



ESTIMATIVA DE COLAPSO DE MARQUISES DE EDIFICAÇÕES DO RECIFE ANTIGO, ESTUDO DE CASO

BARROS, G.H.N. (1); THYALLES, M.B.J. (2); ZARZAR JÚNIOR, F.C. (3);

¹ Universidade Católica de Pernambuco, R. do Príncipe, 526 – Boa Vista, Recife – PE, CEP 50050-900;

² Universidade Católica de Pernambuco, R. do Príncipe, 526 – Boa Vista, Recife – PE, CEP 50050-900;

³ Universidade Católica de Pernambuco, R. do Príncipe, 526 – Boa Vista, Recife – PE, CEP 50050-900;

¹ gnbhenrique@gmail.com; ² mthyalles@hotmail.com; ³ fczej@yahoo.com.br

RESUMO

As marquises, do ponto de vista estrutural, são elementos das edificações caracterizados como balanços, vinculados à fachada e projetados sobre as calçadas. Hoje, muitas das edificações verticais possuem marquises cada vez mais aprimoradas, tirando proveito de formas e da diversificação de materiais construtivos. No centro histórico do Recife, a predominância do material empregado nessas marquises é o Concreto Armado, portanto certas características desse material devem ser apresentadas. Existem muitos métodos para se avaliar a peça de concreto armado. De longa data, a maneira mais conhecida está relacionada com ensaios de resistência à compressão do concreto, mas nem sempre conveniente, pela necessidade de se extrair testemunhos da estrutura. Há também os métodos não destrutivos, que apresentam duas classes: a primeira consiste em métodos utilizados para estimar a resistência do material, tais como esclerometria, ensaios de arrancamento; a segunda classe determina características internas do concreto por meio de propagação de ondas. Essas técnicas são de grande importância para o controle de degradação da estrutura, seja nas operações preventivas, seja no tratamento do problema. Dentre todos os elementos estruturais, optou-se por estudar o estado de conservação, durabilidade e estimativa de vida útil das marquises pelo Método dos Fatores e através de avaliações presenciais das estruturas.

Palavras-chave: Colapso. Marquises. Edificações Antigas. Método dos fatores.

ABSTRACT

The marquees, from a structural point of view, are elements of the buildings characterized as balances, linked to the facade and projected on the sidewalks. Today, many of the vertical buildings have ever-improved marquees, taking advantage of shapes and diversification of building materials. In the historical center of Recife, the predominance of the material used in these marquees is the Reinforced Concrete, therefore certain characteristics of this material must be presented. There are many methods to evaluate a piece of reinforced concrete. The most known way has long been through tests of compressive strength of concrete, but it is not always convenient, for the need to extract structural testimony. There are also non-destructive methods, which presents two classes: the first consists of methods used to estimate the strength of the material, such as sclerometry, tear tests; the second class determines internal characteristics of the concrete by means of propagation of waves. These techniques are of importance for the control of degradation of the structure, either in preventive operations or in the treatment of the problem. Among all the structural elements, it was decided to study the state of conservation, durability and estimated useful life of the marquees by the Factors Method and through face-to-face assessments of the structures.

Keywords: Collapse. Marquees. Old buildings. Factors method .

1 INTRODUÇÃO

A cidade do Recife foi uma das pioneiras nas edificações civis do país, tendo como grande marco a construção do Palácio de Friburgo em meados do século 17, sede da então colônia Nova Holanda. De acordo com Melo (2011) até o final do século 19 o mercado dispunha de poucas condições técnicas para a execução de edificações verticais, chegando os edifícios a terem, no máximo, quatro ou cinco pavimentos. Com o avanço dos procedimentos e técnicas construtivas houve uma maior preocupação com a qualidade dos materiais empregados, a gestão de projetos, entre outros fatores que não existia nos projetos antigos, e com o incremento do cimento Portland a partir do século 20, tornou-se possível a construção de grandes edificações.

A modernização dos parâmetros construtivos vem trazendo uma melhoria significativa para a construção civil, sobretudo no que diz respeito ao resguardo da estrutura, pois o cuidado inadequado dessas estruturas vêm criando problemas extras às edificações. O próprio envelhecimento da estrutura contribui decisivamente para o aumento da ocorrência de acidentes estruturais.

Um desses problemas é a queda de marquises. As edificações antigas dos grandes centros urbanos têm uma arquitetura singular e própria. Em sua maioria são estruturas ditas “mistas” (parte comércio e parte residencial) apresentando no pavimento térreo portas e janelas de grandes aberturas que dão diretamente as suas calçadas. Portanto, devido a circulação de pessoas e a necessidade de se proteger os acessos aos edifícios, passou-se a fazer uso de marquises.

As marquises, do ponto de vista estrutural, são elementos das edificações caracterizados como balanços, vinculados à fachada e projetados sobre as calçadas. Hoje, muitas das edificações verticais possuem marquises cada vez mais aprimoradas, tirando proveito de formas e da diversificação de materiais construtivos. No centro histórico do Recife, a predominância do material empregado nessas marquises é o Concreto Armado, portanto certas características desse material devem ser apresentadas. No livro Curso de Concreto Armado, Süssekind (1983) apresenta a questão da dupla proteção que o concreto exerce sobre as barras de aço: proteção física, através da camada de recobrimento; proteção química, já que em ambientes alcalinos causado pela presença de cal que se forma durante a pega do concreto, surge uma camada quimicamente inibidora.

Tem-se também, um efeito importante que se aplica à marquises, o efeito da torção. Araújo (2010) diz que quando uma barra reta é submetida a uma torção, suas seções transversais, inicialmente planas, se empenam, devido aos diferentes alongamentos longitudinais de suas fibras. Se não existir nenhuma restrição ao empenamento, a barra estará livre de tensões normais e a torção é denominada “Torção de Sain’t Venant”. Por outro lado, se o empenamento das seções for impedido, surgem tensões normais de tração e de compressão ao longo da barra, além das tensões normais tangenciais presentes na Torção de Sain’t Venant.

Nesse sentido deve-se dar suma importância à nocividade do cloro, capaz de anular a proteção química da Cal, (ainda mais pela localização do centro histórico da cidade do Recife ser a beira mar) bem como a verificação das fissurações, pois no caso do concreto armado as tensões se dissipam por elas. Algo que não havia em meados do século 17, o que nos inclina diante da

necessidade de manutenção constante nessas construções.

De acordo com Cunha (2004) deve-se ressaltar a existência de certas peculiaridades nas marquises, a primeira delas diz respeito ao posicionamento das armaduras. Por se tratar de uma estrutura em balanço e, portanto, sujeita a momentos negativos, é dotada de armadura principal na face superior, o que a torna mais facilmente sujeita à ação do contato com as águas pluviais. A segunda peculiaridade diz respeito à manutenção inadequada da impermeabilização, é muito comum, por exemplo, o lançamento de sucessivas camadas de argamassa sem, contudo, retirar as camadas anteriores.

Há ainda um problema na execução e ou manutenção: a retirada ou colocação de escoramento. Deve-se entender quais esforços atuam na peça, pois o escoramento inadequado causa uma mudança no comportamento estrutural da mesma, e a ausência de previsão no cálculo para esses efeitos, pode levar a estrutura a ruptura.

Portanto, os estudos do estado de conservação de marquises foram feitos diante de edificações escolhidas em inspeções prévias. Após caminhada pela extensão do Recife antigo, foi escolhida estruturas na qual as características apresentassem estado de conservação baixo, patologias ou intervenções. Posposto a análise visual foi realizado um estudo de caso de marquises na Rua do Apolo e Rua da Assembleia que tem grande circulação de pedestres e que apresentaram estruturas com maior deteriorização. A rota traçada nesse estudo foi composta pelas ruas da Moeda, Av. Marquês de Olinda, rua Mariz e Barros e rua do Apolo, com 2, 2, 6, 6 e 11 marquises observadas respectivamente, reunindo um banco de dados das marquises.

Dentre todos os elementos estruturais supracitados anteriormente, optou-se por estudar o estado de conservação, durabilidade e estimativa de vida útil das marquises pelo Método dos Fatores.

2 METODOLOGIA

1. Introdução

Existem muitos métodos para se avaliar a peça de concreto armado. De longa data, a maneira mais conhecida está relacionada com ensaios de resistência à compressão do concreto, mas nem sempre conveniente, pela necessidade de se extrair testemunhos da estrutura. Há também os métodos não destrutivos, que apresenta duas classes: a primeira consiste em métodos utilizados para estimar a resistência do material, tais como esclerometria, ensaios de arrancamento; a segunda classe determina características internas do concreto por meio de propagação de ondas. Essas técnicas são de relevada importância para o controle de degradação da estrutura, seja nas operações preventivas, seja no tratamento do problema.

Considerando o último aspecto, a inspeção assume um papel relevante, pois garantem o melhor funcionamento da peça, assegurando o bem estar dos usuários, pedestres e a qualidade do imóvel.

1.2 Vistoria

Observação visual dos elementos, componentes e sistemas que permita a definição da natureza e a causa do problema, incluindo:

- Avaliação visual, incluindo levantamento fotográfico a fim de se registrar os sintomas e a possível natureza do problema;
- Classe de agressividade do ambiente;
- Localização e descrição;
- Comprometimento das armaduras;
- Espessura do cobrimento.

3 ESTUDO DE CASOS

Os estudos de caso tiveram a finalidade de avaliar o estado de conservação de algumas marquises do centro histórico do Recife e fazer uma estimativa de vida útil da estrutura pelo Método dos Fatores.

Foram escolhidas as marquises localizadas em ruas de grande movimentação, a classe ambiental que está inserida e o nível de deterioração da peça. Em função desses aspectos, foram realizados três estudos de caso que apresentam falhas construtivas, patológicas e erros.

3.1 Estudo de Caso – Rua da Assembleia (C1)

O primeiro estudo de caso é o da marquise localizada na Rua da Assembleia, bairro do Recife. A marquise apresenta engaste na laje do piso do primeiro pavimento, possui laje de 12,5 cm, com pé direito de 5 metros, o térreo possui 42 metros de comprimento, sendo acompanhado em sua totalidade pela marquise estudada.

Dentre as manifestações patológicas encontradas, observou-se:

- Umidade;
- Desagregação do cobrimento da peça;
- Armadura exposta;
- Corrosão das armaduras.

A exposição das armaduras é um problema comum em edificações antigas a beira mar, no centro histórico do Recife não é diferente. Essa patologia ocorre pela falha durante o projeto e execução da obra que não prevê um cobrimento suficiente para proteger as armaduras.

As marquises construídas antes da implementação da NBR 6118:2003 geralmente possuem alto risco de apresentar esse problema de armação exposta e corroída, isto porque os cobrimentos usados anteposto a norma citada não possuíam indicativo de espessura mínima em consideração a classe de agressividade do ambiente.

O cobrimento não adequado à classe de agressividade facilita a entrada de substâncias agressivas que deterioram a armadura, reduzindo sua vida útil.

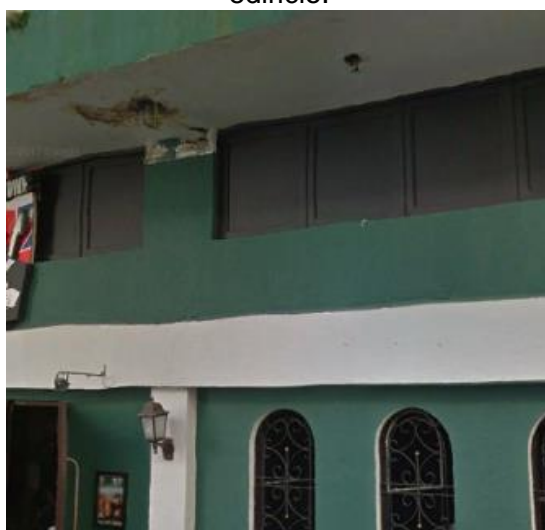
As figuras abaixo apresentam a marquise à luz do caso estudado. Observa-se nos detalhes a armadura exposta e o teor da umidade.

Figura 1: Detalhe da lateral da marquise.



Fonte: Barros (2017)

Figura 2: Detalhe da marquise frontal do edifício.



Fonte: Barros (2017)

Vê-se, pela figura 1, detalhes da corrosão da armadura, pontos de umidade e presença de vegetação na parte superior.

Para esta marquise, é indicada uma manutenção urgente, fazer uma nova impermeabilização, seções de aço corroídas devem ser substituídas e as demais limpas, além da necessidade da reconstituição do concreto.

2.5 Estudo de Caso – Rua da Assembleia (C2)

A segunda marquise estudada localiza-se na mesma rua do caso anterior (rua da Assembleia, Recife antigo-Recife). A marquise apresenta engaste na laje do piso do primeiro pavimento, possui laje de 12,5 cm, com pé direito de 2,8 metros,

o térreo possui 42,7 metros de comprimento, sendo acompanhado em sua totalidade pela marquise estudada.

Constatou-se nessa estrutura as seguintes intervenções e patologias:

- Umidade;
- Quebra do trecho da marquise devido à locação de poste de iluminação público;
- Deterioração da marquise, apresentando pontos de queda.

Figura 3: Tubulação de água.



Fonte: Barros (2017)

A intervenção realizada na laje para a colocação de um poste de iluminação público executou-se sem acompanhamento de um profissional qualificado, as armaduras foram rompidas e o concreto da laje quebrado, vide figura 4.

Figura 4 Vista da intervenção para colocação de poste de iluminação.



Figura 5: Deterioração da marquise.



Fonte: Barros (2017)

Notou-se na mesma estrutura, princípios de queda, vide figura 4. O projeto de estrutura deve levar em consideração princípios básicos como o desempenho, conformidade, reabilitação, segurança, funcionalidade, durabilidade e vida útil.

Esses itens dependem de variáveis como manutenção, meio ambiente e outros fatores (ZARZAR JUNIOR, F. C. 2007). As principais causas de acidentes envolvendo marquises está ligada a corrosão de armadura, sobrecarga, erro de projeto, falhas de execução, infiltração e, sobretudo, falta de manutenção.

2.6 Estudo de Caso 3 – Rua do Apolo (C3)

O terceiro estudo de caso foi o mais grave encontrado na rota traçada. A estrutura apresenta todas as patologias e danos já citados até aqui. Com 10 metros de comprimento, pé direito com 2,80 metros, a estrutura apresenta umidade excessiva, desagregação do cobrimento, armadura exposta e corroída, e presença excessiva de vegetação como mostra a figura 6.

Figura 6: Vista da fachada.



Fonte: Google (2016)

Figura 7: Estado de conservação das armaduras da marquise.



Fonte: Barros (2017)

Pode-se afirmar que a falta de manutenção foi um fator essencial para que a estrutura chegasse a esse grau de deterioração. A rua onde está situada a estrutura é de bastante movimentação de pedestres, tendo bares, cafés e, por vezes, shows abertos ao público e privados.

2 Método dos Fatores – Estimativa de vida útil dos casos estudados

Todo o material discutido nessa seção foi baseado na dissertação do Engenheiro Fuad Zarzar (2007). O planejamento da vida útil pode ser aplicado a ambas as construções: existentes e novas. O estudo da vida útil, para as construções, e componentes existentes focalizará a avaliação da vida útil residual dos componentes, aprimorando a programação e custos das substituições.

Para a estimativa da vida útil da peça, é necessário a observação de alguns fatores, como se segue:

Tabela 1 Classes de fatores, características e respectivos valores.

| Classe dos fatores | Características do fator | Valor do fator |
|--------------------|---|--------------------|
| A | Qualidade do componente: concreto armado, $F_{ck} = 15 \text{ MPa}$. | 0,8 |
| B | Nível do projeto com falhas: Normal | 1,0 |
| C | Nível de execução do trabalho: concreto executado no local. | 0,8 |
| D | Ambiente interno: úmido com proteção parcial contra vento e chuva. | 0,9 |
| E | Ambiente externo úmido sem proteção contra vento e chuva. | 0,8 |
| F | Condições de uso: normal. | 1,0 |
| G | Nível de manutenção: inexistente. | 0,8 ^(*) |

Fonte: Zarzar (2007)

(*) Elemento utilizado no cálculo da vida útil dos casos (C1, C2).

Para os cálculos, devemos levar em consideração a Vida útil de Referência (VUR) que deve levar em consideração a distribuição estática e uma medida da

sua distribuição. Bem como, levar em consideração uma Vida útil Estimada (VUE).

Assim, quaisquer dos fatores da tabela 1 ou combinações de variáveis podem afetar a vida útil. Deste modo, o método dos fatores pode ser expresso, pela fórmula a seguir:

$$VUE = VUR \times A \times B \times C \times D \times E \times F \times G \quad (1)$$

Esse método é usado no Japão, para obter a estimativa da vida útil de componentes do objeto de projeto, a partir da modificação da vida útil de referência (VUR), levando em consideração as diferenças entre o objeto específico e as condições de uso de referência na qual a VUR é válida.

Para cada VUE estimado, um intervalo de confiança deve ser estimado, e deve ser baseado na confiança do dado para a estimativa e na incerteza inerente estimada no procedimento de calcular a VUE.

Deste modo podemos calcular para os casos C1, C2 e C3 a estimativa de vida útil. Portanto,

$$VUE = (VUR \times 0,8 \times 1,0 \times 0,8 \times 0,9 \times 0,8 \times 1,0 \times 0,8) = 0,36864VUR \text{ anos.}$$

Considerando as referências normativas, para os casos C1 e C2 temos VUR = 50 anos, o valor da vida útil estimado resulta em aproximadamente 18,432 anos. Além disso, deve-se usar um intervalo de confiança $\Delta VUE = 5\%$.

Para o último estudo de caso, os valores utilizados devem seguir a disposição da tabela abaixo:

Tabela 2 Valores dos fatores utilizados para o caso C3

| Classe dos fatores | Características do fator | Valor do fator |
|--------------------|---|----------------|
| A | Qualidade do componente: concreto armado, $F_{ck} = 15 \text{ MPa}$. | 0,8 |
| B | Nível do projeto com falhas: Normal | 1,0 |
| C | Nível de execução do trabalho: concreto executado no local. | 0,8 |
| D | Ambiente interno: agressivo | 0,8 |
| E | Ambiente externo úmido sem proteção contra vento e chuva. | 0,8 |
| F | Condições de uso: normal. | 1,0 |
| G | Nível de manutenção: inexistente. | 0,8 |

Fonte: Zarzar (2007)

$$VUE = (VUR \times 0,8 \times 1,0 \times 0,8 \times 0,8 \times 0,8 \times 1,0 \times 0,8) = 0,32768VUR \text{ anos.}$$

Considerando as referências normativas, para caso C3 VUR = 25 anos, o valor da vida útil estimado resulta em aproximadamente 8,192 anos. Além disso, deve-se usar um intervalo de confiança $\Delta VUE = 5\%$.

A estrutura do caso C3 está em eminência de ruptura, ver figura 6. A vida útil de uma estrutura de concreto é alcançada quando os efeitos dos agentes

agressivos começam a se manifestar. A vida útil total corresponde à ruptura e ao colapso parcial ou total da estrutura e está ligada a manutenções, agentes agressivos, conhecimento dos materiais e componentes.

3 CONCLUSÕES

É preciso atentar para a importância da manutenção preventiva nas estruturas, não só das marquises, mas da edificação completa, sobretudo dos prédios históricos expostos as zonas de agressividade ambiental forte e ou muito forte, visto que esses prédios estão mais sujeitos a essas agressões, uma vez que foram feitos com características inadequadas e também para manter viva a importância histórica dessas edificações.

Deve-se manter os cuidados com as camadas de impermeabilização, drenagem, e eventuais cargas adicionais a estrutura que pode não ter sido prevista em projeto.

A prefeitura e seus órgãos fiscalizadores devem trabalhar em conjunto e com os proprietários dessas edificações no sentido de orientar e esclarecer causas e consequências.

Ademais, deve haver um incentivo a mudança cultural da população no sentido do que já é senso comum entre engenheiros: a necessidade da manutenção rotineira para a prevenção de danos a estrutura e economia financeira dos envolvidos.

No que tange a estimativa de vida das estruturas, é preciso melhorar o conhecimento do comportamento dos materiais diante aos diversos agentes agressores e criar uma infinidade de conceitos para a faixa de variação inerente a cada fator. Pois a avaliação da vida útil baseia-se, sempre, no bom entendimento dos mecanismos de degradação.

REFERÊNCIAS

MELO, Antônio Carlos de Albuquerque. **Estudo das manifestações patológicas nas marquises de concreto armado do Recife**. 2017. 215 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Politécnica de Pernambuco, Recife, 2011. Cap. 1.

SÜSSEKIND, José Carlos. **Curso de concreto armado**. São Paulo: Globo, 1983. 376 p.

ARAÚJO, José Milton de. **Curso de concreto armado**. 3. ed. Rio Grande: Dunas, 2010. 334 p.

CUNHA, Albino Joaquim Pimenta, LIMA, Nelson Araújo, SOUZA, Vicente Cústódio Moreira de. **Acidentes Estruturais na Construção**, Civil Vol 1. Editora PINI, São Paulo, jul. 2004.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6118/ 2014: Projeto de Estruturas de Concreto. Rio de Janeiro. 2014.

ZARZAR JÚNIOR, Fuad Carlos. **Metodologia para estimar a vida útil de elementos construtivos, baseada no método dos fatores**. 2017. 173 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Pró-reitoria Acadêmica, Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 2007. Cap. 4.