4.43.

#### **a) Descrição das patologias**

A edificação foi construída na década de 60, sendo que a última reforma aconteceu em 2005. Os problemas detectados e tratados nesta reforma são os citados a seguir.

##### **a.1) Infiltração**

A infiltração encontra-se em todo o contorno externo da edificação. A origem das infiltrações deve-se à existência de um beiral do telhado de pequena dimensão que quando da ocorrência de chuvas, permitia que a mesma caísse no passeio e ali ficasse retida, principalmente junto às paredes externas, conforme apresentado na Figura 4.44.

##### **a.2) Movimentação higroscópica**

Nesta edificação, observa-se como sintoma o aparecimento de microfissuras (como um mapa) na argamassa de revestimento das alvenarias juntamente com o deslocamento desta argamassa principalmente nas fachadas.

O mecanismo desencadeador deste processo é devido a movimentações higroscópicas diferenciadas entre os elementos da alvenaria e da argamassa de revestimento provocada pelos sucessivos ciclos de molhagem e secagem.

Assim, a causa desta patologia é a intensa variação de umidade nos materiais constituintes da alvenaria e de seu revestimento associada às deformações diferenciadas destes materiais na presença e na ausência de umidade.

Neste caso, uma das origens do problema foi erro de execução na operação de umedecimento da alvenaria durante o assentamento da argamassa de revestimento. Ao executar o umedecimento da alvenaria, o excesso de água provoca um desequilíbrio que ocasiona a expansão do material de revestimento.

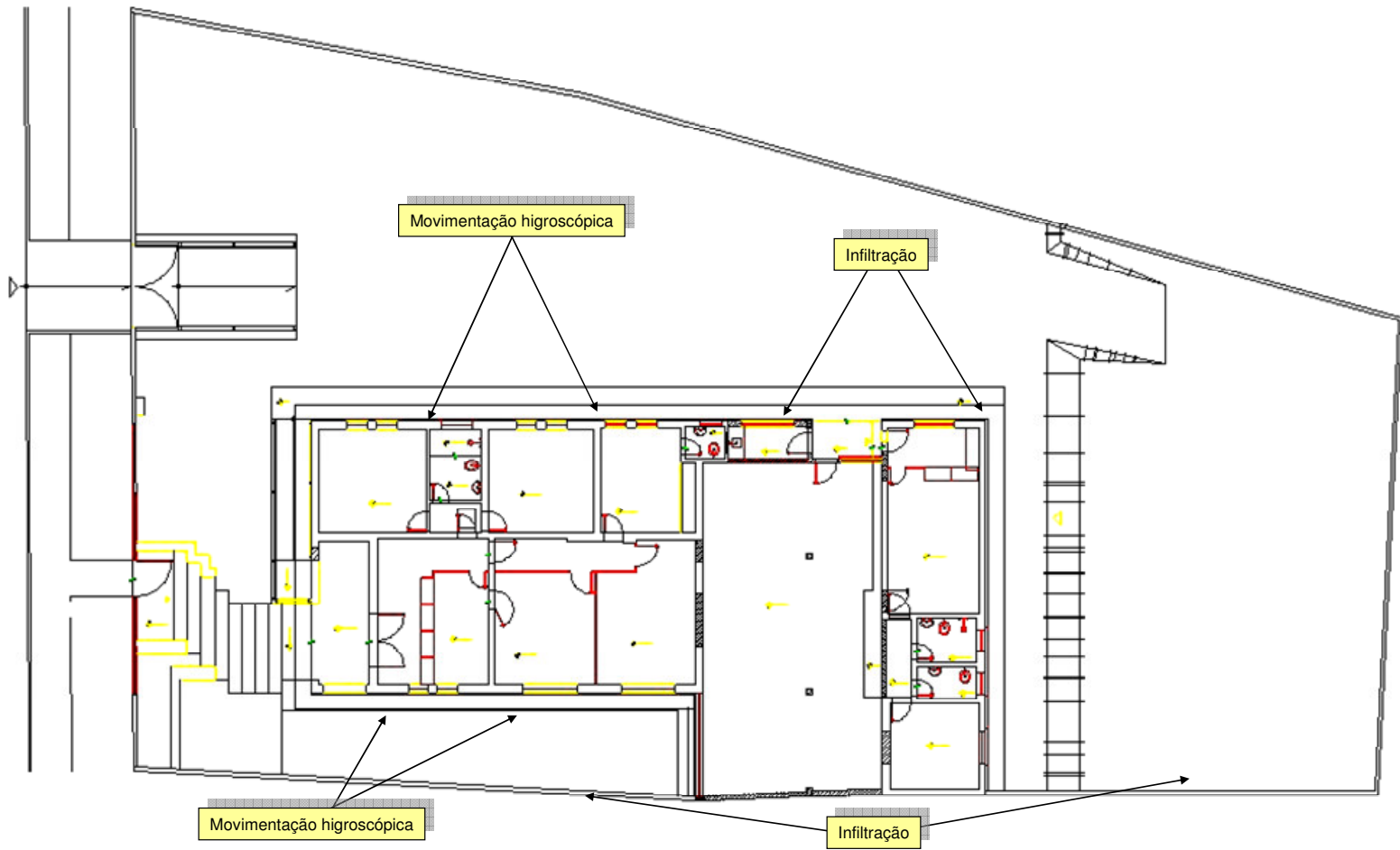


Figura 4.43 – Planta da edificação e suas patologias.



Figura 4.44 – Infiltração na base da casa

## **b) Medidas terapêuticas**

### **b.1) Infiltração e Movimentação Higroscópica**

Os procedimentos de reparo constaram da demolição e remoção da camada de reboco, impermeabilização das alvenarias, seguida de revestimento e pintura. Os detalhes de cada um destes procedimentos estão apresentados nos parágrafos a seguir.

- **Demolição dos revestimentos**

Foi executada a demolição do reboco até no tijolo das paredes internas e externas da edificação, onde o mesmo apresentava-se com infiltração, solto ou estufado.

- **Impermeabilização das alvenarias**

Antes da aplicação do novo revestimento efetuou-se a limpeza da base. A impermeabilização das alvenarias consistiu na aplicação de um hidrofugante adicionado à argamassa de revestimento (chapisco). O hidrofugante utilizado tinha consistência líquida e característica de tornar a argamassa impermeável, através de uma reação colóido-química. Essa reação produz um efeito repulsivo à água e, portanto estanque às infiltrações d'água.

Este hidrofugante também tem como características aumentar a resistência quanto ao desgaste mecânico e evitar a retração da argamassa.

- Revestimentos internos

Após 3 dias da aplicação do chapisco com hidrofugante, aplicou-se o reboco, utilizando argamassa industrializada. Com a secagem completa do reboco, aplicou-se o líquido selador e depois a pintura, utilizando-se tinta PVA para as paredes internas e tinta acrílica para as externas.

- Passeio de contorno

O passeio de contorno da edificação não foi refeito, mas sua largura foi aumentada para melhorar a acessibilidade na edificação.

Neste alargamento foi utilizado um concreto magro com  $f_{ck}=10,0\text{MPa}$ . Após a cura foi executado sobre esta base um piso cimentado desempenado.

## 4.1.8. Sabará

### a) Caracterização

Cidade localizada no estado de Minas Gerais, com temperatura média de 21,1°C e índice médio pluviométrico anual de 1.491,30mm (Figura 4.45).



Figura 4.45 – Mapa de localização da cidade de Sabará (www.almg.gov.br, 2008)

### b) Descrição das patologias

A edificação estudada foi construída na primeira metade do Século XX, sendo que a última reforma aconteceu em 1992. A edificação juntamente com seus problemas patológicos é apresentada nas Figuras 4.46 e 4.47.

#### b.1) Recalque de fundação

Trata-se de uma edificação constituída de alvenarias em paredes maciças duplas, apoiadas em fundação direta de pedras argamassadas. Segundo ASSUNÇÃO (2005), no início da década de 90, começou a aparecer trincas generalizadas em quase todas as paredes internas e externas desta edificação. Foi então contratada uma consultoria que após análise concluiu que "... as fundações diretas estavam apoiadas em camadas de argila de baixa consistência, o que originou acentuados recalques apresentados nas trincas das alvenarias. Só não tendo maiores estragos devido à robustez das obras antigas".

Com esta análise da consultoria, iniciaram-se o levantamento e cadastramento das trincas, inspeção das redes de esgoto e água pluvial e sondagem geotécnica.



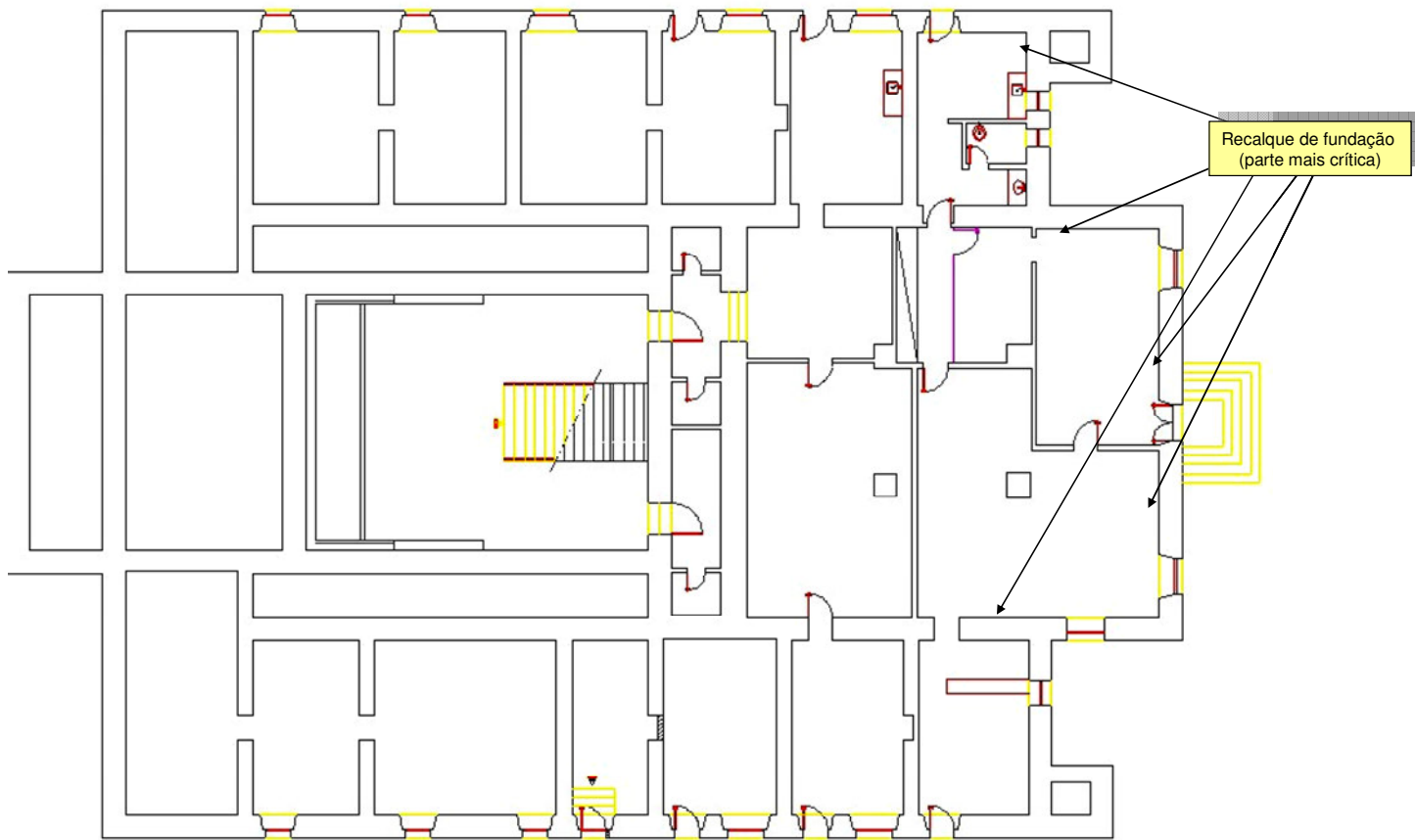


Figura 4.46 – Planta do subsolo e suas patologias.

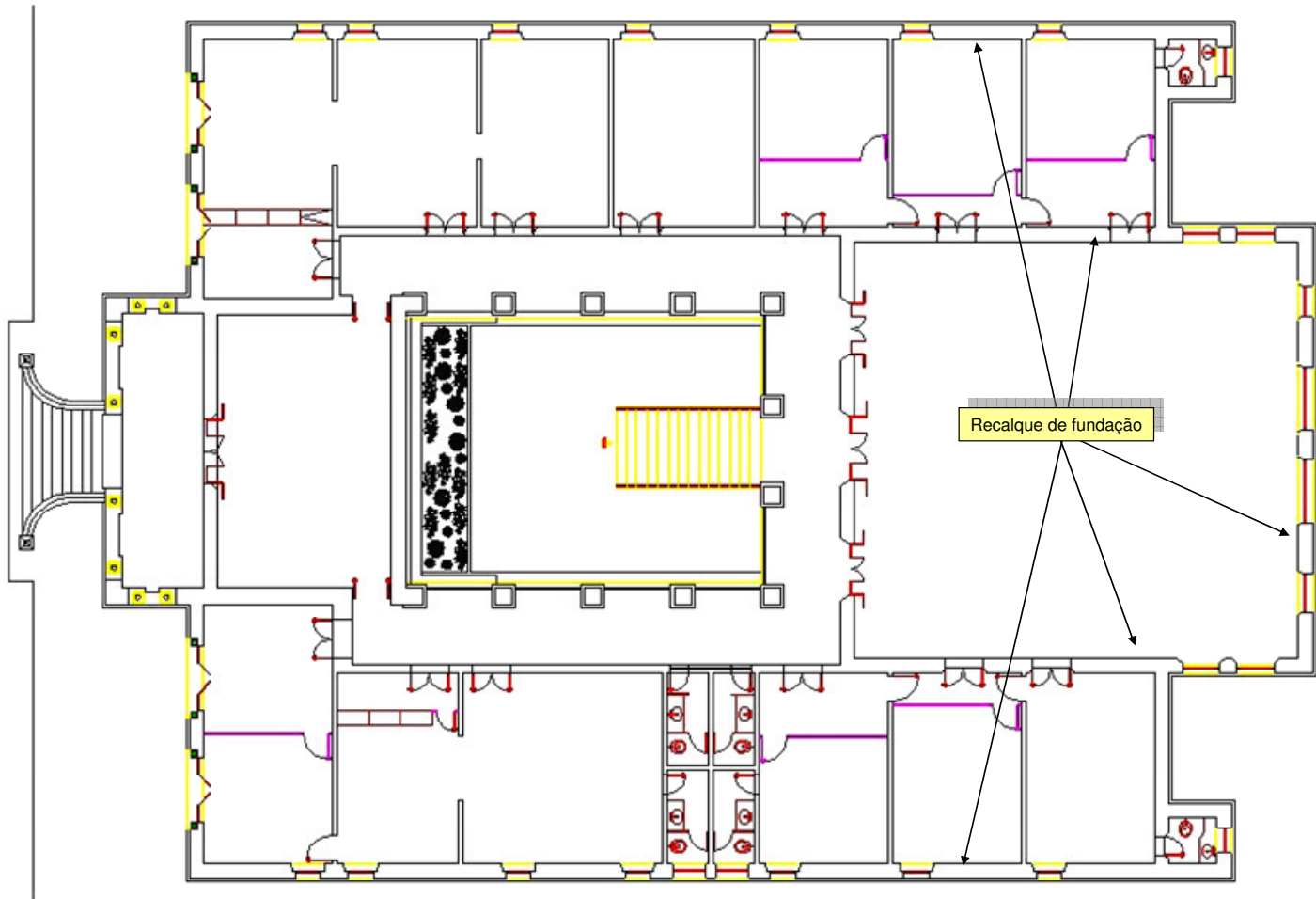


Figura 4.47 – Planta do 1º pavimento e suas patologias.

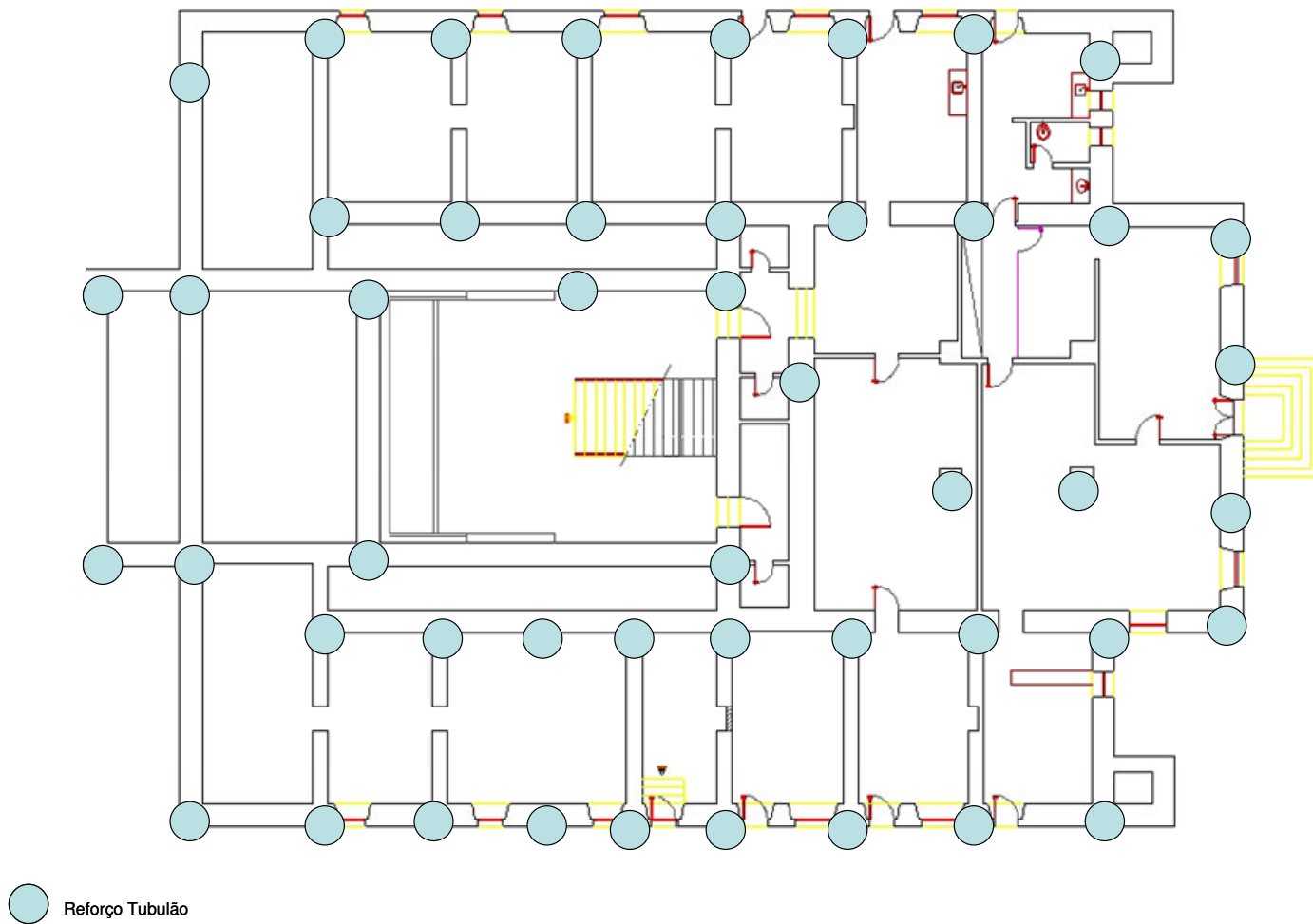


Figura 4.48 – Mapeamento dos tubulões para reforço

No monitoramento das trincas observou-se que dos oito pontos onde estava sendo feita a análise, seis tiveram aumento da sua abertura. Um dos pontos reduziu o tamanho da abertura e o outro teve seu tamanho inalterado.

A sondagem geotécnica mostrou que a fundação foi assentada em camada com capacidade de carga relativamente suficiente, porém sobre camada de argila de consistência de média a mole.

### **c) Medidas terapêuticas**

#### **c.1) Recalques de fundação**

- Relatório da consultoria

Através do relatório apresentado pela consultoria e com a sondagem geotécnica foi proposta a execução de tubulões no prédio.

Foram executados ao todo 63 tubulões, conforme apresentado na Figura 4.48.

- Movimento de terra - Escavação

Antes do reforço das vigas baldrame, foram executados todos os escoramentos necessários, no subsolo e no primeiro pavimento, em todas as faces do elemento estrutural ou de vedação, procurando aliviar ao máximo o carregamento sobre a fundação que se pretendia reforçar.

Com o intuito de se avaliar o estado real das vigas baldrame bem como do solo em que se apoiavam, valas foram abertas nos pisos, em várias salas, determinando as características do solo “in situ”.

Durante a investigação, caso ocorresse instabilidade do terreno já estava previsto um encamisamento da fundação de reforço. Toda execução dos trabalhos de escavações foi feita obedecendo às prescrições das normas concernentes ao assunto.

- Execução dos tubulões

O reforço das fundações ocorreu através de tubulões, localizados conforme Figura 4.48. Os tubulões foram escavados manualmente com diâmetro do fuste de 60 a 90 cm, diâmetro da base de 100 a 180 cm e com profundidade variando de 6 a 8 m. A taxa de pressão no terreno  $\sigma_s$  ficou na ordem de 0,25 MPa.

Na concretagem dos tubulões, foi utilizado concreto com resistência característica à compressão ( $f_{ck}$ ) de 9,0 MPa, sendo que no metro final do tubulão foi utilizado  $f_{ck}=13,5$  MPa. Em parte dos tubulões utilizou-se 30% de pedra de mão e em outra parte foi utilizado 20% de pedra de mão. A porcentagem de pedra de mão foi separada antes da concretagem, sendo que o seu lançamento foi feito em conjunto com o concreto, de forma que a distribuição das pedras ocorresse de maneira homogênea.

O concreto, preparado na obra, teve dosagem experimental (racional) na forma preconizada pela NBR 6118/1980, utilizando os materiais disponíveis na região. A dosagem foi elaborada por laboratório especializado. Durante a execução, corpos de prova foram extraídos para se verificar a resistência característica do concreto executado.

Após a concretagem dos tubulões, executou-se reaterro compactado nos locais de reforço da fundação (no cachimbo aberto para execução de cada tubulão), bem como nos locais de inspeção.

- Reforço da estrutura

As paredes internas foram reforçadas com pilares armados com 4Ø 10.0 mm com estribos de Ø 5.0 mm espaçados a cada 15 cm.

- Tratamento das trincas

O tratamento das trincas ocasionadas pelos recalques da fundação foi feito 60 dias após a execução do reforço da fundação. Julgou-se que este seria o prazo de tempo necessário para a acomodação da estrutura recém reforçada. No processo de tratamento foram seguidos os procedimentos citados anteriormente na costura de trincas de acordo com o Padrão PDR-Trincas, que se encontra no Anexo B.

- Revestimentos de parede

Após tratamento, as alvenarias foram revestidas com chapisco e reboco, executados através de argamassa industrializada, própria para cada etapa do revestimento. Concluído o revestimento e sua cura foi feita a pintura, empregando-se líquido selador e tinta acrílica.

- Revestimento de piso

O piso na região mais crítica de recalque cedeu, tendo que ser novamente executado.

Procedeu-se a demolição do piso nos locais onde o mesmo apresentou problema. Fez-se então um enchimento utilizando concreto magro com  $f_{ck}=10,0$  MPa, de forma a nivelar os pisos.

Após a cura deste enchimento aplicou-se o piso em ladrilho hidráulico assentado com argamassa de traço 1:3.

## **4.2. Análise das Edificações após tratamento**

Descreveremos o estado atual das edificações que receberam os tratamentos descritos no Item 4.1. Para esta análise foram realizadas vistorias nas edificações no período de 04 a 12 de agosto de 2008.

Conforme estabelecido na metodologia deste trabalho, foi feita vistoria nas edificações para levantamento da situação atual das edificações.

Foi realizada entrevista com os funcionários das edificações, que avaliaram a situação do mesmo após o reparo (reforço e/ou recuperação). Algumas das perguntas realizadas foram as descritas abaixo:

- Foram tomadas as medidas necessárias quanto à manutenção?
- O funcionário se recorda de algum fato que pode estar ligado ao aparecimento do problema?
- Ocorrem episódios de aumento ou diminuição do problema?
- Como eram as condições climáticas quando o problema foi notado?
- Depois da reforma houve reincidência destes problemas patológicos?

Foram também analisados dados relativos às edificações estudadas que pudessem trazer alguma informação acerca do retorno da patologia, tais como:

- Diário de obra;
- Informação sobre a realização de ensaios nos materiais;
- Cronograma físico financeiro previsto e executado.

Além destas questões levantadas também foram observados alguns pontos que influenciam diretamente o desempenho de uma edificação.

Um primeiro ponto diz respeito às falhas de projetos, pois quando da elaboração destes, deve ser observado os detalhes e as medidas construtivas que assegurem a vida útil pretendida, analisando para isso as condições ambientais.

De acordo com CUNHA & LIMA (1998), a vida útil de uma estrutura pode ser dividida em duas fases:

- Fase de início da deterioração: nesta fase não há sinais de enfraquecimento da estrutura, mas algumas barreiras protetoras são quebradas pelo meio agressivo, podendo ocorrer carbonatação ou penetração de cloretos e acumulação de sulfatos, processo às vezes acelerado pela alternância entre molhamento e secagem do concreto;
- Fase de propagação da deterioração: nesta fase ocorre a corrosão das armaduras e a deterioração progride com rapidez até extinguir a vida útil da estrutura.

A outra questão está relacionada com o tratamento que as edificações recebem ao término de sua construção ou mesmo após a conclusão de uma obra de reparo. A manutenção de uma edificação é o conjunto de atividades necessárias à garantia do seu desempenho satisfatório ao longo do tempo. Para que um sistema de manutenção funcione é preciso que haja além de um plano de controle de manutenções a co-participação dos usuários da edificação.

Na vistoria observou-se que após o reparo dos prédios estudados que passou por algum tipo de tratamento, a manutenção varia de mediana a boa. Este fato pode diretamente atuar na melhoria da edificação, pois garante ou restabelece as condições necessárias para que a edificação desempenhe de maneira eficaz as funções para as quais ela foi concebida.

Pode-se observar que mesmo não havendo uma programação efetiva do tipo de manutenção a ser realizada nas edificações, pelos relatos dos funcionários observa-se que os mesmos atuam estabelecendo tanto manutenções preventivas quanto corretivas.

Fazendo uma análise geral das patologias temos que:

#### **a) Recalque de Fundação**

De uma maneira geral, após vistoria, observou-se que os sintomas desta patologia apresentaram reincidência em algumas edificações, apontando, portanto que a eficiência do tratamento não atingiu em 100% todas as edificações.

No caso de recalque de fundação não foi observada outra origem das patologias, a não ser as já relatadas anteriormente. Nos locais onde houve retorno destas patologias o que pode ser notado inicialmente é que aparentemente a extensão do problema é menor do que quando foi iniciado o tratamento.

Nos casos das edificações situadas nas cidades de Contagem, Corinto e Sabará, as causas relacionadas aos problemas de recalque de fundação tiveram a sua origem na etapa de projeto, visto que os recalques de fundação ocorreram devido ao fato de suas fundações estarem apoiadas em solos que não apresentavam capacidade de suporte.

Assim, esta falha se deu na etapa de concepção do projeto, por não haver ou por não ser uma prática comum os métodos de investigação do solo. Também não é rara a ocorrência de interpretação incorreta dos dados gerados pela sondagem, o que pode levar a utilização de uma fundação que não seja conveniente ou o assentamento da fundação em terrenos de capacidade resistente inferior à necessária, ou com deformabilidade incompatível com a rigidez da superestrutura, gerando recalques de apoio e a partir destes quadros de fissuras.

É muito comum também a utilização de fundações com comprimento insuficiente.

No caso de Luz, que era uma obra de ampliação, na ligação entre as duas edificações não foram tomados cuidados necessários, gerando o aparecimento de trincas entre a construção nova e a antiga. Enquanto a fundação da estrutura existente não sofre mais recalque, a fundação da nova edificação ainda vai recalcar por um período.



Assim, o sintoma trinca de alvenarias que tem como agente causador recalque de fundação obteve tratamento inadequado em algumas edificações. Isto ocorreu porque o mapeamento das fissuras em alguns locais foi feito de maneira incorreta. Para todas as edificações o tratamento das trincas oriundas de recalque de fundações foi feito utilizando um método rígido, independente da trinca ser do tipo ativa ou passiva.

Assim, ocorreu o retorno das trincas, nas edificações onde as mesmas eram ativas, como na cidade de Luz. Já nas edificações de Contagem, Corinto e Sabará, após o reforço de fundações e com a estabilização das mesmas procedeu-se a costura das trincas. Como nestas edificações as mesmas eram passivas todo tratamento funcionou.

É importante não apenas o reforço da estrutura, mas também a identificação correta do tipo de fissura apresentada, para só depois determinarmos o tratamento que será executado. Caso haja uma falha na identificação da classificação da trinca, pode ocasionar uma falha na medida terapêutica adotada, conforme relatado anteriormente.

No caso de fissuras ativas, de acordo com SOUZA & RIPPER (1998), é preciso primeiro eliminar a causa que gerou a trinca, que no caso de recalque é o reforço da fundação. O fechamento da trinca ativa no sentido de promover o monolitismo, faz com que haja a reabertura da mesma. Neste caso o tratamento deve ser executado com material elástico e não resistente.

Nas edificações onde as trincas eram ativas não poderia ser usado um sistema rígido, mas sim um sistema flexível.

#### **b) Movimentação Higroscópica**

Em relação aos problemas que tinham como agente causador à movimentação higroscópica, verificou-se que em todas as edificações onde a mesma ocorreu o tratamento utilizado foi eficaz. Na vistoria realizada não pode ser observado nenhum problema de retorno desta patologia.

Também nesta vistoria não pode ser constatado outra origem das patologias.

### **c) Infiltração**

O tratamento desta patologia apresentou resultados satisfatórios em grande parte das edificações estudadas, sendo que o retorno da patologia não pode ser percebido na maioria das edificações.

Na vistoria não pode ser constatado outra origem das patologias, a não ser em alguns casos já relatados anteriormente. Também neste caso, nos locais onde houve retorno das patologias o que pode ser observado inicialmente é que **aparentemente** a extensão do problema é menor do que quando foi iniciado o tratamento.

### **4.2.1. Bambuí**

Conforme relatado anteriormente, os procedimentos para analisar as medidas terapêuticas adotadas compreenderam uma vistoria técnica na edificação, que englobou além da inspeção visual uma entrevista com funcionários da edificação.

No caso da edificação de Bambuí a vistoria foi realizada no dia 06/08/08 e pode-se verificar que todas as patologias apresentadas foram sanadas, não apresentando retorno dos problemas após 4 (quatro) anos de reparo (reforço e/ou recuperação).

Assim, para a avaliação do processo de recuperação adotado pode-se observar:

#### **a) Análise da medida terapêutica**

##### **a.1) Infiltração**

As infiltrações que ocorriam nos tetos do 2º pavimento e anexo não são mais verificadas, após a substituição de todo telhado e de novo procedimento para ligação da estrutura. Também a aplicação de impermeabilização através de manta asfáltica mostrou-se eficaz nas lajes de cobertura (Anexo 2), não sendo verificado nenhum problema de infiltração.

Não foi verificada infiltração na base da edificação interna e nem externamente, após a execução dos novos passeios com o caimento no sentido contrário da alvenaria.



Figura 4.49 – Teto do 2º pavimento sem infiltração.



Figura 4.50 – Teto e parede do 1º pavimento (anexo) sem infiltração.



Figura 4.51 – Base da edificação sem infiltração.

## a.2) Movimentação higroscópica

Nos locais onde anteriormente apresentavam estas patologias não são mais verificadas estes sintomas internamente e nem externamente.



Figura 4.52 – Base da edificação sem infiltração.



Figura 4.53 – Parede sem patologias.



Figura 4.54 – Parede sem patologia.

Este tratamento mostrou-se eficaz, pois em nenhum ponto da edificação percebem-se problemas relacionados à movimentação higroscópica.

### **a.3) Outras considerações**

Após a vistoria pode-se constatar que os tratamentos de recuperação da referida edificação foram eficientes, sendo que a mesma não apresenta nenhum dos problemas relatados anteriormente. Pode-se também verificar que não há mal uso da edificação e que a manutenção pode ser classificada como boa.

Analisando o diário de obras, observa-se que não há relato de nenhum acontecimento que pudesse prejudicar o tratamento, durante a fase de intervenção. Todos os produtos especificados, bem como os procedimentos definidos foram efetivamente utilizados. O cronograma físico-financeiro previsto e o que foi efetivamente executado obedeceram ao prazo e custo estabelecido.

Em relação aos ensaios dos materiais, foi executada a dosagem experimental para os traços de concreto e argamassa, conforme relatórios na pasta da obra.

Na entrevista realizada com os funcionários que são responsáveis pela administração da edificação os mesmos informaram que após o tratamento não foi verificado nenhum dos problemas relatados e que todas as expectativas foram atendidas.

## 4.2.2. Congonhas

Em vistoria realizada nesta cidade no dia 04/08/08 pode-se verificar que as patologias decorrentes de infiltração foram sanadas, apesar de ainda haver movimentação da estrutura, o que influencia neste problema patológico. Ratificando a conclusão de ASSUNÇÃO (2005) pode ser observado que mesmo com a recuperação para as patologias decorrentes do acidente que causou o recalque de fundação ainda são verificadas trincas em vários pontos da edificação.

### a) Análise da medida terapêutica

#### a.1) Infiltração

O tratamento aplicado em toda edificação foi eficiente, visto que não pode ser observadas infiltrações nas salas, como apresentado na Figura 4.55.

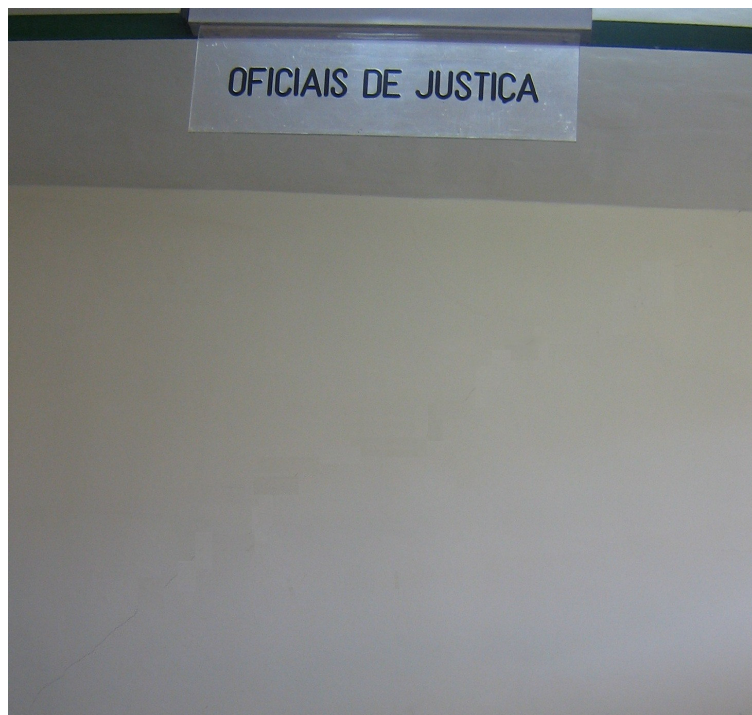


Figura 4.55 – Parede e teto sem infiltrações.



Figura 4.56 – Fechamento com venezianas no lanternim.

Também o fechamento do lanternim do pátio central mostrou-se eficiente, uma vez que reduziu a incidência de chuvas e conseqüentemente dos problemas relacionados à infiltração.

Nos problemas de infiltração que tinham como agente causador a fixação dos rufos, devido às dificuldades de ligação do mesmo na platibanda em concreto, pode-se observar que em apenas um trecho da edificação ainda vem apresentando problemas de infiltração. Este trecho ainda está com problemas de fixação dos rufos, conforme apresentado nas Figuras 4.57 e 4.58.



Figura 4.57 – Infiltração na parede da lateral esquerda.





Figura 4.58 – Rufo soltando da platibanda.

### **a.2) Correção da medida terapêutica**

Como o tratamento descrito mostrou eficácia em grande parte da edificação, apresentando apenas em um ponto localizado reincidência de infiltração, sugere-se aplicar o mesmo tratamento. Assim, deve ser executado a retirada do rufo no trecho onde o mesmo está descolando e aplicar novamente o mástique para impedir a penetração da água entre a platibanda e a cobertura.

### **a.3) Outras considerações**

Após a vistoria pode-se constatar que os tratamentos de recuperação da referida edificação foram eficientes em parte da edificação. Pode-se também verificar que não há mau uso da edificação e que há uma boa manutenção na mesma.

O diário de obras não relata nenhum problema grave, durante o período da reforma, sendo que o cronograma físico-financeiro previsto e o que foi efetivamente executado obedeceram ao prazo estabelecido. Na especificação e durante a fase de execução da obra não houve ensaios dos materiais empregados no tratamento. Foi solicitado e especificado o uso de materiais que apresentassem qualidade e desempenho satisfatório, sendo atendidos os itens, conforme pasta da obra.

Na entrevista realizada com o funcionário responsável pela administração da edificação o mesmo informou que após o tratamento não foi verificado nenhum dos problemas relatados, mas que no período de chuvas é comum aparecer problemas relacionados à infiltração em outros pontos da edificação que não receberam tratamento.

### 4.2.3. Contagem

Em vistoria realizada nesta edificação no dia 04/08/08 pode-se verificar que há trincas apenas no 2º pavimento desta edificação. Além disso, este sintoma encontra-se em um trecho diferente de quando foi feita a vistoria para tratamento do problema.

O local onde consta a trinca internamente é na parede lateral esquerda do 2º pavimento, conforme apresentado no detalhe do projeto arquitetônico Figura 4.22. Antes do tratamento a trinca aparecia nos dois pavimentos nas paredes demarcadas e apresentadas no Item 4.1.

É importante ressaltar que nesta edificação ocorreram modificações na utilização de espaços. O projeto inicial previa o funcionamento de uma Central de Abastecimento, mas que acabou abrigando o Fórum. Como este imóvel foi doado ao TJMG, não há muitos dados acerca da construção deste prédio. Temos o projeto estrutural que apresenta a fundação da edificação, como sendo direta.

#### a) Análise da medida terapêutica adotada

##### a.1) Recalque de fundação



Figura 4.59 – Trinca inclinada no 2º pavimento.

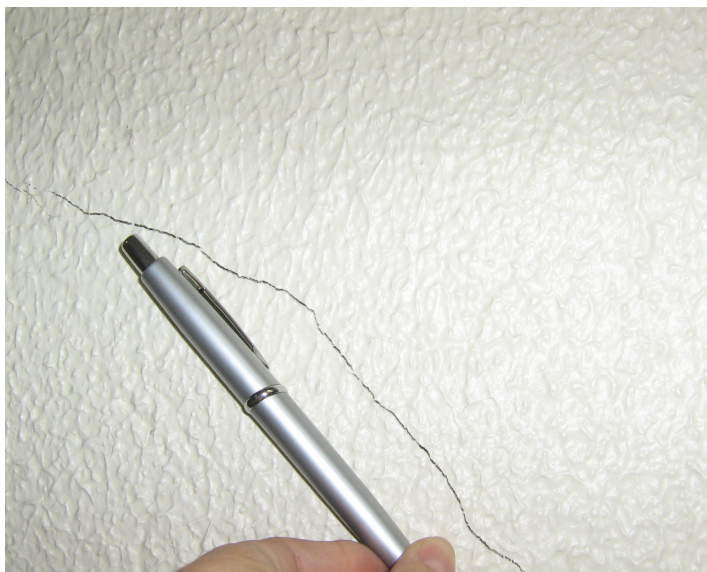


Figura 4.60 – Trinca inclinada no 2º pavimento.



Figura 4.61 – Vista externa da trinca inclinada do 2º pavimento.

Para a patologia que tinha sua origem no recalque de fundação, após reparo o seu desempenho foi satisfatório.

#### **a.2) Outras considerações**

Apesar de observamos trincas nas Figuras 4.59, 4.60 e 4.61 após o tratamento, pode-se constatar que a recuperação da edificação foi eficiente. Isto ocorre porque as causas que originaram estas trincas são diferentes das relacionadas no Item 4.1. A causa dos sintomas (trincas) verificadas na vistoria em agosto de 2008 foi devido

ao fechamento com alvenaria de trechos da edificação, sendo que não foi efetuada a ligação adequada entre alvenaria e estrutura.

Quando do fechamento destes vãos não foi previsto um encunhamento entre a estrutura existente e a alvenaria nova. O ideal seria a colocação de um sistema de encunhamento com poliuretano (sistema flexível). Além disso, deveríamos ter instalado telas do tipo pinteiro dos dois lados da alvenaria na ligação alvenaria/estrutura, trespassando pelo menos 15cm de cada lado. Após tomar estas providências seria aplicado o chapisco e o reboco e após a sua cura aplicaríamos o sistema de pintura convencional.

O diário de obras não relata nenhum problema grave, durante o período do reparo, sendo que o cronograma físico-financeiro previsto e o que foi efetivamente executado obedeceram ao prazo previamente estabelecido.

Em entrevista realizada com os funcionários que são responsáveis pela administração da edificação os mesmos não souberam fornecer as informações necessárias por serem novos no cargo.



Figura 4.62 – Local de tratamento das trincas de recalque de fundação.

#### 4.2.4. Corinto

Em vistoria realizada nesta edificação no dia 05/08/08 pode-se verificar que as patologias decorrentes dos problemas relatados no Item 4.1 não estão presentes nesta edificação.

##### a) Análise da medida terapêutica adotada

##### a.1) Recalque de fundação



Figura 4.63 – Corredor onde ocorreu reforço de fundação.

Nas paredes do corredor apresentado na Figura 4.63, é que ocorreu o reforço de fundação, conforme relatado no Item 4.1. Após este reforço e com o tratamento aplicado nas trincas existentes não houve mais retorno de patologia. Apenas na sala da entrada da edificação é que apresenta em uma de suas paredes trinca, conforme apresentado na Figura 4.64. Pela vistoria realizada acredita-se que trata apenas de trinca do próprio reboco.



Figura 4.64 – Trinca de reboco em uma sala do 1º pavimento.

### **a.2) Infiltração**

O tratamento desta patologia mostrou-se eficiente, visto que não há sinais de infiltração no teto da edificação após cinco (5) anos de término do tratamento.



Figura 4.65 – Teto do 2º pavimento sem infiltração.

### **a.3) Movimentação higroscópica**

A troca do revestimento do reboco da fachada mostrou-se eficaz, visto que houve a eliminação do agente causador da patologia que era o saibro na composição da argamassa de revestimento. Após o período de cinco (5) anos a fachada que recebeu tratamento não apresenta sinais de movimentação higroscópica.



Figura 4.66 – Fachada dos fundos após tratamento.

### **a.4) Outras considerações**

Na vistoria pode-se constatar que os tratamentos de recuperação da referida edificação foram eficientes, não sendo verificado retorno das patologias.

Na análise realizada no diário de obras não foi observado nenhum relato de problema, ocorrido durante o período da reforma, sendo que o cronograma físico-financeiro previsto e o que foi efetivamente executado não obedeceram ao prazo previamente estabelecido, devido a problemas construtivos.

Ocorreram ensaios nos materiais, como concreto e aço, sendo que o resultado obtido estava de acordo com as especificações do projeto.

Na entrevista realizada com a funcionária responsável pela administração da edificação à mesma informou que após o tratamento não foi verificado nenhum dos problemas relatados.

## 4.2.5. Luz

### a) Análise da medida terapêutica adotada

#### a.1) Recalque de fundação

Pelas Figuras apresentadas abaixo, observa-se que o tratamento efetuado para correção das trincas originadas pelo recalque de fundação não obteve êxito. A Figura 4.67 apresenta uma trinca acima da porta no 1º pavimento que faz a ligação entre a edificação existente e o anexo. Esta mesma conformação de trinca aparece também no 2º pavimento.



Figura 4.67 – Trinca sobre a porta na ligação entre anexo e edificação principal



Figura 4.68 – Trinca e infiltração nos sanitários do 2º pavimento na ligação entre anexo e edificação principal.



Conforme observada na Figura 4.68, as trincas decorrentes do recalque de fundação, juntamente com um sistema ineficaz de vedação na cobertura, principalmente na ligação entre os dois prédios, fez com que culminasse nos problemas de infiltração apresentados na Figura 4.68.

A Figura 4.69 apresenta trinca no sanitário do 2º pavimento que fica ao lado da ligação entre os dois prédios.



Figura 4.69 – Trinca nos sanitários do 2º pavimento na ligação entre anexo e edificação principal



Figura 4.70 – Trinca na ligação entre anexo e edificação principal



Figura 4.71 – Infiltração devido ao recalque de fundação na ligação entre anexo e edificação principal

As Figuras 4.70 e 4.71 apresentam as trincas decorrentes do recalque de fundação entre as duas edificações, bem como as infiltrações agravadas pelo recalque de fundação.



Figura 4.72 – Trinca na fachada - ligação entre anexo e edificação principal

Na Figura 4.72 podemos observar na fachada lateral esquerda a trinca entre a edificação existente e o anexo. Através desta Figura, podemos observar que não foi executada junta externa.

## **a.2) Outras considerações**

Após a vistoria pode-se constatar que os tratamentos de recuperação da referida edificação não foram eficientes.

Como não foi implantado junta de dilatação, conforme verificado na Figura 4.24, e não há relatórios da condição de estabilidade da estrutura, sugere-se fazer um acompanhamento das trincas por um período de pelo menos 2(dois) anos. Através deste acompanhamento poderemos verificar se a movimentação do anexo ainda está ocorrendo. Somente após a constatação da estabilização da estrutura é que será executado o tratamento das trincas.

Para o tratamento imediato das trincas deve ser utilizado um sistema flexível, pois se houver ainda algum tipo de movimentação o mesmo será absorvido.

Também deverá ser substituído o sistema de vedação da cobertura, implantando um tipo de rufo/chapim. Esta peça servirá como condutor da água proveniente da edificação existente e ao mesmo tempo protegerá a platibanda do anexo e a junta de ligação entre os dois prédios. Esta peça será construída em chapa galvanizada com espessura #24 e terá o desenvolvimento necessário para que não haja pontos de infiltração. Para fixação do mesmo deve ser executado um rasgo na alvenaria, onde tarugos de madeira serão chumbados, para prender os rufos através de parafusos zincados e buchas do tipo S6. Na região de encontro das peças de rufo/chapim, haverá uma emenda por traspasse com comprimento mínimo de 5 cm.

Com estes tratamentos concluídos será realizada a demolição de todo reboco, inclusive azulejos que apresenta problemas de estufamento devido à infiltração. Executaremos então um novo reboco e após a cura dos mesmos será aplicado o líquido selador e a tinta PVA. Serão assentados azulejos nos locais danificados.

Na análise realizada no diário de obras não foi observado nenhum relato de problema ocorrido durante o período da reforma, mas há uma notificação para novo tratamento, devido surgimento de novas patologias, poucos meses após a entrega da obra.

Em relação ao cronograma físico-financeiro previsto e o que foi efetivamente executado observa-se que não houve mudanças.

Na entrevista realizada com o funcionário responsável pela administração da edificação o mesmo informou que após o tratamento foi verificado problemas de trincas e também de infiltração. Estes problemas se agravam no período de chuvas.

## 4.2.6. Timóteo – Edificação 1

### a) Análise da medida terapêutica adotada

#### a.1) Infiltração

##### a.1.1) Infiltrações nas paredes e na laje de piso do subsolo

Após os tratamentos é possível verificar infiltrações nas paredes e no piso do subsolo, conforme apresentado nas Figuras 4.73 e 4.74.



Figura 4.73 – Parede do subsolo com sinais de infiltração



Figura 4.74 – Parede do subsolo com sinais de infiltração

### a.1.2) Infiltrações na laje de cobertura do subsolo

O tratamento para infiltração no teto do subsolo obteve sucesso, visto que não pôde ser constatado pontos de vazamento no teto deste pavimento.



Figura 4.75 – Teto do subsolo sob jardim impermeabilizado



Figura 4.76 – Teto do subsolo sob jardim impermeabilizado

### a.1.3) Infiltrações na laje de cobertura do Anexo

Na Figura 4.77, verifica-se que os problemas relacionados no teto do Anexo foram sanados, visto que não se percebe pontos de vazamento no teto deste pavimento.



Figura 4.77 – Teto do anexo sem infiltração



Figura 4.78 – Telhado do Anexo

### **a.2) Movimentação higroscópica**

A demolição de todo reboco na platibanda da escada central foi suficiente para o tratamento da movimentação higroscópica, conforme verificado na Figura 4.79. Na época da vistoria (agosto de 2008) estava sendo realizada uma obra de fechamento da platibanda com outro sistema de cobertura. Antes o fechamento do telhado era feito através de placas de acrílico, sendo que em época de chuva de vento as mesmas eram arrancadas. Assim, na época da vistoria estava sendo executado um telhado que fechava a platibanda, mas pela foto percebe-se que o problema relacionado à movimentação higroscópica foi sanado.



Figura 4.79 – Platibanda da escada central tratada.

### **a.3) Outras considerações**

Após a vistoria pode-se constatar que os tratamentos de recuperação da referida edificação foram parcialmente eficiente.

Como a obra foi executada por outro órgão não há registros da época da construção. Assim, não temos informações a respeito do diário de obras, cronograma físico-financeiro, sobre a realização de ensaios, dentre outros itens.

Na entrevista realizada com o funcionário responsável pela administração da edificação o mesmo informou que após o tratamento foi verificado problemas de infiltração, e os mesmos se agravam no período de chuvas.

Devido aos problemas relacionados nesta edificação e após a realização de tratamentos sem resultados muito efetivos, entende-se que para solucionar o problema será necessário à adoção de medidas mais eficientes.

Como há afloramento de água no piso do subsolo o que vem provocando manchas no mesmo, bem como a constante infiltração na parede do subsolo, seria necessário o rebaixamento do lençol freático ou a adoção de um sistema de drenagem. No caso do sistema de drenagem seria necessária escavação de valas no piso do subsolo, de forma a propiciar a condução desta água. Já o rebaixamento do lençol freático pode ser feito através do bombeamento desta água responsável pelos problemas relacionados à infiltração nesta edificação.

Um outro fator que também contribuiria para amenizar os problemas decorrentes da infiltração seria a troca de parte do piso em calçada portuguesa no 1º pavimento. Este piso permite a passagem da água, e a mesma é direcionada para as paredes do subsolo. Com a troca do piso em um trecho e posterior captação do restante da água de chuva da calçada portuguesa amenizariam as patologias descritas nas paredes e piso do subsolo.



## 4.2.7. Timóteo – Edificação 2

### a) Análise da medida terapêutica adotada

#### a.1) Infiltração



Figura 4.80 – Base da casa com alguns pontos de infiltração

Na Figura 4.80, constata-se que há pontos de infiltração na base da edificação após o tratamento. Este fato se deve pelo fato de termos tratado a patologia sem tratar o agente causador da mesma. Para evitar o retorno da patologia teríamos de ter aumentado o beiral da cobertura e demolido o passeio de contorno alterando o caimento do mesmo. O passeio de contorno foi ampliado, sem ter sua inclinação alterada, fato este que contribuiu para o retorno da patologia. O caimento do passeio em direção à edificação faz com que haja retenção da água.

#### a.2) Movimentação higroscópica

Mesmo após o tratamento, observa-se na Figura 4.81, que em alguns pontos há mapeamento da fachada, através da fissuração do reboco.



Figura 4.81 – Base da casa com alguns pontos de infiltração

### **a.3) Outras considerações**

Após a vistoria pode-se constatar que os tratamentos de recuperação da referida edificação não foram eficientes. Conforme relatado, seria necessário a execução de novo passeio de contorno, com inclinação em sentido contrário à edificação, bem como a construção de um beiral maior, evitando assim respingos de chuvas.

Nesta edificação também não há diário de obras nem qualquer informação que possa dar algum indício dos problemas patológicos verificados.

Na entrevista realizada com o funcionário responsável pela administração desta edificação o mesmo informou que após o tratamento não foi verificado nenhum problema na edificação. Mas como pode ser observado pelas fotos os problemas relacionados à infiltração e movimentação higroscópica são recorrentes.

## 4.2.8. Sabará

### a) Análise da medida terapêutica adotada

#### a.1) Recalque de fundação

Após tratamento executado para reforço de fundações não houve retorno das patologias, conforme Figuras 4.82, 4.83 e 4.84.



Figura 4.82 – Entrada da edificação sem apresentação de patologias.



Figura 4.83 – Detalhe da edificação sem apresentação de patologias.



Figura 4.84 – Lateral direita da edificação sem apresentação de patologias.

Somente após o reforço da fundação e posterior estabilização da estrutura, procedeu-se a costura das trincas, não havendo retorno destes sintomas.

#### **a.2) Outras considerações**

Após a vistoria pode-se constatar que os tratamentos de recuperação da referida edificação mostrou-se eficiente.

Como se trata de uma obra do início do início do Século XX, não há dados da construção da mesma. Os únicos relatos são referentes ao reforço de fundação executado no ano de 1992.

Na entrevista realizada com o funcionário responsável pela administração da edificação o mesmo informou que após o tratamento não foi verificado problemas relacionado a trincas.

## 5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

---

Através do desenvolvimento deste trabalho pode-se verificar a eficácia de algumas medidas terapêuticas para o tratamento de patologias como recalques de fundações, movimentações higroscópicas e infiltrações.

Os resultados apresentados para as patologias estudadas foram satisfatórios para os tratamentos de infiltrações, movimentações higroscópicas e recalques de fundações em algumas edificações, mas não foi obtido o mesmo êxito em todos locais tratados.

Observa-se que o período de 3 (três) anos é suficiente para análise de manifestação de patologias, visto que nas edificações estudadas o retorno das patologias pós-tratamento ocorreu em um período inferior a este.

No caso de edificações públicas há um fator adicional às dificuldades nas vistorias realizadas para as obras que são os prazos relativos aos processos licitatórios. Da fase de vistoria realizada na edificação com patologias, até o início da obra há um intervalo de pelo menos 1 (um) ano, devido ao processo licitatório. Com isto a vistoria é realizada de forma a danificar o mínimo possível a edificação. Caso seja constatado que os procedimentos foram insuficientes pode ser solicitado que a empresa vencedora da licitação providencie novos laudos de vistoria, tendo o acompanhamento do engenheiro responsável pela obra. O processo licitatório só é acelerado nos casos de emergências estruturais que podem ocasionar, por exemplo, a ruptura da edificação.

No caso de recalques de fundações, as dificuldades para tratamento devem-se aos problemas de detecção das origens que levaram à patologia que podem ser muitas:

- Incapacidade do solo de suporte da edificação projetada;
- Recalque diferencial, neste caso pode haver relação com o substrato do solo, devendo ser analisado estudos geotécnicos;
- Recalque provocado por construções vizinhas;
- Acidentes estruturais, tais como eventuais vazamentos inesperados em tubulações de água de tubulações prediais ou de redes de abastecimento públicas. Há também os vazamentos devido a deficiências de impermeabilidade em reservatórios;

- Deslocamentos de talude de terra, causadas por escavações vizinhas, seja de origem de implantação de novas edificações ou de implantação de serviços em vias públicas;
- Variação da posição do lençol freático.

Para cada origem o tratamento apresenta alguma variável, daí a necessidade de termos um acompanhamento eficaz da edificação durante um período.

Um outro complicador é o fato de que ao se tratar os sintomas do recalque de fundação, que são as trincas, não se está obedecendo a um prazo razoável para acomodação da estrutura. Há locais em que houve a eficácia no tratamento do recalque de fundação, mas para o tratamento da trinca deveria ter sido esperado a acomodação da estrutura após o reforço. Na ausência desta espera apareceram as trincas de reboco.

Pelo número de edificações deste órgão não se consegue fazer um acompanhamento destas, através de vistorias periódicas. Isto faz com que não haja medições das trincas das edificações durante um período para verificar se as mesmas são ativas ou passivas. Esta análise contribuiria muito para a definição do tipo de recuperação.

Conforme análise das medidas terapêuticas adotadas nas principais patologias encontradas no TJMG, observou-se um desempenho satisfatório em 60% dos tratamentos de infiltração, sendo que para movimentação higroscópica e recalque de fundação obteve-se 75% de desempenho satisfatório.

Tabela 5.1 – Grau de satisfação dos tratamentos.

Cidades (MG)	Tratamento		
	Recalques de Fundação	Movimentação higroscópica	Infiltração
Bambuí		Satisfatório	Satisfatório
Congonhas			Satisfatório
Contagem	Satisfatório		
Corinto	Satisfatório	Satisfatório	Satisfatório
Luz	Insatisfatório		
Sabará	Satisfatório		
Timóteo – Edificação1		Satisfatório	Insatisfatório
Timóteo – Edificação2		Insatisfatório	Insatisfatório

Como a amostragem apresentada é pequena ela não tem grande representatividade, mas pode ser um caminho na análise dos tratamentos

patológicos, além de ser um ponto inicial para criação de um banco de dados sobre tratamentos.

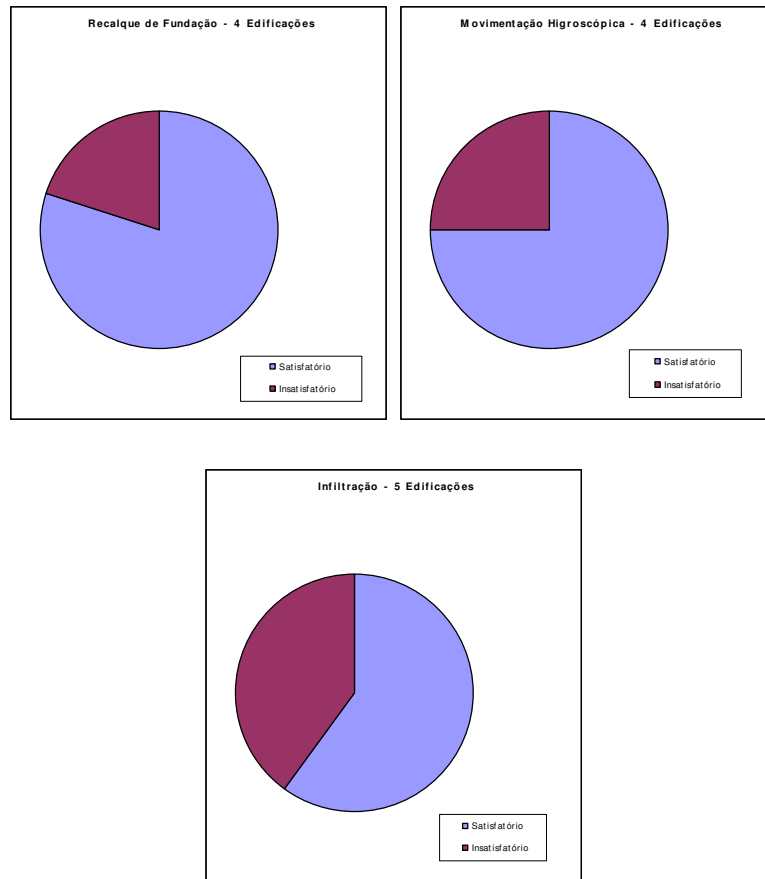


Figura 5.1 – Grau de satisfação dos tratamentos.

Nos locais onde ocorreu retorno do problema há alguns fatores que podem ser relatados, tais como:

- Luz – o retorno das trincas provenientes do recalque de fundação, juntamente com o agravamento das infiltrações ocorreu devido às falhas tanto na construção do anexo quanto no reparo. Quando da construção não foi previsto junta estrutural suficiente e como a ampliação foi executada posteriormente ocorreu recalque diferencial entre as fundações. Na execução do reparo foi efetuado apenas o fechamento das trincas, considerando que as mesmas eram passivas.

Já os problemas de infiltrações existentes, somente serão sanados com o tratamento eficaz das trincas, uma vez que estas são as regiões de entrada da água.

Assim, devem-se mapear as trincas e acompanhar as mesmas, verificando o estado em que se encontram e classificando-as em ativas ou passivas. Quando houver estabilidade da edificação, deve-se proceder ao grampeamento das trincas. Para conter as infiltrações, deve ser colocada na ligação entre as duas edificações uma estrutura rufo-chapim. Após estes tratamentos deve-se proceder à demolição do reboco nos locais com infiltração, refazendo-se o mesmo. Após sua cura deve-se aplicar líquido selador e executar pintura.

- Congonhas – o surgimento de infiltração em um ponto localizado nesta edificação sugere que o problema foi na execução da recuperação neste trecho, onde a ligação entre o rufo e a platibanda está soltando.

Como o tratamento mostrou-se eficaz nos outros pontos da edificação, devemos refazer apenas o trecho em que ocorreu retorno do problema, retirando o rufo e aplicando o mástique novamente no reassentamento do rufo.

- Timóteo Edificação 1 – nesta edificação o retorno está nas patologias provenientes de infiltração nas paredes e na laje de piso do subsolo. Quando foi estudado o tratamento para recuperação, observou-se que a causa principal desta patologia está no nível do lençol freático. O tratamento deveria ter previsto o rebaixamento do mesmo para interrupção do afloramento da água por capilaridade no piso e paredes do subsolo. Também o fato do piso do 1º pavimento ser em calçada portuguesa, contribui para a infiltração nas paredes do subsolo.

Na definição dos tratamentos utilizados para reparo em 2005 foi descartado o rebaixamento do lençol freático e a troca do piso do 1º pavimento devido ao alto custo destes tratamentos. Adotaram-se então medidas que pudessem amenizar o problema. Os outros tratamentos utilizados mostraram eficácia.

- Timóteo – Edificação 2 – também nesta edificação não houve eficácia total dos tratamentos, apesar de ter-se observado as causas que contribuíam para a mesma na vistoria para tratamento. No tratamento deveria ter sido executada uma ampliação do beiral e também o passeio de contorno deveria ser maior e com uma inclinação para fora da edificação, evitando com isto o empoçamento de água junto à parede da fachada. Estas medidas não foram realizadas, pois o custo era alto e trata-se de uma edificação que não pertence ao TJMG.

É importante relatar que algumas das edificações estudadas possuem projeto arquitetônico padrão e suas patologias se repetem principalmente as relacionadas à infiltração e movimentação higroscópica.



Na análise dos resultados é importante ressaltar que há fatores externos que devem ser considerados, conforme descrito por LICHTENSTEIN (1986):

- Graus de incerteza sobre os efeitos: Toda alternativa de intervenção tem associado um grau de incerteza quanto a seus efeitos. Daí a importância na retroalimentação dos sistemas utilizados, o que propicia uma base mais segura de decisão pela conduta mais adequada em cada nova situação.

Analisando esta afirmativa de LICHTENSTEIN (1986), percebe-se que o desenvolvimento de trabalhos que avaliem o grau de satisfação dos tratamentos contribuirá para a formação de um banco de dados.

- Relação custo/benefício: Independente da origem do problema patológico o custo para corrigir a falha é sempre maior do que seria o custo de uma construção que tivesse desempenho satisfatório.

Alguns tratamentos não foram utilizados, devido ao alto custo que o mesmo representava. Como não havia risco estrutural, optou-se apenas por medidas paliativas, de forma a melhorar a estética da edificação. Esta análise deve ser feita em todos os tratamentos de reforço e/ou recuperação de edificações.

- Disponibilidade de tecnologia para execução dos serviços: Neste item devem ser verificados os recursos tecnológicos, a técnica requerida dos responsáveis pela execução e os materiais e equipamentos necessários.
- Na definição das tecnologias adotadas para o tratamento é importante aliar custo x benefícios, bem como escolher os materiais e a mão de obra adequada para aplicá-lo.

Outras considerações que também podem ser observadas neste trabalho são:

- Para proceder à recuperação e/ou reforço de uma edificação é imprescindível que ocorram estudos e planejamentos cuidadosos e detalhados. Somente a partir destes estudos consegue-se definir e estabelecer uma metodologia correta de tratamento de reforço ou recuperação;
- Deve-se fazer um balanceamento entre a real necessidade de tratamento através dos estudos, aliado a viabilidade técnica, mas não se esquecendo do custo que acarretará a intervenção;
- Como o custo de reforço e/ou recuperação de uma estrutura é alto é necessário que seja feita a análise de custo x benefício. Em algumas edificações

como as da cidade de Timóteo observou-se que o custo para o tratamento era muito alto, sendo então feita a opção de adotar medidas paliativas que ajudariam a minimizar os efeitos provocados por infiltrações constantes na edificação;

- A relação custo/benefício deve avaliar também as causas provenientes de uma intervenção. No caso de rebaixamento de lençol freático dependendo do tipo de fundação das construções vizinhas pode acarretar danos estruturais graves com recalques de fundações e fissuras nas estruturas. Para reduzir estes efeitos nas fundações vizinhas podem ser instalados poços de recarregamento artesiano junto a essas fundações com o objetivo de manter as pressões neutras próximas das originais;
- No caso da tecnologia adotada para tratamento, onde as patologias possuem causas mais comuns adotam-se tratamentos corriqueiros pela facilidade de se obter mão de obra, principalmente nas cidades onde os recursos são mais escassos;
- Mais uma vez observamos a importância de projetos bem elaborados, compatibilizados e estudados por equipes multidisciplinares de forma a minimizar os problemas que venham a ocorrer nas obras. Os projetos devem englobar todos os estudos necessários ao bom desempenho da edificação;
- Além da compatibilização dos projetos é de fundamental importância que a manutenção nas edificações seja constante, para acompanhamento do comportamento destas. Assim, fica mais fácil detectar os agentes patológicos e conseqüentemente estabelecer seu tratamento, além de evitar algumas patologias;
- Realização de acompanhamento constante dos problemas ocasionados nas obras de construção, relatando todas as ocorrências no diário de obras;
- Um dos passos primordiais para definir o tratamento das patologias provenientes de recalques de fundações é a realização de estudos geotécnicos para a caracterização do solo. Em algumas das edificações apresentadas como estudo de caso não foram realizadas esta inspeção na época do desenvolvimento do projeto e da construção, visto que trata de construções antigas e este procedimento não era rotineiro. Este fato contribuiu para o surgimento de patologias em várias edificações. Com a divulgação dos problemas ocasionados pela não caracterização do solo fez com que houvesse uma maior freqüência de sondagem nas edificações;

- A importância fundamental de acompanhamento mais eficaz das patologias antes do tratamento contribui muito para o sucesso do mesmo. Assim, no caso de recalques de fundações é importante que haja monitoramento das trincas e este dependendo do caso pode ser realizado com equipamento topográfico de precisão que avaliará a evolução do recalque com o tempo ou estágios de carregamento. Além destas medidas é importante medir a velocidade de ocorrência destes recalques.

## 6. CONCLUSÕES

---

Através deste trabalho conclui-se que:

- 1) Fazendo uma análise das medidas terapêuticas adotadas nas edificações estudadas conclui-se que houve eficácia em 75% dos tratamentos para recalque de fundação e movimentação higroscópica. No caso das patologias decorrentes de infiltração a eficácia foi de 60%;
- 2) Nas edificações onde ocorreram os tratamentos e o resultado obtido foi satisfatório verifica-se que a situação é adequada para funcionamento das atividades a que se destinam. Para as edificações, cujo tratamento das patologias não foi eficaz para recalque de fundação observa-se que o retorno das mesmas causa transtorno no comportamento da edificação. Já no caso dos tratamentos ineficazes de movimentação higroscópica e infiltração o incomodo causado é menor;
- 3) A adoção de metodologias de tratamento sempre deve vir acompanhada de uma análise da: origem, a causa e os sintomas da patologia. O uso de processos semelhantes sem verificar o foco do problema pode levar a ineficácia do tratamento;
- 4) O período de 3 anos permitiu que detectasse a eficácia dos tratamentos de reforço e/ou recuperação. Neste intervalo já pode ser constatada a resposta do tratamento adotado;
- 5) A importância de estudos pós-recuperação é a contribuição para novos tratamentos de problemas patológicos relacionados a recalques de fundações, movimentações higroscópicas e infiltrações, uma vez que permite a retroalimentação destes tratamentos. Assim, quando for realizado algum reparo e/ou reforço de fundação serão verificados os tratamentos já efetuados e sua eficácia;
- 6) É importante a divulgação do resultado dos tratamentos adotados, divulgando os sucessos e insucessos para montar uma estatística nacional, bem como para conscientizar o meio profissional da adoção de medidas corretivas adequadas;
- 7) O projeto padrão adotado para costura das trincas deve ser alterado, visto que ele serve apenas para trincas passivas. Deve-se optar por um sistema flexível com a aplicação do mástique, sendo aplicada por cima uma tela de vidro, aplicando

posteriormente o revestimento e pintura. Este sistema acompanha a movimentação das micro-fissuras e evita infiltração de água;

8) O tratamento das fissuras utilizando sistema flexível pode ser feito mesmo nos locais em que ainda não ocorreu o reforço da fundação, visto que com o selamento dos pontos de infiltração há uma preservação da edificação. As fissuras permitem a passagem de água que além de provocar manchas, eflorescências, bolhas e saponificação da pintura, possibilitam também a proliferação de bolores e outros fungos;

9) O sistema flexível de grampeamento das trincas ajudaria na durabilidade da edificação, visto que as fissuras se movimentam ao longo do tempo, em virtude das variações térmicas e higroscópicas da alvenaria e do próprio revestimento, da deformação lenta da estrutura de concreto;

10) A adoção de uma metodologia de tratamento de trincas é difícil, primeiro pela dificuldade de detecção dos agentes causadores. Outro obstáculo é que ao se adotar um tratamento ele faz uso de diversos materiais. As características individuais dos materiais são conhecidas, mas a junção entre os diversos materiais de recuperação e/ou reforço junto aos materiais de convencionais de construção podem gerar novas patologias;

11) Treinamento dos administradores das edificações para que os mesmos possam auxiliar no tratamento e acompanhamento das patologias.

## 7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

---

Após a conclusão deste trabalho é apresentado as seguintes sugestões:

- 1) Criação de um banco de dados onde serão armazenadas as patologias diversas com os tratamentos utilizados, bem como a caracterização das condições que se encontram as edificações que passaram por processo de tratamento;
- 2) Incentivo a novos estudos que tenham como objetivo o acompanhamento pós recuperação.
- 3) Através deste banco de dados pode ser gerada uma classificação de tratamentos que estão apresentando resultados mais eficazes e os que não estão com bom desempenho. Assim, as pesquisas por materiais de construção, ou por materiais e tratamentos a serem utilizados na recuperação e/ou reforço de estruturas podem ser guiadas através deste banco de dados que servirá como referencial. As pesquisas serão focadas nas falhas apresentadas pelos tratamentos deste banco de dados.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

ASSEMBLÉIA LEGISLATIVA DE MINAS GERAIS (ALMG). Disponível em: <[www.almg.gov.br](http://www.almg.gov.br)>. Acesso em 30 de abril de 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) NBR 6023: Informação e documentação - referências - elaboração. Rio de Janeiro, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) NBR 6024: Numeração progressiva das seções de um documento. Rio de Janeiro, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) NBR 6027: Sumário. Rio de Janeiro, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) NBR 6028: Resumos. Rio de Janeiro, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) NBR 10520: Apresentação de citações em documentos. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) NBR 13528: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – determinação da resistência de aderência à tração. Rio de Janeiro, 1996a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) NBR 13749: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – especificação. Rio de Janeiro, 1996b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) NBR 14724: Informação e documentação – trabalhos acadêmicos – apresentação. Rio de Janeiro, 2001.

ASSUNÇÃO, J. A. H. R. Patologia e Terapia dos edifícios do Tribunal de Justiça do Estado de Minas Gerais, 2005. 183p. Dissertação (mestrado) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais.

BERNARDES, C. et al. Qualidade e o custo das não-conformidades em obras de construção civil. São Paulo, Pini: Secovi-SP, 1998.

CÁNOVAS F. Manuel. Patologia e Terapia do concreto armado. São Paulo: Pini, 1988. Coordenação técnica L. A. Falcão Bauer; tradução de M. Celeste Marcondes, Carlos Wagner Fernandes dos Santos, Beatriz Cannabrava.

CASTRO, P. Controle de Qualidade e Critérios de Recepção In: DEGUSSA. Manual de reparo, proteção e reforço de estruturas de concreto. Red Rehabilitar, São Paulo, 2003. Cap. 11, pág 625 a 700.

CUNHA & LIMA. Acidentes estruturais na construção civil. Volume 2. São Paulo, Pini, 1998. (pág. 49 a 62)

CUNHA & NEUMANN. Manual de impermeabilização e isolamento térmico. São Paulo, Editora Argus, 1979.

BAKER, M. C. The recognition of joints in the system, In: Seminar on Cracks, Movements and joint in Building, Ottawa, National Research Council of Canadá, 1976.

BRANSON, D.E. Deformation of concrete structures. New York, McGraw-Hill, 1977.

FACHINI, A. C. & SOUZA, U. E. L. Subsidio para programação de execução de estruturas de concreto armado no nível operacional, São Paulo 2006.

FIGUEIREDO, E. P & O'REILLY, V.. Introdução In: DEGUSSA. Manual de reparo, proteção e reforço de estruturas de concreto. Red Rehabilitar, São Paulo, 2003. Cap. II, pág 107 a 152.

FIKER, J. Perícias e Avaliações de Engenharia: Fundamentos Práticos. São Paulo: Livraria e Editora Universitária de Direito, 2007.

FRANCO, L. S. et al. Desenvolvimento de um método construtivo de alvenaria de vedação de blocos de concreto celular autoclavados. São Paulo, EPUSP-PCC, 1994.

GARCIA, A. Diretrizes para o Projeto de Revestimento de Argamassa para Fachada. Monografia de MBA – USP, Tecnologia e Gestão na produção de edifícios, 2003.

GARCIA, P. D. Contribuições ao estudo da resistência à compressão de paredes de alvenaria de blocos cerâmicos. Dissertação de Mestrado, USP de São Carlos, 2000, 173 pág.



GONÇALVES, M. et al. Características das membranas de impermeabilização de coberturas em terraço. Revista Engenharia Civil da Universidade do Minho, Número 22, 2005.

HELENE, P.R.L. Manual para Reparo, Reforço e Proteção das Estruturas de Concreto. 2ª ed., 3ª reimpressão (jan. 96). São Paulo, PINI, 1992. 215 p.

HELENE, P. & FIGUEIREDO, E. P. Introdução In: DEGUSSA. Manual de reparo, proteção e reforço de estruturas de concreto. Red Rehabilitar, São Paulo, 2003. Cap. Introdução, pág 19 a 34.

HELENE, P. & RINCÓN, O. T.. Capítulo 4: DEGUSSA. Manual de reparo, proteção e reforço de estruturas de concreto. Red Rehabilitar, São Paulo, 2003. Cap. IV, pág 209 a 245.

HUSNI, R et al. Capítulo 1: DEGUSSA. Manual de reparo, proteção e reforço de estruturas de concreto. Red Rehabilitar, São Paulo, 2003. Cap. I, pág 37 a 104.

IBAPE. Normas de inspeção predial do IBAPE/SP. Disponível em: <<http://www.manualdepericias.com.br/engenheiroINSPECAOPREDIALIBAPE.asp>>. Acesso em: 11 de setembro de 2008.

LICHTENSTEIN, N. B. Patologia das Construções. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/ 06/ 86. São Paulo, 1986, 35p.

LIMA, L. S. L. T. ET AL. Estudo das manifestações patológicas encontradas nos serviços de impermeabilização. Trabalho apresentado no 40º Congresso Brasileiro do Concreto, Escola Politécnica de Pernambuco, 1998.

LORDSLEEM JÚNIOR, A. C. & FRANCO, L. S. Sistemas de recuperação de fissuras da alvenaria de vedação: avaliação da capacidade de deformação. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/ PCC/ 195. São Paulo, 1998, 26p.

MEDEIROS, J. S. & FRANCO, L. S. Prevenção de trincas em alvenarias através do emprego de telas soldadas como armadura e ancoragem. Texto Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, TT/ PCC/ 22. São Paulo, 1999, 77p.

MELHADO, S. B. Qualidade do projeto na construção de edifícios: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção. 1994. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

MILITITSKY, J & CONSOLI, N. C. & SCHNAID, F. Patologia das Fundações. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

NAKAO, R. et al. Patologias em alvenaria estrutural em edificações destinadas à habitação popular, IBRACON, Porto Alegre, Setembro 2007.

OLIVEIRA, F. L. Reabilitação de paredes de alvenaria pela aplicação de revestimentos resistentes de argamassa armada. São Carlos, 2001. 203p. Tese de doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Carlos.

PEÑA, M. R. G. & HELENE, P. R. L. Estudo de fissuração associada à retração em argamassas para reparo em estruturas de concreto. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/ PCC/ 406. São Paulo, 2005, 28p.

PIANCASTELLI, E. M. Patologia e Terapia das estruturas – Uma visão global. Apostila da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, 2003.

PICCHI, F. A. Impermeabilização de Coberturas. São Paulo, editora Pini, 1986.

PIRES, E. F. Comportamento e Desempenho do Reforço à Flexão de Lajes de Concreto Armado através do Aumento da Seção na Região Comprimida, 2003, 116p. Dissertação (mestrado) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais.

PIRONDI, Z. Manual Prático da Impermeabilização e de Isolação Térmica. São Paulo: Pini: Instituto Brasileiro de Impermeabilização, 2 ed., 1988.

PORTLAND CEMENT ASSOCIATION. Effects of substances on concrete and guide to protective treatment. Concrete Information, 1989.

REIS, L. G. M. e JÚNIOR, A. S. R. Otimização do projeto de fundações considerando-se o mecanismo de interação solo-fundação-estrutura. Disponível em: <<http://www.ctec.ufal.br/ees/adramos/resumos.html>>. Acesso em 22 de abril de 2008.

REVISTA CONSTRUÇÃO MERCADO, número 72 de Julho de 2007 (pág. 26 a 30).

RIPPER, T. & COSTA, J. P. Acidentes Estruturais na Construção Civil, Volume 2. São Paulo, editora Pini, 1998.

SAHLIN, SVEN. Structural Masonry. New Jersey, Prentice Hall, 1971.

SILVA, W. J. Estudo Experimental de ligações entre paredes de alvenarias estrutural de blocos cerâmicos sujeitas a ações verticais. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista, 2003, 160 pág.

SITTER, 1984 CEB-RILEM. Lei da evolução de custos.

SIVAGNANAM, B. Damage assessment and rehabilitation of concrete structures: Three case studies, 2003. Disponível em:< <http://www.icjonline.com/>>. Acesso em: 22 de abril de 2008.

SOUZA, V. C. & RIPPER, T. Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto. São Paulo, editora Pini, 1998.

THOMAZ, E. Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação. São Paulo, IPT/EPUSP/Editora Pini, 1989.

USSAN, S. Introdução à impermeabilização. Palanca Editora Técnica, 1997.

VALENTE, A. P. V. Estudo das patologias mais comuns encontradas nas edificações dos fóruns de Minas Gerais. Monografia de Especialização, Departamento de Materiais de Construção, Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.

VANNI, C. Análise de falhas aplicada à compatibilização de projetos na construção de edifícios. Universidade Federal de Minas Gerais, 1999.

## **ANEXO A**

### RESULTADO DA SONDAAGEM REALIZADA EM CORINTO

Belo Horizonte, 02 de Dezembro de 2002

Ref.: Execução de sondagem à percussão para obra à rua  
Dr. Alvarenga, Nº 235 – Bairro Centro - Corinto/MG.

Prezados Senhores,

Estamos apresentando-lhes o relatório referente aos serviços de sondagem de simples reconhecimento do subsolo realizados na obra em referência.

Foram executados 02 (dois) furos de sondagem perfazendo um total de 39,80 ml (trinta e nove metros, oitenta centímetros lineares), perfurados conforme a NBR – 6484 da ABNT.

As sondagens foram realizadas pelos processos usuais a trado e lavagem com circulação de água, utilizando revestimento de 76,2 mm (2 1/2") de diâmetro. Foram executados de metro em metro, ensaios de penetração dinâmica e coleta de amostras representativas do solo, utilizando um amostrador padronizado de 34,9 mm (1 3/8") e 50,8 mm (2") de diâmetros interno e externo respectivamente.

Os ensaios de penetração dinâmica consistem em registrar o número de golpes sucessivos de um peso de 65 Kgf que cai em queda livre de uma altura de 75 cm, necessários à cravação de 30 cm, do amostrador mencionado, após a penetração inicial de 15 cm. O número obtido nos fornece a indicação da compactidade dos solos siltosos e arenosos ou da consistência dos solos argilosos (Standard Penetration Test).

O nível d'água subterrâneo foi medido logo após sua constatação e 24 horas após o término do furo.

Anexo os resultados encontrados onde estão registrados: os índices obtidos de penetração, a posição do lençol freático, a classificação dos solos e um croqui dos furos realizados.

Continuando ao inteiro dispor de V.Sas., para quaisquer outros esclarecimentos que se fizerem necessários, firmamo-nos.

Atenciosamente,

  
Sérgio Andrade Mourão de Araújo

## OBSERVAÇÕES SOBRE OS NÍVEIS DOS LENÇÓIS FREÁTICOS

1. A determinação do nível do lençol freático é realizada quando se constata o nível d'água durante a execução da sondagem sendo feita uma segunda leitura 24 horas após a primeira, para obter o nível de estabilização do mesmo.

2. Entretanto, podem ocorrer variações mais ou menos sensíveis entre o nível d'água constatado e o nível efetivamente encontrado ao se executar as escavações para as fundações ou obras afins.

3. Vários fatores podem determinar estas alterações ocorridas com o NA.

3.1. O diâmetro dos furos de sondagem é de aproximadamente 5 cm., e sua pequena superfície de drenagem implica uma pequena vazão e quando as camadas do terreno são de baixa permeabilidade o tempo de estabilização do NA pode não ser suficiente no prazo de 24 horas.

3.2. O nível d'água está normalmente mais elevado na época das chuvas que durante as estiagens.

3.3. Quando há grandes escavações próximas ao local das sondagens, ocorrem as modificações nos solos vizinhos, alterando as condições de drenagem, provocando o rebaixamento do NA.

3.4. Em função dos parâmetros de permeabilidade do terreno, a posição de suas camadas, pode levar a ocorrência do semi artesianismo com conseqüente elevação do NA.

3.5. Ocorrências de vazamentos de redes de água, de esgoto ou pluviais próximas aos furos de sondagem.

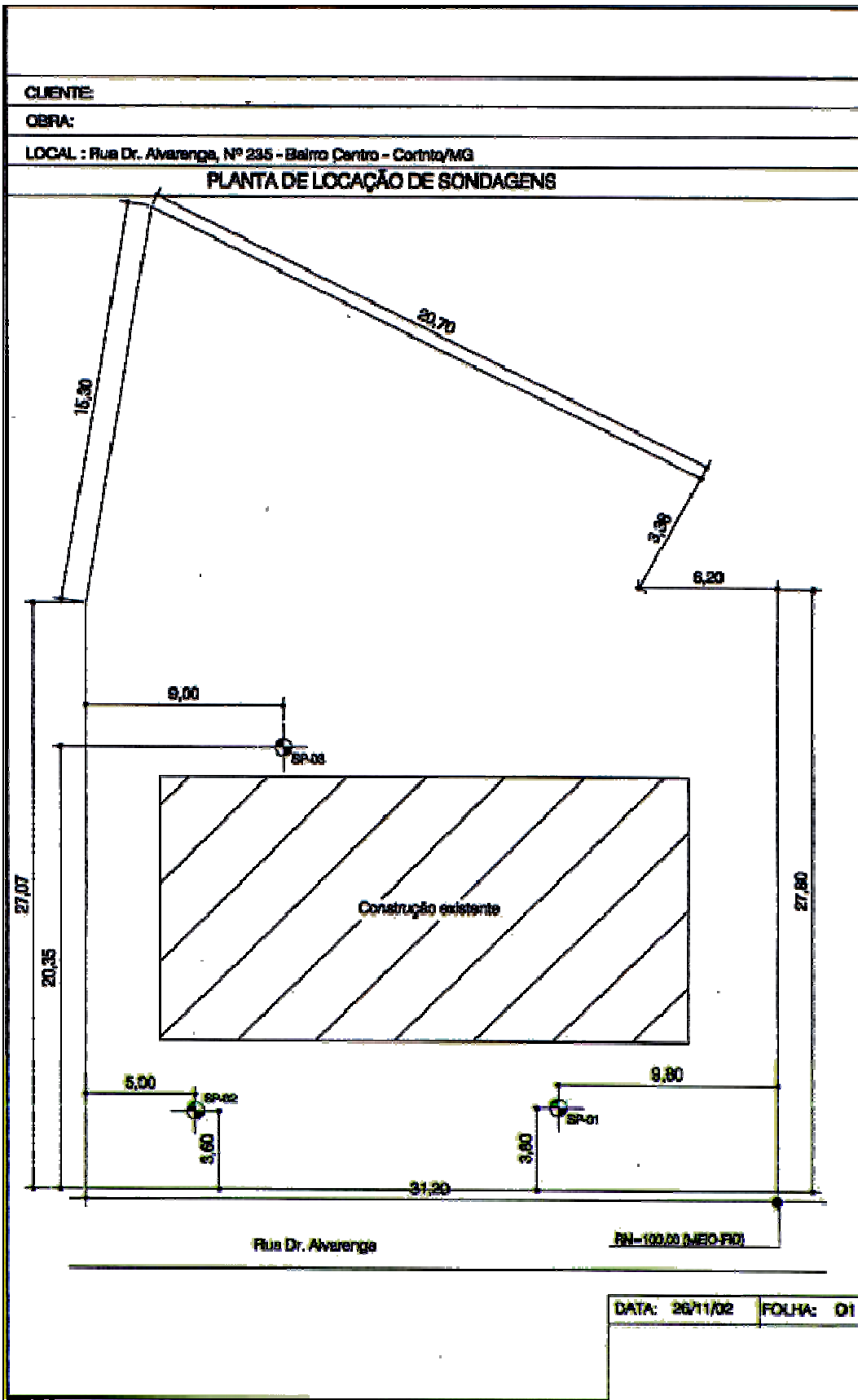
4. Sugerimos a adoção de algumas medidas preventivas quanto ao NA, caso necessário:

4.1. Instalação de piezômetros em locais necessários.

4.2. Execução de "Tubulões Piloto", para verificação mais precisa do NA.



AV. CONDORNO, 6.437 - CJ. 305/306 - CEP 22.110-110 - FONE: (51) 3223-1460 - FAX: (51) 3281-1462 - RIO GRANDE DO SUL



SONDAGEM DE RECONHECIMENTO Ø 2 1/2"						FURO: SP-01		COTA: 100,08				
GRÁFICO SPT e PROFUNDIDADE			PENETRAÇÕES (Golpes/10 cm)			S P T	MÉTODO	NÍVEL DA ÁGUA	CAMADAS	PROFUN- DIDADE (m)	ESPESSU- RA (m)	CLASSIFICAÇÃO
10	20	30	1a	2a	3a							
			2	2	2	4	TC	NFE	1	96,28	3,80	Argila silteosa, cor marrom, mole a média.
			2	2	3	5						
			2	3	3	6	TH	2	3			
			2	3	4	7						
			3	4	4	8		3	4			
			3	4	5	9						
			4	8	10	18		4	5			
			7	11	14	25						
			9	13	17	30	CA	5	6			Site argiloso, cor variegada (marrom e amarela), médio a duro. (SOLG RESIDUAL)
			11	19	-	-						
			14	22	-	-		6	7			
			15	25	-	-						
			18	20	-	-		7	8			
			5	-	-	-						
								8	9			
								10	11			
								11	12			
								12	13	88,28	13,20	
								13				

REVESTIMENTO Ø 2 1/2"	PROFUNDIDADE DO NÍVEL D'ÁGUA	DADOS DA EXECUÇÃO
AMOSTRADOR { Ø Interno: 38" Ø Externo: 2"	INICIAL = NFE em 22/1/02 FINAL = NFE em 25/1/02	INÍCIO: 22/1/02 TÉRMINO: 22/1/02 PROF. DO REVEST.: 6,00 m
PISTO 63 EG - ALTURA DE QUEDA 75 cm	OBSERVAÇÃO	DATA: 28/11/02 FL.: 02
PROCESSO DE PERFURAÇÃO	1) Limite de sondagem = 13,20 m; 2) O MANÃO foi encontrado.	Nº IDENTIFIC.: 438 ESC.: 1:100
TC - Trado Cavadeira TH - Trado Helicoidal CA - Circulação de Água		ENC. OPER.: Gerardo L.



SONDAGEM DE RECONHECIMENTO Ø 2 1/2"										FURO: SP-02		COTA: 99,65					
GRÁFICO SPT x PROFUNDIDADE			PENETRAÇÕES (Golpes/15 cm)			S	MÉTODO	NÍVEL DA ÁGUA	CAMADAS	PROFUN- DIDADE (m)	ESPEL- SURA (m)	CLASSIFICAÇÃO					
10	20	30	1a	2a	3a	T											
			1	1	2	3	TC	*NFE		96,15	3,00	3,30	Argila siltosa, plástica, cor marrom, mole. dejetos vegetais				
			1	2	2	4	TH									1	2
			2	2	2	4										3	4
			3	3	5	8	CA	4	5		87,35	12,30	Solo argiloso, cor variegada (marrom e amarela), médio a duro. (SOLO RESIDUAL)				
			3	4	7	11		5	6								
			4	6	9	15		6	7								
			5	8	12	20		7	8								
			8	11	16	27		8	9								
			10	14	19	-		9	10								
			13	19	-	-	10	11									
			16	23	-	-	11	12									
			18	27	-	-	12										

REVESTIMENTO Ø 2 1/2"		PROFUNDIDADE DO NÍVEL D'ÁGUA		DADOS DA EXECUÇÃO	
AMOSTRADOR { Ø Interno 1 3/8" Ø Externo 2" PESO 65 KG - ALTURA DE QUEDA 75 cm		INICIAL = NFE em 23/11/02 FINAL = NFE em 25/11/02		INÍCIO: 23/11/02 TÉRMINO: 23/11/02 PROF. DO REVEST.: 7,00 m	
PROCESSO DE PERFURAÇÃO		OBSERVAÇÃO		DATA:	FL.:
TC - Trado Cavadeira TH - Trado Helicoidal CA - Circulação de Água		1) Limite de sondagem = 12,30 m; 2) O N.A não foi encontrado.		26/11/02	03

SONDAGEM DE RECONHECIMENTO Ø 2 1/2"					FURO: SP-03		COTA: 100,09							
GRÁFICO SPT x PROFUNDIDADE			PENETRAÇÕES (Golpes/15 cm)			S P T	MÉTODO	NÍVEL DA ÁGUA	CAMADAS	PROFUN- DIDADE (m)	ESPES- SURA (m)	CLASSIFICAÇÃO		
10	20	30	1a	2a	3a									
			1	1	1	2	TC	*NFE	1	36,02	3,40	Argila silteosa, cor marrom, mole.		
			1	2	2	4								
			2	2	3	5	TE	2	3	4	7	51,49	8,60	Silte argiloso, cor variagada (marrom e amarela), médio a duro. (SOLO RESIDUAL)
			2	3	4	7								
			3	4	6	10	CA	3	4	6	10	85,79	14,30	Silte argiloso, cor variagada (marrom), com veios amarelados, duro. (SOLO RESIDUAL)
			5	8	10	18								
			6	9	12	21	4	5	6	8	11	19	-	-
			7	11	13	26								
			8	13	16	29	5	6	8	11	14	19	-	-
			10	15	20	35								
			11	17	19	19	6	7	8	11	14	19	-	-
			14	21	-	-								
			16	24	-	-	7	8	10	13	17	23	-	-
			18	27	-	-								
18	27	-	-	14	14	14	14	14	14	14	14	14		

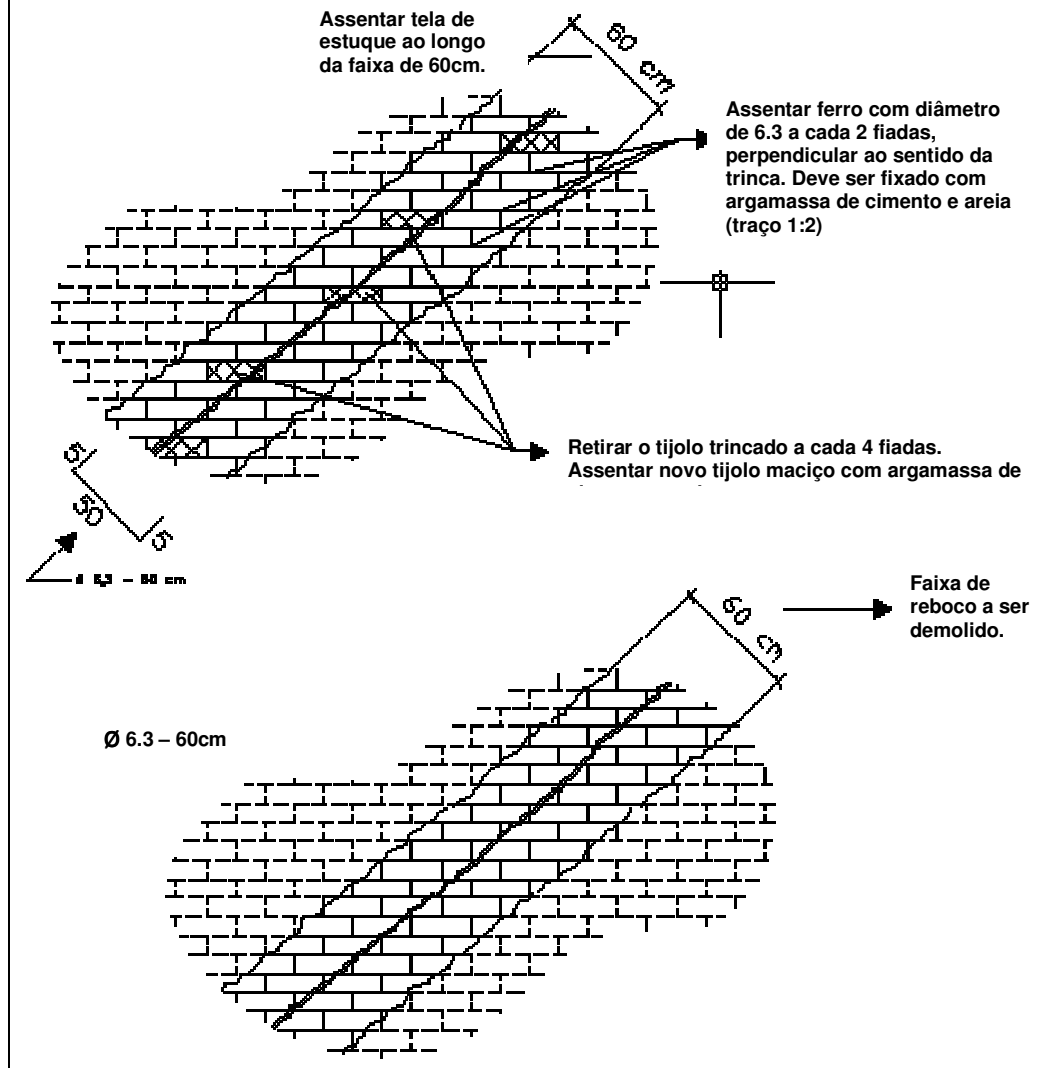
  

REVESTIMENTO Ø 2 1/2"	PROFUNDIDADE DO NÍVEL D'ÁGUA	DADOS DA EXECUÇÃO
AMOSTRADOR { Ø Interno 1 3/8" Ø Externo 2"	INICIAL = NFE em 23/11/02 FINAL = NFE em 25/11/02	INÍCIO: 23/11/02 TERMINO: 23/11/02 PROF. DO REVEST.: 7,70 m
PESO 65 KG - ALTURA DE QUEDA 75 cm	OBSERVAÇÃO	DATA: 26/11/02 EL.: 04
PROCESSO DE PERFURAÇÃO	1) Limite de sondagem = 14,30 m. 2) O N.A não foi encontrado; 3) A amostra Nº 14 não foi recuperada.	No. DESP.: 45 ESC.: 1:100 Linha: PER.1 Gerente: L.
TC - Traco Cavadeira TH - Traco Helicoidal CA - Circulação de Água		

## **ANEXO B**

### **PROJETO PADRÃO DE COSTURA DE TRINCAS**

### DETALHE DE COSTURA DAS TRINCAS (TÍPICO) (LADOS – INTERNO E EXTERNO)



## **ANEXO C**

### FICHA DE ANÁLISE PÓS-RECUPERAÇÃO

## ANÁLISE PÓS - RECUPERAÇÃO

FICHA – PADRÃO DOS DADOS OBTIDOS EM CAMPO		
COMARCA:		
IDADE DA EDIFICAÇÃO:		
DATA DO REFORÇO/ RECUPERAÇÃO:		
DATA DA VISTORIA (PÓS-RECUPERAÇÃO):		
FUNCIONÁRIO DA EDIFICAÇÃO:		
DADOS DO DIAGNÓSTICO APÓS A RECUPERAÇÃO E/OU REFORÇO		
ESTRUTURAL		
1) HÁ PROBLEMAS DE DEFORMAÇÃO?		
<input type="checkbox"/> SIM		<input type="checkbox"/> NÃO
2) HÁ FISSURAS?		
<input type="checkbox"/> SIM		<input type="checkbox"/> NÃO
3) HÁ RECALQUES DE FUNDAÇÃO?		
<input type="checkbox"/> SIM		<input type="checkbox"/> NÃO
4) HÁ MAU USO DA ESTRUTURA?		
<input type="checkbox"/> SIM		<input type="checkbox"/> NÃO
IMPERMEABILIZAÇÃO		
1) HÁ PROBLEMAS DE IMPERMEABILIZAÇÃO NA COBERTURA?		
<input type="checkbox"/> SIM		<input type="checkbox"/> NÃO
2) HÁ PROBLEMAS DE IMPERMEABILIZAÇÃO NA BASE DA EDIFICAÇÃO?		
<input type="checkbox"/> SIM		<input type="checkbox"/> NÃO
3) HÁ PROBLEMAS RELACIONADOS A MOVIMENTAÇÃO HIGROSCÓPICA?		
<input type="checkbox"/> SIM		<input type="checkbox"/> NÃO
OUTROS COMENTÁRIOS		
1) APÓS A INTERVENÇÃO COMO PODE SER AVALIADA A MANUTENÇÃO DA EDIFICAÇÃO?		
<input type="checkbox"/> BOA	<input type="checkbox"/> REGULAR	<input type="checkbox"/> PÉSSIMA
2) HÁ ALGUM PERÍODO DO ANO QUE O PROBLEMA FICA MAIS EVIDENTE? QUAL?		
3) DESCRIÇÃO DE OUTROS PROBLEMAS VERIFICADOS IN LOCO.		