



ESTADO LIMITE DE DEGRADAÇÃO DE FACHADAS REVESTIDAS EM CERÂMICAS

SOUZA, Jéssica Siqueira de (1); BAUER, Elton (2)

(1) Universidade de Brasília, jss.siqueira@gmail.com

(2) Universidade de Brasília, elbauerlem@gmail.com

RESUMO

A durabilidade dos edifícios pode ser prolongada por meio do aumento da vida útil dos sistemas que o constitui. A identificação da origem e o entendimento dos mecanismos de degradação existentes em sistemas de fachadas auxiliam na prevenção de anomalias, bem como nas soluções de reparo para anomalias existentes. O objetivo dessa pesquisa é identificar o estado limite de degradação em fachadas de revestimento cerâmico. A metodologia envolve a aplicação do Método de Mensuração de Degradação (MMD) em edifícios residenciais, a fim de obter índices de degradação que permitam sensibilizar quando ocorre o estado limite de degradação. A anomalia mais relevante na determinação do fim de vida útil das fachadas de revestimento cerâmico é o descolamento cerâmico. As anomalias poderiam ser evitadas com projetos mais detalhados, especificando cuidados e ações de manutenção. Desta forma, o sistema de fachada atingiria, ou até mesmo extrapolaria, a vida útil de projeto com a devida periodicidade de manutenções.

Palavras-chave: Durabilidade, Degradação, Fachadas, Anomalias.

ABSTRACT

Building durability can be extended by increasing of the service life of the building systems. Identifying the origin and understanding of the degradation mechanisms on façade assist prevention and repair solutions for existing defects. The aim of this research is to identify the limit state of degradation in ceramic cladding facades. The methodology involves the application of the Degradation Measurement Method (MMD) in residential buildings in order to obtain degradation indexes that allow sensitization when the degradation limit state occurs. The most relevant defect in determining the end of the service life of ceramic cladding facades is ceramic detachment. Defects could be prevented with more detailed designs by specifying care and maintenance actions. In this way, the façade system would reach, or even extrapolate, the service life of the project with due maintenance periodicity.

Keywords: Durability, Degradation, Facades, Defects.

1 INTRODUÇÃO

A determinação da vida útil dos sistemas que constituem a edificação é um grande desafio. Além disso, é uma atividade complexa que envolve toda a cadeia produtiva da construção. A norma brasileira de desempenho (NBR 15575, 2013) define vida útil como o período de tempo em que o edifício ou seus sistemas se prestam as atividades para as quais foram projetados e construídos considerando a periodicidade e a correta execução dos processos de manutenção. Diversas pesquisas vêm sendo realizadas para viabilizar o atendimento da NBR 15575 (2013), que estabelece diversos

requisitos e critérios para diferentes sistemas da edificação.

O requisito de durabilidade é avaliado em função da vida útil dos sistemas. O cumprimento da vida útil impacta diretamente em aspectos econômicos e de sustentabilidade. Os aspectos econômicos envolvem todo o custo do ciclo de vida da edificação. Aspectos de sustentabilidade indicam que quanto mais durável é um sistema, menor o custo de reconstrução do sistema e maior o tempo para retirar materiais da natureza.

A obtenção da vida útil de forma prática pode ser uma ferramenta elementar para o profissional verificar a qualidade dos edifícios ou de seus sistemas. Além disso, a estimativa de vida útil pode contribuir para determinar os períodos de manutenção evitando custos elevados em reparações generalizadas e urgentes. Entretanto, a determinação da vida útil deve ser realizada por profissionais qualificados e as ações de manutenção devem ser periódicas a fim de atingir o período especificado (NBR 15575, 2013). Muitas vezes o cumprimento do valor informado de vida útil pelo projetista, conhecido como vida útil de projeto (VUP), depende da qualidade das manutenções e das condições de uso da edificação ou de seus sistemas.

A partir do momento em que a edificação é colocada em uso, naturalmente inicia-se o processo de envelhecimento dos sistemas. Esse processo de envelhecimento pode ser afetado positivamente ou negativamente pelas condições e ações que são impostas ao sistema. A vida útil dos materiais, componentes e do próprio edifício é diferenciada em função da natureza dos componentes, intensidade de desgaste, ação do clima, características da construção, dentre outras (Gaspar e de Brito, 2005).

A complexidade da determinação da vida útil ocorre devido ao entendimento e a mensuração de cada um destes fatores. Por tanto, a determinação dos critérios para estimar a vida útil deve ser cautelosa e sensata. Muitas vezes o critério que define o fim de vida útil é subjetivo, devido a este ser influenciado pela época, lugar, avaliador e contexto socioeconômico (Shohet e Paciuk, 2004; Ximenes *et al.*, 2015). Entretanto, o que influencia o fim da vida útil é o cumprimento das funções que lhe são impostas, o atendimento ao conforto visual e segurança dos usuários e a periodicidade da realização de manutenção. Para tanto, uma vez que o desempenho pode ser avaliado pelo nível de degradação, ainda é necessário conhecer o limite máximo aceitável de degradação.

2 METODOLOGIA

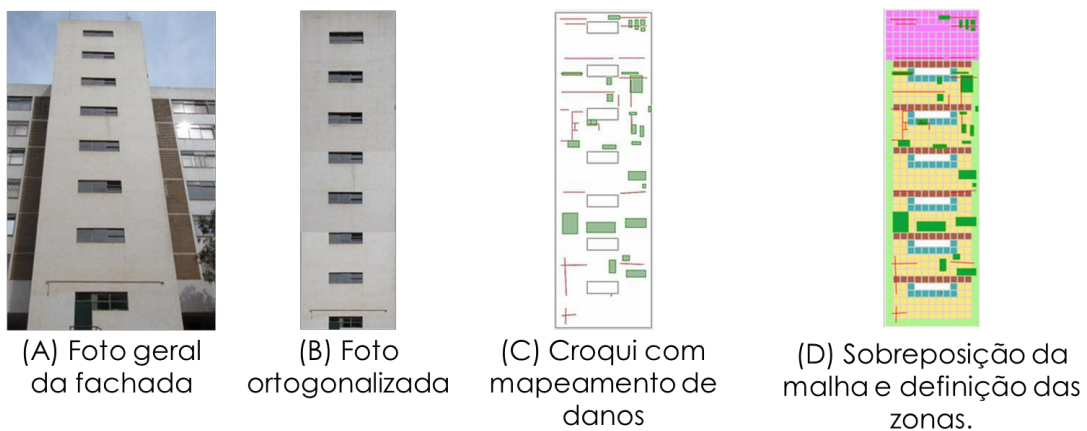
2.1 Método de Mensuração de Degradação (MMD)

A mensuração da degradação de sistemas de revestimento de fachadas permite avaliar o comportamento da degradação ao longo do tempo,

auxilia na prevenção de anomalias e, até mesmo, subsidia informações para a previsão da vida útil de sistemas. O MMD é uma metodologia que traduz a degradação existente em indicadores de degradação quantitativos. Essa metodologia foi desenvolvida por pesquisadores da Universidade de Brasília (Silva, 2014; Souza, 2016). O MMD é composto por procedimentos que envolvem investigação de campo, ensaios, mapeamentos de danos e quantificação de degradação.

A quantificação da degradação, com o propósito de obter indicadores de degradação, é orientada pelos seguintes procedimentos: sobreposição da malha, divisão da malha em andares, divisão da malha em zonas e contabilização de unidades de malhas que apresentam anomalias. A Figura 1 ilustra um exemplo dos procedimentos para realização do mapeamento de danos baseado em análises visuais, fotográficas e termográficas.

Figura 1 – Procedimentos para realização do mapeamento de danos.



Fonte: Autor

Dentre os diversos indicadores de degradação que podem ser obtidos pela aplicação do MMD, cita-se o Fator Danos (FD). O FD é um parâmetro inicial do estudo do fenômeno de degradação. Esse indicador de degradação é uma medida básica da degradação que permite delinear a degradação para análises mais complexas, assim sendo importante para o entendimento do fenômeno estudado (Souza, 2016).

O FD representa extensão de área degradada da fachada e é obtido pela equação 1. O FD permite realizar diversas análises, tais como a distribuição das anomalias, bem como as zonas mais degradadas, os elementos construtivos mais susceptíveis a degradação, a orientação com maior tendência a degradar-se, entre outras.

$$FD = \frac{\sum A_d(n)}{A_t} \quad (1)$$

onde, FD = Fator de Danos;

$A_d(n)$ = área de determinada anomalia (n) em m²;

A_t = área total da amostra de fachada em m².

Ao final da aplicação do MMD é possível estabelecer hipóteses capazes de descrever os mecanismos específicos responsáveis pela origem e desenvolvimento das anomalias nas fachadas, bem como diagnosticar a condição de degradação existente em fachadas (Piazzarollo, 2019)

3 RESULTADOS

3.1 Estado limite de degradação

Os critérios a serem considerados para a determinação do fim de vida útil de um sistema de revestimento cerâmico de fachadas devem ser baseados em dados reais e considerar:

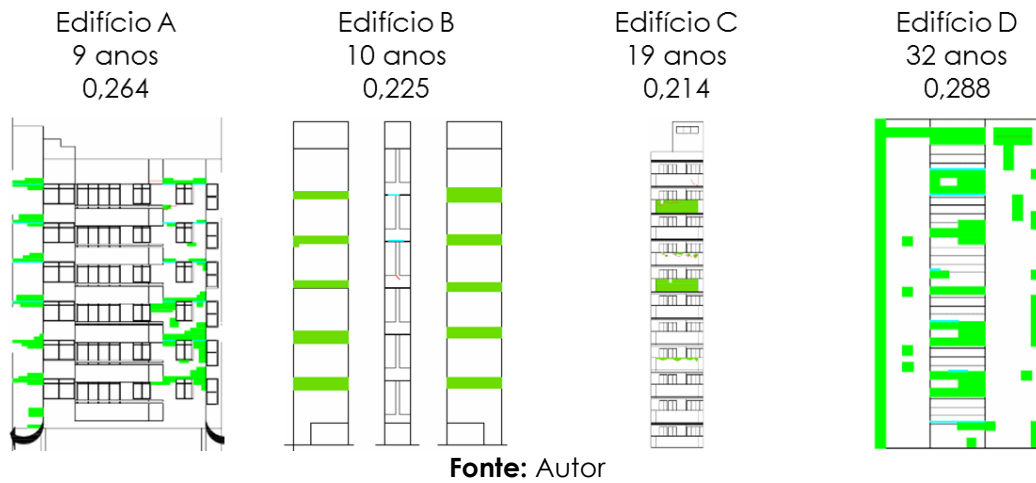
- Extensão e disposição das anomalias na fachada, com o propósito de verificar se as anomalias estão presentes em diversos andares e zonas da fachada caracterizando uma degradação generalizada;
- Aspectos de manutenção, a fim de verificar se a realização de manutenção pontual extingui a degradação existente, e por fim;
- Atendimento ao desempenho esperado com intenção de verificar se as anomalias existentes não prejudicam a funcionalidade e durabilidade do sistema de vedação, além de não causar riscos à segurança dos usuários.

Os critérios adotados são fundamentados pela literatura e pela análise exploratória de compreensão do indicador de degradação como resposta do comportamento da degradação ao longo do tempo.

Em uma análise exploratória do comportamento da degradação ao longo do tempo é possível obter informações para embasar a definição dos níveis de condição. Desta forma, a avaliação do indicador preliminar FD para as anomalias que apresenta maior importância no processo de degradação de sistemas de revestimento cerâmico é realizada.

Os mapeamentos de danos em fachadas são produtos obtidos na constituição do banco de dados. A partir desses mapeamentos é possível verificar visualmente a disposição das anomalias e com a aplicação do MMD quantificar a extensão de anomalias nas fachadas. A fim de ilustrar e atestar os critérios expostos, a Figura 2 ilustra quatro mapeamentos de danos de fachadas considerando diferentes situações com as respectivas idades e valores de FD referente às anomalias de descolamento cerâmico.

Figura 2 – Mapeamentos de descolamentos cerâmicos



A fachada referente ao edifício A apresenta degradação concentrada nas laterais da prumada. Visualmente a degradação não é generalizada, entretanto observa-se que a degradação acontece em diversos andares e abrangem zonas de paredes contínuas, aberturas e transição entre pavimentos, o que implica não em uma manutenção pontual.

As anomalias de descolamento podem ser consideradas localizadas. Porém essas apresentam risco potencial de queda do revestimento cerâmico, sugerindo urgência de reparação em locais que apresentam a armadura exposta devido ao descolamento e a falha no cobrimento da estrutura. As anomalias de descolamento cerâmico existentes não exigem apenas simples correções, mas sim substituições e restauração de grandes áreas da prumada. Considerando a idade do edifício, os descolamentos incidentes são prematuros e indicam a utilização de materiais e execução inadequadas como principal causa. Esse fato converge com as afirmações de Shohet e Paciuk (2004) e Beasley (2014).

Uma vez que o risco potencial de queda do revestimento cerâmico inflige diretamente na segurança do usuário e que a existência do destacamento caracteriza falha de desempenho na fachada, considera-se que a prumada referente ao edifício A já ultrapassou a vida útil. Ressalta-se que em casos que os descolamentos ocorrem em pequenas proporções é viável a realização de manutenções pontuais para recuperação do desempenho mínimo esperado pelo sistema de vedação (Silvestre e de Brito, 2011).

A prumada de fachada referente ao edifício B apresenta descolamentos cerâmicos concentrados na zona de transição entre pavimentos e ao longo de todos os andares. Esta disposição de descolamentos revela que a realização de manutenção pontual na zona de transição entre pavimentos cessa a degradação existente. As anomalias de descolamento encontradas não estão relacionadas as causas pertinentes dilatação térmica das placas cerâmicas, pois refere-se a uma reentrância da fachada. As reentrâncias são consideradas fachadas

protegidas por receber radiação solar por um período de tempo menor que as demais fachadas. Esse fato constatado que o descolamento cerâmico identificado, na grande maioria dos casos surgiram devido a deficiências de esmagamento dos filetes de argamassa colante no assentamento das placas cerâmicas. Essas falhas observadas podem ter origem por vários fatores, dentre os principais podem ser mencionados: formação de filme por secagem do filete, não atendimento ao tempo em aberto, não conformidade da argamassa colante e manuseio inadequado dos materiais.

Além da deficiência no assentamento, a execução das juntas de movimentação não atende aos critérios de norma e do fabricante, não respeitando o fator de forma e espessura mínima do selante. A partir do momento em que ocorre a fissuração do selante precocemente, a função do sistema de vedação quanto a estanqueidade é prejudicada.

Visto que o descolamento incidente no edifício B pode ser reparado por correções pontuais e não prejudica diretamente a durabilidade e segurança dos usuários, considera-se que esta prumada ainda não atingiu o fim de vida útil do sistema de vedação. Entretanto, ressalta-se que protelar a realização da manutenção pode resultar em uma evolução acelerada da degradação existente.

O edifício C apresentou anomalias de descolamento cerâmico mais intensos no sétimo e décimo pavimento. No quarto e no oitavo pavimento a incidência de descolamento cerâmico ocorre em pequenas áreas e concentra-se na região superior do guarda corpo. A disposição das anomalias neste edifício não se estende a todos os andares, caracterizando uma degradação pontual.

Na avaliação das anomalias verifica que as regiões com descolamento do revestimento cerâmico são localizadas e claramente identificadas. Os descolamentos cerâmicos presentes nesta fachada ocorrem devido a elevada espessura da argamassa de emboço, a saber haviam trechos com camadas de até 8 cm. Conforme Silvestre e de Brito (2008), muitas vezes a causa do descolamento cerâmico é a inobservância dos procedimentos adequados de execução. Além disso, a elevada espessura e a utilização de saibro na composição da argamassa provoca sérios problemas de integridade e baixas propriedades mecânicas.

É natural que ao longo dos anos haja uma redução do desempenho e o surgimento de anomalias oriundas do próprio uso do edifício e de suas partes. Entretanto, a causa do descolamento cerâmico revela uma situação crítica no que diz respeito as propriedades mecânicas da argamassa, além de trazer riscos implícitos de descolamento e queda do revestimento. A disposição das anomalias de descolamento cerâmico caracteriza uma degradação pontual e um indicador de degradação menor, quando comparado aos demais edifícios. Embora a condição de degradação da fachada do edifício C seja pontual e apresente um

baixo valor de FD, quando comparado com os demais edifícios, o sistema de revestimento apresenta risco significativo de destacamento e queda da fachada. Assim sendo conforme afirmado por Silvestre e de Brito (2009), as operações de manutenção e recuperação devem ser encaradas como ações que destinam a prorrogar com segurança, desempenho e conforto, a vida útil do edifício.

O edifício D refere-se a uma fachada direcionada para o Norte. A disposição das anomalias de descolamento cerâmico ocorre ao longo de toda a fachada, isto é, em diversos andares e em diversas zonas, caracterizando uma degradação generalizada. Até o momento em que foi realizada a inspeção o edifício contemplava 32 anos e nunca havia sido realizada manutenção na fachada. Esse fato implica que as anomalias identificadas surgiram ao longo dos anos devido a degradação natural do sistema e as ações climáticas e de uso.

Quanto as causas das anomalias de descolamento cerâmico estão relacionadas ao ingresso de água no sistema pelas fissuras existentes. A camada de revestimento de argamassa do sistema de revestimento é muito espessa devido à época em que foi construído. A elevada espessura de revestimento associada ao ingresso de água no sistema provocou a queda parcial do revestimento em alguns pontos. A corrosão do aço estrutural identificado em alguns pontos em que ocorreram o descolamento. Possivelmente, com o passar do tempo a penetração de água, dentre outros fatores, propiciou condições para a corrosão e o descolamento do revestimento. Adverte-se para o fato de que muito possivelmente outras regiões da estrutura que ainda estão cobertas pelas placas cerâmicas possam apresentar a mesma sintomatologia.

A queda de revestimento, principalmente mais espessos e mais pesados, juntamente com a corrosão do aço torna a situação muito grave, pois prejudica a funcionalidade e durabilidade do sistema de vedação, além de reduzir significativamente os níveis de segurança surgindo risco de colapso ou ruína do sistema de vedação ou até mesmo do edifício. Posto isto, considera-se que a prumada referente ao edifício D já ultrapassou a vida útil e que necessita de intervenções o quanto antes possível.

3.2 Níveis de condição de degradação

A descrição dos níveis de condição e os coeficientes de ponderação das anomalias referente ao nível de condição propostos estão dispostos na Tabela 1 e Tabela 2.

Tabela 1 – Descrição dos níveis de condição.

| Nível de condição | Descrição |
|---|--|
| 1 Condição boa (aceitável) | Condição caracterizada por apresentar boas condições. A incidência de anomalias não prejudica a funcionalidade e durabilidade do sistema de vedação. Essa condição não causa riscos à segurança dos usuários. Nessa condição é sugerida a realização de manutenções preventivas. |
| 2 Condição de degradação pontual | Condição caracterizada pela presença de anomalias pontuais que prejudicam a funcionalidade do sistema de vedação. Entretanto não prejudicam a durabilidade e segurança dos usuários. Nessas condições é sugerida a realização de manutenções preditivas, isto é, manutenções periódicas que avaliem o desempenho do sistema. |
| 3 Condição de estado limite de serviço | Condição caracterizada pela presença generalizada e simultânea de anomalias que prejudicam a funcionalidade e durabilidade do sistema de vedação. O impacto visual do excesso de anomalias na fachada pode gerar insegurança e transtornos psicológicos aos usuários. Nessas condições é sugerida a realização de manutenções corretivas. |
| 4 Condição de estado limite último | Condição caracterizada pela presença generalizada de anomalias que prejudicam a funcionalidade e durabilidade do sistema de vedação. Essa condição reduz significativamente os níveis de segurança apresentando risco de colapso ou ruína do sistema de vedação. Nessas condições é sugerida a realização de restauração ou reabilitação do sistema. |

Fonte: Autor

Tabela 2 – Coeficientes de ponderação das anomalias.

| Nível de Condição | % de área degradada | | | |
|---|----------------------------|---------------|---------------|---------------|
| | DC | FI | FR | EF |
| 1 Condição boa (aceitável) | | | 10% | 10% |
| 2 Condição de degradação pontual | 5% | 20% | 30% | 30% |
| 3 Condição de estado limite de serviço | 30% | 50% | maior que 30% | maior que 30% |
| 4 Condição de estado limite último | maior que 30% | maior que 30% | | |

Fonte: Autor

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em uma análise geral, as fachadas que apresentaram valores de FD superiores a 0,25 caracterizam uma condição de estado limite de serviço, onde a presença generalizada e simultânea de defeitos prejudica a funcionalidade e durabilidade do sistema de vedação. O impacto visual do excesso de defeitos na fachada pode gerar insegurança e transtornos psicológicos aos usuários. Nessas condições é sugerido a realização de manutenções corretivas. É importante observar também se a correção pontual das anomalias permitirá uma elevação do desempenho apenas por um período curto, indicando a reincidência da anomalia em zonas próximas.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR-15575**: Edificações habitacionais — Desempenho. Rio de Janeiro, 2013.
- BEASLEY, K. J. Building façade failure risk assessment. **Journal of Performance of Constructed Facilities**, v. 28, n. 5, Oct. 2014.
- GASPAR, P., e DE BRITO, J. Modelo de degradação de rebocos. **Revista Engenharia Civil**, v. 24, pp. 17-27. 2005.
- PIAZZAROLLO, C. B. **Estudo da evolução e da gravidade da degradação nas diferentes zonas componentes da fachada**. 2019. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília, Brasília.
- SHOHET, I. M., e PACIUK, M. Service life prediction of exterior cladding components under standard conditions. **Construction Management and Economics**, v. 22, n. 10, pp. 1081-1090. 2004.
- SILVA, M. N. B. **Avaliação quantitativa da degradação e vida útil de revestimentos de fachada – aplicação ao caso de Brasília/DF**. 2014. Tese (Doutorado em Construção Civil) – Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília, Brasília.
- SILVESTRE, J. D. e DE BRITO, J. Ceramic tiling in building facades: Inspection and pathological characterization using an expert system. **Construction and Building Materials**, v. 25, n. 4, pp. 1560-1571. 2011.
- SILVESTRE, J. D. e DE BRITO, J. Inspection and repair of ceramic tiling within a building management system. **Journal of Materials in Civil Engineering**, v. 22, n. 1, pp. 39-48. 2009.
- SILVESTRE, J., e DE BRITO, J. Inspeção e diagnóstico de revestimentos cerâmicos aderentes. **Revista Engenharia Civil**, Universidade do Minho, Portugal. 2008.
- SOUZA, J. S. **Evolução da degradação de fachadas – efeito dos agentes de degradação e dos elementos constituintes**. 2016. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília, Brasília.
- XIMENES, S., DE BRITO, J., GASPAR, P. L., e SILVA, A. Modelling the degradation and service life of ETICS in external walls. **Materials and Structures**, v. 48, n. 7, pp.

2235-2249. 2015.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio do Programa de Pós-Graduação em Estruturas de Construção Civil da Universidade de Brasília e o apoio financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).