



6 a 8 de outubro de 2010 - Canela RS

ENTAC 2010

XIII Encontro Nacional de Tecnologia
do Ambiente Construído

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA FISSURAÇÃO DE REVESTIMENTOS NA DURABILIDADE DE PILARES DE FACHADAS DE EDIFÍCIOS

**Turíbio J. da Silva (1); Dogmar A. de Souza Junior (2); João F. Dias (3); Gercindo
Ferreira (4)**

(1) Faculdade de Engenharia Civil – Universidade Federal de Uberlândia, Brasil – e-mail:
tjsilva@ufu.br

(2) Faculdade de Engenharia Civil – Universidade Federal de Uberlândia, Brasil – e-mail:
souzadogmar@feciv.ufu.br

(3) Faculdade de Engenharia Civil – Universidade Federal de Uberlândia, Brasil – e-mail:
jdias@ufu.br

(4) Faculdade de Engenharia Civil – Universidade Federal de Uberlândia, Brasil – e-mail:
gercindo@ufu.br

RESUMO

O revestimento de fachadas tem grande importância no desempenho global dos edifícios, não somente pelos aspectos, visual e estético, mas também pelos requisitos de durabilidade e eficiência destes. Devido às suas características, dentre elas, acabamento esteticamente atraente, os revestimentos argamassados de textura rugosa tipo “fulget” foi largamente aplicados em fachadas de edifícios. Devido a sua textura rugosa, percebe-se que facilita a deposição de pó e fuligem aumentando a capacidade de retenção de água de chuva ou de limpeza potencializando a agressividade no local. Com a idade, o revestimento pode fissurar e permitir a penetração de água que entra em contato com o concreto do pilar de fachada criando bolsões de umidade. Nota-se que edifícios relativamente novos, 20 a 30 anos, tem apresentado problemas em sua estrutura, como por exemplo, o descolamento do revestimento e a corrosão das armaduras em vigas e pilares externos. Tais problemas podem ser também resultado de falhas no sistema de revestimento, que não apresentou eficiência e durabilidade adequada para sua função. Diante deste quadro, existe a necessidade na compreensão detalhada destes problemas, suas causas e as possíveis ações corretivas. O objetivo deste trabalho é apresentar a análise de patologia em pilares externos de dois edifícios, geradas pela fissuração dos revestimentos, construídos em meados da década de 80, na cidade de Uberlândia-MG.

Palavras-chave: revestimento; corrosão de armaduras; pilares de concreto armado.

1 INTRODUÇÃO

De forma geral, os revestimentos têm como funções de colaborar no isolamento termo-acústico, vedar proporcionando conforto e higiene, regularizar a superfície melhorando a estética e, especificamente para os revestimentos externos, proteger as vedações verticais contra a ação de intempéries. No caso dos elementos estruturais externos, o revestimento também deve cumprir as mesmas funções. Portanto, é notório que a durabilidade das edificações depende diretamente do desempenho dos revestimentos externos, o que também tem interferência direta na qualidade e valorização do imóvel. Para atender estes requisitos, durante sua vida útil as argamassas devem apresentar níveis de desempenho acima do mínimo exigido, o que só é possível com diretrizes bem definidas que oriente a especificação dos revestimentos, a concepção dos detalhes construtivos, a definição da técnica construtiva e a elaboração da metodologia de manutenção.

Ou seja, a elaboração de um projeto de revestimento contemplando todas as fases acima é condição essencial para que os mesmos desempenhem suas funções satisfatoriamente. Contudo, o que se percebe é o aumento significativo de edificações com patologia associadas aos revestimentos. Neste sentido, diversos trabalhos têm sido desenvolvidos com o objetivo de compreender os mecanismos geradores desta patologia.

Para Kazmierczak, Brezezinski e Collatto (2007) a perda ou falta de aderência de argamassas de revestimento tem se acentuado, tornado tal problema uma preocupação constante para construtoras, pois aumenta o passível ambiental e diminui a vida útil dos revestimentos. Como causas deste problema elas apontam as condições de exposição que os revestimentos estão submetidos, decorrentes da pequena rigidez das edificações, da ação do vento em edifícios de grande altura e da diminuição excessiva dos prazos de execução.

A aderência entre a argamassa e a base é proporcionada pela ancoragem mecânica da argamassa nas reentrâncias e saliências macroscópicas da base, sendo influenciadas pelas características da base, da argamassa e pela técnica de aplicação. A influência das características da base na aderência tem sido estudada por muitos pesquisadores (ROSSIGNOLO e AGNESINI, 1999; OLIVEIRA E BAUER, 1999; CÂNDIA E FRANCO, 2000; CARASEK et al., 2001 e POSSAN et al., 2002).

Outros pesquisadores têm dedicado seus esforços no estudo das técnicas de execução dos revestimentos, como por exemplo, Esquivel et al. (2005) que estudaram a influência das técnicas de execução de acabamento superficial de emboço na aderência do revestimento cerâmico. Silva, Buest e Campiteli (2005) no estudo da influência do filler de areia britada de rocha calcária nas propriedades da argamassa de revestimento concluíram que sua utilização contribui para o aumento da resistência mecânica da argamassa, diminuição na formação das fissuras, do índice de vazios e da absorção do revestimento.

De forma simplificada, as conclusões de todos os estudos é que para cumprir suas funções satisfatoriamente, os revestimentos devem apresentar resistência mecânica à tração e compressão compatíveis com os esforços impostos, resistência à abrasão, a impactos e riscamentos, boa aderência à base e resistir às variações de temperatura.

Diante da importância técnica e econômica que os revestimentos possuem dentro da construção civil surgiu no mercado a argamassa industrializada. Neste nicho de mercado encontra-se o revestimento argamassado de textura rugosa tipo “fulget”. Devido às suas características, entre elas, acabamento esteticamente atraente, este vem sendo largamente aplicado em fachadas de edifícios. Porém, percebe-se que sua textura facilita a deposição de pó e fuligem aumentando a capacidade de retenção de água de chuva ou de limpeza potencializando a agressividade no local. Com a idade, o revestimento pode fissurar e permitir a penetração de água que entra em contato com o concreto do pilar de fachada criando bolsões de umidade.

Os edifícios que foram objeto de estudo são de porte médio, de 15 a 20 pavimentos, de alto padrão e executados pelo regime de contrato por administração, portanto, toda a técnica e materiais utilizados não sofreram nenhuma restrição financeira.

2 OBJETIVO

O foco deste trabalho é abordar a patologia em elementos estruturais com o revestimento de argamassa rígida com superfície rugosa. Tendo como base os resultados de inspeções e ensaios, o objetivo deste trabalho é discutir o diagnóstico e o mecanismo de manifestação patológica observada em pilares externos de dois edifícios, construídos em meados da década de 80, devidos a fissuração dos revestimentos.

3 METODOLOGIA

O estudo foi realizado em dois casos ocorridos em edifícios, na cidade de Uberlândia - MG, Brasil. Para a definição do diagnóstico, foi realizada uma inspeção visual acompanhada de documentação fotográfica dos problemas observados. Após a análise preliminar, foi realizada a recuperação do edifício. Nesta etapa, foram extraídas amostras do revestimento de um dos edifícios as quais foram submetidas a ensaios de flexão e de permeabilidade, no laboratório. O método empregado para o ensaio de permeabilidade foi o do cachimbo.

No ensaio de flexão, a placa sobre dois apoios foi submetida a uma carga central, aplicada com uma máquina universal modelo DL60000-EMIC. Foi utilizado o acessório de medição de deformações do próprio equipamento que tem precisão de 0,0001 mm. A carga foi medida com célula de carga de capacidade máxima de 10 kN. O objetivo deste ensaio foi mensurar a flexibilidade do material, mediante a relação força-deslocamento.

4 INSPEÇÃO VISUAL E RECUPERAÇÃO

4.1 Inspeção visual

Na inspeção visual dos pilares de fachada, detectou-se a existência de várias fissuras e destacamentos do concreto de cobrimento das armaduras (fotos da Figura 1 e Figura 2), as quais, quando expostas, apresentam sinais de processo de corrosão. Vale ressaltar que nestes pontos pode-se constatar por meio de ensaio a carbonatação do concreto.

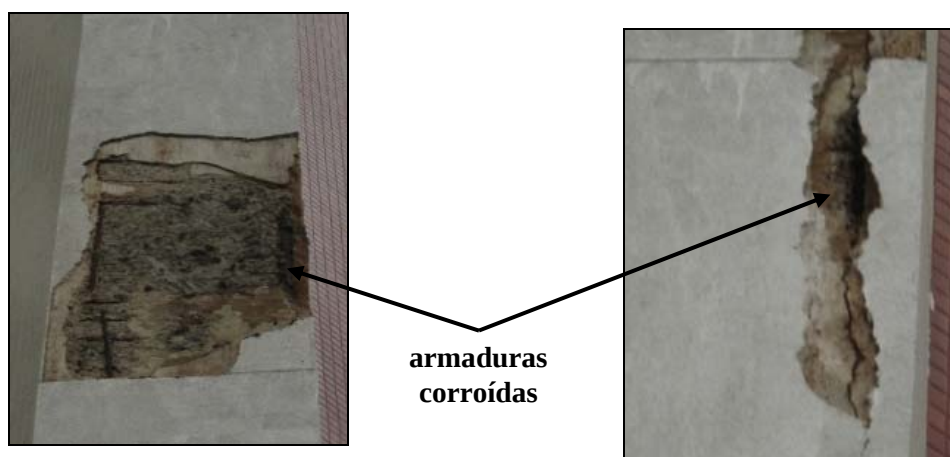


Figura 1 – Destacamentos e fissuras nos pilares da fachada (Edifício 2)

Para o edifício 1, em vários pilares o processo de corrosão encontra-se em estado avançado, sendo os mais críticos, os pilares P3 e P13 no pavimento térreo, como pode ser observado na Figura 2.

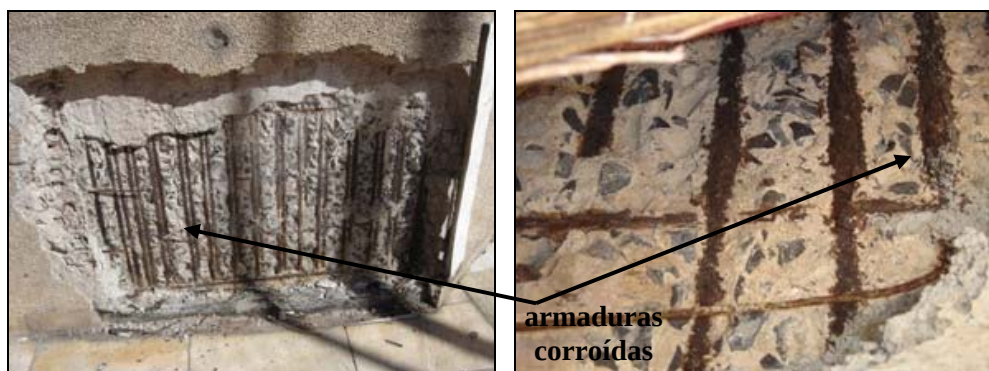


Figura 2 – Destacamentos e fissuras nos pilares P3 e P13 no pavimento térreo (Edifício 1)

Em outros pilares do pavimento térreo do edifício 1, o revestimento também já se encontrava fissurado (Figura 3).

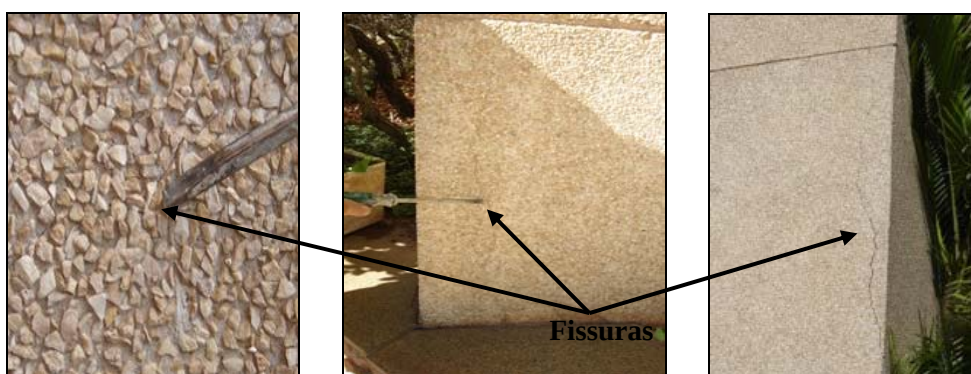


Figura 3 – Fissuras no revestimento dos pilares do edifício 1

As fissuras podem indicar a existência de um processo expansivo dos produtos de corrosão das armaduras com posterior ruptura do cobrimento de concreto ou simplesmente o descolamento do revestimento, conforme foi verificado em alguns pontos (Figura 4).

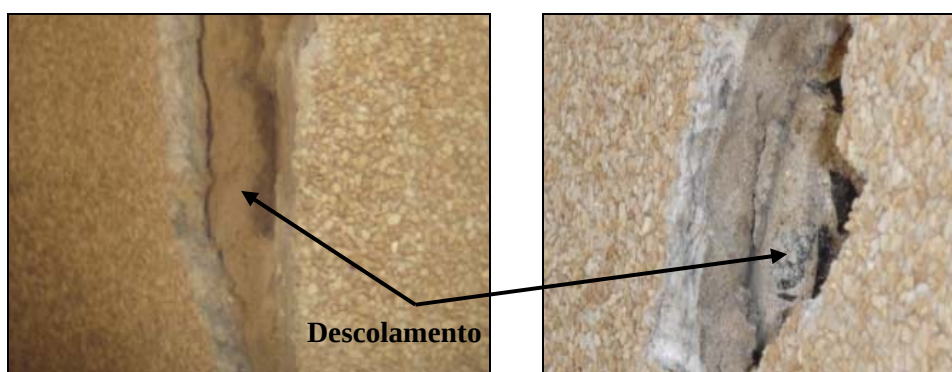


Figura 4 – Revestimento descolado dos pilares do edifício 1

Como podem ser observados na Figura 5, os pilares do edifício 2 também apresentavam o revestimento fissurado, embora alguns já tivessem passado por um processo de recuperação por meio da aplicação de massa de vedação. Analogamente ao edifício 1, as fissuras podem indicar a existência de um processo expansivo dos produtos de corrosão das armaduras com posterior ruptura do cobrimento de concreto ou simplesmente o descolamento do revestimento.



Figura 5 – Fissuras abertas e outras calafetadas no revestimento do edifício 2

Devido a impossibilidade de verificação de aderência nos níveis mais elevados dos dois edifícios, foi realizado o teste a percussão com martelo em pontos até três metros de altura, os quais indicaram que, mesmo em pontos que não apresentavam fissuras, o revestimento encontrava-se parcialmente solto, ou seja, com som cavo. Em alguns pontos onde não houve a aplicação de produtos para vedação, a trinca sugere a iminência de destacamento. A Figura 6 e a Figura 7 mostram a existência de fissuras e trincas em níveis mais elevados de pilares dos edifícios 1 e 2, respectivamente.



Figura 6 – Fissuras e destacamento no revestimento dos pilares nos níveis superiores (Edifício 1)

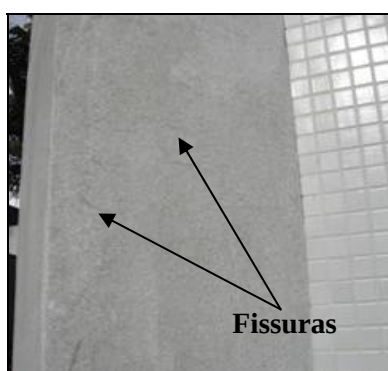


Figura 7 – Fissuras distribuídas na superfície dos pilares do edifício 2

4.2 Observações do processo de recuperação

Posteriormente a análise realizada com base à inspeção visual, foram definidos os procedimentos para recuperação dos pilares e do revestimento. Os proprietários decidiram retirar o revestimento dos pilares e executar um novo revestimento com outro tipo de material. A decisão teve por base as observações durante o processo de retirada parcial do revestimento que indicaram que nos pontos em que o revestimento estava fissurado, havia o destacamento do concreto de cobrimento das armaduras, as quais se encontravam em processo de corrosão, conforme Figura 8.

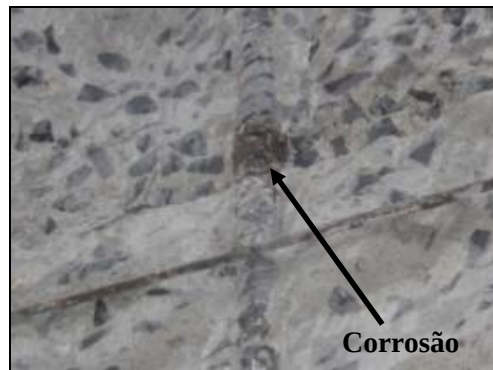


Figura 8 – Pontos de corrosão das armaduras nas posições de fissuras do revestimento do edifício 2

Constatou-se que o problema era sistemático e diversos pontos dos pilares apresentavam o mesmo problema, conforme poder ser visto pela foto da figura 9.

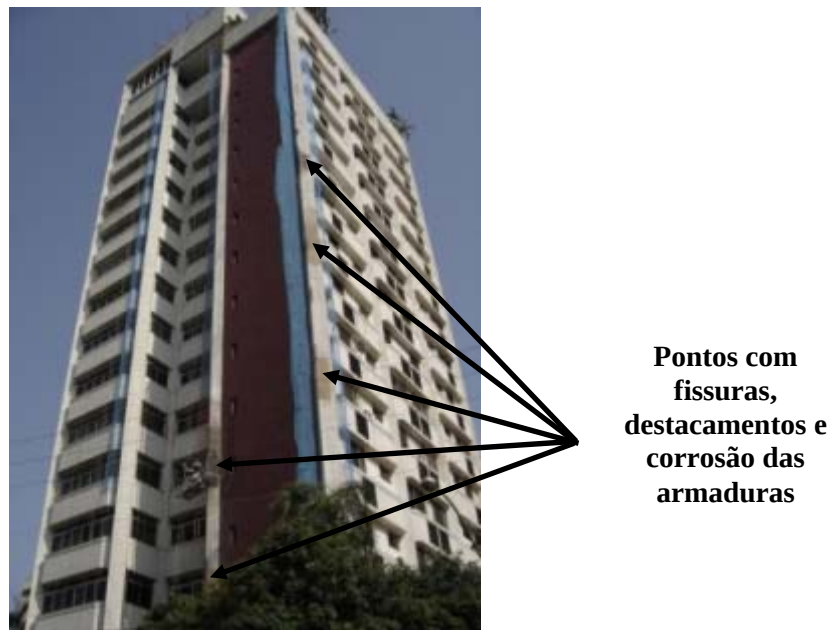


Figura 9 – Trechos com destacamentos do revestimento devido à corrosão das armaduras nas posições de fissuras do edifício 2

Também foi verificado que vários pilares tiveram uma argamassa de enchimento para corrigir desaprumos (Figura 10). Nestes pilares, nas faces com o enchimento, as armaduras não apresentaram corrosão, porém, na face sem enchimento, as barras estavam em processo de corrosão.



Figura 10 – Diferentes enchimentos e processo de corrosão no pilar do edifício 2

4.3 Ensaios e Resultados

4.3.1 Ensaios de permeabilidade

A ocorrência de manifestações patológicas em edificações pode ser decorrente das fases de planejamento, uso e manutenção. Conhecendo exatamente esta patologia, podem-se descobrir suas causas e apresentar soluções, seja para correção do problema já existente ou em uma etapa anterior. Neste sentido, foi realizado um estudo de permeabilidade em amostras do revestimento do tipo “fulget” retiradas do edifício 2, descrito anteriormente.

O ensaio foi realizado em 4 amostras de revestimento do tipo “fulget”. Num primeiro momento, com o auxílio de uma cera, fixou-se o cachimbo na face externa de cada amostra e procedeu-se o ensaio. Os resultados obtidos são apresentados na Figura 11.

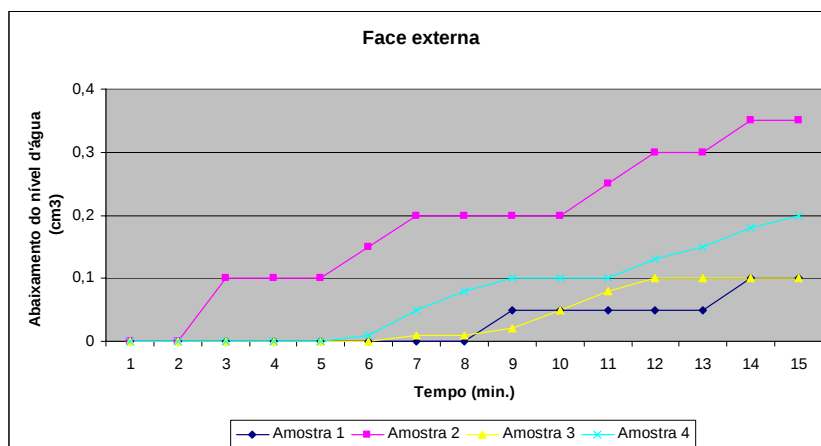


Figura 11 – Resultados obtidos no ensaio de permeabilidade na face externa do revestimento

Os resultados apresentados na Figura 11 mostram que o revestimento apresentou valores de absorção entre 0,10 e 0,35 cm^3 para o tempo de 15 minutos. A amostra 2 teve o maior valor de absorção (0,023 cm^3/min), o que é baixo se comparado com revestimentos de argamassa mista (SCARTEZINI et al., 2002). Na inspeção visual nota-se que a face externa é protegida por uma pintura de resina, a qual pela fragilidade do revestimento pode ser danificada pelo processo de fissuração do mesmo. Diante deste quadro, foi realizado ensaios de permeabilidade na face interna de cada amostra, ou seja, a face que estava em contato com o substrato.

A Figura 12 ilustra os resultados obtidos para a absorção do revestimento na face interna. Nota-se que nesta situação a índice de absorção do revestimento é substancialmente maior, como era já esperado, pois nesta face o revestimento não apresenta a camada protetora proveniente da pintura com resina. Outro aspecto que pode ser constatado é a alta variabilidade apresentada por estes resultados. Por

exemplo, para o intervalo de tempo de 15 minutos, a absorção final variou de 0,20 cm³ para a amostra 3 a 1,70 cm³ para a amostra 2. A amostra 2 apresentou absorção de 0,11 cm³/min, a maior dentre as amostras, valor que é compatível com revestimentos de argamassa mista. No estudo realizado por Scartezini et al. (2002), os valores de absorção foram de 0,12 a 0,20 cm³/min dependendo do tipo de preparo do substrato.

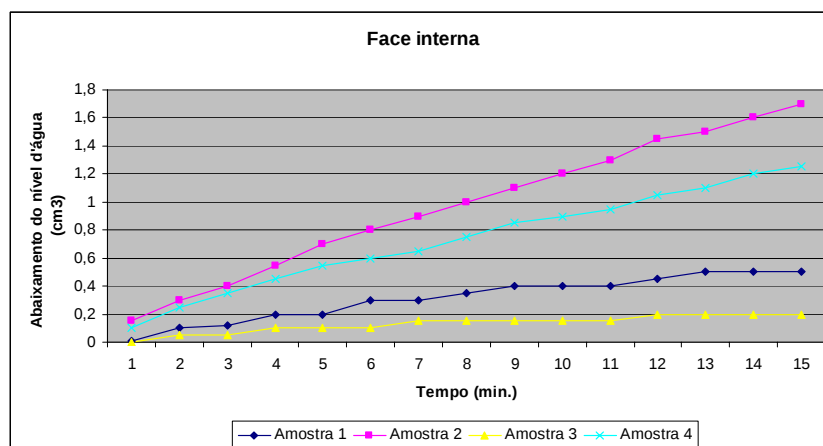


Figura 12 – Resultados obtidos no ensaio de permeabilidade na face externa do revestimento

Comparando os resultados obtidos para absorção na face interna e na face externa, para o tempo final de 15 minutos, a diferença é alta, chegando a ultrapassar 500% para a amostra 4.

4.3.2 Ensaios de flexão

O ensaio de flexão foi realizado em 3 placas recortadas das mesmas amostras utilizadas nos ensaios de permeabilidade após secagem ao ar. Devido à pequena quantidade disponível de material e a sua dureza, não foi possível recortar as amostras com precisão. Por isso, decidiu-se retirar 4 medidas de cada dimensão das peças e empregar nos cálculos os valores médios da espessura e da largura. A Tabela 1 apresenta as dimensões determinadas para cada placa.

Tabela 1 – Dimensões das amostras utilizadas no ensaio de flexão

Placa 1		Placa 2		Placa 3	
Espessura (mm)	Largura (mm)	Espessura (mm)	Largura (mm)	Espessura (mm)	Largura (mm)
13,85	37,80	13,75	40,75	14,40	50,00
14,90	34,90	13,15	42,30	14,10	42,40
15,00	38,15	13,30	41,45	13,70	43,65
13,70	37,60	13,40	43,85	13,35	50,00
Média = 14,36	Média = 37,11	Média = 13,40	Média = 42,09	Média = 13,89	Média = 46,51

Além das dimensões indicadas na Tabela 1, as placas tinham comprimento de 170 mm e foram bi-apoiada com distância entre apoios de 140 mm. A força foi aplicada no meio do vão. Devido às diferenças de espessura e largura médias entre as placas foi feita a normalização dos resultados. Com isto, foi possível construir os gráficos das curvas força *versus* deslocamento apresentadas na Figura 13. Apesar disto, as placas apresentaram diferenças significativas na tensão última de ruptura que foi de 2,44 MPa, 4,40 MPa e 5,94 MPa para as placas 1, 2 e 3, respectivamente. Considerando um trecho intermediário para cada curva força *versus* deslocamento e admitindo um comportamento elástico linear para o material, determinou-se o módulo de elasticidade médio para cada placa. Os valores

obtidos para o módulo de elasticidade foram 9334 MPa, 8751 MPa e 4464 MPa para as placas 1, 2 e 3, respectivamente. Segundo Veiga (2003), argamassas para revestimento externo devem possuir módulo de elasticidade entre 2000 e 5000 MPa, portanto, os resultados obtidos em pelo menos duas placas (1 e 2) sugerem que o revestimento possui uma rigidez acima da ideal. É importante ressaltar que estes resultados não são suficientes para caracterizar o revestimento, eles apenas fornecem um indicativo sobre o comportamento do material.

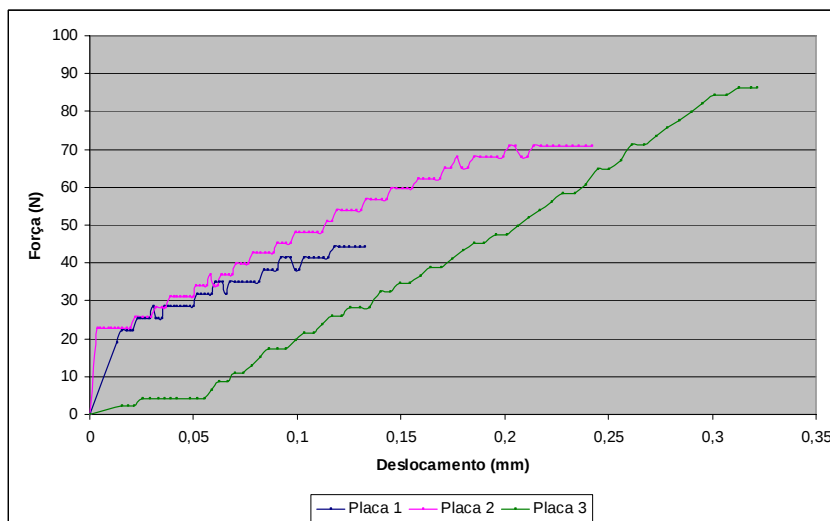


Figura 13 – Gráfico Força versus deslocamento normalizado

5 CONCLUSÕES

No caso dos pilares de fachada, o revestimento produziu inicialmente a proteção, mas devido a sua característica de pouca elasticidade, ele fissurou em vários pontos, permitindo a penetração da água da chuva que formou pequenos depósitos entre o revestimento e o concreto do pilar. Após vários ciclos de molhagem e secagem e a carbonatação do concreto na camada de cobrimento do aço, houve a corrosão das armaduras e, com o aumento do volume dos óxidos e hidróxidos de ferro, houve a ruptura do concreto de cobrimento e do revestimento.

Os indícios da patologia apresentada direcionam para a existência deste mecanismo como acelerador da corrosão. Nos pontos onde houve os destacamentos, verificou-se que a espessura do cobrimento de concreto das armaduras é inferior ao recomendado pela norma vigente na época da construção. Esta falha permitiu que o concreto de cobrimento das armaduras fosse carbonatado rapidamente dando início à corrosão das armaduras.

Os ensaios de permeabilidade mostram que a face externa (com pintura de resina) do revestimento do tipo “fulget” apresenta um índice de absorção baixo, entretanto, a absorção do material aumenta substancialmente quando medida na face interna, onde não há a aplicação da camada de resina. Sendo um material frágil, as solicitações geradas pela variação térmica podem provocar fissuras, ou seja, pontos de vulnerabilidade por onde a água pode penetrar e criar bolsões de umidade. A presença de água no interior do revestimento “fulget” tende a percolar até o substrato contribuindo com outros fatores, como as solicitações mecânicas e variações de temperatura, para o destacamento do revestimento. Neste processo, a armadura ficou cada vez mais suscetível ao processo de corrosão pelo contato com a água.

Por último, cabe salientar que a maioria das fissuras é de pequena abertura, o que torna difícil ser notada pelos moradores ou administradores. O problema se torna visível somente em estágio avançado, daí, pode-se sugerir que periodicamente sejam aplicados produtos impermeabilizantes com poder de vedação de fissuras, nos elementos estruturais externos com este tipo de revestimento.

6 REFERÊNCIAS

- CÂNDIA, M.C. e FRANCO, L.S. Avaliação do tipo de preparo de base nas características superficiais do substrato e dos revestimentos de argamassa. In: Simpósio Nacional de Tecnologia da Construção, 8., 2000, **Anais...** São Paulo, EPUSP. 2000.
- CARASEK, H.; CASCUDO, O. e SCARTEZINI, L.M.B. Importância dos materiais na aderência dos revestimentos de argamassa. In: Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, 4., 2001, **Anais...** Brasília, ANTAC, 2001. p. 43-67.
- ESQUIVEL, J. F. T.; RIBEIRO, F. A.; BARROS, M. M. S. B.; SABBATINI, F. H. Avaliação da influência das condições de execução do emboço na resistência de aderência do revestimento cerâmico. In: Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas, 6., 2005, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, I International Symposium on Mortars Technology, 2005.
- KAZMIERCZAK, C. S.; BREZEZINSKI, D. E.; COLLATTO, D. Influência das características da base na resistência de aderência à tração e na distribuição de poros de uma argamassa. **Estudos Tecnológicos**, v. 3, n. 1, p. 47-58, jan./jun. 2007.
- OLIVEIRA, J.A.C. e BAUER, E. Estudo da capacidade de deformação/fissuração de sistemas de revestimento modificados com polímeros base Látex. In: CONPAT, 5., 1999, **Anais...** Montevideo, CONPAT, 1999. p. 195-204.
- POSSAN, E.; GAVA, G.P. e PETRAUSKI, S.M.F.C. Estudo comparativo do desempenho de argamassas de revestimento produzidas em obra e industrializadas em diferentes substratos. In: ENTAC - Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 9., 2002. **Anais...** Foz do Iguaçu, ANTAC, 2002. p. 1241-1250.
- ROSSIGNOLO, J. A.; AGNESINI, M.V.C. Propriedades da argamassa de cimento Portland modificada com látex estireno-butadieno para revestimento de fachadas: Estudo de caso. In: Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas, 3., 1999, Vitória. **Anais...** Vitória, ANTAC, 1999. p. 267-279.
- SCARTEZINI, L. M.; JUCÁ, T. R.; LINHARES, H.; TEIXEIRA, F.; ANTONELLI, G.; CASCUDO, O.; CARASEK, H. Influência do preparo da base na aderência e na permeabilidade à água dos revestimentos de argamassa. **Ambiente Construído**, v. 2, n. 2, p. 85-92, abr./jun. 2002.
- SILVA, N. G.; BUEST, G.; CAMPITELI, V. C. A influência do filler de areia britada de rocha calcária nas propriedades da argamassa de revestimento. In: Seminário – O uso da fração fina da britagem, 2., 2005, São Paulo. **Anais...** São Paulo, SUFFIB, 2005.
- VEIGA, M. R. Argamassa para revestimento de paredes de edifícios antigos. Características e campo de aplicação de algumas formulações correntes. In: Encontro sobre Conservação e Reabilitação de Edifícios, 3., 2003, Lisboa. **Anais...** Lisboa, ENCORE, 2003.