



ENTAC2006

A CONSTRUÇÃO DO FUTURO | XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído | 23 a 25 de agosto | Florianópolis/SC

ANÁLISE DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DE ALVENARIA ESTRUTURAL EM EMPREENDIMENTOS HABITACIONAIS DE BAIXA RENDA

Cristiano Richter (1); Carlos Torres Formoso (2); Ângela Borges Masuero (3)

(1) Mestrando pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, NORIE – Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação, e-mail: engrichter@terra.com.br

(2) Professor da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, NORIE – Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação, e-mail: formoso@ufrgs.br

(3) Professora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, NORIE – Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação, e-mail: mmasuero@cpgec.ufrgs.br

RESUMO

A proposta deste artigo é apresentar um método de avaliação da qualidade, com base na dimensão da qualidade de confiabilidade (probabilidade do produto apresentar defeitos), do processo construtivo de alvenaria estrutural em empreendimentos habitacionais de baixa renda. Duas etapas do estudo foram desenvolvidas: (a) construção de uma ferramenta para coleta sistematizada dos principais defeitos por observação direta; (b) aplicação desta ferramenta para obtenção de um diagnóstico de manifestações patológicas. Os defeitos com maior incidência foram fissuras mapeadas no revestimento externo, infiltrações nas paredes internas, irregularidade das paredes (planicidade) e fissuras horizontais no último pavimento. Do total de defeitos, 72% são provenientes de falhas na execução e 28% de projeto. Adotou-se um coeficiente de defeitos por elementos (CDU - paredes externas, internas e lajes) para comparação entre as obras. O CDU global oscilou entre 0,89 (empreendimento com maior número de defeitos) e 0,41. Com base nestes resultados, foi possível avaliar os empreendimentos em questão e sugerir melhorias no processo construtivo (projeto e produção) para os agentes envolvidos (empresas - construtoras e órgão financiador - CAIXA). A principal contribuição desta pesquisa é melhorar a qualidade destes empreendimentos e tornar a avaliação da qualidade mais explícita e sistemática.

Palavras-chave: qualidade, confiabilidade, patologias, alvenaria estrutural, habitação de baixa renda.

ABSTRACT

The proposal of this research was to develop a method of quality evaluation in low-income housing projects, using the quality dimensions of reliability (probability of the product failing within a specified time period). These dwelling have been built according to the structural masonry process. Two studies were developed: the first was built a tool for systematic collect of data by direct observation and the second was at diagnosing structural masonry failures in these dwelling. The most common defects were cracks in the external revestment, inner infiltration, lack of planarity in the walls and horizontal cracks in the last floor; 72% of the defects are due to incorrect execution and 28% due to design. A defect index by elements was adopted (CDU – external and internal walls, slabs) to provide comparison between constructions. Global CDU varies between 0,89 (constructions with more defects) and 0,41. Based in these results, it was possible to evaluate the enterprises analyzed and suggest enhancements in the construction process (design and production) to the involved agents (builders and Brazilian Public Savings Bank). The main contribution of this research is to improve quality in these housing projects and to make the quality evaluation clearer and more systematic.

Keywords: quality, reliability, failures, structural masonry, low-income housing.

1 INTRODUÇÃO

As construções antigas em alvenaria caracterizavam-se por possuírem paredes espessas com baixo módulo de deformação e asseguravam baixos níveis de tensões de serviço e grande massa e inércia, fazendo com que deformações e deslocamentos nos materiais devido à contrações e dilatações de origem térmica e hidráulica gerassem tensões de compressão, tração e cisalhamento inferiores às que os materiais estavam aptos a resistir (DUARTE, 1998). Nos dias atuais, as alvenarias evoluíram para lâminas consideravelmente delgadas (THOMAZ e HELENE, 2000), mais leves e econômicas com alto módulo de deformação e suscetíveis de movimentações causadas por variações de temperatura e umidade. Segundo Duarte (1998) a utilização cada vez maior de novos materiais e técnicas construtivas em substituição ao sistema tradicional de construção tem tornado mais freqüente os defeitos nas edificações.

Para Santos (1998), ainda não foi explorado todo o potencial do sistema construtivo de alvenaria estrutural em nosso país, tanto no que diz respeito à capacidade estrutural da alvenaria, quanto à racionalização do mesmo. Santos (1998) comenta que esse sistema construtivo parece ser ideal para a realidade brasileira, pois necessita de mão-de-obra de fácil aprendizado, possui elevado potencial de racionalização e não exige grandes investimentos e imobilização de capital para a aquisição de equipamentos. A alvenaria estrutural, além de incorporar facilmente estes conceitos de racionalização, produtividade e qualidade, produz ainda construções com bom desempenho tecnológico aliado a baixos custos (ARAÚJO, 1995 *apud* SANTOS, 1998).

Incorporar estes conceitos e tornar as construções confiáveis¹ é um desafio para os agentes envolvidos como a CAIXA (órgão financiador) e empresas construtoras. Neste sentido faz-se necessário o papel da Universidade de contribuir para a discussão entre os agentes envolvidos visando a melhoria da qualidade das habitações. Para atender tais interesses o NORIE (Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul) vem desenvolvendo diversas pesquisas em parceria com as empresas construtoras locais e a CAIXA. Este artigo decorre de uma destas pesquisas (dissertação de mestrado em andamento) inserida no projeto REQUALI².

2 OBJETIVO

A proposta deste artigo é apresentar um método para avaliação da qualidade, com base na dimensão da qualidade de confiabilidade (probabilidade do produto apresentar defeitos), do processo construtivo de alvenaria estrutural em empreendimentos habitacionais de baixa renda.

3 MÉTODO DE PESQUISA

O método de pesquisa foi dividido em duas etapas: (a) construção de uma ferramenta para coleta sistematizada dos principais defeitos por observação direta; (b) aplicação desta ferramenta para obtenção de um diagnóstico de manifestações patológicas.

3.1 Amostragem

A seleção da amostra deste estudo foi para evidenciar as relações entre as dimensões da qualidade de confiabilidade e conformidade (proposta da dissertação). Não foi objetivo deste estudo diagnosticar as manifestações patológicas das obras em questão de uma região (Rio Grande do Sul, por exemplo). A tabela 01 apresenta a seleção dos empreendimentos e suas características. Os critérios adotados para

¹ Segundo Garvin (2002), a dimensão da qualidade de confiabilidade é a probabilidade do produto apresentar defeitos. Considera-se que habitações confiáveis são habitações ausentes de defeitos ao longo da sua vida útil.

² O projeto REQUALI é desenvolvido em rede nacional de pesquisa, com a participação do NORIE da UFRGS, FAU/UFPEL, UEFS e UEL, sob a coordenação da UFC e tem como objetivo geral estabelecer critérios e diretrizes para o gerenciamento de requisitos dos clientes em empreendimentos habitacionais de interesse social, buscando a melhoria da qualidade dos mesmos.

seleção destes empreendimentos foram: (a) as empresas construtoras possuírem empreendimentos semelhantes em execução; (b) empreendimentos habitacionais do programa PAR³ ou IP⁴ da CAIXA; (b) utilizar-se do processo construtivo de alvenaria estrutural; (c) utilização de blocos de concreto ou cerâmico.

Tabela 01: Seleção dos empreendimentos e suas características

Código das obras	Número unidades	Características					
		Tipo	Cidade	Idade	Altura	Empresa	Blocos
E1 CNS 12 01	56	IP	Canoas	12	2 andares	E3	Concreto
E1 CNS 48 02	62	IP	Canoas	48	2 andares	E3	Concreto
E2 CNS 18 03	112	PAR	Canoas	18	4 andares	E1	Concreto
E2 NHB 07 04	160	PAR	NH	07	4 andares	E1	Concreto
E3 PLT 12 05	112	PAR	Pelotas	12	4 andares	E2	Cerâmico
E3 PLT 24 06	132	PAR	Pelotas	24	3e4 andares	E2	Cerâmico
E4 SMR 10 07	200	PAR	Sta. Maria	10	5 andares	E4	Cerâmico
E5 SMR 07 08	200	PAR	Sta. Maria	07	5 andares	E5	Cerâmico

Ioshimoto (1988) considera um valor de 10% do número total de unidades por conjunto habitacional aceitável, sendo as unidades tomadas aleatoriamente. Neste estudo considerou-se os mesmos 10%, porém selecionou-se as unidades proporcionalmente de acordo com sua: (a) incidência solar (maior ou menor); (b) posição vertical ($\frac{1}{3}$ térreas, $\frac{1}{3}$ segundo, terceiro e/ou quarto e $\frac{1}{3}$ último andar); e, (c) simetria entre as unidades selecionadas (mesmo número de unidades por edifício no conjunto habitacional). Estes critérios foram adotados porque a ocorrência de defeitos deve ser analisada tanto no aspecto qualitativo quanto quantitativo (IOSHIMOTO, 1988). Um empreendimento habitacional pode apresentar casos que haja pequenas incidências de defeitos, porém extremamente graves e que comprometem o desempenho mínimo da edificação. Estes defeitos podem ocorrer em apenas uma parte da edificação. Para não correr o risco de falhar na revelação dos defeitos foram adotados cuidadosamente os critérios acima mencionados.

3.2 Ferramenta utilizada

A ferramenta utilizada para este estudo consiste numa adaptação de MINISTÉRIO DE VIVENDAS BÁSICAS Y URBANISMO (2004). A ferramenta está dividida em 8 seções. 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 01) registra-se o estado atual da habitação, identificando as modificações realizadas habitação e se estas possuem ou não interferência na estrutura da edificação (remoção de uma parede, por exemplo). Também se documenta se as instalações sofreram alguma modificação e a existência de outras instalações não previstas no projeto.

Para avaliar a percepção do usuário sobre os principais defeitos, direciona-se a pergunta estruturada: “quais os principais defeitos encontrados no seu apartamento?”. Registram-se as primeiras respostas, que são as percepções principais sobre os defeitos da habitação.

³ Segundo a CAIXA (2006), o Programa de Arrendamento Residencial (PAR) visa atender a necessidade de moradia da população de baixa renda, prioritariamente concentradas nos grandes centros urbanos, com renda familiar mensal de até seis salários mínimos. Objetiva a aquisição de imóveis a serem construídos, em construção ou a recuperar, com pagamento parcelado, para arrendamento residencial com opção de compra ao final do período do contrato.

⁴ O Imóvel na Planta (IP) é um programa oferecido pela CAIXA para obtenção de financiamento para 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 interesse social, objeto deste estudo.

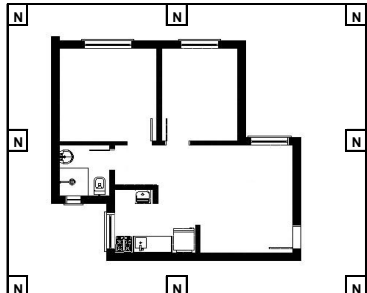
Seção 3 - Estado atual da Habitação			
Unidade - habitação		Códigos:	
		1 0 0	Modificação sem interferência na estrutura da edificação
		1 0 1	Modificação com interferência na estrutura da edificação
		1 0 2	Sem modificação
		1 0 3	Outro
		1 0	
<hr/>			
Instalações		Códigos:	Para x = 2, 3, 4, 5, 6, 7 ou 8 :
2 Instalações Hidro-Sanitárias		x 0 0	Disposição não modificada
3 Instalações Elétricas e Telefônicas		x 0 1	Disposição modificada durante a obra
4 Instalações de gás		x 0 2	Disposição modificada após a obra
5 Instalações de TV		x 0 3	Não existe instalações
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	
<hr/>			
Seção 4 - Croqui e percepção do usuário			
Data de aplicação da entrevista			
<div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100px;"> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100px; font-size: 8px;"> dia mes ano </div>			
Layout unidade base com identificação da orientação solar		Quais os principais defeitos encontrados no seu apartamento?	
		<div style="border-bottom: 1px solid black; height: 20px; width: 100%;"></div> <div style="border-bottom: 1px solid black; height: 20px; width: 100%;"></div> <div style="border-bottom: 1px solid black; height: 20px; width: 100%;"></div> <div style="border-bottom: 1px solid black; height: 20px; width: 100%;"></div> <div style="border-bottom: 1px solid black; height: 20px; width: 100%;"></div> <div style="border-bottom: 1px solid black; height: 20px; width: 100%;"></div> <div style="border-bottom: 1px solid black; height: 20px; width: 100%;"></div> <div style="border-bottom: 1px solid black; height: 20px; width: 100%;"></div>	

Figura 01: Seção 3 e 4 da ferramenta de coleta dos dados – estado atual da habitação e croqui e percepção do usuário sobre os defeitos

As seções seguintes (5 a 8) têm como objetivo verificar e registrar a presença ou não de manifestações patológicas em todas paredes (internas e externas), tetos e pisos da habitação. Esta análise ocorre por observação direta (visual) com distância aproximada para verificação dos defeitos de um metro do anteparo a ser observado (parede, teto ou piso) e realizada pelo mesmo pesquisador em todas unidades visitadas. Cada manifestação patológica é desenhada (esboço) na forma que se apresenta (reta, curva, etc.). As manifestações dos pisos e tetos são registradas diretamente no croqui da planta baixa (*layout* da unidade base) da seção 4 (figura 01). As manifestações das paredes internas foram registradas na seção 6 (figura 02) e das paredes externas na seção 8 (figura 02).

Seção 6 - Croquis da parte interna das unidades habitacionais	
SALA	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 40px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 40px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 40px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 40px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 40px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 40px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 40px;"></div> </div>
Nº	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="border-bottom: 1px solid black; width: 100%; height: 10px;"></div> <div style="border-bottom: 1px solid black; width: 100%; height: 10px;"></div> </div>
COZINHA	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 40px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 40px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 40px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 40px;"></div> </div>
Nº	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="border-bottom: 1px solid black; width: 100%; height: 10px;"></div> <div style="border-bottom: 1px solid black; width: 100%; height: 10px;"></div> </div>
Seção 8 - Croquis da parte externa das unidades habitacionais	
FACHADA	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 40px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 40px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 40px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 40px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 40px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 40px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 40px;"></div> </div>

Figura 02: Exemplo da seção 6 e 8 da ferramenta de coleta dos dados – croquis das paredes internas (cozinha e sala) e das paredes externas da habitação

Cada manifestação é numerada e categorizada de acordo com a planilha de códigos (figura 03). Assim, cada defeito possui um número e seu respectivo código. O objetivo desta numeração é criar um coeficiente (CDU), número de defeitos pelo número de unidades, para comparar os empreendimentos. Este coeficiente será explicado no item 3.3.

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 LAVABO		
1 4 FRESTAS	1 4				
1 5 ROMPIMENTO (QUEBRA)	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 ALTO		
0 2 FISSURA HORIZONTAL (RETA)	0 2 LAJE PISO	0 2 FERRO (ARMADURAS)	0 2 MÉDIO		
0 3 FISSURA VERTICAL	0 3 VIGA	0 3 ALGEROSA	0 3 BAIXO		
0 4 FISSURA ESCALONADA	0 4 PILAR	0 4 TELHAS			
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 CORROÇÃO 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			

Figura 03: Planilha de códigos

Os códigos estão divididos em dois grandes grupos: (1) alvenaria e revestimentos e (2) estrutura (pilares, vigas e lajes). Cada grupo está dividido quanto a sua observação, elemento, material, local, comprometimento, causa e reparo. Alguns critérios são adotados para quantificar as manifestações patológicas: (a) as fissuras à 45°, horizontais, verticais e escalonadas que ultrapassem um metro em sua extensão são divididas em uma manifestação para cada metro linear, sendo numeradas e codificadas separadamente; (b) as fissuras mapeadas, devido a sua forma de aparição ser generalizada, são divididas em uma manifestação para cada um metro quadrado, sendo numeradas e codificadas separadamente; (c) considera-se infiltração quando ocorre a passagem de água para dentro da habitação e umidade quando a habitação possui a presença de água internamente sem infiltração. (d) a irregularidade das paredes é constatada somente quando a planicidade das superfícies das paredes ou tetos ultrapassem uma tolerância visual; (e) quanto ao comprometimento as manifestações patológicas são classificadas em alta, quando estas possuem problemas estruturais (ex: recalque de fundações); média, quando ocorre a infiltração de água para dentro da unidade habitacional; e baixa, consideradas somente problemas estéticos, manifestando-se superficialmente; e, (f) quanto a sua origem são classificadas em projeto, execução, material e uso. Esta classificação foi facilitada pelo ambiente da pesquisa (dissertação) encontrar-se em empreendimentos concluídos (motivo deste artigo) e em execução, havendo semelhança entre os empreendimentos.

3.3 Coeficiente Global de defeitos por unidades (CDU)

Para comparação entre os empreendimentos adotou-se um coeficiente entre os números de defeitos encontrados e o número total de unidades. Esta relação foi denominada de “coeficiente global de defeitos por unidade” (CDU) e é expressa pela equação abaixo (eq.1). Este coeficiente foi uma adaptação do estudo proposto por IOSHIMOTO (1988).

$$\text{CDU} = \text{número de defeitos} / \text{número total de unidades} \quad (\text{eq.1})$$

Dividiu-se o CDU em quatro categorias: (a) o CDU global refere-se ao coeficiente obtido pelo somatório dos defeitos (lajes, paredes externas e internas) pelo número total de unidades (faces das paredes e lajes). Para contagem do número de unidades adotou-se que cada face de uma parede, teto ou piso, equivale a uma unidade. O dormitório possui seis faces, por exemplo, uma no piso, outra no teto e quatro nas paredes; (b) O CDU laje refere-se ao coeficiente entre os defeitos encontrados nas lajes (piso e teto) pelo número total de faces das lajes; (c) o CDU parede externa é o coeficiente entre os defeitos encontrados nas paredes externas pelo número total de faces das paredes externas (somente na projeção externa da unidade diagnosticada); e, (d) o CDU parede interna é calculado igualmente ao CDU parede externa, mas pelas faces das paredes internas.

O CDU é válido para comparação apenas dos empreendimentos em questão, pois possuem uma tipologia semelhante, mesmo processo construtivo, moradores de uma mesma classe social e área interna semelhante com o mesmo número de dependências (semelhança do número total faces entre os empreendimentos).

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

4.1 Empreendimentos PAR

Observa-se que os defeitos foram variáveis, ou seja, ocorreram diferenças entre os coeficientes (tabela 02) dos empreendimentos tanto nos CDU's globais quanto os CDU's individuais.

Tabela 02: CDU dos empreendimentos PAR

CÓDIGO DAS OBRAS	CDU _{GLOBAL}	CDU Individuais		
		CDU _{LAJE}	CDU _{P (EXTERNO)}	CDU _{P (INTERNO)}
E2 CNS 18 03	0,89	0,97	1,31	0,72
E2 NHB 07 04	0,61	0,05	2,44	0,13
E3 PLT 12 05	0,74	0,97	2,21	0,26
E3 PLT 24 06	0,79	1,52	2,30	0,17
E4 SMR 10 07	0,41	2,01	0,13	0,05
E5 SMR 07 08	0,78	0,86	3,41	0,20
CDU_{PAR} (média)	0,70	1,06	1,97	0,25

Observa-se pelos coeficientes (CDU) individuais que alguns empreendimentos tiveram bom desempenho e outros não, sendo os defeitos recorrentes por empresas. Nos empreendimentos *PAR Normal*⁵ e *PAR Simplificado*⁶ os defeitos foram semelhantes, embora ocorreram mais manifestações patológicas nas paredes internas dos empreendimentos PAR normal, com revestimento de parede de argamassa internamente. Quanto ao uso do bloco de concreto ou cerâmico não mostrou diferenças significativas quanto aos defeitos apresentados.

4.1.1 E2CNS1803 (PAR Normal)

Este empreendimento obteve o maior coeficiente global médio (0,89), sendo assim o empreendimento com o maior número de defeitos. O coeficiente individual das paredes externas (1,31), apresentou-se em 80% como fissuras mapeadas (Figura 04) e 20% fissuras horizontais no revestimento externo. As fissuras mapeadas foram decorrentes de erros na especificação do traço e na aplicação da argamassa de revestimento. As fissuras horizontais apareceram principalmente nos cantos e próximo às lajes. As manifestações patológicas das paredes internas (0,72) foram 51% de fissuras horizontais, 25% fissuras mapeadas, 11% irregularidades das paredes (planicidade), 4% fissuras verticais, 5% infiltração e 4% fissuras à 45 graus. Os defeitos das lajes (0,97) apresentaram-se em 59% como fissuras ortogonais às bordas e 41% fissuras nas diagonais (figura 05).

⁵ O PAR Normal possui as seguintes especificações: área útil mínima de 37m²; tipologia mínima de dois quartos, sala, cozinha e banheiro; as unidades habitacionais com o seguinte padrão mínimo: piso cerâmico ou ardósia, azulejo nas paredes molhadas, vãos de portas com folhas, revestimentos e pinturas internas e externas, calçada em todo perímetro da edificação. O valor máximo da aquisição não ultrapasse R\$22.400,00 (CAIXA, 2006).

⁶ O PAR Simplificado difere do PAR Normal pelas especificações mínimas da unidade habitacional. Os padrões mínimos que diferem são principalmente: ausência de piso cerâmico (acabamento em concreto); revestimento interno com alvenaria à vista e acabamento em pintura. (CAIXA, 2006).



Figura 04: Fissuras mapeadas do revestimento externo



Figura 05: Fissuras na diagonal da laje do dormitório

Este empreendimento foi executado sem o uso de cintas de amarração, sem o preenchimento das juntas verticais da alvenaria e não foi executado grautes nos cantos dos pavimentos intermediários e térreos. As lajes são maciças com 9cm de espessura e apoiadas diretamente sobre a alvenaria.

4.1.2 E2NHB0704 (PAR Simplificado)

A empresa adotou melhorias em relação ao empreendimento anterior (item 4.1.1), principalmente nas técnicas construtivas das lajes (projeto e execução). Neste caso o coeficiente reduziu de 0,97 para 0,05. Os maiores índices de aparições foram nas paredes externas (2,44), apresentando-se em 55% como fissuras mapeadas, 30% fissuras horizontais, 9% fissuras verticais, 5% fissuras escalonadas e 1% fissuras à 45 graus. As fissuras escalonadas, que diferem do empreendimento anterior, são provenientes de erros na execução da elevação das alvenarias. Neste caso não foram adotadas as amarrações do tipo “castelinho”.

4.1.3 E3PLT1205 e E3PLT2406 (PAR Normal)

Os coeficientes globais destes empreendimentos (empresa E3) apresentaram-se de forma semelhantes (0,74 e 0,79), embora os empreendimentos se diferem nas idades. Os maiores índices de aparições de defeitos (2,21 e 2,30) deram-se nas paredes externas. Estas apareceram na sua totalidade como fissuras mapeadas no empreendimento E3PLT1205 e em 74% de fissuras mapeadas, 21% fissuras horizontais, 4% fissuras à 45 graus e 1% fissuras verticais no empreendimento E3PLT2406. Decorrentes destes defeitos o grau de comprometimento foi de 79% e 63%, respectivamente, considerado médio. Em função disto observou-se que os defeitos das paredes internas (0,26) foram em sua grande maioria problemas de infiltração no empreendimento E3PLT1205. Já no empreendimento E3PLT2406 as manifestações patológicas das paredes internas apresentaram-se em menor número (0,17), mas diversificadas em 35% de infiltrações, 31% de fissuras horizontais, 9% de fissuras à 45 graus, 7% de fissuras verticais e 6% de fissuras mapeadas.

Salienta-se que, no empreendimento E3PLT1205, uma das manifestações patológicas foi considerada com comprometimento alto, devido ao recalque no contra-piso do dormitório de um apartamento localizado no térreo. Isto se deu em função do contra-piso ser executado posterior ao levante da alvenaria do térreo e não compactado adequadamente o aterro entre as vigas de baldrame do dormitório. Esta técnica vem sendo utilizada por outras empresas também. A técnica recomendada é executar o contra-piso (preferencialmente armado) antes de iniciar os serviços de marcação da primeira fiada do térreo, melhorando aspectos como: limpeza e organização; correção de eventuais desníveis das vigas de baldrame, proteção contra umidade ascensional, escoramento da primeira laje e aumento de produtividade.

4.1.4 E4SMR1007 (PAR Simplificado)

Este empreendimento obteve o menor coeficiente global (0,41) e o maior coeficiente individual nas lajes (2,01). Observa-se que nas paredes externas (0,13), um problema geral dos empreendimentos, obteve o menor coeficiente, como também nas paredes internas (0,05). Nota-se que a empresa adota

critérios as técnicas recomendadas do processo construtivo de alvenaria estrutural e possui uma boa prática de execução do revestimento externo. Os defeitos das lajes se manifestaram em duas situações: (a) no apoio da laje do último pavimento, devido a problemas de projeto e execução. As lajes são pré-moldadas e maciças de concreto armado apoiadas sobre material que permite sua movimentação (isopor). O acabamento desta união foi deficiente (figura 06). (b) Na união das lajes pré-moldadas da sala e da cozinha. Este ponto é crítico, pois apareceram fissuras em todos encontros das lajes (figura 07). A empresa adotou melhorias de projeto para solucionar tais questões.



Figura 06: Defeito no apoio da laje do último pavimento (irregularidades e fissuras)



Figura 07: Fissura na união das lajes pré-moldadas da sala e cozinha

4.1.5 E5SMR0708 (PAR Simplificado)

As manifestações patológicas com maior número de ocorrências neste empreendimento foram nas paredes externas (3,41), apresentando-se como fissuras mapeadas em 75% das paredes, 13% de fissuras horizontais, 7% de fissuras escalonadas e 6% de fissuras verticais (figura 08). Decorrente destas, os defeitos encontrados nas paredes internas (0,20) foram infiltrações (figura 09) em 97% dos casos.



Figura 08: Fissura vertical na parede externa



Figura 09: Infiltração nas paredes internas

4.2 Empreendimentos IP

Os empreendimentos IP obtiveram seus coeficientes globais médios semelhantes (tabela 03), embora apresentaram diferenças nos coeficientes individuais.

Tabela 03: CDU dos empreendimentos IP

CÓDIGO DAS OBRAS	CDU _{GLOBAL}	CDU Individuais		
		CDU _{LAJE}	CDU _{P (EXTERNO)}	CDU _{P (INTERNO)}
E1 CNS 12 01	0,25	0,65	0,38	0,15
E1 CNS 48 02	0,23	0,24	0,18	0,24
CDU_{PAR} (média)	0,24	0,44	0,28	0,20

Os maiores coeficientes foram encontrados nas lajes (0,65 e 0,24). Estes defeitos ocorreram na junta de apoio da laje nas paredes, apresentando fissuras e irregularidades. As lajes destes empreendimentos são de pré-lajes (vigotas e tabelas) com capa de concreto armado apoiadas sobre manta elástica (4mm) confinada entre duas chapas de metal.

Os defeitos observados nas paredes internas (0,15 e 0,24) foram em 46% de fissuras horizontais, 34% de irregularidades (planicidade) das paredes, 11% de fissuras verticais, 3% fissuras mapeadas, 3% fissuras à 45 graus, 1% de umidade e 1% de fissura escalonada. As fissuras horizontais ocorreram, na sua grande maioria, próximas a laje do último pavimento, sendo ocasionadas pelas movimentações térmicas das lajes e paredes. As fissuras escalonadas, embora em pequena quantidade, são decorrentes da não utilização da técnica dos “castelinhos” no levante da alvenaria. Os defeitos de irregularidades das paredes foram causados pela má aplicação do revestimento. Estes defeitos estão sendo solucionados pela empresa com a utilização de novos detalhes de projeto e de novas técnicas de execução, como o uso de “castelinhos” no levante da alvenaria, grautes em pontos críticos, mudança no detalhe de projeto do apoio das lajes e revestimento a base de gesso, aplicado diretamente sobre a alvenaria interna. Nas paredes externas os defeitos deram-se em 50% como frestas do muro com as paredes externas, 38% de fissuras horizontais, 8% de fissuras verticais e 4% de fissuras a 45 graus. As frestas ocorreram na junta da união do muro (pátio fundos) com as paredes externas. As paredes dos muros não possuem amarrações com as paredes dos sobrados e material elástico para seu fechamento.

4.3 Defeitos quanto à incidência de radiação solar dos empreendimentos PAR

As unidades habitacionais dos empreendimentos *E2CNS1803*, *E2NHB0704* e *E4SMR1007* foram divididas em dois grupos: (a) maior incidência de radiação solar e (b) menor incidência de radiação solar. A tabela 04 mostra os resultados obtidos deste agrupamento. Os coeficientes não oscilaram significativamente pela maior ou menor incidência de radiação solar. Esta análise poderá sofrer mudanças com idades mais avançadas pois estes empreendimentos possuem de 07 a 18 meses de uso.

Tabela 04: CDU quanto à incidência de radiação solar

INCIDÊNCIA DE RADIAÇÃO SOLAR	CDU _{GLOBAL}	CDU Individuais		
		CDU _{LAJE}	CDU _{P (EXTERNO)}	CDU _{P (INTERNO)}
MAIOR	0,60	1,07	1,46	0,26
MENOR	0,69	1,17	1,67	0,30

4.4 Defeitos quanto à posição vertical das unidades habitacionais (PAR)

As manifestações patológicas dos empreendimentos PAR foram agrupadas pela sua posição vertical (tabela 05). A seleção da amostra foi a mesma da amostragem geral (item 3.1), ou seja, 1/3 térreas, 1/3 segundo, terceiro e/ou quarto e 1/3 último.

Tabela 05: CDU quanto à posição vertical das unidades habitacionais

POSIÇÃO VERTICAL (PAVIMENTO)	CDU _{GLOBAL}	CDU Individuais		
		CDU _{LAJE}	CDU _{P (EXTERNO)}	CDU _{P (INTERNO)}
ÚLTIMO	1,00	2,59	2,14	0,32
INTERMEDIÁRIO(S)	0,61	0,65	1,85	0,27
PRIMEIRO	0,57	0,40	2,12	0,18

Os maiores coeficientes estão localizados no último pavimento. Os coeficientes das lajes foram os que mais se diferenciaram (2,59 para 0,40). Nas paredes externas a diferença foi pequena e nas paredes internas o último pavimento apresentou coeficiente maior (0,32). Com base nestes valores constata-se que os principais defeitos ocorrem no último pavimento e deve-se dar a devida atenção quanto ao detalhamento técnico deste. Atualmente as técnicas construtivas para solucionar tais questões são conhecidas na bibliografia (SABBATINI, 2003; THOMAZ e HELENE, 2000; DUARTE, 1999, SANTOS, 1998; e, FRANCO, 2000). O que falta são a aplicação das mesmas. Nota-se que algumas construtoras estão aplicando tais técnicas construtivas e obtendo bons resultados.

5 DISCUSSÃO

Os defeitos com maior incidência foram fissuras mapeadas no revestimento externo, infiltrações nas paredes internas, irregularidade das paredes (planicidade) e fissuras horizontais no último pavimento. Deste total de defeitos, 72% são provenientes de falhas na execução e 28% de projeto. Dentre algumas falhas encontradas na execução estão: (a) desuniformidade na produção de argamassa, para empresas que utilizem argamassa fabricada no canteiro de obras; (b) aplicação do revestimento externo e interno deficientes; (c) não utilização de “castelinhos” no levante da alvenaria; (d) não preenchimento total - 1cm - das juntas da alvenaria (verticais e horizontais); (e) preenchimento dos grautes erradamente; e (f) erros de execução do acabamento nas juntas entre as lajes e as paredes. Nas falhas de projetos, constatou-se problemas referentes a (a) não utilização da cinta de fechamento; (b) trespasse de vergas e contra-vergas insuficientes; (c) detalhes construtivos da movimentação da laje insuficiente, principalmente do último pavimento; (d) ausência de ventilação cruzada sob os telhados; (e) ausência ou erros na locação dos grautes; e (f) especificações do contra-piso do térreo. Estes problemas relacionados ao projeto e execução foram identificados em obras em andamento das empresas. Algumas empresas já adotaram medidas de melhorias, outras, resistem à mudança de técnicas construtivas empregadas.

Através das diferenças evidenciadas pelos coeficientes individuais constatou-se um potencial para troca de boas práticas entre as técnicas construtivas adotadas pelas empresas construtoras, tanto em projeto como na execução das obras. Em algumas empresas há um potencial de melhorias com pequenas modificações em projeto, em outras, uma mudança da técnica de execução utilizada pode trazer melhorias na qualidade da edificação. Mesmo com os sistemas de gestão da qualidade adotados pelas construtoras há muitos problemas de execução relacionados a sua aplicação ineficaz. Observa-se que os sistemas de gestão adotados pelas construtoras dependem diretamente das técnicas construtivas adotadas (projeto e execução). De nada adianta a empresa possuir um excelente sistema de gestão se as técnicas construtivas empregadas não garantem o desempenho mínimo desejado, ou seja, utilizar corretamente o conceito de conformidade na produção sem atingir o desempenho mínimo desejado, tornando as edificações não confiáveis.

6 REFERÊNCIAS

- MINISTÉRIO DE VIVENDAS BÁSICAS Y URBANISMO (Division Técnica de Estudio y Fomento Habitacional). **Estudio de Patologías em la Edificación de Vivendas Básicas**. Chile, 2004.
- DUARTE, R. B. **Fissuras em alvenaria: causas principais, medidas preventivas e técnicas de recuperação**. Boletim Técnico n.25 – Cientec. Porto Alegre, 1998.
- DUARTE, R. B. **Recomendações para o projeto e execução de edifícios de Alvenaria Estrutural**. Porto Alegre, 1999. 79p.
- 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) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- GARVIN, D.A. **Gerenciando a Qualidade**. *Harvard Business School*. Rio de Janeiro, 2002. Qualitymark. 3 ed. 358p.
- IOSHIMOTO, E. **Incidência de manifestações patológicas em edificações habitacionais**. PINI, São Paulo, 1998. Tecnologia das edificações – divulgação tecnológica – IPT.
- SABBATINI, F.H. **Alvenaria Estrutural - Materiais, execução da estrutura e controle tecnológico: requisitos e critérios mínimos a serem adotados para solicitação de financiamento de edifícios em alvenaria estrutural junto à Caixa Econômica Federal**. CAIXA. Brasília, 2003.
- SANTOS, M.D.F. **Técnicas construtivas em Alvenaria estrutural: contribuição ao uso**. Santa Maria, 1998. 195p. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Santa Maria.
- THOMAZ, E. e HELENE, P. **Qualidade no projeto e na execução de alvenaria estrutural e de alvenarias de vedação em edifícios**. Boletim técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/252. São Paulo, 2000.