



ENTAC2006

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

CAUSAS, ORIGENS E PROCEDIMENTOS EXECUTIVOS PREVENTIVOS PARA A FISSURAÇÃO NA INTERFACE ESTRUTURA-ALVENARIA

Carlos Alberto Squeff Sahb (1); Helena Carasek (2)

(1) Coordenação da Área de Construção Civil – Centro Federal de Educação Tecnológica de Goiás,
Brasil – e-mail: carlossqueff@cefetgo.br

(2) Escola de Engenharia Civil – Universidade Federal de Goiás, Brasil –
e-mail: hcarasek@eec.ufg.br

RESUMO

Este trabalho trata de uma pesquisa realizada em edifícios multipavimentos em construção na cidade de Goiânia, nos anos de 2004 e 2005, sobre as causas e origens de fissuras na interface estrutura-alvenaria externa e sobre os procedimentos executivos utilizados para preveni-las. Foram investigados 20 edifícios com: no mínimo 12 andares; estrutura de concreto armado; alvenarias de blocos cerâmicos furados, vazados de concreto simples e de concreto celular autoclavado; e revestimento externo em argamassa ou cerâmico. Os dados foram obtidos por questionário, entrevista, observação de projetos e vistorias técnicas. Como resultado principal, obteve-se que as fissuras estão intimamente relacionadas à grande incompatibilidade existente entre as alvenarias e as atuais estruturas de concreto armado que se mostram muito deformáveis e flexíveis. Detectou-se, também, uma menor incidência de fissuras nos edifícios onde, no mínimo, utilizou-se um dos seguintes procedimentos executivos: ferro-cabelo tipo “U” fixado ao pilar com adesivo epoxídico; travamento da alvenaria com cunhas pré-moldadas de concreto simples assentadas sob pressão com argamassa de assentamento; e reforço do revestimento de argamassa com tela metálica galvanizada tipo “viveiro” fixada com argamassa sobre chapisco. Desta forma, torna-se fundamental considerar a fachada como um todo, desde a estrutura até os revestimentos, a fim de propiciar maior prevenção de fissuras na interface estrutura-alvenaria externa.

Palavras-chave: fissuras; estrutura; alvenaria; fachada; edifício multipavimentos.

ABSTRACT

This report shows the results obtained in a research made in multistory buildings on construction in Goiânia in 2004 and 2005 about the cracks causes and origins in the external structure-masonry blocking interface and about the executive procedures used to prevent their presence. 20 buildings have been investigated with: at least 12 floors; structure of reinforced concrete; autoclaved concrete cellular or plain concrete hollow and ceramic hollow blocks masonry; and external rendering or tiling system. So the data were obtained by questionnaire applied as interview, observation of designs and technical surveys. The main result was that the cracks are due to the great incompatibility existent between the blocking masonry and the nowadays structure of reinforced concrete very deformable and flexible. It has also detected that a small incidence of cracks occurred in the buildings where it had been used at the least one of the following executive procedures: steel wire for reinforced concrete folded on the “U” shape fixed at column by based-epoxy adhesive; squeezing up the masonry with precast concrete wedges applied under pressure using masonry mortar; reinforcement of the rendering using galvanized twisted wire netting applied with rendering mortar above the spatterdash. This way, it's indispensable to consider the façade as a whole, from the structure until the cladding in order to prevent the presence of cracks in the external structure-masonry interface.

Keywords: cracks; structure; masonry; façade; multistory building.

1 INTRODUÇÃO

Inúmeros edifícios multipavimentos construídos no Brasil nos últimos doze anos têm apresentado precocemente em suas fachadas diversos tipos de manifestações patológicas, dentre elas as fissuras e as trincas¹. Estas têm ocorrido com grande frequência, principalmente na interface estrutura-alvenaria, comprometendo a harmonia visual e o desempenho da fachada quanto à estanqueidade aos gases e água e à durabilidade. Com isso, ações corretivas não previstas têm se tornado freqüentes, gerando altos custos para a reparação e manutenção. Em alguns casos inclusive, mesmo após os serviços de reparo, muitas das fissuras e trincas têm reincidido, tornando praticamente inócuas muitas das várias formas de intervenção sobre o problema.

Muitos desses edifícios apresentam suas fachadas compostas por estrutura reticulada de concreto armado moldado *in loco*, alvenarias de vedação em blocos ou tijolos e revestimento em argamassa com acabamento em pintura; outros, além dessas características, apresentam suas fachadas também compostas por revestimentos cerâmicos.

No presente artigo são apresentados e discutidos os resultados obtidos na pesquisa de campo realizada por Sahb (2005) em edifícios multipavimentos em construção na cidade de Goiânia, nos anos de 2004 e 2005, onde foram investigadas as causas e origens de fissuras e trincas na interface estrutura-alvenaria externa, bem como identificados os procedimentos executivos utilizados na prevenção desses tipos de problema. Cabe destacar que balizando inicialmente tal pesquisa, a presença de fissuras e trincas nessas regiões foi atribuída a um ou mais dos seguintes fatores:

- falta de Projeto Executivo² e/ou Projeto para Produção³ da estrutura de concreto armado;
- falta de Projeto Executivo e/ou Projeto para Produção das alvenarias de vedação;
- falta de Projeto Executivo e/ou Projeto para Produção dos revestimentos externos;
- problemas de concepção dos projetos da estrutura de concreto armado;
- problemas de concepção dos projetos das alvenarias de vedação;
- problemas de concepção dos projetos dos revestimentos externos de argamassa ou cerâmico; e
- problemas durante as construções da estrutura de concreto armado, alvenarias de vedação e revestimentos externos em argamassa ou cerâmicos.

2 METODOLOGIA

Para o alcance dos objetivos propostos, a pesquisa de campo foi estruturada, considerando um perfil básico para o edifício a ser investigado, as definições sobre a amostragem, os critérios de seleção para os edifícios e a forma de obtenção de dados e informações, conforme descritos a seguir.

2.1 Perfil básico para o edifício

Estabeleceu-se como perfil básico para o edifício: altura de, no mínimo, 12 pavimentos⁴; estrutura reticulada de concreto armado moldado *in loco*; alvenarias de vedação em tijolos cerâmicos ou blocos cerâmicos furados, vazados de concreto simples e de concreto celular autoclavado; e revestimento externo em argamassa ou cerâmico.

¹ Neste trabalho a abertura máxima de uma fissura equivale à espessura de um fio de cabelo enquanto a trinca apresenta-se com abertura superior à fissura.

² Projeto de detalhamento (gráfico e escrito) do componente, elemento ou parte do edifício (SAHB, 2005).

³ Projeto que descreve as etapas construtivas para a produção do componente ou elemento do edifício (MELHADO, 1994).

⁴ Sahb (2005), considerando as recomendações e observações feitas por: Gomes e Neves (2003); *Centre Scientifique et Technique du Bâtiment* (CSTB, 1988 *apud* MEDEIROS, 1999); Costa e Vasconcellos Filho (2003); Coelho e Vasconcellos Filho (2003); e Melhado *et al.* (1995c *apud* MACIEL, 1997), estabeleceu o mínimo de 12 pavimentos, pressupondo, em princípio, que a partir desse número a ação do vento sobre o edifício torna-se um agravante, concorrendo diretamente para o surgimento de fissuras nos revestimentos externos, principalmente nas regiões de interface estrutura-alvenaria.

2.2 Amostragem

Do total de edifícios multipavimentos em construção na cidade de Goiânia no ano de 2004 apontado pela Associação das Empresas do Mercado Imobiliário de Goiás (ADEMI-GO), 112 enquadraram-se no perfil básico estabelecido, sendo construídos por 53 diferentes empresas construtoras. Dos 112 edifícios delimitou-se uma amostra representativa de 20 edifícios, equivalendo a 17,8% do total.

2.3 Critérios de seleção dos edifícios

Para a seleção dos 20 edifícios adotou-se que: todos seriam de diferentes construtoras, representando 37,7% de um total de 53 empresas; todos, no mínimo, deveriam estar na fase de construção da obra bruta, executando a estrutura e as alvenarias externas; 10 seriam entre as construtoras com mais de 2 edifícios, escolhendo-se o de maior número de pavimentos; 2 seriam aqueles com o maior número de pavimentos (mais altos); e o restante, mantidos os critérios anteriores, escolhidos de forma aleatória.

2.4 Obtenção de dados e informações

Os dados e as informações foram obtidos por: questionário, entrevistando o engenheiro responsável pela obra e o projetista da estrutura; observações detalhadas dos projetos utilizados na produção da estrutura, alvenarias e revestimentos externos; e vistorias no edifício acompanhadas pelo engenheiro responsável pela obra a fim de observar as execuções dos serviços e as possíveis presenças de trincas e fissuras nos componentes estruturais e nas paredes; sendo, nestas últimas, especificamente nas regiões da interface estrutura-alvenaria. Assim, na grande maioria dos edifícios a coleta estendeu-se por um período de até 120 dias, permitindo a total obtenção dos dados e informações necessárias à pesquisa.

3 RESULTADOS E ANÁLISES

Objetivando uma análise mais abrangente, os resultados são apresentados organizados por grupo de informações, sendo estruturados a partir das seguintes caracterizações:

- do edifício, considerando a finalidade de utilização e o número de pavimentos;
- da estrutura de concreto armado, considerando os projetos, os diagramas de deslocamentos, o ritmo de construção e os controles;
- da alvenaria, considerando o projeto e o processo construtivo;
- dos revestimentos externos, considerando o projeto e os procedimentos executivos;
- das fissuras e trincas presentes nos componentes estruturais e nas paredes.

3.1 Caracterização do edifício

3.1.1 Finalidade de utilização

A totalidade dos edifícios (100%) destinava-se à **habitação coletiva**.

3.1.2 Número de pavimentos

O número de pavimentos dos edifícios estava compreendido entre **13** e **32**, apresentando distribuição por faixas de pavimentos, conforme mostra a Figura 1.

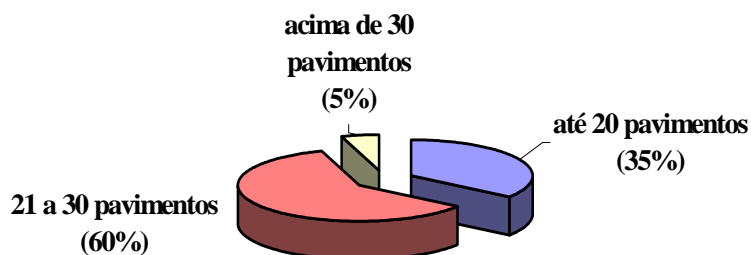


Figura 1 – Distribuição dos edifícios por número de pavimentos (SAHB, 2005).

3.2 Caracterização da estrutura de concreto armado

3.2.1 Projeto estrutural

3.2.1.1 Interação estrutura-alvenaria

Em relação ao grau de importância dado pelo projetista com vistas a uma adequada compatibilização entre estrutura e alvenaria, verificou-se que na grande maioria dos edifícios (95%) as alvenarias foram consideradas **somente como carga**, enquanto num único edifício (5%) foi considerada, **também, como contraventamento estrutural**.

Verificou-se, ainda, que no projeto estrutural da totalidade dos edifícios (100%) inexistiam quaisquer tipos de detalhes, informações ou recomendações técnicas relacionadas às ligações entre a estrutura e a alvenaria. Isto, possivelmente decorre da falta de uma visão mais abrangente e integrada do edifício, seja por parte do projetista da estrutura, seja da própria construtora, capaz de permitir uma adequada compatibilização entre a estrutura e a alvenaria a fim de garantir bom desempenho final às fachadas.

3.2.1.2 Especificações do concreto

a) Resistência característica à compressão (f_{ck}) e aos 28 dias de idade (f_{28})

No projeto de todos os edifícios (100%) era especificado o valor do f_{ck} previsto para os componentes estruturais, sendo para as vigas e as lajes, distribuídos conforme mostra a Figura 2.

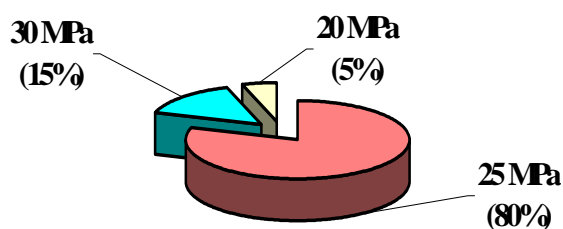


Figura 2 – Distribuição dos edifícios por valores de f_{ck} previstos para vigas e lajes (SAHB, 2005).

Com relação ao f_{28} , a grande maioria dos edifícios (80%) não constava em projeto qualquer valor, enquanto no restante deles (20%) constava o valor estabelecido pela equação 1.

$$f_{c28} = f_{ck} + 1,65 S_d \text{ (Equação 1)}$$

Onde:

S_d – Desvio-padrão da dosagem em MPa, conforme a NBR 12655 (ABNT, 1996).

De acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2003a), quando não se indica em projeto a idade do concreto, o valor do f_{ck} passa a ser considerado como aquele a ser alcançado aos 28 dias de idade.

b) Módulo de elasticidade (E_c)

Quanto ao módulo de elasticidade do concreto (E_c), verificou-se que somente em 40% dos edifícios o valor era especificado em projeto, ficando distribuídos conforme a Figura 3.

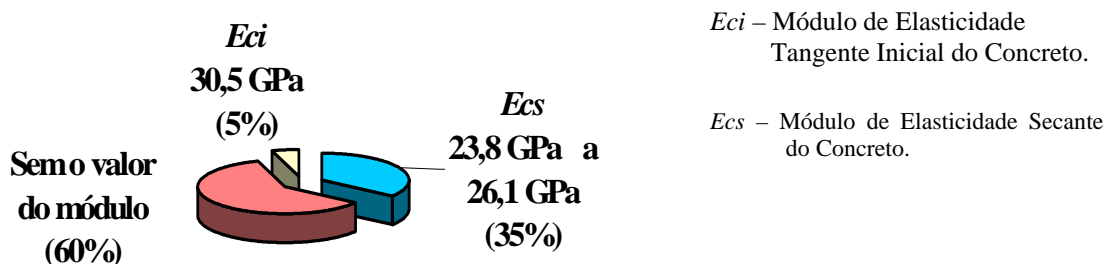


Figura 3 – Distribuição dos edifícios por valores de módulo de elasticidade para o concreto (SAHB, 2005).

Segundo a NBR 14931 (ABNT, 2003b) e a NBR 12655 (ABNT, 1996), os valores mínimos de resistência à compressão e do módulo de elasticidade do concreto para as datas de retirada dos escoramentos das fôrmas devem ser fornecidos pelo projetista a fim de que esta se dê de forma segura.

3.2.1.3 Diagramas de deslocamentos

Somente em **10%** dos edifícios os diagramas de deslocamentos dos componentes estruturais compunham o projeto de estrutura, sendo específicos para lajes nervuradas com enchimento de EPS. Na grande maioria dos edifícios (**90%**) não existiam e tampouco eram fornecidas quaisquer outras informações relativas aos deslocamentos dos componentes estruturais (flechas máximas em vigas e lajes) ou da estrutura como um todo (deslocamento horizontal no topo do edifício).

Cabe salientar que este resultado juntamente com a não especificação do módulo de elasticidade do concreto tem contribuído de forma significativa para muitos dos problemas observados nas paredes dos edifícios multipavimentos. Isto devido principalmente a falta de uma análise mais criteriosa sobre as implicações dos deslocamentos máximos dos componentes estruturais em relação às alvenarias e aos revestimentos, comprometendo os desempenhos destes últimos.

3.2.2 Ritmo de execução e prazos para a desforma e retirada dos escoramentos

Em grande parte dos edifícios uma laje do pavimento tipo (desde os gachos dos pilares até o acabamento da superfície) era produzida em até 10 dias, conforme a distribuição mostrada na Figura 4.

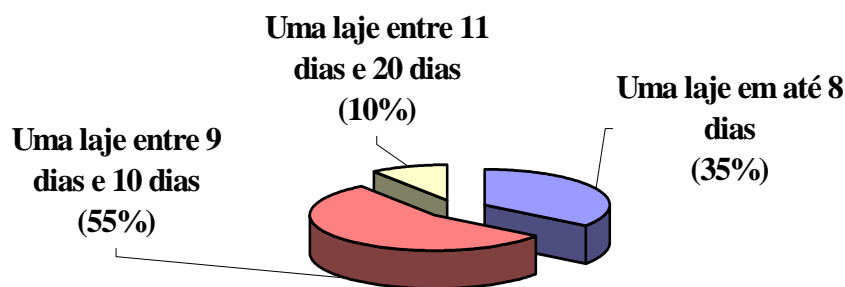


Figura 4 – Distribuição dos edifícios por ritmo de produção da estrutura (SAHB, 2005).

Quanto a retirada dos painéis laterais das vigas, verificou-se que acontecia em até 3 dias em **50%** dos edifícios, entre 4 dias e 5 dias em **20%** dos edifícios e aos 10 dias no restante dos edifícios (**30%**).

Com relação a retirada do fundo/escoramento das vigas e lajes, constatou-se que ocorria conforme a distribuição dos edifícios mostrada na Figura 5.

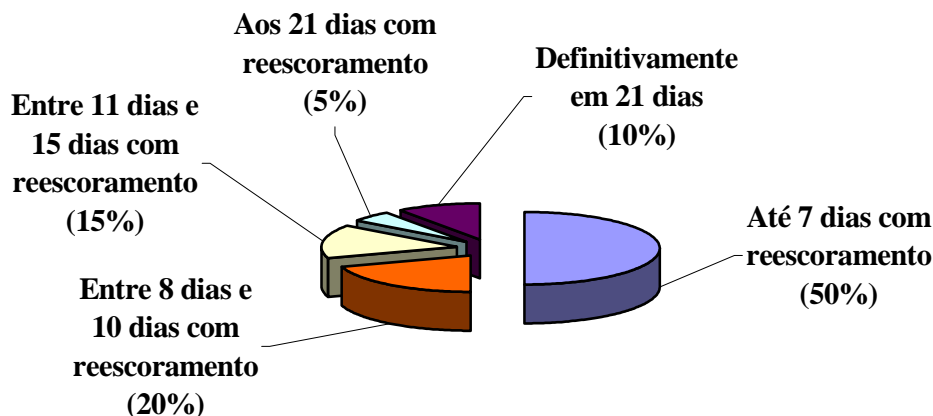


Figura 5 – Distribuição dos edifícios por prazo de desforma de vigas e lajes (SAHB, 2005).

Confrontando-se os resultados do ritmo de execução com os prazos utilizados na retirada dos fundos e escoramentos, verifica-se que a velocidade empreendida na construção, na verdade, objetivou apenas ganhos de produtividade, sem considerar o desempenho final da estrutura necessário ao atendimento das exigências dos usuários, como segurança e durabilidade. Isto fica mais evidente quando se considera a massiva utilização da prática do reescoramento nas vigas e nas lajes (**90% dos edifícios**), com o objetivo único de liberar rapidamente os painéis, vigamentos e escoras, sem no entanto considerar a condição prematura desses componentes estruturais serem submetidos a determinadas solicitações, sem que o concreto apresente valores mínimos de resistência, bem como valores satisfatórios de módulo de elasticidade.

3.2.3 Controles do concreto

O controle sistemático do abatimento do concreto fresco e da resistência à compressão do concreto endurecido era realizado em todos os edifícios (**100%**). No caso da resistência à compressão, em **35%** dos edifícios foram detectados valores inferiores ao f_{ck} , ficando, no entanto, estes restritos a um máximo de 5% do total de resultados obtidos durante a construção de toda a estrutura.

Já o controle do módulo de elasticidade do concreto, não era realizado de forma sistemática em **nenhum dos edifícios**, propiciando condições favoráveis, juntamente com a falta de especificação desta característica, para os deslocamentos excessivos e fissuração de alguns componentes estruturais. Cabe ressaltar que em **15%** dos edifícios havia um certo controle, onde, no entanto, foram detectados alguns valores inferiores ao especificado em projeto (numa obra atingiu até **20% a menos**).

3.2.4 Monitoramento dos deslocamentos e da fissuração

Em **nenhum dos edifícios** era realizado o monitoramento ou acompanhamento dos deslocamentos e das fissurações dos componentes estruturais ou da estrutura como um todo, seja a partir da retirada dos escoramentos, considerando a prática do reescoramento, escoramento residual ou do Escoramento de Permanência Prolongada (EPP), seja após alguns carregamentos, como alvenarias e contrapisos.

Esse resultado, somado às observações e análises feitas nos itens 3.2.1.3, 3.2.2, 3.2.3 e literal “b” do item 3.2.1.2 deste trabalho, praticamente reflete a grande dificuldade ainda existente entre os projetistas e os construtores de correlacionar o desempenho obtido com o desempenho esperado a fim de garantir o atendimento das exigências dos usuários, como segurança estrutural e durabilidade.

3.3 Caracterização das alvenarias

3.3.1 Projeto de alvenaria

Verificou-se que na totalidade dos edifícios (**100%**) inexistia o Projeto de Alvenaria. Entretanto, constatou-se que em **60%** dos edifícios essa inexistência era compensada pela utilização de uma planta de marcação das alvenarias do pavimento tipo associada às informações contidas no Projeto de Arquitetura e complementada pelos procedimentos de execução de serviços da construtora; no restante dos edifícios (**40%**), a compensação não contemplava tal planta de marcação, ficando a execução calcada somente nas informações do Projeto de Arquitetura e nos procedimentos de execução de serviços da própria construtora.

3.3.2 Ligações das alvenarias aos pilares

Nas ancoragens das alvenarias aos pilares, verificou-se que na metade dos edifícios (**50%**) não foi usado qualquer tipo de conector metálico, enquanto na outra metade (**50%**) foram utilizados tanto os ferros-cabelo fixados por pressão ou com adesivo epoxídico quanto as telas metálicas eletrosoldadas galvanizadas fixadas por pinos de aço.

Cabe destacar que nos edifícios onde se empregou ferro-cabelo tipo “U” fixado ao pilar com adesivo epoxídico, a presença de fissuras na interface pilar-alvenaria se fez mais amena do que nos demais. Isto provavelmente se deveu à própria forma de “U” do ferro, bem como a sua fixação rígida ao pilar, propiciando uma ancoragem superior aos demais tipos e aos que nada utilizaram.

3.3.3 Ligações das alvenarias às faces inferiores de vigas e lajes

Em **90%** dos edifícios a ligação das alvenarias às vigas e lajes foi pelo processo da **fixação** enquanto no restante (**10%**) foi utilizado o processo de **travamento**. A fixação foi executada com: argamassa fraca em 35% dos edifícios; a mesma argamassa usada na elevação da alvenaria em 35% dos edifícios; argamassa preparada em obra, contendo aditivos plastificantes e expansores em 15% dos edifícios; e argamassa estrutural auto-adensável (graute) em 5% dos edifícios. Já o travamento foi executado em 5% dos edifícios, usando tijolos maciços cerâmicos assentes inclinados com a mesma argamassa de assentamento usada na elevação da alvenaria (Figura 6); e em 5% dos edifícios com cunhas pré-moldadas de concreto simples (9 cm x 9 cm x 20 cm) assentes sob pressão (por meio de uma marreta) com a mesma argamassa usada para erguer a alvenaria (Figura 7).



Figura 6 – Travamento da alvenaria por meio de tijolos maciços cerâmicos assentes inclinados com argamassa de assentamento (SAHB, 2005).



Figura 7 – Travamento da alvenaria com cunhas pré-moldadas de concreto simples aplicadas com a mesma argamassa de assentamento (SAHB, 2005).

Além do processo, verificou-se que a ligação das alvenarias às vigas e lajes era executada: entre 7 e 30 dias após o respaldo da alvenaria no pavimento e, ao longo do edifício, de baixo para cima em **60%** dos edifícios; entre 7 e 28 dias após o respaldo das alvenarias de 3 pavimentos acima de um grupo de 4 pavimentos e de cima para baixo, dentro do grupo de 4, em **35%** dos edifícios; 7 dias após o respaldo da alvenaria do último pavimento e, ao longo do edifício, de cima para baixo em **único** edifício.

Mesmo considerando que o travamento utilizando cunhas pré-moldadas de concreto propiciou uma menor presença de fissuras na interface viga-alvenaria, devido à condição de grande deformabilidade e flexibilidade das estruturas dos edifícios pesquisados, não se pôde observar maiores diferenciações entre os desempenhos dos tipos de ligações, sendo quase todos, praticamente, inócuos para a prevenção de fissuras nas regiões da interface estrutura-alvenaria, seja nos revestimentos em argamassa ou nos revestimentos cerâmicos. No entanto, quando os prazos foram considerados de forma conjunta aos procedimentos executivos, verificou-se que aqueles que postergaram a execução por um maior período de dias, aguardando maior carregamento e, ainda, executados de cima para baixo ao longo do edifício ou dentro do grupo de pavimentos estabelecidos, apresentaram um menor quadro de fissuração (aberturas e número de fissuras) do que os demais.

3.4 Caracterização dos revestimentos externos

3.4.1 Projeto dos revestimentos externos

Verificou-se que na totalidade dos edifícios (**100%**) o projeto dos revestimentos externos inexistia, tendo sido, no entanto, observada uma **maior riqueza de detalhes e informações relacionadas às fachadas** no Projeto de Arquitetura de **20% deles**.

3.4.2 Procedimentos executivos para a interface estrutura-alvenaria

Verificou-se que a maioria dos edifícios (**95%** para viga-alvenaria e **75%** para pilar-alvenaria) utilizou

a tela metálica como reforço do revestimento de argamassa centralizada na região da interface estrutura-alvenaria, enquanto o restante (**5%** para viga-alvenaria e **25%** para pilar-alvenaria) não fez uso de nenhum tipo de reforço metálico. Dentre os tipos de telas metálicas utilizadas, a maioria dos edifícios (**60%** viga-alvenaria e **45%** pilar alvenaria) usou a esmaltada tipo “estuque” (Figura 8c) e o restante (**35%** viga-alvenaria e **25%** pilar-alvenaria) empregou a galvanizada entrelaçada hexagonal tipos “viveiro” (Figura 8b) e “pinteiro” (Figura 8a), sendo ambos os tipos fixados à base com a própria argamassa do emboço.

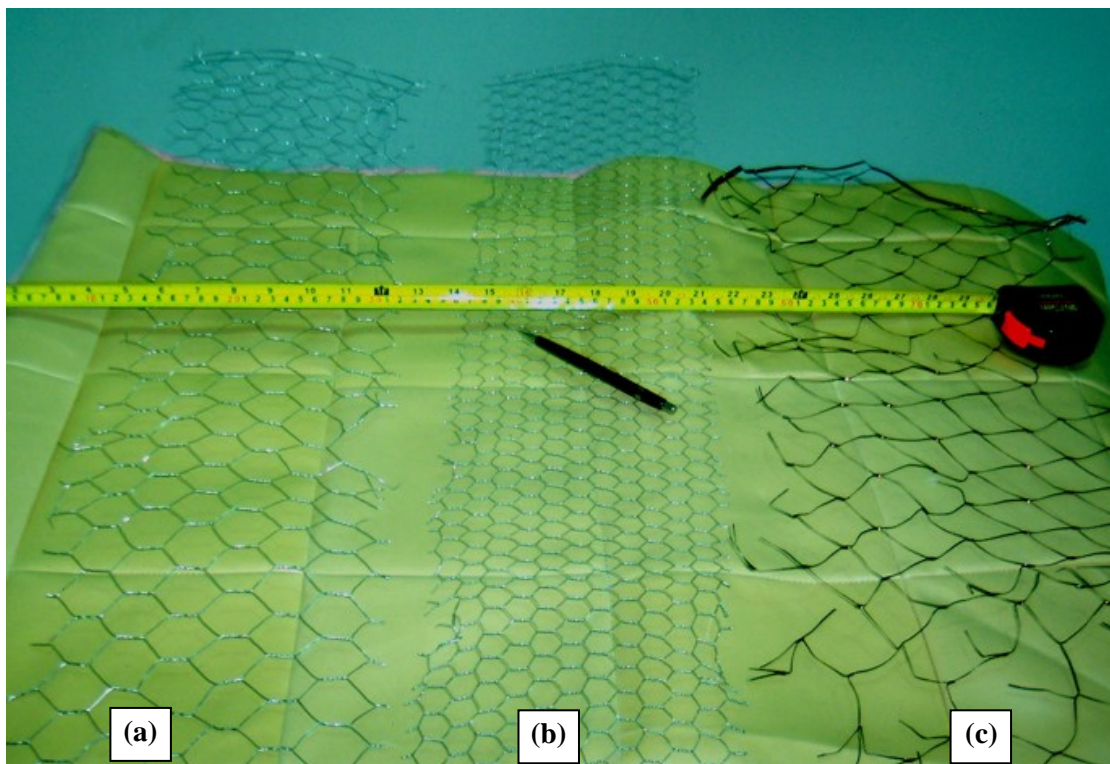


Figura 8 – Telas metálicas usadas como reforço: (a) galvanizada malha hexagonal de 25 mm (“pinteiro”); (b) galvanizada malha hexagonal de 12,5 mm (“viveiro”); (c) esmaltada preta (“estuque”) (SAHB, 2005).

Também devido às características de grande deformabilidade e flexibilidade das estruturas dos edifícios, o reforço com tela metálica não obteve um desempenho satisfatório, haja vista que:

- é recomendado para as regiões onde possam ocorrer movimentações diferenciais com tensões um pouco acima daquelas às quais o revestimento de argamassa pode suportar, sem se fissurar ou trincar; assim, deve ser considerado apenas como um complemento, auferindo à argamassa uma certa tenacidade e capacidade de absorção das deformações a que o revestimento normalmente está submetido; para tanto, é requerido da tela características estruturais (malha e forma/dimensão do fio metálico) compatíveis à função desempenhada, ou seja, não se alongar facilmente quando tracionada na direção transversal à sua colocação na região da interface e permitir total cobrimento pela argamassa que compõe o emboço;
- para que possa realmente cumprir com sua função, além de apresentar uma largura que permita um transpasse de 25 cm, a tela deve ser preparada previamente de modo que fique bem “esticada”; desse modo, cabe destacar o uso equivocado da tela de “estuque” pela grande maioria das construtoras, onde a própria dificuldade de “esticá-la” previamente, associada à falta de maior facilidade de manuseio durante sua fixação à base, denunciam sua grande inaptidão para tal, não permitindo cumprir com o que se espera de um reforço metálico.

Apesar disso, cabe ressaltar que naqueles edifícios onde se utilizou a tela metálica galvanizada malha hexagonal (tipo “viveiro”), a presença de fissuras e trincas na interface estrutura-alvenaria foi menor em relação àqueles que utilizaram outro tipo de tela ou nenhum tipo de reforço metálico.

3.5 Fissuras e trincas nos componentes estruturais e nas paredes

Na grande maioria dos edifícios (90%) foi detectada a presença sistemática de fissuras e trincas, tanto nas paredes quanto nos componentes estruturais, indicando algum tipo de movimentação estrutural, seja devida à atuação de carregamentos, seja devida à variações higrotérmicas (principalmente no caso das lajes de cobertura). Assim, foram observadas fissuras e trincas em vigas, lajes (Figura 9) e paredes; nestas últimas posicionadas na interface estrutura-alvenaria, conforme mostra a Figura 10.

É importante salientar que no restante dos edifícios (10%), em função da etapa construtiva em que se encontravam no momento da pesquisa (executando parte da estrutura e parte da alvenaria), não se detectou fissuras e trincas que indicassem possíveis movimentações estruturais. No entanto, devido à associação de vários fatores peculiares a todos os edifícios, considera-se inevitável que as fissuras e trincas devidas à movimentação estrutural ocorram no restante também, haja vista, principalmente:

- a analogia entre os modelos estruturais adotados, onde, além da esbelteza dos componentes estruturais (vigas de largura e altura reduzidas e lajes com pequenas espessuras, ambas vencendo grandes vãos) capaz de gerar uma menor rigidez à estrutura, são observadas muitas paredes descarregando diretamente sobre as lajes, muitas vigas descarregando em outras vigas e muitas lajes ou vigas avançando em balanço;
- os procedimentos executivos usados pela maioria das empresas para a construção da estrutura, destacando-se, principalmente a rapidez associada ao uso indevido do reescoramento e da falta de especificação e controle do módulo de elasticidade do concreto.

É importante ressaltar que no Brasil, há pelo menos três anos, as fissuras e as trincas estão cada vez mais visíveis e frequentes em edifícios multipavimentos, sendo estas diretamente associadas a uma maior falta de previsibilidade das deformações imediatas e lentas das atuais estruturas de concreto armado moldado *in loco* utilizadas neste tipo de edificação (ALERTA!..., 2005).



Figura 9 – Fissura devida à flecha excessiva numa laje maciça plana de um pavimento tipo do edifício (SAHB, 2005).



Figura 10 – Fissura na interface viga-alvenaria numa parede revestida causada pela flecha excessiva da viga de apoio (SAHB, 2005).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para uma maior prevenção à presença de fissuras e trincas na interface estrutura-alvenaria de edifícios multipavimentos são requeridas algumas mudanças comportamentais, tanto por parte de projetistas quanto por parte de construtores, destacando-se que:

- uma não-conformidade ou defeito⁵ deve ser entendido como uma possibilidade de melhoria, requerendo sua identificação, quantificação, análise e avaliação, sempre de forma sistemática, a fim de permitir intervenções que realmente previnam o problema;

⁵ Segundo a NBR ISO 9001 (ABNT, 2000), não-conformidade refere-se ao não atendimento de um requisito; já o defeito, diferente desta, relaciona-se ao não atendimento de um uso pretendido ou especificado.

- é fundamental a compatibilização entre os projetos de estrutura, alvenaria e revestimentos externos, bem como entre estes e o processo construtivo empregado na execução no edifício; para tanto, no projeto de estrutura devem estar contidas as informações relacionadas às estimativas de fissuração, deformação e deslocamento estrutural, bem como sobre as tensões que serão impostas às alvenarias e aos revestimentos a fim de subsidiar seus projetos;
- é imprescindível especificar e controlar rigorosamente o módulo de elasticidade do concreto, bem como monitorar as fissuras, deformações e deslocamentos dos componentes estruturais a fim de permitir análises e adequações à estrutura, tanto ainda no decorrer da obra quanto em futuros projetos semelhantes;
- deve-se controlar e monitorar as fissuras e trincas de destacamento entre estrutura e alvenaria logo após a elevação e fixação das alvenarias externas (por exemplo, pelo lado interno do edifício com pasta de gesso como “selo” na interface) antes da execução do revestimento interno, visando, principalmente avaliar o desempenho “parcial” obtido pelos procedimentos executivos empregados para a compatibilização entre esses elementos do edifício.

5 REFERÊNCIAS

ALERTA! Deformações excessivas. **Téchne**, São Paulo, ano 13, edição 97, p. 46-51, Abr. 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2003a.

_____. **NBR 12655**: Concreto – Preparo, controle e recebimento – Procedimento. Rio de Janeiro, 1996.

_____. **NBR 14931**: Execução de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2003b.

_____. **NBR ISO 9001**: Sistemas de gestão da qualidade – Requisitos. Rio de Janeiro, 2000.

COELHO, A. O.; VASCONCELLOS FILHO, A. de. Análise comparativa de modelos clássicos e evolutivos para o cálculo de pórticos planos de edifícios altos. In: IBERIAN LATIN – AMERICAN CONGRESS ON COMPUTATIONAL METHODS IN ENGINEERING, 24., 2003, Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto: UFOP, 2003. 1 CD-ROM.

COSTA, C. B.; VASCONCELLOS FILHO, A. de. Modelos planos versus modelo espacial na análise de edifícios de andares múltiplos sujeitos à ação de forças laterais. In: IBERIAN LATIN – AMERICAN CONGRESS ON COMPUTATIONAL METHODS IN ENGINEERING, 24., 2003, Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto: UFOP, 2003. 1 CD-ROM.

GOMES, A. de O.; NEVES, C. M. M. Projeto de execução do sistema de revestimento: uma contribuição prática. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 5., 2003, São Paulo. **Anais...** São Paulo: EPUSP-PCC/ANTAC, 2003. p. 95-110.

MACIEL, L. L. **O Projeto e a Tecnologia Construtiva na Produção dos Revestimentos de Argamassa de Fachada**. 1997. 372p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo, 1997.

MEDEIROS, J. S. **Tecnologia e Projeto de Revestimentos Cerâmicos de Fachadas de Edifícios**. 1999. 458p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo, 1999.

MELHADO, S. B. **Qualidade do Projeto na Construção de Edifícios**: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção. 1994. 294p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo, 1994.

SAHB, C. A. S. **Contribuição ao estudo da interface estrutura-alvenaria externa em edifícios verticais**. 2005. 418p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás, Escola de Engenharia Civil, Goiânia, 2005. Disponível em: <<http://moodle.cefetgo.br/>>.