

ANÁLISE E PROCEDIMENTOS CONSTRUTIVOS DE ESTRUTURAS DE MARQUISES COM PROPOSTAS DE RECUPERAÇÃO ESTRUTURAL

JOÃO CASSIM JORDY⁽¹⁾, LUIZ CARLOS MENDES⁽²⁾

⁽¹⁾ UFF – Eng. MSc., Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFF, Rua Passo da Pátria 156, CEP 24210-240, Niterói, RJ, Brasil. Tel (21) 2284 8066/(21) 9227 7811 e-mail:

jjordy@poscivil.uff.br - jjordy@terra.com.br

⁽²⁾ UFF – Eng. DSc. MSc., Professor do Departamento de Engenharia Civil, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal Fluminense, Rua Passo da Pátria 156, CEP 24210-240, Niterói, RJ, Brasil. Tel: (21) 2719-9727. e-mail: lcarlos@predialnet.com.br

RESUMO

Muitos casos de instabilidade elástica têm ocorrido nas estruturas de marquises de centros urbanos em diversas partes do mundo. A maioria destes acidentes estruturais resulta em conseqüências imprevisíveis, geralmente com vítimas fatais e interdições em calçadas e vias de passagem. Os aspectos de durabilidade das estruturas, classes ambientais, cobrimentos de armaduras, detalhes construtivos e sistemas de proteção já estão previstos nas novas normas de concreto e contribuem para a otimização de estruturas novas. Para as estruturas de marquises existentes que apresentam manifestações patológicas, este trabalho fornece uma metodologia criteriosa para procedimentos de inspeções, avaliação e análise de anomalias, ensaios não destrutivos, avaliação das tensões resistentes e verificação das impermeabilizações, visando a obtenção de diagnósticos confiáveis para tomadas de decisão quanto à recuperação, reforço ou demolição.

Palavras-chave: marquises, recuperação, reforço, vigas, mecânica estrutural.

1 INTRODUÇÃO

Marquise é um elemento constitutivo das fachadas das edificações, o qual apresenta determinadas peculiaridades. É parte integrante do prédio ao mesmo tempo em que se projeta sobre o logradouro público. Sua estrutura caracteriza-se, em geral, como balanços engastados no plano da fachada.

Considerando-se que as vistorias para inspeções limitam-se às partes visíveis da estrutura, seu interior – entenda-se, armaduras – nem sempre fornece indícios do estado de deterioração por corrosão. Em centros urbanos o meio ambiente apresenta-se bastante agressivo pela emissão de gases poluentes, agravado, em muitos casos como na cidade do Rio de Janeiro, pela proximidade ao mar.

A observação por inspeções, com levantamento de anomalias com posterior avaliação da estabilidade de marquises de edificações em centros urbanos tem sua relevância, pois sua instabilidade e conseqüente ruína podem representar riscos às populações.

2 CONCEPÇÃO ESTRUTURAL

Em geral, o esquema estrutural das marquises pode ser dividido em longitudinal, com lajes vinculadas a vigas contínuas de bordo e de torção e, em transversal, com lajes e vigas vinculadas a vigas em balanços ou a vigas engastadas e apoiadas em tirantes. Devido ao esquema estrutural principal, geralmente nas suas direções transversais, as marquises apresentam pouca vinculação ao restante da estrutura, configurando estruturas isostáticas ou, em alguns casos, estruturas com baixo grau de hiperestaticidade. Assim, a perda de uma vinculação por fortuito que seja, pode ser condição suficiente para sua instabilidade.

3 PRINCIPAIS ANOMALIAS EM MARQUISES

As principais anomalias encontradas nas marquises são aquelas relacionadas ao arcabouço de concreto, às barras das armaduras em aço, além de anomalias ligadas às instalações de drenagem de águas pluviais e anomalias referentes aos sistemas de proteção impermeabilizantes.

3.1 Anomalias no concreto

As anomalias no concreto também podem ser denominadas de processos físicos de deterioração ou de manifestações patológicas e até mesmo, de forma genérica, patologias no concreto. Os principais processos físicos de deterioração do concreto são: fissuração devido à corrosão das armaduras, desagregação devido à corrosão do concreto (por lixiviação ou por reação iônica) e devido a fissuras com deslocamento, carbonatação devido à ação despassivante do anidrido carbônico, todas geralmente acompanhadas de infiltrações de água [1] [2]. A Foto 1 mostra armadura corroída em viga de marquise.



Foto 1 – Armadura corroída em viga de marquise

3.2 Anomalias nas instalações

Anomalias relacionadas às instalações de drenagem de águas pluviais são prejudiciais ao desempenho das estruturas, uma vez que através delas podem ocorrer penetrações, infiltrações e percolação de águas ou, em situações específicas, podem induzir acúmulo de água sobre as lajes das marquises e, como consequência, introdução de sobrecarga excessiva. Além disso, as instalações de águas pluviais geralmente possuem diâmetro ou posicionamento incompatíveis, prejudiciais, às impermeabilizações e às ações de manutenção predial. No caso de instalações elétricas, muitas vezes são encontradas caixas elétricas e eletrodutos abertos, representando pontos de penetração direta de águas [3].

3.3 Anomalias nos sistemas de proteção

As anomalias nos sistemas de proteção são as próprias falhas nas impermeabilizações, causadoras de infiltrações para as estruturas de concreto. Consiste em erro comum a sobreposição seqüencial de camadas de sistemas de impermeabilização sobre a estrutura, como mostra a Figura 1. Este vício construtivo causa sobrecarga permanente excessiva sobre as marquises e induz o aparecimento de tensões de vapor nos materiais confinados entre as impermeabilizações, com consequências danosas aos revestimentos e à própria estrutura das marquises [4].



Figura 1 – Estratificação de camadas sobrepostas à estrutura de marquise.

4 ACIDENTES ESTRUTURAIS COM MARQUISES

Acidentes com estruturas de marquises ocorreram na cidade do Rio de Janeiro com maior frequência entre os anos 1989 e 1991, considerando as ações de agentes agressivos, a instauração de anomalias e conseqüente perda de desempenho de peças estruturais. Um desses casos foi o edifício Mercúrio, situado na esquina entre as ruas Barata Ribeiro e Siqueira Campos, em Copacabana, Rio de Janeiro. Foi um exemplo típico de falta de manutenção predial, conduzindo a um sinistro grave, com vítima fatal, devido ao desabamento parcial da marquise, em 1991, como mostram as Fotos 2 e 3. Após o sinistro ocorreram inspeções para levantamento de suas causas, sendo evidenciadas falhas na impermeabilização da marquise. As falhas de estanqueidade permitiram o acesso de água e de CO₂ através de fissuras em tirantes de apoio. Em conseqüência, instauraram-se processos corrosivos nas armaduras dos tirantes e alguns deles sofreram colapso, causando desvinculação parcial da marquise, e ruína.

Tirantes de apoio da marquise.



Foto 2 - Marquise ed. Mercúrio após o seu desabamento parcial, RJ, 1991.



Tirante de apoio da marquise.

Foto 3 - Escoramento emergencial da marquise antes de sua demolição.

5 PROPOSTAS PARA AVALIAÇÃO ESTRUTURAL DE MARQUISES

Considerando o êxito logrado nos procedimentos implementados pela cidade do Rio de Janeiro para avaliações e proposições de intervenções necessárias em marquises de edificações no meio urbano, é proposta metodologia padrão a ser seguida por outros centros urbanos do Brasil ou do exterior composto pelos seguintes itens: localização e descrição, levantamento geométrico, levantamento do estado da impermeabilização, situação do sistema de drenagem, estado de fissuração e de deformação da estrutura, avaliação das armaduras, determinação da resistência mecânica e verificação da integridade do concreto, determinação da bitola e posição do aço, ensaios adicionais e verificação da estabilidade [5].

5.1 Localização e descrição

A marquise em análise deve ser localizada em relação à edificação e aos logradouros por meio da elaboração de planta de situação. Nessa planta devem ser identificados os posicionamentos de todos os seus elementos estruturais conforme é mostrado na Figura 2.

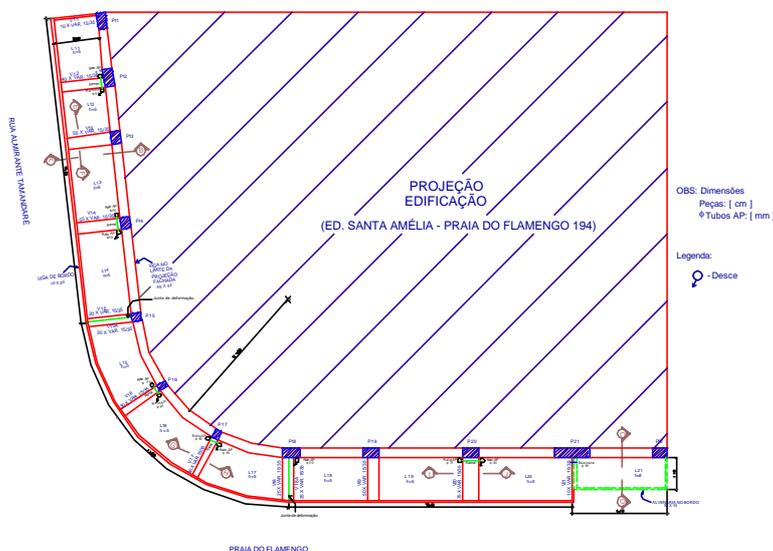


Figura 2 – Situação e elementos estruturais da marquise.

5.2 Levantamento geométrico com indicação das dimensões das peças estruturais

O levantamento geométrico relativo às peças de concreto deve ser efetuado a partir de plantas de fôrmas ou diretamente a partir de levantamentos *in situ*. A sua obtenção é necessária para as verificações estruturais. A representação geométrica das peças em concreto deve ser registrada em desenhos em planta e cortes específicos, como mostrado na Figura 3.

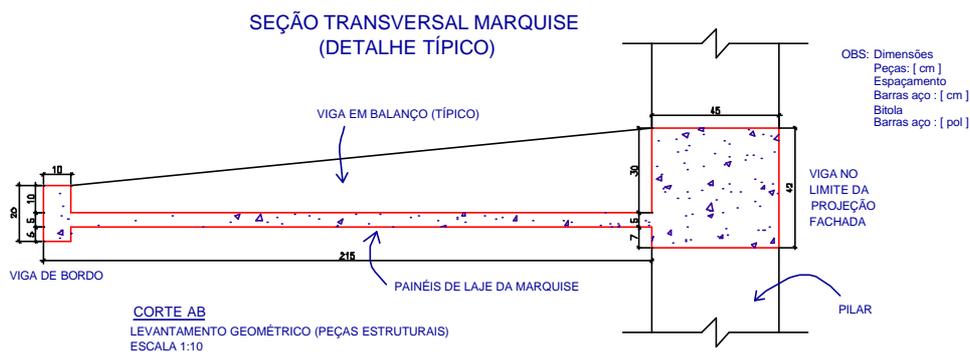


Figura 3 – Geometria dos elementos estruturais em concreto.

5.3 Estado geral da impermeabilização

Devem ser pesquisados os procedimentos de impermeabilização implementados na marquise. A pesquisa deve verificar a existência de documentos (projetos, especificações, desenhos e contratos) e informações de usuários do edifício. Deve-se verificar se houve elaboração de projeto de impermeabilização [2].

Em seguida deve-se verificar como foram aplicados os sistemas de impermeabilização, tipos de materiais, levantar se os serviços foram executados por equipes especializadas em impermeabilização, se foram atendidos os preceitos das normatizações pertinentes, se houve fiscalização especializada. Levantar a ocorrência de agressões após as impermeabilizações e se foram efetuados ensaios hidráulicos.

Cortes no sistema de impermeabilização em pontos localizados são necessários com objetivo de verificar a estratificação das camadas sobrepostas à estrutura, seus respectivos materiais, espessuras, desempenhos e, eventualmente, para extração de corpos de prova para ensaios laboratoriais, conforme mostra a Foto 4.

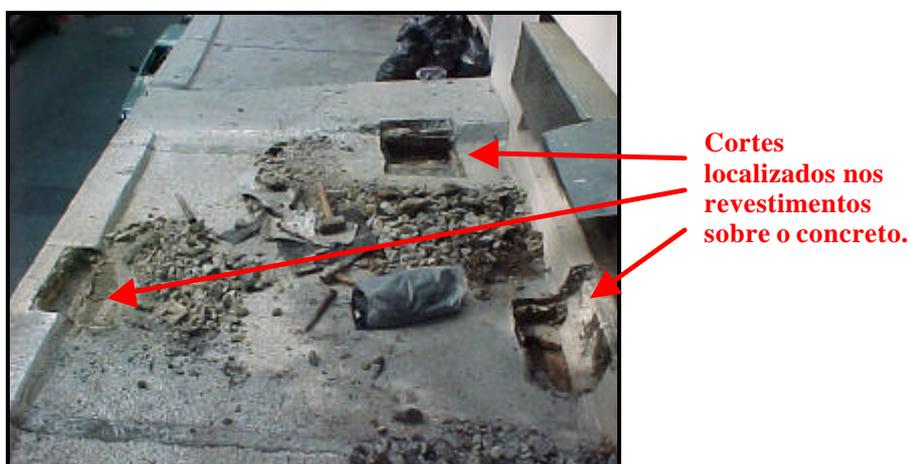


Foto 4 – Cortes no revestimento para verificação da estratificação de camadas.

5.4 Situação do sistema de drenagem

A situação do sistema de drenagem de águas pluviais deve ser verificada não somente em face da capacidade de atendimento ao dimensionamento hidráulico, mas, também, considerando as obstruções causadas por sobreposições nas

impermeabilizações junto aos ralos –, ou seja, obstruções destes como mostradas na Foto 5 devem ser coibidas [2].



Foto 5 – Obstruções no sistema de drenagem de marquises em centros urbanos

Preferencialmente, deve-se prever a substituição dos ramais e dos tubos de queda de águas pluviais, prever conexão destes às caixas de areia a serem criadas ou existentes no passeio e, daí, à rede pública. Soluções com utilização de buzinetes são inadequadas sob os aspectos de arquitetura, de drenagem e de manutenção e, por isso, devem ser evitadas.

5.5 Determinação da bitola e posição do aço com referência à seção do concreto

As posições de aços em relação às peças estruturais de concreto devem ser levantadas e registradas em plantas e cortes (Figuras 4 e 5), sendo subsídios para verificação da estabilidade estrutural.

Muitas vezes são inexistentes os projetos, especificações e as plantas de formas ou de armaduras, o que se constitui em necessidade a execução de cortes no concreto para elucidação e levantamento das seções de aço, assim como para verificação de suas integridades e estados de conservação.

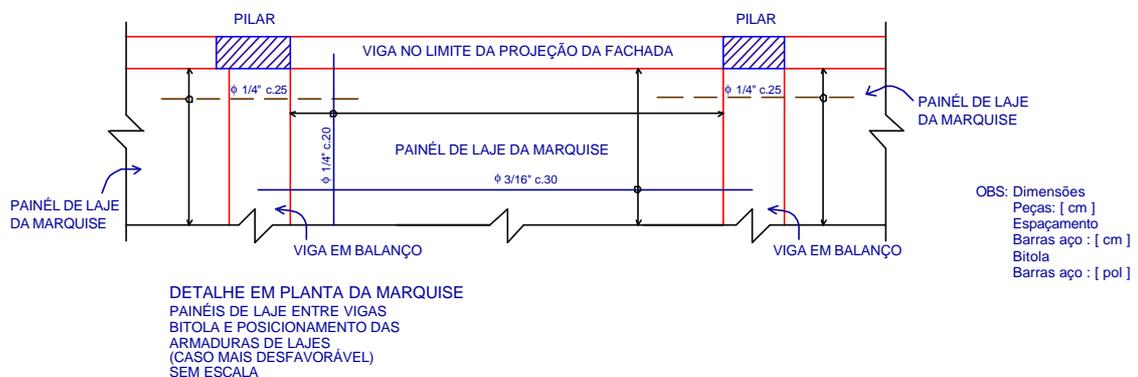


Figura 4 – Posição de armaduras em planta referido às peças em concreto.

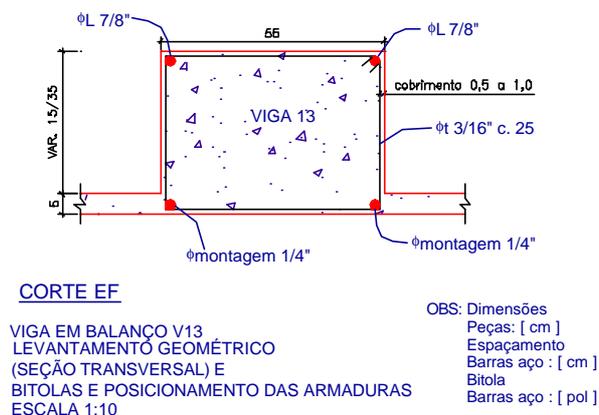


Figura 5 – Posição de armaduras em corte referido às peças em concreto.

As bitolas de posições da armadura devem ser medidas com equipamento e registradas nos desenhos conforme é visualizado na Foto 6. Ao mesmo tempo podem ser verificadas perdas de seção resistente desses elementos estruturais, sendo subsídios para projetos de recuperação estrutural.



Foto 6 – Medição da seção transversal de armadura em viga de marquise.

5.6 Avaliação das armaduras com respeito as suas condições mecânicas e corrosão

Após a execução dos cortes no concreto devem ser verificadas as armaduras expostas quanto as suas integridades estruturais, isto é, danos por diminuição de seção resistente causados por processos corrosivos, como é mostrado na Foto 7.

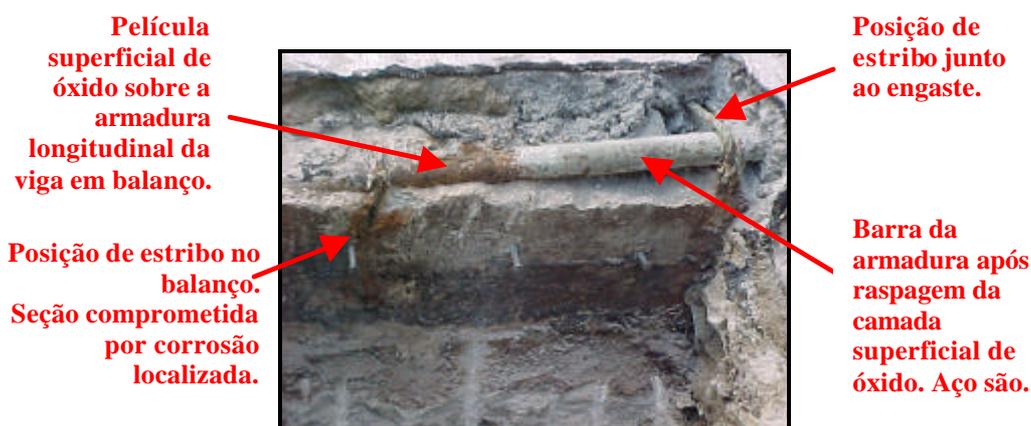


Foto 7 – Verificação da integridade estrutural do aço dentro de viga de marquise.

5.7 Determinação da resistência mecânica e verificação da integridade do concreto

A determinação da resistência característica provável à compressão do concreto das peças estruturais constituintes das marquises é fator primordial considerando a análise e o diagnóstico. Para isso, lança-se mão de ensaios não destrutivos (END) como esclerometria, penetração de pinos (conforme Foto 8), velocidade de pulso ultrassônico, entre outros. Também, podem ser retiradas amostras de peças para ensaios destrutivos para avaliação de resistência, por meio de sondas.



Foto 8 – END de penetração de pinos para avaliação da resistência do concreto.

A avaliação da resistência característica provável à compressão do concreto das peças estruturais deve ser feita por meio de avaliação estatística dos resultados obtidos *in loco* nas diversas peças constituintes das marquises.

De posse dos resultados por peça os dados são agrupados peça a peça e tratados estatisticamente em geral considerando a distribuição de T-Student, para pequenas amostras, e as dispersões avaliadas por intervalo de confiança. De posse dos valores médios por peça são feitas as correlações comprimento exposto versus resistência média. Os valores de resistência médios são novamente tratados estatisticamente

segundo os procedimentos já mencionados obtendo-se um novo valor médio. Com esse valor médio volta-se à curva de correlação para retirada do valor de resistência mais provável a partir da curva mais inferior da correlação (valores mínimos).

Dessa forma é obtido o valor mais confiável para resistência característica provável do concreto o qual é de grande utilidade na verificação estrutural de marquises.

5.8 Ensaio adicionais

Outros ensaios END podem ser realizados visando obtenção de subsídios adicionais para embasamento do sistema de informações para posterior utilização nas análises e diagnoses das estruturas. Entre eles podem ser mencionados: a avaliação da profundidade de carbonatação, avaliação do teor de cloretos, avaliação da corrosão por potencial elétrico de semipilhas [4] e [5].

5.9 Verificação da estabilidade segundo NBR 6118 em função de cargas existentes

Na análise estrutural da estabilidade das marquises devem ser seguidos os preceitos da NBR 6118 (2003) [1], englobando as condições ambientais, carregamentos atuantes, esquema estrutural, geometria dos elementos estruturais, posicionamento e densidade das armaduras, análise de seções resistentes, avaliação de deformações e, conforme o caso análise dinâmica.

6 CRITÉRIOS PARA RECUPERAÇÃO E REFORÇO

Baseado nos sistemas de informações levantados pela metodologia proposta, anterior, são obtidos subsídios suficientes para avaliações, análises e diagnósticos englobados em Parecer Técnico, para subsequente tomada de decisão quanto às soluções.

As soluções baseadas no Parecer Técnico poderão ser a recuperação, o reforço ou a demolição da estrutura da marquise em análise.

A recuperação será indicada no caso de perda de desempenho por diminuição da seção de aço ou de concreto (além de limites considerados) motivados por anomalias, para restauração da capacidade resistente da estrutura.

O reforço estrutural será indicado quando as sobrecargas permanentes ou acidentais atuantes estiverem além da capacidade resistente da estrutura.

A decisão por demolição deve ser considerada levando-se em conta custos para recuperação ou reforço versus custos para demolição ou aspectos arquitetônicos ou aspectos legais. No caso de demolição da marquise é indicada a verificação da estrutura na região de influência da estrutura demolida.

7. SISTEMAS DE PROTEÇÃO

Após os procedimentos para recuperação ou reforço devem ser previstas intervenções que garantam a proteção das estruturas de marquises contra a ação de agentes agressivos, evitando-se a reincidência das anomalias. Para tal, devem ser aplicados sistemas protetores por meio de procedimentos de impermeabilização realizados conforme projeto específico e segundo a NBR 9575 (2003), preferencialmente com utilização de sistemas autoprotégidos, sem proteção mecânica.

8 CONCLUSÕES

Este trabalho abordou as principais manifestações patológicas incidentes e exemplificou acidente com uma marquise. Em seguida, baseado em procedimento bem sucedido na cidade do Rio de Janeiro para avaliação estrutural de marquises, detalhou-se metodologia padrão a ser seguida por outros centros urbanos. Foram descritos critérios para avaliação e tomada de decisão quanto a intervenções estruturais.

Assim, conclui-se que é possível a obtenção de Pareceres Técnicos com diagnósticos confiáveis para as estruturas das marquises de centros urbanos, por meio de uma metodologia criteriosa e comprovada.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. *Projeto de estruturas de concreto – procedimento*. NBR 6118. Rio de Janeiro. 2003. 180p.
- [2] _____. *Impermeabilização – seleção e projeto*. NBR 9575. Rio de Janeiro. 2003. 12p.
- [3] CÁNOVAS, M. F. - *Patología y terapeutica del hormigon armado*. 3 ed. Madrid: RUGARTE, 1994. 487p.
- [4] DE SOUZA V.C.M.; RIPPER, T.J.C. - *Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto*. São Paulo. Editora Pini.1998. 255 p.
- [5] JORDY, J.C. – *Desempenho e avaliação dos serviços de impermeabilização aplicados em edificações*. Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal Fluminense - UFF. “Dissertação de Mestrado”. Niterói. 2002. 488 p.
- [6] PICCOLI, G.M. - *Corrosão nas estruturas de concreto*. In: PRUDÊNCIO, W.J.; BONOW Fº, C.A. et al. Apostila de curso sobre patologias de estruturas de concreto armado; análise, recuperação e reforço. Rio de Janeiro. IBAM/Concrejato. 1991.