

QUALIDADE DA ALVENARIA ESTRUTURAL EM HABITAÇÕES DE BAIXA  
RENDA: UMA ANÁLISE DA CONFIABILIDADE E DA CONFORMIDADE

Cristiano Richter

Porto Alegre  
fevereiro 2007

CRISTIANO RICHTER

**QUALIDADE DA ALVENARIA ESTRUTURAL EM HABITAÇÕES DE BAIXA  
RENDA: UMA ANÁLISE DA CONFIABILIDADE E DA CONFORMIDADE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia  
Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos  
requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia na  
modalidade Acadêmico

Porto Alegre  
fevereiro 2007

R535q Richter, Cristiano

Qualidade da alvenaria estrutural em habitações de baixa renda : uma análise da confiabilidade e da conformidade / Cristiano Richter. — 2007.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Porto Alegre, BR-RS, 2007.

Orientação : Prof. Dr. Carlos Torres Formoso; Profª. Dra. Ângela Borges Masuero

1. Alvenaria estrutural. 2. Habitação de baixa renda. 3. Controle de qualidade. 4. Construção civil. I. Formoso, Carlos Torres, orient. II. Masuero, Ângela Borges, orient. III. Título.

CDU-69:658(043)

CRISTIANO RICHTER

**QUALIDADE DA ALVENARIA ESTRUTURAL EM HABITAÇÕES DE BAIXA RENDA: UMA ANÁLISE DA CONFIABILIDADE E DA CONFORMIDADE**

Esta dissertação de mestrado foi julgada adequada para a obtenção do título de MESTRE EM ENGENHARIA e aprovada em sua forma final pelo professor orientador e pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 27 de fevereiro de 2007.

Prof. Carlos Torres Formoso  
Ph.D. pela University of Salford / UK  
Orientador

Prof<sup>a</sup>. Angela Borges Masuero  
Dr. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Orientadora

Prof. Fernando Schnaid  
Coordenador do PPGEC/UFRGS

**BANCA EXAMINADORA**

Prof. Eduardo Luis Isatto (UFRGS)  
Dr. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul / Brasil

Prof. Humberto Ramos Roman (UFSC)  
Ph.D. pela University of Sheffield / UK

Prof. Ronaldo Bastos Duarte (UFRGS)  
Ph.D. pela University of Edinburgh / UK

À minha família,  
em especial à minha linda esposa Caren,  
aos meus pais e à minha irmã.

## AGRADECIMENTOS

---

Ao Prof. Carlos T. Formoso, pela orientação durante o processo deste trabalho e, em especial, pelas suas sugestões e críticas que contribuíram para a minha formação profissional e acadêmica.

À Prof<sup>a</sup>. Ângela B. Masuero, pela orientação e, principalmente, pelo constante incentivo e apoio durante o trabalho.

Aos colegas de turma: Alana Rodrigues, Lígia Chiarelli, Carolina Mendes, Diego Musskopf, Eugenia Kuhn, Francieli Tiecher, Ismael Weber, Marcos Profes, Marcus Sterzi, Maurício Magro, Nauíra Zanin, Patrícia Nerbas, Paulo Jorge Manuel, Rodrigo Bortolazza e Rodrigo Lameiras.

Aos demais colegas do NORIE/UFRGS, em especial: Adriana de Oliveira dos Santos, Cíntia Bartz, Cristóvão Cordeiro, Daniel Pagnussat, Dayana B. Costa, Elvira Lantelme, Fábio Schramm, Fabrício B. Cambraia, Fernanda Leite, Flávia P. Ferreira., Helenize Lima, Lisiane Lima, Luciana Gomes Miron, Marcel Trescastro, Renato Martins das Neves e Thais Alves.

Aos professores do NORIE, em especial: ao Prof. Luís Carlos Bonin, ao Prof. Eduardo Luis Isatto, ao Prof. Miguel A. Sattler e à Prof.<sup>a</sup> Denise Dal Molin.

Aos auxiliares de pesquisa Daniela Dietz, Fernanda J. Chaves, Osvaldo Brykalski (*in memoriam*) e Otávio Peres pelo apoio dado ao trabalho.

À amiga e colega Andrea Parisi Kern, pela participação e motivação inestimável em todas as etapas deste trabalho.

Às empresas construtoras, nas quais os estudos foram realizados, e à CAIXA pelo apoio e envolvimento durante este trabalho.

Ao CNPQ e FINEP que financiaram parte do desenvolvimento desta pesquisa.

À Unisinos, nas pessoas do Prof. Cláudio Kasmierczak, do Prof. Marco Aurélio Gonzáles e do Prof. João Hermes que incentivaram e apoiaram minha formação acadêmica.

Aos Professores Ronaldo Bastos Duarte e Marcus Daniel F. dos Santos pelos ensinamentos sobre alvenaria estrutural.

Às empresas BRM Incorporadora e Construtora e TERRA Engenharia pela minha formação prática e apoio durante esta jornada.

À minha família e aos amigos de sempre pelo apoio e incentivo à realização de meus sonhos.

## RESUMO

---

RICHTER, C. Qualidade da alvenaria estrutural em habitações de baixa renda: uma análise da confiabilidade e da conformidade. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

A alvenaria estrutural tem sido amplamente empregada na construção civil brasileira, sendo o segmento de empreendimentos habitacionais de baixa renda uma de suas principais aplicações. Neste segmento de mercado, a qualidade das edificações tem sido estudada por diversos autores. Porém, poucos destes estudos reconheceram o caráter multidimensional da qualidade e tampouco explicitaram a perspectiva da qualidade que estava sendo utilizada. Nos empreendimentos habitacionais de baixa renda, as dimensões da qualidade de confiabilidade e conformidade são fundamentais. Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivo principal analisar a relação das não-conformidades do processo construtivo de alvenaria estrutural em empreendimentos habitacionais de baixa renda com a confiabilidade do produto. Esta análise foi realizada em oito empreendimentos concluídos e em oito empreendimentos em construção no Estado do Rio Grande do Sul, relativos a dois programas promovidos pela CAIXA: o Programa de Arrendamento Residencial e do Programa Imóvel na Planta. Para mensurar a confiabilidade do produto foi proposto um método de análise sistemática por observação direta de manifestações patológicas. A aplicação deste método resultou num coeficiente de defeitos por unidades (CDU), o qual apresentou diferenças significativas entre os empreendimentos estudados. A partir da análise das não-conformidades foi possível identificar as principais oportunidades e barreiras à melhoria da alvenaria estrutural nestes empreendimentos. Estes fatores foram analisados tanto no processo de construção destes empreendimentos como no processo de avaliação da qualidade adotado pela CAIXA.

Palavras-chave: Qualidade, construção civil, habitações de baixa renda, alvenaria estrutural, confiabilidade, conformidade.

## ABSTRACT

---

RICHTER, C. Quality of structural masonry in low-income housing projects: an analysis of reliability and conformance. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

Structural masonry has been widely used in the Brazilian construction industry. One of the main applications in Brazil has been in the low-income housing project segment. Several authors have studied the quality of construction in this segment. However, most studies do not take into account the multidimensional character of quality, and only a few define the dimension of quality that has been considered. The dimensions of reliability and conformance are fundamental in low-income housing projects. The main objective of this dissertation is to analyze the relationship between non-conformances of structural masonry in low-income housing and product reliability. This analysis involved eight housing projects already delivered to the users as well as eight housing projects under construction, all of them located in the state of Rio Grande do Sul, Brazil. Those housing projects are part of two programs promoted by the Brazilian Public Savings Bank: The Residential Leasing Program and the Building Plan Program (Programa Imóvel na Planta). In order to measure the reliability of the product, a method of systematic analysis by direct observation of structural masonry failures was used. The application of this method resulted in a measure of defective elements (CDU), which indicated significant differences on the quality between the housing projects that were studied. It was possible to identify opportunities for improvement in structural masonry based on the analysis of non conformances. These factors were analyzed during the construction process as well as during the quality control process conducted by the Public Savings Bank.

Keywords: quality, civil construction, low-income housing, structural masonry, reliability, conformance

## SUMÁRIO

---

LISTA DE FIGURAS.....	12
LISTA DE TABELAS.....	15
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>17</b>
1.1 CONTEXTO DA PESQUISA.....	17
1.2 PROBLEMA DE PESQUISA.....	20
1.3 QUESTÕES DE PESQUISA.....	22
1.4 OBJETIVOS DA PESQUISA.....	22
1.5 DELIMITAÇÕES DA PESQUISA.....	23
1.6 ESTRUTURA DO DOCUMENTO.....	23
<b>2 QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....</b>	<b>24</b>
2.1 EVOLUÇÃO DA QUALIDADE.....	24
2.2 BREVE PANORAMA DA QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL NACIONAL.....	27
2.3 CONCEITOS DA QUALIDADE.....	28
2.4 DIMENSÕES DA QUALIDADE.....	32
2.5 CONFORMIDADE E CONFIABILIDADE.....	36
2.5.1 Conformidade.....	36
2.5.2 Confiabilidade.....	40
<b>3 PROCESSO CONSTRUTIVO DE ALVENARIA ESTRUTURAL.....</b>	<b>44</b>
3.1 HISTÓRICO E EVOLUÇÃO DA ALVENARIA ESTRUTURAL.....	44
3.2 RECOMENDAÇÕES TÉCNICAS DE ALVENARIA ESTRUTURAL.....	46
3.2.1 Recomendações técnicas para projetos de edifícios em alvenaria estrutural.....	46
3.2.1.1 <i>Amarração das paredes.....</i>	47
3.2.1.2 <i>Juntas de controle ou de movimentação.....</i>	48
3.2.1.3 <i>Juntas de assentamento.....</i>	50
3.2.1.4 <i>Lajes.....</i>	51
3.2.1.5 <i>Vergas e contra-vergas.....</i>	51
3.2.1.6 <i>Cintas de respaldo.....</i>	52
3.2.1.7 <i>Argamassa de assentamento.....</i>	52
3.2.1.8 <i>Grautes.....</i>	53
3.2.2 Recomendações técnicas para execução de edifícios em alvenaria estrutural.....	53
3.2.2.1 <i>Ferramentas e equipamentos.....</i>	54
3.2.2.2 <i>Marcação da alvenaria.....</i>	55
3.2.2.3 <i>Elevação da alvenaria.....</i>	55

3.2.3 Recomendações para o controle tecnológico da construção de edifícios em alvenaria estrutural.....	58
3.2.3.1 Controle de recebimento (ou aceitação) de materiais e componentes.....	59
3.2.3.2 Controle de aceitação da alvenaria.....	59
3.2.3.3 Controle de produção de paredes estruturais e da estrutura da edificação.....	60
3.3 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ALVENARIA ESTRUTURAL.....	61
3.3.1 Fissuras causadas por variação de temperatura.....	62
3.3.2 Fissuras causadas por excessivo carregamento de compressão.....	65
3.3.3 Fissuras causadas por retração.....	66
3.3.4 Fissuras causadas por recalque de fundações.....	68
3.3.5 Fissuras causadas por reações químicas.....	69
4. MÉTODO DE PESQUISA.....	72
4.1 ESTRATÉGIA DA PESQUISA.....	72
4.2 DELINEAMENTO DA PESQUISA.....	73
4.3 FASE 1: PREPARAÇÃO DO TEMA.....	76
4.4 FASE 2: DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA – COLETA DE DADOS.....	76
4.4.1 Caracterização das empresas estudadas.....	76
4.4.2 Caracterização dos empreendimentos estudados.....	77
4.4.2.1 Empreendimentos da etapa A.....	78
4.4.2.2 Empreendimentos da etapa B.....	78
4.4.3 Estudos empíricos da fase de coleta dos dados.....	79
4.4.3.1 Etapa A: coleta e análise de dados referente ao produto.....	81
4.4.3.1.1 Desenvolvimento da etapa A.....	81
4.4.3.1.2 Coeficientes de defeitos por unidades (CDU).....	85
4.4.3.1.3 Apresentação dos resultados da etapa A.....	87
4.4.3.2 Etapa B: coleta e análise de dados na fase de construção.....	87
4.4.3.3 Etapa C: coleta e análise de dados na fase de fiscalização pela CAIXA.....	89
4.5 FASE 3: ANÁLISE CRUZADA DOS DADOS.....	91
5. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS DA PESQUISA.....	92
5.1 ETAPA A - PRODUTO.....	92
5.1.1 Diagnóstico de manifestações patológicas dos empreendimentos estudados.....	92
5.1.1.1 Análise do grau de comprometimento das manifestações patológicas.....	96
5.1.1.2 Análise das manifestações patológicas das faces externas das paredes (fachadas)..	97
5.1.1.3 Análise das manifestações patológicas das faces internas das paredes.....	103
5.1.1.4 Análise das manifestações patológicas das lajes.....	108
5.1.1.5 Análise da influência da orientação solar das faces das paredes das unidades habitacionais sobre as manifestações patológicas.....	114
5.1.1.6 Análise da influência da posição vertical das unidades habitacionais sobre as manifestações patológicas.....	115

5.1.2 Análise das modificações nas instalações e na estrutura das habitações.....	117
5.1.3 Análise da percepção dos usuários sobre as manifestações patológicas.....	120
5.1.4 Considerações finais da etapa A.....	124
5.2 ETAPA B - CONSTRUÇÃO.....	126
5.2.1 Empresa E1.....	126
5.2.1.1 Principais manifestações patológicas dos empreendimentos IP1 e IP2.....	126
5.2.1.2 Análise das técnicas de alvenaria estrutural empregadas.....	127
5.2.1.3 Análise do processo de controle da qualidade.....	133
5.2.2 Empresa E2.....	134
5.2.2.1 Principais manifestações patológicas dos empreendimentos PAR3 e PAR4.....	134
5.2.2.2 Análise das técnicas de alvenaria estrutural empregadas.....	135
5.2.2.3 Análise do processo de controle da qualidade.....	139
5.2.3 Empresa E3.....	141
5.2.3.1 Principais manifestações patológicas dos empreendimentos PAR5 e PAR6.....	141
5.2.3.2 Análise das técnicas de alvenaria estrutural empregadas.....	142
5.2.3.3 Análise do processo de controle da qualidade.....	146
5.2.4 Empresa E4.....	148
5.2.4.1 Principais manifestações patológicas do empreendimento PAR7.....	148
5.2.4.2 Análise das técnicas de alvenaria estrutural empregadas.....	148
5.2.4.3 Análise do processo de controle da qualidade.....	152
5.2.5 Considerações finais da etapa B.....	152
5.3 ETAPA C - FISCALIZAÇÃO.....	156
5.3.1 Processo de avaliação da qualidade adotado pela CAIXA/RS.....	156
5.3.1.1 Análise das vistorias intermediárias.....	159
5.3.1.2 Análise das vistorias de liberações de recursos.....	160
5.3.1.3 Análise do monitoramento da alvenaria.....	163
5.3.2 Análise geral do processo de controle da qualidade da alvenaria estrutural.....	164
5.3.3 Considerações finais da etapa C.....	165
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	167
6.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	167
6.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	170
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	171
APÊNDICE 01.....	176
APÊNDICE 02.....	177
APÊNDICE 03.....	178
APÊNDICE 04.....	179
APÊNDICE 05.....	180

## LISTA DE FIGURAS

---

Figura 01: conceitos relacionados com a conformidade.....	38
Figura 02: seqüência geral da padronização.....	39
Figura 03: relação entre o índice de falhas e o tempo – curva da banheira.....	43
Figura 04: exemplos de amarração por interpenetração - (a) tipo “L” e (b) tipo “T”.....	48
Figura 05: representação esquemática da diferença entre juntas de dilatação e juntas de controle.....	49
Figura 06: juntas deslizantes entre paredes e a lajes de cobertura.....	50
Figura 07: seqüência de execução da elevação da alvenaria.....	56
Figura 08: prisma oco de alvenaria.....	59
Figura 09: (a) movimentações que ocorrem numa laje de cobertura, sob ação da elevação da temperatura; (b) e (c) fissuras típicas presentes no topo da parede ao comprimento da laje.....	63
Figura 10: fissuras de cisalhamento provocadas por expansão térmica da laje de cobertura.....	64
Figura 11: fissuras verticais de alvenaria causadas por excessivo carregamento vertical.....	65
Figura 12: fissuras típicas nos cantos das aberturas, sob atuação de sobrecarga.....	65
Figura 13: fissuras em paredes externas, causadas pela retração de lajes.....	67
Figura 14: fissuras mapeadas, causadas pela retração da argamassa de revestimento.....	67
Figura 15: fissuras oriundas de recalque diferenciado, por consolidações distintas do aterro carregado.....	68
Figura 16: fissuras oriundas de recalque das fundações.....	69
Figura 17: fissuras horizontais no revestimento provocadas pela expansão da argamassa de assentamento.....	70
Figura 18: fissuras na argamassa de revestimento provenientes do ataque de sulfatos.....	71
Figura 19: delineamento da pesquisa.....	73
Figura 20: relação das dimensões da qualidade priorizadas com as três etapas do desenvolvimento da pesquisa.....	75
Figura 21: cronograma das três etapas do desenvolvimento da pesquisa.....	75
Figura 22: relação dos estudos de caso com seus objetivos e fontes de evidência.....	80
Figura 23: desenvolvimento da etapa A – processo de uso.....	81
Figura 24: seção 3 e 4 da ferramenta de coleta dos dados da etapa A – estado atual da habitação e croqui e percepção dos usuários.....	82
Figura 25: exemplo da seção 6 e 8 da ferramenta de coleta dos dados da etapa A – croquis das faces internas das paredes (cozinha e sala) e das faces externas das paredes da habitação.....	83
Figura 26: planilha de códigos da ferramenta de coleta dos dados da etapa A.....	83

Figura 27: estudos empíricos da etapa B.....	88
Figura 28: desenvolvimento da etapa C (fiscalização).....	90
Figura 29: coeficientes CDU médios dos oito empreendimentos estudados.....	94
Figura 30: coeficientes CDU de cada elemento.....	95
Figura 31: grau de comprometimento das manifestações patológicas identificadas nos empreendimentos estudados.....	95
Figura 32: fissuras mapeadas localizadas na fachada da edificação.....	99
Figura 33: fissuras horizontais localizadas na fachada da edificação.....	100
Figura 34: (a) fissura vertical na face externa da parede que divide duas áreas de serviço e (b) fissura vertical do revestimento de argamassa da lateral do vão da janela.....	101
Figura 35: falta de vedação entre o muro do pátio e a parede externa dos sobrados.....	103
Figura 36: fissura horizontal na face interna da parede próxima à laje de cobertura.....	105
Figura 37: problemas de infiltração nas faces internas das paredes do dormitório.....	106
Figura 38: fechamento da inspeção das instalações sanitárias mal posicionada.....	107
Figura 39: fissuras e irregularidades na interface da laje de teto com as paredes.....	109
Figura 40: fissura na diagonal do dormitório na parte superior da laje.....	111
Figura 41: fissura na interface do apoio da laje sobre a parede.....	111
Figura 42: (a) croqui da disposição dos painéis de lajes e (b) exemplo de fissura no piso cerâmico.....	113
Figura 43: fissuras localizadas na união dos painéis de laje da sala e cozinha.....	113
Figura 44: coeficientes CDU agrupados por posição vertical das unidades habitacionais.....	116
Figura 45: modificações das instalações nos dois empreendimentos do programa IP.....	117
Figura 46: tubulação aparente de água da torneira da pia da cozinha nos sobrados.....	118
Figura 47: defeitos percebidos pelos usuários associados à alvenaria estrutural.....	121
Figura 48: relação de causa e efeito entre as técnicas e as manifestações patológicas identificadas durante a análise da empresa E1.....	128
Figura 49: (a) juntas de retração sobre as paredes do último pavimento dos sobrados e (b) desenho da junta em detalhe.....	130
Figura 50: amarrações inadequadas das paredes do tipo “bocas-de-leão”.....	131
Figura 51: detalhes do preenchimento inadequado das juntas de argamassa.....	132
Figura 52: cortes horizontais excessivos na alvenaria.....	132
Figura 53: relação de causa e efeito entre as técnicas e as manifestações patológicas identificadas durante a análise da empresa E2.....	136
Figura 54: camada de regularização sobre as paredes da edificação.....	137
Figura 55: detalhe da junta deslizante do último pavimento sobre a cinta de respaldo.....	137
Figura 56: (a) transpasse insuficiente das contra-vergas das janelas dos dormitórios e (b) das janelas da área de serviço.....	138

Figura 57: relação de causa e efeito entre as técnicas e as manifestações patológicas identificadas durante a análise da empresa E3.....	143
Figura 58: desnível da cinta de respaldo.....	144
Figura 59: desnível acentuado no encontro dos painéis de lajes da sala e desencontro das tubulações das instalações elétricas.....	144
Figura 60: assentamento da primeira fiada sobre as vigas de baldrame.....	145
Figura 61: desperdício de blocos em excesso.....	146
Figura 62: relação de causa e efeito entre as técnicas e as manifestações patológicas identificadas durante a análise da empresa E4.....	149
Figura 63: acabamento inadequado dos painéis de laje da sala.....	150
Figura 64: aumento do apoio dos painéis de laje da sala, da cozinha e da área de serviço.....	150
Figura 65: detalhe esquemático do apoio do painel de laje sobre a parede adotado pela empresa E4.....	151
Figura 66: relação de causa e efeito entre as principais técnicas e as principais manifestações patológicas identificadas em todos os empreendimentos analisados.....	153
Figura 67: mapa do processo de avaliação da qualidade dos empreendimentos do programa PAR adotado pela CAIXA.....	157
Figura 68: atividades envolvidas com a avaliação da qualidade da alvenaria estrutural adotadas pela CAIXA.....	159

## LISTA DE TABELAS

---

Tabela 01: etapas da evolução da qualidade.....	25
Tabela 02: conceitos da qualidade segundo diversos autores.....	29
Tabela 03: dimensões da qualidade de acordo com diferentes autores.....	32
Tabela 04: empreendimentos concluídos no estado do Rio Grande do Sul do programa PAR e IP e seus processos construtivos.....	46
Tabela 05: traços recomendados para argamassa de assentamento.....	52
Tabela 06: ferramentas e equipamentos utilizados na execução de edificações em alvenaria estrutural.....	55
Tabela 07: tolerâncias dimensionais.....	61
Tabela 08: empreendimentos da etapa A e suas características.....	78
Tabela 09: empreendimentos da etapa B e suas características.....	89
Tabela 10: coeficientes CDU médios e por elementos dos empreendimentos do programa IP e PAR estudados.....	93
Tabela 11: análise de variância (ANOVA) para os coeficientes CDU de cada unidade habitacional por empreendimento, por elemento e a interação entre estas duas variáveis.....	93
Tabela 12: análise múltipla de médias calculadas para os coeficientes CDU de cada unidade nos diferentes empreendimentos.....	94
Tabela 13: análise múltipla de médias para os coeficientes CDU dos três elementos – lajes, faces internas e externas das paredes.....	97
Tabela 14: coeficientes CDU das faces externas das paredes por forma de manifestação patológica dos empreendimentos estudados.....	97
Tabela 15: análise de variância (ANOVA) dos coeficientes CDU das faces externas das paredes de cada unidade habitacional nos diferentes empreendimentos, nas formas de manifestação patológica identificadas e a interação entre estas duas variáveis.....	98
Tabela 16: análise múltipla de médias para os coeficientes CDU das diferentes formas de manifestação patológicas das faces externas das paredes dos empreendimentos estudados.....	99
Tabela 17: coeficientes CDU das faces internas das paredes por forma de manifestação patológica dos empreendimentos estudados.....	103
Tabela 18: análise de variância (ANOVA) dos coeficientes CDU para cada forma de manifestação patológica identificada nas faces internas das paredes dos empreendimentos estudados.....	104
Tabela 19: análise múltipla de médias para os coeficientes CDU das diferentes formas de manifestação patológica identificadas nas faces internas das paredes dos empreendimentos.....	104

Tabela 20: coeficientes CDU lajes por forma de manifestação patológica dos empreendimentos estudados.....	108
Tabela 21: análise de variância (ANOVA) dos coeficientes CDU para cada forma de manifestação patológica identificada nas lajes dos empreendimentos estudados.....	108
Tabela 22: análise múltipla de médias para os coeficientes CDU das diferentes formas de manifestação patológicas das lajes dos empreendimentos.....	109
Tabela 23: coeficientes CDU globais e por elementos agrupados pela orientação solar das unidades habitacionais dos empreendimentos do programa PAR.....	114
Tabela 24: análise de variância (ANOVA) para os coeficientes CDU de cada unidade habitacional por empreendimento, por orientação solar e a interação entre estas duas variáveis.....	115
Tabela 25: coeficientes CDU agrupados por posição vertical das unidades habitacionais dos empreendimentos do programa PAR.....	115
Tabela 26: análise de variância (ANOVA) para os coeficientes CDU de cada unidades habitacional por empreendimento, por posição vertical e a interação entre estas duas variáveis.....	116
Tabela 27: análise múltipla de médias para os coeficientes CDU das unidades habitacionais agrupadas por posição vertical.....	116
Tabela 28: percepção dos usuários sobre os defeitos de suas unidades habitacionais.....	120
Tabela 29: coeficientes CDU por forma de manifestação patológica nos empreendimentos da empresa E1.....	126
Tabela 30: resumo da planilha utilizada para controle da qualidade da alvenaria adotada pela empresa E1.....	133
Tabela 31: coeficientes CDU por forma de manifestação patológica nos empreendimentos da empresa E2.....	134
Tabela 32: resumo da planilha utilizada para controle da qualidade da alvenaria adotada pela empresa E2.....	140
Tabela 33: formas de manifestações patológicas identificadas nos empreendimentos da empresa E3 e seus coeficientes CDU.....	141
Tabela 34: resumo da planilha utilizada para controle da qualidade no início dos serviços da alvenaria adotada pela empresa E3.....	147
Tabela 35: resumo da planilha utilizada para o controle da qualidade durante a execução das alvenarias adotada pela empresa E2.....	147
Tabela 36: coeficientes CDU das principais manifestações patológicas identificadas no empreendimento analisado da empresa E4.....	148
Tabela 37: item de verificação da qualidade da alvenaria estrutural do anexo I (qualidade da obra) do RAE.....	161
Tabela 38: itens de verificação da qualidade associados à alvenaria estrutural do anexo II (desempenho da construtora) do RAE.....	162
Tabela 39: ensaios mínimos necessários para o acompanhamento tecnológico .....	164

O capítulo de introdução tem como objetivo situar o leitor nesta dissertação. Primeiramente através da apresentação e do contexto na qual a pesquisa está inserida, seguido do problema de pesquisa, questões e objetivos da pesquisa, delimitações, bem como a estrutura do trabalho.

Os estudos relatados nesta pesquisa fizeram parte do projeto intitulado como “Gerenciamento de Requisitos e Melhoria da Qualidade na Habitação de Interesse Social (REQUALI)”. Este projeto está em desenvolvimento desde 2003, com término previsto para janeiro de 2007 pelo grupo de estudos em Gerenciamento e Economia da Construção do Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação (NORIE) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) em parceria com outras instituições de pesquisa no Rio Grande do Sul (Universidade Federal de Pelotas - UFPel), Bahia (Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS), Ceará (Universidade Federal do Ceará - UFC e Universidade Estadual do Ceará - UECE) e Paraná (Universidade Estadual de Londrina - UEL).

O objetivo geral do projeto REQUALI consiste em estabelecer critérios e diretrizes para o gerenciamento de requisitos dos clientes em empreendimentos habitacionais de baixa renda, buscando a melhoria da qualidade dos mesmos.

Os estudos realizados no REQUALI foram focados em programas habitacionais de baixa renda existentes no Brasil. O presente trabalho contribui para um dos objetivos específicos deste projeto, associado à melhoria da qualidade dos empreendimentos habitacionais de baixa renda do estado do Rio Grande do Sul.

### 1.1 CONTEXTO DA PESQUISA

A indústria da construção civil vem sendo influenciada por uma maior conscientização dos consumidores em relação aos seus direitos. Nos últimos anos, são eles quem principalmente ditam as necessidades e comportamentos que podem determinar a sobrevivência das organizações (SANTOS, 2003).

Em função desta maior conscientização, as pressões dos consumidores no sentido de melhoria da qualidade se intensificaram na maioria das indústrias (GARVIN, 2002). Neste sentido, a necessidade de melhoria da qualidade torna-se evidente. No entanto, segundo Garvin (2002), o progresso por esta melhoria vem sendo lento.

Além deste lento progresso, na indústria da construção civil o avanço da qualidade se dá com certa defasagem frente às demais indústrias (CORDEIRO; FORMOSO, 2005; PICCHI, 1993), tendo em geral, uma imagem de indústria atrasada (SOUZA *et al.*, 1998).

Segundo Garvin (2002), o problema não tem sido falta de interesse, pois os administradores de inúmeras indústrias têm se envolvido com melhoria da qualidade. Programas, instrumentos e técnicas têm se proliferado (GARVIN, 2002). Mas, segundo o mesmo autor, uma falta de entendimento do conceito da qualidade tem impedido este progresso em várias frentes.

Segundo Tarí e Sabater (2003), apesar de diversas pesquisas na área, muitas das quais fundamentadas em autores famosos, tais como Crosby (1979)<sup>1</sup>, Deming (1982)<sup>2</sup>, Ishikawa (1985)<sup>3</sup>, Juran (1988)<sup>4</sup> e Feigenbaum (1991)<sup>5</sup>, ainda não há soluções para todos os problemas de qualidade encontrados nas empresas.

Tais problemas podem ser decorrentes do fato de que a qualidade ainda é um constructo nebuloso (DEAN; BOWEN, 1994), de difícil definição (GARVIN, 2002), sendo considerado um termo com múltiplos significados<sup>6</sup> (MURTHY; KUMAR, 2000; GARVIN, 1987).

Reeves e Bednar (1994) enfatizam esta idéia citando que “uma definição global de qualidade não existe e que distintas definições de qualidade são apropriadas em diferentes circunstâncias”. Além disso, Garvin (1987) salienta a importância de um entendimento sobre a qualidade, respeitando as múltiplas categorias consideradas importantes pelos consumidores quando avaliam um determinado produto.

---

<sup>1</sup> Crosby, P.B. *Quality is Free, the Art of Making Quality Certain*. Hodder & Stoughton, New York, 1979.

<sup>2</sup> Deming, W.E. *Quality, Productivity and Competitive Position*. MIT Center for Advanced Engineering, Cambridge, 1982.

<sup>3</sup> Ishikawa, K. *What is Total Quality Control? The Japanese Way*. Prentice-Hall, London, 1985.

<sup>4</sup> Juran, J.M. *On Planning for Quality*. Collier Macmillan, London, 1988.

<sup>5</sup> Feigenbaum, A.V. *Total Quality Control*. McGraw-Hill, New York, 1991.

<sup>6</sup> Garvin (2002) reconhece cinco abordagens principais para a definição da qualidade: a transcendente, a baseada no produto, a baseada no usuário, a baseada na produção e a baseada no valor. Estas definições serão discutidas no capítulo 2 do presente trabalho.

Neste sentido, Garvin (1987) propôs uma segmentação do conceito de qualidade, agrupando estas categorias em oito dimensões<sup>7</sup>. Da mesma maneira que a qualidade é um termo com múltiplos significados, este autor sugere que seja também considerada com múltiplas dimensões como esquema de análise.

Um produto ou serviço pode ser bem cotado em uma dimensão, mas mal classificado em outra (GARVIN, 1987). Segundo Souza e Voss (2002), as dimensões da qualidade variam de acordo com o produto e com a indústria que está sendo considerada. Além disso, em muitos os casos, as dimensões estão inter-relacionadas (GARVIN, 1987). O mesmo autor comenta que, às vezes, uma melhoria de uma só pode ser obtida em função da melhoria de outra, outras vezes, duas dimensões, como a confiabilidade e a conformidade estão associadas.

Assim, poucos produtos ocupam uma posição elevada nas oito dimensões da qualidade (GARVIN, 2002). O mesmo autor comenta que para empresas que estabelecem como alvo o mercado de grande escala, esta opção quase nunca é possível e nem tampouco necessária. Neste caso as empresas devem atentar-se a superioridade de uma ou duas dimensões da qualidade – especialmente a confiabilidade e a conformidade (GARVIN, 2002).

Tendo em vista a importância de se considerar o caráter multidimensional da qualidade, Souza e Voss (2002) criticam as várias pesquisas que tratam a qualidade como um conceito unidimensional e nem mesmo destacam que definição de qualidade está sendo utilizada. Segundo Garvin (2002) e Souza e Voss (2002), poucos estudos reconhecem as múltiplas dimensões da qualidade e, além disto, a possibilidade de que a qualidade pode ter diferentes significados em diferentes indústrias.

Stone *et al.* (1997) evidenciam este fato através de um levantamento realizado sobre alguns estudos da qualidade do produto de diferentes indústrias. Este levantamento apontou que, do montante total dos estudos considerados, as dimensões da qualidade não foram referenciadas em 86% dos casos e os demais estudos possuem uma visão unidimensional.

---

<sup>7</sup> Segundo Garvin (1987), podem-se identificar oito dimensões da qualidade como esquema de análise. São elas: desempenho, características, confiabilidade, conformidade, durabilidade, atendimento, estética e qualidade percebida. Estas dimensões serão discutidas no capítulo 2.

## 1.2 PROBLEMA DE PESQUISA

No Brasil, existe um grande déficit habitacional. Segundo a Fundação João Pinheiro (2006), o déficit habitacional brasileiro urbano no Brasil, estimado em 2000, era em torno de 5.400.000 moradias nas áreas urbanas. Segundo a referida Fundação, aproximadamente 92% do total desse déficit é a falta de moradia digna para população mais carente, com renda familiar de zero a cinco salários mínimos.

Para sanar este déficit habitacional já foram lançados pelo governo brasileiro inúmeros programas habitacionais, dentre estes estão o Programa de Arrendamento Residencial (PAR)<sup>8</sup> e o Imóvel na Planta (IP)<sup>9</sup>. Tais programas são promovidos pelo governo Federal através da CAIXA<sup>10</sup> e são focos deste estudo.

Neste segmento de mercado é evidente a importância das dimensões da qualidade de confiabilidade e conformidade<sup>11</sup>. A confiabilidade está associada aos defeitos das habitações, sendo estes refletidos em possíveis gastos pelo governo para manter e/ou recuperar as habitações por ele financiadas. Já a conformidade está associada à garantia da qualidade com os padrões pré-estabelecidos. Neste sentido, estas duas dimensões são fundamentais para atender as necessidades de qualidade destes programas habitacionais de baixa renda.

Uma das alternativas utilizadas neste segmento de mercado para reduzir os custos e garantir o desempenho mínimo desejado das habitações é o processo construtivo de alvenaria estrutural. Este processo tem sido amplamente empregado na construção civil brasileira. Após anos de adaptação e desenvolvimento no país, esta tecnologia construtiva foi consolidada na década de 80, através da normalização oficial consistente e razoavelmente ampla (SABATTINI, 2003). De acordo com Duarte (1999), “em substituição por estruturas convencionais de concreto armado, a alvenaria estrutural pode proporcionar uma economia de até 30% dos custos da obra para a grande maioria dos tipos de edificações”. Sinha (2002) comenta ainda que esta diminuição de custo pode atingir uma redução de

---

<sup>8</sup> O Programa de Arrendamento Residencial (PAR) se destina ao atendimento das necessidades de moradia da população de baixa renda, prioritariamente concentradas nos grandes centros urbanos, com renda familiar mensal de até seis salários mínimos e tem como objetivo a aquisição de imóveis a serem construídos com pagamento parcelado para arrendamento residencial com opção de compra ao final do período do contrato (CAIXA, 2006).

<sup>9</sup> O Programa Imóvel na Planta (IP) é um programa oferecido pela CAIXA para obtenção de financiamento para a construção de moradias a pessoas jurídicas (cooperativas habitacionais) com renda mensal de até 20 salários mínimos. Esse programa também oferece a possibilidade de construção de habitação para o consumidor de baixa renda na sua faixa de preço inferior e por isso, foi selecionado como um modo de provisão para habitação de baixa renda (CAIXA, 2006).

<sup>10</sup> Para este trabalho, denominou-se a Caixa Econômica Federal de CAIXA, conforme solicitação da própria instituição.

<sup>11</sup> Segundo Garvin (1987) a confiabilidade reflete na probabilidade de mau funcionamento de um produto ou de ele falhar num determinado período e a conformidade como o grau em que o projeto e as características operacionais de um produto estão de acordo com padrões pré-estabelecidos. Estes conceitos serão discutidos no capítulo 2.

até 38% se considerar somente a estrutura da edificação. Além disso, as edificações em alvenaria estrutural estão entre as construções com maior aceitação (DUARTE, 1999) e durabilidade ao longo do tempo (DUARTE, 1999; ROMAN, 1991).

Em muitos estudos relacionados à qualidade na construção civil também se observa a falta de uma definição clara de qualidade (CORDEIRO; FORMOSO, 2005). Além disso, também se observa com frequência uma visão unidimensional da qualidade, como por exemplo, inúmeras pesquisas desenvolvidas nos últimos 15 anos sobre o desempenho das edificações (BASSIONI *et al.*, 2004).

Em relação especificamente à confiabilidade dos produtos da indústria da construção, Signor (2005) comenta que as pesquisas realizadas ainda estão pouco desenvolvidas. O mesmo autor salienta que, enquanto nas áreas de sistemas elétricos e aviação, por exemplo, nos quais o conceito de confiabilidade é amplamente aplicado há muito tempo, na área da construção civil poucos são os casos práticos de utilização. Não obstante, os estudos de confiabilidade na construção civil estão focados na confiabilidade estrutural, principalmente em sistemas de aço e concreto armado (NEVES, *et al.*, 2004). Foi identificado na bibliografia pesquisada apenas um trabalho no Brasil, desenvolvido por Signor (2005), sobre a confiabilidade de prédios estruturados em alvenaria. Porém, o trabalho de Signor (2005) também está focado na confiabilidade estrutural em termos probabilísticos, pois seu objetivo foi desenvolver uma ferramenta para avaliação dos possíveis riscos de desabamento de edifícios construídos em alvenaria portante.

Por outro lado, há uma carência de estudos sobre os defeitos durante a vida útil do produto (WU *et al.*, 2006), os quais podem ser prejudiciais para o desempenho das habitações, inclusive à estrutura das mesmas. Segundo Wu *et al.* (2006), é importante entender a distribuição dos padrões de defeitos<sup>12</sup> para fornecer informações que possam melhorar a confiabilidade e reduzir os custos de manutenção ou recuperação dos subsistemas das edificações, sendo a alvenaria estrutural um destes subsistemas. Neste sentido, a confiabilidade deve ser mensurada em termos determinísticos.

Tais padrões de defeitos já foram identificados em alguns estudos relatados na bibliografia pesquisada, sendo o estudo de Fiess *et al.* (2004) um dos mais recentes. Este estudo realizou um levantamento de manifestações patológicas em habitações de baixa renda e procurou identificar através de suas causas a origem destas. Entretanto, tanto este estudo como os outros pesquisados não realizaram uma associação dos defeitos com as dimensões da qualidade.

---

<sup>12</sup> Neste caso, considerou-se os padrões de defeitos as formas de manifestações patológicas e as inadequações técnicas, tanto de projeto como de execução.

A partir deste contexto, visto a importância das dimensões de confiabilidade e da conformidade para os empreendimentos habitacionais de baixa renda, este estudo propõe uma análise destas dimensões enfocando o processo construtivo de alvenaria estrutural.

### 1.3 QUESTÕES DE PESQUISA

A partir da discussão apresentada nos itens anteriores deste trabalho, foi identificada uma lacuna de conhecimento, expressa através da seguinte questão de pesquisa: “Como analisar a qualidade de alvenaria estrutural em empreendimentos habitacionais de baixa renda, tendo como base as dimensões da qualidade de confiabilidade e conformidade?”.

Partindo desta questão, foram enunciadas as seguintes questões secundárias específicas:

- a) Como mensurar a qualidade da alvenaria estrutural de empreendimentos habitacionais de baixa renda, com base na dimensão da confiabilidade?
- b) Quais são os principais padrões de defeitos que estão associados à confiabilidade e a conformidade da alvenaria estrutural em empreendimentos habitacionais de baixa renda?
- c) Quais são as oportunidades e barreiras à melhoria da qualidade da alvenaria estrutural em empreendimentos habitacionais de baixa renda, com base nas dimensões de confiabilidade e conformidade?

### 1.4 OBJETIVOS DA PESQUISA

O objetivo principal deste trabalho é “analisar a relação das não-conformidades do processo construtivo de alvenaria estrutural em empreendimentos habitacionais de baixa renda com a confiabilidade do produto”. Foram também definidos os seguintes objetivos específicos:

- a) Propor um método para analisar a confiabilidade da alvenaria estrutural aplicável a empreendimentos habitacionais de baixa renda.
- b) Propor um indicador para a análise da confiabilidade da alvenaria estrutural aplicável a empreendimentos habitacionais de baixa renda.
- c) Identificar os padrões de defeitos que estão associados à confiabilidade e a conformidade da alvenaria estrutural em empreendimentos habitacionais de baixa renda.
- d) Identificar as oportunidades e barreiras à melhoria da alvenaria estrutural em empreendimentos habitacionais de baixa renda, com base nas dimensões de confiabilidade e conformidade.

## 1.5 DELIMITAÇÕES DA PESQUISA

O foco do presente trabalho está na análise da confiabilidade e da conformidade. Esta análise está limitada aos conceitos adotados para este trabalho, apresentados no capítulo 2. Além disso, o presente trabalho não tem como proposta estudar as outras dimensões da qualidade que também podem ser fundamentais para a qualidade das habitações de baixa renda.

A análise das dimensões da qualidade priorizadas se dá apenas do processo construtivo de alvenaria estrutural dos empreendimentos habitacionais de baixa renda. Considera-se como parte integrante deste processo construtivo as paredes com seus revestimentos e as lajes das habitações. As instalações foram analisadas apenas quando afetam diretamente as paredes e as lajes das habitações. Não está no escopo deste trabalho a análise de outras partes da habitação, como por exemplo o acabamento das mesmas.

O método proposto para analisar a confiabilidade das habitações foi desenvolvido apenas como um meio de atingir os objetivos deste trabalho. Embora o desenvolvimento deste método seja um dos objetivos específicos do presente trabalho, o mesmo não foi desenvolvido com o objetivo de torná-lo aplicável em outros tipos de habitações.

Os empreendimentos habitacionais de baixa renda selecionados para a realização dos estudos empíricos do produto acabado (análise da confiabilidade), tiveram a sua idade (tempo de uso) limitada à disponibilidade dos mesmos. Estes empreendimentos foram selecionados com a participação da CAIXA.

## 1.6 ESTRUTURA DO DOCUMENTO

Esta dissertação é dividida em seis capítulos. O primeiro capítulo apresenta a introdução ao tema de pesquisa, o problema de pesquisa, as questões de pesquisa, objetivos, delimitações do trabalho e esta apresentação da estrutura do documento. O segundo capítulo traz uma revisão bibliográfica sobre a área de conhecimento de qualidade com sua evolução, principais conceitos, diferentes abordagens e um aprofundamento nas definições de confiabilidade e conformidade. O terceiro capítulo apresenta um histórico da evolução da alvenaria estrutural, as principais recomendações técnicas de alvenaria estrutural e suas manifestações patológicas. O método de pesquisa utilizado para o desenvolvimento deste trabalho é apresentado no capítulo quatro. O quinto capítulo apresenta e analisa os resultados dos estudos empíricos através das três etapas constituintes deste trabalho. As considerações finais e sugestões para trabalhos futuros são realizadas no capítulo seis.

---

# QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Em se tratando de analisar a qualidade, com ênfase nas dimensões de confiabilidade e a conformidade, é necessário que se compreenda os principais conceitos de qualidade e suas abordagens. Para isto, este capítulo apresenta uma discussão sobre a evolução do conceito de qualidade, um breve panorama da qualidade na construção civil, incluindo uma abordagem sobre as dimensões da qualidade, com destaque da confiabilidade e da conformidade.

### 2.1 EVOLUÇÃO DA QUALIDADE

Como conceito, a qualidade é conhecida há milênios (GARVIN, 2002). Têm-se registros de que o filósofo Aristóteles (384-322 AC), em sua obra *Estudo das formas geométricas* foi o primeiro a focar a qualidade de forma sistemática. Em meados de 1690, o filósofo inglês John Locke, em sua teoria dos conhecimentos humanos, define que a qualidade de uma substância é a consolidação de uma idéia presente na capacidade de pensar (KANO, 1984).

Após este início filosófico, alguns autores dividiram a história do movimento da qualidade em períodos distintos, embora esta seja frequentemente dividida em dois períodos principais (GARVIN, 2002): controle da qualidade e garantia da qualidade. Segundo Garvin (2002), as abordagens da qualidade surgiram lentamente, através de uma evolução incremental, e não de inovações marcantes. Nos Estados Unidos, o mesmo autor organiza estes períodos em quatro “eras da qualidade” distintas, conforme mostra a tabela 01.

Tabela 01: etapas da evolução da qualidade

Característica	Etapa da evolução da qualidade			
	Inspeção	Controle estatístico da qualidade	Garantia da qualidade	Gestão estratégica
Conceito da qualidade	Verificação: um problema a ser resolvido	Controle: um problema a ser resolvido	Coordenação: um problema a ser resolvido, mas que seja enfrentado proativamente	Impacto estratégico: uma oportunidade de concorrência
Objetivo principal	Conformidade dos produtos por meio de inspeção final	Conformidade do produto por meio de controle estatístico de processos e inspeção final por amostragem	Conformidade do produto, atuando preventivamente desde o projeto até o mercado	Atender as necessidades do mercado e do consumidor
Responsável pela qualidade	Departamento de inspeção	Departamento de inspeção e engenharia	Todos os departamentos da empresa	Todos os departamentos, incluindo fornecedores
Ênfase	No produto	No produto	No produto	Nos clientes externo e interno
Orientação e abordagem	Inspecciona a qualidade	Controla a qualidade	Constrói a qualidade	Gerencia a qualidade

Fonte: Adaptado de Garvin (2002).

Segundo Marshall et al. (2005), o aparecimento da inspeção aconteceu naturalmente nos primórdios da era industrial e até meados do século XIX, quando quase tudo era fabricado por artesões em quantidades pequenas e havia a participação do trabalhador em todas as fases do processo. Nesta fase a inspeção era implementada segundo critérios especificados pelo próprio artesão e sua pequena equipe de colaboradores - era um procedimento natural e corriqueiro (MARSHALL *et al.*, 2005). A inspeção formal só passou a ser necessária com o surgimento da produção em massa e a necessidade de peças intercambiáveis (GARVIN, 2002).

A principal conquista desta etapa da evolução da qualidade, do ponto de vista do controle da qualidade, foi a criação de um sistema racional de medidas, gabaritos e acessórios no início do século XIX, permitindo a intercambialidade dos componentes que integram o produto (GARVIN, 2002). Assim, as atividades de inspeção se transformaram rapidamente em um processo independente e associado ao controle de qualidade.

Garvin (2002) destaca que, em 1922, com a publicação da obra *The Control of Quality in Manufacturing*<sup>13</sup>, a qualidade foi apontada pela primeira vez como responsabilidade gerencial distinta e

<sup>13</sup> G.S.Radford, *The Control of Quality in Manufacturing* (New York: Ronald Press, 1922). Este livro é precedido por um artigo anterior escrito sobre o assunto, pelo mesmo autor: *The Control of Quality* (1917). Ambos citados por Garvin (2002).

função independente, embora seu enfoque principal fosse ainda a inspeção. Segundo o mesmo autor, a ênfase era sempre na conformidade<sup>14</sup> e em sua relação com a inspeção. Assim, o principal interesse na qualidade do produto pelo comprador era a igualdade ou uniformidade que se obtém quando o fabricante atende às especificações estabelecidas.

A era do controle estatístico da qualidade surgiu durante a segunda guerra mundial (MARSHALL *et al.*, 2005). Esta etapa caracterizou-se pelas técnicas de amostragem que possibilitavam uma inspeção mais eficaz, eliminando a amostragem de 100%, mantendo o enfoque corretivo e não influenciando muito no enorme número de produtos defeituosos sucateados (PICCHI, 1993). Em 1931, a obra *Economic Control of Quality of Manufactured Products*, de W.A. Shewhart, foi publicada, conferindo um caráter mais científico a esta disciplina (GARVIN, 2002). O mesmo autor comenta que Shewhart foi o primeiro a reconhecer que a variabilidade era um fato concreto na indústria e que esta deveria ser entendida por meio dos princípios da probabilidade e da estatística. Nesta obra encontram-se os fundamentos, os procedimentos e as técnicas para tornar o controle da qualidade mais efetivo na produção, em todos seus estágios (MARSHALL *et al.*, 2005).

No final da década de 50, constatou-se o surgimento da garantia da qualidade, com implicações mais amplas para o gerenciamento (SILVA, 2000). Segundo Garvin (2002), esta etapa foi influenciada por quatro contribuições importantes: (a) quantificação dos custos da qualidade, por Joseph Juran (1951), (b) controle total da qualidade, por Armand Feigenbaum (1956), (c) engenharia da confiabilidade<sup>15</sup>, através de modos e efeito de falhas, e (d) zero defeito, pelos trabalhos de James Halpin (1956) e Philip Crosby (1956).

O modo de ver a qualidade modificou-se<sup>16</sup> nas décadas de 70 e 80, quando os aspectos estratégicos da qualidade foram reconhecidos e incorporados, em substituição a aspectos defensivos, de prevenção dos defeitos (GARVIN, 2002). Segundo Marshall *et al.* (2005), os princípios da gestão pela qualidade total, disseminados a partir do início da década de 50, foram assimilados pela maioria das organizações. Neste sentido, a qualidade passou a ser discutida na agenda estratégica dos negócios, e o mercado passou a valorizar quem a possuía. Segundo Marshall *et al.* (2005), as legislações de

---

<sup>14</sup> Observa-se que por volta de 1922, a conformidade já era conhecida como igualdade ou uniformidade às especificações estabelecidas (GARVIN, 2002), assunto este discutido no decorrer deste capítulo.

<sup>15</sup> A engenharia da confiabilidade tinha como objetivo garantir um desempenho aceitável do produto ao longo do tempo (GARVIN, 2002), pois o controle estatístico de processo funcionava dentro dos limites da fábrica (MARSHALL *et al.*, 2005).

<sup>16</sup> Garvin (2002) comenta que não se pode identificar com precisão os primórdios da gestão estratégia, pois nenhum livro ou artigo marca a transição. Entretanto num número cada vez maior de empresas começou a surgir uma nova visão, que incorpora um desvio de perspectiva.

defesa do consumidor, além de normas internacionais, como a família de normas ISO-9000<sup>17</sup>, transformaram definitivamente o escopo da qualidade, consolidando-a em todos os pontos do negócio. De acordo com Garvin (2002), a qualidade é vista não somente como um sistema de controle, mas sim, como uma função gerencial.

Segundo Santos (2003), a série de normas ISO-9000<sup>18</sup>, assim como uma grande parte das normas do setor de produção industrial e serviços, surgiu em função de duas demandas principais: a segurança (em relação às instalações nucleares) e a confiabilidade (em relação à produção de artefatos militares). O mesmo autor comenta que juntamente com a norma criou-se a terminologia, proporcionando uma harmonização internacional, facilitando a disseminação através dos países, como também em diversos setores da economia, consolidando-se como referencial de excelência para a competitividade industrial.

Segundo Santos (2003), nos países da União Européia a certificação de sistemas tem sido um fator preponderante para que uma determinada empresa de um país possa vender produtos e serviços para outros países, representando uma evidência de padrões mínimos de qualidade.

## 2.2 BREVE PANORAMA DA QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL NACIONAL

Com as mudanças econômicas e sociais que transformaram o Brasil a partir da década de 90, observa-se no Brasil uma intensa mobilização da cadeia produtiva da Construção Civil na busca de competitividade (MENDES *et al.*, 2005). Este cenário pode ter sido o causador do aumento considerável do número de certificados da série ISO 900 emitidos para a construção civil<sup>19</sup>, buscando a melhoria da qualidade.

Com o objetivo de induzir esta melhoria da qualidade do setor da construção civil nacional, sem diminuir a competição entre as empresas, o Governo Federal propôs no âmbito do PBQP-H<sup>20</sup> um

---

<sup>17</sup> A família de normas ISO-9000 foi elaborada pela organização não-governamental ISO (*International Organization for Standardization*) em 1987. A principal atividade desta organização é desenvolver normas de certificação da conformidade para empresas com ênfase na melhoria da qualidade dos produtos (ISO, 2006).

<sup>18</sup> A primeira versão da série de normas ISO-9000 foi publicada em 1987. Em 1994 ocorreu a primeira revisão geral a fim de melhorar sua interpretação e garantir a inclusão dos aspectos preventivos da garantia da qualidade (MARSHALL *et al.*, 2005). Em 2000 ocorreu uma segunda revisão mais substancial. As principais diferenças entre esta última versão e a mais antiga são que esta nova norma é mais voltada para os processos; inclui um requisito de melhoria contínua; possui um requisito de planejamento da qualidade com a política, os objetivos e as metas quantificáveis da organização; e, é mais focada no cliente (ABNTCB25, 2006).

<sup>19</sup> O total de certificados ISO 9001 emitidos no mundo é de 561.690. Deste total, 13.306 são da América do Sul e 7.714 no Brasil. Do total de certificados emitidos no Brasil, 882 são da indústria da construção civil (ABNTCB25, 2006).

<sup>20</sup> O Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat (PBQP-H) foi iniciado no ano de 1998, tendo sido concebido a partir de um programa nacional mais amplo, o Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade (PBQP) que foi criado em 1991 pelo Governo Federal (SANTOS, 2003).

sistema de avaliação da conformidade de caráter evolutivo. Esta iniciativa foi fortemente baseada no programa QUALIHAB<sup>21</sup>, desenvolvido no estado de São Paulo, que, por sua vez, foi fundamentado e estruturado de forma semelhante ao QUALIBAT<sup>22</sup>, desenvolvido na França (SANTOS, 2003).

O PBQP-H foi iniciado em 1998 com a finalidade de difundir os novos conceitos de qualidade, gestão e organização da produção (PBQP-H, 2006). Inicialmente este programa (PBQP-H) estabeleceu um Sistema de Qualificação de Empresas de Serviços e Obras (SIQ-C), baseado nos requisitos da NBR ISO 9001 (2000). O SIQ-C foi revisado e ampliado em março de 2005, passando-se a se chamar de Sistema de Avaliação da Conformidade de Serviços e Obras – SiAC (PBQP-H, 2006).

O SiAC tem como objetivo “avaliar a conformidade do sistema de gestão da qualidade das empresas de serviços e obras, considerando as características específicas da atuação dessas empresas no setor da construção civil, e baseando-se na série de normas ISO-9000” (PBQP-H, 2006). O SiAC propõe a evolução dos patamares de qualidade do setor em quatro níveis: D (declaração de adesão), C, B e A. O nível A é o patamar mais alto e requer uma auditoria de certificação de sistemas da qualidade semelhante àquela que é exigida pela ISO-9001 (PBQP-H, 2006). Já são quase 3.000 empresas construtoras brasileiras envolvidas com o programa SiQ/SiAC (PBQP-H, 2006). Além disso, mais de 2.000 empresas já foram auditadas por organismos certificadores credenciados<sup>23</sup> (PBQP-H, 2006).

Hino e Melhado (1998) salientam que estes programas visam utilizar o poder de compra do Governo para demandar uma melhor qualidade na produção de empreendimentos da construção. Segundo os mesmos autores, tais iniciativas têm como objetivo induzir à modernização da indústria da construção civil.

## 2.3 CONCEITOS DA QUALIDADE

Considera-se importante conceituar a qualidade no presente trabalho, pois o termo qualidade é bem conhecido e de uso comum (PALADINI, 2004), embora muitas pessoas tenham uma noção intuitiva sobre o tema.

Segundo Paladini (2004) o conceito de qualidade vem sofrendo alterações conceituais ao longo do tempo, tendo ocorrido uma rápida evolução nos últimos anos. Este conceito vem sendo cada vez mais

---

<sup>21</sup> Fundado em 1996, pelo Governo do Estado de São Paulo, o QUALIHAB tem como objetivo otimizar a qualidade das habitações, envolvendo os materiais e componentes empregados, enfocando os projetos e obras realizadas, através da parceria com o meio produtivo, firmando acordos setoriais no Estado de São Paulo (CDHU, 2006).

<sup>22</sup> Programa de certificação francês de caráter evolutivo que abrange o setor de edificações, o qual apresenta 13 requisitos e 4 níveis; iniciando no nível A até o nível D (SANTOS, 2003).

<sup>23</sup> De todas as empresas construtoras qualificadas pelo SiQ/SiAC, 65% delas têm nível A, 22% nível B, 7% nível C e 6% nível D (PBQP-H, 2006).

ampliado, num processo no qual novos aspectos são agregados, mantendo-se os anteriores (PICCHI, 1993). Estas alterações conceituais foram apontadas por diferentes autores em diferentes épocas. A tabela 02 apresenta de forma sucinta alguns destes conceitos.

Tabela 02: conceitos da qualidade segundo diversos autores

Autor	Conceitos da qualidade
Feigenbaum (1961)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- TQC (Total Quality Control);</li> <li>- Qualidade é responsabilidade de todas as áreas da empresa;</li> <li>- Qualidade como uma determinação do consumidor.</li> </ul>
Crosby (1979)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conformidade com os requisitos;</li> <li>- Filosofia “zero defeito” – fazer certo da primeira vez;</li> <li>- Conscientizar as pessoas a fazer melhor tudo aquilo que devem fazer, dessa forma os desperdícios, retrabalhos e reprocessos são eliminados.</li> </ul>
Ishikawa (1986)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Qualidade como a busca contínua das necessidades do consumidor, visando sua satisfação;</li> <li>- CCQ (Círculos do Controle da Qualidade), visando educação, aprendizado e treinamento;</li> <li>- Foco do sistema da qualidade com orientação voltada para o cliente, baseado em uma filosofia de melhoria contínua.</li> </ul>
Deming (1990)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Todos esforços realizados devem visar a satisfação do consumidor e seu foco de atenção com a conformidade dos produtos;</li> <li>- “Pai” do controle da qualidade no Japão;</li> <li>- Programa de melhoria girando em torno do ciclo PDCA.</li> </ul>
Juran (1988)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Qualidade como instrumento de gestão da empresa;</li> <li>- Satisfação do cliente se obtém através do incremento de novas características ou propriedades ao produto ou ainda através de melhorias no projeto os quais, eliminariam as falhas ou deficiências do produto;</li> <li>- Define como “função Qualidade” o conjunto de atividades através das quais se atinge a adequação ao uso, não importando em que parte da organização esta tarefa é executada;</li> <li>- Função Qualidade é organizada através de três atividades: planejamento, controle e aperfeiçoamento (trilogia de Juran).</li> </ul>
Campos (1992)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Qualidade como um produto ou serviço que atende perfeitamente, de forma confiável, acessível, segura e no tempo certo às necessidades do cliente.</li> </ul>
NBR ISO-9000 (ABNT, 2000)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Qualidade é o grau no qual um conjunto de características inerentes satisfaz a requisitos;</li> <li>- O termo qualidade pode ser usado com adjetivos tais como: má, boa ou excelente;</li> <li>- Inerente, ao contrário de atributo, significa a existência de alguma coisa, especialmente como uma característica permanente;</li> <li>- Requisito é a necessidade ou expectativa que é expressa, geralmente de forma implícita ou obrigatória.</li> </ul>
ASQ (2006)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Qualidade é um termo subjetivo que cada pessoa tem sua própria definição;</li> <li>- Tecnicamente pode ter dois significados:               <ol style="list-style-type: none"> <li>(a) As características de um produto ou serviço capazes de satisfazer os requisitos ou atender as necessidades declaradas ou implícitas.</li> <li>(b) Um produto ou serviço livre de defeitos.</li> </ol> </li> </ul>

Apesar das definições dos diferentes autores, a qualidade continua sendo um termo freqüentemente mal entendido (GARVIN, 2002). O mesmo autor comenta que este problema reside no fato de que a qualidade tem sido estudada por diferentes disciplinas, tais como a Filosofia, Economia, Marketing e Gerência de Operações, com base em diferentes pontos de vista. O resultado tem sido uma série de perspectivas que competem entre si, cada uma delas empregando a sua própria terminologia.

Reeves e Bednar (1994) comentam que não existe uma definição global de qualidade e que diferentes definições de qualidade são apropriadas em diferentes circunstâncias. Neste sentido, Garvin (2002) identifica cinco abordagens principais para definição da qualidade: (a) a transcendente, (b) a baseada no produto, (c) a baseada no usuário, (d) a baseada na produção e (e) a baseada no valor.

Quase todas as definições citadas na tabela 02 se enquadram em uma destas categorias. A coexistência destas abordagens diferentes tem diversas implicações importantes (GARVIN, 2002). Os projetistas quase sempre pensam em termos de especificações, seguindo uma abordagem baseada no produto; os engenheiros, por outro lado, são pessoas ligadas mais à produção e sentem-se mais a vontade com a idéia de que a qualidade significa conformidade com as especificações e fazer as coisas corretamente da primeira vez (GARVIN, 2002).

De acordo com a visão transcendente, a qualidade é sinônimo de “excelência inata” (GARVIN, 2002). Às vezes esta abordagem equipara qualidade ao fino artesanato e a uma rejeição da produção em massa, proporcionando pouca visão prática (GARVIN, 2002). Picchi (1993) comenta que esta abordagem tem pouca aplicabilidade no ambiente da produção.

As definições baseadas no produto são bastante diferentes: vêem a qualidade como uma variável precisa e mensurável (GARVIN, 2002), refletida em características tecnológicas dos produtos, podendo ser identificada com características do produto que atendam às necessidades dos usuários (PICCHI, 1993). Segundo Garvin (2002), esta abordagem confere uma dimensão vertical ou hierárquica à qualidade, pois os produtos podem ser classificados de acordo com a qualidade ou atributo desejado por eles possuído. Quanto mais atributos, maior a qualidade e conseqüentemente maior o custo (GARVIN, 2002). Embora esta objetividade seja um ponto positivo, possui suas limitações. Nem sempre existe uma correspondência unívoca entre os atributos do produto e a qualidade, sendo às vezes, produtos de alta qualidade diferentes (GARVIN, 2002). O mesmo autor salienta que esta abordagem deixa a desejar também quanto a qualidade é uma questão de estética, pois não se consegue levar em conta a diferença de gosto.

O enfoque baseado no usuário parte da premissa de que a qualidade “está diante dos olhos de quem observa” (GARVIN, 2002). O mesmo autor admite que cada consumidor tem diferentes desejos ou necessidades. Assim, os produtos que atendem melhor às suas necessidades são considerados como de melhor qualidade (GARVIN, 2002). Um problema básico desta abordagem é que a mesma equipara a qualidade à satisfação máxima (GARVIN, 2002). Embora ambas estejam relacionadas, não podem ser consideradas idênticas.

Enquanto as definições da qualidade baseadas no usuário estão calcadas nas preferências dos consumidores, as definições baseadas na produção relacionam-se às práticas relacionadas com a engenharia e a produção (GARVIN, 2002). Esta abordagem destaca o atendimento às especificações e ao projeto, a ausência de defeitos e a eficiência dos processos (PICCHI, 1993). Assim, a excelência é equiparada ao atendimento das especificações<sup>24</sup> e a fazer certo da primeira vez e, uma vez estabelecido um projeto ou uma especificação, qualquer desvio implica uma queda de qualidade (GARVIN, 2002). O mesmo autor comenta que a melhoria da qualidade leva à redução de custos, pois eliminar defeitos é considerado mais barato que os corrigir ou refazer o trabalho. Desta forma a qualidade é definida de uma maneira que simplifica a engenharia e o controle da produção.

Garvin (2002) comenta algumas deficiências desta abordagem. Uma delas é que seu enfoque é basicamente interno, ou seja, se dá pouca atenção ao elo que os consumidores reconhecem entre a qualidade e as características do produto além da conformidade (GARVIN, 2002). Do lado do projeto, isto conduz a uma ênfase na engenharia da confiabilidade, enquanto que pelo lado da produção tem acarretado uma ênfase no controle estatístico da qualidade (GARVIN, 2002).

As definições baseadas no valor levam esta discussão adiante, considerando a qualidade em termos de custos e preços (GARVIN, 2002). Segundo o mesmo autor, neste enfoque, um produto de qualidade é aquele que oferece um desempenho ou conformidade a um preço aceitável. Apesar de sua importância óbvia, esta abordagem é de difícil aplicação na prática, pois mistura dois conceitos relacionados, mas distintos: excelência e valor (GARVIN, 2002). O resultado é algo híbrido, “excelência que se pode adquirir”, sem limites bem definidos, sendo muitas vezes altamente subjetiva (GARVIN, 2002).

Apesar do potencial de conflito, as empresas podem tirar proveito dessas perspectivas múltiplas (GARVIN, 2002). Como cada abordagem tem pontos previsíveis, as empresas provavelmente terão menos problemas se adotarem orientações múltiplas quanto à qualidade, modificando ativamente estas orientações à medida que os produtos forem passando do projeto para o mercado (GARVIN, 2002). Inicialmente, podem seguir uma orientação baseada no usuário, identificando as características que conferem qualidade por meio de pesquisa de mercado; depois, seguir uma orientação baseada no produto para traduzir as características desejadas em peças, submontagens e especificações; finalmente, uma abordagem na produção pode auxiliar a assegurar que os equipamentos e os métodos de produção ofereçam produtos que atendam as especificações (GARVIN, 2002). Desta forma, as abordagens da qualidade baseadas no usuário, no produto e na produção podem ser combinadas e coordenadas.

---

<sup>24</sup> Nestes termos, uma habitação de alto padrão se bem construída é uma habitação de alta qualidade, assim como uma habitação de baixa renda com ausência de luxo.

Entretanto, mesmo com uma melhor coordenação, todas as principais abordagens da qualidade têm um problema em comum: todas elas são vagas e imprecisas quando se trata de descrever os elementos básicos da qualidade do produto (GARVIN, 2002). Assim, ressalta-se a importância de uma abordagem multidimensional da qualidade no sentido de decifrar melhor a qualidade do produto.

## 2.4 DIMENSÕES DA QUALIDADE

Diversos autores (GARVIN, 1984, 1987, 2002; SOUZA; VOSS, 2000; BARROS NETO, 1999; STONE-ROMERO *et al.*, 1997; PICCHI, 1993) discutem que em várias publicações a qualidade é tratada como um constructo unidimensional e nem sequer evidenciam a dimensão que está sendo analisada. Souza e Voss (2000) salientam ainda a importância de definir as diferentes dimensões da qualidade nos diferentes produtos e indústrias.

Segundo Picchi (1993), na construção de edificações, para avaliar a qualidade é necessário utilizar esta visão multidimensional da qualidade, interpretada como diferentes escalas, uma vez que as dimensões são de natureza diferentes. Pode-se, assim, definir diferentes dimensões da qualidade<sup>25</sup>, agrupadas de diversas maneiras, não havendo consenso entre os autores sobre as mesmas (PICCHI, 1993). Picchi (1993) apresenta as dimensões da qualidade propostas por três autores, comparadas e representadas no Tabela 03.

Tabela 03: dimensões da qualidade de acordo com diferentes autores

JURAN; GRYNA (1991)	GARVIN (1987)	TEBOUL (1991)
Tecnológica	Desempenho, características, conformidade	Desempenho funcional e de uso Proteção e segurança
Relacionada com o tempo	Confiabilidade, durabilidade	Disponibilidade
Psicológica	Estética, qualidade percebida	Algo mais de serviço e auxílio à utilização Algo mais de estima e sedução
Contratual	Atendimento	
Ética		Conformidade às promessas Problemas e perdas a sociedade

Fonte: adaptado de Picchi (1993)

A divisão de Garvin (1987) tem um grau de detalhamento maior e juntas abarcam uma gama maior de conceitos (BARROS NETO, 1999). Segundo Barros Neto (1999), várias dimensões envolvem atributos mensuráveis dos produtos, enquanto outras refletem as preferências pessoais; algumas são objetivas e atemporais, enquanto outras variam de acordo com a moda; algumas são características intrínsecas

<sup>25</sup> Este termo é utilizado por Garvin e Teboul; Juran relaciona as “características” da qualidade; sendo o objetivo o mesmo, ou seja, identificar diferentes escalas de valores (PICCHI, 1993).

dos produtos, ao passo que outras são características atribuídas. A diversidade destes conceitos auxilia na explicação das abordagens da qualidade discutidas anteriormente.

A seguir, são discutidas as dimensões da qualidade propostas por Garvin (1987), relacionando as mesmas com a construção de edificações, conforme proposto por Barros Neto (1999).

O desempenho<sup>26</sup> se refere às características operacionais básicas de um produto (GARVIN, 2002), ou seja, aquelas que todo produto deve possuir para garantir o seu desempenho básico (BARROS NETO, 1999). Segundo o mesmo autor, na construção de edifícios estas características incluem, por exemplo, a segurança estrutural e à proteção contra intempéries. Muitas vezes estas características são determinadas pelas decisões tomadas em projeto (MURTHY; KUMAR, 2000).

Segundo Murthy e Kumar (2000), conquistar atributos de desempenho do produto, com o objetivo de melhorar a confiabilidade e durabilidade do mesmo, necessita de muita atenção não só da análise do projeto como também na análise de testes dos componentes e materiais.

A importância da dimensão de desempenho na indústria tem induzido à realização de inúmeras pesquisas sobre este tema durante os últimos 15 anos (BASSIONI *et al.*, 2004). Os mesmos autores comentam que a revolução nas medições de desempenho tem expandido por várias indústrias, inclusive na indústria da construção civil.

Um exemplo desta expansão são os inúmeros artigos e livros publicados nos anos anteriores ao estudo de Bassioni *et al.* (2004). Já especificamente no ambiente desta pesquisa, a publicação realizada por IPT (1998) sobre critérios mínimos de desempenho para habitações térreas de interesse social. Neste documento, a avaliação do desempenho está centrada em seis exigências: desempenho estrutural, estanqueidade à água, segurança ao fogo, conforto térmico, conforto acústico e durabilidade.

Assim como a dimensão desempenho, a dimensão características<sup>27</sup> combina elementos das abordagens com base no produto e no usuário. Em muitos casos, a linha que separa as características básicas do produto (desempenho) das características secundárias é difícil de traçar (GARVIN, 2002). O mesmo autor cita que as características são os adereços dos produtos, ou seja, aquelas características secundárias que suplementam o funcionamento básico do produto. Segundo Barros Neto (1999), esta categoria é complementar a anterior, pois enquanto aquela garante o desempenho mínimo do produto, esta é caracterizada pela busca de outros atributos que são valorizados pelos clientes.

---

<sup>26</sup> Do inglês "performance" (GARVIN, 1987).

<sup>27</sup> Do inglês "features" (GARVIN, 1987).

A confiabilidade<sup>28</sup> reflete a probabilidade de mau funcionamento de um produto ou de ele falhar num determinado período (GARVIN, 1987). O mesmo autor exemplifica esta dimensão se referindo aos fazendeiros, que são sensíveis às paradas de trabalho nas épocas de colheita, quando é curto o tempo disponível de trabalho. Para estes, equipamentos confiáveis podem representar a diferença entre um bom ano do ponto de vista financeiro e safras prejudicadas (GARVIN, 2002).

Conformidade<sup>29</sup> é o grau em que o projeto e as características operacionais de um produto estão de acordo com padrões pré-estabelecidos (GARVIN, 1987). Esta dimensão está ligada ao cumprimento de normas e especificações (BARROS NETO, 1999) e, tanto a confiabilidade quanto a conformidade, estão intimamente associadas à abordagem da qualidade baseada na produção (GARVIN, 2002).

A durabilidade<sup>30</sup> é uma medida da vida útil do produto, possuindo dimensões econômicas e técnicas (GARVIN, 1987). O mesmo autor afirma que, tecnicamente, pode-se definir durabilidade como o uso proporcionado por um produto até ele se deteriorar fisicamente. No ambiente construído, segundo John *et al.* (2002), a durabilidade é a capacidade do edifício e suas partes manterem ao longo do tempo o desempenho, quando expostas às condições normais de uso. Os mesmos autores comentam que a durabilidade não é uma propriedade inerente de um material ou componente, mas depende do meio onde os mesmos estão inseridos e das condições de uso.

A durabilidade é mais difícil de se interpretar quando é possível fazer reparos. Neste caso, o conceito assume mais uma dimensão, pois a vida útil do produto oscilará com a mudança dos gastos e das condições econômicas (GARVIN, 2002). Assim, segundo o mesmo autor, a durabilidade passa a ser o uso que se consegue de um produto antes de ele quebrar e a substituição ser considerada preferível aos constantes reparos.

Observa-se que estas últimas três dimensões, a confiabilidade, a conformidade e a durabilidade, estão intimamente associadas (GARVIN, 2002), pois a utilização de materiais e componentes confiáveis juntamente com a execução da obra de acordo com padrões pré-estabelecidos através de normas técnicas, tende a resultar em uma edificação mais durável, desde que seja realizada uma manutenção adequada (BARROS NETO, 1999).

Os consumidores não se preocupam apenas com a possibilidade de um produto estragar, mas também com o tempo que devem esperar até que as condições normais sejam restabelecidas, a pontualidade

---

<sup>28</sup> Do inglês "reliability" (GARVIN, 1987). As dimensões de confiabilidade e conformidade serão discutidas no próximo item, pois o trabalho está focado e estruturado nestas dimensões.

<sup>29</sup> Do inglês "conformance" (GARVIN, 1987).

<sup>30</sup> Do inglês "durability" (GARVIN, 1987).

do atendimento às chamadas e seu relacionamento com o pessoal de atendimento (GARVIN, 2002). A rapidez para resolver estes problemas, a cortesia e a facilidade de reparo estão relacionadas à dimensão da qualidade de atendimento<sup>31</sup> (GARVIN, 2002). Segundo Côrrea e Giansi (1996) *apud* Barros Neto (1999), em algumas situações, os produtos de empresas concorrentes são muito semelhantes nos seus preços, prazos e desempenho, sendo o contato com o cliente e o seu tratamento o diferencial entre uma empresa e outra.

As últimas duas dimensões da qualidade propostas por Garvin (2002) – estética e qualidade percebida - estão intimamente relacionadas com a abordagem da qualidade baseada no usuário. Estas dimensões são mais subjetivas (GARVIN, 2002), pois estão ligadas diretamente às percepções dos clientes (BARROS NETO, 1999).

A estética<sup>32</sup> está relacionada com a aparência de um produto, o que se sente com ele, qual o seu som, sabor ou cheiro (GARVIN, 1987). Segundo o mesmo autor, a estética é uma questão de julgamento pessoal, refletindo das preferências individuais. Nesta dimensão são valorizadas as partes aparentes da edificação, devendo ser consideradas tanto a edificação como um todo como também a unidade habitacional (BARROS NETO, 1999).

Finalmente, a dimensão qualidade percebida<sup>33</sup> pelo cliente está muito ligada a reputação da empresa (GARVIN, 2002). Segundo Barros Neto (1999), a imagem do produto tende a refletir a imagem da empresa construtora, ou seja, uma empresa com renome no mercado transmite confiabilidade e segurança aos seus clientes, sendo este reflexo de diferentes aspectos como o padrão de construção, a postura perante os clientes, a transparência dos procedimentos, a honestidade nas relações e a sua saúde financeira. O mesmo autor comenta que esta imagem é construída ao longo dos anos e pode-se perdê-la, se não cultivada.

Segundo Garvin (2002), uma empresa que opte por competir em qualidade pode fazê-lo de diversas maneiras e não precisa atender às oito dimensões ao mesmo tempo. O mesmo autor comenta que de fato isto raramente é possível. Assim, em alguns casos, um produto ou serviço só pode ser melhorado em uma dimensão da qualidade se piorar em outra. Como demonstram experiências da Yamaha e de outros fabricantes japoneses, a superioridade em uma ou duas dimensões da qualidade –

---

<sup>31</sup> Do inglês “serviceability” (GARVIN, 1987). Esta tradução é diferente da utilizada por Barros Neto (1999), que traduz este termo como serviços associados. Optou-se em utilizar a tradução de Garvin (2002) para o presente trabalho.

<sup>32</sup> Do inglês “aesthetics” (GARVIN, 1987).

<sup>33</sup> Do inglês “perceived quality” (GARVIN, 1987).

especialmente a confiabilidade e a conformidade, que ficaram cada vez mais importantes para os consumidores – muitas vezes basta para se ganhar uma posição dominante (GARVIN, 2002).

Saber as dimensões da qualidade que são mais importantes para ganhar mercado é uma tarefa difícil, pois muitas vezes a qualidade é um constructo nebuloso dentro das empresas (GARVIN, 1987). Assim, os gerentes devem possuir um entendimento da qualidade com relação às dimensões importantes para seus clientes (STONE- ROMERO *et al.*, 1997). Os mesmos autores comentam que alguns produtos como, por exemplo, ferramentas pesadas, as dimensões de confiabilidade e durabilidade são mais importantes do que a estética do produto; para outras, como automóveis, a estética, a durabilidade e a confiabilidade são importantes, ao contrário de produtos como jóias, para os quais a estética é mais importante do que a confiabilidade e a durabilidade.

Entretanto, as dimensões da qualidade não são rígidas nem únicas (GARVIN, 2002). Segundo o mesmo autor, as dimensões da qualidade podem ter diferentes significados em diferentes circunstâncias. Por exemplo, a dimensão de “distinção”, proposta por Stone-Romero (1987), está relacionada ao caráter de raridade de produtos luxuosos que, na maioria das vezes, são caros: o melhor produto que o dinheiro pode pagar<sup>34</sup> (STONE- ROMERO *et al.*, 1997).

## 2.5 CONFORMIDADE E CONFIABILIDADE

### 2.5.1 Conformidade

O conceito de conformidade se confunde com o próprio conceito de qualidade, podendo ser considerada como um dos conceitos mais tradicionais da qualidade (BARROS NETO, 1999). Esta dimensão aparece nos conceitos sobre qualidade desde a sua origem (PICCHI, 1993).

Segundo Crosby (1999), a qualidade é a “conformidade com requisitos”. Assim, a não-conformidade é considerada a ausência de qualidade (CROSBY, 1999). O mesmo autor cita um exemplo deste conceito como sendo:

Se um Cadillac satisfaz todos os requisitos de um Cadillac, ele será um carro de qualidade. Se um Fusca está de acordo com o seu modelo-padrão, ele é um carro de qualidade. O luxo, ou sua ausência se expressa em requisitos específicos, como o carpete ou tapete de borracha.

A partir deste ponto de vista, é possível questionar se os produtos deveriam ser construídos exatamente de acordo com os requisitos ou se os requisitos também não deveriam ser mudados

---

<sup>34</sup> Traduzido do inglês “best that money can buy” (LYNN, 1992 *apud* STONE- ROMERO *et al.*, 1997).

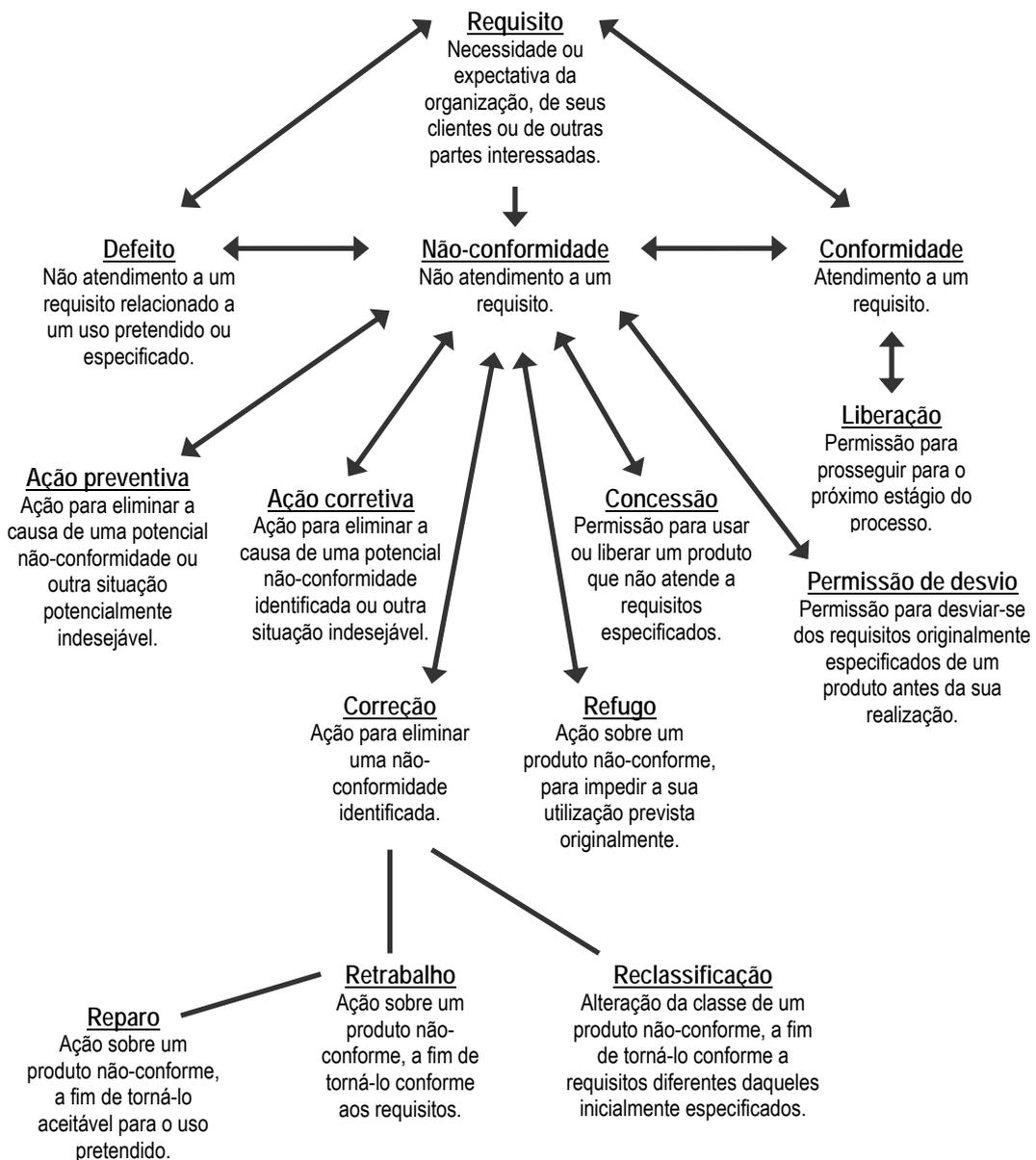
(GARVIN, 2002). Sendo os requisitos, segundo a NBR ISO 9000 (ABNT, 2000), as necessidades ou expectativas da organização, do cliente ou de outras partes interessadas.

Em se tratando da dimensão conformidade, propriamente dita, Garvin (1987) a define como “o grau em que o projeto e as características operacionais de um produto está de acordo com padrões pré-estabelecidos”. Ao se analisar na prática o conceito de conformidade, a definição de Crosby (1999) é virtualmente idêntica às abordagens baseadas em atender às especificações (GARVIN, 2002).

Segundo Garvin (2002), todos os produtos e serviços se envolvem com algum tipo de especificação. Neste sentido, a ASQ (2006) define a conformidade como uma indicação ou julgamento afirmativo de um produto ou serviço que atenda as exigências das especificações, contratos ou normas relevantes. Esta definição é análoga à observação de Barros Neto (1999), na qual a conformidade está associada ao cumprimento de normas e especificações.

Esta definição de conformidade vem sendo utilizada pelo Inmetro (Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial). Para o Inmetro a avaliação da conformidade “é um processo sistemático, com regras pré-estabelecidas, devidamente acompanhado e avaliado, de forma a propiciar adequado grau de confiança de que um produto, processo ou serviço, ou ainda um profissional, atende a requisitos pré-estabelecidos por normas ou regulamentos, com o menor custo possível para a sociedade” (INMETRO, 2006).

A NBR ISO 9000 (ABNT, 2000) também utiliza o conceito de conformidade para definir mecanismos de avaliação da qualidade. Para esta norma a conformidade é o “atendimento a um requisito” (ABNT, 2000). A Figura 01 ilustra os conceitos relacionados à conformidade, segundo a NBR ISO 9000 (ABNT, 2000).



Fonte: adaptado da NBR ISO 9000 (ABNT, 2000)

Figura 01: conceitos relacionados com a conformidade

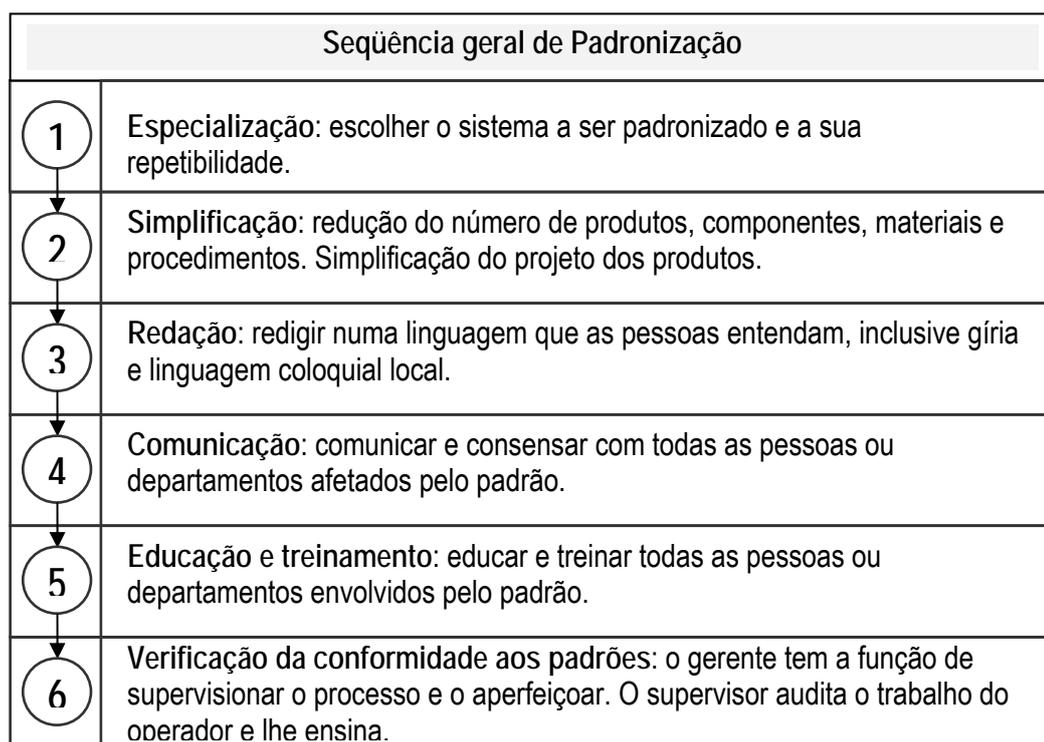
Observa-se que a maioria dos conceitos relacionados com o conceito de conformidade, adotado na NBR ISO 9000 (ABNT, 2000), convergem em ações para eliminar as não-conformidades.

De acordo com Murthy e Kumar (2000), estas ações são determinadas no processo de produção, ou seja, as tecnologias e os planos de controle utilizados pelo produtor. Em se tratando de controlar a conformidade do produto, Juran (1988) argumenta que não existe controle sem padronização.

Segundo Santos *et al.* (2002), também não existe como saber se uma atividade é executada corretamente ou não sem a utilização de padrões. Imai (1997) *apud* Santos *et al.* (2002)<sup>35</sup> comenta ainda que manter os padrões é um dever primário da gerência.

Segundo Jis (1987) *apud* Campos (2004)<sup>36</sup>, a padronização é uma atividade sistemática de estabelecer e utilizar padrões<sup>37</sup>. Salieta-se que o termo que melhor define a padronização é “padrão” ao invés de “norma”, pois, pela sua origem etimológica, a palavra “norma” implica em obrigatoriedade (CAMPOS, 2004). Entretanto, segundo o mesmo autor, é evidente que os padrões estabelecidos pelas empresas devem obedecer às normas vigentes.

Neste contexto, considera-se a padronização uma ferramenta gerencial fundamental para se adquirir a conformidade da produção, já que as definições de conformidade condizem ao atendimento dos padrões pré-estabelecidos. Segundo Campos (2004), através da padronização se consegue fazer com que as pessoas façam aquilo que precisa ser feito sempre da mesma maneira. Segundo o mesmo autor, a seqüência geral da padronização consiste em seis etapas, as quais são apresentadas na figura 02.



Fonte: adaptado de Campos (2004).

Figura 02: seqüência geral da padronização

<sup>35</sup> IMAI, M. *Gemba Kaizen: a Commonsense, Low-Cost, Approach to Management*. McGraw-Hill, New York, NY. 1997.

<sup>36</sup> JIS HANDBOOK, *Quality Control*. Japanese Standarts Association. 1987.

<sup>37</sup> Segundo Jis (1987) *apud* Campos (2004), padrão é um método ou objeto para exprimir a magnitude da quantidade, usado como referência para permitir universalidade à medida.

Através da figura 02, observa-se que tanto a verificação da conformidade aos padrões como também as atividades anteriores a este, são importantes para padronização. Além disso, segundo Santos *et al.* (2002), a padronização deve ser considerada como um processo contínuo que não termina quando um documento é produzido. Segundo os mesmos autores, o padrão deve ser continuamente revisto, melhorado e disseminado.

Durante a verificação da conformidade – etapa 6 da figura 02 - as atividades de inspecionar e testar são fundamentais para o atendimento dos padrões pré-estabelecidos. Na construção civil, segundo a NCMA (2005), a inspeção é necessária para garantir que a edificação esteja sendo executada de acordo com os projetos e os testes são necessários para verificar se os materiais utilizados estão de acordo com as normas vigentes.

Entretanto, segundo Barros Neto (1999), o controle da conformidade ainda é incipiente na construção civil. Além disso, os procedimentos que orientam este trabalho de controle ainda têm falhas e a liberação das etapas da construção ocorre muitas vezes de acordo com a percepção dos profissionais envolvidos (BARROS NETO, 1999).

A partir desta discussão, adotou-se neste trabalho a definição de Garvin (1987) segundo a qual “a conformidade é o grau em que o projeto e as características operacionais de um produto estão de acordo com padrões pré-estabelecidos”. Considera-se ainda que as técnicas utilizadas na construção dos edifícios correspondem ao projeto e às características operacionais; o produto é a alvenaria estrutural; e os padrões pré-estabelecidos são as normas e recomendações técnicas, discutidas no capítulo 3.

## 2.5.2 Confiabilidade

Segundo Juran (1988) a definição clássica de confiabilidade é “a probabilidade de um produto desempenhar sem falhas uma função específica sob certas circunstâncias por um específico período de tempo (AGREE, 1957)<sup>38</sup>”. Esta definição é aceita por diversos autores, tais como Juran<sup>39</sup> (1974, 1988), Garvin (1987), IEEE<sup>40</sup> (1990), Stone-Romero *et al.* (1997), Wu *et al.* (2006) e ASQ (2006). Embora haja pequenas modificações nas definições adotadas por estes autores, todas convergem para o mesmo conceito.

---

<sup>38</sup> “Advisory Group on Reliability of Electronic Equipment (AGREE). Reliability of Military Electronic Equipment. Office of the Assistant Secretary of Defense (R&D). June, 1957”. Citado por Juran (1988).

<sup>39</sup> Em 1974 Juran publicou a terceira edição do livro “Juran’s Quality Handbook”. Deste livro deriva a quarta edição de 1988 e a quinta edição de 1998. A definição de confiabilidade de Garvin (2002) se baseia na terceira edição desta obra.

<sup>40</sup> IEEE Standards Computer Dictionary: A Compilation of IEEE Standards Computer Glossaries. Institute of Electric and Electronics Engineers. New York, 1990. Citado por Wu *et al.* (2006).

Entretanto, do ponto de vista da percepção da qualidade do produto pelo usuário, a dimensão de confiabilidade<sup>41</sup> está ligada com as crenças individuais sobre o número e tipos de defeitos de um produto (STONE-ROMERO *et al.*, 1997). Segundo os mesmos autores, a confiabilidade por si só não garante a qualidade, pois se deve considerar a percepção do cliente sobre os defeitos.

Uma das estratégias mais usadas nas organizações para melhorar a qualidade é a prevenção de defeitos (LEONARD; SASSER, 1983 *apud* STONE-ROMERO *et al.*, 1997). A proposta desta estratégia consiste em produzir produtos conforme os padrões de forma, tamanho, peso, resistência, pureza e assim por diante (CROSBY, 1999). Neste sentido, a confiabilidade se confunde com a conformidade, pois as definições de defeito estão relacionadas com a não-conformidade. Por exemplo, segundo a ASQ (2006), um defeito é o não cumprimento das especificações de um produto ou serviço. Juran (1988) define defeito também nestes termos, ou seja, a não-conformidade com as especificações.

No presente trabalho, é adotada a definição de defeito utilizada *Ministerio de Vivienda y Urbanismo* do Chile em seu estudo sobre patologias nas habitações (CHILE, 2004), que é fortemente baseada nas definições de Juran (1988) e da ASQ (2006), mas relacionada com a indústria da construção civil. Assim, define-se defeito como a falta de um padrão estabelecido que afeta um componente ou uma parte da edificação, prejudicando assim a sua qualidade (CHILE, 2004).

Na construção de edifícios, considera-se que a confiabilidade está diretamente relacionada à aparição de manifestações patológicas<sup>42</sup>, que pode ser considerada como um defeito do produto acabado. Entretanto, estes defeitos podem afetar o desempenho da edificação ou terem somente um impacto estético. A confiabilidade, neste caso, se difere da conformidade, pois está ligada ao tempo que a edificação começa a apresentar estas manifestações patológicas (BARROS NETO, 1999).

Neste contexto, Wu *et al.* (2006) consideram que a confiabilidade está associada com cada etapa do ciclo de vida de um subsistema da construção, sejam eles mecânicos, elétricos, de segurança ou de informação. Segundo Mishra *et al.* (2002), o objetivo de analisar a confiabilidade durante o ciclo de vida de um produto é também dar suporte para as decisões de operação e manutenção. Os mesmos autores comentam que esta análise é fundamental em produtos como semicondutores, por exemplo.

---

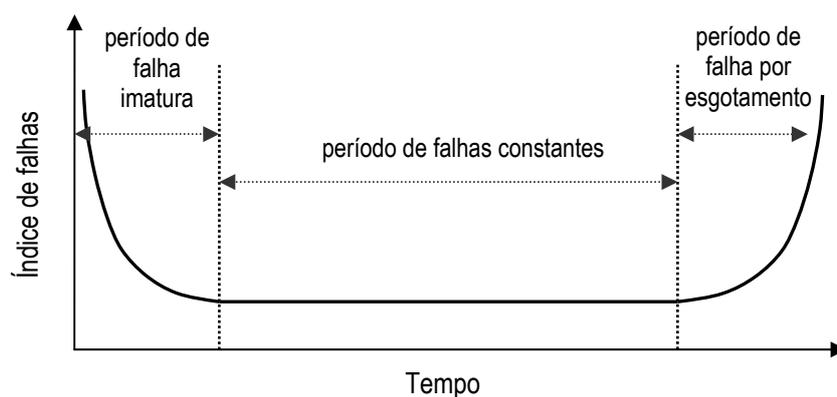
<sup>41</sup> Stone-Romero *et al.* (1997) se utilizam do termo em inglês “flawlessness” ao se referirem à confiabilidade. Já que “Flaw” significa falha, defeito e “flawless” significa sem falhas, sem defeitos, ou impecável (PARKER & STAHEL, 1998), traduz-se o termo utilizado por Stone-Romero *et al.* (1997) como impecabilidade.

<sup>42</sup> Segundo Lichtenstein (1985), patologia é a ciência que estuda as origens, causas, mecanismos de ocorrência, manifestações e conseqüências das situações em que os edifícios, ou suas partes, não apresentem um desempenho mínimo pré-estabelecido. Considera-se que as manifestações patológicas são a deteriorização ou o defeito recorrente, típico e caracterizável, que afeta a edificação, componente ou parte dela (CHILE, 2004).

Evans *et al.* (1998) *apud* Wu *et al.* (2006)<sup>43</sup> dividem o ciclo de vida de um subsistema da construção em três etapas: (a) projeto e construção, (b) operação e uso, e (c) demolição e reciclagem. Todas as atividades envolvidas nas duas primeiras etapas são importantes para garantir a confiabilidade de um subsistema da construção (WU *et al.*, 2006). Por exemplo, um subsistema mal projetado pode resultar numa série de defeitos incorrigíveis na etapa de uso, havendo muitas vezes a necessidade de projetá-lo novamente (WU *et al.*, 2006).

Segundo Wu *et al.* (2006), mensurar a distribuição dos padrões de falhas através de índices de falhas é necessário para obter informações que possam melhorar a confiabilidade e reduzir a parcela de manutenção ou recuperação. Segundo Juran (1988), quando os índices de falhas são monitorados ao longo do tempo resultam normalmente numa curva, chamada de “curva da banheira”, representada na figura 03. Esta curva apresenta três períodos distintos (JURAN, 1988):

- Período de falha imatura (*infant mortality failure period* ou *early failure*): caracterizado por erros graves de projeto ou de fabricação. Embora alguns produtos frágeis falhem neste período, estes devem ser testados antes de serem usados.
- Período de falhas constantes (*random failure period*): neste período as falhas são resultantes de limitações inerentes ao projeto mais acidentes causados pelo uso ou falta de manutenção. Embora os produtos podem ser mantidos por um bom programa de manutenção, uma redução significativa nos índices de falhas pode ser atingida principalmente através de um novo projeto.
- Período de falha por esgotamento (*wear-out period*): estas falhas ocorrem em idades avançadas, sendo que a redução dos índices de falhas neste período requer a substituição de componentes deteriorados antes deles resultarem em uma falha catastrófica.



Fonte: adaptado de WU *et al.* (2006)

Figura 03: relação entre o índice de falhas e o tempo – curva da banheira

<sup>43</sup> Evans, R. *et al.* The Long-Term Costs of Owning and Using Buildings. The Royal Academy of Engineering. London, 1998.

Segundo Wu *et al.* (2006), diferentes tipos de falhas podem ocorrer nos três períodos. Os mesmos autores comentam que na perspectiva da satisfação dos clientes as falhas no primeiro período não são aceitas na maioria dos casos. Estas falhas podem ocorrer devido a deficiências de projeto ou pelo baixo controle de qualidade da produção (WU *et al.*, 2006).

Outras pesquisas abordam principalmente o desenvolvimento de ferramentas e métodos probabilísticos para avaliar a confiabilidade das estruturas das edificações (SIGNOR, 2005). Segundo Neves *et al.* (2004), os estudos de análise da confiabilidade estrutural modelam as incertezas e flutuações nas variáveis dos sistemas estruturais com o objetivo de determinar uma probabilidade de ocorrência de um cenário de falha qualquer.

Segundo Signor (2005), já foram desenvolvidos inúmeros estudos voltados à confiabilidade das estruturas de concreto armado. Entretanto, poucos estudos abordam a confiabilidade estrutural da alvenaria, sendo o estudo de Signor (2005) um deles. Porém, os estudos realizados são voltados para o cálculo das probabilidades<sup>44</sup> de ruína dos edifícios e a sua utilização como critério de aceitação das estruturas (SIGNOR, 2005). Ou seja, os mesmos analisam a probabilidade de ruína das estruturas, analisando o período de falha por esgotamento do produto, que, no caso das habitações, é o colapso da estrutura.

No presente trabalho, adotou-se a definição de confiabilidade como a probabilidade do produto apresentar manifestações patológicas durante um determinado período de tempo.

---

<sup>44</sup> Segundo Neves *et al.* (2004), os métodos de confiabilidade são aplicados em sistemas estruturais desde quando Alfred M. Freudenthal publicou seu primeiro trabalho com conceitos de confiabilidade à segurança das estruturas em 1947. Os estudos desenvolvidos por este autor inicialmente expõem as bases do dimensionamento pelo critério semiprobabilístico (SIGNOR, 2005). Segundo Signor (2005), atualmente pondera-se que, embora o método semiprobabilístico ainda predomine devido ao fato de ser uma técnica já amadurecida e de fácil execução, já existem aberturas para se projetar utilizando critérios puramente probabilísticos nas normas ISO-2394 e também na proposta do "Eurocode" EN1990. Os métodos probabilísticos, no entanto, ainda não estão plenamente desenvolvidos, havendo diversos fatores que devem ser estudados devido à falta de dados disponíveis para alguns tipos de solicitações, materiais e modelos de cálculo (SIGNOR, 2005).

---

### PROCESSO CONSTRUTIVO DE ALVENARIA ESTRUTURAL

O presente capítulo apresenta um conjunto de recomendações técnicas sobre alvenaria estrutural, as quais podem contribuir para aumentar a confiabilidade dos empreendimentos habitacionais de baixa renda, construídos com esta tecnologia, e que podem servir de referência para o estabelecimento dos padrões necessários para a obtenção da conformidade com as especificações.

Primeiramente é apresentado um histórico da evolução da alvenaria estrutural, seguido das recomendações técnicas propriamente ditas. Por fim, são discutidas as principais manifestações patológicas de alvenaria estrutural.

#### 3.1 HISTÓRICO E EVOLUÇÃO DA ALVENARIA ESTRUTURAL

Segundo Hendry (2002), a alvenaria estrutural passou a ser tratada como uma tecnologia de construção civil por volta do século XVII quando os princípios de estatística foram aplicados para a investigação da estabilidade de arcos e domos. Embora no período entre os séculos 19 e 20 tivessem sido realizados testes de resistência dos elementos da alvenaria estrutural em vários países, ainda se elaborava o projeto de alvenaria estrutural de acordo com métodos empíricos de cálculo, apresentando, assim, grandes limitações (HENDRY, 2002).

Nesta época (entre os séculos 19 e 20), edifícios em alvenaria estrutural foram construídos com espessuras excessivas de paredes (HENDRY, 2002), como por exemplo o edifício Monadnock<sup>45</sup> em Chicago, que se tornou um símbolo da moderna alvenaria estrutural, mesmo com suas paredes da base de 1,80m (RAMALHO; CORRÊA, 2003). Entretanto, a perda de espaço e baixa velocidade de construção evidenciam a baixa aceitação de edifícios altos em alvenaria portante na época frente à

---

<sup>45</sup> Este edifício foi considerado na época como limite dimensional máximo para estruturas de alvenaria calculadas pelos métodos empíricos (ABCI, 1990). Acredita-se que se este edifício fosse dimensionado pelos procedimentos utilizados atualmente, com os mesmos materiais, esta espessura seria inferior a 30cm (RAMALHO e CORRÊA, 2003).

emergente alternativa de estruturas de concreto armado (HENDRY, 2002). Assim, os edifícios em alvenaria estrutural tiveram pouca aplicação durante um período de 50 anos (HENDRY, 2002).

Somente na década de 50 houve novamente um aumento no interesse pela construção de edifícios em alvenaria estrutural (HENDRY, 2002), pois a segunda guerra mundial (1939 – 1945) causou uma escassez dos materiais de construção na Europa, principalmente do aço. Assim, nesta época foram construídos alguns edifícios em alvenarias estruturais, principalmente na Suíça, pela inexistência de indústrias de aço na região (HENDRY, 2002). Segundo Ramalho e Corrêa (2003), um edifício construído em 1950 na Basileia, Suíça, com 13 pavimentos foi um marco importante na história da alvenaria estrutural, pois suas paredes internas foram reduzidas à espessura de 15cm e as paredes externas a 37,5cm de espessura.

Nas décadas seguintes (60 e 70) o interesse pela alvenaria estrutural avançou para outros países da Europa, como, por exemplo, a Inglaterra, onde foram construídos diversos edifícios em alvenaria estrutural promovidos principalmente por programas públicos (HENDRY, 2002).

No Brasil, a alvenaria estrutural é utilizada desde o início do século XVII. Entretanto, a alvenaria estrutural com blocos estruturais, encarada como um processo construtivo voltado para a obtenção de edifícios mais econômicos e racionais, demorou muito a encontrar seu espaço (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

A partir da década de 70 no Brasil, a alvenaria estrutural passou a ser tratada como uma tecnologia de engenharia, através do projeto estrutural baseado em princípios validados cientificamente (RAMALHO; CORRÊA, 2003) e da execução com critérios mais bem definidos. Segundo os mesmos autores, apesar de sua chegada tardia, o processo construtivo de alvenaria estrutural acabou se firmando como uma alternativa eficiente e econômica para a execução de edifícios residenciais e também industriais. Após anos de adaptação e desenvolvimento no país, esta tecnologia construtiva foi consolidada na década de 80, através da normalização oficial consistente e razoavelmente ampla (SABATTINI, 2003).

Um exemplo da aplicação intensa da alvenaria estrutural no Brasil são os empreendimentos habitacionais de baixa renda, foco desta pesquisa, que vem sendo desenvolvidos no Brasil em grande escala. Somente no estado do Rio Grande do Sul, segundo um levantamento de um técnico da Gerência de Desenvolvimento Urbano (GIDUR) da CAIXA/RS, o processo construtivo de alvenaria estrutural foi utilizado em 76% destes empreendimentos concluídos no estado (tabela 04). Até a data deste levantamento, todos os empreendimentos em execução se utilizavam deste processo construtivo.

Tabela 04: empreendimentos concluídos no estado do Rio Grande do Sul do programa PAR e IP e seus processos construtivos

Processo construtivo	Casas térreas	Sobrados de 2 pav.	Edifícios de 3 a 5 pav.	Total
Estrutura de concreto armado com vedação em alvenaria	0	1	1	2
Alvenaria estrutural com uso de blocos cerâmicos	1	8	46	55
Alvenaria estrutural com uso de blocos de concreto	2	1	8	11
Alvenaria portante com uso de tijolos maciços	5	7	6	18

Fonte: CAIXA/RS (26/05/2006).

## 3.2 RECOMENDAÇÕES TÉCNICAS DE ALVENARIA ESTRUTURAL

A técnica construtiva de alvenaria estrutural pode ser amplamente empregada para edificações com diferentes usos. Como o presente trabalho está focado em empreendimentos dos programas PAR e IP, as recomendações apresentadas limitam-se às tipologias de edificações adotadas nos mesmos, embora algumas das recomendações técnicas possam ser aplicáveis a outros tipos de edificações.

### 3.2.1 Recomendações técnicas para projetos de edifícios em alvenaria estrutural

Alguns conceitos adotados em projeto são fundamentais para o desempenho adequado da alvenaria estrutural, sendo a coordenação modular um destes. A coordenação modular cumpre um importante papel na obtenção da qualidade da alvenaria estrutural.

Entende-se por coordenação modular<sup>46</sup> “um sistema dimensional de referência que, a partir de medidas com base num módulo de referência predeterminado, compatibiliza e organiza tanto a aplicação racional de técnicas construtivas, como o uso de elementos em projeto e obra, sem sofrer modificações” (LUCINI, 2001).

No Brasil, segundo Zechmeister (2005), a coordenação modular é muitas vezes simplificada pela coordenação dimensional, também chamada de modulação. Segundo a mesma autora, a modulação da alvenaria tem como base as dimensões das unidades da alvenaria. Segundo Roman *et al.* (1999),

<sup>46</sup> A NBR 5706 (ABNT, 1982) cita que “a coordenação modular é a técnica que permite relacionar as medidas de projeto por meio de um reticulado espacial modular de referência”. Em se tratando de alvenaria estrutural, a NBR 5718 (ABNT, 1982) define a alvenaria modular como a alvenaria projetada e executada de acordo com o reticulado modular de referência, conceito fundamental para obras que se utilizem deste processo construtivo.

a modulação é um dos fundamentos do projeto arquitetônico em alvenaria estrutural. “O arquiteto deve trabalhar desde os primeiros traços sobre uma malha modular” (ROMAN *et al.*, 1999).

O módulo de referência está relacionado com a unidade (bloco) a ser utilizada na construção da edificação. Uma unidade será sempre definida por três dimensões padrões – comprimento, largura e altura. O comprimento e a largura definem o módulo horizontal (ou módulo em planta), enquanto a altura define o módulo vertical a ser adotado nas elevações das paredes<sup>47</sup> (RAMALHO; CORRÊA, 2003). Para se racionalizar o projeto, segundo os mesmos autores, é importante que o comprimento e a largura sejam iguais ou múltiplos, de maneira que efetivamente se possa ter um único módulo em planta, simplificando a amarração das paredes.

A coordenação modular deve ser estendida à maioria dos projetos da edificação. Estes devem ser integrados entre si (DUARTE, 1999).

Além da importância da aplicação dos conceitos de coordenação modular, outras recomendações técnicas também são importantes para garantir o desempenho adequado da alvenaria estrutural. Tais como: as amarrações das paredes, as juntas de controle e de movimentação, as juntas de assentamento, as vergas e contra-vergas, as cintas de respaldo, dentre outras. A seguir são descritas as principais destas recomendações.

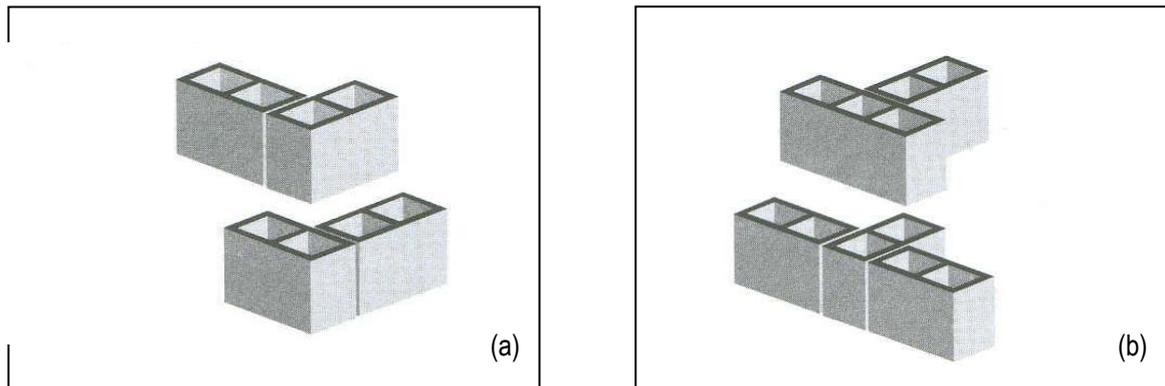
### 3.2.1.1 Amarração das paredes

A modulação da alvenaria exige o estudo paralelo da forma de amarração das unidades de alvenaria, nas interseções de paredes (CAVALHEIRO, 1998). Assim, deve constar no projeto de execução o tipo de amarração das paredes a serem utilizadas.

A união das paredes estruturais deve ser realizada preferencialmente por interpenetração (SABBATINI, 2003) com os blocos contra-fiados. A figura 04 apresenta dois tipos desta amarração, “L” e “T”, com blocos de largura e comprimento de iguais unidades base de modulação.

---

<sup>47</sup> As elevações das paredes fazem parte dos “projetos de execução” para as obras em alvenaria estrutural, os quais acompanham tanto as plantas das primeiras e da segunda fiadas de blocos como a planta de elevações das paredes (CAVALHEIRO, 1998).



Fonte: Adaptado de Ramalho e Corrêa (2003).

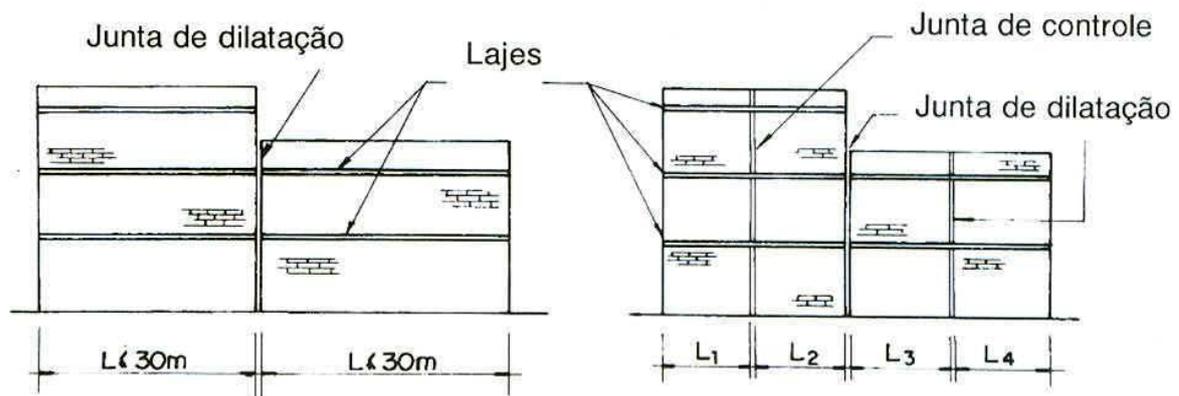
Figura 04: exemplos de amarração por interpenetração - (a) tipo “L” e (b) tipo “T”

Caso este tipo de união não seja possível, admite-se a união por reforço metálico, desde que seja eficiente para evitar fissuras e permita a distribuição de esforços entre as paredes (SABBATINI, 2003). Segundo o mesmo autor, para estas uniões são possíveis duas soluções: telas de aço galvanizadas eletrosoldadas ou estiradas, posicionada nas juntas de argamassa, ou grampos metálicos em “U” imersos em pilaretes totalmente grauteados, obtidos pelo preenchimento completo dos vazios contíguos.

### 3.2.1.2 Juntas de controle ou de movimentação

Segundo Duarte (1999), nos edifícios com estrutura aporticada de concreto armado o uso de juntas de dilatação é usual, mas o mesmo não ocorre com as juntas de controle, recomendadas em edifícios de alvenaria estrutural. As juntas de controle ou de movimentação se diferem das juntas de dilatação, pois são verticais e existentes somente nas paredes de alvenaria, não necessitando interromper lajes ou vigas sobre as quais as paredes estão construídas (DUARTE, 1999).

Segundo Vilató e Franco (1998), as juntas de controle têm por função limitar as dimensões dos painéis de alvenaria com o objetivo de eliminar elevadas concentrações de tensões devido às deformações intrínsecas do mesmo. A figura 05 apresenta de maneira esquemática as juntas de dilatação e de controle, evidenciando suas principais diferenças.



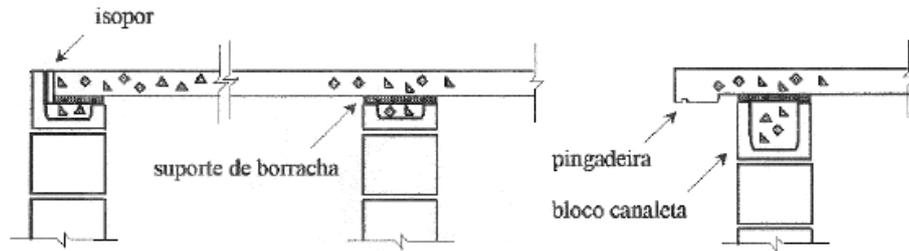
Fonte: Duarte (1999).

Figura 05: representação esquemática da diferença entre juntas de dilatação e juntas de controle

As distâncias máximas (representadas na figura 05 como L1, L2, L3 e L4) são variáveis nas juntas de controle em função da altura das paredes e dos tipos de unidades utilizados (DUARTE, 1999).

Segundo o mesmo autor, as juntas de controle ou movimentação podem ser classificadas de três tipos:

- a) Juntas de contração ou retração: são juntas utilizadas na alvenaria para acomodar movimentos devido à retração das paredes. As juntas podem ser construídas com argamassa fraca, de baixo módulo de elasticidade, pois a maior parcela da movimentação ocorre logo após o assentamento dos blocos devido à perda de umidade. Todavia, para dar estanqueidade às juntas, deve-se considerar que uma parcela substancial da retração também se estende ao longo do tempo, acrescida pelas movimentações causadas pelas variações de temperatura.
- b) Juntas de expansão: são necessárias para alvenaria de blocos ou tijolos cerâmicos que não sejam revestidas com argamassa na face externa. As juntas de expansão são utilizadas para acomodar às expansões do material cerâmico pela incorporação da umidade da chuva na face externa da parede. São juntas que se fecham e devem ser construídas com material flexível e elástico para evitar seu esmagamento. Esta junta não é necessária se as paredes forem revestidas externamente, pois a absorção de umidade pela alvenaria cerâmica pode ser bastante reduzida pela utilização de revestimento externo de argamassa.
- c) Juntas horizontais (ou deslizantes): são juntas empregadas nas uniões de lajes com paredes para permitir que as deformações e movimentações das lajes não transmitam esforços para as paredes nas quais estão apoiadas. Recomenda-se o emprego destas em todos os pavimentos nas edificações de alvenaria estrutural, especialmente nos apoios das lajes nos últimos pavimentos, onde os efeitos da movimentação por variações de temperatura e retração são maiores. A figura 06 apresenta um exemplo da utilização desta junta deslizante.



Fonte: Vilató e Franco (1998).

Figura 06: juntas deslizantes entre as paredes e a lajes de cobertura

### 3.2.1.3 Juntas de assentamento

As juntas de assentamento em amarração facilitam a redistribuição de tensões provenientes de cargas verticais ou introduzidas por deformações estruturais e movimentações higrotérmicas (THOMAZ; HELENE, 2000). Segundo os mesmos autores as juntas a prumo não propiciam o espalhamento das tensões, tendendo as paredes a trabalharem como uma sucessão de “pilaretes”. As paredes devem ser projetadas com blocos contra-fiados, ou seja, com defasagem de meio bloco entre fiadas sucessivas, embora sobreposições não inferiores a um terço do bloco sejam aceitáveis (THOMAZ; HELENE, 2000).

Segundo Thomaz e Helene (2000), a ausência de argamassa nas juntas verticais (“juntas secas”) repercute na resistência ao cisalhamento da alvenaria, à resistência ao fogo, ao desempenho termoacústico, à resistência a cargas laterais e à capacidade de redistribuição das tensões desenvolvidas nas paredes. Santos (2001) corrobora com esta proposição argumentando que “o não preenchimento de juntas verticais com argamassa indica, claramente, que esta pratica não contribui para a melhoria do desempenho estrutural das edificações em alvenaria”. Segundo Roman *et al.* (1999), “o não-preenchimento das juntas verticais tem pouco efeito na resistência à compressão, mas afeta a resistência à flexão e ao cisalhamento da parede”. Sendo assim, não se recomenda em nenhuma circunstância à adoção de “juntas secas” nas alvenarias estruturais (THOMAZ; HELENE, 2000).

Quanto à espessura, as juntas de assentamento de argamassa devem ser, preferencialmente, de 1cm com preenchimento longitudinal<sup>48</sup> total em forma de cordões de argamassa, tanto horizontal quanto verticalmente (SAHLIN, 1971; HENDRY, 1981; SANTOS, 1998). A NBR8798 (ABNT, 1985) especifica a espessura dos cordões de argamassa em 10mm com tolerância de 3mm para mais ou para menos, proibindo-se calços de qualquer natureza.

<sup>48</sup> O preenchimento transversal da junta de assentamento de argamassa fica a critério do projetista, em função das solicitações previstas no cálculo estrutural da edificação.

#### 3.2.1.4 Lajes

O sistema em alvenaria estrutural é um sistema laminar, já que tanto as paredes estruturais como as lajes atuam como lâminas (DUARTE, 1999). As lajes devem ser projetadas e executadas considerando não apenas o desempenho estrutural, mas os efeitos de suas deformações (SABBATINI, 2003).

As lajes podem ser moldadas no local, parcialmente pré-fabricadas ou totalmente pré-fabricadas. No entanto, qualquer um destes casos impõe a adoção de execução prévia da cinta de respaldo. Segundo Duarte (1999), as lajes maciças armadas nas duas direções são as mais indicadas pela rigidez que conferem na distribuição das pressões devidas ao vento e cargas verticais. O mesmo autor argumenta ainda que, como apóiam em mais de duas paredes, possuem o benefício adicional de apresentar maior resistência no caso de uma parede resistente de apoio seja retirada pelo usuário da edificação.

Segundo Sabbatini (2003), as movimentações térmicas das lajes de cobertura, podem ocasionar manifestações patológicas caso não se adote algumas medidas preventivas, tais como a inserção de juntas de movimentação horizontal ou a adoção de apoios deslizantes (neoprene, teflon, manta asfáltica, camada dupla de manta de PVC, dentre outros) entre a interface da laje de cobertura com a alvenaria (THOMAZ; HELENE, 2000). Os mesmos autores comentam que outros cuidados podem minimizar a ocorrência de problemas nesta situação, tais como a ventilação dos áticos, a isolamento térmica das lajes, juntas de dilatação das lajes de cobertura e outros detalhes técnicos pertinentes a cada edificação.

#### 3.2.1.5 Vergas e contra-vergas

Devem ser introduzidas vergas e contra-vergas, detalhadas no projeto executivo (SABBATINI, 2003). Considera-se verga o elemento estrutural colocado sobre os vãos de aberturas não maiores do que 1,20m, com finalidade de transmitir cargas verticais para os trechos adjacentes ao vão (SANTOS, 1998). O mesmo autor comenta que, para vãos maiores do que 1,20m, deve-se considerar o elemento estrutural como uma viga, dimensionado para suportar as cargas verticais e transmiti-las para as paredes ou pilares. Este conceito é arbitrário, tendo em vista que podem existir componentes para vãos menores que 1,20m submetidos a cargas elevadas, para os quais é necessário o seu dimensionamento.

As contra-vergas são os elementos estruturais colocados sob o vão das aberturas, com finalidade de absorver tensões de tração (SANTOS, 1998). Segundo Sabbatini (2003), as contra-vergas devem ultrapassar a lateral do vão em pelo menos “d/5” ou 30cm (o mais rigoroso dos dois), sendo “d” o comprimento do vão.

### 3.2.1.6 Cintas de respaldo

Segundo a NBR8798 (ABNT, 1985), cinta é o elemento estrutural apoiado continuamente na parede, ligado ou não às lajes ou às vergas dos vãos de aberturas, com a finalidade de transmitir cargas uniformes à parede que lhe dá apoio ou ainda servir de travamento e amarração.

Este elemento estrutural é considerado fundamental<sup>49</sup> para obras em alvenaria estrutural (SABBATINI, 2003). Segundo o mesmo autor, a cinta pode ser executada com blocos especiais<sup>50</sup> tipo canaleta e deve preceder a montagem das formas de laje ou do posicionamento das peças pré-fabricadas (quando a laje incorporar elementos pré-fabricados).

### 3.2.1.7 Argamassa de assentamento

O traço da argamassa utilizada no assentamento dos blocos, tanto da primeira fiada quanto das elevações da alvenaria, deve ser estabelecido em função das diferentes exigências de aderência, impermeabilidade da junta, poder de retenção de água, plasticidade requerida para o assentamento, módulo de deformação da argamassa, entre outras (THOMAZ; HELENE, 2000).

A resistência à compressão da argamassa de assentamento deve ser estabelecida a partir das necessidades da estrutura em questão e de ensaios de prismas ocos e cheios<sup>51</sup> (THOMAZ; HELENE, 2000). A ASTM (1987) recomenda os traços indicados na tabela 05.

Tabela 05: traços recomendados para argamassa de assentamento

Tipo de argamassa	Traço em volume			Resistência média aos 28 dias (MPa)
	cimento	Cal hidratada	areia	
M	1	0,25	2,8 a 3,8	17,2
S	1	0,25 a 0,5	2,8 a 4,5	12,4
N	1	0,5 a 1,25	3,4 a 6,8	5,2
O	1	1,25 a 2,5	5,0 a 10,5	2,4
K	1	2,5 a 4,0	7,9 a 15,0	0,5

Fonte: ASTM (1987).

<sup>49</sup> Segundo a NBR10837 (1989), devem ser previstas cintas contínuas sob as lajes, em todas as paredes externas e internas solidárias com as lajes e que absorvem as cargas horizontais (a carga do vento e empuxos, por exemplo).

<sup>50</sup> Os fabricantes dos elementos produzem diversos blocos especiais que servem para execução de componentes como as vergas, contra-vergas e cintas. Os mais usuais nas edificações dos estudos empíricos são o bloco "U" (alto e baixo), bloco "J" (alta, média e baixa) e o bloco instalação. A posição e localização destes blocos são detalhadas juntamente com o projeto executivo das elevações das paredes.

<sup>51</sup> Os ensaios de prismas ocos e cheios serão abordados no item 3.2.3.2, que segue.

Os traços indicados da tabela 05 são apenas referenciais, sendo necessário o ajuste do traço em função das características dos materiais disponíveis (THOMAZ; HELENE, 2000). A norma ASTM (1987) recomenda que a aplicação das argamassas tipo “M” ou “S” - de maior resistência - seja reservada para situações especiais, como arrimos, embasamentos em contato com o solo, dentre outros.

Atualmente, o mercado dispõe de argamassas de assentamento industrializadas ou pré-dosadas, fornecidas a granel, para as quais são válidas todas as indicações anteriores. Segundo Thomaz e Helene (2000), algumas argamassas são dosadas sem a introdução de cal hidratada, compensando-se essa ausência com a introdução de aditivos plastificantes, incorporadores de ar e retentores de água, sendo que os resultados finais, em termos de aderência, módulo de deformação e outros requisitos, devem ser os mesmos.

### 3.2.1.8 Grautes

Na NBR8798 (ABNT, 1985), define-se graute como o elemento para preenchimento dos vazios dos blocos e canaletas para solidarização da armadura a estes componentes e aumento de capacidade portante, composto de cimento, agregado miúdo, agregado graúdo, água e cal ou outra adição destinada a conferir trabalhabilidade e retenção de água de hidratação à mistura. Segundo a NBR8798 (ABNT, 1985), o graute é considerado fino quando o agregado graúdo possui dimensão máxima inferior ou igual a 4,8mm e grosso quando o agregado graúdo possui dimensão superior a 4,8mm.

Segundo Arantes e Cavalheiro (2004), o grauteamento de paredes de alvenaria estrutural não armada tem se mostrado uma prática adotada por alguns calculistas com o objetivo de aumentar a capacidade de carga da alvenaria. Os mesmos autores concluem que mesmo em alvenarias de blocos cerâmicos é viável a técnica de grauteamento dos vazados dos blocos com o objetivo de aumentar a resistência à compressão de paredes de alvenaria estrutural.

Sabbatini (2003) comenta ainda que o graute de preenchimento dos vazados verticais nas tipologias de alvenaria estrutural tem as funções de permitir que a armadura trabalhe conjuntamente com a alvenaria, quando solicitada, aumentar a resistência à compressão localizada da parede e impedir a corrosão da armadura. A dosagem, a especificação das características do graute e sua localização devem ser de responsabilidade do projetista estrutural.

## 3.2.2 Recomendações técnicas para execução de edifícios em alvenaria estrutural

A construção de edifícios em alvenaria estrutural deve ser realizada de acordo com técnicas específicas para garantir a qualidade das edificações quanto à confiabilidade e durabilidade

(SABBATINI, 2003). O mesmo autor comenta que são muitos os fatores a serem consideradas, mas que alguns se destacam pela importância em relação à qualidade da alvenaria estrutural.

### 3.2.2.1 Ferramentas e equipamentos

Além das ferramentas e equipamentos utilizados usualmente na construção civil, há alguns que são específicos para o modo de construir em alvenaria estrutural, como, por exemplo, as ferramentas para assentamento de blocos: palheta, canaleta ou bisnaga (tabela 06).

Tabela 06: ferramentas e equipamentos utilizados na execução de edificações em alvenaria estrutural

Ferramentas e Equipamentos	Uso na execução de alvenaria estrutural	
	Serviços de marcação	Serviços de elevação
Colher de pedreiro	X	X
Palheta, Canaleta ou bisnaga		X
Esticador de linha	X	X
Fio traçador de linha	X	
Caixote para argamassa e suporte	X	X
Trena de 5m e 30m	X	X
Nível à laser	X	
Régua prumo/nível $\geq 1,20m$	X	X
Esquadro (60x80x100)cm	X	
Escantilhão ou régua de marcação	X	X
Carrinho especial - transporte blocos	X	X
Andaimes		X
EPI's	X	X

Fonte: adaptado de ABCP (2004).

Recomenda-se a utilização da colher de pedreiro para espalhar a argamassa para o assentamento dos blocos da primeira fiada, aplicar a argamassa de assentamento nas juntas transversais e para a retirar o excesso de argamassa da parede após o assentamento dos blocos. Já a palheta, canaleta ou bisnaga, utiliza-se para distribuir os cordões de argamassa nas juntas longitudinais de assentamento dos blocos. Cabe salientar que, indiferente da ferramenta utilizada, os cordões de argamassa (horizontais e verticais) devem ser executados de acordo com o projeto (vide item 3.2.1.3).

Quanto ao caixote para argamassa – chamada usualmente de “maseira” – e seu suporte, recomenda-se que as paredes do caixote sejam perpendiculares entre si para possibilitar o emprego das ferramentas específicas de assentamento da alvenaria (palheta e canaleta). O caixote não deve ser de material poroso que permita a perda da água da argamassa - madeira, por exemplo – perdendo assim, suas propriedades (ABCP, 2004). O mesmo autor recomenda que o suporte do caixote tenha rodas para facilitar o deslocamento dos profissionais sem a necessidade do auxílio do servente.

Para obter precisão geométrica na execução das paredes, recomenda-se que o nível seja à *laser*, utilizado principalmente para nivelar com maior precisão as lajes; a régua de prumo e nível deve ter comprimento maior ou igual a 1,20m, utilizada para nivelar e prumar as fiadas de blocos durante o assentamento; e o esquadro deve ter medidas mínimas de 60cm x 80cm x 100cm, utilizado principalmente para medir os esquadros das peças durante a marcação da primeira fiada de blocos (ABCP, 2004).

### 3.2.2.2 Marcação da alvenaria

A marcação da alvenaria exerce um papel fundamental na resistência, nivelamento, esquadro e planeza das alvenarias (SANTOS, 1998). A primeira fiada é referência para a elevação das fiadas superiores num mesmo pavimento e também para a primeira fiada do andar imediatamente superior (ABCP, 2004). Para execução da primeira fiada é necessário ter em mãos o projeto de execução da primeira fiada.

Anterior à etapa de marcação propriamente dita, deve-se verificar o esquadro e o nivelamento da laje. O assentamento da primeira fiada somente pode ser realizado sobre bases de concreto niveladas<sup>52</sup> e após 16 horas do término da concretagem da laje (SABBATINI, 2003). O mesmo autor não recomenda a execução de alvenaria diretamente sobre baldrame, sem que o piso térreo (base de concreto) esteja executado.

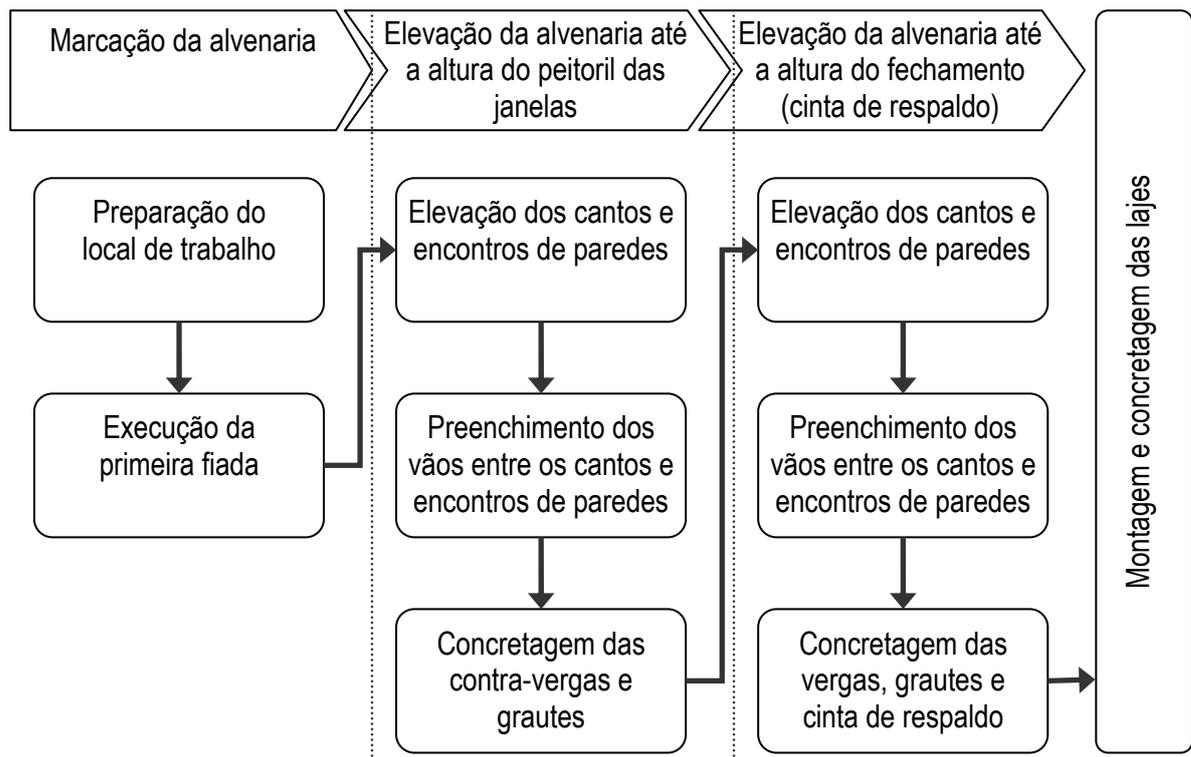
### 3.2.2.3 Elevação da alvenaria

A execução da elevação da alvenaria é uma das etapas mais importantes da construção de uma edificação em alvenaria estrutural. Assim, garantir a qualidade da execução do levante da alvenaria é um passo fundamental para garantir a qualidade intrínseca da edificação, no que diz respeito a conformidade, confiabilidade, desempenho e durabilidade.

Para atingir tais padrões de qualidade, a elevação da alvenaria deve ser realizada de forma racionalizada. Para isto é necessário que se compreenda as etapas que constituem esta atividade. A figura 07 representa em forma esquemática a seqüência de execução da alvenaria elaborada através dos trabalhos de alguns autores (SANTOS, 1998; ABCP, 2004; THOMAZ; HELENE, 2000; SABBATINI, 2003).

---

<sup>52</sup> Segundo a NBR8798 (1995) a base para o assentamento da alvenaria deve ser executada plana e em nível, exigindo-se discrepância do plano horizontal inferior a 0,5cm em 2,0m.



Fonte: baseado em Santos (1998); ABCP (2004); Thomaz e Helene (2000); e, Sabbatini (2003).

Figura 07: seqüência de execução da elevação da alvenaria

A seqüência de execução da alvenaria é dividida em três etapas (figura 07). Primeiramente é realizada a marcação da alvenaria, constituída da preparação do local de trabalho (limpeza e verificação das condições da laje receber a alvenaria) e execução da primeira fiada. Após a marcação, inicia-se a elevação da alvenaria pelas amarrações de cantos e encontros de paredes para posterior preenchimento dos vãos. A concretagem das contra-vergas e preenchimento dos grautes devem ser realizadas juntamente com o levante da alvenaria. Por último, repete-se a seqüência de elevação da etapa anterior, mas da altura do peitoril das janelas até a altura do fechamento e finaliza-se com a concretagem da cinta de respaldo. Após a concretagem da cinta, inicia-se a montagem e concretagem das lajes.

Esta seqüência de execução de elevação da alvenaria é importante, pois favorece algumas situações. Uma delas é que, na elevação dos cantos se tem a amarração do tipo “castelinho”, havendo a interpenetração dos blocos contra-fiados (SABBATINI, 2003). Se os cantos e encontros de paredes forem executados na posição correta e aprumados, o fechamento é realizado com o auxílio de uma linha entre as extremidades. Assim, caso se utilize corretamente do prumo, nível e esquadro, espera-se que a parede fique dentro dos limites toleráveis dos padrões especificados. Em algumas situações específicas não se consegue executar a elevação nesta seqüência – levante de “castelinho” dos

cantos, por exemplo – assim, deve-se prever em projeto uma solução para esta situação – junta a prumo com amarração através de grampos, por exemplo (SABBATINI, 2003).

Segundo Thomaz e Helene (2000), deve-se dar especial atenção nesta etapa para o controle do prumo das paredes, espessura e nivelamento das fiadas. Independentemente do processo, a argamassa de assentamento sempre deve ser aplicada em todas as paredes dos blocos para formação da junta horizontal e em dois cordões verticais nos bordos de uma das extremidades do bloco para a formação da junta vertical (SABBATINI, 2003). O bloco será conduzido à sua posição definitiva mediante uma pressão aplicada para baixo e para o lado, atingindo-se a espessura desejada das juntas ( $10\text{mm} \pm 3\text{mm}$ ), conforme NBR8798 (ABNT, 1985) e eliminando a argamassa em excesso<sup>53</sup>.

Sabbatini (2003) apresenta algumas recomendações que considera fundamentais durante a execução:

- a) O assentamento não pode ser realizado sob chuva. No caso de interrupção dos serviços por causa da chuva, a alvenaria recém executada deve ser protegida, para que os vazados não fiquem cheios de água.
- b) A alvenaria de blocos de concreto não pode ser molhada durante a etapa de assentamento. Neste caso a argamassa de assentamento deve ter retenção de água suficiente para evitar a molhagem. A alvenaria cerâmica pode ser umedecida para facilitar o assentamento.
- c) As paredes de alvenaria devem ser executadas com blocos inteiros. Não deve cortar ou quebrar blocos para obtenção de “peças de ajuste”. Pode-se utilizar peças pré-fabricadas e pré-moldadas, desde que previstas no projeto de produção e obtidas mediante condições controladas.
- d) Na construção de edifícios em alvenaria estrutural não se recomenda “esconder na massa” as imprecisões e erros na execução das paredes, como é comum na construção tradicional. Ou seja, a execução deve ser realizada com as tolerâncias e a precisão especificada de modo que a qualidade final do edifício seja obtida na execução da estrutura. Para isto é essencial que se utilize mão de obra treinada e especializada e que se adote um completo programa de controle de qualidade de execução<sup>54</sup> (de aceitação, sob condições específicas, de cada etapa construtiva).
- e) Algumas instalações, como, por exemplo, as instalações elétricas, telefônicas, de interfone e de TV, podem ser executadas em dutos embutidos nas paredes de alvenaria, nos vazados dos blocos. Pode-se fazer cortes de paredes para embutimento de pequenos trechos de tubulação, desde que previsto em projeto.
- f) As colunas das instalações elétricas e hidráulicas, por exemplo, não podem estar embutidas nas paredes de alvenaria estrutural, devendo ser, preferencialmente, embutidas em *shafts* verticais, especificadamente projetados para esta finalidade.

---

<sup>53</sup> Segundo a NBR8798 (ABNT, 1985), outras espessuras de juntas poderão estar previstas em projeto, desde que a eficiência seja comprovada em ensaios de desempenho.

<sup>54</sup> Cabe salientar que o controle de qualidade de execução faz parte dos objetivos deste trabalho; sendo essencial o conhecimento das técnicas explicitadas neste capítulo, para saber quais controles devem ser atendidos prioritariamente para garantir a qualidade da alvenaria.

- g) Todos os cortes em paredes - para embutimento de trechos de ramais das instalações, para alojar quadros e caixas de eletricidade ou outra finalidade - somente podem ser realizados com ferramenta de corte elétrica precisa.
- h) Recomenda-se ainda que o corte posterior a elevação da alvenaria de vãos com área maior que a área de três blocos ou comprimento superior a 1,5 vez o comprimento do bloco de paredes estruturais. O embutimento de aparelhos de ar condicionado, por exemplo, em paredes estruturais deve ser previsto em projeto.

Além destas recomendações, a execução correta do graute quando especificado é essencial para o desempenho estrutural da alvenaria estrutural (SABBATINI, 2003). Na alvenaria cerâmica é essencial molhar os blocos previamente para que a retração hidráulica excessiva não prejudique o desempenho esperado (SABBATINI, 2003). O mesmo autor, em conformidade com a NBR8798 (ABNT, 1985), recomenda alguns pontos essenciais na técnica de grauteamento vertical dos vazados dos blocos:

- a) Os vazados dos blocos devem estar sem rebarba de argamassa; ou seja, recomenda-se a retirada do excesso de argamassa no interior dos septos
- b) Limpeza dos furos através de janelas de inspeção (chamadas de janelas de pé de pilar);
- c) Lançamento do graute com altura limitada de meio pé-direito a cada vez.
- d) Vibração preferencialmente manual;
- e) Prazo mínimo de grauteamento de 24 horas após a execução da alvenaria; e
- f) Continuidade da amarração dos blocos.

### 3.2.3 Recomendações para o controle tecnológico da construção de edifícios em alvenaria estrutural

A obtenção da qualidade especificada em projeto é garantida por algumas ações de controle durante o processo de construção. Segundo Sabbatini (2003), o conjunto de todas estas ações é denominado de controle tecnológico da construção. Isto é válido para qualquer tipologia estrutural e, portanto, é uma exigência essencial na produção de edifícios em alvenaria estrutural.

Os controles fundamentais para garantia do desempenho estrutural, citados em Sabbatini (2003) e de acordo com a NBR8798 (ABNT, 1985), são:

- a) Controle de recebimento (ou de aceitação) de materiais e componentes: blocos estruturais; concreto estrutural; graute de enchimento e argamassa de assentamento;
- b) Controle de aceitação da alvenaria: na terminologia da NBR8798 (ABNT, 1985) este controle é denominado de controle de aceitação de componentes (item 6.1.2).
- c) Controle de produção (ou de processo) de paredes estruturais e da estrutura do edifício: na terminologia da NBR8798 (ABNT, 1985) é denominado de controle de produção de componentes (item 5.1.3 da norma).

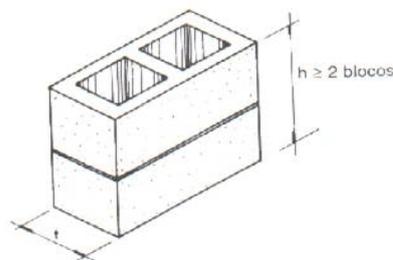
### 3.2.3.1 Controle de recebimento (ou de aceitação) de materiais e componentes

O controle de recebimento (ou de aceitação) dos blocos estruturais, concreto estrutural, graute de enchimento e da argamassa de assentamento devem ser realizados ao longo de toda a execução da alvenaria estrutural. Sabbatini (2003) recomenda o controle dos seguintes itens:

- a) Blocos estruturais: deve-se realizar o controle da resistência à compressão característica dos blocos de concreto e cerâmico, coeficiente de variação da resistência à compressão dos blocos e características dimensionais e geométricas dos blocos, conforme normas vigentes.
- b) Argamassa de assentamento: deve-se realizar o controle de uniformidade de produção pela dispersão dos resultados de resistência à compressão axial. Esta dispersão deve ser avaliada pelo coeficiente de variação (valor, em porcentagem, da divisão do desvio padrão pela resistência média de um conjunto de corpos-de-prova). O limite superior admitido – ensaio da argamassa segundo a NBR7215 (ABNT, 1996a) – é de  $CV \leq 20\%$ , em uma produção contínua por longos ou curtos períodos.
- c) Graute de enchimento: recomenda-se o controle de uniformidade de produção do graute. Este é verificado indiretamente através dos ensaios de prismas cheios (vide controle de aceitação da alvenaria). Segundo a NBR8798 (ABNT, 1985), o parâmetro de controle deve ser a resistência à compressão, obtida pelo ensaio de corpos-de-prova cilíndricos.
- d) Concreto estrutural: o controle deve ser realizado da mesma forma de edificações apertadas em concreto armado. Tais procedimentos são descritos na NBR6118 (ABNT, 2003b), inclusive a definição dos lotes.

### 3.2.3.2 Controle de aceitação da alvenaria

Segundo a NBR8798 (ABNT, 1985), o parâmetro de aceitação do componente parede deve ser a resistência à compressão, medida no ensaio de prismas ocos (figura 08) e cheios, conforme a NBR8215 (ABNT, 1983b).



Fonte: Duarte (1999)

Figura 08: prisma oco de alvenaria

Ao se mensurar a resistência de corpos-de-prova de alvenaria (prismas ocos e cheios) moldados no canteiro de obras, avalia-se concomitantemente as características dos blocos, das argamassas de assentamento e do graute de enchimento; como também a influência da mão de obra e as condições

ambientais locais. Segundo Sabbatini (2003), este método de ensaio é aceito internacionalmente como o mais completo e, quando bem conduzida, o mais conclusivo sobre o desempenho estrutural de estruturas em alvenaria.

Os procedimentos para realização dos ensaios de prismas constam na NBR8215 (ABNT, 1983b). Os critérios para seleção da amostra e de aceitação (ou rejeição) são de acordo com a NBR8798 (ABNT, 1985), conforme segue.

- a) Amostragem: a estrutura deve ser dividida em lotes de preferência constituídos de argamassa, grautes e blocos de mesmos lotes. Cada lote deve corresponder no máximo a uma semana de produção, ou um andar, ou 200m<sup>2</sup> de área construída, ou 500m<sup>2</sup> de parede, prevalecendo a menor quantidade. A amostra representativa do lote de prismas deve constituir-se de no mínimo seis exemplares. Cada exemplar deve constituir-se de um ou mais prismas, preparados aleatoriamente durante a execução do correspondente lote, utilizando-se os mesmos operadores, equipamentos, argamassa e graute.
- b) Aceitação e rejeição: Para aceitação ou rejeição de um lote deve-se observar na íntegra o procedimento descrito no item 6.1.2.2 da norma NBR8798 (1985). O lote será aceito se  $f_{pk,est} \geq f_{pk}$ , onde  $f_{pk}$  é a resistência característica de projeto, constante no projeto estrutural, mas não menor do que 2,5MPa, para o prisma oco e não menor do que 4,0MPa, para o prisma cheio.

### 3.2.3.3 Controle de produção de paredes estruturais e da estrutura do edifício

Segundo a NBR8798 (ABNT, 1985), o objetivo do controle de produção é avaliar uma ou mais propriedades do elemento ou componente produzido a intervir no processo de produção para manter essa(s) propriedade(s) dentro dos limites considerados satisfatórios. Este controle está intimamente ligado à conformidade com as especificações, relatada no capítulo 2.5.1 do presente trabalho.

As especificações mais importantes para esta avaliação são, segundo Sabbatini (2003), o prumo, a planicidade, a posição e a perfeição geométrica dos vãos das paredes e o nivelamento dos referenciais de horizontalidade (peitoris e fiadas de apoio das lajes), pois, em conjunto, dão uma medida da qualidade de execução dos serviços.

Para Thomaz e Helene (2000), os controles da execução das alvenarias estruturais devem compreender a qualidade dos componentes de alvenaria (integridade, regularidade dimensional e resistência mecânica), controles geométricos (posicionamento de vãos, verticalidade das ombreiras, prumo e planeza das paredes, nível, espessura e preenchimento das juntas), bitola e disposição de armaduras verticais e horizontais, compacidade dos grauteamentos e preenchimento de cintas, vergas e contra-vergas, posicionamento de eletrodutos e caixas de luz, dentre outros. Os mesmos autores comentam que se deve dar especial atenção ao controle do prumo das paredes, espessura e nivelamento das fiadas.

Salienta-se que nem todos os itens de controle e verificação são passíveis de controles dimensionais. Nestes casos, adotar critérios de conformidade são mais difíceis. A NBR8798 (ABNT, 1985) recomenda algumas tolerâncias dimensionais, apresentadas na tabela 07.

Tabela 07: tolerâncias dimensionais

Fator		Tolerância
Junta horizontal	Espessura	$\pm 3\text{mm}$
	Nível	$\pm 2\text{mm / m}$ e $\pm 10\text{mm}$ no máximo
Junta vertical	Espessura	$\pm 3\text{mm}$
	Alinhamento vertical	$\pm 2\text{mm / mm}$ e $\pm 10\text{mm}$ no máximo
Alinhamento da parede	Vertical (tolerância máx.25mm na altura máxima da edificação)	$\pm 2\text{mm/m}$ e $\pm 10\text{mm}$ no máximo por piso
	Horizontal	$\pm 2\text{mm / m}$ e $\pm 10\text{mm}$ no máximo
Superfície superior das paredes portantes	Variação no nível entre elementos de piso adjacentes	$\pm 1\text{mm / m}$
	Variação no nível dentro da largura de cada bloco isoladamente	$\pm 1,5\text{mm}$

Fonte: Tabela 5 - NBR 8798 (ABNT, 1985)

Para realizar tais controles, a empresa deve ter um sistema de gestão da qualidade que defina e execute um controle de produção de paredes de alvenaria (SABBATINI, 2003).

### 3.3 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ALVENARIA ESTRUTURAL

A principal forma de manifestação patológica em alvenarias e a mais observada pelos leigos são as fissuras (THOMAZ, 1988; DUARTE, 1998). As mesmas são originadas quando as cargas atuantes excedem a capacidade resistente da estrutura solicitada (ELDRIDGE, 1982). São causadas por tensões de tração que ocorrem na direção ortogonal à direção do esforço de tração atuante (DUARTE, 1998). Este último autor comenta que as tensões de tração podem ser causadas por esforços de compressão agindo em direção ortogonal, por esforços de cisalhamento ou por tração direta.

Dependendo das condições de contorno, as fissuras podem se tornar visíveis a aproximadamente 50% da carga última da compressão atingida (DUARTE, 1998). As fissuras com aberturas menores do que 0,1mm são insignificantes do ponto de vista da durabilidade, pois são de baixa permeabilidade à chuva dirigida pela pressão do vento (DUARTE, 1998). De acordo com o mesmo autor, até o limite desta espessura está a grande maioria das fissuras chamadas de capilares.

As formas de manifestações das fissuras de alvenaria são diversas. Manifestam-se em paredes de alvenaria sob forma de fissuras de direção predominantemente vertical, horizontal ou inclinada (ELDRIDGE, 1982).

Segundo Magalhães (2004)<sup>55</sup> as fissuras podem ser classificadas de acordo com diferentes critérios, tais como: a abertura, a atividade, a forma, as causas, a direção, as tensões envolvidas, o tipo, dentre outras. Optou-se pela classificação das fissuras pelas suas causas<sup>56</sup>, pois o presente trabalho busca respostas para a relação entre a confiabilidade e a conformidade. Assim, esta classificação pode orientar a busca pela origem<sup>57</sup> das manifestações patológicas, seja em projeto ou na execução das edificações.

As classificações de fissuras segundo as causas propostas por Duarte (1998) e Thomaz (1989) são muito semelhantes. Ambas são adequadas para o estudo das fissuras em alvenaria porque demonstram a equivalência entre as causas e as formas de manifestação (MAGALHÃES, 2004).

### 3.3.1 Fissuras causadas por variação de temperatura

Os movimentos de contração e dilatação que ocorrem nas edificações devido a variações de temperatura, sazonais e diárias, geram tensões que poderão ocasionar fissuras, caso tais movimentos sejam restringidos pelos vínculos entre os elementos e componentes de uma construção (THOMAZ, 1988). Thomaz (1988) comenta que as movimentações térmicas estão relacionadas com as propriedades físicas dos materiais e com a intensidade das variações da temperatura e que as mesmas podem surgir por movimentações diferenciadas entre materiais distintos de um mesmo componente, entre componentes distintos e entre regiões distintas de um mesmo material.

A amplitude e a taxa de variação da temperatura de um componente dependem, além da intensidade da radiação (direta e difusa), das seguintes propriedades dos materiais ou de sua superfície: absorvância, emitância, condutância térmica superficial, calor específico, massa específica e coeficiente de condutibilidade térmica (THOMAZ, 1988). A temperatura da superfície do componente, exposto à radiação solar, pode ser estimada a partir da temperatura do ar e da cor desta superfície (LATTA, 1970 *apud* THOMAZ, 1988), podendo-se analisar a intensidade das movimentações em função dos limites extremos de temperatura a que estará submetido o componente e em função do coeficiente de dilatação térmica linear dos seus materiais constituintes (BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT, 1979 *apud* THOMAZ, 1988).

---

<sup>55</sup> Esta classificação foi baseada em diversos autores e compilada por Magalhães (2004).

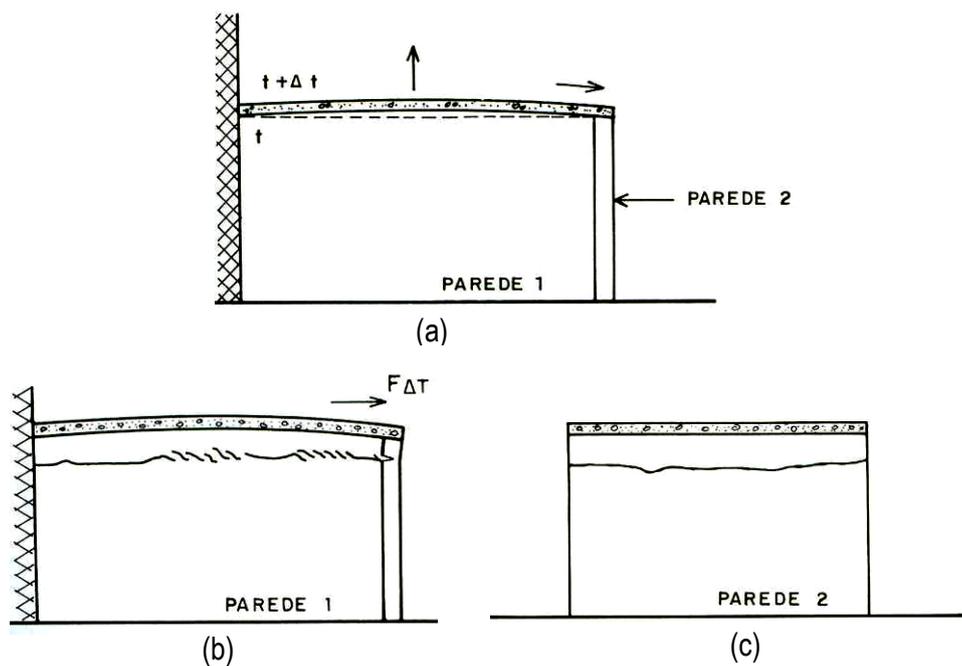
<sup>56</sup> Considera-se causa o que determina um acontecimento (MELHORAMENTOS, 1997); ou seja, no caso das manifestações patológicas, os fenômenos que estão relacionados à suas aparições.

<sup>57</sup> A origem, diferente da causa, busca a procedência das manifestações patológicas com relação à conformidade.

Estes coeficientes de dilatação térmica oscilam para diferentes materiais. A alvenaria de tijolos cerâmicos, por exemplo, movimenta-se (contração ou dilatação) diferentemente da laje em concreto. Estas movimentações devem ser previstas na construção de edificações pela restrição de movimentos ou juntas que diminuam tais movimentações.

Segundo Duarte (1998), áreas mais ensolaradas, como as coberturas e as paredes externas, são mais suscetíveis ao surgimento de fissuras, pois a variação de temperatura é maior. Alguns tipos de fissuras causadas por variação térmica ocorrem com relativa freqüência em edifícios de alvenaria (THOMAZ, 1988, IOSHIMOTO, 1988; DUARTE, 1998, THOMAZ, 2000), tanto estrutural como de vedação.

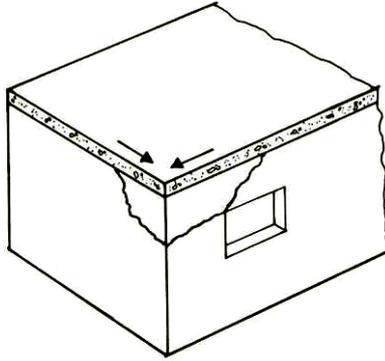
Thomaz (1988) comenta que as fissuras mais comuns em edifícios de alvenaria portante são as fissuras horizontais (figura 09 - b e c), devido a movimentações térmicas da laje de cobertura (figura 09 - a). Este caso, segundo o mesmo autor, ocorre mesmo em lajes sombreadas por telhado, no caso da proteção térmica da laje ser insuficiente ou se não tiver sido adotado nenhum detalhe construtivo especial na interface entre as lajes e as paredes de alvenaria.



Fonte: THOMAZ (2000).

Figura 09: (a) movimentações que ocorrem numa laje de cobertura, sob ação da elevação da temperatura; (b) e (c) fissuras típicas presentes no topo da parede ao comprimento da laje Thomaz (2000) salienta que, em função das dimensões da laje e da natureza dos materiais constituintes das paredes, nem sempre se observa configurações tão típicas como as fissuras apresentadas na figura 09 – b e c – embora estas sejam comumente encontradas.

Por outro lado, nas lajes de cobertura sobre paredes muito longas, enfraquecidas por aberturas, as fissuras têm direção horizontal ao longo das paredes externas maiores, inclinando-se aproximadamente à 45° nas paredes transversais em direção à laje de teto (DUARTE, 1998). Este tipo de manifestação tende a ser mais visível nas extremidades do edifício, conforme figura 10.



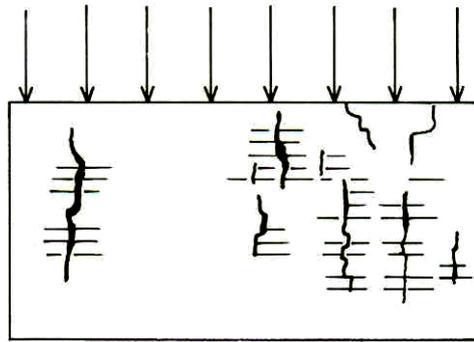
Fonte: THOMAZ (2000).

Figura 10: fissuras de cisalhamento provocadas por expansão térmica da laje de cobertura

Além das fissuras citadas e comentadas, a dilatação térmica da laje introduz tensões horizontais de tração na alvenaria ocasionando fissuras verticais nas paredes (DUARTE, 1998). O mesmo autor comenta que, neste caso, como as tensões de tração são maiores no topo da parede, a fissura possui maior abertura na ligação com a laje, reduzindo a abertura na medida em que desce pela parede.

### 3.3.2 Fissuras causadas por excessivo carregamento de compressão

As fissuras decorrentes de excessivo carregamento de compressão são geralmente verticais (SAHLIN, 1974). Segundo Duarte (1998), estas fissuras são decorrentes de esforços transversais de tração induzidos nos tijolos pelo atrito da superfície da junta de argamassa com a face maior dos tijolos. Ao ser comprimida a argamassa geralmente se deforma mais do que os tijolos, tendendo a expandir lateralmente e transmitindo tração lateral aos tijolos. Estes esforços laterais de tração são os responsáveis pelas fissuras verticais (DUARTE, 1998). A figura 11 ilustra este tipo de fissuras.



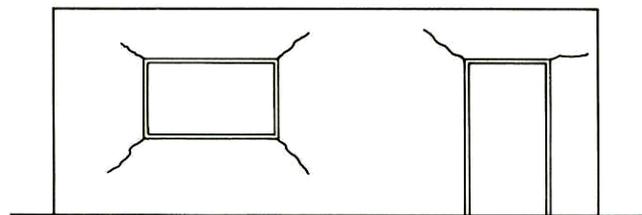
Fonte: THOMAZ (2000).

Figura 11: fissuras verticais de alvenaria causadas por excessivo carregamento vertical

Thomaz (1988) aponta os seguintes fatores como intervenientes na resistência final da alvenaria a esforços de compressão:

- a) A resistência da alvenaria é inversamente proporcional à quantidade de juntas de assentamento;
- b) Elementos assentados com juntas em amarração produzem alvenarias com resistência significativamente superior àquelas onde os componentes são assentados com juntas verticais aprumadas;
- c) A resistência da parede não varia linearmente com a resistência do elemento de alvenaria e nem com a resistência da argamassa de assentamento;
- d) De forma geral, as fissuras em alvenaria carregadas axialmente começam a surgir muito antes de serem atingidas as cargas-limite de ruptura.

Um fator importante neste tipo de fissuração é a presença de aberturas de portas e janelas nas paredes estruturais, em cujos vértices ocorrem acentuadas concentrações de tensões (THOMAZ, 1988). Procura-se combater estas fissuras com a utilização de vergas e contra-vergas (ver item 3.1.1.7). Segundo Thomaz (1988), as fissuras nos contornos destas aberturas podem assumir diversas configurações, sendo a situação mais comum apresentada na figura 12.



Fonte: THOMAZ (2000).

Figura 12: fissuras típicas nos cantos das aberturas, sob atuação de sobrecarga

### 3.3.3 Fissuras causadas por retração

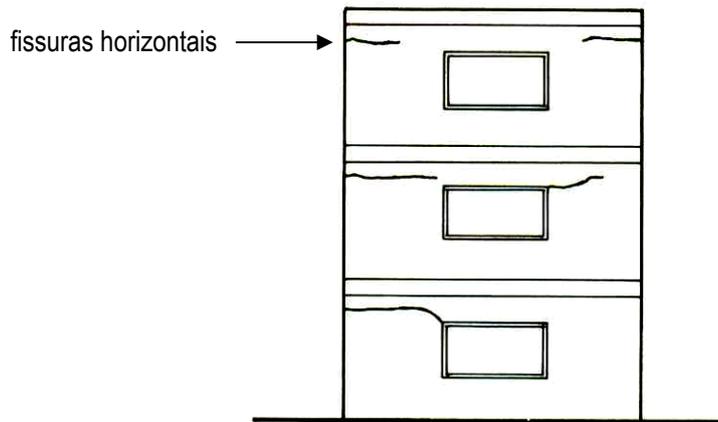
A retração é um fenômeno físico que ocorre com os materiais de base cimentícia, no qual, o volume inicialmente ocupado pelo material no estado plástico diminui de acordo com as condições de umidade do sistema e a evolução da matriz de cimento (SCARTEZINI, 2002). O mecanismo de retração é causado, principalmente, pela perda de água que não está quimicamente associada no interior do concreto (DUARTE, 1998). Paredes localizadas nos últimos pavimentos dos edifícios são mais susceptíveis de serem atingidas pela retração das lajes, pois a contração se associa com movimentações causadas por variações térmicas (DUARTE, 1998).

Nas argamassas de assentamento, segundo Duarte (1998), a pequena retração que pode ocorrer nas juntas horizontais é fortemente restringida pelo cisalhamento com os tijolos. A retração da argamassa é influenciada pela relação água/cimento, pela finura da areia (quanto mais fina for a areia maior a quantidade de água necessária para envolver os grãos) e pelo uso de incorporadores de ar (DUARTE, 1998). Esta retração pode vir a provocar fissuras na própria argamassa, prejudicando a aderência, principalmente em blocos de concreto.

Segundo Thomaz (2000), em função da trabalhabilidade necessária, os concretos e argamassas normalmente são preparados com água em excesso, o que vem a acentuar a retração. O mesmo autor cita três formas de retração que ocorrem em produtos preparados com cimento no estado endurecido ou em processo de endurecimento, ou seja:

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

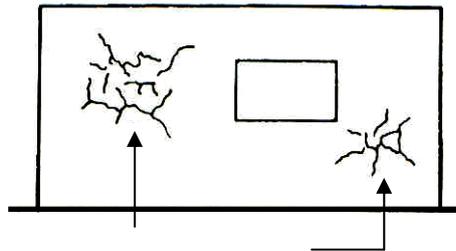
Os mecanismos de formação e configuração de fissuras provocadas por retração são diversos. Dentre os mais comuns em alvenaria estrutural se destacam as fissuras horizontais, segundo Sahlin (1974), oriundas da contração das lajes, aparecendo principalmente nos últimos pavimentos como também em pavimentos intermediários. Este tipo de fissura se manifesta principalmente logo abaixo da laje ou nos cantos superiores de caixilhos, conforme representado na figura 13 (THOMAZ, 2000).



Fonte: THOMAZ (2000).

Figura 13: fissuras em paredes externas, causadas pela retração de lajes

Outro tipo de configuração são fissuras causadas pela retração da argamassa de revestimentos, chamadas de fissuras mapeadas, conforme representado na figura 14.



Fonte: THOMAZ (2000).

Figura 14: fissuras mapeadas, causadas pela retração da argamassa de revestimento

Segundo Thomaz (2000), a retração das argamassas aumenta com o consumo de aglomerante, com a porcentagem de finos existentes na mistura e com o teor de água de amassamento. Além destes fatores, diversos outros influenciam na formação de fissuras mapeadas: aderência com a base, número de camadas aplicadas, espessura das camadas, tempo decorrido entre a aplicação de uma e outra camada, rápida perda de água durante o endurecimento por ação intensiva de ventilação e/ou insolação, etc (THOMAZ, 2000).

Este tipo de manifestação patológica, segundo Cincotto (1991), pode-se distribuir em toda a superfície de revestimento em monocamadas e ocorrer o deslocamento do revestimento em placas (fácil degradação). Segundo a mesma autora, o reparo deve ser feito pela renovação da pintura ou pela própria renovação do revestimento.

### 3.3.4 Fissuras causadas por recalque de fundações

As construções têm comportamento distinto frente aos recalques do solo (DUARTE, 1998), sendo que, de maneira geral, as fissuras provocadas por recalques diferenciados são inclinadas (THOMAZ, 2000). Segundo Duarte (1998), edifícios em alvenaria são construções rígidas e de difícil acomodação de deformações devido à posição e geometria das paredes de alvenaria (placas verticais). O mesmo autor comenta que esta grande rigidez auxilia na distribuição das pressões no solo de forma mais homogênea, mas, por outro lado, como a resistência à flexão e ao cisalhamento da alvenaria é baixa, as paredes são susceptíveis de fissuras frente a pequenas deformações.

Para edifícios uniformemente carregados, o Centre Scientifique et Technique de la Construction (1983) *apud* Thomaz (2000) aponta diversos fatores que podem conduzir aos recalques diferenciados e, conseqüentemente, à fissuração do edifício. As figuras 15 e 16 – a, b, c e d - ilustram alguns destes casos.

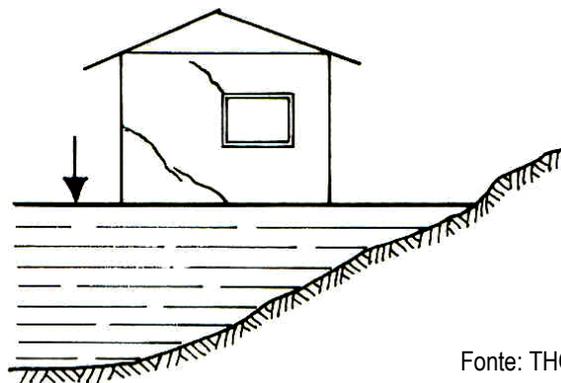
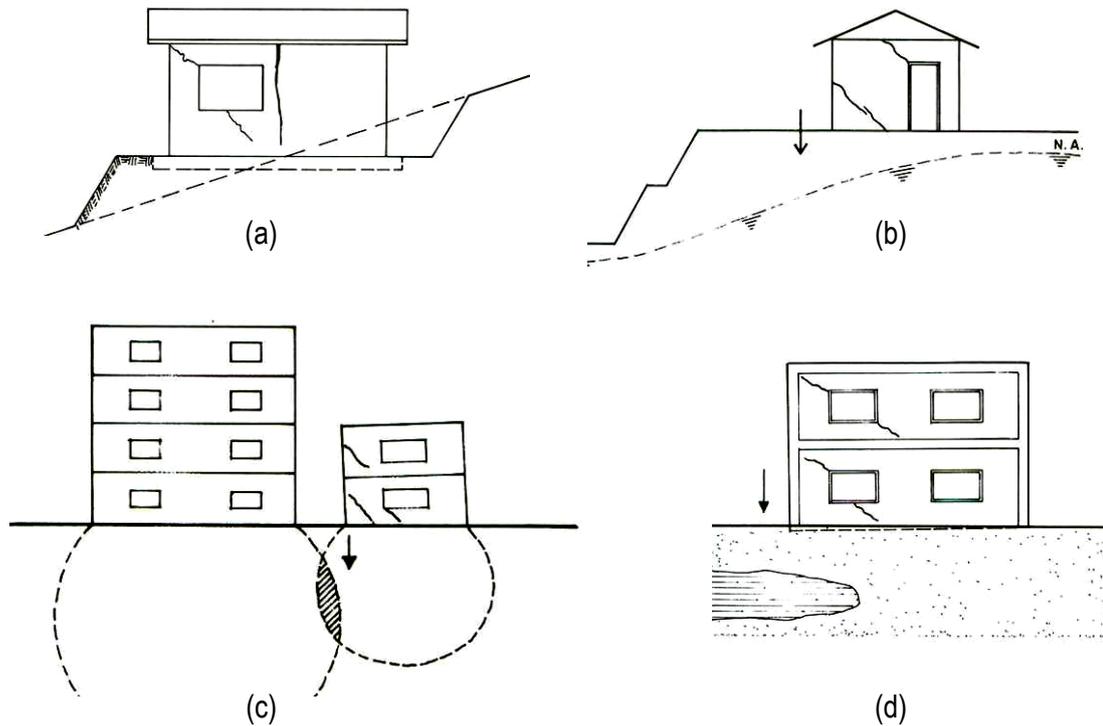


Figura 15: fissuras oriundas de recalque diferenciado, por consolidações distintas do aterro carregado. Segundo Duarte (1998), é difícil estimar teoricamente os recalques diferenciais possíveis em uma edificação, enquanto os recalques totais, por outro lado, podem ser estimados através do conhecimento das características do solo e através de provas-de-carga. Para efeitos de projeto, uma vez estimado o recalque total, dependendo das características do edifício e do tipo de solo, o recalque diferencial pode ser estimado como uma fração do recalque total, já que as tensões transmitidas ao solo não são homogêneas e o solo pode apresentar alterações (DUARTE, 1998).

As fissuras causadas por recalques de fundações tendem a se localizar próximas ao primeiro pavimento da edificação (DUARTE, 1998). Entretanto, dependendo da gravidade do recalque e do tipo de construção, o grau de fissuração nos pavimentos superiores pode ser quase tão intenso quanto no primeiro pavimento (figuras 16 – c e d).



Fonte: THOMAZ (2000).

Figura 16: fissuras oriundas de recalque das fundações

Segundo Thomaz (2000), outros fatores causadores de fissuras oriundas de recalque das fundações são: fundações assentadas sobre seções de corte e aterro (figura 16 – a); recalque diferenciado por rebaixamento do lençol freático em função de corte na lateral inclinada do terreno (figura 16 – b); recalque diferenciado no edifício menor pela interferência no seu bulbo de tensões, em função da construção do edifício maior (figura 16 – c); e, recalque diferenciado por falta de homogeneidade do solo (figura 16 – d).

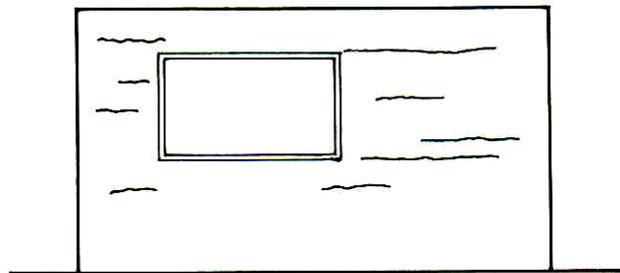
Além das fissuras inclinadas oriundas de recalques de fundações apresentadas, Duarte (1998) comenta ainda sobre o surgimento de fissuras verticais nas paredes de alvenaria. Estas normalmente são devido às aberturas das mesmas transmitirem ao solo diferentes tensões de compressão. Segundo o mesmo autor, as aberturas constituem locais onde a rigidez das paredes é alterada aumentando a sensibilidade frente aos recalques diferenciais.

### 3.3.5 Fissuras causadas por reações químicas

Os materiais de construção são susceptíveis de deterioração pela ação de substâncias químicas (THOMAZ, 2000), sendo assim, devem ser estáveis quimicamente ao longo do tempo, principalmente quando em contato com a água (DUARTE, 1998). As alterações de umidade dos materiais porosos

provocam variações dimensionais nos elementos e componentes da edificação, estas podem ser de dois tipos: reversíveis ou irreversíveis (THOMAZ, 1999). Além disso, os materiais contêm com frequência excesso de sais solúveis ou reativos por falta de qualidade no processo de fabricação (DUARTE, 1998). O mesmo autor comenta que estes sais, quando em presença de umidade, podem sofrer reações expansivas durante o processo de cristalização com o aumento de volume provocando fissuras nas paredes, e muitas vezes o descolamento do revestimento.

Este tipo de fissuras se agrava em meios altamente agressivos, como atmosferas industriais com alta concentração de poluentes. Visto que não há este ambiente nos estudos empíricos realizados neste trabalho, não é analisado em profundidade os mecanismos de formação destas fissuras. Cabe salientar somente dois tipos de fissuras causadas por alterações químicas dos materiais de construção: a hidratação retardada de cales (figura 17) e ataque por sulfatos (figura 18).



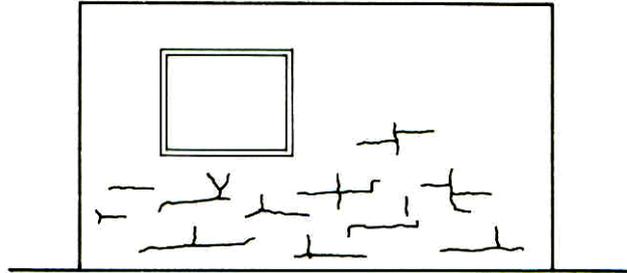
Fonte: THOMAZ (2000).

Figura 17: fissuras horizontais no revestimento provocadas pela expansão da argamassa de assentamento

A expansão das argamassas de assentamento mistas de cal após sua aplicação pode causar fissuras horizontais (figura 16), principalmente nas fachadas externas com incidência de umidade por infiltração de chuvas (DUARTE, 1998) e preferencialmente nas proximidades dos topos das paredes, onde são menores os esforços de compressão oriundos do peso próprio da edificação (THOMAZ, 2000). Este processo pode ocorrer durante a hidratação da cal virgem, principalmente da cal dolomítica, quando a reação de hidratação não se processa totalmente, vindo a ocorrer de forma muito lenta na parede após a aplicação da argamassa. A hidratação do óxido de magnésio pode ocorrer de forma simultânea à carbonatação da cal, causando um aumento de volume na direção vertical ao longo de uma junta horizontal de argamassa de assentamento (CINCOTTO, 1991).

Dentre os sais solúveis, os sulfatos são os que mais reagem com o  $C_3A$  (aluminato tricálcico) do cimento Portland contido na argamassa, provocando o aumento predominante na junta de assentamento horizontal (DUARTE, 1998). Este aumento provoca inicialmente uma expansão geral da

alvenaria, sendo que em casos mais extremos poderá ocorrer uma progressiva desintegração das juntas de argamassa (THOMAZ, 2000). A figura 18 ilustra as fissuras típicas deste ataque de sulfatos.



Fonte: THOMAZ (2000).

Figura 18: fissuras na argamassa de revestimento provenientes do ataque de sulfatos

Thomaz (2000) comenta que nas argamassas revestidas, as fissuras por ataques de sulfatos são semelhantes àquelas que ocorrem pela retração da argamassa de revestimento, porém, em três aspectos fundamentais: apresentam aberturas mais pronunciadas; acompanham aproximadamente as juntas de assentamento horizontais e verticais; e aparecem quase sempre acompanhadas de eflorescências.

---

# MÉTODO DE PESQUISA

Este capítulo descreve o método de pesquisa utilizado para realização deste trabalho. Inicialmente é apresentada a estratégia de pesquisa, seguida do delineamento da pesquisa e a descrição das etapas que constituem os estudos empíricos.

### 4.1 ESTRATÉGIA DA PESQUISA

A pesquisa é definida por Gil (2002) como o procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos. Segundo Yin (2005), a escolha da estratégia de pesquisa é influenciada por diferentes aspectos que podem ser relacionados tanto ao pesquisador quanto ao tema de pesquisa em si.

Cada estratégia de pesquisa possui vantagens e desvantagens próprias, dependendo basicamente de três condições: (a) o tipo de questão de pesquisa; (b) o controle que o pesquisador possui sobre os eventos comportamentais efetivos; (c) o foco em fenômenos históricos, em oposição a fenômenos contemporâneos (YIN, 2005).

Em geral, os estudos de caso representam a estratégia escolhida para questões do tipo “como” e “por que”, quando o pesquisador tem pouco controle sobre os acontecimentos e quando o foco se encontra em fenômenos contemporâneos em algum contexto da vida real (YIN, 2005).

Desta forma, tendo em vista que a natureza do problema de pesquisa - descrito no capítulo 1 do presente trabalho - é expressa através de questões de pesquisa do tipo “como” e considerando o fato de que o problema e as questões de pesquisa conduziram ao desenvolvimento de estudos empíricos inseridos em processos característicos da vida real, envolvidos em fenômenos contemporâneos, a estratégia de pesquisa utilizada foi o estudo de caso.

Segundo Gil (2002), o estudo de caso consiste no estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento. De acordo com Yin (2005), os

estudos de casos podem ser de caso único ou de múltiplos casos. De maneira geral, as evidências resultantes de estudos de caso múltiplos são mais convincentes e o estudo global é visto como algo mais robusto (YIN, 2005).

Em se tratando deste trabalho, para analisar a relação entre os fenômenos inseridos no contexto da pesquisa, considera-se a estratégia de pesquisa como um estudo de múltiplos casos, sendo os empreendimentos das empresas construtoras os casos.

## 4.2 DELINEAMENTO DA PESQUISA

O delineamento da pesquisa é necessário para traçar um modelo conceitual e operativo da pesquisa, ou seja, para confrontar a visão teórica com os dados da realidade (GIL, 2002).

O delineamento desta pesquisa está apresentado nas figuras 19 e 20. Na primeira são apresentadas as etapas da pesquisa na seqüência cronológica dos acontecimentos. A segunda figura evidencia a relação dos estudos de caso (realidade) com os conceitos adotados (visão teórica) e com os resultados obtidos, além de detalhar a relação entre os estudos de caso.

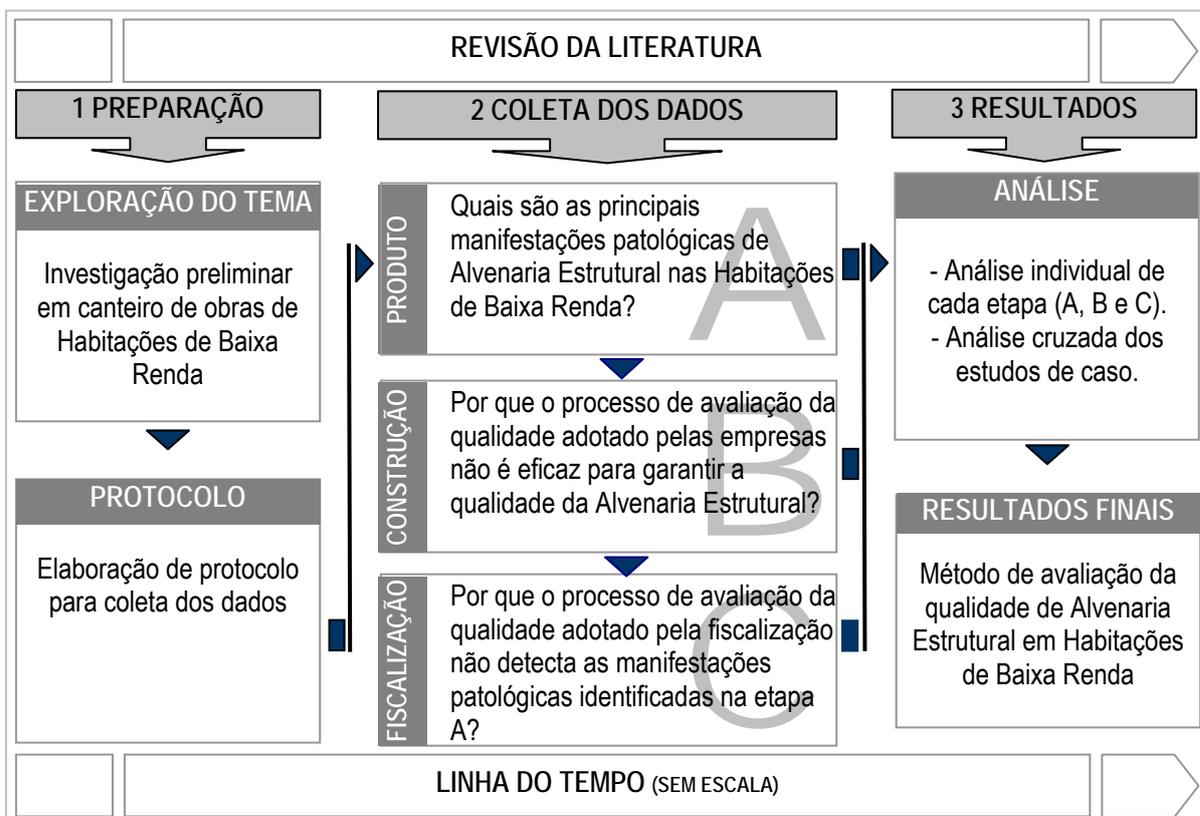


Figura 19: delineamento da pesquisa

Conforme mostra a figura 19, a pesquisa foi dividida em três fases. A primeira delas foi de preparação, tendo como objetivo entender o ambiente no qual a pesquisa está inserida, definir o escopo da pesquisa e elaborar um protocolo para coleta de dados. Nesta fase, o projeto de pesquisa foi submetido a uma banca examinadora, por ocasião do exame de qualificação de mestrado.

A segunda fase foi de desenvolvimento da pesquisa. Esta fase está dividida em três etapas (A, B e C), nas quais foram coletados e analisados os dados referentes, respectivamente, aos produtos durante a fase de uso, ao processo de construção e ao processo de fiscalização dos empreendimentos habitacionais de baixa renda das empresas estudadas. Na primeira fase, os dados foram coletados tendo como questão de pesquisa: quais são as principais manifestações patológicas de alvenaria estrutural nas habitações de baixa renda?

Após a coleta e análise dos dados dos estudos empíricos da etapa A, foram realizados os estudos empíricos da etapa B e C. A etapa B teve como foco o processo construtivo de alvenaria estrutural, sendo norteadada pela seguinte questão: por que o processo de avaliação da qualidade adotado pelas empresas não é eficaz para garantir a qualidade da alvenaria estrutural? Por último, na etapa C foi analisado o processo de avaliação da qualidade dos empreendimentos por parte da CAIXA, buscando-se responder à seguinte questão: por que o processo de avaliação da qualidade adotado pela fiscalização não detecta as manifestações patológicas identificadas na etapa A?

A terceira fase da pesquisa foi de análise dos dados, inicialmente de forma individual para cada etapa, sendo que a análise dos dados dos estudos empíricos da etapa A ocorreu antes do desenvolvimento das etapas B e C. Posterior à análise individual, foi realizada a análise cruzada dos dados obtidos nas etapas A, B e C. O cruzamento dos dados possibilitou a análise conjunta dos processos de construção e de fiscalização com os resultados obtidos da etapa A.

A figura 20 relaciona as dimensões da qualidade estudadas com as etapas da pesquisa. A dimensão confiabilidade recebeu maior ênfase na etapa A, enquanto a dimensão conformidade, relacionada ao processo de construção dos empreendimentos, recebeu maior ênfase nas etapas B e C. Esta divisão justifica-se pelo fato de que a confiabilidade está fortemente relacionada com o desempenho do produto, enquanto a conformidade está mais relacionada com a produção. Ao analisar os dados referentes à produção, procuraram-se evidências da origem das manifestações patológicas do produto habitação. Neste sentido, buscou-se identificar a origem das manifestações patológicas e as falhas do processo de avaliação da qualidade, tanto pelas empresas construtoras como pela CAIXA.

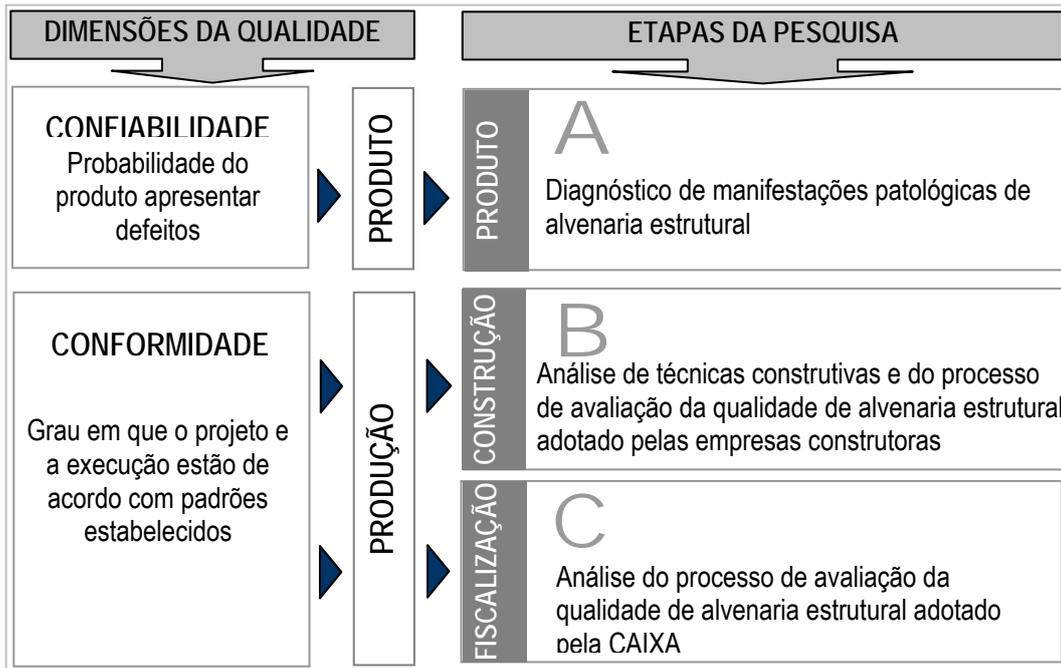


Figura 20: relação das dimensões da qualidade priorizadas com as três etapas do desenvolvimento da pesquisa

A pesquisa teve início em janeiro de 2005 com a etapa de preparação do tema e início da revisão da literatura. Esta fase teve duração de quatro meses. Após a fase de preparação do tema foi iniciada a fase de coleta dos dados que teve duração de dez meses. Concluída esta fase, iniciou-se a análise cruzada dos resultados que teve duração de três meses. Ressalta-se que estas fases não foram estanques, ou seja, houve interferência de uma fase na outra. A figura 21 apresenta o cronograma resumido das três etapas do desenvolvimento da pesquisa.

Etapa	2005								2006			
	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	
Estudo piloto (E1)	PRODUTO			CONSTRUÇÃO								
Etapa A				PRODUTO								
Etapa B								CONSTRUÇÃO				
									FISCALIZAÇÃO			

Figura 21: cronograma das três etapas do desenvolvimento da pesquisa

### 4.3 FASE 1: PREPARAÇÃO DO TEMA

Na fase de preparação do tema foi realizado um estudo exploratório em um canteiro de obras PAR em Pelotas/RS com o objetivo de ampliar o conhecimento do autor sobre o contexto da pesquisa. Este empreendimento visitado possui 112 unidades habitacionais e foi construído em alvenaria estrutural com uso de blocos cerâmicos.

O estudo exploratório foi realizado através de uma visita de um dia neste canteiro de obras. Nesta ocasião foi possível acompanhar tanto o processo de construção das elevações da alvenaria de algumas edificações, como o processo de fiscalização dos técnicos da CAIXA, pois neste mesmo dia estes técnicos estavam realizando uma vistoria mensal.

### 4.4 FASE 2: DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA – COLETA DE DADOS

A fase de desenvolvimento da pesquisa foi dividida em três etapas (A, B e C), sendo realizados cinco estudos de casos em diferentes empresas construtoras.

As empresas dos estudos de caso foram selecionadas por dois motivos principais: (a) tinham empreendimentos em alvenaria estrutural concluídos e em construção nos programas PAR e IP, promovidos pela CAIXA; (b) estavam interessadas na realização da pesquisa e tinham uma relação de parceria com o núcleo de pesquisa o qual a pesquisa está inserida (NORIE – UFRGS). Esta parceria foi formalizada através de um convênio estabelecido entre as empresas e o NORIE/UFRGS, especificadamente com o Grupo de Gestão e Economia da Construção, vigente a partir de 2004, que é também vinculado ao Projeto REQUALI.

Os estudos de caso foram realizados ao longo das três etapas da pesquisa. Durante a etapa A foram analisados oito empreendimentos concluídos de cinco empresas construtoras. Já na etapa B foram analisados oito empreendimentos em construção de quatro empresas. Na etapa C, de maneira geral, foi analisado o processo de avaliação da qualidade adotado pela CAIXA, com base na análise de documentos de três empreendimentos de três empresas.

#### 4.4.1 Caracterização das empresas estudadas

As empresas construtoras estudadas atuam no mercado da construção civil do estado do Rio Grande do Sul e possuem as seguintes características:

- a) Empresa E1: sediada em Canoas foi fundada em 1980 e atua principalmente em obras residenciais. A empresa tem se focado na execução de obras do programa IP desde 1999. Atingiu a certificação nível A do SiQ do Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat (PBQP-H) em 2003 e ISO 9001, versão 2000, desde dezembro de 2004.
- b) Empresa E2: sediada em São Leopoldo, esta empresa está no mercado há 25 anos, sendo o seu campo de atuação bastante amplo. Executa obras de vários segmentos, incluindo edificações residenciais, industriais, comerciais e universitárias. Executa empreendimento do programa PAR desde 1999. Foi certificada pela ISO-9001 em 1998 e em 2003 obteve a certificação ISO-9001, versão 2000. Em outubro de 2004 a empresa foi certificada pelo SiQ com nível A.
- c) Empresa E3: fundada em 1986, tem sede em Pelotas. Atua no mercado de obras residenciais por incorporação (edifícios multifamiliares). Foi a partir de 2002 que começou a atuar no segmento de empreendimentos PAR. Atualmente encontra-se em processo de qualificação evolutiva pelo SiQ com nível C.
- d) Empresa E4: sediada em Santa Maria, atua no mercado de obras residenciais por incorporação (edifícios multifamiliares) há 13 anos. Entretanto, a partir de 2003, a empresa passou a atuar no segmento de habitações de interesse social, especificadamente em empreendimentos do programa PAR. Esta empresa possui qualificação no Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat – PBQP-H com certificação nível A no referido Programa, obtido no ano de 2006.
- e) Empresa E5: trata-se de uma empresa construtora com sede na cidade de Pelotas. Foi fundada em 1986 e atua no mercado de obras residenciais por incorporação (edifícios multifamiliares). Entretanto, a partir de 2002, a empresa passou a executar empreendimentos do programa PAR. Esta empresa possui qualificação no Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat – PBQP-H com certificação nível C no referido Programa, obtido no ano de 2003.

#### 4.4.2 Caracterização dos empreendimentos estudados

O critério utilizado para a seleção dos empreendimentos das empresas estudadas foi diferente nas três etapas do desenvolvimento da pesquisa.

Os empreendimentos da etapa A foram selecionados em comum acordo com a CAIXA, sendo considerados os seguintes critérios:

- a) Empreendimentos do programa PAR e IP do estado do Rio Grande do Sul de diferentes cidades.
- b) Empreendimentos construídos em alvenaria estrutural com uso de blocos cerâmicos ou de concreto;
- c) Empreendimentos com o maior e o menor número de manifestações patológicas segundo observações empíricas realizadas pelos técnicos da CAIXA; e
- d) Empreendimentos entregues há mais tempo.

Os empreendimentos selecionados na etapa B foram todos aqueles que estavam na fase de execução das elevações da alvenaria das empresas selecionadas. Estes empreendimentos têm tipologias semelhantes aos empreendimentos da etapa A. Nesta etapa foram analisados oito empreendimentos em construção de quatro empresas.

Na etapa C foi analisado, de maneira geral, o processo de avaliação da qualidade adotado pela CAIXA, envolvendo três empreendimentos do estudo A, escolhidos devido às manifestações patológicas identificadas na etapa A. Desta forma, selecionou-se o empreendimento com o maior número de manifestações patológicas, o empreendimento com o menor número e outro intermediário.

#### 4.4.2.1 Empreendimentos da etapa A

Durante a etapa A foram analisados oito empreendimentos concluídos, sendo que destes, seis são do programa PAR e dois do programa IP, que juntos somam 1.034 unidades. A idade dos empreendimentos variou de 7 meses a 48 meses. Os empreendimentos do programa PAR foram construídos com blocos cerâmicos e os empreendimentos do programa IP com blocos de concreto. A tabela 08 apresenta as principais características dos empreendimentos estudados.

Tabela 08: empreendimentos da etapa A e suas características

Código das obras	Número unidades	Características					
		Tipo	Cidade	Idade	Altura	Empresa	Blocos
IP1	56	IP	Canoas	12	Sobrados	E1	Concreto
IP2	62	IP	Canoas	48	Sobrados	E1	Concreto
PAR3	112	PAR	Canoas	18	4 andares	E2	Cerâmico
PAR4	160	PAR	Novo Hamburgo	07	4 andares	E2	Cerâmico
PAR5	112	PAR	Pelotas	12	4 andares	E3	Cerâmico
PAR6	132	PAR	Pelotas	24	3e4 andares	E3	Cerâmico
PAR7	200	PAR	Sta. Maria	10	5 andares	E4	Cerâmico
PAR8	200	PAR	Sta. Maria	07	5 andares	E5	Cerâmico

#### 4.4.2.2 Empreendimentos da etapa B

Durante a etapa B foram analisados oito empreendimentos em construção, sendo que, destes, foram analisados três empreendimentos da empresa E1, dois empreendimentos da empresa E2, três empreendimentos da empresa E3 e um empreendimento da empresa E4.

No período de realização desta etapa, todos os empreendimentos do programa PAR das empresas estudadas estavam sendo executados com blocos cerâmicos e todos os empreendimentos do programa IP da empresa E1 com blocos de concreto. A tabela 09 apresenta os empreendimentos analisados da etapa B e suas características.

Tabela 09: empreendimentos da etapa B e suas características

Código das obras	Número unidades	Características					
		Tipo	Cidade	Idade	Altura	Empresa	Blocos
E1IP9	90	IP	Canoas	em exec.	Sobrados	E1	Concreto
E1IP10	107	IP	Canoas	em exec.	Casas	E1	Concreto
E1IP11	126	IP	Canoas	em exec.	Sobrados	E1	Concreto
E2PAR12	200	PAR	Canoas	em exec.	4 andares	E2	Cerâmico
E2PAR13	192	PAR	Alvorada	em exec.	4 andares	E2	Cerâmico
E3PAR14	128	PAR	Pelotas	em exec.	4 andares	E3	Cerâmico
E3PAR15	200	PAR	Rio Grande	em exec.	5 andares	E3	Cerâmico
E4PAR16	200	PAR	Sta. Maria	em exec.	5 andares	E4	Cerâmico

#### 4.4.3 Estudos empíricos da fase de coleta dos dados

A figura 22 apresenta a relação entre os estudos de caso com seus objetivos e as fontes de evidências utilizadas. Tanto na etapa A como na B os estudos pilotos foram realizados em empreendimentos da empresa E1.

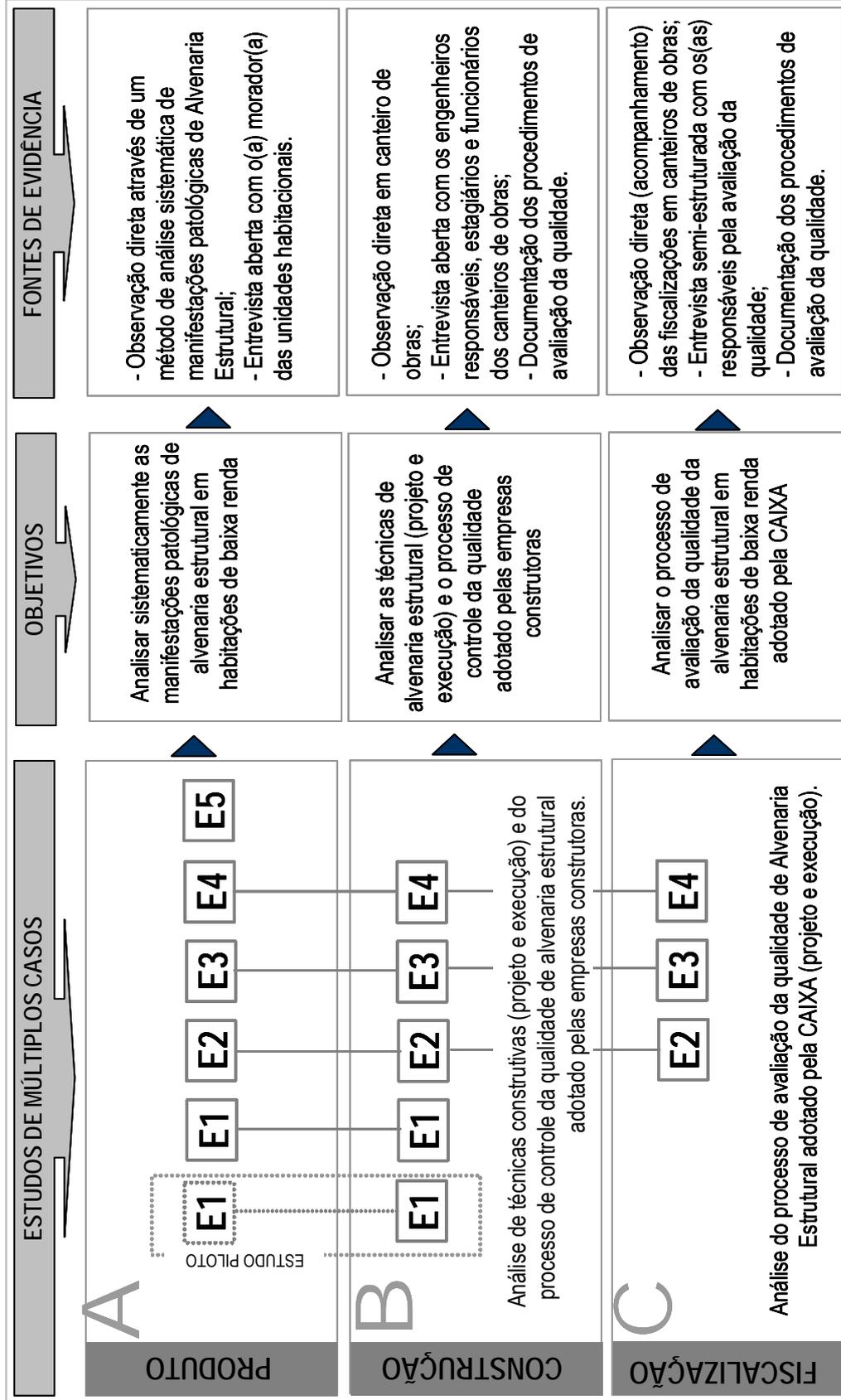


Figura 22: relação dos estudos de casos com seus objetivos e fontes de evidência

#### 4.4.3.1 Etapa A: coleta e análise de dados referente ao produto

##### 4.4.3.1.1 Desenvolvimento da etapa A

O desenvolvimento da etapa A ocorreu em quatro partes, conforme é mostrado na figura 23. A primeira parte foi de elaboração da ferramenta para coleta dos dados. Após a elaboração da ferramenta, foi realizado um estudo piloto para testar e ajustar o método. Na terceira, o método desenvolvido foi aplicado nas obras selecionadas. Salienta-se que este método foi aplicado apenas pelo pesquisador com auxílio de um bolsista, ou seja, os dados foram observados somente pelo pesquisador. Por fim, a divulgação e discussão dos dados coletados foram realizadas em seminários, descritos no item 4.4.3.1.3.

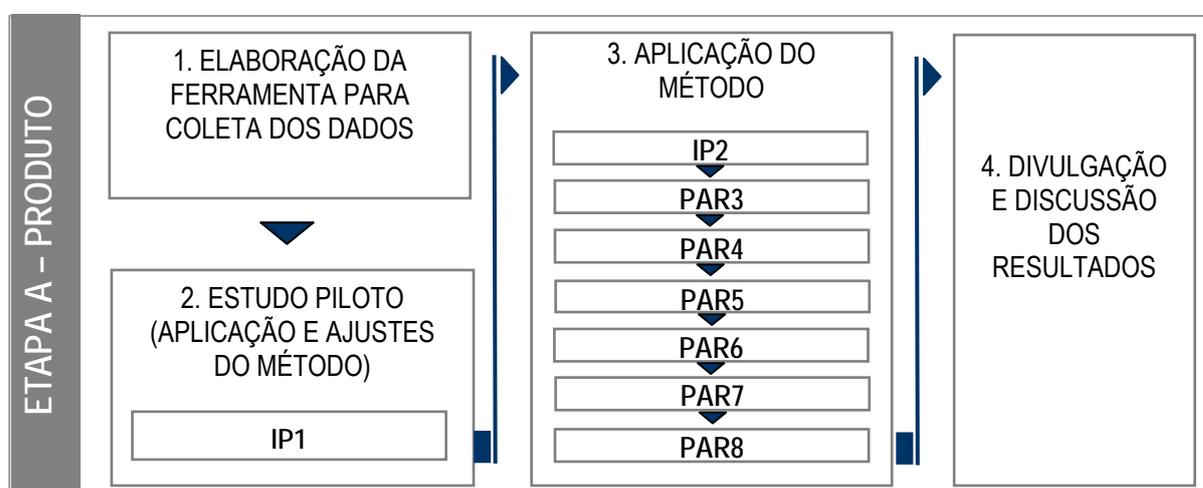


Figura 23: desenvolvimento da etapa A – processo de uso

A ferramenta utilizada para este estudo consiste numa adaptação de uma ferramenta elaborada pelo MINISTÉRIO DE VIVENDAS BÁSICAS Y URBANISMO (CHILE, 2004). A ferramenta desenvolvida está dividida em 8 seções (apêndices 1, 2, 3 e 4). Nas duas primeiras seções é caracterizada a unidade a ser analisada, sua localização, o número de pessoas que ocupam a habitação e a idade (considerado o período entre a entrega da habitação até a data da entrevista em meses). Na seção 3 (figura 24) registrou-se o estado atual da habitação, identificando as modificações realizadas na habitação e se estas, de alguma forma, interferem na estrutura da edificação (remoção de uma parede, por exemplo). Também se observou se as instalações sofreram modificações ou se havia instalações não previstas no projeto.

Para avaliar a percepção do usuário sobre os principais defeitos, foi incluída uma pergunta aberta: “quais os principais defeitos encontrados no seu apartamento?”. Registravam-se todas as respostas relatadas de maneira espontânea, as quais foram consideradas como as principais percepções dos usuários sobre os defeitos da habitação.

Seção 3 - Estado atual da Habitação																																				
Unidade - habitação	Códigos: <table border="1"> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>Modificação sem interferência na estrutura da edificação</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>Modificação com interferência na estrutura da edificação</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>2</td><td>Sem modificação</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>3</td><td>Outro</td></tr> </table>	1	0	0	Modificação sem interferência na estrutura da edificação	1	0	1	Modificação com interferência na estrutura da edificação	1	0	2	Sem modificação	1	0	3	Outro																			
1	0	0	Modificação sem interferência na estrutura da edificação																																	
1	0	1	Modificação com interferência na estrutura da edificação																																	
1	0	2	Sem modificação																																	
1	0	3	Outro																																	
	<table border="1"><tr><td>1</td><td>0</td><td></td></tr></table>	1	0																																	
1	0																																			
Instalações	Códigos: Para x = 2, 3, 4, 5, 6, 7 ou 8 : <table border="1"> <tr><td>x</td><td>0</td><td>0</td><td>Disposição não modificada</td></tr> <tr><td>x</td><td>0</td><td>1</td><td>Disposição modificada durante a obra</td></tr> <tr><td>x</td><td>0</td><td>2</td><td>Disposição modificada após a obra</td></tr> <tr><td>x</td><td>0</td><td>3</td><td>Não existe instalações</td></tr> </table>	x	0	0	Disposição não modificada	x	0	1	Disposição modificada durante a obra	x	0	2	Disposição modificada após a obra	x	0	3	Não existe instalações																			
x	0	0	Disposição não modificada																																	
x	0	1	Disposição modificada durante a obra																																	
x	0	2	Disposição modificada após a obra																																	
x	0	3	Não existe instalações																																	
<table border="1"> <tr><td>2</td><td>Instalações Hidro-Sanitárias</td></tr> <tr><td>3</td><td>Instalações Elétricas e Telefônicas</td></tr> <tr><td>4</td><td>Instalações de gás</td></tr> <tr><td>5</td><td>Instalações de TV</td></tr> <tr><td>6</td><td>Instalações de Ar condicionado</td></tr> <tr><td>7</td><td>Instalações de água quente</td></tr> <tr><td>8</td><td>Outras (especificar): _____</td></tr> </table>	2	Instalações Hidro-Sanitárias	3	Instalações Elétricas e Telefônicas	4	Instalações de gás	5	Instalações de TV	6	Instalações de Ar condicionado	7	Instalações de água quente	8	Outras (especificar): _____	<table border="1"> <tr><td>2</td><td>0</td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td>0</td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td>0</td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td>0</td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td>0</td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td>0</td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td>0</td><td></td></tr> </table>	2	0		3	0		4	0		5	0		6	0		7	0		8	0	
2	Instalações Hidro-Sanitárias																																			
3	Instalações Elétricas e Telefônicas																																			
4	Instalações de gás																																			
5	Instalações de TV																																			
6	Instalações de Ar condicionado																																			
7	Instalações de água quente																																			
8	Outras (especificar): _____																																			
2	0																																			
3	0																																			
4	0																																			
5	0																																			
6	0																																			
7	0																																			
8	0																																			
Seção 4 - Croqui e percepção do usuário																																				
Data de aplicação da entrevista	<table border="1"> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>dia</td><td>mes</td><td>ano</td><td></td><td></td></tr> </table>						dia	mes	ano																											
dia	mes	ano																																		
Layout unidade base com identificação da orientação solar	Quais os principais defeitos encontrados no seu apartamento?																																			
	<hr/>																																			

Figura 24: seção 3 e 4 da ferramenta de coleta dos dados da etapa A – estado atual da habitação e croqui e percepção dos usuários

As seções seguintes (5 a 8) tiveram como objetivo registrar a ocorrência de manifestações patológicas em todas as paredes (internas e externas), tetos e pisos da habitação. Esta análise ocorreu por observação direta (visual), com distância aproximada de um metro do anteparo a ser observado (parede, teto ou piso) para verificação dos defeitos e realizada pelo mesmo pesquisador em todas unidades visitadas. Cada manifestação patológica foi desenhada (esboço) na forma que se apresenta (reta, curva, etc.). As manifestações dos pisos e tetos foram registradas diretamente no croqui da planta baixa (*layout* da unidade base) da seção 4 (figura 24). As manifestações das paredes internas foram registradas na seção 6 (figura 25) e das paredes externas na seção 8 (figura 25).

Salienta-se que a coleta das manifestações patológicas das paredes externas foi também pela observação direta e visual, entretanto, em alguns casos com uma distância diferente de um metro. Ou seja, em unidades habitacionais do último pavimento por exemplo, os dados foram coletados pela observação tanto das proximidades das janelas da habitação como pela observação direcionada do terreno para as paredes externas da unidade a ser analisada.

**Seção 6 - Croquis da parte interna das unidades habitacionais**

SALA

COZINHA

FACHADA

The diagram consists of three parts. The top part, 'Seção 6', shows two floor plans: 'SALA' (living room) and 'COZINHA' (kitchen). Each room has several rectangular shapes representing walls, with small numbered boxes placed along these walls for data collection. The middle part, 'Seção 8', shows a 'FACHADA' (facade) with several rectangular shapes representing external walls, also with numbered boxes for data collection.

Figura 25: exemplo da seção 6 e 8 da ferramenta de coleta dos dados da etapa A – croquis das faces internas das paredes (cozinha e sala) e das faces externas das paredes da habitação

Cada manifestação foi numerada e categorizada de acordo com a planilha de códigos (figura 26). Assim, cada defeito possui um número e seu respectivo código. O objetivo desta numeração foi criar um coeficiente para comparar os empreendimentos entre si. Este coeficiente será explicado no item a seguir.

0 1 ALVENARIA E REVESTIMENTOS			CÓDIGOS GERAIS		
OBSERVAÇÃO	ELEMENTO	MATERIAL	LOCAL		
0 1 FISSURA (45°)	0 1 PORTA	0 1 ARGAMASSA	0 1 ACESSO EXTERNO		
0 2 FISSURA HORIZONTAL	0 2 JANELA	0 2 BLOCOS	0 2 SALA DE ESTAR		
0 3 FISSURA VERTICAL	0 3 PAREDE ZONA SECA	0 3 CONCRETO ARMADO	0 3 COZINHA / AS		
0 4 FISSURA ESCALONADA	0 4 PAREDE ZONA ÚMIDA	0 4 ALUMÍNIO	0 4 BANHEIRO		
0 5 FISSURAS MAPEADAS	0 5 PAREDE MISTA	0 5 MADEIRA	0 5 DORMITÓRIO MAIOR		
0 6 DESCOLAMENTO PONTUAL	0 6 TETO	0 6 FERRO	0 6 DORMITÓRIO MENOR		
0 7 DESCOLAMENTO PLACAS	0 7 PISO	0 7 VIDRO	0 7 CAIXA DA ESCADA		
0 8 INFILTRAÇÃO	0 8	0 8 AZULEJO	0 8 CIRCULAÇÃO INTERNA		
0 9 UMIDADE	0 9	0 9 PISO CERÂMICO	0 9 PLATIBANDA		
1 0 DEFORMAÇÃO	1 0	1 0 PISO CARPETE	1 0 VOLUME RESERV. SUP.		
1 1 IRREGULAR (PLANICIDADE)	1 1	1 1 PISO LAMINADO	1 1 FACHADA EXTERNA		
1 2 DESGASTE	1 2	1 2 JUNTA DE DILATAÇÃO	1 2 MURO		
1 3 FIXAÇÃO SOLTA	1 3	1 3	1 3 LAVABO		
1 4 FRESTAS	1 4	1 4			
1 5 ROMPIMENTO (QUEBRA)	1 5	1 5			
0 2 ESTRUTURA (PILARES, VIGAS E LAJES)			COMPROMETIMENTO		
OBSERVAÇÃO	ELEMENTO	MATERIAL	ORIGEM		
0 1 FISSURA (45°) (DIAGONAL)	0 1 LAJE TETO	0 1 CONCRETO ARMADO	0 1 PROJETO		
0 2 FISSURA HORIZONTAL (RETA)	0 2 LAJE PISO	0 2 FERRO (ARMADURAS)	0 2 EXECUÇÃO		
0 3 FISSURA VERTICAL	0 3 VIGA	0 3 ALGEROSA	0 3 MATERIAL		
0 4 FISSURA ESCALONADA	0 4 PILAR	0 4 TELHAS	0 4 USO		
0 5 FISSURAS MAPEADAS	0 5 ELEMENTOS DE CONCRETO	0 5 AUSÊNCIA DE ALGEROSA			
0 6 DESCOLAMENTO	0 6 REFORÇOS EM CONCRETO	0 6 JUNTA DE DILATAÇÃO			
0 7 INFILTRAÇÃO	0 7 CINTAS EM CONCRETO	0 7			
0 8 UMIDADE	0 8 TELHADO	0 8			
0 9 DEFORMAÇÃO	0 9	0 9			
1 0 CORROSÃO ARMADURAS	1 0	1 0			
1 1 DESGASTE ARESTAS	1 1	1 1			
1 2 FIXAÇÃO SOLTA	1 2	1 2			
1 3 FRESTAS	1 3	1 3			
1 4 ROMPIMENTO (QUEBRA)	1 4	1 4			
1 5 FALHAS DE CONCRETAGEM	1 5	1 5			
			REPARADO?		
			0 1 SIM		
			0 2 NÃO		

Figura 26: planilha de códigos da ferramenta de coleta dos dados da etapa A

Os códigos foram divididos em dois grandes grupos: (1) alvenaria e revestimentos e (2) estrutura (pilares, vigas e lajes). Cada grupo está dividido quanto a sua observação (forma de manifestação),

elemento, material, local, grau de comprometimento, possíveis origens e se houve reparos. Alguns critérios foram adotados para quantificar as manifestações patológicas:

- a) As fissuras a 45°, horizontais, verticais e escalonadas que ultrapassassem um metro em sua extensão foram divididas em uma manifestação para cada metro linear, sendo numeradas e codificadas separadamente.
- b) As fissuras mapeadas, devido à sua forma de aparição ser generalizada, foram divididas em uma manifestação para cada metro quadrado, sendo numeradas e codificadas separadamente.
- c) Considerou-se umidade quando havia presença de água dentro da habitação, seja umidade de infiltração, de condensação, de obra (originada nos trabalhos de construção dos edifícios), de solo (absorção de água do solo) e acidental (vazamentos).
- d) A irregularidade das paredes foi constatada somente quando a planicidade das superfícies das paredes ou tetos ultrapassavam uma tolerância visual, ou seja, apresentarem problemas graves na sua planicidade.
- e) Caso a mesma manifestação patológica tenha sido identificada nas duas faces da mesma parede, foi catalogada somente como uma ocorrência. Entretanto, considerou-se esta ocorrência na face com maior impacto. Com por exemplo uma fissura horizontal identificada nas faces externa e interna de uma mesma parede, esta foi registrada na face que teve uma maior abertura.

Quanto ao grau comprometimento, as manifestações patológicas foram classificadas em alto, quando possuem problemas estruturais (ex: recalque de fundações); médio, quando ocorre a infiltração de água para dentro da unidade habitacional; e baixo, quando havia somente problemas estéticos, de caráter superficial.

Quanto à sua origem, as manifestações foram classificadas em projeto, execução, material e uso<sup>58</sup>. Esta classificação foi facilitada pelo fato de que foram realizados estudos em empreendimentos semelhantes, considerando empreendimentos concluídos, como em execução, executados pelas mesmas empresas.

A amostra das unidades diagnosticadas dos empreendimentos estudados foi de 10% do número total de unidades habitacionais por empreendimento, valor este sugerido por Ioshimoto (1988). Este valor é fundamentado estatisticamente a um nível de confiança de 95%, conforme o cálculo aproximado do tamanho da amostra pelas equações 1 e 2.

$$n_0 = 1 / E_0^2 \quad (1)$$

$$n = N \cdot n_0 / N + n_0 \quad (2)$$

<sup>58</sup> A origem das manifestações foi classificada segundo o conceito de custos de falhas externas proposto por Hammarlund e Josephson (1992) *apud* Fiess *et al.* (2004), como sendo provenientes de projeto, de execução, de materiais e decorrentes do uso.

Sendo,  $N$  = tamanho da população,  $E_0$  = erro amostral tolerável,  $n_0$  = primeira aproximação do tamanho da amostra, e  $n$  = tamanho da amostra. Considerando um erro amostral de 10% e já que o tamanho da população estudada foi de 1034 unidades habitacionais (tabela 08), tem-se:

$$n_0 = 1 / (0,10)^2 = 100$$

$$n = 1034 \cdot 100 / 1034 + 100 = 92 \text{ unidades habitacionais}$$

Visto que estas 92 unidades habitacionais representam aproximadamente 9% de todas as unidades habitacionais, considerou-se o valor proposto por Ioshimoto (1988) de 10% mais adequado. Conforme recomendado por Ioshimoto (1988), as unidades desta amostra foram selecionadas aleatoriamente. Entretanto houve uma estratificação da amostra por alguns critérios, que seguem:

- a) De acordo com a orientação solar das unidades habitacionais: metade das unidades habitacionais com a maior incidência solar (orientação solar norte/oeste) e a outra metade com a menor incidência solar (orientação solar sul/leste).
- b) Conforme a sua posição vertical: um terço das unidades do térreo, um terço nos pavimentos intermediários e um terço do último andar.
- c) Conforme a distribuição das unidades nos edifícios: escolheu-se o mesmo número de unidades por edifício do empreendimento habitacional.

Estes critérios foram adotados por três motivos: (a) para analisar a influência da incidência solar no aparecimento de manifestações patológicas; (b) para analisar se as manifestações patológicas se diferem entre os pavimentos das edificações; e (c) para não concentrar o diagnóstico em um pequeno número de edifícios do empreendimento. Este último poderia distorcer os resultados caso houvesse manifestações patológicas pouco importantes em vários edifícios e outras extremamente graves num pequeno número de edifícios.

Nesta coleta de dados não foram consideradas as áreas condominiais, como, por exemplo, o salão de festas. Também não foram registradas as manifestações patológicas dos volumes dos reservatórios e das circulações internas dos edifícios, embora estas situações tenham sido observadas.

#### *4.4.3.1.2 Coeficiente de defeitos por unidades (CDU)*

A quantidade de manifestações patológicas observadas em cada empreendimento é função do número de unidades visitadas, sendo, portanto, variável e de difícil comparação. Assim, para comparar os empreendimentos entre si, adotou-se um coeficiente, que é calculado pela razão entre o número de defeitos e o número total de elementos. Esta relação foi denominada de “coeficiente de defeitos por unidade” (CDU), sendo expressa pela equação abaixo (equação 3).

$$\text{CDU} = \text{número de manifestações patológicas} / \text{número total de elementos} \quad (3)$$

Este coeficiente foi uma adaptação de um coeficiente proposto por Ioshimoto (1988). A principal diferença entre os dois coeficientes está no valor do denominador. Ioshimoto (1988) propôs calcular a relação entre o número de problemas encontrados em cada conjunto habitacional e o número de unidades visitadas, enquanto o presente coeficiente tem em seu denominador o número total de elementos. No estudo de Ioshimoto (1988) o critério adotado para catalogar o número de ocorrências não estava explícito.

Para contagem do número de elementos, considerou-se que cada face de uma parede, teto ou piso, equivale a uma unidade. Por exemplo, um dormitório com quatro paredes possui seis faces internas, uma no piso, outra no teto e quatro nas paredes. Desta forma foi possível agrupar as manifestações patológicas por cada elemento, sejam das faces internas das paredes, das faces externas das paredes (fachadas) ou das lajes. Assim, dividiu-se o coeficiente CDU em quatro categorias:

- a) O  $\text{CDU}_{\text{laje}}$  refere-se ao coeficiente entre o número de ocorrências de manifestações patológicas identificadas nas lajes (piso e teto) pelo número total de faces das lajes, considerando teto e piso.
- b) O  $\text{CDU}_{\text{P(FACE EXTERNA)}}$  é o coeficiente entre o número de ocorrências de manifestações patológicas identificadas nas fachadas da unidade habitacional visitada pelo número total de faces externas das paredes da mesma unidade. Salienta-se que foram consideradas as faces externas somente na projeção da unidade habitacional visitada.
- c) O  $\text{CDU}_{\text{P(FACE INTERNA)}}$  é calculado de forma semelhante ao CDU das fachadas, mas para as faces internas das paredes.
- d) O  $\text{CDU}_{\text{MÉDIO}}$  é calculado através da média aritmética entre os coeficientes obtidos em cada elemento. Foi considerada a média aritmética ao invés da média ponderada porque os coeficientes CDU de cada elemento já ponderam o número de elementos.

Visto que a confiabilidade para este trabalho é a probabilidade do produto apresentar defeitos num determinado período de tempo (GARVIN, 1987), pode-se analisar a confiabilidade dos empreendimentos estudados a partir dos coeficientes CDU. Deste ponto de vista, um menor coeficiente CDU indica que um empreendimento é mais confiável que outro.

Salienta-se que esta afirmação é válida apenas porque os empreendimentos não tiveram grandes diferenças na sua idade, se considerar todo o ciclo de vida do produto habitação. Ou seja, os defeitos identificados nos empreendimentos podem ser considerados, segundo Wu *et al.* (2006), do período de falhas imaturas - decorrente de falhas de projeto ou de execução - ou do início do período de falhas constantes - resultantes de limitações inerentes ao projeto mais acidentes causados pelo uso ou falta de manutenção.

#### 4.4.3.1.3 Apresentação dos resultados da etapa A

A divulgação dos resultados do estudo empírico A aconteceu através de seminários para os principais participantes dos empreendimentos e de reuniões individuais em cada empresa.

O primeiro seminário foi realizado na sede estadual da CAIXA, apenas para técnicos da Gerência de Desenvolvimento Urbano do Rio Grande do Sul (GIDUR-RS). Já o segundo evento foi realizado na UFRGS, tendo a presença de professores e alunos do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, técnicos da GIDUR-RS, representantes das empresas construtoras, projetistas e engenheiros especialistas em alvenaria.

As reuniões individuais ocorreram em todas as empresas, porém de maneiras diferentes. Na empresa E1 foram apresentados e discutidos os resultados da etapa A e do estudo piloto. Este evento foi realizado na sede da própria empresa, tendo a presença do diretor da empresa, a responsável pela gerência de projetos, os responsáveis técnicos pelas obras, os estagiários, mestres de obra e os responsáveis pelas empreiteiras de mão de obra; além da presença do orientador deste trabalho e alunos do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil/UFRGS.

Os resultados individuais da empresa E2 foram apresentados e discutidos num seminário interno e fechado, pois esta empresa optou em discutir seus resultados somente com o corpo técnico da empresa, ou seja, com gerente geral da produção, os engenheiros responsáveis e o responsável pela gerência dos projetos.

Já nas empresas E3 e E4, os resultados foram apresentados e discutidos com os responsáveis pela obra em andamento no próprio canteiro de obras, durante uma das visitas da etapa B.

Durante estas apresentações, ocorreram discussões sobre as principais manifestações patológicas de alvenaria estrutural, sua origem e soluções para garantir a qualidade da alvenaria.

#### 4.4.3.2 Etapa B: coleta e análise de dados na fase de Construção

Nesta etapa foram analisadas as técnicas construtivas e o processo de avaliação da qualidade adotado pelas empresas. Os empreendimentos em construção foram analisados na ordem crescente de numeração, conforme indicado na figura 27.

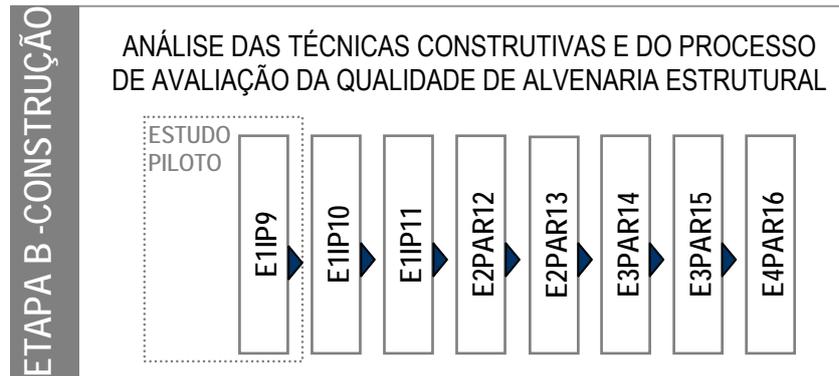


Figura 27: estudos empíricos da etapa B

O desenvolvimento da etapa B teve uma duração total de cinco meses. Salienta-se que o início da análise, principalmente das técnicas construtivas de cada empresa, teve início durante a apresentação e discussão dos resultados da etapa A.

Após esta discussão foram realizadas visitas em canteiro de obras para coleta dos dados da etapa B. Durante as visitas foram analisadas tanto as técnicas construtivas como os procedimentos de avaliação da qualidade adotados pelas empresas em canteiro de obras. Nos empreendimentos mais próximos de Porto Alegre as visitas tiveram duração de meio turno (manhã ou tarde); e nos empreendimentos mais distantes de Porto Alegre, as visitas foram realizadas em dois turnos (manhã e tarde). Em cada empreendimento em construção houve no mínimo duas visitas e no máximo treze, considerando que uma visita corresponde a um turno. Nos empreendimentos da empresa E1 foram realizadas 13 visitas, na empresa E2 foram realizadas 4 visitas, na empresa E3 também 4 visitas e na empresa E4 2 visitas. Apenas no empreendimento da empresa E4 as visitas foram em dois dias consecutivos, visto que as demais visitas foram espaçadas uma das outras.

A análise das técnicas construtivas ocorreu de duas maneiras: (a) pela avaliação dos projetos específicos de alvenaria estrutural, incluindo as plantas da primeira fiada e de elevações das paredes; e (b) pela observação da execução da obra propriamente dita. Na análise dos projetos os principais pontos observados foram:

- a) A modularidade dos componentes e elementos e a compatibilização entre projetos;
- b) As especificações da argamassa de assentamento e dos blocos estruturais;
- c) As amarrações das paredes;
- d) As especificações das juntas de controle e de assentamento;
- e) As especificações das vergas e contra-vergas;
- f) As especificações das cintas de respaldo;
- g) Detalhes executivos (interface das lajes com as paredes, por exemplo);
- h) Pontos de grautes.

A análise da execução da obra ocorreu tanto pela observação da execução das elevações das alvenarias como outros aspectos gerais da obra, como, por exemplo, a produção de argamassa e o armazenamento dos blocos. Durante as visitas às obras, os principais pontos observados foram:

- a) Ferramentas e equipamentos utilizados para a execução das elevações das alvenarias;
- b) Análise visual dos materiais utilizados para a execução (blocos, argamassa de assentamento e concreto);
- c) Execução da marcação das primeiras fiadas;
- d) Execução das elevações das alvenarias e embutimento das instalações;
- e) Execução dos grautes e componentes moldados durante a execução das alvenarias;
- f) Execução das lajes.

Após a análise das técnicas construtivas, foi realizada a análise do processo de avaliação da qualidade da alvenaria adotado pelas empresas. Esta análise ocorreu na mesma visita da análise das técnicas construtivas, porém em momentos distintos. Apenas na empresa E1 que esta análise ocorreu em visitas separadas.

Os processo de controle da qualidade da alvenaria adotados pela empresa em canteiro de obras foram analisados de duas maneiras: (a) análise dos procedimentos do sistema de gestão da qualidade, particularmente aqueles referentes ao processo de controle da alvenaria; e (b) realização de uma entrevista com o engenheiro responsável pela obra. Para esta entrevista foi utilizado um roteiro contendo uma seqüência de perguntas abertas: (a) Quem realiza o controle da alvenaria? (b) Quando é feito o controle da alvenaria? (c) O que é feito para controlar a alvenaria? (d) Como é realizado o controle da alvenaria?

#### 4.4.3.3 Etapa C: coleta e análise de dados na fase de fiscalização pela CAIXA

A etapa C foi dividida em seis atividades: (a) investigação preliminar da fiscalização em canteiro de obras; (b) análise de documentos; (c) proposta do mapa do processo de avaliação da qualidade; (d) entrevistas com os responsáveis pelas fiscalizações (GIDUR-RS); (e) entrevistas com os superintendentes (GIDUR-RS); e (f) revisão final do mapa; conforme figura 28.

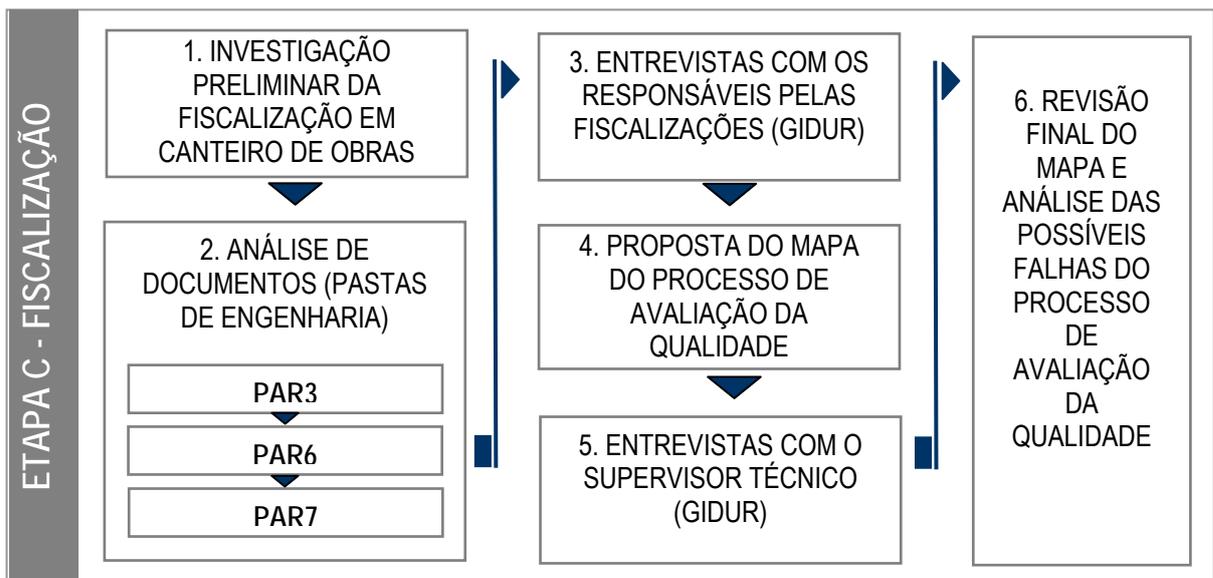


Figura 28: desenvolvimento da etapa C (fiscalização)

Na investigação preliminar, acompanhou-se o processo de fiscalização por parte de técnicos da CAIXA em dois canteiros de obras que se encontravam na fase de levante da alvenaria. Após, foram analisados os documentos referentes a três empreendimentos, constantes nas pastas de engenharia arquivadas na CAIXA/RS. Estas pastas contêm uma série de documentos relacionados à construção dos empreendimentos, como, por exemplo, os registros das vistorias mensais e intermediárias, o plano de monitoramento da alvenaria estrutural, os cronogramas de liberações de recursos e os projetos. Estes empreendimentos haviam sido avaliados na etapa A da pesquisa, sendo que o primeiro empreendimento obteve o maior CDU global, o segundo obteve um CDU global intermediário e o terceiro o menor CDU global.

A partir da análise desta documentação e do modelo do processo de desenvolvimento de empreendimentos PAR, proposto por Leite (2005), foi elaborado um questionário semi-estruturado (apêndice 05) com o objetivo de descrever o processo de avaliação da qualidade adotado pela CAIXA e representá-lo através de um mapa. Este questionário foi aplicado a todos os técnicos responsáveis pela fiscalização, num total de seis pessoas.

Após elaboração do mapa, foi entrevistado o supervisor técnico da GIDUR-RS, que também estava no grupo anterior de entrevistas, para verificar possíveis falhas da elaboração do mesmo. Concluídas as entrevistas, elaborou-se a versão final do mapa e analisaram-se as possíveis falhas do processo de avaliação da qualidade adotado pela CAIXA.

#### 4.5 FASE 3: ANÁLISE CRUZADA DOS DADOS

A partir da análise cruzada dos dados foi possível analisar a relação das não-conformidades do processo construtivo de alvenaria estrutural, identificadas durante os estudos empíricos com a confiabilidade do produto, objetivo principal deste trabalho.

A confiabilidade foi mensurada através da aplicação do método proposto de coleta sistemática de manifestações patológicas por observação direta. O resultado da aplicação deste método foi um diagnóstico de manifestações patológicas, expresso através do cálculo dos coeficientes CDU para cada empreendimento estudado. Os diferentes empreendimentos foram comparados através da análise de variância (ANOVA<sup>59</sup>) com o auxílio do software “Statistica – versão 5.0”. Esta análise estatística dos dados foi realizada com o objetivo de identificar, entre os dados coletados, quais as variáveis que apresentavam comportamento estatisticamente significativo em relação às manifestações patológicas encontradas.

Após a análise estatística, estes dados foram cruzados com os resultados obtidos nos estudos empíricos da etapa B. Este cruzamento dos dados resultou na análise das principais técnicas identificadas nos empreendimentos em construção que podem comprometer a confiabilidade da alvenaria estrutural. Ainda durante a análise dos dados dos estudos empíricos da etapa B, também foi analisado o controle da qualidade da alvenaria estrutural adotado pelas empresas construtoras. Neste sentido, foi analisada a eficácia deste controle para garantir a conformidade da alvenaria estrutural.

Por fim, a análise dos dados da etapa C resultou num mapa do processo de avaliação da qualidade adotado pela CAIXA/RS. Através deste mapa, foram analisadas as principais falhas neste processo de avaliação da qualidade. Esta análise resultou em algumas oportunidades de melhorias que podem vir a contribuir para a melhoria da confiabilidade da alvenaria estrutural nos empreendimentos estudados.

---

<sup>59</sup> A sigla ANOVA significa análise de variância, ou do original em inglês: “ANalysis Of VAriance between groups”.

---

## APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS DA PESQUISA

O presente capítulo apresenta os resultados dos estudos realizados no desenvolvimento da pesquisa. Inicialmente serão apresentados os resultados da etapa A, de análise das manifestações patológicas de alvenaria estrutural nos empreendimentos estudados. Em seguida, são apresentados os resultados da análise do processo de produção das empresas responsáveis pela execução destes empreendimentos, no que diz respeito à aplicação das técnicas de alvenaria estrutural e ao processo de avaliação da qualidade, realizados na etapa B. Por fim, são apresentados os resultados da etapa C, referente à análise do processo de fiscalização da qualidade adotado pela CAIXA.

### 5.1 ETAPA A – PRODUTO

A aplicação do método proposto de coleta sistemática de manifestações patológicas por observação direta resultou num diagnóstico de manifestações patológicas. Foram calculados os coeficientes CDU para cada empreendimento estudado, sendo comparados os diferentes empreendimentos através da análise estatística dos dados. A partir deste método, também foi possível analisar as modificações nas instalações e na estrutura das edificações e a percepção dos usuários sobre as manifestações patológicas.

#### 5.1.1 Diagnóstico de manifestações patológicas dos empreendimentos estudados

A tabela 10 apresenta os coeficientes CDU por elemento e a média destes coeficientes para cada um dos empreendimentos estudados.

Tabela 10: coeficientes CDU médios e por elementos dos empreendimentos do programa IP e PAR estudados

Empreendimento	CDU <sub>MÉDIO</sub>	CDU por elementos		
		CDU <sub>LAJE</sub>	CDU <sub>P</sub> (FACE EXTERNA)	CDU <sub>P</sub> (FACE INTERNA)
IP1	0,30	0,32	0,38	0,14
IP2	0,18	0,12	0,18	0,24
PAR3	0,82	0,49	1,31	0,72
PAR4	0,85	0,03	2,44	0,13
PAR5	0,98	0,49	2,21	0,26
PAR6	1,08	0,76	2,30	0,17
PAR7	0,39	1,00	0,13	0,05
PAR8	1,35	0,43	3,41	0,20

A partir da análise da variância (ANOVA) dos coeficientes CDU de cada unidade habitacional nos diferentes elementos avaliados, constata-se que as diferenças entre os coeficientes CDU por empreendimento, por elemento e a interação entre estas duas variáveis podem ser consideradas estatisticamente significativas, conforme tabela 11. Assim, verifica-se que há uma considerável diferença entre os coeficientes CDU de cada empreendimento estudado.

Tabela 11: análise de variância (ANOVA) para os coeficientes CDU de cada unidade habitacional por empreendimento, por elemento e a interação entre estas duas variáveis

	GDL	MQ	F(calc)	Valor-p	Significância
Empreendimento (1)	7	6,941356182	13,69902515	1,43746E-15	S
Elemento (2)	2	47,09598923	92,94568634	0	S
Empr. (1) x elemento (2)	14	9,41512394	18,58109856	0	S
Erro	330	0,506704			

GDL: graus de liberdade    MQ: média quadrática    F: valor calculado de F

NS: Valor não significativo    S: Valor significativo

Se valor-p < 0,05: efeito significativo (para um nível de significância de 95%)

A figura 29 ilustra os coeficientes CDU provenientes desta análise, evidenciando as diferenças entre os empreendimentos através de seus coeficientes CDU médios.

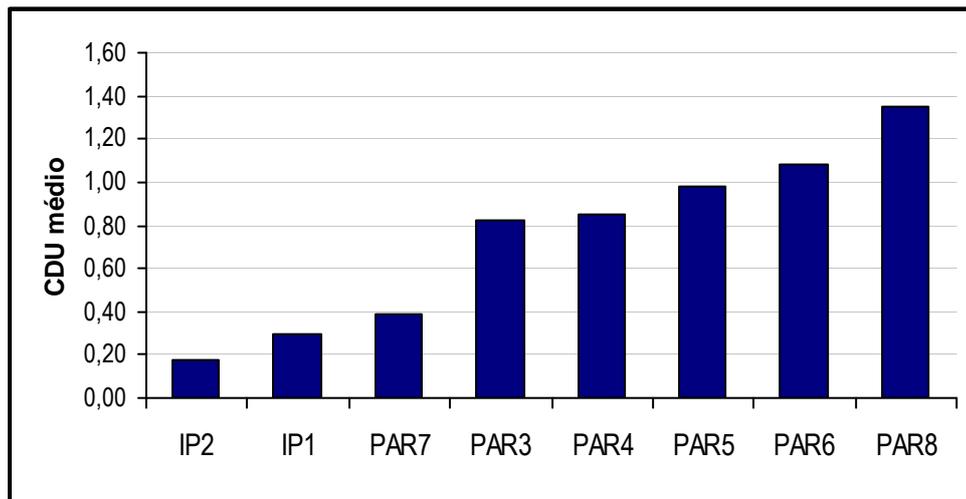


Figura 29: coeficientes CDU médios dos oito empreendimentos estudados

Com o objetivo de verificar a significância entre os coeficientes CDU de cada empreendimento, a tabela 12 apresenta a análise múltipla de médias fornecida pelo software estatístico.

Tabela 12: análise múltipla de médias calculadas para os coeficientes CDU de cada unidade nos diferentes empreendimentos

Empreendimento	IP1	IP2	PAR3	PAR4	PAR5	PAR6	PAR7	PAR8
IP1		0,46860259	0,002327	0,001595	8,7958E-05	1,1205E-05	0,562152	4,2915E-06
IP2	0,4686025		0,000212	0,000122	7,1765E-06	4,4406E-06	0,220689	4,5896E-06
PAR3	0,00232687	0,00021215		0,855451	0,35643249	0,16032528	0,010153	0,00324429
PAR4	0,00159461	0,00012172	0,855451		0,42159408	0,1989232	0,008175	0,00487829
PAR5	8,7958E-05	7,1765E-06	0,356432	0,421594		0,57313287	0,000713	0,03696209
PAR6	1,1205E-05	4,4406E-06	0,160325	0,198923	0,57313287		9,41E-05	0,10345506
PAR7	0,56215190	0,22068879	0,010153	0,008175	0,00071316	9,4054E-05		4,0412E-06
PAR8	4,2915E-06	4,5896E-06	0,003244	0,004878	0,03696209	0,10345506	4,04E-06	

Se p-level < 0,05: efeito significativo (a um nível de significância de 95%)

Na tabela 12, verifica-se que os coeficientes CDU dos empreendimentos IP1, IP2 e PAR7 foram significativamente menores do que os outros empreendimentos estudados; porém, os coeficientes CDU destes empreendimentos não apresentaram diferenças significativas entre si.

Observa-se que o coeficiente CDU médio do empreendimento PAR8 é maior do que todos outros coeficientes CDU médios. Este coeficiente CDU médio (PAR8) é significativamente maior do que os coeficientes CDU médios dos demais empreendimentos, com exceção do coeficiente CDU médio do empreendimento PAR6.

Também observa-se que, assim como os coeficientes CDU médios dos empreendimentos PAR3, PAR4, PAR5 e PAR6 não apresentaram diferenças significativas entre si, também não foram identificadas diferenças significativas entre os coeficientes CDU dos empreendimentos IP1 e IP2.

Salienta-se que na seleção dos empreendimentos estudados, os empreendimentos PAR7 e PAR3 foram apontados pelos técnicos da CAIXA (GIDUR/RS) como sendo os empreendimentos do programa PAR com a menor (PAR7) e a maior (PAR3) incidência de manifestações patológicas. Esta constatação empírica foi confirmada apenas pelo coeficiente CDU médio do empreendimento PAR7, em relação aos demais coeficientes CDU médios dos empreendimentos do programa PAR.

Através dos coeficientes CDU médios do empreendimento PAR7, verifica-se que este empreendimento tem o menor coeficiente em relação aos outros empreendimentos do programa PAR. Porém, a partir da análise dos coeficientes CDU de cada elemento, verifica-se que, embora este empreendimento tenha os menores coeficientes das faces internas e externas das paredes, seu coeficiente CDU da laje é o maior em relação a todos os empreendimentos estudados.

Já o empreendimento PAR3 tem um coeficiente CDU médio menor do que os empreendimentos PAR4, PAR5, PAR6 e PAR8. Entretanto, a partir da análise dos coeficientes CDU por elemento, verifica-se que o empreendimento PAR3 obteve um coeficiente CDU das faces internas das paredes maior do que os outros empreendimentos estudados.

Com o objetivo de analisar a diferença dos elementos entre si, a figura 30 ilustra os coeficientes CDU calculados para cada elemento.

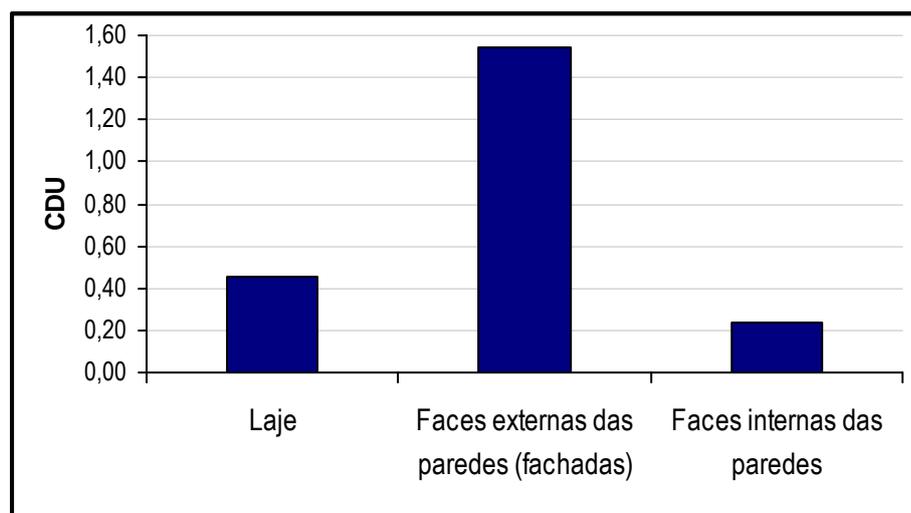


Figura 30: coeficientes CDU de cada elemento

Através da análise múltipla de médias, verifica-se que as diferenças entre os coeficientes CDU das faces externas das paredes em relação aos coeficientes dos outros elementos são significativas; assim como as diferenças entre os coeficientes CDU das faces internas das paredes em relação aos coeficientes das lajes também são significativas. A tabela 13 apresenta tal análise.

Tabela 13: análise múltipla de médias para os coeficientes CDU dos três elementos – lajes, faces internas e externas das paredes

ELEMENTO	Laje	Faces externas das paredes	Faces internas das paredes
Laje		8,76188E-06	0,042505
Faces externas das paredes	8,76188E-06		1,09E-05
Faces internas das paredes	0,042505085	1,09077E-05	

Se p-level < 0,05: efeito significativo (a um nível de significância de 95%)

#### 5.1.1.1 Análise do grau de comprometimento das manifestações patológicas

Com o objetivo de analisar as conseqüências das manifestações patológicas identificadas nos empreendimentos estudados, estas foram classificadas quanto ao seu grau de comprometimento, podendo ser alto, médio ou baixo. As manifestações patológicas com grau de comprometimento baixo são apenas estéticas, manifestando-se superficialmente. As manifestações patológicas de grau de comprometimento médio são as manifestações que têm uma tendência de permitir a passagem de água para dentro das habitações ou a própria presença de umidade. Já as manifestações patológicas com grau de comprometimento alto, estão relacionadas com problemas estruturais da edificação.

A figura 31 apresenta a incidência de manifestações patológicas em cada uma destas categorias.

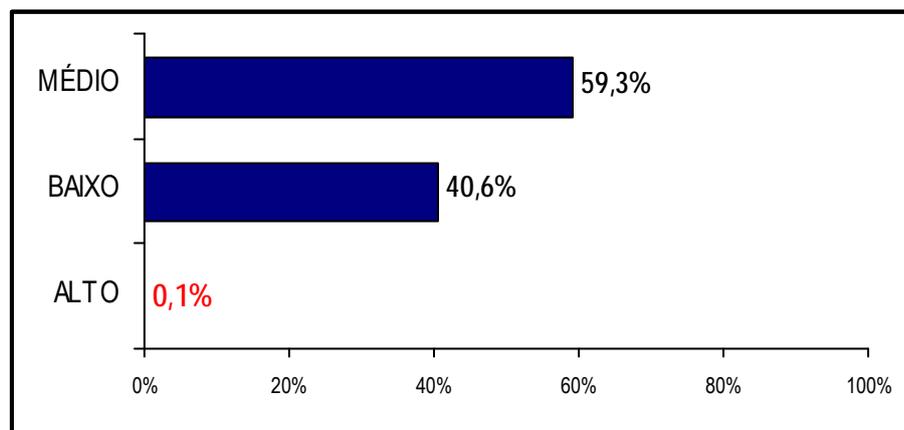


Figura 31: grau de comprometimento das manifestações patológicas identificadas nos empreendimentos estudados

Através da figura 31, observa-se que em torno de 60% das manifestações patológicas tiveram um grau de comprometimento médio. Uma parte destas infiltrações podem ter sido causadas pelas fissuras mapeadas e horizontais presentes nas fachadas das edificações. Já as manifestações de comprometimento baixo foram identificadas em torno de 40% e são apenas estéticas, ou seja, manifestaram-se superficialmente principalmente nas faces das paredes e lajes internas. Por fim, observou-se que somente uma ocorrência teve grau de comprometimento alto. Esta foi relativa à deformação excessiva do contrapiso do térreo do empreendimento PAR5. Esta deformação pode ter sido causada pelo aterro entre as vigas de baldrame do dormitório não ser compactado adequadamente. Observou-se que a empresa responsável por este empreendimento (E3) executava o contrapiso após as elevações da alvenaria. Esta técnica não é recomendada pela bibliografia pesquisada (vide item 3.2.2.2), ou seja, recomenda-se a utilização de um contrapiso armado antes de iniciar os serviços de marcação da primeira fiada do térreo (SABATTINI, 2003). Esta técnica recomendada vem sendo utilizada por outras empresas com sucesso e será discutida no item 5.2, a seguir.

A partir dos critérios adotados para a classificação das manifestações patológicas, considera-se que as identificadas nos empreendimentos estudados não têm implicações graves na estrutura da edificação. Embora tenha havido uma ocorrência com grau de comprometimento alto, tanto esta como as demais manifestações patológicas não colocam em risco a estrutura da edificação.

#### 5.1.1.2 Análise das manifestações patológicas das faces externas das paredes (fachadas)

Com o objetivo de analisar individualmente as formas de manifestação patológicas para cada elemento, a tabela 14 apresenta os coeficientes CDU das faces externas das paredes (fachadas) para os diferentes empreendimentos, dividindo o mesmo por forma de manifestação patológica.

Tabela 14: coeficientes CDU das faces externas das paredes por forma de manifestação patológica dos empreendimentos estudados

Empreendimento	CDU <sub>p</sub> (FACE EXTERNA)	CDU por forma de manifestação patológica					
		Fissura mapeada	Fissura horizontal	Fissura vertical	Fissura escalonada	Fissura a 45 graus	Frestas
IP1	0,38	0	0,10	0	0	0	0,28
IP2	0,18	0	0,10	0,04	0	0,02	0,02
PAR3	1,26	1,04	0,22	0	0	0	-
PAR4	2,44	1,34	0,73	0,22	0,12	0,03	-
PAR5	2,21	2,21	0	0	0	0	-
PAR6	2,30	1,70	0,48	0,04	0	0,08	-
PAR7	0,13	0,02	0,10	0,01	0	0	-
PAR8	3,41	2,74	0,24	0,19	0,23	0,01	-

Através da análise da variância (ANOVA) para os coeficientes CDU de cada unidade habitacional nas formas de manifestação patológica identificadas nas faces externas das paredes, constata-se que estas diferenças (entre os coeficientes CDU de cada forma) são significativas, conforme tabela 15. Desta forma, verifica-se que há uma grande diferença entre os coeficientes CDU das diferentes formas de manifestações patológicas nos empreendimentos estudados.

Tabela 15: análise de variância (ANOVA) dos coeficientes CDU das faces externas das paredes de cada unidade habitacional nos diferentes empreendimentos, nas formas de manifestação patológica identificadas e a interação entre estas duas variáveis

	GDL	MQ	F(calc)	Valor-p	Significância
Empreendimento (1)	7	3,905098	17,77315521	1,1184E-21	S
Forma de manifestação (2)	5	18,79719	85,55108643	0	S
Empreendimento (1) x Forma (2)	35	2,830377	12,88181019	0	S
Erro	660	0,219719			

GDL: graus de liberdade MQ: média quadrática F: valor calculado de F

NS: Valor não significativo S: Valor significativo

Se valor-p < 0,05: efeito significativo (para um nível de significância de 95%)

Esta diferença significativa entre as formas de manifestações patológicas identificadas nas fachadas se justifica pelo número significativamente maior de fissuras mapeadas e fissuras horizontais nas faces externas das paredes, em relação às demais manifestações patológicas. Esta constatação é comprovada através da análise múltipla das médias fornecida pelo software estatístico, conforme tabela 16.

Tabela 16: análise múltipla de médias para os coeficientes CDU das diferentes formas de manifestação patológicas das faces externas das paredes dos empreendimentos estudados

FORMA	Fissura a 45 graus	Fissura horizontal	Fissura vertical	Fissura escalonada	Fissura mapeada	Frestas
Fissura a 45 graus		0,000375	0,570986	0,715394	4,02931E-06	0,744531631
Fissura horizontal	0,000375169		0,001677	0,001031	8,76188E-06	0,001048292
Fissura vertical	0,570986092	0,001677		0,808281	1,09077E-05	0,774084568
Fissura escalonada	0,715393782	0,001031	0,808281		2,56301E-06	0,947687864
Fissura mapeada	4,02931E-06	8,76E-06	1,09E-05	2,56E-06		4,29156E-06
Umidade	0,744531631	0,001048	0,774085	0,947688	4,29156E-06	

Se valor-p < 0,05: efeito significativo (a um nível de significância de 95%)

Embora os coeficientes CDU das fissuras mapeadas identificadas nas fachadas foram significativamente maiores do que os coeficientes das demais formas de manifestação patológica (tabela 16), estas fissuras não foram encontradas nas fachadas dos empreendimentos do programa IP e em pouca quantidade nas fachadas do empreendimento PAR07. A figura 32 exemplifica esta forma de manifestação patológica numa parede da fachada do empreendimento PAR3.



Figura 32: fissuras mapeadas localizadas na fachada da edificação

Observou-se que nos dois empreendimentos do programa IP (IP1 e IP2) foi aplicada textura acrílica, diferente dos empreendimentos do programa PAR, nos quais foi aplicada somente tinta acrílica. Visto que os empreendimentos de ambos os programas são muito novos, o uso de textura acrílica pode ter impedido a penetração de águas pelas fissuras mapeadas nos empreendimentos do programa IP. De fato, durante a análise dos empreendimentos do programa IP em construção, observou-se que algumas fachadas com revestimentos de argamassa tinham fissuras mapeadas.

Já no empreendimento PAR7, observou-se que a empresa utiliza uma boa técnica de aplicação de revestimento de argamassa nas fachadas, reduzindo as fissuras mapeadas. Esta técnica será discutida nos resultados da etapa B, a seguir.

As fissuras mapeadas identificadas nas fachadas das edificações apresentavam uma distribuição uniforme, ou seja, as linhas mapeadas se cruzam formando ângulos aproximados de 90 graus. Segundo Cincotto (1991), quando as fissuras mapeadas apresentam esta distribuição uniforme são causadas pela retração da argamassa (vide item 3.3.3). Sua causa pode estar associada à dosagem inadequada da argamassa (excesso de finos), erros na sua aplicação (desempeno precoce) e/ou na sua condição de exposição – vento e temperatura muito elevados (THOMAZ, 2000).

As fissuras horizontais foram identificadas na grande maioria das fachadas de todos os empreendimentos. Somente no empreendimento PAR5 estas manifestações patológicas não foram observadas. Nos outros empreendimentos, estas fissuras horizontais foram identificadas principalmente próximas às lajes de cobertura, nas fachadas do último pavimento. A figura 33 exemplifica esta situação, identificada no empreendimento PAR3.

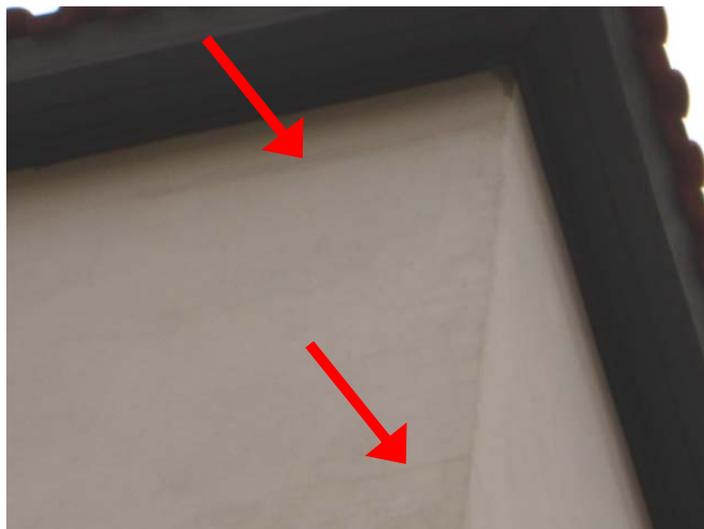


Figura 33: fissuras horizontais localizadas na fachada da edificação

Estas fissuras horizontais próximas às lajes de cobertura são comuns em edifícios de alvenaria portante (DUARTE, 1998). São causadas principalmente pelos movimentos de retração e contração que ocorrem nas edificações provocados pelas variações de temperatura ao longo das alturas da edificação (vide item 3.3.1 e 3.3.3). Estas movimentações introduzem tensões de tração e de cisalhamento nas paredes, ocasionando fissuras tipicamente horizontais (THOMAZ, 2000), como as fissuras identificadas nesta posição.

Além disso, o encurtamento das lajes - principalmente de cobertura - devido à retração das mesmas, tende a provocar a rotação das fiadas de blocos na proximidade das lajes (ABCI, 1990). Em função da intensidade da retração e da eficácia do cintamento presente no respaldo das paredes<sup>60</sup>, podem surgir fissuras na alvenaria, particularmente nas paredes externas enfraquecidas pela presença de vãos de janelas (ABCI, 1990).

As fissuras verticais tiveram coeficientes CDU menores do que as fissuras mapeadas e horizontais. Foram identificadas principalmente nos empreendimentos PAR4 e PAR8. Além dos coeficientes CDU destes empreendimentos serem semelhantes, a forma e a localização das fissuras verticais também foram semelhantes. A figura 34(a) exemplifica esta manifestação patológica numa parede externa do empreendimento PAR4.

---

<sup>60</sup> Salienta-se que no empreendimento exemplificado - figura 33 - não há cintas de respaldo. Neste caso, as lajes maciças são apoiadas diretamente sobre as paredes.



Figura 34: (a) fissura vertical na face externa da parede que divide duas áreas de serviço; (b) fissura vertical do revestimento de argamassa da lateral do vão da janela

Nos dois empreendimentos citados, as fissuras verticais foram identificadas principalmente na face externa da parede que separa as áreas de serviço de dois apartamentos. A causa provável desta fissura está associada à considerável concentração de tensões entre as aberturas das duas janelas (ABCI, 1990). Devido à atuação de carga uniformemente distribuída nas paredes, estas fissuras tendem a se manifestar tipicamente a 45 graus do vértice das aberturas (THOMAZ, 2000). Porém, como nesta situação existem duas aberturas muito próximas uma da outra, as tensões existentes resultaram em fissuras com configurações verticais.

As fissuras verticais também foram identificadas numa situação específica no empreendimento PAR8. Estas fissuras ocorreram no revestimento de argamassa das laterais dos vãos das janelas. A figura 34(b) evidencia tal situação. A causa provável para a formação desta fissura foi o destacamento do revestimento da base pela falta de aderência entre os mesmos, somados a movimentações higroscópicas do revestimento, visto que este recebia a ação de precipitações de chuva.

As fissuras escalonadas foram observadas em apenas dois empreendimentos - PAR4 e PAR8 - e seus coeficientes CDU foram baixos. Estas fissuras foram identificadas sempre próximas aos cantos e encontros de paredes, com configuração em forma de escada, acompanhando a junta de argamassa da alvenaria.

Estas fissuras escalonadas dependem de uma série de fatores, tais como a resistência relativa à tração e ao cisalhamento da argamassa e dos blocos, da resistência de aderência, da intensidade da movimentação e das propriedades elásticas dos materiais. Estes fatores geram tensões que podem

provocar o destacamento entre a argamassa e os blocos, sendo que as movimentações higroscópicas dos materiais podem agravar esta situação (ABCI, 1990). Este destacamento também pode ocorrer por outros motivos (ABCI, 1990), os quais são:

- a) Deficiências de execução: adensamento inadequado da argamassa nas juntas verticais, correção do nível ou do prumo do elemento assentado após o início do endurecimento da argamassa, emprego de elementos com poeira depositada nas faces de assentamento, entre outros.
- b) Blocos com elevada absorção inicial de água ou elementos assentados excessivamente secos: neste caso ocorre a rápida retirada de água da argamassa, impedindo a correta hidratação do cimento na interface com o componente da alvenaria.
- c) Emprego de argamassa inadequada: materiais excessivamente rígidos, com baixo poder de aderência ou elevados índices de retração.

As fissuras a 45 graus tiveram os menores coeficientes CDU das faces externas das paredes. Em todos os casos estas fissuras foram identificadas próximas aos cantos inferiores das aberturas das janelas. A causa provável desta fissura está associada à elevada concentração de tensões nos vértices das aberturas (vide item 3.2.1.5). No caso de cargas verticais uniformemente distribuídas, tensões unitárias aplicadas no topo da parede chegam a triplicar-se ou mesmo a quadruplicar-se nas proximidades dos cantos superiores da abertura, podendo duplicar-se na região dos cantos inferiores. Para combater estas fissuras, recomenda-se o uso de vergas e contra-vergas (vide item 3.2.1.5) para absorver e distribuir esta elevada concentração de tensões.

A falta de vedação das aberturas (frestas) entre o muro do pátio e a parede externa, ocorreu somente nos empreendimentos do programa IP (figura 35). No empreendimento IP1 o coeficiente CDU foi substancialmente maior do que no empreendimento IP2. Esta situação foi considerada como uma manifestação patológica porque esta falta de vedação possibilita a entrada de umidade por infiltração na edificação. Os elementos de vedação para estas juntas são conhecidos como selantes e são encontrados com ampla variedade no mercado. Além disso, observou-se também que a distância entre estes dois painéis de alvenaria não é uniforme, sendo em alguns casos grande demais e noutros insuficiente.

Salienta-se que este afastamento é necessário para criar uma junta de movimentação da alvenaria. Segundo Vilató e Franco (1998), esta junta é recomendada quando há mudança de altura das paredes, como no caso destes sobrados – muros com 1,80m de altura e paredes externas com 5,4m de altura. Os mesmos autores comentam que esta junta tem por função limitar as dimensões dos painéis para que não ocorram elevadas concentrações de tensões em função das deformações dos mesmos, sem induzir esforços adicionais aos componentes.



Figura 35: falta de vedação entre o muro do pátio e a parede externa dos sobrados

### 5.1.1.3 Análise das manifestações patológicas das faces internas das paredes

A tabela 17 apresenta os coeficientes CDU das faces internas das paredes para os diferentes empreendimentos, dividindo o mesmo por forma de manifestação patológica.

Tabela 17: coeficientes CDU das faces internas das paredes por forma de manifestação patológica dos empreendimentos estudados

Empreend.	CDU <sub>p</sub> (FACE INTERNA)	CDU por forma de manifestação patológica						
		Umidade	Fissura horizontal	Fissura mapeada	Irregularidade (planicidade)	Fissura vertical	Fissura a 45 graus	Fissura escalonada
IP1	0,14	0	0,03	0	0,10	0	0,01	0
IP2	0,24	0	0,14	0,01	0,05	0,04	0	0
PAR3	0,71	0,03	0,36	0,18	0,08	0,03	0,03	0
PAR4	0,13	0	0,07	0	0	0,04	0,01	0,01
PAR5	0,26	0,25	0	0	0	0	0,01	0
PAR6	0,17	0,08	0,01	0,01	0,03	0,02	0,02	0
PAR7	0,05	0	0,01	0,01	0,03	0	0	0
PAR8	0,20	0,19	0,01	0	0	0	0	0

Através da análise da tabela 17, verifica-se que os maiores coeficientes foram de fissuras horizontais, seguidas de problemas de umidade, de irregularidades das paredes e fissuras mapeadas. As outras formas de manifestações patológicas identificadas nas faces internas das paredes tiveram coeficientes CDU substancialmente menores.

De maneira geral, verifica-se que as diferenças entre os coeficientes CDU das formas de manifestações patológicas identificadas neste elemento são significativas do ponto de vista estatístico. A tabela 18 justifica esta constatação, através da análise da variância (ANOVA) para os coeficientes CDU de cada forma de manifestação patológica calculados para o conjunto de ocorrências identificadas nas faces internas das paredes.

Tabela 18: análise de variância (ANOVA) dos coeficientes CDU para cada forma de manifestação patológica identificada nas faces internas das paredes dos empreendimentos estudados

	GDL	MQ	F(calc)	Valor-p	Significância
Empreendimento (1)	7	0,104283	13,15119	4,5632E-16	S
Forma de manifestação (2)	6	0,094211	11,88097	8,89887E-13	S
Empreendimento (1) x Forma (2)	42	0,066039	8,328253	0	S
Erro	770	0,00793			

GDL: graus de liberdade MQ: média quadrática F: valor calculado de F

NS: Valor não significativo S: Valor significativo

Se valor-p < 0,05: efeito significativo (para um nível de significância de 95%)

Ao comparar os coeficientes CDU de cada forma de manifestação patológica entre si, constata-se que os coeficientes CDU das fissuras horizontais e dos problemas de umidade são significativamente maiores do que os outros coeficientes identificados nas faces internas das paredes. Esta análise é comprovada através da análise múltipla das médias fornecida pelo software estatístico e apresentada na tabela 19.

Tabela 19: análise múltipla de médias para os coeficientes CDU das diferentes formas de manifestação patológicas identificadas nas faces internas das paredes dos empreendimentos

FORMA	Fissura a 45 graus	Fissura horizontal	Fissura vertical	Fissura escalonada	Fissura mapeada	Umidade	Irregularidades
Fissura a 45 graus		4,04E-06	0,571074	0,513502	0,171985	4,4852E-06	0,012897
Fissura horizontal	4,04E-06		4,32E-06	4,28E-06	5,46E-06	0,35828119	0,000492
Fissura vertical	0,571074	4,32E-06		0,252578	0,375945	5,9605E-06	0,045754
Fissura escalonada	0,513502	4,28E-06	0,252578		0,053233	4,0412E-06	0,001999
Fissura mapeada	0,171985	5,46E-06	0,375945	0,053233		0,00015778	0,223768
Umidade	4,49E-06	0,358281	5,96E-06	4,04E-06	0,000158		0,007612
Irregularidades	0,012897	0,000492	0,045754	0,001999	0,223768	0,00761246	

Se valor-p < 0,05: efeito significativo (a um nível de significância de 95%)

As fissuras horizontais foram identificadas nas faces internas das paredes principalmente próximas às lajes de teto do último pavimento, acompanhando a junta horizontal de argamassa aproximadamente

20cm abaixo da laje<sup>61</sup>. Em menores quantidades, estas fissuras horizontais também foram identificadas nas proximidades das janelas, tanto na parte superior, intermediária e inferior das laterais das janelas.

A figura 36 apresenta um exemplo de fissura horizontal no topo de duas faces internas da parede próxima à laje de cobertura de uma unidade habitacional do empreendimento PAR3.

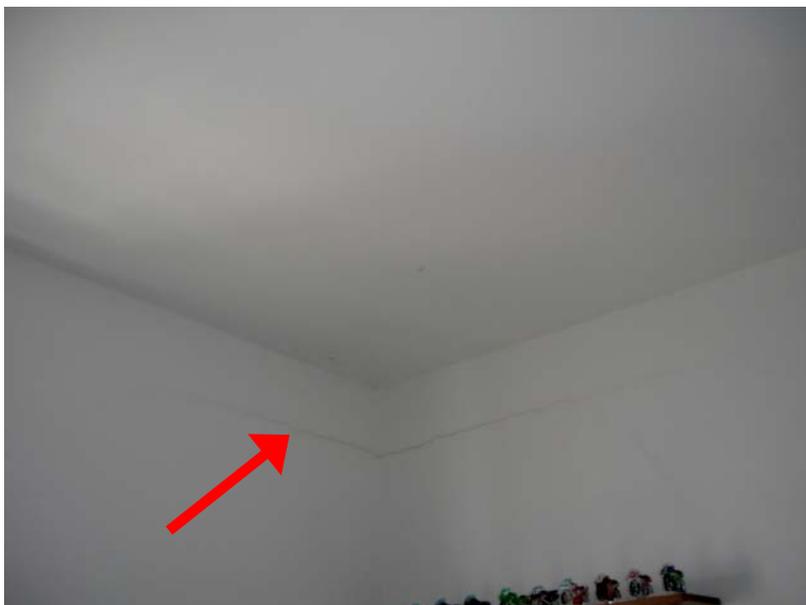


Figura 36: fissura horizontal na face interna da parede próxima à laje de cobertura

Estas fissuras horizontais próximas às lajes de cobertura já foram discutidas no item anterior. Sua causa é semelhante a estas fissuras que foram catalogadas nas faces externas. Ou seja, são causadas principalmente pela dilatação e contração das lajes provocadas pelas variações de temperatura.

A presença de umidade nas faces internas das paredes foi decorrente principalmente da infiltração de água de precipitação da chuva pelo grande número de fissuras mapeadas e horizontais das fachadas. Este problema foi identificado principalmente nos empreendimentos PAR5 e PAR8. No empreendimento PAR5 este problema de umidade por infiltração foi somado a problemas de umidade por condensação, ocorrendo mofo em algumas unidades. A figura 37 ilustra o problema de umidade por infiltração de água nas faces internas das paredes do empreendimento PAR8.

Embora estas infiltrações tenham aparecido principalmente nos cantos das peças nas paredes do perímetro externo da edificação, em alguns empreendimentos ocorreram problemas de umidade por infiltrações próximas ao peitoril das janelas. Estas são decorrentes da vedação inadequada entre o vão e as esquadrias.

---

<sup>61</sup> Salienta-se que algumas fissuras horizontais também foram identificadas nas fachadas na mesma posição; porém, nestes casos foram catalogadas somente uma ocorrência e na face que sua abertura foi maior.



Figura 37: problemas de infiltração nas faces internas das paredes do dormitório

Os problemas de irregularidades das paredes internas foram identificados em três situações distintas. Na primeira situação, as paredes com problemas de irregularidades quanto a sua planicidade foram identificadas principalmente nos dois empreendimentos do programa IP. Estas paredes encontravam-se onduladas com imperfeições em suas faces. Além disso, a pintura não foi suficiente para cobrir tais imperfeições, ressaltando-as em alguns casos. Estas irregularidades podem ter sido causadas pela má execução do revestimento de argamassa.

Na segunda situação, os blocos de algumas paredes sem revestimento de argamassa, principalmente do empreendimento PAR6 (programa PAR simplificado), apresentaram problemas de irregularidades. Nestas situações alguns blocos estavam salientes com relação aos demais blocos da parede. Isto pode ter sido causado principalmente pela má execução da alvenaria, pois no local onde foram identificadas estas irregularidades os outros blocos da parede estavam sem irregularidades.

A terceira situação ocorreu somente no empreendimento PAR7, associada a irregularidades da tampa de fechamento da inspeção das instalações sanitárias dos banheiros, pois esta dificilmente se encontrava bem posicionada. Em alguns casos a pintura cobria esta tampa e apareceram fissuras entre a tampa e a parede. Esta tampa de fechamento é fabricada em madeira e utilizada somente neste empreendimento. A figura 38 evidencia tal situação.

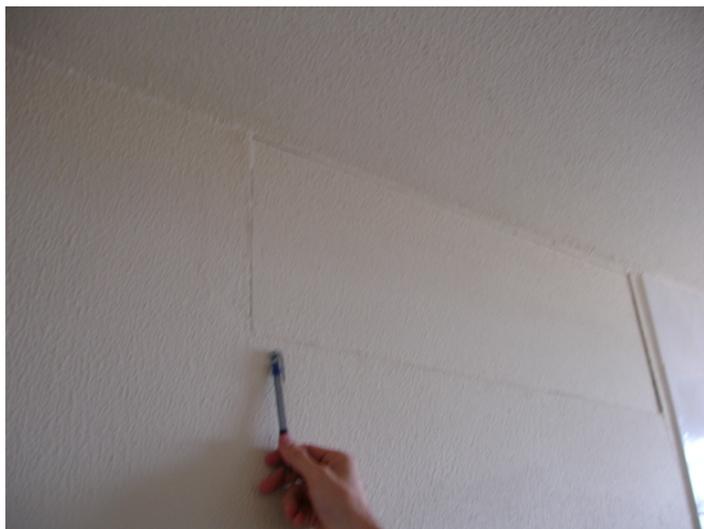


Figura 38: fechamento da inspeção das instalações sanitárias mal posicionada

As fissuras mapeadas foram identificadas nos revestimentos de argamassa das paredes internas, principalmente do empreendimento PAR3. Salienta-se que este empreendimento teve também um elevado CDU de fissuras mapeadas nas paredes externas. Entretanto, a densidade de fissuras mapeadas deste empreendimento foi maior nas paredes externas (1,04) do que nas paredes internas (0,18) sendo que a argamassa e a mão de obra utilizada para os revestimentos, tanto das paredes internas como para as paredes externas, foi a mesma. Esta discrepância pode ser devido à diferença de exposição do revestimento durante e após a sua aplicação, visto que estas fissuras são causadas também pela sua condição de exposição – vento e temperatura muito elevados (THOMAZ, 2000) – dentre outras causas comentadas no item anterior.

As fissuras verticais foram identificadas próximas às lajes de cobertura, na parte superior das paredes, sendo que sua causa foi provavelmente a mesma das fissuras horizontais. Segundo Duarte (1998), a dilatação térmica da laje introduz tensões horizontais de tração na alvenaria, resultando em fissuras verticais nas paredes. Observou-se também que estas fissuras possuem aberturas maiores na ligação com a laje e vão, reduzindo de abertura à medida que descem pela parede. Esta observação, segundo Duarte (1998), são características das fissuras verticais causadas pela dilatação térmica da laje, visto que as tensões de tração são maiores no topo das paredes.

Já as fissuras a 45 graus foram identificadas nas proximidades dos cantos das janelas e as fissuras escalonadas nos cantos e encontros de paredes. As causas destas fissuras são basicamente as mesmas já relatadas no item anterior para faces externas de paredes.

#### 5.1.1.4 Análise das manifestações patológicas das lajes

As manifestações patológicas das lajes tiveram poucas variações, sendo a maioria delas manifestadas como fissuras horizontais. A tabela 20 apresenta os coeficientes CDU globais e individuais, identificados nas lajes dos empreendimentos estudados por forma de manifestação.

Tabela 20: coeficientes CDU lajes por forma de manifestação patológica dos empreendimentos estudados

Empreendimento	CDU <sub>P</sub> (LAJE)	CDU por forma de manifestação patológica			
		Fissura horizontal	Fissura a 45 graus	Irregularidade	Umidade
IP1	0,32	0,32	0	0	0
IP2	0,12	0	0	0	0,12
PAR3	0,49	0,05	0,44	0	0
PAR4	0,03	0,02	0,01	0	0
PAR5	0,49	0,45	0,02	0	0,02
PAR6	0,76	0,72	0	0,04	0
PAR7	1	1	0	0	0
PAR8	3,41	0,43	0	0	0

Através da análise da variância (ANOVA) dos coeficientes CDU das diferentes formas de manifestações patológicas das lajes, constata-se que as diferenças entre eles são significativas do ponto de vista estatístico. A tabela 21 apresenta esta análise.

Tabela 21: análise de variância (ANOVA) dos coeficientes CDU para cada forma de manifestação patológica identificada nas lajes dos empreendimentos estudados

	GDL	MQ	F(calc)	Valor-p	Significância
Empreendimento (1)	7	0,403419	4,27464	0,000138	S
Forma de manifestação (2)	3	3,566339	37,78909	9,56E-22	S
Empreendimento (1) x Forma (2)	21	0,483797	5,12633	5,68E-12	S
Erro	440	0,094374			

GDL: graus de liberdade    MQ: media quadrática    F: valor calculado de F

NS: Valor não significativo    S: Valor significativo

Se valor-p < 0,05: efeito significativo (para um nível de significância de 95%)

Ao comparar os coeficientes CDU de cada forma entre si, constata-se que apenas os coeficientes CDU das fissuras horizontais são significativamente maiores do que os outros coeficientes CDU - fissuras na diagonal, irregularidades e problemas de umidade. Esta análise é corroborada através da análise múltipla das médias fornecida pelo software estatístico e apresentada na tabela 22.

Tabela 22: análise múltipla de médias para os coeficientes CDU das diferentes formas de manifestação patológica das lajes

FORMAS	Fissura a 45 graus	Fissura horizontal	Umidade	Irregularidade
Fissura a 45 graus		8,76E-06	0,833312511	0,714644015
Fissura horizontal	8,76188E-06		1,09077E-05	2,56301E-06
Umidade	0,833312511	1,09E-05		0,855525553
Irregularidade	0,714644015	2,56E-06	0,855525553	

Se valor-p < 0,05: efeito significativo (a um nível de significância de 95%)

Visto que as fissuras horizontais e as fissuras a 45 graus foram as principais manifestações patológicas identificadas nas lajes, estas foram analisadas em cada empreendimento separadamente.

No empreendimento IP1 as fissuras horizontais foram identificadas na sua totalidade como fissuras e irregularidades na interface das lajes com as paredes de alvenaria<sup>62</sup>. A figura 39 ilustra este tipo de manifestação patológica.

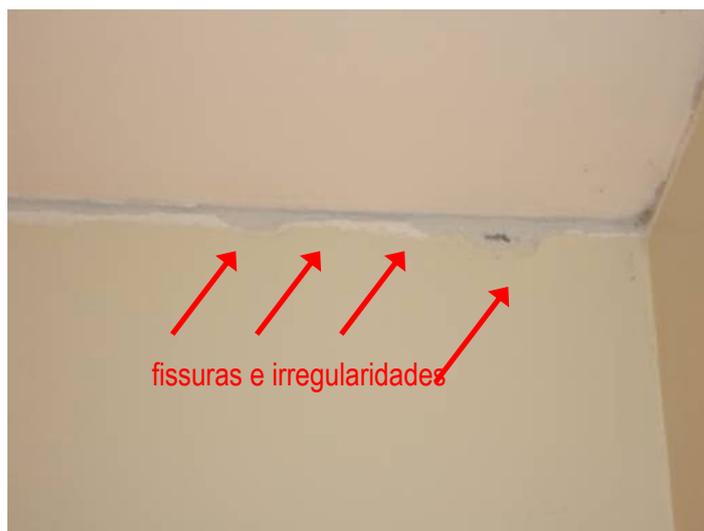


Figura 39: fissuras e irregularidades na interface da laje de teto com as paredes

Em sistemas estruturais apertados de concreto armado os pilares e vigas impõem restrições às retrações do concreto provenientes das lajes (DUARTE, 1999). O mesmo autor comenta que em edifícios de alvenaria estrutural esta situação é diferente e não se pode contar com estes componentes resistentes auxiliares, permanecendo as lajes livres para se deformar, principalmente no topo da edificação (DUARTE, 1999). Assim, faz-se necessário a utilização de juntas de apoio para liberar estes

<sup>62</sup> Neste empreendimento as lajes são pré-fabricadas (vigotas e tabelas) com capa de concreto armado apoiadas sobre uma manta asfáltica de 4mm de espessura envolvida com duas chapas de zinco. Uma destas chapas de zinco está em contato com as paredes e a outra chapa com as lajes. Esta junta é fixada nas paredes antes da concretagem das lajes com auxílio de um fio de aço (arame). Este sistema foi utilizado nos dois empreendimentos estudados desta empresa.

movimentos. Entretanto, estas juntas devem ser executadas de tal maneira a possibilitar um bom acabamento, sem que haja fissuras nesta situação. Quando a junta está exposta e não é possível realizar tal acabamento, recomenda-se o uso de um rodaforno de gesso para cobrir esta junta. Este rodaforno deve ser fixado somente em uma das superfícies, preferencialmente nas paredes.

No empreendimento IP2 não foi observado este tipo de manifestação patológica. Embora o tipo de laje e seu sistema de apoio fossem semelhantes aos do empreendimento anterior, neste empreendimento esta junta foi preenchida com a própria argamassa do revestimento das paredes. Esta solução não é adequada, pois com idades mais avançadas estas fissuras podem aparecer, visto que este empreendimento tinha apenas 12 meses de uso, bem mais novo que anterior, com 48 meses de uso.

No empreendimento PAR3, houve poucas fissuras horizontais nesta interface entre as lajes e as paredes, pois, diferentemente dos empreendimentos anteriores, neste as lajes maciças são engastadas nas paredes<sup>63</sup>. Este engastamento solucionou o problema de fissuras na interface das lajes com as paredes. Entretanto este foi o empreendimento com o maior coeficiente CDU das faces internas das paredes, principalmente de fissuras horizontais. Devido ao engastamento das lajes nas paredes, sem a utilização de cinta de respaldo, há um aumento dos esforços de rotação das fiadas adjacentes à laje. Estes esforços podem ter causado as fissuras horizontais identificadas nas faces internas das paredes.

As fissuras a 45 graus das lajes deste empreendimento (PAR3) foram identificadas em duas situações. A primeira se refere a fissuras na parte inferior das lajes (tetos), acompanhando o eletroduto. Segundo Dal Molin (1988), estas fissuras ocorrem quando não foi garantido um cobrimento adequado da tubulação pelo concreto (eletrodutos muito próximos da superfície exterior). As outras fissuras a 45 graus das lajes deste empreendimento (PAR3) foram identificadas na parte superior (pisos) de algumas lajes, principalmente nos dormitórios, conforme figura 40. Uma das causas prováveis deste tipo de fissura foi a remoção do escoramento das lajes com apenas sete dias de cura e o depósito de *pallets* de blocos cerâmicos sobre as lajes no dia seguinte à concretagem. O projeto das lajes deste empreendimento não previa este tipo de sobrecarga. Segundo informações coletadas com o engenheiro encarregado desta obra, estas fissuras surgiram logo após a entrega da obra.

---

<sup>63</sup> As lajes deste empreendimento são maciças em concreto armado com 9 cm de espessura e  $f_{ck}$  especificado em projeto de 15MPa. Foram moldadas no local e engastadas diretamente nas paredes, sem a utilização de cinta de respaldo.

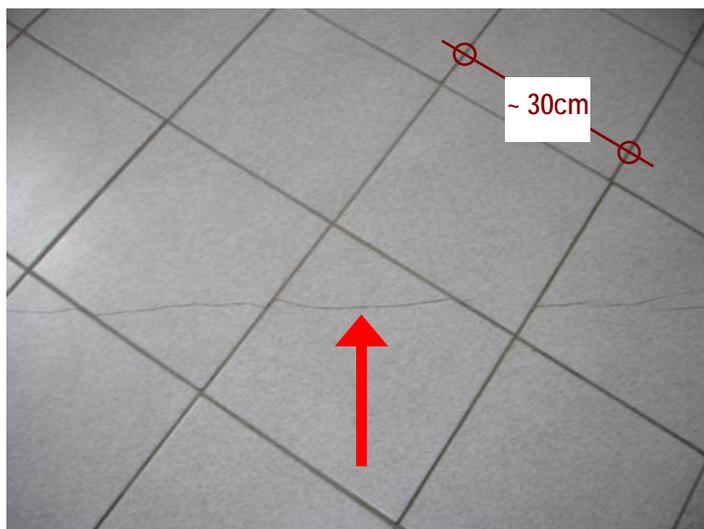


Figura 40: fissura na diagonal do dormitório na parte superior da laje

Embora o empreendimento PAR4 fosse da mesma empresa do empreendimento PAR3, as lajes são diferentes. Neste empreendimento as lajes adotadas foram de componentes treliçados em concreto armado pré-fabricados em obra com capa de concreto armado. A espessura final da laje é de 13cm e o concreto especificado foi de fck de 20MPa. A junta de apoio é de isopor envolvido com lona preta e fixado com auxílio de um fio de aço (arame). Esta mudança de projeto eliminou grande parte das fissuras, principalmente as fissuras a 45 graus na parte superior das lajes. Entretanto, devido ao sistema de apoio das lajes utilizado neste empreendimento, ainda houve algumas fissuras horizontais nesta situação, conforme ilustra a figura 41.



Figura 41: fissura na interface do apoio da laje sobre a parede

No empreendimento PAR5 a maioria das manifestações patológicas das lajes foram fissuras horizontais na interface das lajes com as paredes, pois as lajes<sup>64</sup> foram apoiadas diretamente sobre as cintas de respaldo, sem nenhum elemento de ligação. O revestimento de argamassa das paredes internas foi aplicado até o teto, sem marcar o acabamento desta junta, aparecendo fissuras na maioria dos casos.

Neste empreendimento também foram observadas fissuras transmitidas no piso cerâmico entre os ambientes internos sob as portas. Nesta posição há a união dos painéis de lajes maciças pré-fabricadas das diferentes dependências do apartamento. Constatou-se que não foi realizado qualquer tratamento especial para estas uniões entre os painéis de laje. Além disto, os pisos cerâmicos foram assentados sobre estas juntas. Estas fissuras também foram identificadas na união dos painéis de lajes maciças pré-fabricadas da sala das unidades habitacionais. Esta união foi realizada de maneira inadequada, apresentando-se fissuras tanto no piso como no teto da sala.

Embora em pouca quantidade, ainda neste empreendimento foram identificados alguns problemas de umidade nas lajes. Estes problemas são decorrentes principalmente de dois tipos de infiltração de água, através das fissuras das paredes externas da platibanda e de vazamentos do telhado.

No empreendimento PAR6, as fissuras horizontais das lajes foram identificadas de forma semelhante ao empreendimento anterior, entretanto com coeficientes CDU maiores. Embora este empreendimento tenha sido construído pela mesma empresa do empreendimento anterior (PAR5) e projetos similares das lajes tenham sido adotados, foram identificados problemas de irregularidades das lajes. Estas irregularidades são causadas pela fabricação inadequada das mesmas.

O empreendimento PAR7 teve o maior coeficiente CDU das lajes. Três tipos de manifestações patológicas das lajes foram identificadas. A primeira delas foi semelhante aos empreendimentos PAR5 e PAR6: ocorreram fissuras na união dos painéis de lajes maciças e pré-fabricadas<sup>65</sup>, as quais foram transmitidas para o piso cerâmico. Estas fissuras se manifestaram sob as portas e no piso cerâmico na posição da união do painel de laje número 6 com os painéis de laje números 4 e 5, conforme ilustrado pelas figuras 42-a e 42-b.

---

<sup>64</sup> Nos empreendimentos da empresa E2 as lajes são maciças e pré-fabricadas, sendo moldadas numa central e apoiadas diretamente sobre as cintas de respaldo.

<sup>65</sup> As lajes deste empreendimento são maciças e pré-fabricadas em canteiro de obras. Uma das diferenças destas lajes para as lajes utilizadas na empresa E3 (PAR5 e PAR6) é quanto ao projeto das mesmas. A empresa E4, diferente da empresa E3, utiliza-se de reforço de armadura negativa nas bordas das lajes.

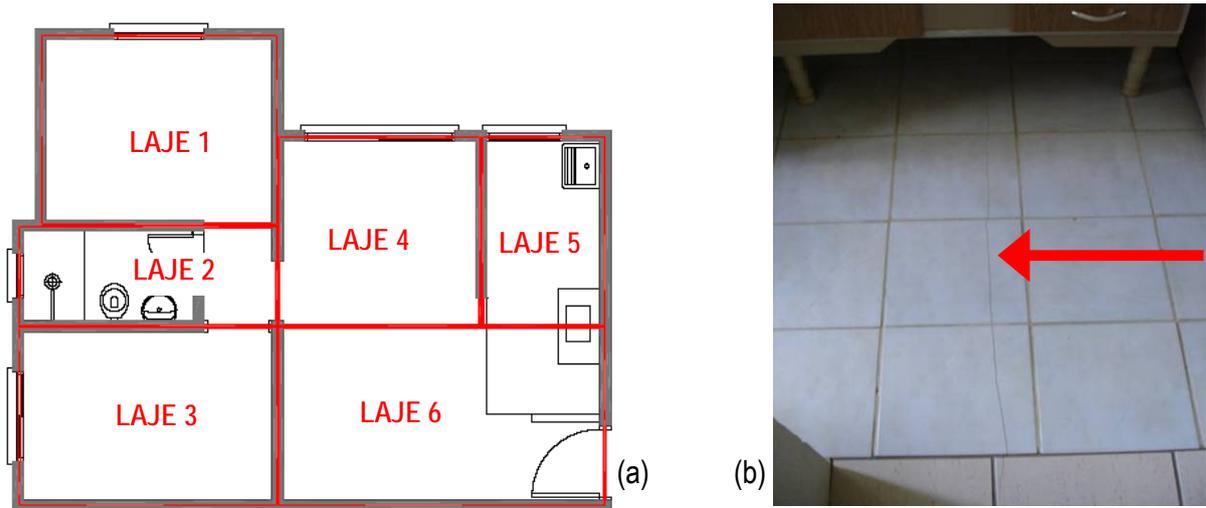


Figura 42: (a) croqui da disposição dos painéis de lajes e (b) exemplo de fissura no piso cerâmico

O segundo tipo de manifestação patológica foi a ocorrência de fissuras localizadas no encontro dos painéis das lajes da sala e da cozinha, identificadas na parte inferior destes painéis, conforme figura 43.



Figura 43: fissuras localizadas na união dos painéis de laje da sala e cozinha

A última situação neste empreendimento foi a ocorrência de irregularidades e fissuras na interface das lajes maciças com as paredes, semelhante às manifestações patológicas encontradas nos empreendimentos IP1, PAR5 e PAR6.

Por fim, as manifestações patológicas observadas nas lajes do empreendimento PAR8 foram todas relativas a este mesmo problema citado anteriormente, de irregularidades e fissuras na interface das lajes com as paredes.

### 5.1.1.5 Análise da influência da orientação solar das faces externas das unidades habitacionais sobre as manifestações patológicas

Com o objetivo de analisar a influência da orientação solar nas manifestações patológicas identificadas, as unidades habitacionais dos empreendimentos do programa PAR estudados foram agrupadas em duas categorias, uma delas das unidades com orientação solar norte/oeste e outra das unidades com orientação solar sul/leste<sup>66</sup>. A partir deste critério foram agrupadas 53 unidades habitacionais com orientação solar norte/oeste e 49 unidades habitacionais sul/leste.

Salienta-se que as unidades habitacionais dos empreendimentos do programa IP (sobrados) não foram consideradas para esta análise. Isto se deu porque os sobrados são orientados tanto para o norte/leste como para o sul/leste. Ou seja, as unidades habitacionais são expostas tanto à orientação de menor quanto à de maior incidência de radiação solar, em função da orientação solar.

A tabela 23 apresenta os coeficientes CDU globais e por elementos do agrupamento das manifestações patológicas dos empreendimentos do programa PAR quanto à orientação solar das unidades habitacionais.

Tabela 23: coeficientes CDU globais e por elementos agrupados pela orientação solar das unidades habitacionais do programa PAR

Orientação solar	CDU <sub>MÉDIO</sub>	CDU por elementos		
		CDU <sub>LAJE</sub>	CDU <sub>P</sub> (FACE EXTERNA)	CDU <sub>P</sub> (FACE INTERNA)
Norte/oeste	0,97	0,65	2,00	0,25
Sul/leste	0,96	0,58	2,05	0,26

A partir da análise dos coeficientes CDU da tabela 23, observa-se que os coeficientes CDU médios foram muito próximos e os coeficientes CDU por elementos foram semelhantes entre as unidades com orientação solar norte/oeste e as unidades com orientação solar sul/leste.

Através da análise da variância (ANOVA), constata-se que estas diferenças existentes entre os coeficientes CDU das unidades habitacionais com orientação solar norte/oeste em relação aos coeficientes das unidades com orientação solar sul/leste não são significativas, conforme indica a tabela 24.

<sup>66</sup> O critério utilizado para analisar a influência da orientação solar nas manifestações patológicas foi quanto à maior ou menor exposição solar referente à orientação solar das faces das paredes externas das unidades habitacionais; ou seja, consideraram-se as faces externas das paredes das unidades voltadas para o norte/oeste como sendo as unidades mais expostas à radiação solar e as faces das unidades orientadas para o sul/leste como sendo as unidades menos expostas à radiação solar. Considera-se este critério válido porque todos os empreendimentos se localizam na mesma região (estado do Rio Grande do Sul) e a inclinação do sol nesta região é praticamente a mesma. Entretanto, outros critérios podem ter influência sobre estes resultados e não foram observados, tais como: intensidade e direção do vento, umidade relativa do ar, intensidade da radiação solar, proximidade dos edifícios entre si, ambiente externo dos empreendimentos, dentre outros.

Tabela 24: análise de variância (ANOVA) para os coeficientes CDU de cada unidade habitacional por empreendimento, por orientação solar e a interação entre estas duas variáveis

	GDL	MQ	F(calc)	Valor-p	Significância
Empreendimento (1)	5	5,161549	3,583324	0,003661	S
Orientação solar (2)	1	0,339622	0,235777	0,627627	NS
Empreendimento (1) x Orientação (2)	5	2,170471	1,506815	0,187442	NS
Erro	300	1,440436			

GDL: graus de liberdade MQ: média quadrática F: valor calculado de F

NS: Valor não significativo S: Valor significativo

Se valor-p < 0,05: efeito significativo (para um nível de significância de 95%)

Desta maneira, considera-se que somente a posição da unidade habitacional com relação a sua orientação solar não influencia significativamente no surgimento de manifestações patológicas. Cabe ressaltar que as unidades habitacionais do programa PAR estudadas possuem idades de 7 a 24 meses. Sendo assim a influência da orientação solar pode ser constatada em idades mais avançadas.

#### 5.1.1.6 Análise da influência da posição vertical das unidades habitacionais sobre as manifestações patológicas

Segundo alguns autores (DUARTE, 1998; THOMAZ, 2000), a posição vertical das unidades habitacionais pode influenciar a aparição de manifestações patológicas. Para analisar esta influência, a tabela 25 apresenta os resultados dos coeficientes CDU médios e por elementos identificados nas unidades habitacionais dos edifícios dos empreendimentos do programa PAR, agrupados quanto à sua posição vertical (primeiro pavimento, pavimentos intermediários e último pavimento).

Tabela 25: coeficientes CDU agrupados por posição vertical das unidades habitacionais dos empreendimentos do programa PAR

Pavimento(s)	CDU <sub>MÉDIO</sub>	CDU por elementos		
		CDU <sub>LAJE</sub>	CDU <sub>P</sub> (FACE EXTERNA)	CDU <sub>P</sub> (FACE INTERNA)
Último	1,19	1,21	2,08	0,30
Intermediários	0,78	0,31	1,76	0,25
Primeiro	0,78	0,19	1,94	0,20

Percebe-se que os coeficientes CDU das unidades habitacionais do último pavimento foram maiores do que os coeficientes dos pavimentos intermediários e primeiro. Através da análise da variância (ANOVA), constata-se que estas diferenças não são significativas, conforme indica a tabela 26.

Tabela 26: análise de variância (ANOVA) para os coeficientes CDU de cada unidades habitacional por empreendimento, por posição vertical e a interação entre estas duas variáveis

	GDL	MQ	F(calc)	Valor-p	Significância
Empreendimento (1)	5	6,282172	4,362658	0,000759	S
Posição vertical (2)	2	3,927664	2,727568	0,067033	NS
Empreendimento (1) x Posição (2)	10	0,826385	0,573883	0,834969	NS
Erro	294	1,439987			

GDL: graus de liberdade MQ: media quadrática F: valor calculado de F

NS: Valor não significativo S: Valor significativo

Se valor-p < 0,05: efeito significativo (para um nível de significância de 95%)

Visto que o nível de significância para este efeito foi de 93% e este percentual é muito próximo de 95%, optou-se em realizar uma análise múltipla de médias para verificar a significância entre os coeficientes CDU das diferentes posições verticais. Desta forma, a figura 44 apresenta as diferenças entre os coeficientes CDU médios deste agrupamento e a tabela 27 apresenta a análise múltipla de médias para estas variáveis.

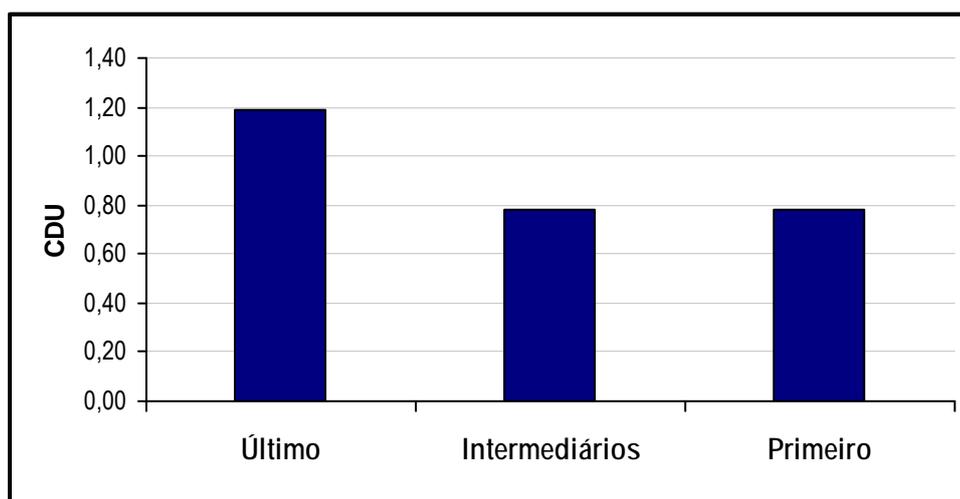


Figura 44: coeficientes CDU agrupados por posição vertical das unidades habitacionais

Tabela 27: análise múltipla de médias para os coeficientes CDU das unidades habitacionais agrupadas por posição vertical

POSIÇÃO VERTICAL	Primeiro	Intermediários	Último
Primeiro		0,971953	0,042472
Intermediários	0,971953		0,035863
Último	0,042472	0,035863	

Se valor-p < 0,05: efeito significativo (a um nível de significância de 95%)

Através da análise da figura 44 e da tabela 27, verifica-se que os coeficientes CDU identificados nos últimos pavimentos das unidades habitacionais estudadas são significativamente maiores do que os coeficientes CDU identificados nos outros pavimentos. Esta diferença foi maior nos coeficientes CDU das lajes em relação aos pavimentos intermediários e ao primeiro pavimento. Este fato se deu

principalmente pelo grande número de fissuras horizontais na interface do apoio das lajes sobre as paredes do último pavimento.

Já as diferenças dos coeficientes CDU das faces externas das paredes foram menores e houve uma tendência de serem semelhantes em todos os pavimentos. Esta tendência é justificada pelo grande número de fissuras mapeadas identificadas de maneira generalizada nas fachadas. Os coeficientes CDU das faces internas das paredes mantiveram a tendência de serem menores no primeiro pavimento e intermediários e maiores no último pavimento. Este fato se justifica pelo número maior de ocorrências de presença de umidade, fissuras horizontais e verticais nos últimos pavimentos em relação aos outros pavimentos.

### 5.1.2 Análise das modificações nas instalações e na estrutura das habitações

Através da aplicação da seção 3 da ferramenta de coleta dos dados, foram registradas as modificações realizadas nas habitações, sendo estas mais freqüentes nos dois empreendimentos do Programa IP. A figura 45 apresenta as modificações realizadas nesses dois empreendimentos.

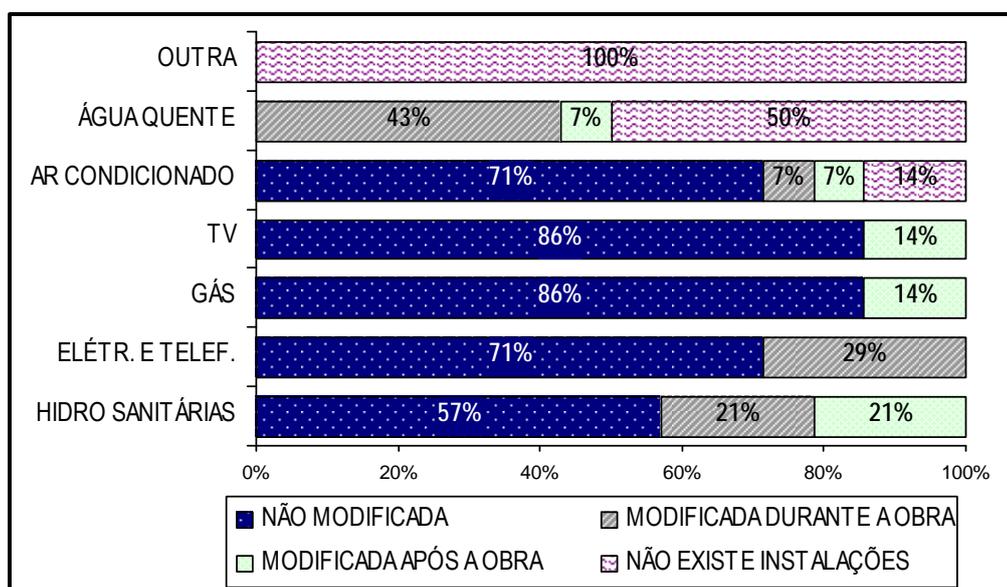


Figura 45: modificações das instalações nos dois empreendimentos do programa IP

Conforme a figura 45, as instalações hidro-sanitárias dos empreendimentos do programa IP foram modificadas em 42% do total de unidades, sendo que em 21% as alterações foram realizadas durante a execução da obra e em 21% após a entrega da obra para o usuário final. A principal modificação das instalações hidro-sanitárias foi o embutimento da tubulação de água fria da torneira da pia da cozinha na parede, pois no projeto estava prevista a entrega do imóvel ao usuário com esta tubulação aparente (figura 46). Embora o rasgo na alvenaria necessário para o embutimento desta tubulação seja na

vertical, dependendo da maneira como é feito o corte, pode vir a interferir na estrutura da edificação. Nos sobrados estudados não foram observados danos devido a esta modificação.



Figura 46: tubulação aparente de água da torneira da pia da cozinha nos sobrados

As instalações elétricas e telefônicas existentes nos empreendimentos do programa IP foram modificadas em 29% das unidades, sendo todas as alterações realizadas durante a execução da obra<sup>67</sup>. As instalações de Tv foram modificadas em 14% das unidades analisadas, sendo em todas realizadas após a entrega da obra aos usuários finais. Esta alteração ocorreu pela localização do ponto de Tv em projeto estar do lado contrário à mobília utilizada pelos usuários dos sobrados. Esta situação pode causar danos à estrutura da edificação caso o usuário transferir o ponto para o outro lado da sala através de um rasgo horizontal nas paredes de alvenaria. Entretanto, a maioria dos usuários transferiu este ponto de Tv pela tubulação de telefone, solucionando o problema. Este erro já havia sido corrigido no projeto de empreendimentos entregues após os empreendimentos analisados desta empresa.

Ainda com relação aos empreendimentos do programa IP, a localização do recipiente de gás da cozinha é no pátio externo dos sobrados. Deste ponto deriva uma tubulação de cobre aparente para abastecer o fogão. A localização desta tubulação encontrava-se em 14% dos casos alteradas pelos usuários, pois esta espera estava numa posição desfavorável para a instalação do fogão. Nesta situação não há problemas de interferência no desempenho da estrutura, pois tal alteração se dá através de um furo com diâmetro pequeno na parede externa que separa a cozinha do pátio externo.

Constatou-se que 50% das unidades dos empreendimentos do programa IP não possuem água quente, conforme projeto original. Do restante, 43% dos usuários solicitaram à empresa as instalações de água quente durante a elaboração dos projetos complementares dos sobrados e 7% realizaram as instalações após a entrega da obra, embutindo as instalações nas paredes. Durante a coleta de dados

<sup>67</sup> Não foi possível identificar como foram realizadas estas alterações. Durante a análise das técnicas construtivas, percebeu-se que estas modificações são realizadas de forma inadequadas e serão discutidas no item 5.2.

não foi possível identificar como foram realizadas as alterações destas instalações. Entretanto, observou-se que estas alterações não são previstas em projeto, podendo assim, causar danos à alvenaria durante o processo de uso das habitações.

Quanto às instalações de ar condicionado nas unidades do programa IP, constatou-se que 14% das unidades não possuem o aparelho instalado. Das unidades que possuíam o aparelho de ar condicionado instalado, observou-se que 71% das unidades não fizeram alterações para sua instalação e 14% as fizeram. Destas últimas, 7% solicitaram para a empresa construtora as modificações durante a fase de execução dos sobrados e a outra metade após a entrega destes. As alterações se deram pelo fato do aparelho ser maior do que o vão existente para sua colocação.

As alterações solicitadas pelos usuários dos empreendimentos do programa IP são aceitas pela empresa com o objetivo de satisfazer as necessidades dos mesmos. As alterações solicitadas pelos usuários tanto em projeto como durante a execução são possíveis, visto que o Programa IP, diferentemente do programa PAR, possibilita a compra do imóvel na planta<sup>68</sup>.

Nos empreendimentos do programa PAR, as modificações realizadas nos apartamentos foram principalmente nos acabamentos dos mesmos, como, por exemplo, a colocação de piso cerâmico na sala, na circulação e nos quartos e a pintura diferenciada nas paredes (textura e cor). Quanto às modificações das instalações das unidades do programa PAR, a incidência foi relativamente pequena. Cerca de 95% de todos os apartamentos não têm aparelhos de ar condicionado e as instalações estavam adequadas nas unidades que tinham estes aparelhos, pois não tinha sido necessário realizar ajustes para a instalação do equipamento. Também foi constatado que, embora não existissem esperas para a instalação de água quente por aquecimento a gás nos apartamentos, nenhum usuário a instalou. O aquecimento de água dos banheiros dos apartamentos é por duchas elétricas.

Por fim, conclui-se que as alterações realizadas pelos usuários não tiveram interferências graves na estrutura das edificações, tanto nos empreendimentos do programa IP como do PAR. Também se percebeu que as instalações não sofreram grandes mudanças nos empreendimentos do programa PAR. Porém, nos empreendimentos do programa IP houve muitas alterações. Este fato é explicado pelas diferenças entre os programas IP e PAR no que se refere, principalmente, ao processo de desenvolvimento do produto.

---

<sup>68</sup> O programa IP permite ao cliente adquirir seu imóvel logo após a aprovação dos projetos nos órgãos competentes, antes mesmo de iniciarem as obras, diferentemente do programa PAR que permite a compra do imóvel somente após a conclusão e entrega do empreendimento para CAIXA. No caso do programa PAR, a CAIXA é quem entrega o imóvel ao usuário e no programa IP a empresa construtora é quem realiza esta entrega.

### 5.1.3 Análise da percepção dos usuários sobre as manifestações patológicas

As respostas da percepção dos usuários sobre os defeitos de suas unidades habitacionais foram agrupadas e classificadas, conforme a tabela 28. A partir desta classificação foi calculado o percentual de cada ocorrência (resposta do usuário) em relação às outras respostas para os diferentes empreendimentos (tabela 28).

Tabela 28: percepção dos usuários sobre os defeitos de suas unidades habitacionais

Defeitos relatados pelos usuários	Percentual de ocorrência por empreendimento							
	IP1	IP2	PAR3	PAR4	PAR5	PAR6	PAR7	PAR8
Presença de fissuras (rachaduras)	16%	10%	40%	9%	3%	27%	36%	6%
Presença de umidade/Infiltração	-	-	9%	7%	18%	9%	-	33%
Irregularidades nas faces internas das paredes e das lajes	41%	35%	26%	11%	15%	14%	14%	11%
Deficiências nas instalações (funcionamento)	15%	30%	5%	13%	12%	18%	6%	15%
Falhas nas esquadrias (janelas)	-	-	9%	16%	18%	5%	14%	13%
Falhas de projeto da habitação	28%	25%	9%	40%	32%	27%	31%	20%
Problemas de condomínio	-	-	2%	4%	3%	-	-	2%

Observa-se através da tabela 28 que a percepção dos usuários foi diferente em cada empreendimento estudado. Entretanto, pode-se dizer que de maneira geral os usuários percebem de alguma forma as manifestações patológicas identificadas no diagnóstico descrito anteriormente. Já que, tanto o pesquisador como os usuários perceberam as manifestações patológicas de presença de fissuras (rachaduras<sup>69</sup>), presença de umidade/infiltração e problemas de irregularidades das faces internas das paredes e das lajes.

Embora as falhas relatadas nas instalações, nas esquadrias e no projeto arquitetônico da habitação, bem como os problemas de condomínio também podem estar associados à confiabilidade do produto do ponto de vista dos usuários, estes defeitos não foram analisados porque o presente trabalho se limita à análise da confiabilidade da alvenaria estrutural. Entretanto, salienta-se que alguns destes defeitos, principalmente as falhas de projeto, tiveram percentuais altos de ocorrência na maioria dos empreendimentos analisados.

A figura 47 apresenta apenas os defeitos associados à alvenaria estrutural percebidos pelos usuários em cada empreendimento estudado.

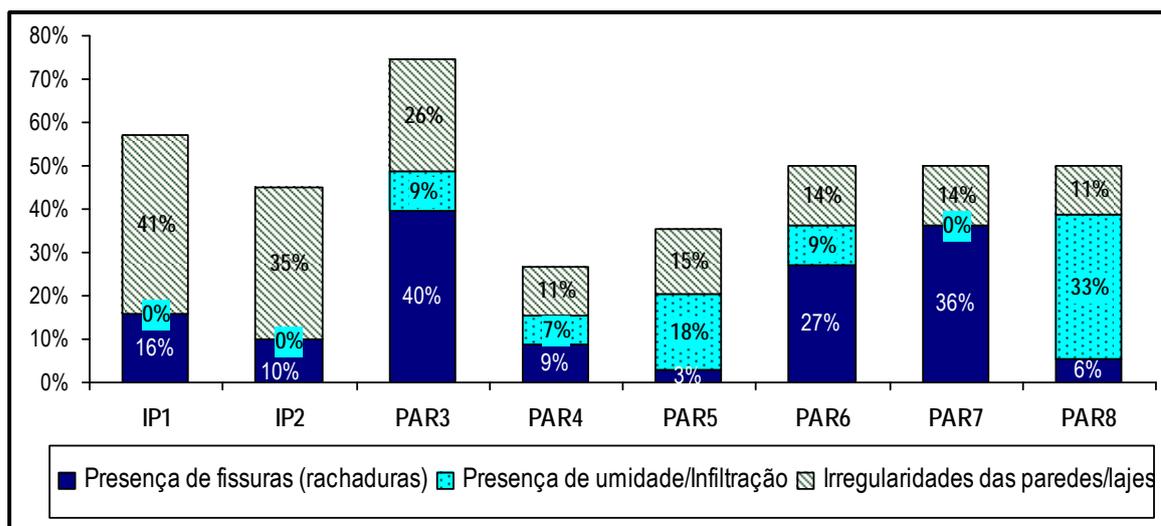


Figura 47: defeitos percebidos pelos usuários associados à alvenaria estrutural

Da mesma forma que houve variações na incidência de defeitos entre os empreendimentos, identificadas pelo pesquisador, verifica-se através da figura 47 que há uma considerável variação entre o percentual total de defeitos percebidos pelos usuários que estão associados à alvenaria estrutural. Esta variação também é verificada entre os percentuais de presença de fissuras, de irregularidades e de presença de umidade nos diferentes empreendimentos.

No empreendimento IP1, de todas as respostas dadas pelos usuários, 41% foram problemas de irregularidades nas faces internas das paredes. Os problemas de irregularidades obtiveram o maior coeficiente CDU das faces internas das paredes (0,1) deste empreendimento. Quanto à percepção das fissuras, identificadas principalmente como “rachaduras” localizadas na interface das paredes com as lajes, foi relatada em 16% de todas as respostas deste empreendimento. Esta manifestação patológica obteve um coeficiente CDU de 0,32, sendo considerado alto se comparado aos demais coeficientes CDU deste empreendimento.

No outro empreendimento do programa IP, os percentuais dos defeitos percebidos pelos usuários associados à alvenaria estrutural foram ligeiramente mais baixos do que no empreendimento anterior. Entretanto, o empreendimento IP2 tem um coeficiente CDU maior nas faces internas das paredes (0,24) em relação ao empreendimento IP1 (0,14), e seus coeficientes de fissuras nas lajes são nulos. Este fato justifica os percentuais mais baixos deste empreendimento em relação ao anterior, já que as fissuras na interface das paredes com as lajes causam incômodo para o usuário, fato este percebido no empreendimento IP1.

<sup>69</sup> Na maioria das respostas, os usuários se referiram às fissuras como sendo “rachaduras”. Estas se referem a qualquer tipo de fissura encontrada nas paredes da edificação, tanto interna como externamente.

Em ambos os empreendimentos do programa IP não foram relatados pelos usuários nenhum problema de umidade. Esta manifestação patológica foi percebida pelo pesquisador somente nas lajes do empreendimento IP2, porém em pouca quantidade (coeficiente CDU de 0,12).

As manifestações patológicas que mais causaram preocupações aos usuários do empreendimento PAR3 foram as fissuras, relatadas em 41% de todas as respostas. Justifica-se este elevado percentual porque este foi o empreendimento que teve o maior coeficiente CDU das faces internas das paredes (0,71) em relação aos outros empreendimentos. Também foi constatado que os usuários relataram as fissuras não só das faces internas das paredes, mas também as fissuras das fachadas; pois algumas destas fachadas estavam em fase de recuperação pela empresa construtora devido ao grande número de fissuras mapeadas e horizontais. Decorrentes destas fissuras, os problemas de umidade foram percebidos pelos usuários em apenas 9% de todas as respostas. Por fim, este foi o empreendimento que teve o maior percentual (26%) e o maior coeficiente CDU (0,08) associados à irregularidades nas faces internas das paredes de todos os empreendimentos PAR estudados.

Embora o empreendimento PAR4 tenha sido construído pela mesma empresa do empreendimento anterior, a percepção dos usuários foi diferente. A maior diferença está na percepção das fissuras e das irregularidades das paredes, pois estas reduziram de 41% para 9% e de 26% para 11%, respectivamente. Embora o empreendimento PAR4 obtivesse os coeficientes CDU das lajes e das faces internas das paredes menores do que empreendimento PAR3, o coeficiente das fachadas foi maior.

De todas as respostas relatadas pelos usuários do empreendimento PAR5, 18% foram de presença de umidade e/ou infiltração, 15% de irregularidades, principalmente das lajes, e apenas 3% de presença de fissuras. Estas percepções se justificam porque este empreendimento obteve o maior coeficiente CDU de umidade nas faces internas das paredes e os menores coeficientes de fissuras neste mesmo elemento. Os problemas de irregularidades foram identificados pelo pesquisador como a manifestação patológica situada no encontro dos painéis de lajes maciças das salas.

Já no empreendimento PAR6 a percepção das fissuras pelos usuários foi diferente do empreendimento anterior, ou seja, 27% de todas as respostas relatadas pelos usuários foram de presença de fissuras, enquanto no empreendimento PAR5 apenas 3%. Entretanto, a percepção das irregularidades foi praticamente a mesma nos dois empreendimentos. Já a percepção quanto à presença de umidade foi menor neste empreendimento em relação ao anterior. Este fato se justifica pois o coeficiente CDU de umidade do empreendimento PAR6 foi menor do que o empreendimento PAR5 e no empreendimento PAR6 houve um número maior de fissuras tanto nas faces internas das unidades habitacionais como nos encontros dos painéis de lajes, em relação ao empreendimento PAR5.

No empreendimento PAR7 a maioria dos defeitos percebidos pelos usuários associados à alvenaria estrutural foi de fissuras na interface das paredes com as lajes e nos encontro dos painéis de laje, relatadas em 36% de todas as respostas deste empreendimento. Embora este empreendimento apresentasse os menores coeficientes CDU tanto das faces internas das paredes como também das fachadas, o coeficiente das lajes - correspondente às fissuras identificadas pelos usuários - foi o maior de todos os empreendimentos. Salienta-se que neste empreendimento não foi identificada a presença de umidade, tanto pelo pesquisador como pelos usuários.

No empreendimento PAR8 a presença de umidade foi percebida em 33% de todas as respostas deste empreendimento. Este foi o empreendimento com o maior percentual deste defeito em relação aos outros. Entretanto, visto que este empreendimento obteve o maior coeficiente CDU de fissuras nas fachadas, estas foram percebidas em apenas 6% de todas as respostas. Assim, pode-se dizer que a presença de umidade é mais relevante para os usuários, pois se percebeu que estas manifestações patológicas causam um grande incômodo para os usuários.

As manifestações patológicas que mais causaram preocupações aos usuários do programa PAR foram as fissuras e a presença de umidade. No entanto, os usuários do programa IP demonstraram uma preocupação maior com questões estéticas, como o acabamento de sua unidade habitacional. Isto pode estar associado às diferenças na renda dos usuários e pela maior incidência de manifestações patológicas nos empreendimentos do programa PAR.

Quanto às fissuras percebidas pelos usuários do programa PAR, durante as entrevistas alguns usuários chegaram a questionar se uma dada fissura comprometia a estrutura da edificação, indagando: “o prédio pode cair?”. Neste caso, percebe-se que as fissuras causam incômodo aos usuários, pois não há discernimento quanto ao grau de comprometimento das mesmas. Para estes, que são leigos no assunto, uma fissura estética pode causar insatisfação do seu imóvel.

Por fim, alguns usuários comentaram que, embora suas habitações sejam de baixa renda, deveriam ter qualidade. Estes se referenciavam à qualidade principalmente como a integridade física da edificação ou, como alguns citaram, “a solidez” da edificação.

#### 5.1.4 Considerações finais da etapa A

A partir dos resultados obtidos desta etapa, constatou-se que as principais manifestações patológicas identificadas nos empreendimentos estudados, associadas à alvenaria estrutural, foram fissuras mapeadas no revestimento de argamassa das fachadas, umidade por infiltração nas faces internas das

paredes externas, fissuras e irregularidades na interface das lajes com as paredes do último pavimento e fissuras horizontais nas faces internas e externas das paredes do último pavimento.

Estas manifestações patológicas foram identificadas tanto nos empreendimentos do programa PAR, como nos empreendimentos do programa IP. Entretanto, os empreendimentos do programa IP tiveram seus coeficientes CDU menores do que nos empreendimentos do programa PAR.

A partir da análise dos coeficientes CDU médios, observa-se que os dois empreendimentos do programa IP e o empreendimento PAR7 são mais confiáveis do que os outros empreendimentos estudados. Já que os coeficientes CDU médios destes empreendimentos (IP1, IP2 e PAR7) são significativamente menores do que os coeficientes dos outros empreendimentos.

Ao analisar os coeficientes CDU de cada elemento, observa-se que alguns empreendimentos foram mais confiáveis num dado elemento do que outro. Desta forma, visto que o empreendimento PAR7 teve o maior coeficiente CDU das lajes, pode-se dizer que as lajes deste empreendimento (PAR7) são menos confiáveis do que as lajes dos outros empreendimentos. Entretanto, as paredes externas e internas deste empreendimento (PAR7) são mais confiáveis do que os outros empreendimentos, pois seus coeficientes CDU são menores.

Já o empreendimento PAR8, do ponto de vista de seu coeficiente CDU médio, foi o empreendimento menos confiável em relação aos outros empreendimentos estudados. Porém, considerando os coeficientes CDU por elemento, apenas as faces externas das paredes são menos confiáveis do que os outros empreendimentos.

Do ponto de vista da percepção dos usuários, pode-se dizer que o empreendimento PAR3 é o menos confiável, pois os usuários deste empreendimento foram os que mais perceberam os defeitos associados à alvenaria estrutural. Este elevado percentual da percepção dos usuários do empreendimento PAR3 sobre os defeitos associados principalmente às fissuras, pode ter sido causado pelos trabalhos de recuperação das fachadas deste empreendimento.

Ainda do ponto de vista da percepção dos usuários sobre os defeitos associados à alvenaria estrutural, o empreendimento mais confiável em relação aos empreendimentos estudados é o PAR4, pois os usuários perceberam em apenas 27% estes defeitos.

Salienta-se que a confiabilidade também está associada com o grau de comprometimento dos defeitos, já que um defeito com grau de comprometimento alto (problemas estruturais) tem um peso maior sobre a confiabilidade do empreendimento do que outro apenas estético. Entretanto, é difícil de estabelecer pesos quanto ao comprometimento para comparar um empreendimento com outro em termos de confiabilidade.

No entanto, nos empreendimentos estudados, constatou-se que os defeitos identificados não tiveram implicações graves na estrutura da edificação, ou seja, a grande maioria dos defeitos teve grau de comprometimento médio (problemas de umidade) e baixo (apenas estético). Apenas uma ocorrência teve grau de comprometimento alto. Porém, tanto esta como as demais ocorrências de defeitos não impuseram risco à estrutura das edificações.

Também constatou-se que as unidades habitacionais do último pavimento são menos confiáveis do que as unidades dos demais pavimentos, já que os coeficientes CDU identificados nas unidades habitacionais dos últimos pavimentos foram significativamente maiores do que os coeficientes CDU identificados nos outros pavimentos. No entanto, os coeficientes CDU não apresentaram diferenças significativas quanto a orientação solar das unidades habitacionais estudadas.

A partir desta discussão, conclui-se que a análise da confiabilidade depende tanto dos critérios estabelecidos para quantificar os defeitos, como também do ponto de vista que se observa o defeito. Assim, uma análise da confiabilidade dos empreendimentos habitacionais deve considerar estes diferentes pontos de vista para ser considerada uma análise mais robusta.

## 5.2 ETAPA B – CONSTRUÇÃO

Os resultados desta etapa foram divididos em duas partes, a análise das técnicas de alvenaria estrutural empregadas no projeto e execução da obra e a análise do processo de controle da qualidade da alvenaria adotado pelas empresas. Os resultados destas análises são apresentados por empresa, com o objetivo de investigar a relação das referidas técnicas e controles com as manifestações patológicas identificadas na etapa anterior. De forma a cruzar os dados, antes de analisar as técnicas de alvenaria estrutural propriamente ditas, apresenta-se sucintamente as principais manifestações patológicas de cada empresa.

### 5.2.1 Empresa E1

#### 5.2.1.1 Principais manifestações patológicas dos empreendimentos IP1 e IP2

A tabela 29 apresenta os coeficientes CDU das principais formas de manifestações patológicas identificadas nos dois empreendimentos da empresa E1, analisados na etapa anterior deste trabalho.

Tabela 29: coeficientes CDU por forma de manifestação patológica nos empreendimentos da empresa E1

Elemento	Manifestação Patológica	Coeficiente CDU	
		IP1	IP2
Fases externas das paredes (fachadas)	Fissura horizontal	0,10	0,10
	Fissura vertical	0	0,04
	Fissura a 45 graus	0	0,02
	Frestas	0,28	0,02
Lajes	Fissura horizontal (reta)	0,32	0
	Umidade	0	0,12
Fases internas das paredes	Fissura horizontal	0,03	0,14
	Fissuras mapeadas	0	0,01
	Irregularidades	0,10	0,05
	Fissura vertical	0	0,04
	Fissura a 45 graus	0,01	0

Através da tabela 29, observa-se que as principais manifestações patológicas dos empreendimentos concluídos desta empresa foram: (a) fissuras horizontais, tanto nas faces externas como nas faces internas das paredes; (b) fissuras horizontais na interface das lajes com as paredes; e (c) a falta de vedação nas frestas da junta entre o muro do pátio e as paredes externas dos sobrados.

Através da análise da percepção dos usuários destes dois empreendimentos sobre os defeitos de suas unidades habitacionais, apresentada no item 5.1.3, constatou-se a preocupação dos usuários principalmente com as fissuras horizontais na interface das paredes com as lajes e as irregularidades nas faces internas das paredes.

#### 5.2.1.2 Análise das técnicas de alvenaria estrutural empregadas

A figura 48 apresenta as principais técnicas definidas no projeto ou na execução adotadas nos três empreendimentos em construção desta empresa, que poderiam afetar a confiabilidade da alvenaria estrutural, associando-as com as manifestações patológicas<sup>70</sup> identificadas nos empreendimentos concluídos desta empresa.

Cabe salientar que as irregularidades nas paredes não foram observadas nos empreendimentos em construção, pois a empresa substituiu o revestimento de argamassa por gesso. Observou-se que esta substituição melhorou o acabamento superficial das paredes. Entretanto, não foi analisada a qualidade do revestimento de gesso durante este trabalho.

---

<sup>70</sup> Neste caso foram consideradas as manifestações patológicas que podem estar associadas à técnica descrita, ou seja, durante a análise das soluções de projeto e das técnicas utilizadas em canteiro de obras procurou-se identificar as possíveis origens das manifestações patológicas identificadas nos empreendimentos concluídos de cada empresa.



Figura 48: relação de causa e efeito entre as técnicas e as manifestações patológicas identificadas durante a análise da empresa E1

Através da figura 48, observa-se que tanto falhas de projeto como de execução contribuíram para a ocorrência de manifestações patológicas. Também se observa que a maioria das manifestações patológicas não é resultado de uma única causa. Ou seja, para cada manifestação patológica identificada pode ser decorrente de mais de uma falha nas técnicas adotadas.

As fissuras e irregularidades identificadas na interface das lajes com as paredes foram causadas principalmente por falhas de projeto, discutidas anteriormente no item 5.1.1.4. Foram identificadas as mesmas falhas de projeto nos empreendimentos em construção durante as primeiras visitas, mas no desenvolvimento desta etapa da pesquisa a empresa adotou algumas melhorias no projeto das lajes<sup>71</sup>. As lajes, que antes eram pré-fabricadas (vigotas e tabelas) com capa de concreto armado, foram substituídas para lajes maciças de concreto armado moldadas no local. Estas lajes maciças, diferentes das lajes utilizadas em empreendimentos anteriores, possuíam juntas de retração sobre as paredes separando as lajes.

Antes da adoção destas juntas, as lajes eram concretadas sobre todas as paredes de um lote de quatro a cinco sobrados conjugados – dimensões máximas das lajes de aproximadamente 20m de comprimento por 9m de largura. Neste caso, as movimentações eram grandes e transmitiam tensões excessivas às paredes, podendo resultar em fissuras, principalmente horizontais tanto nas faces internas como externas das paredes.

Estas fissuras podem ser agravadas pela falta de transpasse da armadura das cintas de respaldo. Observou-se que estas armaduras encontravam-se dispostas apenas sobre cada parede, sem os devidos transpasses nos encontros de paredes. Visto que uma das funções das cintas de respaldo é distribuir uniformemente os esforços transmitidos às paredes, estas podem inibir os movimentos em excesso das lajes (vide item 3.2.1.6).

As juntas de retração foram definidas através de placas de PVC, colocadas sobre todas as paredes do segundo pavimento e apenas sobre as paredes que dividem os sobrados entre si no térreo. Estas juntas foram utilizadas para separar as lajes e reduzir a amplitude dos movimentos de dilatação e contração das mesmas. A figura 49 (a) ilustra a utilização desta junta antes da concretagem das lajes do último pavimento no empreendimento E1IP11 e a figura 49 (b) apresenta um croqui do detalhe desta junta.

---

<sup>71</sup> As melhorias tiveram como objetivo eliminar as manifestações patológicas identificadas nos empreendimentos concluídos desta empresa. Estas soluções foram discutidas com o pesquisador durante a análise dos empreendimentos em construção.

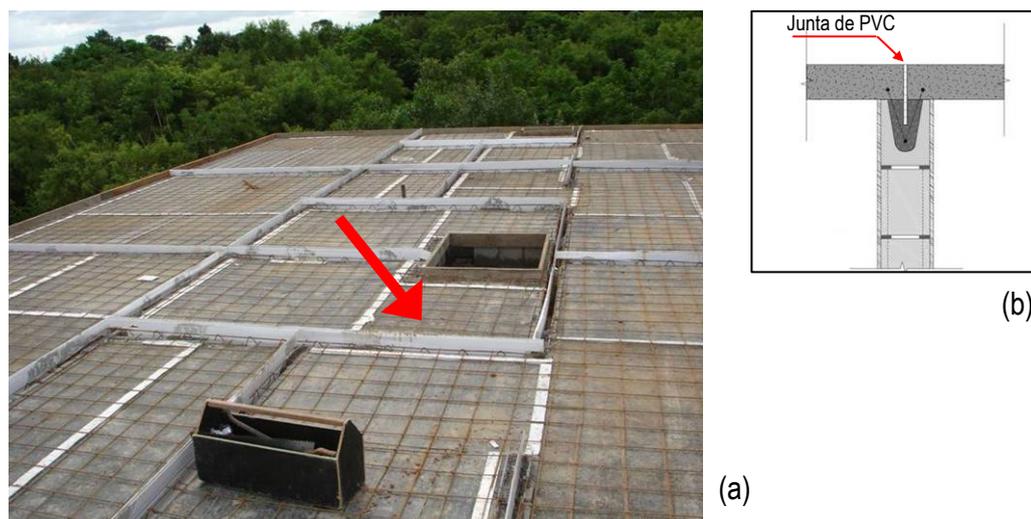


Figura 49: (a) juntas de retração sobre as paredes do último pavimento dos sobrados e (b) desenho da junta em detalhe

Durante o processo de acompanhamento da execução dos empreendimentos, constatou-se que a adoção de laje maciça com juntas de retração reduziu as manifestações patológicas do último pavimento. Entretanto, ainda foram observadas algumas fissuras horizontais próximas às lajes nas paredes internas de alguns sobrados concluídos. Para sanar tais fissuras a empresa aumentou o número de pontos de graute do último pavimento e inseriu uma manta deslizante no apoio destas lajes. Durante o período de acompanhamento dos empreendimentos não foi possível analisar o resultado desta mudança em obras entregues. Entretanto, não foram encontradas fissuras na interface das lajes com as paredes de alguns sobrados em construção, que foram visitados.

Durante a análise das plantas das elevações e da primeira fiada dos três empreendimentos estudados, observou-se que não há qualquer tipo de amarração das paredes estruturais com uso de telas ou grampos. Ou seja, as amarrações dos blocos previstas em projeto são contra-fiadas. Para execução destas amarrações é necessária a interpenetração dos blocos contra-fiados (“castelinhos”). Entretanto, durante a análise das técnicas utilizadas para as elevações das alvenarias dos sobrados, observou-se que a maioria das amarrações das paredes utilizadas nos empreendimentos E1IP9 e E1IP10 são do tipo “bocas-de-leão” (ver figura 50). Este tipo de execução das amarrações das paredes prejudica a distribuição de tensões nos cantos e ocasionalmente aparecem fissuras escalonadas nestas posições, como uma ocorrência<sup>72</sup> identificada num empreendimento concluído desta empresa.

Já no empreendimento E1IP11, este tipo de amarração foi identificado apenas nas paredes externas, nas quais havia a necessidade de abertura para passagem de materiais. O engenheiro responsável

<sup>72</sup> A ocorrência de fissura escalonada foi identificada no empreendimento IP1. Visto que houve apenas uma ocorrência, seu coeficiente CDU foi quase nulo. Durante a análise dos empreendimentos em construção, observou-se que na mesma posição desta fissura escalonada a amarração utilizada também foi do tipo “bocas-de-leão”.

pela obra comentou que estas paredes não poderiam ser executadas com as outras, pois prejudicava a logística da obra. Entretanto, o projeto da alvenaria não previa este tipo de situação, ou seja, não havia outro tipo de amarração para que estas paredes fossem executadas após as outras, como, por exemplo, amarrações com uso de telas ou grampos.

A figura 50 ilustra as amarrações do tipo “bocas-de-leão” no empreendimento E1IP9.



Figura 50: amarrações inadequadas das paredes do tipo “bocas-de-leão” no empreendimento E1IP9

Decorrente deste tipo de amarração das paredes, observou-se que o preenchimento das juntas de argamassa (horizontais e verticais) estava inadequado na maioria dos encontros de paredes dos empreendimentos E1IP9 e E1IP10. A figura 51 (a) ilustra esta situação no empreendimento E1IP9.

Além desta situação, o preenchimento inadequado das juntas foi identificado na análise do processo de construção nesta empresa em outras situações isoladas, nos três empreendimentos, ilustrado pelo detalhe apresentado na figura 51 (b). Salienta-se que as juntas de argamassa foram especificadas corretamente nas plantas de elevações destes empreendimentos com 10mm de espessura, tanto horizontais como verticais.

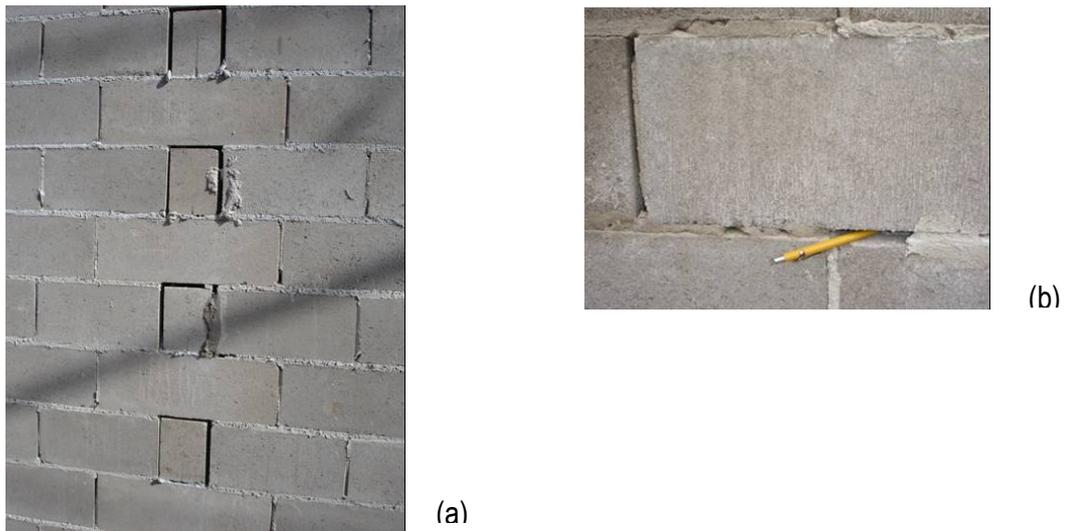


Figura 51: detalhes do preenchimento inadequado das juntas de argamassa

Visto que os usuários dos empreendimentos do programa IP, diferentes do PAR, realizam modificações no projeto das instalações de suas habitações durante o processo de construção, observou-se que estas modificações podem interferir na estrutura da edificação. Para realizar algumas destas modificações foram realizados cortes inadequados na alvenaria. A figura 52 ilustra um corte horizontal inadequado na alvenaria causado pela transferência da pia da cozinha de uma parede para outra, havendo a necessidade de modificar as instalações elétricas e hidro-sanitárias.



Figura 52: cortes horizontais excessivos na alvenaria

Os rasgos excessivos na alvenaria somados à falta de preenchimento de concreto das extremidades de algumas contra-vergas, como também as falhas no preenchimento de algumas juntas de argamassa, podem causar fissuras a 45 graus nas proximidades dos cantos das janelas. Estas fissuras foram identificadas em pouca quantidade nos empreendimentos concluídos analisados.

### 5.2.1.3 Análise do processo de controle da qualidade

A empresa E1 possui em seus procedimentos de controle da qualidade uma planilha de verificação com o objetivo de controlar a qualidade da alvenaria estrutural. Esta planilha tem uma lista com 12 itens de controle e verificação, divididos em três partes. As unidades verificadas são o conjunto de paredes de cada unidade habitacional (sobrado). Ou seja, o registro da conformidade se dá por unidade habitacional. A tabela 30 apresenta de forma resumida esta planilha de verificação.

Tabela 30: resumo da planilha utilizada para controle da qualidade da alvenaria adotada pela empresa E1

Atividade			Tolerância	Unidades			
				Sobrado 1		Sobrado n	
				1º V	2º V	1º V	2º V
1º e 2º FIADA	1.	Marcação da 1ª fiada conforme projeto executivo					
	2.	Conferir as dimensões dos vãos de portas conforme projeto					
	3.	Conferir o esquadro na diagonal					
6º FIADA	4.	Conferir prumo das paredes	+/- 10mm				
	5.	Conferir esquadro das paredes	+/- 10mm				
	6.	Conferir dimensão dos vãos de janelas conforme projeto	+/- 10mm				
	7.	Conferir a execução das contra-vergas					
	8.	Conferir a armadura da contra-verga					
	9.	Conferir colocação de telas de amarração conforme projeto, quando especificado					
13º FIADA	10.	Conferir dimensão dos vãos de janelas e portas conf. projeto	+/- 10mm				
	11.	Conferir as passagens elétrica e hidráulica no bloco canaleta					
	12.	Conferir a armadura das vergas e cinta de respaldo conforme o projeto executivo					

Observações:

Legenda: V = Verificação | Instrução: Na Verificação, utilizar a letra A para Aprovado e R para Reprovado.

Através da tabela 30, verifica-se que os controles recomendados pela bibliografia pesquisada (vide item 3.2.3.3), não são atendidos pelos itens de controle e verificação adotados pela empresa E1. Além disso, constatou-se que a empresa não conseguia aplicar todas as atividades de controle, evidenciado pelo fato de que raramente uma atividade era reprovada, conforme os registros do sistema de qualidade existentes.

Em parte isto se deve ao fato de que algumas atividades de controle são de difícil aplicação. Por exemplo, discutiu-se com o engenheiro responsável que a atividade de “conferir o prumo das paredes” deveria ter critérios de medições mais claros. Ou seja, não está claro como e quando se deve realizar esta atividade. Após discussão, concluiu-se que esta dificuldade de aplicação faz com que os procedimentos de controle não sejam efetivamente conferidos em obra.

Ainda na atividade de conferência do prumo, constatou-se que o controle mencionado nas planilhas se dá somente até a sexta fiada. Salienta-se que o prumo é uma característica importante para o bom

desempenho estrutural da alvenaria. Assim, as paredes devem atender a este critério até a sua altura final dentro dos limites recomendados pela tabela 5 da NBR8798 (ABNT, 1985).

A partir desta análise, concluiu-se que o controle da qualidade da alvenaria desta empresa ocorre predominantemente de maneira informal, ao invés de ser formalizado pelo sistema da qualidade. Ou seja, o engenheiro responsável e o supervisor de obras controlam principalmente de forma visual a qualidade da alvenaria. Em caso de uma não-conformidade, o encarregado da empreiteira é notificado e cobrado para efetuar o reparo. Esta forma de controle não é eficaz e cria conflitos entre os profissionais, pois o critério adotado para o controle não é sistematizado, mas dependente da relação hierárquica de cobrança entre os profissionais.

Desta maneira, observa-se que o controle da qualidade adotado pela empresa E1 não é suficiente para garantir a conformidade da alvenaria com os padrões recomendados.

## 5.2.2 Empresa E2

### 5.2.2.1 Principais manifestações patológicas dos empreendimentos PAR3 e PAR4

A tabela 31 apresenta as principais formas de manifestações patológicas identificadas nos dois empreendimentos da empresa E2 analisados na etapa anterior deste trabalho e seus coeficientes CDU.

Tabela 31: coeficientes CDU por forma de manifestação patológica nos empreendimentos da empresa E2

Elemento	Manifestação Patológica	Coeficiente CDU	
		PAR3	PAR4
Fases externas das paredes (fachadas)	Fissura mapeada	1,04	1,34
	Fissura horizontal	0,27	0,73
	Fissura vertical	0	0,22
	Fissura escalonada	0	0,12
	Fissura a 45 graus	0	0,03
Lajes	Fissura horizontal	0,29	0,02
	Umidade	0,20	0,01
Fases internas das paredes	Umidade	0,03	0
	Fissura horizontal	0,37	0,07
	Fissuras mapeadas	0,18	0
	Irregularidades	0,08	0
	Fissura vertical	0,03	0,04
	Fissura a 45 graus	0,03	0,01
	Fissura escalonada	0	0,01

De maneira geral, o empreendimento PAR3 apresentou mais manifestações patológicas nas faces internas das paredes, enquanto o empreendimento PAR4 nas fachadas. As manifestações patológicas

com maior incidência foram as fissuras mapeadas e as fissuras horizontais nas fachadas, em ambos empreendimentos. Já as fissuras verticais, escalonadas e a 45 graus foram identificadas na fachada apenas do empreendimento PAR4. As fissuras localizadas na interface das lajes com as paredes tiveram maior incidência no empreendimento PAR3.

A percepção dos usuários sobre os defeitos também foi diferente nos dois empreendimentos desta empresa. Entretanto, ao contrário da incidência de manifestações patológicas, que foram maiores no empreendimento PAR3 em relação ao PAR4, a percepção de defeitos pelos usuários foi maior no empreendimento PAR3. Enquanto no empreendimento PAR3, 74% dos usuários perceberam as manifestações patológicas associadas à alvenaria estrutural, no empreendimento PAR4 este percentual foi de apenas 27%. Esta diferença pode ser justificada pelos trabalhos de recuperação das fachadas que estavam sendo iniciados no empreendimento PAR3. Percebeu-se que as respostas sobre os defeitos foram relatadas principalmente em relação às manifestações patológicas que iriam ser recuperadas.

#### 5.2.2.2 Análise das técnicas de alvenaria estrutural empregadas

Durante as quatro visitas nos dois empreendimentos em construção desta empresa, observou-se que, embora as características da argamassa utilizada nos empreendimentos analisados durante a fase de construção tenha sido semelhante à argamassa utilizada nos empreendimentos concluídos<sup>73</sup>, as fissuras mapeadas foram identificadas em quantidades consideravelmente menores nas paredes que já se encontravam revestidas de argamassa. Estas fissuras foram identificadas em grandes quantidades nas fachadas dos dois empreendimentos concluídos desta empresa.

Para as demais manifestações patológicas identificadas nos empreendimentos concluídos desta empresa (E2), a figura 53 apresenta a relação de causa e efeito destas com as principais técnicas de alvenaria estrutural observadas nos dois empreendimentos em construção analisados.

---

<sup>73</sup> Esta observação foi constatada durante a reunião de apresentação dos resultados da etapa A no seminário fechado na empresa. Salienta-se que a argamassa utilizada para execução da alvenaria e também para o revestimento das paredes é de cimento, cal e areia fabricada em canteiro de obras.

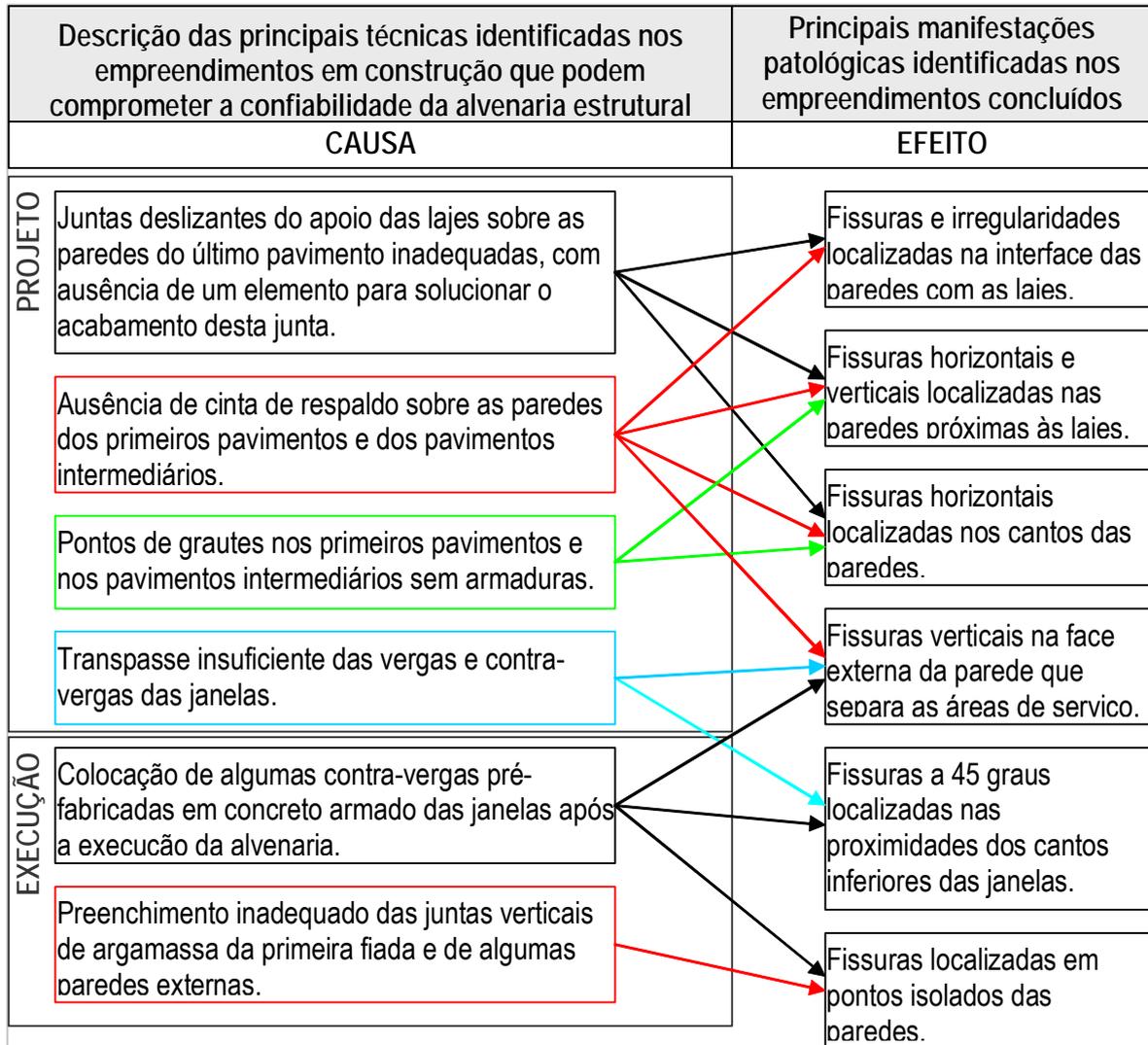


Figura 53: relação de causa e efeito entre as técnicas e as manifestações patológicas identificadas durante a análise da empresa E2

Através da figura 53, observa-se que as falhas identificadas nos empreendimentos em construção desta empresa, possíveis responsáveis pelas manifestações patológicas identificadas nos empreendimentos concluídos, são predominantemente falhas de projeto. Assim como na empresa E1, estas falhas estão geralmente associadas a mais de uma manifestação patológica.

Durante a análise dos projetos de elevações das alvenarias, observou-se que a empresa não utiliza uma cinta de respaldo sobre as paredes de alvenaria nos pavimentos térreos e intermediários, mas somente sobre as paredes do último pavimento. A cinta de respaldo do último pavimento é de concreto armado moldada no local, diferentemente das outras empresas estudadas que utilizam blocos tipo “canaletas” para a execução desta cinta em todos pavimentos. A bibliografia pesquisada recomenda a utilização de cinta de respaldo sobre todas as paredes (vide item 3.2.1.6).

Nos pavimentos térreos e intermediários a empresa adota em seus projetos apenas uma camada de regularização de argamassa. Esta regularização é utilizada para nivelar as paredes e acomodar as pré-lajes. A figura 54 ilustra esta camada de regularização sobre algumas paredes.



Figura 54: camada de regularização sobre as paredes da edificação

Observou-se que no último pavimento é utilizada uma junta deslizante sobre a cinta de respaldo para acomodar as lajes. Esta junta é constituída de isopor confinado em lona plástica e fixada com o auxílio de fio de aço. A figura 55 ilustra a utilização desta junta.



Figura 55: detalhe da junta deslizante do último pavimento sobre a cinta de respaldo

Segundo Duarte (1999) e Sabbatini (2003), considera-se correta a adoção desta junta sobre as paredes do último pavimento. Porém, o material utilizado está inadequado. Além do acabamento que pode ser

prejudicado com este material, já que não existem frisos ou mata-juntas, o isopor também pode se deteriorar com os movimentos de contração e dilatação que este material é submetido ao longo do tempo.

Estas falhas técnicas (ausência de cinta de respaldo e junta deslizante inadequada) podem ser as principais responsáveis das fissuras e irregularidades localizadas na interface das paredes com as lajes, das fissuras horizontais e verticais localizadas nas paredes próximas às lajes, e das fissuras horizontais localizadas nos cantos das paredes.

Além destas falhas, os pontos de grautes dos andares térreos e intermediários não contribuem para inibir as fissuras horizontais identificadas nos cantos das paredes, pois estes pontos foram especificados sem armadura vertical. Segundo a NBR8798 (ABNT, 1985), o graute é um elemento utilizado para enchimento dos vazios dos blocos para solidarizarão da armadura a estes (vide item 3.2.1.8). Assim, consideram-se estes pontos de graute utilizados nestas situações ineficazes para esta função.

Também foi observado durante as visitas que o transpasse das vergas e contra-vergas é insuficiente. Estes componentes têm transpasses de apenas 15cm para cada lado do vão das janelas (figura 56 – a e b), diferente das especificações recomendadas pela bibliografia (vide item 3.2.1.5). Saliencia-se que foram constatadas fissuras verticais na face externa das paredes que dividem as áreas de serviço dos apartamentos do empreendimento PAR4. Nesta mesma posição, observou-se que o detalhe de projeto dos empreendimentos estudados nesta etapa é semelhante ao empreendimento concluído (PAR4), conforme figura 56 (b).

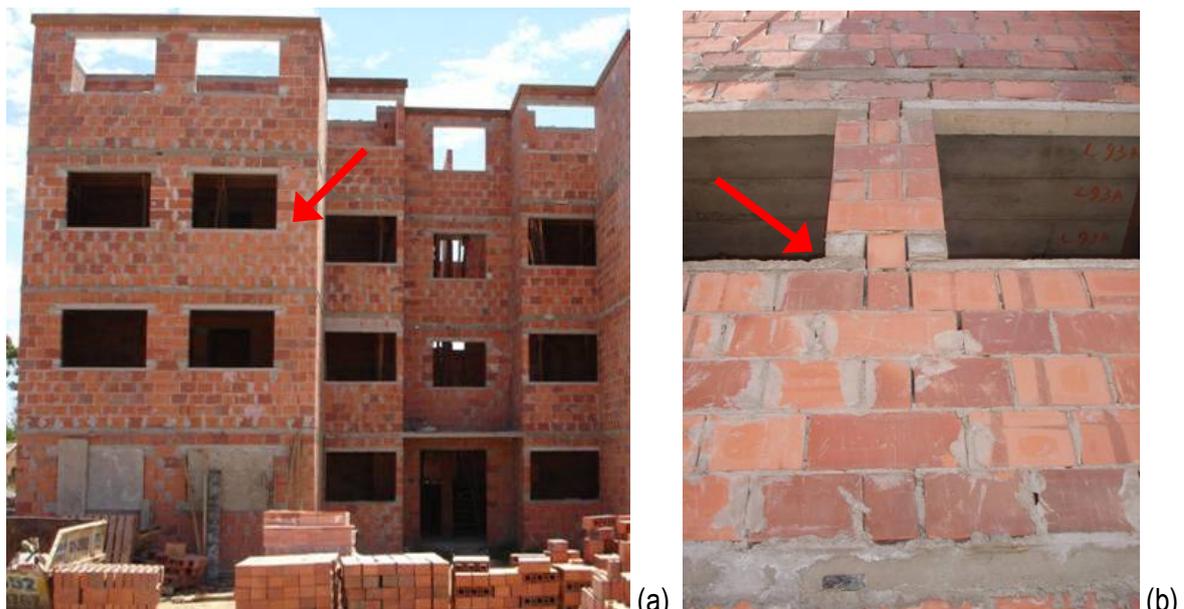


Figura 56: (a) transpasse insuficiente das contra-vergas das janelas dos dormitórios e (b) das janelas da área de serviço

Tubi (1986) *apud* Thomaz e Helene (2000)<sup>74</sup> recomenda que, ocorrendo aberturas muito próximas, deve-se adotar vergas e contra-vergas contínuas. Já que nas regiões das aberturas há elevadas concentração de tensões (vide item 3.2.1.5). Assim, considera-se necessária a utilização de vergas e contra-vergas contínuas nas paredes externas com aberturas, principalmente nas paredes externas dos dormitórios e das áreas de serviço, pois as aberturas são muito próximas uma das outras.

Além disso, algumas vergas e contra-vergas também apresentaram problemas de execução. No empreendimento E2PAR13, constatou-se que algumas contra-vergas pré-fabricadas foram assentadas após as elevações das alvenarias. Estes componentes devem ser executados durante as elevações da alvenaria, tendo em vista uma distribuição adequada das tensões concentradas nos cantos inferiores dos vãos das janelas (SABBATINI, 2003). Esta inadequação técnica pode causar fissuras a 45 graus localizadas nas proximidades dos cantos inferiores das janelas, como algumas identificadas nos empreendimentos concluídos desta empresa.

Salienta-se que além das falhas técnicas identificadas acima, também foram observadas algumas falhas no preenchimento das juntas verticais de argamassa. Estas falhas foram constatadas nas juntas verticais tanto da primeira fiada de blocos<sup>75</sup> quanto nas paredes externas. Estas juntas são regularizadas erroneamente após o assentamento da alvenaria. Recomenda-se o seu preenchimento durante a execução das elevações das alvenarias. As outras juntas de argamassa das paredes internas, tanto horizontais como verticais, estavam preenchidas corretamente, tendo em vista que os blocos destas paredes ficam expostos sem revestimento de argamassa (PAR simplificado).

### 5.2.2.3 Análise do processo de controle da qualidade

Diferente da planilha de verificação da alvenaria estrutural utilizada pela empresa E1, que possui 12 itens de controle e verificação, a empresa E2 possui apenas 4 itens a serem verificados. Estes itens são verificados na conclusão dos serviços e em uma das faces de todas as paredes das dependências dos apartamentos. Cada parede possui um código especificado num esquema (sobre o projeto da primeira fiada) fixado no quadro mural do escritório da obra. A tabela 32 apresenta de maneira resumida esta planilha de verificação.

---

<sup>74</sup> TUBI, N. La realizzazione di Murature in Laterizio. ANDIL – Associazione Nazionale degli Industriali dei Laterizi. Roma, 1986.

<sup>75</sup> A falta de preenchimento das juntas verticais da primeira fiada de blocos foi observada em praticamente todas as situações. Esta prática é adotada pelo profissional responsável pela colocação da primeira fiada.

Tabela 32: resumo da planilha utilizada para controle da qualidade da alvenaria adotada pela empresa E2

Verificações		Avaliações			
Tolerâncias	Descrição	Código parede 1		Código parede n	
±2 mm/m	Marcação: Conferir o esquadro das peças, verificando as diagonais com trena de 5 metros e os cantos com esquadro metálico, no término da marcação.	A ( )	R: _____	A ( )	R: _____
		Data: _____		Data: _____	
		RNC: _____		RNC: _____	
±2 mm/m	Prumo: Verificar a verticalidade da parede, com auxílio de prumo de face e trena de 5 metros, durante a execução do serviço.	A ( )	R: _____	A ( )	R: _____
		Data: _____		Data: _____	
		RNC: _____		RNC: _____	
±2 mm/m	Nivelamento do capeamento ou cinta de amarração	A ( )	R ( )	A ( )	R ( )
		Data: _____		Data: _____	
		RNC: _____		RNC: _____	
As juntas não podem apresentar falhas.	Verificar visualmente o acabamento das juntas da alvenaria à vista.	A ( )	R ( )	A ( )	R ( )
		Data: _____		Data: _____	
		RNC: _____		RNC: _____	
Conferente:		Ass: _____		Data: _____	
Gerente da Obra:		Ass: _____		Data: _____	
A=Aprovado (marcar X); R=Reprovado (anotar valor medido ou marcar X)					
Obs: Os valores deverão ser anotados em milímetros.					

Através da tabela 32, observa-se que os principais controles recomendados pela bibliografia pesquisada são atendidos em parte pelos 4 itens de controle e verificação adotados pela empresa E2 (vide item 3.2.3.3). Observa-se também que os itens de controle 1, 2 e 3 têm uma tolerância especificada de acordo com a NBR 8798 (ABNT, 1985).

Observou-se que a empresa enfrentava dificuldades na medição dos serviços destes 3 itens (1, 2 e 3), pois as ferramentas utilizadas eram inadequadas. O esquadro utilizado era pequeno (30cmx50cm), a régua de nível também era pequena e ainda era utilizada a mangueira para medir o nível. Discutiu-se este problema com representantes da empresa no seminário interno de apresentação dos resultados da etapa A e concluiu-se que estas ferramentas deveriam ser substituídas por outras. Foi definida a necessidade de um esquadro com 60cmx80cmx100cm, uma régua de nível e prumo com 180cm de comprimento e um nível a *laser*.

Também foi discutida a necessidade de verificação do preenchimento das juntas de argamassa da alvenaria. Esta verificação deveria ser de todas as paredes e não apenas das alvenarias à vista, como está especificado na planilha de medições, já que foram observadas falhas no preenchimento das juntas verticais de argamassa nas alvenarias externas.

Diferente da empresa E1, observou-se que esta empresa realiza treinamentos periódicos com os profissionais encarregados da execução da alvenaria. Este treinamento auxilia no controle da alvenaria pois há um entendimento maior das técnicas de execução recomendadas por parte dos profissionais. Este treinamento é ministrado por um especialista de alvenaria estrutural no início da obra e quando há muita reincidência de não-conformidades. Participam deste treinamento os engenheiros responsáveis, estagiários, encarregados, os pedreiros e alguns serventes. Observou-se que este treinamento tem auxiliado consideravelmente na garantia da conformidade da alvenaria com os padrões recomendados.

## 5.2.3 Empresa E3

### 5.2.3.1 Principais manifestações patológicas nos empreendimentos PAR5 e PAR6

A tabela 33 apresenta as manifestações patológicas identificadas nos dois empreendimentos da empresa E3 e seus coeficientes CDU.

Tabela 33: formas de manifestações patológicas identificadas nos empreendimentos da empresa E3 e seus coeficientes CDU

Elemento	Manifestação Patológica	Coeficiente CDU	
		PAR5	PAR6
FACES externas das paredes (fachada)	Fissura mapeada	2,21	1,70
	Fissura horizontal	0	0,48
	Fissura vertical	0	0,04
	Fissura a 45 graus	0	0,08
Lajes	Fissura horizontal (reta)	0,45	0,72
	Fissura 45 graus (diagonal)	0,02	0
	Irregularidades	0	0,04
	Umidade	0,02	0
FACES INTERNAS das paredes	Umidade	0,25	0,08
	Fissura horizontal	0	0,01
	Fissuras mapeadas	0	0,01
	Irregularidades	0	0,03
	Fissura vertical	0	0,02
	Fissura a 45 graus	0,01	0,02

Através da tabela 33, observa-se que as manifestações patológicas de maior incidência foram as fissuras mapeadas nas fachadas e as fissuras horizontais nas lajes, identificadas em ambos os empreendimentos; fissuras horizontais na fachada, identificadas apenas no empreendimento PAR6; e a presença de umidade nas faces internas das paredes do empreendimento PAR5. As outras manifestações patológicas tiveram coeficientes consideravelmente menores.

Observa-se que foi identificada uma quantidade maior de manifestações patológicas no empreendimento PAR6 em relação ao empreendimento PAR5. Em parte, pode-se justificar esta diferença em razão da idade do empreendimento PAR6 ser de 12 meses e o empreendimento PAR5 de 24 meses, ou seja, o PAR6 tem o dobro da idade do PAR5.

Quanto à percepção dos usuários sobre os defeitos associados à alvenaria estrutural, constatou-se que 35% dos usuários perceberam estes defeitos no empreendimento PAR5 e 50% no PAR6. Esta diferença pode ter sido causada pelo fato do empreendimento PAR6 apresentar mais formas de manifestação patológicas em relação ao empreendimento PAR5. Ou seja, as manifestações patológicas estavam mais disseminadas no empreendimento PAR6.

### 5.2.3.2 Análise das técnicas de alvenaria estrutural empregadas

A figura 57 apresenta a relação de causa e efeito das principais técnicas de alvenaria estrutural observadas nos dois empreendimentos em construção desta empresa com as principais manifestações patológicas.

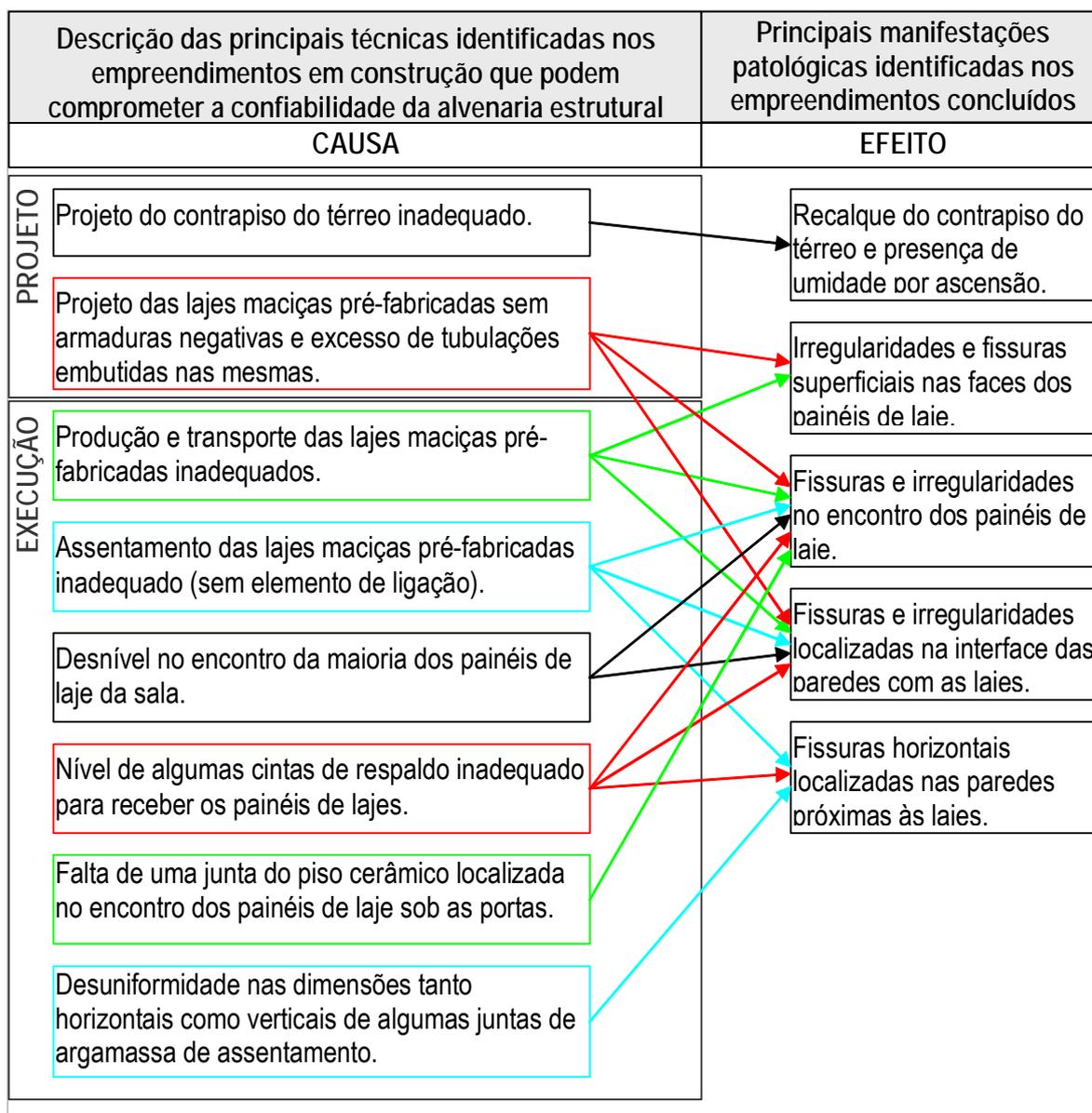


Figura 57: relação de causa e efeito entre as técnicas e as manifestações patológicas identificadas durante a análise da empresa E3

Através da figura 57, verifica-se que, diferente da empresa E2, as falhas técnicas identificadas nos empreendimentos em construção desta empresa (E3) prováveis responsáveis pelas manifestações patológicas identificadas nos empreendimentos concluídos são predominantemente falhas de execução. Também foi observado que estas falhas estão associadas principalmente a inadequação do projeto e falhas na execução das lajes.

Durante a análise das técnicas empregadas pela empresa E3, observou-se que o tipo de laje utilizado nos empreendimentos em construção é o mesmo dos empreendimentos concluídos desta empresa. Ou seja, em ambos os empreendimentos as lajes são maciças e pré-fabricadas numa central distante da obra. Em visita a esta central, observou-se que os painéis de lajes possuem irregularidades e fissuras

logo após a sua fabricação. Estes painéis também apresentaram alguns desencontros das instalações, havendo a necessidade de muitos ajustes em obra. Tais problemas constituem-se em um dos fatores que podem ter causado o grande número de fissuras e irregularidades da laje.

Entretanto, havia outros fatores associados à falhas de execução em canteiro de obras que também devem ser observados. O desnível da cinta de respaldo é um deles. O nível da cinta de respaldo não estava adequado em algumas situações, havendo problema de distribuição das tensões atuantes, já que os painéis de lajes são apoiados diretamente sobre as cintas de respaldo, sem a utilização de argamassa ou qualquer outro elemento de ligação. A figura 58 ilustra tal situação.



Figura 58: desnível da cinta de respaldo

Também foram observados problemas de nivelamento entre os dois painéis de laje que cobrem a sala das unidades habitacionais. Observou-se que havia um desnível acentuado na grande maioria dos encontros dos painéis das lajes da sala. Nesta situação também foi identificado um desencontro das tubulações das instalações elétricas. A figura 59 ilustra estas duas situações.



Figura 59: desnível acentuado no encontro dos painéis de lajes da sala e desencontro das tubulações das instalações elétricas

Durante as visitas realizadas nos dois empreendimentos em construção, observou-se que a técnica utilizada para a execução do contrapiso do térreo nestes empreendimentos foi semelhante aos empreendimentos PAR5 e PAR6 desta empresa (vide item 5.1.1.4). Ou seja, o contrapiso do térreo foi executado após as elevações das alvenarias da edificação. Esta técnica não é recomendada pela bibliografia pesquisada (vide item 3.2.2.2).

Conforme citado no item 5.1.1.1, no empreendimento PAR5 desta empresa foi constatada única manifestação patológica de comprometimento alto, relativa ao recalque do contrapiso do térreo.

Segundo Sabbatini (2003), o assentamento da primeira fiada de blocos deve ser realizado sobre uma base de concreto nivelada e adequadamente resistente. O mesmo autor não recomenda a execução da primeira fiada do térreo diretamente sobre as vigas de baldrame, conforme foi constatado tanto nos empreendimentos em construção como nos empreendimentos concluídos analisados desta empresa.

Desta maneira, recomenda-se que o contrapiso seja armado e realizado antes da execução da primeira fiada do térreo. A figura 60 ilustra a o assentamento da primeira fiada de uma edificação do empreendimento E3PAR15 diretamente sobre as vigas de baldrame, sem a execução preliminar do contrapiso.



Figura 60: assentamento da primeira fiada sobre as vigas de baldrame

Nos dois empreendimentos em construção desta empresa, constatou-se que as especificações de projeto das juntas de argamassa, tanto horizontais como verticais, são de 10mm de espessura, segundo a NBR8798 (ABNT, 1985). Entretanto, as juntas de argamassa identificadas na maioria das paredes ultrapassavam a tolerância de  $\pm 3$ mm, preconizada pela referida norma. Esta desuniformidade

das juntas de argamassa pode ter sido causada principalmente pelas dimensões dos blocos serem menores do que as dimensões de projeto.

O bloco padrão utilizado nos empreendimentos desta empresa possui 14cm de largura, 19cm de altura e 29cm de comprimento. Durante a visita ao empreendimento E3PAR15 foram verificadas as dimensões de alguns blocos e constatou-se que suas dimensões estavam abaixo dos limites toleráveis pela NBR7171 (ABNT, 1992a), ou seja, abaixo de 3mm das dimensões padrões. Este problema foi discutido com o responsável pela obra e ele relatou que o problema já acontecia há mais tempo.

Além do problema da falta de uniformidade na fabricação dos blocos cerâmicos, constatou-se visualmente que havia um elevado desperdício deste material nos canteiros de obra visitados. A figura 61 ilustra o canteiro de obras do empreendimento E3PAR14, evidenciando este desperdício pelo elevado número de blocos quebrados e espalhados pelo chão.



Figura 61: desperdício de blocos em excesso

### 5.2.3.3 Análise do processo de controle da qualidade

As tabelas 34 e 35 apresentam um resumo das planilhas de controle da qualidade da alvenaria estrutural adotadas pela empresa E3. Estas planilhas têm 6 itens para serem verificados no início dos serviços (tabela 34) e 6 itens de verificação durante as elevações das paredes – chamados de verificações de rotina (tabela 35).

Tabela 34: resumo da planilha utilizada para controle da qualidade no início dos serviços da alvenaria adotada pela empresa E3

Condições para o início da execução do serviço	Aprovação		Observações e Ações
	Sim	Não	
1. Marcação totalmente concluída			
2. Galgas marcadas nos vãos			
3. Ferros-cabelos posicionados nos locais previstos			
4. Equipamentos preparados			
5. Fabricação de vergas e contravergas			
6. Prumadas de hidráulica posicionadas			

Tabela 35: resumo da planilha utilizada para o controle da qualidade durante a execução das alvenarias adotada pela empresa E3

Verificação de Rotina	Aprovado (A) ou Rejeitado(R)					
1. Aplicação da argamassa		Data:		Data:		Data:
2. Nivelamento		Data:		Data:		Data:
3. Prumo e planicidade		Data:		Data:		Data:
4. Aspecto geral		Data:		Data:		Data:
5. Posicionamento de "caixinhas"		Data:		Data:		Data:
6. Vãos de portas e janelas		Data:		Data:		Data:

Através das tabelas 34 e 35, verifica-se que, de maneira geral, os critérios adotados não são bem definidos e alguns deles são inadequados para o controle da alvenaria estrutural. Os itens de controle e verificação não estão de acordo com as especificações recomendados pela bibliografia pesquisada (vide item 3.2.3.3). Além disso, as especificações dos itens de controle não possuem as devidas tolerâncias recomendadas pelas normas. Por exemplo, a verificação dos ferros-cabelos não se aplica a este tipo de obra, mas para outras obras com estruturas aporticadas de concreto armado executadas por esta empresa.

Além disso, observou-se que as atividades de verificação não são realizadas sistematicamente. Uma evidencia desta constatação é o relato do engenheiro responsável pela obra, dizendo: "o estagiário da obra preenche todas as planilhas do controle da qualidade pela manhã". Tal relato, somado a observação da documentação dos procedimentos de controle encontradas em canteiro de obras, evidenciam que o preenchimento das planilhas não possui vínculo direto com o controle de qualidade da execução dos serviços, que tem um caráter informal, semelhante à empresa E1. Este controle é realizado pelo engenheiro responsável pela obra com o auxílio dos encarregados pelos serviços de alvenaria.

Desta maneira, assim como na empresa E1, o controle da qualidade da alvenaria adotado pela empresa E3 não é suficiente para garantir a conformidade da alvenaria estrutural com os padrões recomendados.

## 5.2.4 Empresa E4

### 5.2.4.1 Principais manifestações patológicas

A tabela 36 apresenta as principais manifestações patológicas identificadas no empreendimento da empresa E4 e seus coeficientes CDU.

Tabela 36: coeficientes CDU das principais manifestações patológicas identificadas no empreendimento analisado da empresa E4

Componente	Manifestação Patológica	Coeficiente CDU
		PAR7
Fases externas das paredes (fachadas)	Fissura mapeada	0,02
	Fissura horizontal	0,10
	Fissura vertical	0,01
Lajes	Fissura horizontal	1,00
Fases internas das paredes	Fissura horizontal	0,01
	Fissuras mapeadas	0,01
	Irregularidades	0,03

Através da análise da tabela 36, verifica-se que a manifestação patológica mais freqüente no empreendimento PAR7 foi a ocorrência de fissuras horizontais nas lajes. Salienta-se que este empreendimento teve o maior coeficiente CDU das lajes frente aos outros empreendimentos.

O percentual da percepção dos usuários sobre os defeitos associados à alvenaria estrutural deste empreendimento (PAR7) foi o mesmo dos empreendimentos PAR6 e PAR8. Entretanto, as fissuras foram percebidas em quantidades maiores e próximas ao empreendimento PAR3, ou seja, em 36% de todos os relatos mencionados pelos usuários.

### 5.2.4.2 Análise das técnicas de alvenaria estrutural empregadas

A figura 62 apresenta a relação de causa e efeito das principais técnicas de alvenaria estrutural observadas durante as duas visitas realizadas no empreendimento em construção E4PAR16, e as manifestações patológicas identificadas nos empreendimentos concluídos desta empresa.

Descrição das principais técnicas identificadas nos empreendimentos em construção que podem comprometer a confiabilidade da alvenaria estrutural		Principais manifestações patológicas identificadas nos empreendimentos concluídos	
CAUSA		EFEITO	
PROJETO	Material utilizado na junta deslizante do apoio dos painéis de laje do último pavimento de fácil decaídação (isopor com 1cm de espessura).	Fissuras e irregularidades localizadas na interface das paredes com as lajes.	
	Falta de um acabamento no encontro dos painéis de laje da sala.	Fissuras e irregularidades no encontro dos painéis de laje.	
EXECUÇÃO	Falta de uma junta do piso cerâmico localizada no encontro dos painéis de laje sob as portas.		

Figura 62: relação de causa e efeito entre as técnicas e as manifestações patológicas identificadas durante a análise da empresa E4

Através da análise da figura 62, verifica-se que nesta empresa detectou-se um número consideravelmente menor de falhas que podem comprometer a confiabilidade da alvenaria estrutural, em relação às outras empresas. Observou-se que esta empresa adota a maioria das técnicas de alvenaria estrutural recomendadas pela bibliografia pesquisada.

Resultante da aplicação adequada das técnicas de alvenaria estrutural são os baixos coeficientes CDU das paredes internas e externas dos empreendimentos concluídos desta empresa. Entretanto, esta empresa teve o maior coeficiente CDU das lajes.

Embora o projeto das lajes do empreendimento em construção analisado melhorou em alguns aspectos em relação ao empreendimento concluído desta empresa analisado na etapa anterior, ainda foram identificadas irregularidades no encontro dos painéis de laje de teto da sala das unidades habitacionais. Entretanto, este empreendimento não apresentou a diferença de nível entre os dois painéis de laje da sala<sup>76</sup>, observada nos empreendimentos da empresa E3. Observou-se apenas que o acabamento estava inadequado. O engenheiro da obra estava comprometido em melhorar tal situação com o uso de uma fita de PVC colada sobre o encontro dos painéis. A figura 63 ilustra tal situação observada durante a visita.

<sup>76</sup> Ambos os empreendimentos utilizam lajes maciças e pré-fabricadas de concreto armado. Entretanto a empresa E3 fabrica os painéis numa central e transporta para o canteiro de obras enquanto que esta empresa fabrica os painéis no próprio canteiro de obras. O assentamento das lajes sobre as cintas de respaldo também é diferente nas duas empresas. Enquanto a empresa E3 apóia as lajes diretamente sobre a cinta de respaldo, a empresa E4 assenta sobre argamassa colocada sobre a cinta de respaldo nos primeiros pavimentos e nos pavimentos intermediários.



Figura 63: acabamento inadequado dos painéis de laje da sala

As melhorias no projeto das lajes deste empreendimento em construção, em relação ao empreendimento concluído, trouxe resultados positivos, pois a viga integrada a um dos painéis de laje da sala foi retirada e possibilitou um melhor acabamento entre os painéis. Com a retirada desta viga também possibilitou o aumento do apoio destas lajes sobre a parede que separa a cozinha da sala (figura 64), distribuindo melhor as tensões das lajes.

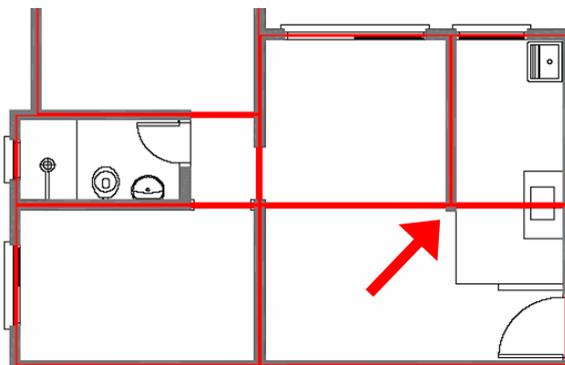


Figura 64: aumento do apoio dos painéis de laje da sala, da cozinha e da área de serviço

Durante a discussão deste assunto em obra também foi comentado que as juntas dos pisos cerâmicos devem coincidir com os encontros das lajes. Nesta situação, o rejunte deve ser de material com propriedades elásticas para permitir as movimentações provenientes das lajes.

Também foi discutida a utilização de um rodaforno de gesso nas paredes do último pavimento para cobrir a junta do apoio das lajes. Salienta-se que no empreendimento PAR7 foram identificadas irregularidades e fissuras nesta situação. A figura 65 apresenta o detalhe proposto do apoio das lajes sobre as paredes do último pavimento do empreendimento em construção analisado, com a utilização adequada de um rodaforno e um apoio deslizante.

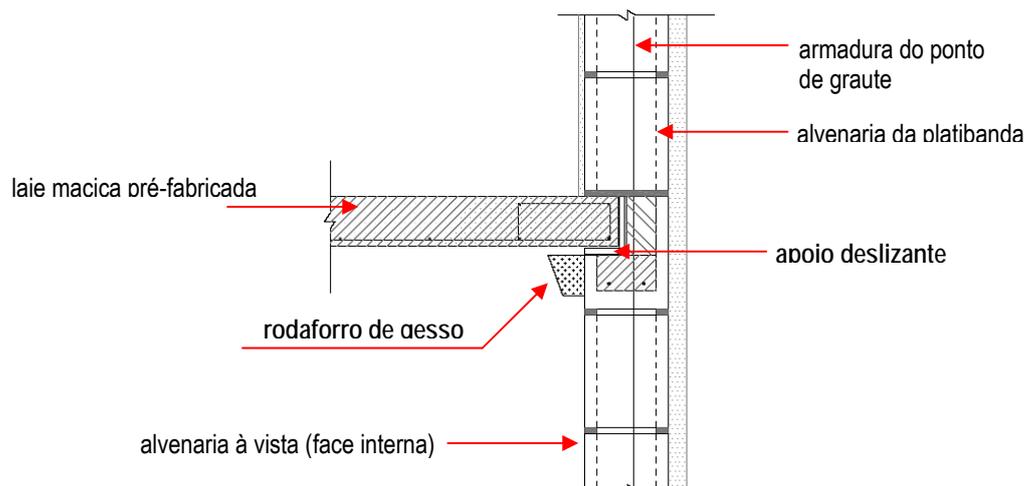


Figura 65: detalhe esquemático do apoio do painel de laje sobre a parede adotado pela empresa E4

Considera-se que este detalhe do apoio dos painéis de laje sobre as paredes pode inibir algumas das manifestações patológicas identificadas nas lajes. Entretanto, o apoio deslizante deve ser de material que não se degrade com as movimentações impostas pelas lajes.

Durante as visitas no empreendimento desta empresa, foi também observado que a técnica utilizada para execução do revestimento de argamassa das paredes externas reduz as manifestações de fissuras mapeadas. Esta observação foi identificada nas fachadas dos edifícios que já estavam revestidas com argamassa. O engenheiro responsável da obra comentou que esta técnica também foi utilizada no empreendimento PAR7. Na etapa anterior foi verificado que este empreendimento tem coeficientes CDU quase nulos de fissuras mapeadas.

A técnica utilizada pela empresa consiste de quatro etapas, as quais são: (a) aplicação manual de chapisco com argamassa 1:3 (cimento e areia, em volume), com cura mínima de um dia; (b) aplicação de emboço com argamassa semi-industrializada (areia tipo média com cal) misturada com cimento em obra; (c) aplicação de reboco com argamassa fina semi-industrializada (areia tipo fina com cal) misturada com cimento em obra - esta argamassa fina é aplicada antes mesmo de “puxar” o emboço, ou seja, antes da hidratação do cimento do emboço; (d) aplicação de pintura sobre o reboco após a cura do mesmo. Esta técnica mostrou ser eficaz para minimizar os efeitos da retração da argamassa nos revestimento de fachadas. Além disso, observou-se que o material utilizado para pintura dos empreendimentos desta empresa é de melhor qualidade do que o material utilizado pelas outras empresas, constatando-se visualmente que a cobertura era melhor.

### 5.2.4.3 Análise do processo de controle da qualidade

Os procedimentos de controle da qualidade da alvenaria utilizados pela empresa E4 eram semelhantes aos adotados pela empresa E1. Porém, existia uma diferença importante entre estas empresas quanto ao controle informal da qualidade. Enquanto o controle informal na empresa E1 ocorria de maneira visual e sem registros, na empresa E4 registravam-se as principais não-conformidades identificadas numa lista, na ordem que se apresentam durante a análise visual dos serviços pelo engenheiro residente na obra. A partir desta lista, as mesmas eram registradas em dois blocos de anotações pelo engenheiro residente da obra. Um destes blocos de anotação permanecia com o próprio engenheiro residente e responsável pela verificação das atividades de controle da qualidade da obra. Assim que o serviço ora não-conforme é corrigido e está conforme, esta atividade é eliminada de seu bloco de anotações. Da mesma forma, o mestre de obras possui outro bloco de anotações, que inclui somente as não conformidades respectivas apenas aos serviços atribuídos à sua função. Observou-se que esta prática trazia resultados positivos para o controle da qualidade da alvenaria, já que os serviços não-conformes eram efetivamente verificados. Entretanto, esta verificação era superficial, já que é realizada apenas visualmente sem o uso de critérios para a medição dos serviços.

Outra diferença do processo de controle desta empresa para a empresa E1 é que esta possuía treinamento de mão de obra semelhante à empresa E2. Este treinamento ocorria nos canteiro de obras, sendo ministrado por um engenheiro especialista em alvenaria estrutural. Participam deste treinamento todos os profissionais envolvidos com a execução da alvenaria estrutural. Da mesma maneira da empresa E2, observou-se que este treinamento trazia resultados positivos para a qualidade da alvenaria.

### 5.2.5 Considerações finais da etapa B

A partir da análise das técnicas de alvenaria estrutural empregadas pelas empresas, verificou-se que a utilização inadequada de algumas destas técnicas pode comprometer a confiabilidade da alvenaria estrutural. Estas inadequações técnicas foram tanto de projeto como de execução.

Constatou-se que algumas empresas tiveram mais problemas de projeto, enquanto outras mais de execução. Também foi constatado que a maioria das manifestações patológicas possuem mais do que uma causa, seja de projeto ou de execução. Além disso, constatou-se que uma dada técnica também pode ser a causadora de mais do que uma manifestação patológica.

Algumas inadequações técnicas foram identificadas em locais semelhantes em todos os empreendimentos, outras foram identificadas em locais específicos. A figura 66 apresenta as principais

manifestações patológicas identificadas nos empreendimentos concluídos, analisados na etapa anterior deste trabalho, associando-as com as principais técnicas identificadas nos empreendimentos em construção que podem comprometer a confiabilidade da alvenaria estrutural.

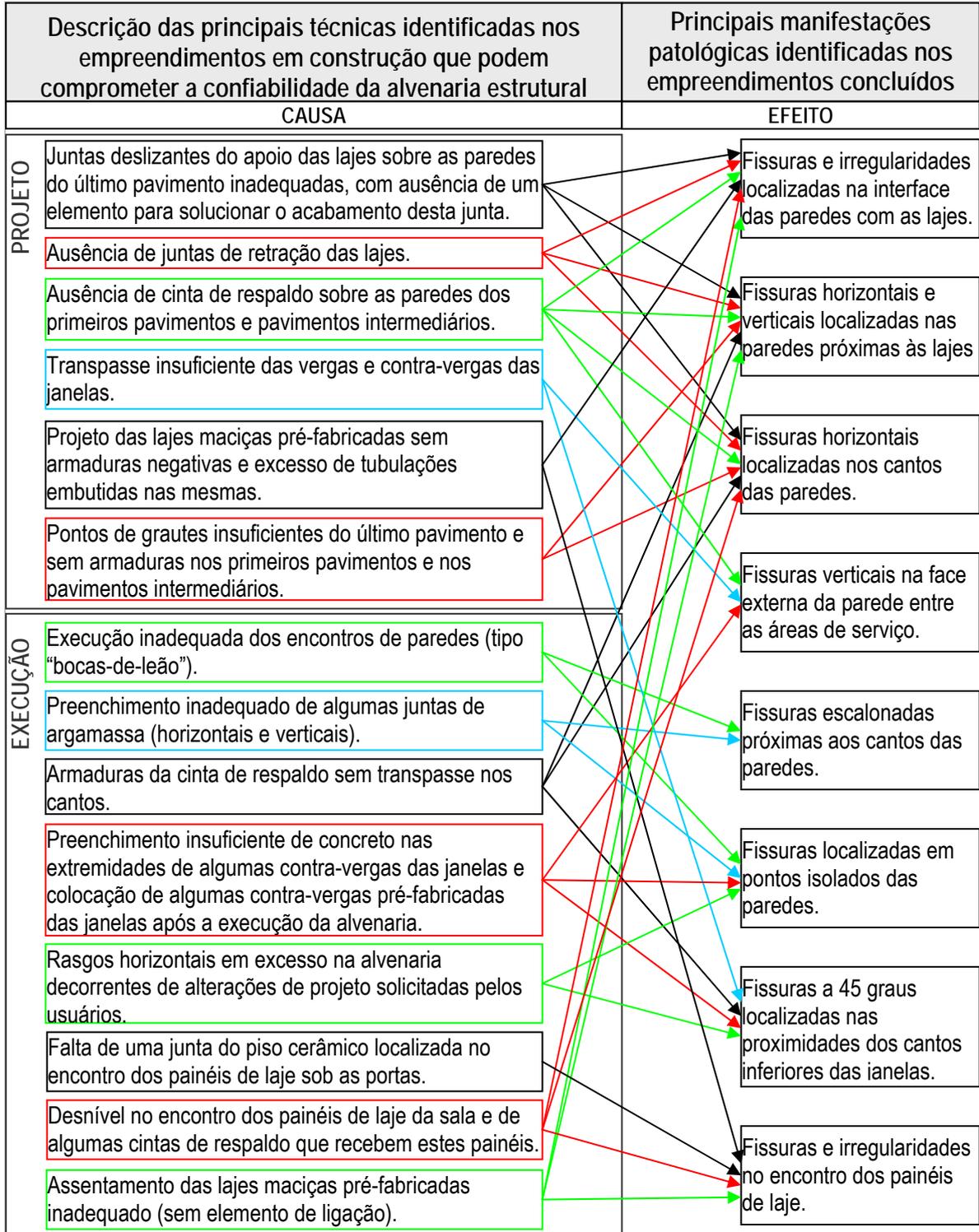


Figura 66: relação de causa e efeito entre as principais técnicas e as principais manifestações patológicas identificadas em todos os empreendimentos analisados

Através da figura 66, observa-se que a maior incidência de falhas foi na interface das lajes com as paredes. Nesta região houve uma diversidade de falhas identificadas nos empreendimentos estudados de cada empresa. Estas falhas foram identificadas principalmente no último pavimento. Observou-se que a junta deslizante utilizada para separar as lajes das paredes, do último pavimento, estava inadequada em todos os empreendimentos estudados. Enquanto nos empreendimentos da empresa E1, a junta utilizada nesta interface era de difícil execução, nos empreendimentos das empresas E2 e E4 o material da junta era de fácil degradação. Já nos empreendimentos da empresa E3, foram identificados problemas de desnível das cintas de respaldo e problemas de fabricação das lajes pré-fabricadas que podem comprometer a eficácia desta interface.

Estas inadequações técnicas identificadas na região da interface das lajes com as paredes, podem ter influência na formação de fissuras horizontais e verticais nas paredes próximas às lajes, principalmente do último pavimento. Estas falhas também podem ser a causadora da maioria das fissuras e irregularidades identificadas na interface das paredes com as lajes, já que nesta situação não foi identificado em nenhum empreendimento um rodaforno para cobrir estas falhas.

Ainda quanto à aplicação das técnicas de alvenaria estrutural, observou-se que, por um lado, algumas empresas relutam em utilizar algumas técnicas de projeto consideradas fundamentais pela bibliografia pesquisada - por exemplo, detectou-se nos empreendimentos da empresa E2 a ausência de cintas de respaldo nos pavimentos térreos e intermediários e o transpasse insuficiente das vergas e contra-vergas.

Por outro lado, outras empresas relutam em utilizar algumas técnicas de execução, como, por exemplo, a utilização dos “castelinhos” na execução dos encontros de paredes que tem como especificação de projeto os blocos contra-fiados. Esta técnica não estava sendo utilizada corretamente na maioria dos encontros de paredes dos empreendimentos da empresa E1. Entretanto, nos demais empreendimentos estudados esta técnica estava sendo utilizada corretamente.

Num primeiro momento, as diferenças identificadas na aplicação das técnicas de alvenaria estrutural nos empreendimentos estudados podem ser vistas como algo negativo. Todavia, sob uma outra perspectiva, observa-se que há um potencial de troca de boas práticas entre as empresas. Esta troca pode aumentar a confiabilidade do produto, já que o emprego adequado das técnicas de alvenaria estrutural inibe a formação de manifestações patológicas.

Quanto ao processo de controle da qualidade da alvenaria, observou-se na maioria das empresas estudadas que este controle não é eficaz para garantir a conformidade da alvenaria estrutural com as especificações recomendadas.

De maneira geral, observou-se que este controle ocorre de duas maneiras nas empresas, um formal e outro informal. O controle formal é parte do sistema de gestão da qualidade e o informal é realizado visualmente pelos responsáveis da execução.

Na maioria dos procedimentos formais de controle analisados, estes procedimentos não medem a qualidade dos serviços, pois tem atribuições somente de verificar os serviços. Em função desta atribuição de verificar os serviços, observou-se que há uma distância muito grande entre o ato de verificar e o objeto a ser verificado. Esta distância torna o processo de controle apenas administrativo, ou seja, este processo não é utilizado para controlar efetivamente a conformidade da alvenaria.

Entretanto, a empresa E2 se empenha em utilizar o controle formal para medir a qualidade dos serviços. Esta empresa, diferente das demais, tem poucas atividades de controle formal. Embora estas atividades adotadas não foram consideradas suficientes para garantir a conformidade da alvenaria, a empresa tinha um programa de treinamento de mão de obra que auxiliava consideravelmente na garantia da conformidade da alvenaria. Este treinamento melhorava o controle visual de todas as outras atividades que não constam nas planilhas de controle e principalmente a percepção dos profissionais sobre as falhas técnicas.

Já na empresa E4, observou-se que a utilização de um bloco de notas para registro das não-conformidades auxiliava na tarefa de controle da qualidade da alvenaria, pois através deste registro verificava-se a correção dos mesmos. Além disso, esta empresa (E4) realizava um treinamento de mão de obra semelhante à empresa E2, que contribuía consideravelmente para aumentar a conformidade da alvenaria.

### 5.3 ETAPA C – FISCALIZAÇÃO

Os resultados da etapa C foram obtidos através da análise do processo de avaliação da qualidade dos empreendimentos do programa PAR e IP do estado do Rio Grande do Sul adotado pela CAIXA/RS. Os resultados desta etapa foram divididos em duas partes, a primeira de análise geral do processo de avaliação e a segunda específica ao processo de avaliação da qualidade da alvenaria estrutural.

#### 5.3.1 Processo de avaliação da qualidade adotado pela CAIXA/RS

O modelo descritivo do processo de desenvolvimento de empreendimentos do Programa de Arrendamento Residencial, desenvolvido por Leite (2005), serviu como ponto de partida para o desenho do mapa do processo de avaliação da qualidade dos empreendimentos do programa PAR do estado do Rio Grande do Sul. Este modelo divide o processo de desenvolvimento do produto do PAR em três grandes etapas: concepção e projeto, produção, e uso e ocupação. Estas etapas também foram adotadas para a elaboração do presente mapa.

Para cada uma destas etapas, foram identificados os principais agentes envolvidos e as atividades desenvolvidas. Da mesma maneira do que o trabalho de Leite (2005), os marcos – contratação e entrega da obra para a CAIXA - determinam o fim de uma das três etapas. Os principais agentes envolvidos neste processo são a CAIXA, o poder público municipal e as empresas construtoras.

A partir das entrevistas, constatou-se que o papel da CAIXA na avaliação da qualidade é diferente do programa PAR para o IP. Enquanto no programa PAR os técnicos da CAIXA avaliam a qualidade desde o início do processo de desenvolvimento do produto e com bastante intensidade durante a etapa de produção, no programa IP esta avaliação ocorre principalmente através do acompanhamento realizado para as liberações de recursos. Esta diferença se dá principalmente porque a CAIXA é proprietária dos empreendimentos do programa PAR durante um período de 15 anos, diferentemente do programa IP, no qual os imóveis passam a ser de propriedade dos usuários finais após a sua conclusão. Ou seja, no programa IP a CAIXA tem apenas o papel de agente financeiro nos empreendimentos. Por esta razão, optou-se por enfatizar o processo de avaliação da qualidade dos empreendimentos do programa PAR.

A figura 67 apresenta o mapa do processo de avaliação da qualidade adotado pela CAIXA nos empreendimentos do programa PAR.

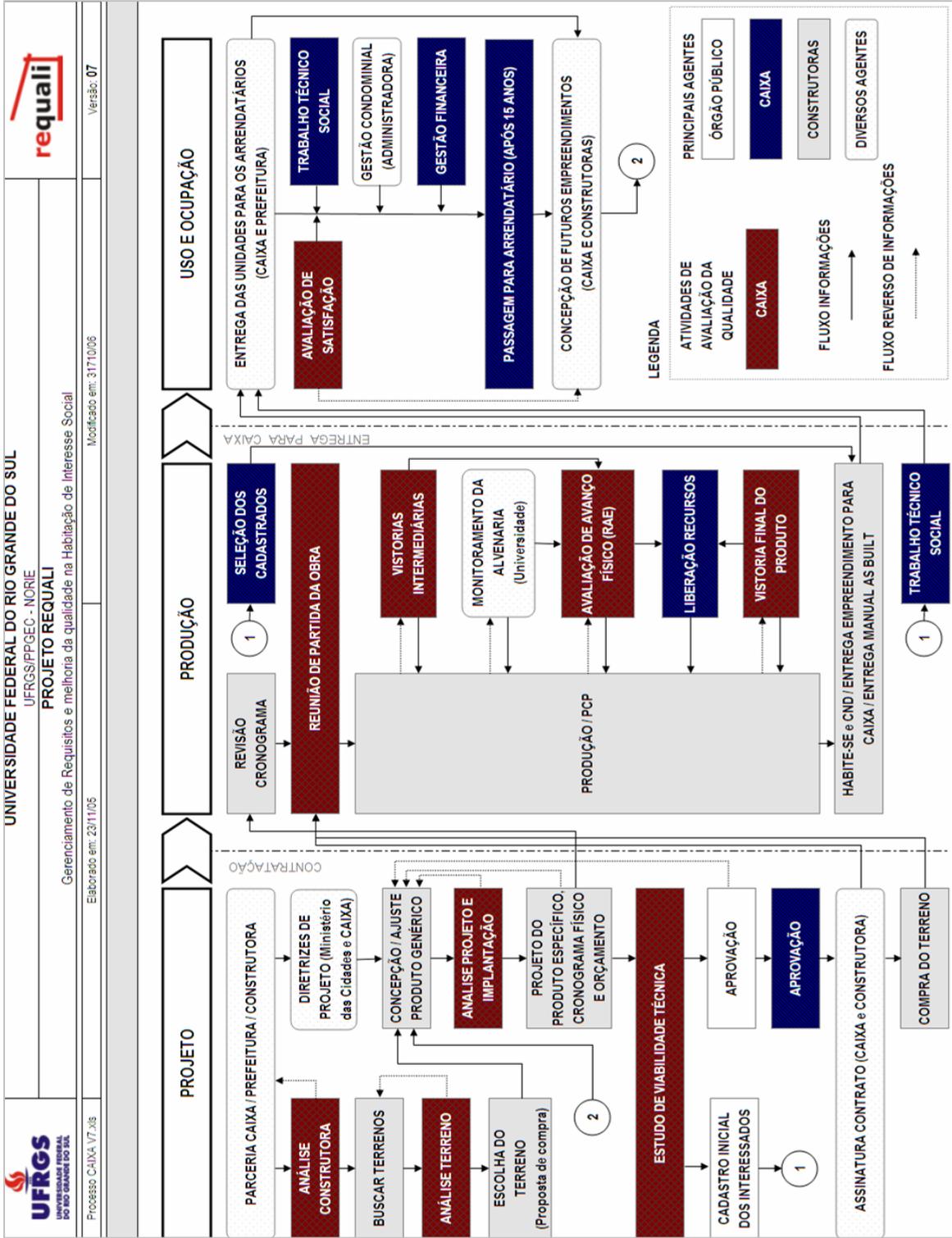


Figura 67: mapa do processo de avaliação da qualidade dos empreendimentos do programa PAR adotado pela CAIXA

O processo de avaliação da qualidade dos empreendimentos do programa PAR está dividido em dez atividades, sendo quatro destas na etapa de concepção e projeto, cinco na etapa de produção e uma da etapa de uso e ocupação.

As atividades da etapa de concepção e projeto são:

- a) Análise da empresa construtora: avalia-se tanto a capacidade técnica da empresa como seus recursos físicos e financeiros para execução do empreendimento.
- b) Análise do terreno: avalia-se o terreno do futuro empreendimento quanto à infraestrutura local, incluindo a presença de sistemas sanitários, de energia elétrica, de água, as vias de acesso e a proximidade a escolas. Também são avaliadas as condições do terreno em si, incluindo a sua área, a topografia, a presença de árvores e a presença de córregos.
- c) Análise do projeto e da implantação do empreendimento: avalia-se o projeto de implantação dos edifícios no terreno, principalmente quanto à disposição dos edifícios, distância entre eles, vias de circulação interna, posição dos estacionamentos, locais dos equipamentos comunitários, entre outros. Também é avaliado o projeto das unidades habitacionais em si, incluindo a disposição das dependências internas e as especificações do memorial descritivo.
- d) Estudo de viabilidade técnica do empreendimento: reúnem-se todas as informações das análises realizadas anteriormente com objetivo de emitir um parecer final da viabilidade técnica do empreendimento. A CAIXA possui um programa computacional que auxilia na formulação deste parecer. Neste programa são inseridas as informações coletadas nas análises anteriores e o produto final deste programa é um parecer favorável ou não à viabilização do empreendimento. Este resultado não é o final, mas auxilia na elaboração do parecer técnico final, o qual aborda tanto as condições físicas e financeiras como também de qualidade para viabilização do empreendimento.

Já as atividades da etapa de produção são:

- a) Reunião de partida de obra: os responsáveis técnicos pela execução do empreendimento fazem uma reunião. O objetivo desta reunião é esclarecer as normas e procedimentos adotados pela CAIXA. São discutidos tanto assuntos técnicos (especificações), financeiros (liberações), como também as avaliações que serão realizadas pela CAIXA durante a etapa de construção do empreendimento.
- b) Vistorias intermediárias: avalia-se a qualidade da execução dos serviços durante toda a etapa de produção do empreendimento.
- c) Monitoramento da alvenaria: acompanha-se e avalia-se a qualidade da execução dos serviços específicos de alvenaria estrutural durante toda a etapa de produção do empreendimento.
- d) Vistorias para avaliação de avanço físico: avalia-se a qualidade dos serviços e o andamento físico do empreendimento bem como aprova-se ou não a liberação de recursos financeiros (liberações mensais). Esta avaliação é realizada através de um Relatório de Acompanhamento do Empreendimento (RAE).

- e) Avaliação final do produto: avalia-se a qualidade final do produto, principalmente quanto à qualidade dos acabamentos das unidades habitacionais. Esta avaliação é realizada na entrega do empreendimento para a CAIXA.

Por fim, na atividade da etapa de uso e ocupação faz-se uma avaliação da satisfação dos usuários quanto ao seu produto e ao atendimento recebido.

As atividades que se envolvem com a avaliação da qualidade do processo construtivo de alvenaria estrutural são as vistorias intermediárias, as vistorias para avaliação de avanço físico (RAE) e o monitoramento da alvenaria. A figura 68 apresenta estas três atividades em destaque.

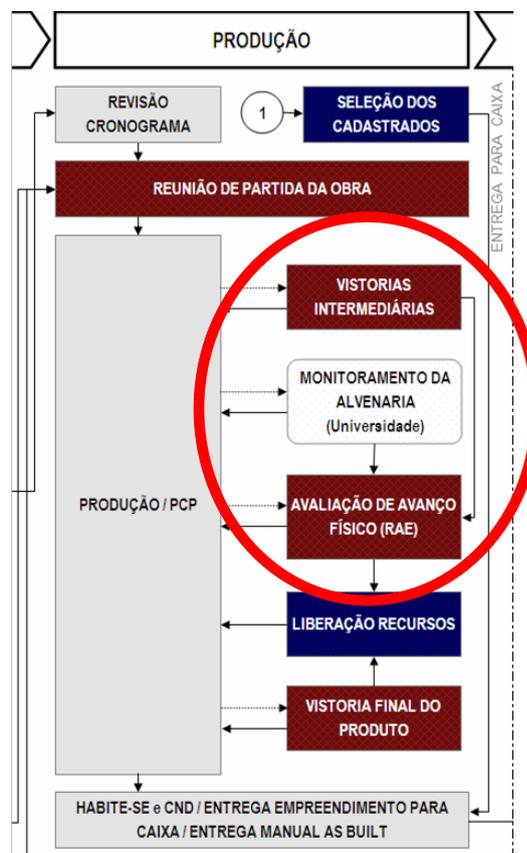


Figura 68: atividades envolvidas com a avaliação da qualidade da alvenaria estrutural adotadas pela CAIXA

### 5.3.1.1 Análise das vistorias intermediárias

Durante as vistorias intermediárias, os serviços que estão sendo executados são fiscalizados pelo corpo técnico da CAIXA, ou seja, pelos engenheiros ou arquitetos da GIDUR. Somente em casos de escassez de recursos humanos ou pela distância elevada do empreendimento a ser vistoriado da sede da CAIXA/RS, as vistorias são terceirizadas. Estas vistorias têm como objetivo fiscalizar a qualidade dos serviços. Esta fiscalização se dá através da observação da qualidade dos serviços no que diz

respeito à conformidade dos mesmos com os padrões técnicos recomendados por normas e outras referências.

As vistorias intermediárias são realizadas sem aviso prévio por parte da CAIXA, sendo a data e o horário definidos pelos próprios técnicos da CAIXA que as realizarão. A periodicidade destas vistorias é quinzenal. No entanto, em alguns empreendimentos considerados problemáticos pelo corpo técnico da CAIXA, ocorrem mais do que duas vistorias ao mês. Em empreendimentos próximos uns dos outros, esta vistoria se dá muitas vezes no mesmo dia. A duração típica destas vistorias é de aproximadamente duas horas. Porém, esta duração depende das condições encontradas no empreendimento que está sendo visitado.

Quanto à observação dos serviços em si, constatou-se que não existe um procedimento ou ferramenta que contribua para tornar a mesma mais sistematizada, não sendo emitido um documento a cada visita. No entanto, algumas vezes o técnico da CAIXA envia um e-mail para o responsável do empreendimento com uma relação dos principais pontos observados. De fato, durante o acompanhamento de uma vistoria intermediária<sup>77</sup>, observou-se que os técnicos da CAIXA presentes não tinham um roteiro de atividades a serem fiscalizadas (uma lista de verificação, por exemplo). Nesta vistoria, cada um dos técnicos envolvidos avaliou a qualidade através de critérios próprios. Também não foi observado a realização de registros fotográficos pelos técnicos da CAIXA. A duração desta vistoria foi de aproximadamente uma hora.

Da maneira como estão sendo realizadas as vistorias intermediárias, percebeu-se que algumas inadequações técnicas não são percebidas pelos técnicos da CAIXA. Isto evidencia que o processo de controle da qualidade adotado pela CAIXA tem falhas. Estas falhas podem estar associadas à falta de uma diretriz clara de como deve ser realizada a fiscalização pela CAIXA.

### *5.3.1.2 Análise das vistorias de avaliação de avanço físico*

As vistorias de avaliação de avanço físico têm periodicidade mensal, sendo realizadas de maneira semelhante às vistorias intermediárias. Entretanto, há algumas diferenças entre estes dois tipos de vistoria. Uma destas diferenças é que nas vistorias de avaliação de avanço físico há um aviso prévio da data das visitas, pois a empresa elabora alguns documentos, como as planilhas de liberação de serviço (PLS), para conferência dos técnicos da CAIXA. Outra diferença é nesta vistoria é também preenchido

---

<sup>77</sup> O empreendimento visitado foi da empresa E2. Durante a visita, algumas edificações se encontravam na etapa de elevações das alvenarias.

o RAE, realizado somente nas vistorias mensais. Assim, constatou-se que nas vistorias mensais existem mais tarefas a serem realizadas durante a visita do empreendimento.

O RAE é um modelo de relatório com três páginas, totalizando 19 itens a serem preenchidos. Verificou-se que os itens do RAE estão mais associados ao avanço físico da obra do que à qualidade dos serviços. Esta constatação foi verificada também através da análise dos documentos das pastas de engenharia<sup>78</sup> da GIDUR/RS (CAIXA). Nestas pastas foi observado que os RAE's são preenchidos na sua grande maioria apenas com informações do andamento físico dos empreendimentos.

Os itens do RAE que estão relacionados com as tarefas de avaliação da qualidade dos serviços são os de número 13 e 14 da primeira página e o item 2 da terceira página. Destes três, os itens de número 13 e 14 são os únicos que não são respondidos nesta planilha, e sim, nos dois anexos a esta.

O anexo I possui 14 itens a serem avaliados pelos técnicos da CAIXA no que diz respeito à qualidade da obra. Observou-se que apenas um item destes diz respeito à qualidade dos serviços de alvenaria. Este item é apresentado resumidamente na tabela 37.

Tabela 37: item de verificação da qualidade da alvenaria estrutural do anexo I (qualidade da obra) do RAE

Item	Descrição do item	Atributo do item	Atributo complementar do item
3.2	As alvenarias estão executadas adequadamente?	Sim ou não.	Prumo corrigido com massa;
			Preenchimento incompleto das juntas;
			Fora de prumo;
			Fora de alinhamento e/ou sem travamento;
			Locação errada;
			Item não iniciado.

Através da tabela 37, pode-se concluir que os cinco atributos complementares do item em questão não são suficientes para verificar se a alvenaria está sendo executada adequadamente. Isto se dá porque os atributos complementares estão inadequados e incompletos. Além de não existir tolerâncias para a verificação destes atributos, os mesmos são considerados insuficientes para realizar tal verificação.

O anexo II possui 19 itens a serem verificados pelos técnicos da CAIXA no que diz respeito ao desempenho da construtora. Constatou-se que apenas cinco itens destes estão associados à qualidade da alvenaria estrutural. Estes itens estão descritos em forma de perguntas. Para cada pergunta há um atributo binário (sim ou não). Além deste atributo binário, há um atributo complementar

<sup>78</sup> As pastas de engenharia da GIDUR/RS (CAIXA) servem para documentar o processo de acompanhamento dos empreendimentos pelo setor de engenharia. Constam nestas pastas alguns documentos como por exemplo os projetos do empreendimento, os cronogramas físicos e financeiros, laudos técnicos, os RAE's e os relatórios do monitoramento da alvenaria. Foram analisados os documentos destas pastas de engenharia dos empreendimentos PAR3, PAR7 e PAR6.

em forma de percentual. Este atributo complementar tem a finalidade de atribuir um valor para cada resposta. A tabela 38 apresenta de forma resumida os itens associados à qualidade da alvenaria estrutural do anexo II.

Tabela 38: itens de verificação da qualidade associados à alvenaria estrutural do anexo II (desempenho da construtora) do RAE

Item	Descrição do item	Atributo do item	Atributo complementar do item
9.1	Não teve serviço rejeitado e/ou suspenso por desconformidade com os projetos aprovados?	Sim ou não.	De 0% a 24%.
			De 25% a 49%.
			De 50% a 74%.
			De 75% a 99%.
9.2	Não teve serviço rejeitado e/ou suspenso por desconformidade de utilização de materiais especificados?	Sim ou não.	De 0% a 24%.
			De 25% a 49%.
			De 50% a 74%.
			De 75% a 99%.
13.1	Foram apresentados os controles de recebimento de materiais de construção da obra?	Sim ou não.	De 0% a 24%.
			De 25% a 49%.
			De 50% a 74%.
			De 75% a 99%.
14.1	Foram apresentados os documentos de controle de liberação dos serviços executados na obra?	Sim ou não.	De 0% a 24%.
			De 25% a 49%.
			De 50% a 74%.
			De 75% a 99%.
15.1	Foram apresentados os relatórios dos controles tecnológicos de materiais e serviços?	Sim ou não.	De 0% a 24%.
			De 25% a 49%.
			De 50% a 74%.
			De 75% a 99%.

Através da tabela 38, percebe-se que as verificações associadas à alvenaria estrutural realizadas no anexo I se diferem das verificações realizadas no anexo II. Os itens do anexo II não estão associados à verificação dos serviços em si, mas à verificação da existência dos controles da qualidade realizados pelas empresas construtoras. No entanto, não é verificado através destes itens a eficácia do controle da qualidade adotado pela empresa construtora. Além disso, as atribuições complementares destes itens são difíceis de se mensurar.

Durante as entrevistas com os técnicos da CAIXA, percebeu-se que muitas vezes a avaliação da qualidade não se dá pelo preenchimento do RAE. Alguns técnicos consideram o RAE altamente subjetivo para realizar tal avaliação. De fato, o que ocorre é que, assim como nas vistorias intermediárias, cada técnico avalia a qualidade principalmente através de critérios próprios.

### *5.3.1.3 Análise do monitoramento da alvenaria*

O monitoramento da alvenaria é resultado de um convênio firmado entre o SINDUSCON/RS e a CAIXA/RS, cujo objetivo é monitorar o processo construtivo de alvenaria estrutural de acordo com o material elaborado por Sabbatini (2003). Este monitoramento é realizado por um especialista em alvenaria estrutural credenciado pela CAIXA e vinculado a uma instituição de ensino (universidade). Esta universidade deve ter estrutura mínima para realização dos ensaios necessários para o controle tecnológico da alvenaria estrutural (vide item 3.2.3). No Rio Grande do Sul há apenas três técnicos credenciados. O pagamento deste monitoramento é efetuado pelas próprias empresas.

Este monitoramento é realizado durante o processo de construção dos empreendimentos através dos critérios estabelecidos em um plano de monitoramento. Este plano é firmado entre o técnico especialista e a empresa construtora. O plano faz parte da documentação fornecida pelas empresas, como exigência da CAIXA, para aprovação de financiamento dos empreendimentos em questão.

O plano de monitoramento da alvenaria descreve a metodologia utilizada para realizar o acompanhamento da alvenaria estrutural. Este acompanhamento é realizado através de visitas em canteiro de obras e do controle tecnológico dos materiais. São emitidos um relatório inicial (chamado de primeiro relatório) e relatórios mensais durante o acompanhamento da obra. Ambos os relatórios têm um relato das visitas com um levantamento fotográfico dos principais pontos observados. Também são descritos nestes relatórios os resultados da análise dos ensaios do controle tecnológico.

A data e a duração das visitas são estabelecidas pelo próprio técnico, mas usualmente são quinzenais com duração de duas a três horas. Durante as visitas é observada a conformidade dos serviços de alvenaria estrutural que estão sendo executados, com base nas recomendações de normas e outras referências. Esta observação é facilitada pelo fato do técnico ser um especialista na área.

O controle tecnológico dos materiais se dá usualmente no início da obra (primeiro relatório) e durante a execução da obra (relatórios mensais). No início da obra há um número maior de ensaios a serem realizados do que durante a execução da obra. Em função do tamanho dos empreendimentos, os ensaios necessários para o acompanhamento tecnológico durante a execução da obra ocorrem normalmente a cada pavimento concluído. Os ensaios mínimos necessários e o tamanho das amostras são realizados de acordo com as normas vigentes. Cabe salientar que, dependendo das condições da obra, pode haver um número maior de ensaios durante a sua execução.

A tabela 39 apresenta os ensaios mínimos necessários no primeiro relatório e durante a execução da obra, com as referidas normas técnicas.

Tabela 39: ensaios mínimos necessários para o acompanhamento tecnológico

Etapa	Descrição dos ensaios	Normas técnicas
Início da obra	Resistência à compressão dos blocos.	NBR6136 (ABNT, 1994b) e NBR7184 (ABNT,1992b).
	Ensaio de retração por secagem dos blocos.	NBR12118 (ABNT,2006a).
	Característica geométricas e dimensionais, absorção, massa específica, área líquida e sucção inicial dos blocos de concreto.	NBR12118 (ABNT,2006a) e NBR15270-3 (ABNT,2005d).
	Resistência à compressão característica dos prismas de alvenaria.	NBR8215 (ABNT, 1983b).
	Resistência à compressão média da argamassa de assentamento.	NBR13276 (ABNT, 2005a), NBR13279 (ABNT,2005b), NBR13281 (ABNT, 2005c) e NBR7215 (ABNT, 1996a).
	Resistência à compressão média do graute de enchimento.	NBR13276 (ABNT,2005a), NBR13279 (ABNT,2005b) e NBR7215 (ABNT,1996a).
Durante a execução da obra	Resistência à compressão dos blocos estruturais.	NBR6136 (ABNT,1994b) e NBR7184 (ABNT,1992b).
	Resistência à compressão característica dos prismas de alvenaria.	NBR8215 (ABNT, 1983b).
	Resistência à compressão característica dos concretos estruturais.	NBR NM101 (ABNT,1996c), NBR5738 (ABNT, 2003b) e NBR12655 (ABNT,2006b).
	Abatimento dos concretos estruturais.	NBR NM67 (ABNT,1996b).

Durante o processo de acompanhamento, o técnico especialista contratado pela empresa tem autoridade para intervir no processo construtivo. Ou seja, o técnico pode reprovar os serviços que estão sendo executados por não-conformidades por ele determinadas. Esta reprovação pode ser apenas por um comunicado verbal ou por um comunicado por escrito. Em casos extremos, esta reprovação pode vir associada à suspensão temporária dos serviços.

Através das entrevistas com os técnicos da CAIXA e com um dos técnicos especialistas, percebeu-se que o monitoramento contribui para melhorar a qualidade do produto. Esta contribuição se dá através das diversas ações realizadas, descritas acima.

Outra ação que objetiva a melhoria da qualidade do produto, são os treinamentos de mão de obra ministrados pelo técnico especialista. No entanto, observou-se que este treinamento ocorre apenas em algumas empresas e não é sistematizado. Ou seja, o treinamento ocorre eventualmente quando a empresa o solicita. Este treinamento não é exigido pela CAIXA.

### 5.3.2 Análise geral do processo de controle da qualidade da alvenaria estrutural

Perceberam-se alguns pontos do processo de avaliação da qualidade da alvenaria estrutural dos empreendimentos do programa PAR que devem ser observados. Estes pontos não são comuns a uma dada etapa, mas permeiam todo o processo de avaliação.

Observou-se que os projetos específicos de alvenaria estrutural são analisados apenas durante o processo de construção. Isto ocorre porque durante a etapa de projeto do processo de avaliação da qualidade adotado pela CAIXA não há uma atividade específica de análise dos projetos alvenaria estrutural. Esta falha no processo pode resultar em alguns erros de difícil solução em obra quando esta já está concluída, tais como, por exemplo, a ausência de cintas de respaldo ou transpasse de vergas e contra-vergas insuficientes, identificados na empresa E2 (vide item 5.2.2.2).

Durante a etapa de produção, embora o RAE devesse ser o principal instrumento formal de avaliação da qualidade, os técnicos acabam se envolvendo mais com as liberações de recursos financeiros do que com as avaliações da qualidade propriamente ditas. Isto ocorre porque o RAE possui em sua estrutura de análise somente poucos itens relacionados ao processo construtivo de alvenaria estrutural e estes são inadequados.

Já o monitoramento da alvenaria demonstrou-se que por si só não garante a conformidade da alvenaria, mas evidencia os problemas relativos à sua qualidade. Considera-se que o monitoramento é uma atividade que auxilia consideravelmente na melhoria da qualidade intrínseca do produto.

Na avaliação final do produto na entrega da obra há muitas atribuições que sobrecarregam os técnicos da CAIXA. Com o objetivo de avaliar a qualidade final do produto, durante esta avaliação, os técnicos realizam uma conferência em todas as unidades habitacionais e realizam o registro dos problemas encontrados relativos à qualidade da unidade. Esta atividade é realizada por três ou quatro técnicos da CAIXA com duração de dois ou três dias. Durante as entrevistas, os técnicos comentaram que esta avaliação é muito cansativa, pois não é normalmente precedida de uma efetiva avaliação da qualidade realizada pela empresa construtora. Além disto, se as atividades de avaliações que ocorrem durante o processo de construção fossem eficazes, esta atividade possivelmente poderia ser menos onerosa.

Durante o processo de uso e ocupação, existe somente uma atividade designada pela CAIXA de avaliação da qualidade que é a avaliação da satisfação. Além disto, a atividade de gestão condominial identifica os eventuais problemas relativos à qualidade do produto, através do registro de reclamações dos usuários, que são repassadas pelas empresas administradoras do condomínio à CAIXA e às empresas construtoras. Embora os técnicos da CAIXA realizem visitas eventuais nos empreendimentos já entregues, algumas vezes para analisar em mais profundidade a ocorrência de patologias, não existem atividades específicas de avaliação da confiabilidade do produto durante esta etapa.

### 5.3.3 Considerações finais da etapa C

Com relação ao papel da CAIXA no controle da qualidade da alvenaria estrutural, percebeu-se que não há uma diretriz clara de como deve ser realizado o controle pela CAIXA. Segundo alguns técnicos da

CAIXA, os critérios para este controle poderiam ser estabelecidos através de listas de verificações de serviços claras e objetivas. Por outro lado, outros técnicos acreditam que este controle deveria ser realizado pela empresa construtora e a CAIXA deveria ter o papel de verificar a eficácia deste controle.

No entanto, o que se observa é que, mesmo com o controle da qualidade adotado pelas empresas e com as fiscalizações realizadas pela CAIXA, algumas inadequações técnicas observadas não foram eliminadas (vide item 5.2). Isto evidencia que em ambos os controle há falhas.

Com o objetivo de eliminar algumas destas falhas, observou-se que a mudança de alguns pontos do processo de avaliação da qualidade adotado pela CAIXA poderiam trazer melhorias para a conformidade e confiabilidade da alvenaria estrutural. Considera-se que as principais delas são:

- a) Realizar uma análise dos projetos específicos de alvenaria estrutural durante a etapa de concepção e projeto. Para isto a empresa deveria entregar os projetos de alvenaria estrutural antes do início da obra para que estes projetos pudessem ser analisados.
- b) Integrar as vistorias intermediárias, mensais e de monitoramento da alvenaria. As vistorias poderiam ser melhoradas através de uma revisão da ferramenta de avaliação utilizada (RAE). Estas duas vistorias deveriam ser mais sistematizadas e conectadas com o monitoramento da alvenaria.
- c) O controle externo da CAIXA deveria ser complementar ao controle da qualidade adotado pelas empresas. Ou seja, deveria haver uma integração entre os controles realizados pelas empresas com as avaliações realizadas pelos técnicos da CAIXA e o monitoramento da alvenaria.
- d) Deve haver um plano de treinamento sistemático de mão de obra por empreendimento. Este plano poderia ser firmado entre uma instituição de ensino (SENAI ou Universidade, por exemplo), as empresas e a CAIXA. Neste plano deveria constar a periodicidade do treinamento, quem deveria participar do treinamento e como seria realizado o treinamento. O treinamento deveria ser realizado sempre no próprio canteiro de obras.
- e) Análise sistematizada da confiabilidade do produto. Esta análise poderia ser realizada pela CAIXA através da aplicação ou adaptação do método proposto no presente trabalho (vide item 4.3.3.1) com o objetivo de identificar os principais defeitos dos empreendimentos durante o seu ciclo de vida. Este método poderia ser aplicado por especialistas contratados ou pelos próprios técnicos da CAIXA, desde que devidamente treinados. A partir da análise dos principais defeitos identificados, estas informações poderiam retro-alimentar o processo de desenvolvimento do produto com o objetivo de melhorar a qualidade. Esta melhoria de qualidade poderia ser monitorada através do coeficiente CDU proposto.

A partir destas melhorias, considera-se que o processo de avaliação da qualidade dos empreendimentos do programa PAR adotado pela CAIXA pode melhorar no que diz respeito às dimensões priorizadas neste trabalho. Entretanto, entende-se que para melhorar a qualidade final do produto, também devem ser analisadas outras dimensões importantes para este tipo de empreendimento, como, por exemplo, o atendimento.

---

## CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Este capítulo apresenta um resumo das conclusões oriundas das análises realizadas nos estudos realizados nesta dissertação. São também sugeridos temas para trabalhos futuros que possam vir a contribuir para a melhoria da qualidade dos empreendimentos em questão.

### 1.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente dissertação teve como escopo o estudo da qualidade da alvenaria estrutural em empreendimentos habitacionais de baixa renda, do ponto de vista da confiabilidade e da conformidade. O seu objetivo principal foi analisar a relação das não-conformidades do processo construtivo de alvenaria estrutural em empreendimentos habitacionais de baixa renda com a confiabilidade do produto. Para melhor atingir este objetivo, o mesmo foi desdobrado em quatro objetivos específicos, conforme item 1.4 deste trabalho.

O primeiro e o segundo objetivos foram, respectivamente, propor um método e um indicador para analisar a confiabilidade da alvenaria estrutural aplicável a empreendimentos habitacionais de baixa renda. O método proposto consiste em uma análise sistemática, por observação direta, de manifestações patológicas nos empreendimentos em questão. O resultado da aplicação deste método foi um diagnóstico de manifestações patológicas, expresso através de um indicador, denominado de Coeficiente de Defeitos por Unidades (CDU). A partir desse indicador, foi possível comparar os empreendimentos entre si do ponto de vista da confiabilidade do produto.

Os coeficientes CDU obtidos apresentaram diferenças significativas entre os empreendimentos estudados. Deste ponto de vista, verificou-se que alguns empreendimentos foram mais confiáveis do que outros (vide item 5.1.4), tanto de uma maneira geral (através dos coeficientes CDU médios) como por elemento (através dos coeficientes CDU das faces externas e internas das paredes e das lajes).

Do ponto de vista dos usuários, constatou-se que os níveis de confiabilidade do produto percebidos pelos usuários foram diferentes daqueles identificados pelo pesquisador (vide item 5.1.4).

Foi também observado que tanto os defeitos identificados pelo pesquisador como os defeitos percebidos pelos usuários (associados à alvenaria estrutural), foram considerados na sua grande maioria com grau de comprometimento médio ou baixo. Ou seja, embora houvesse apenas um defeito considerado com grau de comprometimento alto identificado pelo pesquisador, tanto este como os demais defeitos não impuseram risco à estrutura das edificações.

Quanto à análise da posição vertical das unidades habitacionais, verificou-se que as unidades habitacionais do último pavimento foram menos confiáveis do que as unidades dos demais pavimentos. Esta constatação foi evidenciada pela diferença significativa entre os coeficientes CDU das unidades habitacionais dos últimos pavimentos em relação aos coeficientes CDU dos demais pavimentos (vide item 5.1.1.6).

Quanto à orientação solar da unidade habitacional, verificou-se que não houve diferenças significativas entre os coeficientes CDU das unidades habitacionais orientadas para o norte/oeste em relação aos coeficientes CDU das unidades orientadas para o sul/leste (vide item 5.1.1.5).

Cabe salientar que, em função das limitações deste trabalho quanto à idade dos empreendimentos estudados, a análise da confiabilidade do produto em questão pode sofrer alterações com o tempo.

Com relação ao terceiro objetivo deste trabalho, que foi de identificar os padrões de defeitos que estão associados à confiabilidade e à conformidade da alvenaria estrutural nos empreendimentos habitacionais em questão, foram identificados padrões de defeitos tanto durante a análise da confiabilidade (empreendimentos concluídos), como durante a análise da conformidade (empreendimentos em construção).

Durante a análise dos empreendimentos concluídos, as principais formas de manifestações patológicas identificadas foram: (a) fissuras mapeadas no revestimento de argamassa das fachadas; (b) umidade por infiltração nas faces internas das paredes externas; (c) fissuras e irregularidades na interface das lajes com as paredes do último pavimento; (d) fissuras horizontais nas faces internas e externas das paredes do último pavimento (vide item 5.1.1).

Durante a análise dos empreendimentos em construção, observou-se que o emprego inadequado de algumas técnicas de alvenaria estrutural pode ter sido a causa de mais do que uma manifestação patológica identificada na etapa A. Também foi observado que a maioria das manifestações patológicas possui mais do que uma causa, seja de projeto ou de execução.

Dentre as principais inadequações técnicas observadas, estão as falhas na interface das lajes com as paredes. Nesta região houve uma diversidade de falhas (vide item 5.2.5). Estas inadequações técnicas foram identificadas, principalmente, no último pavimento e em todos os empreendimentos.

Foi observado também que algumas empresas relutam em utilizar algumas técnicas tanto de projeto como de execução consideradas fundamentais pela bibliografia pesquisada, tais como: (a) utilização de cintas de respaldo sobre todas as paredes; (b) transpasses mínimos de vergas e contra-vergas; (c) pontos de grautes especificados sempre com armaduras; (d) utilização dos “castelinhos” na execução dos encontros de paredes que tem como especificação de projeto os blocos contra-fiados; e (e) preenchimento total dos filetes de argamassa nas juntas de assentamento (vide figura 66 - item 5.2.5).

Quanto ao processo de controle da qualidade adotado pelas empresas, observou-se na maioria das empresas estudadas que este controle não era eficaz para garantir a conformidade da alvenaria estrutural às especificações recomendadas. Verificou-se que esta ineficácia poderia estar associada tanto a falhas nos critérios adotados dos itens de verificação para o controle da qualidade da alvenaria e a falta de tolerâncias mais bem definidas, como também à não aplicação dos controles. Treinamentos de mão-de-obra realizados pelo técnico especialista em alvenaria estrutural auxiliaram consideravelmente na melhoria do controle em duas empresas (E2 e E4).

Além disso, observou-se que mesmo com o controle da qualidade da alvenaria adotado pelas empresas e também as fiscalizações realizadas pela CAIXA, havia falhas no processo construtivo que poderiam comprometer a confiabilidade da alvenaria estrutural.

Embora haja divergências do papel da CAIXA neste processo, considera-se fundamental que as atividades de vistorias estivessem mais integradas. Além disso, o processo de avaliação da qualidade adotado pela CAIXA deveria ser um complemento do processo de controle adotado pelas empresas. Desta forma, foram sugeridas algumas mudanças no processo de avaliação da qualidade adotado pela CAIXA que pudessem trazer melhorias para a conformidade e confiabilidade da alvenaria estrutural (vide item 5.3.3).

O quarto e último objetivo desta pesquisa foi de identificar barreiras e oportunidades de melhoria no processo construtivo de alvenaria estrutural em empreendimentos habitacionais de baixa renda, com base nas dimensões priorizadas. As principais barreiras identificadas foram: (a) falta de qualificação técnica das empresas construtoras; (b) ineficácia dos sistemas da qualidade adotados pela empresa; (c) falta de treinamentos de mão de obra; e, (d) falhas no processo de avaliação da qualidade adotado pela CAIXA.

Constatou-se que há muitas oportunidades de melhorias da qualidade nestes empreendimentos. Estas melhorias dizem respeito tanto à aplicação correta das técnicas de alvenaria estrutural e ao processo de controle da qualidade adotado pelas empresas com critérios e tolerâncias mais bem definidos, como também uma maior integração das atividades do processo de avaliação da qualidade adotado pela CAIXA, sendo este visto como um complemento do controle adotado pelas empresas.

Diante dos resultados obtidos na realização deste trabalho, entende-se que, a partir da utilização do método proposto de análise da confiabilidade do produto, é possível identificar os padrões de defeitos dos empreendimentos habitacionais e propor soluções de melhorias, as quais estão associadas principalmente à conformidade.

## 1.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Algumas sugestões para trabalhos futuros podem ser propostas visando à melhoria da qualidade dos empreendimentos habitacionais de baixa renda.

- a) Estudos da qualidade dos empreendimentos habitacionais de baixa renda, enfocando a relação das dimensões da qualidade priorizadas neste trabalho com outras dimensões consideradas importantes neste segmento de mercado, como, por exemplo, o atendimento e a satisfação dos usuários;
- b) Estudos da confiabilidade e da conformidade com abrangência para os demais subsistemas dos empreendimentos habitacionais de baixa renda, além da alvenaria estrutural;
- c) Pesquisas similares com a aplicação do método proposto de análise da confiabilidade da alvenaria estrutural em outros estados brasileiros para a comparação dos padrões de defeitos em diferentes estados;
- d) Estudos dirigidos para a adaptação do método proposto no processo de avaliação da qualidade adotado pela CAIXA com objetivo de analisar a confiabilidade dos empreendimentos habitacionais de baixa renda;
- e) Estudos focados na integração dos procedimentos de avaliação da qualidade utilizados pela CAIXA, propondo mudanças nos seus processos internos.
- f) Estudos aprofundados sobre a confiabilidade do produto, propondo um índice de falhas (*failure rates*) que considere a variável tempo, para então, analisar a distribuição das falhas do produto habitação para dar suporte à análise probabilística da confiabilidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

ABCI. Associação Brasileira da Construção Industrializada. Manual Técnico de Alvenaria. São Paulo: Edição ABCI/Projeto/PW, 1990. 280p.

ABCP. Associação Brasileira de Cimento Portland. Práticas recomendadas de alvenaria com blocos de concreto: PR-1, PR-2, PR-3, PR4 e PR-5. 2004. Disponível em: <<http://www.abcp.org.br/>>. Acesso em: 18 out 2006.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR12118: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2006a.

\_\_\_\_\_. NBR12655: Concreto de cimento Portland - Preparo, controle e recebimento – Procedimento. Rio de Janeiro, 2006b.

\_\_\_\_\_. NBR13276: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2005a.

\_\_\_\_\_. NBR13279: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2005b.

\_\_\_\_\_. NBR13281: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos. Rio de Janeiro, 2005c.

\_\_\_\_\_. NBR15270-3: Componentes cerâmicos - Parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2005d.

\_\_\_\_\_. NBR5738: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. Rio de Janeiro, 2003a.

\_\_\_\_\_. NBR6118: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2003b.

\_\_\_\_\_. NBR ISO 9000: Sistemas de Gestão da Qualidade. Rio de Janeiro, 2000.

\_\_\_\_\_. NBR7215: Cimento Portland – determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1996a.

\_\_\_\_\_. NBR NM67: Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 1996b.

\_\_\_\_\_. NBR NM101: Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 1996c.

\_\_\_\_\_. NBR5739: Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos ou prismáticos de concreto – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1994a.

\_\_\_\_\_. NBR6136: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria estrutural – Especificação. Rio de Janeiro, 1994b.

\_\_\_\_\_. NBR7171: Bloco cerâmico para alvenaria. Rio de Janeiro, 1992a.

\_\_\_\_\_. NBR7184: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria com função estrutural. Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1992b.

\_\_\_\_\_. NBR10837: Cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto. Rio de Janeiro, 1989.

\_\_\_\_\_. NBR8798: Execução e controle de obras em alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 1985.

- \_\_\_\_\_. NBR6461: Bloco cerâmico para alvenaria – Verificação da resistência à compressão. Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1983.
- \_\_\_\_\_. NBR8215: Prismas de blocos vazados de concreto simples para alvenaria estrutural – Preparo e ensaio à compressão. Rio de Janeiro, 1983.
- \_\_\_\_\_. NBR5718: Alvenaria Modular - Procedimento. Rio de Janeiro, 1982.
- ABNTCB25. Disponível em: <<http://www.abntcb25.com.br/>>. Acessado em: 20 dez. 2006.
- ASQ. AMERICAN SOCIETY FOR QUALITY. Disponível em: <<http://www.asq.org/index.html>>. Acesso em: 15 ago 2006.
- ASTM. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIAL. Standard Specification for Mortar for Unit Masonry. ASTM C 270-86b. In Annual Book of ASTM Standards. Philadelphia, 1987.
- ARANTES, C.A; CAVALHEIRO, O.P. Influência do graute na alvenaria estrutural de blocos vazados cerâmicos. Jornada sud-Americanas de Ingeniería Estructural. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Cuyo Mendoza. Argentina. 10p. 2004.
- BARROS NETO, J.P. Proposta de um modelo de formulação de estratégias de produção para pequenas empresas de construção habitacional. Porto Alegre, 1999. Tese (Doutorado) - Programa de pós-graduação em administração. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- BASSIONI, H. A. *et al.* Performance measurement in construction. *Journal of management in Engineering*. Loughborough, v.20, n. 2, p.42-50, abr. 2004.
- CAIXA. CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. Disponível em: <<http://www.caixa.gov.br/>>. Acesso em: 20 nov. 2006.
- CAMPOS, V.F. Padronização de Empresas. Minas Gerais: INDG, 2004. 144p.
- CAMPOS, V.F. TQC: Controle da qualidade total (no estilo japonês). Rio de Janeiro: Bloch, 1992.
- CAVALHEIRO, O. P. Curso básico de alvenaria estrutural. Santa Maria: UFSM, notas de aula. 1998.
- CAVALHEIRO, O. P., ROMAN, H. R., SINHA, B. P., PEDRESCHI, R. F. Curso Internacional de Alvenaria Estrutural – Notas de Aula. Universidade Federal de Santa Maria – RS, ago.1997. 145p.
- CDHU. Disponível em: <<http://www.cdhu.sp.gov.br/>>. Acessado em: 7 nov. 2006.
- CHILE. Ministério de Viviendas Básicas y Urbanismo. División Técnica de Estudio y Fomento Habitacional. Estudio de Patologías en la Edificación de Viviendas Básicas. Santiago de Chile, 2004.
- CINCOTTO, M.A. Patologia das Argamassas de Revestimentos: Análise e Recomendações. Tecnologia das Edificações. São Paulo: Pini, 1991.
- CROSBY, P.B. Qualidade é investimento. Rio de Janeiro: José Olympio, 1999. 7 ed. Tradução do original Quality is Free (1979). 328p.
- DEAN, J.W.; BOWEN, D.E. Management theory and Total Quality: Improving Research and Practice Through Theory Development. *The Academic of Management review*. Jul, 1994.
- DEMING, W.E. Qualidade, a revolução da administração. Marques Saraiva: São Paulo, 1990.
- DAL MOLIN, D. C. C. Fissuras em Estruturas de Concreto Armado - Análise das Manifestações Típicas e Levantamento de Casos no Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1988. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- DUARTE, R. B. Recomendações para o Projeto e Execução de Edifícios de Alvenaria Estrutural. Associação Nacional da Indústria Cerâmica. Porto Alegre, p.79, 1999.

- DUARTE, R.B. Fissuras em alvenaria: causas principais, medidas preventivas e técnicas de recuperação. Porto Alegre, 1998. CIENTEC - Boletim técnico n.25.
- ELDRIDGE, H.J. Construcción, defectos comunes. Barcelona: Gustavo Gili, 1982.
- FEIGENBAUN, A.V. Total Quality Control. New York: McGraw Hill, 1961.
- FRANCO, L. S. Aplicação de diretrizes de racionalização construtiva para a evolução tecnológica dos processos construtivos em alvenaria estrutural não armada. São Paulo: 1992. 319p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Universidade de São Paulo.
- FRANCO, L. S. Parâmetros utilizados nos projetos de alvenaria estrutural. São Paulo: EPUSP, Boletim técnico. 17p. 1993.
- FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. Disponível em: <<http://www.fjp.gov.br/>>. Acesso em: 15 de nov 2006.
- GARVIN, D.A. Competing on the eight dimension of Quality. Harvard Business Review, v.65 (6): p.101-109, 1987.
- GARVIN, D.A. Gerenciando a Qualidade. Harvard Business School. Rio de Janeiro, 2002. Qualitymark. 3 ed. 358p.
- GARVIN, D.A. Quality on the line. Harvard Business Review. v.61, p. 65-75, 1983.
- GIL, Antônio Carlos. Métodos e técnicas de pesquisa social. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- HENDRY, A. W. Structural brickwork. London: MacMillan, 1981. 209p.
- HENDRY, A.W. Engineered design of masonry buildings: fifty years development in Europe. Prog. Struct. Eng. Mater. 2002; 4:291–300. University of Edinburgh, Scotland.
- INMETRO. INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/>>. Acesso em: 20 dez 2006.
- IPT. INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. Critérios mínimos de desempenho para habitações térreas de interesse social. Publicação IPT n. 156. 84 p. 1998.
- IOSHIMOTO, E. Incidência de manifestações patológicas em edificações habitacionais. PINI, São Paulo, 1998. Tecnologia das edificações – divulgação tecnológica – IPT.
- ISHIKAWA, K. TQC – Total Quality Control: estratégia e administração da qualidade. IMC Internacional Sistemas Educativos, São Paulo, 1986.
- JOHN, V.M.; SATO, N.M.N.; BONIN, L.C. Proposta de terminologia para o tema: durabilidade no ambiente construído. In. WORKSHOP SOBRE DURABILIDADE DAS CONSTRUÇÕES, 2002, São José dos Campos. Anais ... São José dos Campos, 2002.
- JURAN, J.M.; GRAYNA, F.M. Juran's Quality Control Handbook. MacGraw-Hill Book Company. Fourth Edition. 1988.
- JURAN, J.M.; GODFREY, A.B. Juran's Quality Control Handbook. MacGraw-Hill. Fifth Edition. 1730p. 1998.
- KANO, N. Attractive Quality and Must-be Quality. Quality Journal of the Japanese Society for Quality Control, Japan, v. 14, p. 39-48, 1984.
- KURTZ, C.E. A Qualidade a partir dos Conceitos de Garvin na percepção do empreendedor e do cliente na habitação de interesse social. Florianópolis, 2003. 161p. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina.
- LEITE, F.L. Contribuições para o gerenciamento de requisitos do cliente em empreendimentos do programa de arrendamento residencial. Porto Alegre, 2005. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

- LUCINI, Hugo C. Manual técnico de Modulação de Vãos de Esquadrias. São Paulo: Ed. Pini, 2001.
- MACIEL, SILVA, P.M.W.; RÊGO, SILVA, J.J.; CAVALCANTI, C.L.; PIRES, T.A.C. Uma discussão sobre a percepção do cliente na qualidade da edificação. In: X ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUIDO, São Paulo, 2004. Anais..., São Paulo: ANTAC, 2004.
- MASAT, J. Toward Zero Defects construction culture. University of Salford, Slough Estates, 1998. Technical Report n. 1303P/98/10010.
- MELHADO, SILVIO B. Uma Nova Experiência em Gestão da Qualidade nas empresas de projeto. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUIDO, 10., 2004, São Paulo. Anais... São Paulo: ANTAC, 2004.
- MENDES, A.V.T., PICCHI, F.A., SEIXAS, M.J. Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H): Uma avaliação na visão dos representantes estaduais. In: Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção, 4., 2005, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: Editora, 2005.
- MISHRA, S.; PECHT, M.; GOODMAN, D. In-situ Sensors for Product Reliability Monitoring. University of Maryland, College Park, Maryland, USA. 2002.
- MURTHY, D.N.P. et al. Total product quality. The University of Queensland, Austrália. International Journal of Production Economics, v. 67, p.253-267, 2000.
- MUTTI, C. do N. Treinamento de mão-de-obra na construção civil: Um estudo de caso. Florianópolis, 1995. 132p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina.
- NCMA. NATIONAL CONCRETE MASONRY ASSOCIATION. Inspection and testing of concrete masonry construction. NCMA Publication Number TR 156A. Herndon, VA, EUA. 192p. 2005.
- PARKER, J.; STAHEL, M. English Dictionary for Speakers of Portuguese. São Paulo. Matins Fontes. 2ed. 1998.
- PALADINI, E. P. Gestão da Qualidade – Teoria e Prática. São Paulo, Atlas. 2004.
- PBQP-H. Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat. Disponível em: <<http://www.cidades.gov.br/pbqp-h/>>. Acesso em 21 out 2006.
- PICCHI, F.A. Sistemas da Qualidade: uso em empresas de construção de edifícios. São Paulo, 1993. 438p. Tese (Doutorado) Universidade de São Paulo.
- RAMALHO, M.A.; CORRÊA.M.R.S. Projetos de edifícios de alvenaria estrutural. São Paulo, Pini. 2003.
- REEVES, C. A.; BEDNAR, D. A. Defining Quality: Alternatives and Implications. The Academy of Management Review; v. 19, n. 3, p. 419-445, jul 1994.
- ROBSON, C., Real World Research: a resource for social scientists and practitioner researchers. Oxford: Blakwell Publishers Ltd, 1997. 510 p.
- ROMAN, H. R. Características físicas e mecânicas que devem apresentar os tijolos e blocos cerâmicos para alvenarias de vedação e estrutural. In: Simpósio de desempenho de materiais e componentes de construção civil, 3., 1991, Florianópolis/SC. Anais... Florianópolis: Editora, 1991.
- RODRIGUES, M. V. Uma investigação na qualidade de vida no trabalho. In: ENCONTRO ANUAL DA ANPAD, 13., Belo Horizonte, 1989. Anais... Belo Horizonte : ANPAD, 1989. 500p. p. 455-468.
- ROMAN, H. R.; MUTTI, C. N.; ARAÚJO, H. N. Construindo em alvenaria estrutural. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1999.

- SABBATINI, F. H. Argamassas de assentamento para paredes de alvenaria estrutural. São Paulo: UPUSP, Boletim técnico. 1986.
- SABBATINI, F.H. Alvenaria Estrutural – Materiais, execução da estrutura e controle tecnológico: Requisitos e critérios mínimos a serem atendidos para solicitação de financiamento de edifícios em alvenaria estrutural junto à Caixa Econômica Federal. Caixa Econômica Federal, Diretoria de Parcerias e Apoio ao Desenvolvimento Urbano. Março, 2003.
- SAHLIN, S. Structural masonry. NJ: Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 289p. 1974.
- SANTOS, A.; FORMOSO, C.T.; TOOKEY, J.E. Expanding the meaning of standardisation within construction processes. The TQM Magazine, V.14, n.1. pp.25-33. 2002.
- SANTOS, F.A. Efeito do não preenchimento de juntas verticais no desempenho de edifícios em alvenaria estrutural. Florianópolis, 2001. 154p. Tese (Doutorado) Universidade Federal de Santa Catarina.
- SANTOS, L.A. Diretrizes para elaboração de planos de qualidade em empreendimentos da construção civil. São Paulo, 2003. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia de Construção Civil. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- SANTOS, M.D.F. Técnicas construtivas em alvenaria estrutural: contribuições ao uso. Santa Maria, 1998. 130p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Maria.
- SCARTEZINI, L.M.B. Influência do tipo de preparo do substrato na aderência dos revestimentos de argamassa: estudo da evolução ao longo do tempo, influência da cura e avaliação da perda de água da argamassa fresca. Goiânia, 2002. 262p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Goiás.
- SIGNOR, R. Desenvolvimento de uma ferramenta para avaliação da confiabilidade de prédios estruturados em alvenaria. Florianópolis, 2005. 107p. Tese (Doutorado) Universidade de Santa Catarina.
- SILVA, J.C.T.; FERREIRA, D. Pequenas e Médias Empresas no Contexto da Gestão da Qualidade Total. Faculdade de Engenharia, Depto de Produção, UNESP. Produção, vol.10, n.1, p.19-32.
- SINHA, B.P. Development and potential of structural masonry. Seminário sobre Paredes de Alvenaria, P.B. Ed. Lourenço & H. Sousa. Porto, 2002.
- SOUZA, R.; VOSS, C.A. Quality Management Re-Visited: a reflection review and agenda for future research. Journal of operations management, v. 20, n. 1, p. 91-119, 2002.
- STONE-ROMERO, E.F. *et al.* Development of a multidimensional measure of perceived product quality. Journal of quality management, v.2, n.1, p.87-111, 1997.
- THOMAZ, E. Trincas em edificações: causas e mecanismos de formação. São Paulo: IPT/DED - USP, Boletim técnico. 6p. 1988.
- THOMAZ, E.; HELENE, P. Qualidade no projeto e na execução de alvenaria estrutural e de alvenaria de vedação em edifícios. São Paulo: UPUSP, Boletim técnico. 31p. 2000.
- VILATÓ, R.R.; FRANCO, L.S. As juntas de movimentação na alvenaria estrutural. São Paulo: UPUSP, Boletim técnico. 11p. 1998.
- WU, S. *et al.* Reliability in the whole life cycle of building systems. Journal of Engineering, Construction and Architecture Management, v.13, n.2, p.136-153, 2006.
- YIN, R. K. Estudo de Caso: planejamento e métodos. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- ZECHMEISTER, D. Estudo para a padronização das dimensões das unidades de alvenaria estrutural no Brasil através do uso da coordenação modular. Porto Alegre, 2005. 165p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio grande do Sul.

# APÊNDICE 01 – Seção 1, 2, 3 e 4 da ferramenta de coleta de dados da etapa A

 <p><b>UFRGS</b> UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL</p>	<p><b>UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL</b> UFRGS - PPGEC / NORIE</p> <p><b>ANÁLISE DA CONFIABILIDADE DA ALVENARIA ESTRUTURAL</b> EMPREENDIMENTOS HABITACIONAIS DE BAIXA RENDA</p>	
---	--	---

## DIAGNÓSTICO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

**Seção 1 - Identificação da entrevista**

Entrevista: nº

Estado	Cidade	Ano Edificação	Conjunto	Bloco	Apartamento
<input type="text"/>					

---

**Seção 2 - Identificação da Unidade Habitacional**

Estado:  Cidade:

Rua:  Número:

Bairro:  Bloco:

Conjunto Habitacional:  Unidade:

Nº Ocupantes:  Idade:  MESES

---

**Seção 3 - Estado atual da Habitação**

**Unidade - habitação**

<b>Códigos:</b>		
<input type="text"/> 1 0 0	Modificação <b>sem</b> interferência na estrutura da edificação	<input type="text"/> 1 0
<input type="text"/> 1 0 1	Modificação <b>com</b> interferência na estrutura da edificação	
<input type="text"/> 1 0 2	Sem modificação	
<input type="text"/> 1 0 3	Outro	

---

**Instalações**

<b>Códigos:</b> Para x = 2, 3, 4, 5, 6, 7 ou 8 :		
<input type="text"/> x 0 0	Disposição não modificada	<input type="text"/> 2 0
<input type="text"/> x 0 1	Disposição modificada durante a obra	<input type="text"/> 3 0
<input type="text"/> x 0 2	Disposição modificada após a obra	<input type="text"/> 4 0
<input type="text"/> x 0 3	Não existe instalações	<input type="text"/> 5 0
		<input type="text"/> 6 0
		<input type="text"/> 7 0
		<input type="text"/> 8 0

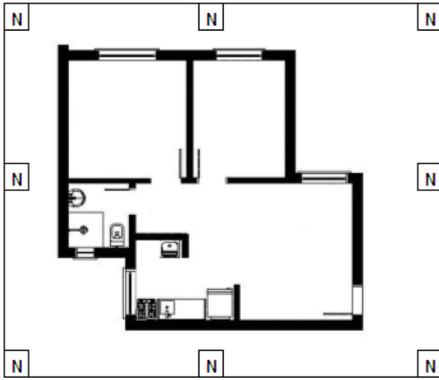
2 Instalações Hidro-Sanitárias  
 3 Instalações Elétricas e Telefônicas  
 4 Instalações de gás  
 5 Instalações de TV  
 6 Instalações de Ar condicionado  
 7 Instalações de água quente  
 8 Outras (especificar): .....

---

**Seção 4 - Croqui e percepção do usuário**

Data de aplicação da entrevista:  dia  mes  ano

Layout unidade base com identificação da orientação solar



**Quais os principais defeitos encontrados no seu apartamento?**

.....

.....

.....

.....

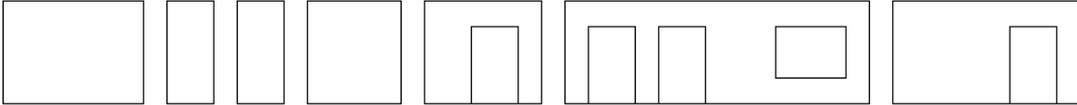
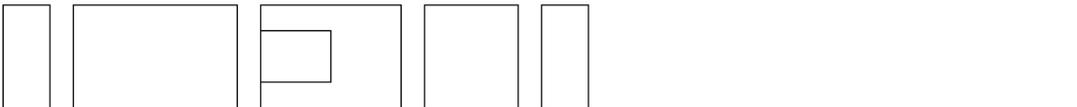
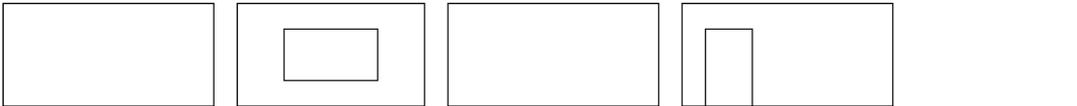
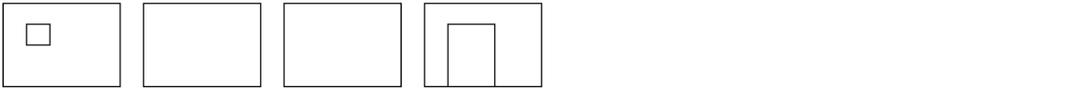
.....

.....

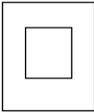
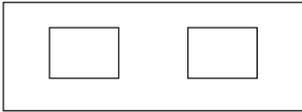
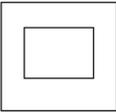
.....

.....

APÊNDICE 02 – Seção 5 e 6 da ferramenta de coleta de dados da etapa A

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL - PPGEC/NORIE										
DIAGNÓSTICO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS										
EMPREENDIMENTOS HABITACIONAIS DE BAIXA RENDA										
ENTREVISTA Nº <input style="width: 100px;" type="text"/>										
<b>Seção 5 - Descrição das falhas internas encontradas</b>										
Nº	GRUPO	OBS.	EL.	MAT.	LOCAL	COM.	CAUSA	REP.?	OBSERVAÇÕES	
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										
<b>Seção 6 - Croquis da parte interna das unidades habitacionais</b>										
<b>SALA</b>										
Nº	<input style="width: 100%; height: 15px;" type="text"/>									
<b>COZINHA</b>										
Nº	<input style="width: 100%; height: 15px;" type="text"/>									
<b>DORM. 1</b>										
Nº	<input style="width: 100%; height: 15px;" type="text"/>									
<b>DORM. 2</b>										
Nº	<input style="width: 100%; height: 15px;" type="text"/>									
<b>BANHO</b>										
Nº	<input style="width: 100%; height: 15px;" type="text"/>									

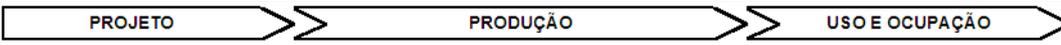
APÊNDICE 03 – Seção 7 e 8 da ferramenta de coleta de dados da etapa A

 UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL	UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL - PPGEC/NORIE DIAGNÓSTICO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EMPREENDIMENTOS HABITACIONAIS DE BAIXA RENDA								
ENTREVISTA Nº <span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 100px; height: 15px;"></span>									
<b>Seção 7 - Descrição das falhas externas encontradas</b>									
Nº	GRUPO	OBS.	EL.	MAT.	LOCAL	CON.	CAUSA	REP.?	OBSERVAÇÕES
1	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	0	0	0	0	0	0	0	0	
4	0	0	0	0	0	0	0	0	
5	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	
8	0	0	0	0	0	0	0	0	
9	0	0	0	0	0	0	0	0	
10	0	0	0	0	0	0	0	0	
11	0	0	0	0	0	0	0	0	
12	0	0	0	0	0	0	0	0	
13	0	0	0	0	0	0	0	0	
14	0	0	0	0	0	0	0	0	
15	0	0	0	0	0	0	0	0	
16	0	0	0	0	0	0	0	0	
17	0	0	0	0	0	0	0	0	
18	0	0	0	0	0	0	0	0	
19	0	0	0	0	0	0	0	0	
20	0	0	0	0	0	0	0	0	
<b>Seção 8 - Croquis da parte externa das unidades habitacionais</b>									
FACHADA									
									

## APÊNDICE 04 – Códigos da ferramenta de coleta de dados da etapa A

		UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL - PPGE/NORIE DIAGNÓSTICO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EMPREENDIMENTOS HABITACIONAIS DE BAIXA RENDA			
ENTREVISTA Nº					
<b>0 1</b>	<b>ALVENARIA E REVESTIMENTOS</b>				<b>CODIGOS GERAIS</b>
	<b>OBSERVAÇÃO</b>	<b>ELEMENTO</b>	<b>MATERIAL</b>		<b>LOCAL</b>
	0 1 FISSURA (45°)	0 1 PORTA	0 1 ARGAMASSA		0 1 ACESSO EXTERNO
	0 2 FISSURA HORIZONTAL	0 2 JANELA	0 2 BLOCOS		0 2 SALA DE ESTAR
	0 3 FISSURA VERTICAL	0 3 PAREDE ZONA SECA	0 3 CONCRETO ARMADO		0 3 COZINHA / AS
	0 4 FISSURA ESCALONADA	0 4 PAREDE ZONA ÚMIDA	0 4 ALUMÍNIO		0 4 BANHEIRO
	0 5 FISSURAS MAPEADAS	0 5 PAREDE MISTA	0 5 MADEIRA		0 5 DORMITÓRIO MAIOR
	0 6 DESCOLAMENTO PONTUAL	0 6 TETO	0 6 FERRO		0 6 DORMITÓRIO MENOR
	0 7 DESCOLAMENTO PLACAS	0 7 PISO	0 7 VIDRO		0 7 CAIXA DA ESCADA
	0 8 INFILTRAÇÃO	0 8	0 8 AZULEJO		0 8 CIRCULAÇÃO INTERNA
	0 9 UMIDADE	0 9	0 9 PISO CERÂMICO		0 9 PLATIBANDA
	1 0 DEFORMAÇÃO	1 0	1 0 PISO CARPETE		1 0 VOLUME RESERV. SUP.
	1 1 IRREGULAR (PLANICIDADE)	1 1	1 1 PISO LAMINADO		1 1 FACHADA EXTERNA
	1 2 DESGASTE	1 2	1 2 JUNTA DE DILATAÇÃO		1 2 MURO
	1 3 FIXAÇÃO SOLTA	1 3	1 3		1 3 LAVABO
	1 4 FRESTAS	1 4	1 4		
	1 5 ROMPIMENTO (QUEBRA)	1 5	1 5		
<b>0 2</b>	<b>ESTRUTURA (PILARES, VIGAS E LAJES)</b>				<b>COMPROMETIMENTO</b>
	<b>OBSERVAÇÃO</b>	<b>ELEMENTO</b>	<b>MATERIAL</b>		0 1 ALTO
	0 1 FISSURA (45°) (DIAGONAL)	0 1 LAJE TETO	0 1 CONCRETO ARMADO		0 2 MÉDIO
	0 2 FISSURA HORIZONTAL (RETA)	0 2 LAJE PISO	0 2 FERRO (ARMADURAS)		0 3 BAIXO
	0 3 FISSURA VERTICAL	0 3 VIGA	0 3 ALGEROSA		
	0 4 FISSURA ESCALONADA	0 4 PILAR	0 4 TELHAS		<b>ORIGEM</b>
	0 5 FISSURAS MAPEADAS	0 5 ELEMENTOS DE CONCRETO	0 5 AUSÊNCIA DE ALGEROSA		0 1 PROJETO
	0 6 DESCOLAMENTO	0 6 REFORÇOS EM CONCRETO	0 6 JUNTA DE DILATAÇÃO		0 2 EXECUÇÃO
	0 7 INFILTRAÇÃO	0 7 CINTAS EM CONCRETO	0 7		0 3 MATERIAL
	0 8 UMIDADE	0 8 TELHADO	0 8		0 4 USO
	0 9 DEFORMAÇÃO	0 9	0 9		<b>REPARADO?</b>
	1 0 CORROSÃO ARMADURAS	1 0	1 0		0 1 SIM
	1 1 DESGASTE ARESTAS	1 1	1 1		0 2 NÃO
	1 2 FIXAÇÃO SOLTA	1 2	1 2		
	1 3 FRESTAS	1 3	1 3		
	1 4 ROMPIMENTO (QUEBRA)	1 4	1 4		
	1 5 FALHAS DE CONCRETAGEM	1 5	1 5		

## APÊNDICE 05 – Questionário aplicado na CAIXA

	<b>UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL</b> UFRGS - PPGECC / NORIE		
	<b>PROJETO REQUALI</b> Gerenciamento de Requisitos e melhoria da qualidade na Habitação de Interesse Social		
Quest CAIXA2.xls	Elaborado em: 23/11/0 por: NORIE - UFRGS	Alterado em: 05/12/05, por: Cristiano Richter	Versão: 02
<b>ANÁLISE DO PROCESSO DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE ADOTADO PELA CAIXA - PAR</b>			
<b>A. DADOS GERAIS</b>		DATA ENTREVISTA: ___/___/___ N° DA ENTREVISTA: ___/___	
01. NOME DO ENTREVISTADO: .....			
02. CARGO OCUPADO NA CAIXA: .....			
03. FUNÇÃO OCUPADA NA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE: .....			
04. HÁ QUANTO TEMPO TRABALHA NA CAIXA: .....			
05. QUANTO TEMPO TRABALHA COMO AVALIADOR DA QUALIDADE: .....			
<b>B. CROQUI DO PROCESSO DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE ADOTADO PELA CAIXA</b>			
			
<b>ANÁLISE TERRENO E IMPLANTAÇÃO</b> Ferramenta: Periodicidade: única Responsável:	CONTRATAÇÃO	<b>REUNIÃO DE PARTIDA DA OBRA</b> Ferramenta: Periodicidade: início da obra Responsável:	ENTREGA PARA CAIXA
<b>VIABILIDADE TÉCNICA</b> Ferramenta: Periodicidade: Responsável:		<b>VISTORIAS INTERMEDIÁRIAS</b> Ferramenta: Periodicidade: quinzenalmente Responsável:	
		<b>MONITORAMENTO DA ALVENARIA</b> Ferramenta: Periodicidade: quinzenalmente Responsável: tercerizado	
		<b>RAE (RELATÓRIO DE ACOMPANHAMENTO DE EMPREENDIMENTO)</b> Ferramenta: planilha excel Periodicidade: nas medições Responsável:	
		<b>RECEBIMENTO DO EMPREENDIMENTO</b> Ferramenta: Periodicidade: na entrega do imóvel Responsável:	<b>AVALIAÇÃO PÓS-OCUPAÇÃO</b> Ferramenta: Periodicidade: na entrega do imóvel Responsável:
<b>C. ROTEIRO DO QUESTIONÁRIO SOBRE O PROCESSO DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE</b>			
06. AS ETAPAS DA AVALIAÇÃO ESTÃO CORRETAS (CONFORME O CROQUI ACIMA)?			
07. EXISTEM OUTRAS ETAPAS? QUAIS?			
08. COMO É REALIZADA CADA ETAPA DA AVALIAÇÃO?			
09. QUAL É O OBJETIVO DE CADA ETAPA?			
10. O QUE É OBSERVADO?			
11. QUAL É A FERRAMENTA UTILIZADA?			
12. QUAL É A PERIODICIDADE?			
13. QUEM É O RESPONSÁVEL PELA AVALIAÇÃO?			
14. ESTA VISTORIA É REALIZADA SOMENTE POR FUNCIONÁRIOS DA CAIXA?			
15. QUANTAS OBRAS É DE RESPONSABILIDADE DE CADA PROFISSIONAL?			
16. EXISTE ALGUM CUIDADO ESPECIAL COM A ALVENARIA ESTRUTURAL?			
17. EXISTE INTERVENÇÕES DURANTE AS ETAPAS?			
18. EXISTE(M) ALGUMA(S) DIFERENÇA(S) NAS AVALIAÇÕES ADOTADAS PELAS OBRAS PAR e IP? QUAIS?			
19. É EMITIDO ALGUM RELATÓRIO EM CADA ETAPA?			
20. COMO É FEITA A AVALIAÇÃO PÓS-OCUPAÇÃO?			
21. VOCÊ CONSIDERA O PROCESSO DE AVALIAÇÃO EFICAZ?			
22. NA SUA OPINIÃO, O QUE PODERIA MELHORAR NO PROCESSO DE AVALIAÇÃO?			