Anais do Congresso Brasileiro de Patologia das Construções
CBPAT2016

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

DEGRADAÇÃO DE FACHADAS COM REVESTIMENTO CERÂMICO DE EDIFÍCOS DE BRASÍLIA-DF

ELTON. BAUER
Professor de Ensino Superior
Universidade de Brasília
Distrito Federal; Brasil
elbauerlem@gmail.com

MARIA DE NAZARÉ. SILVA
Professora de Ensino Superior
Universidade Federal de Roraima
Roraima; Brasil
nazabsilva@gmail.com

RESUMO

Este trabalho apresenta um estudo quantitativo da influência de diferentes tipos de danos, da idade e orientação das fachadas no processo de degradação que culmina na perda de capacidade resistente e vida útil das fachadas com acabamento em revestimento cerâmico de edifícios de Brasília-DF. A metodologia consiste no mapeamento e quantificação de danos em 90 amostras de fachadas de edifícios. Para este estudo foram consideradas as manifestações patológicas de descolamento cerâmico, fissuras, falhas de rejunte, eflorescências e falhas de vedação. Os resultados mostraram que os tipos de danos que mais influenciam os processos de degradação de fachadas com revestimento cerâmico foram os descolamentos cerâmicos e as fissuras. Os resultados também mostraram a evolução da degradação em função do aumento da idade das amostras de fachadas, além da influência preponderante das orientações oeste e norte das amostras analisadas na taxa de velocidade da degradação das fachadas.
Palavras-chave: fachadas, revestimento cerâmico, degradação, vida útil.

ABSTRACT

This paper presents a quantitative study of the influence of different types of damages, age and direction of facades in the degradation process culminating in tile ceramic loss of collapse-resisting capacity and service life of buildings in Brasilia-DF. The methodology consists of mapping and quantifying damages in 90 building facade samples. For the purpose of this study, structural damages such as tile detachment, cracks, tile grout wear, efflorescence and sealing issues were considered. Results showed that the damage types that most influence tile ceramic degradation are cracks and ceramic detachment. Results have also show degradation evolution as a function of aging in the facade samples, in addition to a prevailing influence of directions west and north in the analyzed samples on facade degradation speed rate.
Keywords: facades, tile ceramic, degradation, service life.

1. INTRODUÇÃO

As ocorrências de patologias em fachadas de edifícios que surgem com frequência elevada não somente em Brasília, bem como em todo o Brasil reflete a necessidade de questionamentos acerca da durabilidade das construções de edifícios. A eficiência e durabilidade das novas construções seguem na contramão da evolução das tecnologias construtivas. Neste sentido, questiona-se a aplicabilidade dessas inovações tecnológicas, dos novos materiais e práticas construtivas que surgem no mercado com o conceito hipotético de aumento do desempenho, da durabilidade e vida útil dos edifícios e suas partes componentes.

As propriedades de resistência, proteção e durabilidade dos sistemas de revestimentos cerâmicos são características essenciais para a sua utilização como acabamentos de fachadas. Contudo, as fachadas, em geral, apresentam elevada incidência de manifestações patológicas quando comparado com outros elementos do edifício [1]. As patologias são inerente a toda matéria, porém, busca-se incessantemente minimizar ou prolongar a sua ocorrência. Para tanto, torna-se imprescindível o estudo dos problemas patológicos observados nos edifícios, mais precisamente, neste estudo, direcionado para os fenômenos patológicos das fachadas.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

Os sistemas de revestimentos cerâmicos de fachadas são compostos por camadas de materiais diferentes (argamassa de assentamento, rejunte e placas cerâmicas) e, por se constituir na primeira envoltória de proteção do edifício, os mesmos ficam expostos a diversos tipos de agentes de degradação como chuvas, ventos, insolações, agentes biológicos e poluentes atmosféricos [2][3][4].

Cabe ressaltar que os agentes intervenientes de degradação podem ainda atuar de maneira combinada, gerando solicitações e mecanismos de degradação com características bastante diferenciadas, culminando em um processo de deterioração com perda de capacidade de proteção, resistência, qualidade, desempenho e vida útil mais evidente no sistema de revestimento cerâmico que em outros elementos que compõem o edifício, implicando em elevados custos de manutenção, alteração da degradação meramente visual para danos físicos reais da fachada, além de perda de função e durabilidade [5][6].

Os agentes de degradação como a chuva dirigida, ou seja, a ação simultânea da chuva e vento incidindo sobre a parede externa, favorece o surgimento de patologias, como fissuras de retração, deficiência de aderência, fungos e bolor [7]. Da mesma maneira, o choque térmico, ou seja, a variação brusca de temperatura provocada pela ação combinada da chuva de verão repentina sobre uma fachada com carga térmica elevada gera uma movimentação térmica diferenciada nos diferentes materiais e componentes da fachada [8][9]. Os agentes de degradação afetam os materiais ou componentes de uma edificação, provocando alterações nos materiais reduzindo seu desempenho [4].

A vida útil dos edifícios depende do comportamento diferenciado das propriedades dos elementos e de seus componentes, além da interação dos mesmos ao longo do tempo [10]. Neste sentido, para garantir a vida útil de um edifício, o desempenho do revestimento deve ser mantido acima dos níveis mínimos exigíveis pelas normas [11].

Neste sentido, para estabelecer novos rumos para pesquisas sobre o comportamento da degradação e mensuração da vida útil das fachadas a normatização deve ser ampliada não somente para um elemento, mas para todos os componentes do edifício, estabelecendo um nível de desempenho mínimo ao longo da vida útil dos elementos principais (estrutura, vedações, instalações elétricas, instalações hidrossanitárias, pisos, fachada e cobertura) para todos os edifícios habitacionais [12].

A mensuração da degradação das fachadas por intermédio de modelos de cálculos permite determinar a curva de evolução da degradação e estabelecer o limite último de desempenho das fachadas de maneira a promover o melhor gerenciamento das manifestações patológicas e garantir o desempenho e a vida útil das fachadas.

Diversos estudos tem demonstrado que as patologias nas fachadas dos edifícios de Brasília ocorrem em edifícios nas mais diferentes idades, desde fachadas que apresentam idades acima de 40 anos, bem como em idades inferiores a 10 anos, idade essa considerada precoce para a ocorrência de fenômenos patológicos [13].

Este estudo aborda uma avaliação quantitativa das manifestações patológicas de descolamentos de placas cerâmicas, falhas de rejuntes, fissuras, eflorescências e falhas de vedações observadas em 90 amostras de fachadas de edifícios de Brasília. Os edifícios analisados possuem diferentes idades, variando de 5 a 36 anos. A área total de amostras consideradas para este estudo é de 28.383,00 m². Os dados amostrais das manifestações patológicas observadas nas fachadas foram obtidos conforme metodologia de inspeção desenvolvida no Laboratório de Ensaio de Materiais da Universidade de Brasília (LEM-UnB). A mensuração das degradações se baseia em uma ferramenta metodológica que visa avaliar e quantificar detalhadamente os danos nas fachadas através de sua extensão e custo de reparação dos danos [2][14][15].

2. METODOLOGIA PARA O ESTUDO DAS DEGRADAÇÕES DAS FACHADAS

2.1 Levantamento e mapeamento das patologias em fachadas com revestimento cerâmico

A metodologia deste estudo consiste inicialmente no levantamento das amostras de fachadas de edifícios de Brasília-DF efetuadas por intermédio de vistorias *in loco* realizadas por uma equipe de especialistas do Laboratório de Ensaios de Materiais (LEM) da Universidade de Brasília. Esse levantamento permite classificar e identificar as amostras dos edifícios inspecionados (Figura 1) e, posteriormente, localizar as manifestações patológicas visíveis (descolamentos, falhas de rejuntes, fissuras, eflorescências e falhas de vedações) nas fachadas.



Figura 1: Amostra de fachadas dos edifícios de Brasília-DF

O levantamento das manifestações patológicas em edifícios segue uma metodologia desenvolvida e aplicada por especialistas do LEM-UnB que permite diagnosticar as patologias observadas nas fachadas dos edifícios em Brasília [16][17][18]. A degradação das fachadas é mensurada em função de sua extensão e gravidade da ocorrência dos danos.

A metodologia desta pesquisa consiste, após o levantamento das amostras, nas etapas de identificação, classificação, mapeamento, quantificação e mensuração das manifestações patológicas que ocorrem com maior frequência em fachadas com revestimento cerâmico de edifícios de Brasília.

O mapeamento dos dados amostrais das manifestações patológicas obtidas a partir de levantamento fotográfico é efetuado por intermédio de uma representação gráfica da amostra de fachada (Figura 2), ou seja, por meio de desenho representativo da mesma, com detalhamento de todas as ocorrências de manifestações patológicas [18][19][20].

A quantificação das manifestações patológicas é obtida por intermédio de uma malha sobreposta ao mapeamento que permite efetuar a contagem dos danos observados sobre as amostras de fachadas (Figura 2). Cada malha equivale a uma área de dano equivalente a 0,25 m². Esse processo permite uma contagem simples e isomorfa de todas as amostras de fachadas.

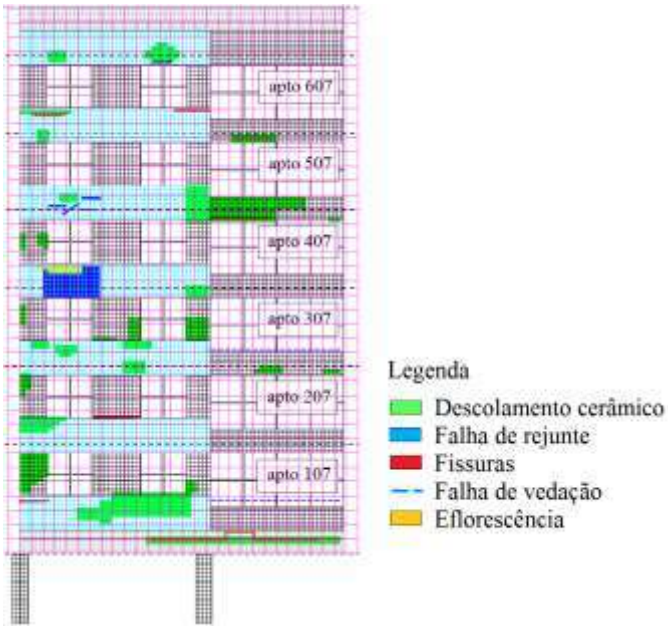


Figura 2: Modelo de mapeamento de danos e sobreposição de malha nas amostras de fachadas.

2.2 Mensuração da degradação das fachadas – Fator de Danos Combinado (FDC)

A metodologia de mensuração da degradação desenvolvida neste estudo é efetuada por intermédio do fator de danos combinado (FDC) [15]. Este modelo de cálculo do estado de degradação das fachadas se baseia em uma reformulação e adaptação de estudos acerca dos mecanismos, processos e quantificação das manifestações patológicas, dentre os quais se destaca o método fatorial [6].

O FDC foi analisado de maneira particlularizada em função da influência de dois tipos de manifestações patológicas (descolamento cerâmico e fissuras), da idade e ainda da influência da orientação solar incidente sobre as amostras de fachadas. A avaliação do FDC consiste em estabelecer elementos que permitem verificar a sensibilidade deste modelo de cálculo na mensuração dos diferentes estágios de degradação das fachadas dos edifícios.

Uma vez que as anomalias que afetam as fachadas são diferentes (descolamento de placas cerâmicas, falha de rejunte, fissuras, eflorescências e falha de vedação), as mesmas ocorrem devido a fatores também diferenciados, portanto, essas anomalias precisam ser analisadas também por meio de sua importância relativa no processo de degradação das fachadas. Neste sentido, o Fator de Danos Combinado (FDC) se constitui em um modelo de cáculo relativo dos danos que afetam as fachadas dos edifícios. Para tanto, atribui-se um peso de importância relativa ao Fator de Danos (FD) que permite ajustar a ocorrência dos danos por intermpedio do custo de reparo dos diferentes tipos de danos observados nas fachadas (1). Na Tabela 1 são apresentados os valores dos fatores de ponderação de custo ($k_{c,i}$) referentes à cada diferente tipo de manifestação patológica.

$$FDC = \sum_{1}^{n}\left(\frac{A_{d,i}}{A} \times k_{c,i} \times 100\right) \quad (1)$$

Onde:
FDC – Fator de Dano Combinado (%);
n – Quantidade de danos;
i – Tipo de dano. Varia de 1 a n, onde i=1 (descolamento cerâmico), i=2 (falha de rejunte), i=3 (fissuras), i=4 (eflorescência), i=5 (falha de vedação);
$A_{d,i}$ – Área de manifestação patológica observada na amostra de fachada (m²) referente a cada tipo diferente de dano (m²);
A – Área total da amostra de fachada (m²);
$k_{c,i}$ = Custo relativo de reparo do dano, adimensional (Tabela 1)

O termo $A_{d,i}$ equivale à área afetada por cada tipo específico de dano (descolamento cerâmico, falha de rejunte, fissuras, eflorescências e falha de vedação) e é inversamente proporcional à área total da fachada (A). O termo $A_{d,i}$ é obtido a partir da identificação, mapeamento das fachadas e quantificação dos danos.

A ponderação por intermédio do fator $k_{c,i}$ estabelece a hierarquia de cada tipo de dano em função do custo de reparo de cada diferente tipo de dano. A Tabela 1 mostra os valores do fator de ponderação $k_{c,i}$ utilizados para estabelecer a importância dos danos.

A variável $k_{c,i}$ é o fator relativo de custo de reparo e representa a importância diferenciada atribuída ao custo de reparação de cada tipo de dano i. Esta variável é adimensional e obtida em função da proporção pelo custo de reparo mais elevado (Custo de reparo de fissura – R$ 136,70/m²). Os valores associados à essa variável foram calculados através da composição de custo unitário para serviços de reparos em Brasília (Tabela 1).

Tabela 1 – Valores de $k_{c,i}$ para os custos de reparação dos danos em fachadas de Brasília.

Tipo de dano	Custo de reparo (R$/m²)	Fator relativo de custo de reparo ($k_{c,n}$)
Falha de rejunte	8,40	0,06
Eflorescência	16,00	0,12
Falha de vedação	10,90	0,08
Fissuras	136,70	1,00
Descolamento cerâmico	113,00	0,82

3. RESULTADOS

As avaliações dos níveis de degradações das amostras de fachadas por intermédio do Fator de Danos Combinado (FDC) mostra diferencialmente o comportamento de determinados fatores que influenciam os processos de degradação, dentre os quais se destaca, neste estudo, a influência específica de dois tipos de manifestações patológicas (descolamento cerâmico e fissuras), a influência da exposição solar (norte-N, leste-L, sul-S e oeste-O) e ainda a influência da idade das amostras de fachadas.

As amostras de fachadas utilizadas neste estudo apresentam características representativas de edifícios da cidade de Brasília, destacando-se que:

- Os edifícios residenciais apresentam em geral 6 andares e mais o pilotis.
- As amostras perfazem um total de 90 casos de estudo.
- As idades das amostras de fachadas variam de 5 a 36 anos.
- As áreas totais das amostras de fachadas equivalem a 28.383,00 m².
- A estrutura dos edifícios é em concreto armado.
- As vedações das fachadas são em bloco cerâmico.
- Os revestimentos são constituídos por placas cerâmicas.

A configuração das curvas de tendência do FDC-FI e FDC-DC (Figura 3) ressalta algumas relações entre as manifestações patológicas de descolamento cerâmico e fissuras. Os resultados do FDC-FI permitem observar que, em amostras com idades até 10 anos, o FDC-FI ocorre com pouca intensidade quando comparado ao FDC-DC, contudo, os resultados de ambos ficam bastante próximos. Esse resultado é coerente, uma vez que nessa faixa de idade as patologias se encontram em seu estágio inicial. Em idades superiores a 10 anos ocorre um decréscimo no valor de FDC-FI.

O comportamento da curva do FDC-DC é mais expressivo e muito mais acentuado principalmente em amostras de fachadas com idades acima de 30 anos. Este comportamento mostra uma associação entre esses dois tipos de danos. Nas idades iniciais as patologias geradas pelas fissuras, aliada a diferentes agentes de degradação, às movimentações térmicas e estruturais do edifício e ainda devido a penetração de água através dessas fissuras podem gerar falhas de aderência e perda da capacidade resistente do sistema de revestimento e, consequentemente, gerar patologias de descolamento cerâmico. Com o decorrer o tempo, os descolamentos cerâmicos aumentam, uma vez que ficam também associados tanto às patologias de fissuras bem como às demais patologias (falha de rejunte, falhas de vedação e eflorescências) que apresentam pequeno percentual de crescimento ao longo do tempo. Portanto, nas idades superiores a 20 anos, as fissuras decrescem uma vez que são sobrepostas pela patologia de descolamento cerâmico.

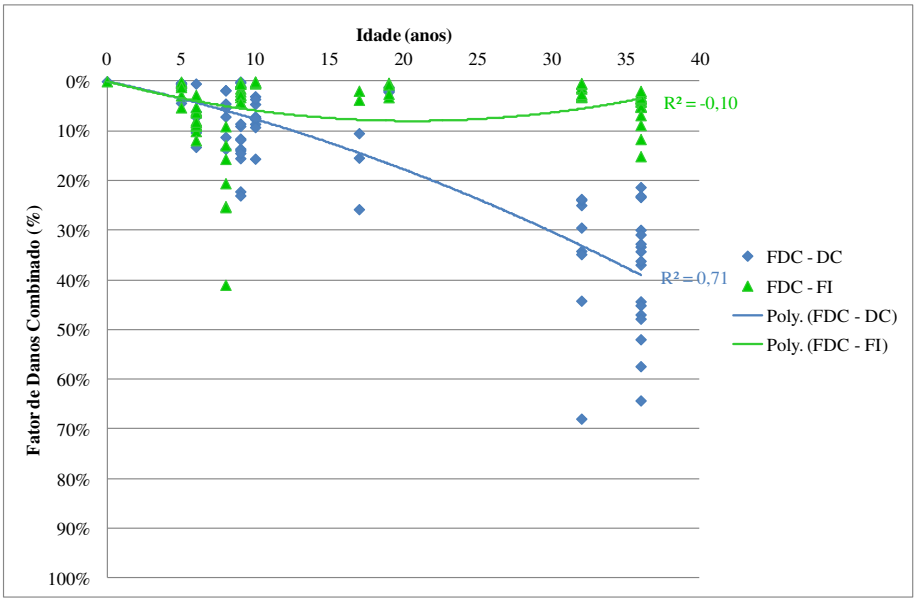


Figura 3: Fator de Danos Combinado das patologias de descolamento cerâmico e fissuras em função da idade das amostras de estudo

Os resultados do Fator de Dano Combinado em função da orientação das amostras de fachadas podem ser observados na Figura 4. Verifica-se a formação distinta de dois grupos de curvas de tendência. Um grupo formado pelas curvas FDC-O e FDC-N representativas das orientações Oeste e Norte, que apresentam uma curvatura mais acentuada, pois apresentam as maiores intensidades de fatores de danos totais, indicando exposição severa à radiação solar. Observa-se ainda um segundo grupo que apresentam curvaturas mais suaves (FDC-L e FDC-S), indicando exposição leve à radiação solar, pois apresentam menores valores de FDC. Essas curvas se apresentam bastante próximas, indicando pouca diferença dos valores de Fatores de Danos Combinados entre as orientações Leste e Sul.

As inclinações das curvas de tendência mostram que a taxa de variação do processo de degradação para cada orientação ocorre de maneira distinta, ou seja, a maior inflexão da curva FDC-O demonstra que a orientação Oeste apresenta tanto a maior incidência da radiação solar, bem como a velocidade de degradação mais acelerada ao longo do tempo, quando comparado às orientações Norte (FDC-N), Leste (FDC-L) e Sul (FDC-S).

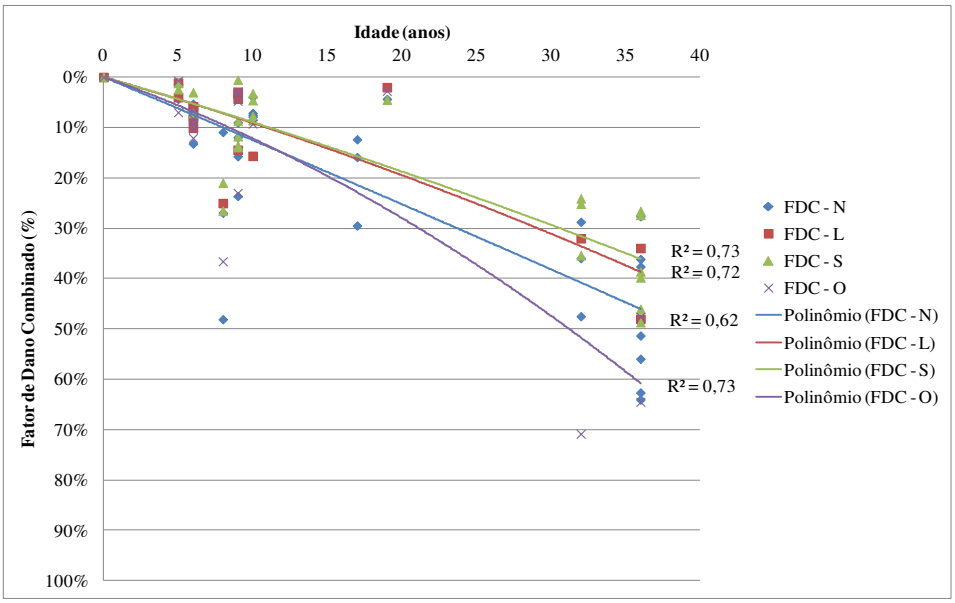


Figura 4: Fator de Dano Combinado em função das orientações (N, L, S, O) das amostras de fachada.

A Figura 5 mostra que o Fator de Danos Combinado Total (FDC-Total) aumenta acentuadamente em função da idade. O tempo, associado aos diversos mecanismos e agentes de degradação, se apresenta como um fator determinante na evolução das manifestações patológicas observadas nas fachadas dos edifícios. Esse resultado mostra a importância da avaliação dos danos nas fachadas desde sua origem, de maneira a promover seu tratamento imediato, de maneira a evitar que as patologias se associem e evoluam para degradações críticas nas maiores idades.

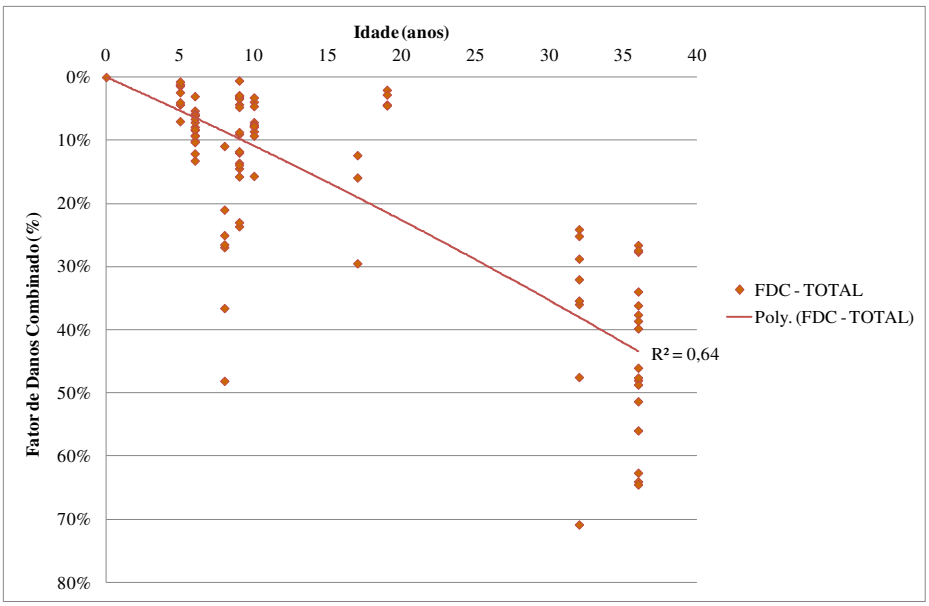


Figura 5: Fator de Danos Combinado Total em função da idade das amostras de fachadas.

A curva se apresenta com a forma convexa. Mostra, portanto, que as patologias podem ter origem em fenômenos físicos e químicos [4][21], cuja ação se inicia de forma lenta, porém como esses fenômenos são cumulativos e progressivos, gera um aumento na velocidade de degradação atingindo um limite crítico nas maiores idades.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

A curva convexa mostra o comportamento dos fenômenos físicos e químicos no processo de degradação, ou seja, se apresenta no estágio inicial com uma inclinação suave e que sofre um aumento expressivo ao longo do tempo em virtude da atuação conjunta dos diversos mecanismos de degradação [21][22].

4. CONCLUSÕES

As análises dos resultados dos FDC permitiram observar a influência de fatores como tipo de manifestação patológica, idade e orientação das amostras de fachadas com acabamento cerâmico de edifícios de Brasília.

Os resultados dos FDC-FI e FDC-DC mostram o sinergismo entre os diferentes tipos de manifestações patológicas e alertam para a urgência na localização e reparação das fissuras logo na sua origem. Dessa maneira, busca-se evitar ou minimizar o progresso das fissuras ao longo do tempo e, consequentemente, reduzir o surgimento das patologias de descolamento cerâmico.

As patologias de descolamento cerâmico são as mais críticas e influenciam o comportamento evolutivo da curva de degradação.

O fenômeno de degradação está diretamente relacionado ao grau de exposição das fachadas aos agentes de degradação, principalmente da a radiação solar ao longo do tempo.

A orientação oeste se apresenta como a mais crítica para as fachadas com acabamento em revestimento cerâmico localizadas em Brasília.

A curva de degradação obtida por intermédio do FDC-Total aponta para a necessidade da determinação precoce das manifestações patológicas, bem como para a urgência do tratamento das patologias de maneira a evitar seu aumento acelerado nas fachadas em idades superiores a 30 anos.

5. AGRADECIMENTOS

LABORATÓRIO DE ENSAIO DE MATERIAIS - LEM/CDT/UnB – pela disponibilização do acervo técnico e pelo apoio às atividades de pesquisa desenvolvidas.
CNPq – pelo apoio na forma de auxílio à pesquisa e bolsas de pesquisa.
CAPES – pelo apoio na forma de concessão de bolsas de pesquisa.

6. REFERÊNCIAS

[1] Alves, S. M. A., “WWW.PATORREB.COM - Um contributo para a sistematização do conhecimento da patologia da construção”, Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2008, 80 p.

[2] Bordalo, R. *et al*, *Abordagem a um modelo de previsão da vida útil de revestimentos cerâmicos aderentes*, *Service life prediction modelling of adhesive ceramic tiling systems*, Teoria e Prática na Engenharia Civil, Portugal, 2010, nº.16, pp.55-69.

[3] Sousa, R. D. B., “Previsão da vida útil dos revestimentos cerámicos aderentes em fachadas”, Dissertação de Mestrado, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Portugal, 2008, 130 p.

[4] John, V. M.; Sato, N. M. N., *Durabilidade de componentes da construção*. In: Coletânea Habitare **-** Construção e Meio Ambiente, ANTAC, Porto Alegre, v. 7, 2006, pp. 20-57.

[5] Flores-Colen, I., “Metodologia de avaliação do desempenho em serviço de fachadas rebocadas na óptica da manutenção predictiva”, Tese de Doutorado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Portugal, v. 1, 2009, 487 p.

[6] Gaspar, P.; Brito, J., *Quantifying environmental effects on cement-rendered facades: A comparison between different degradation indicators*, Journal of Building and Environment, Novembro, v. 43, 2008, nº. 11, pp. 1818-1828.

[7] Souza, R. H. F.; Almeida, I. R., “O projeto da UFF para avaliar o desempenho de revestimentos de fachadas”, VI Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas e I Internacional Symposium on Mortars Technology, Florianópolis, Anais, 2005, 6 p.

[8] Goldberg, R. P., *Direct adhered ceramic tile, stone and thin brick facades*, Technical Design Manual, LATICRETE International, Inc., USA, 1998, 200 p.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

[9] Barbosa, A. S., "Estudo numérico-computacional e analítico do choque térmico em fachadas de edificações", Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Brasília, 2013, 275 p.
[10] Hovde, P., *Factor methods for service life prediction.* CIB W080/RILEM 175 SLM: *Service Life Methodologies Prediction of Service Life for Buildings and Components, Task Group: Performance Based Methods of Service Life Prediction,* Trondheim, Norway, 2004, 51 p.
[11] Layzell, J.; Ledbetter, S., *FMEA applied to cladding systems - Reducing the risk of failure*, Building Research and Information, v. 26, 1998, pp. 351-357.
[12] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, "NBR 15575-1: Edifícios habitacionais - Desempenho - Parte 1: Requisitos gerais", Rio de Janeiro, 2013, 83 p.
[13] Bauer, E. *et al*, "Evaluation of damage of building facades in Brasilia". XIII DBMC - International Conference on Durability of Building Materials and Components, 2014, nº. 1, p. 535–542.
[14] Gaspar, P. L.; Brito, J., "The perception of damage on rendered façades", XII DBMC International Conference on Durability of Building Materials and Components, Porto, Portugal, 2011, pp. 1-8.
[15] Silva, M. N. B., "Avaliação quantitativa da degradação e vida útil de revestimentos de fachada – aplicação ao caso de Brasília/DF", Tese de doutorado em Estruturas e Construção Civil, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, 2014, 198 p.
[16] Bauer, E. *et al*, "Identification and quantification of pathologies in facades of new buildings in Brasília", XII DBMC International Conference on Durability of Building Materials and Components, Porto, Portugal, 2011, pp. 1-7.
[17] Bauer, E. *et al*, "Processo de identificação das manifestações patológicas em fachadas com revestimento cerâmico", IX Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, 2011, 11 p.
[18] Bauer, E. *et al*, "Patologias mais correntes nas fachadas de edifícios em Brasília", 3º. Congresso Português de Argamassas de Construção, APFAC, Lisboa, Portugal, 2010, 14 p.
[19] Gaspar, P.; Brito, J., *Mapping defect sensitivity in external mortar renders*, Journal of Construction and Building Materials, 19(8), 2005, pp. 571-578.
[20] Bauer, E. *et al*, "Relatório técnico n.º 06090072-c", Laboratório de Ensaios de Materiais, Universidade de Brasília, Brasília, Brasil, 2006, 65 p.
[21] Shohet, I. M. *et al*, "Deterioration patterns for maintenance management – a methodological approach", Durability of Building Materials and Components(proceedings), Institute for Research in Construction, Ottawa, Canada, 1999, pp. 1666-1678.
[22] Gaspar, P., "Vida útil das construções: Desenvolvimento de uma metodologia para a estimativa da durabilidade de elementos da construção. Aplicação a rebocos de edifícios correntes", Tese de Doutorado, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2009, 358 p.