https://doi.org/10.4322/CBPAT.2022.048

ABORDAGEM DO RISCO EM MARQUISES: ESTUDO DE CASO DE QUATRO ACIDENTES NO RS

Diogo Schwengber Posenatto[1], Fernanda Pacheco[2]; Camila Simonetti[3]; Hinoel Zamis Ehrenbring[2]; Roberto Christ[2]; Maria Fernanda de Oliveira[2]
*Autor de contato: fernandapache@unisinos.br

[1] Especialização em Patologia e Perícia das Edificações, UNISINOS, São Leopoldo, Brasil
[2] Instituto Tecnológico em Desempenho e Construção Civil, itt Performance, UNISINOS, São Leopoldo, Brasil
[3] Superintendência de Infraestrutura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil

RESUMO

A segurança das marquises é de suma importância, uma vez que se percebe o risco a que estão expostas as pessoas que circulam nas vias, abaixo destas estruturas. Devido a falhas nessas etapas, isoladamente ou conjuntamente, a segurança pode ser comprometida, ocorrendo colapsos parciais ou totais nesses elementos. Assim sendo, esse estudo analisou quatro acidentes envolvendo marquises, ocorridos no RS, buscou expor suas falhas, assim como apresentar consequências e formas de mitigação dos danos. Dentre os acidentes citados, dois ocorreram na cidade de Porto Alegre, um na região metropolitana, em São Leopoldo, e outro em Capão da Canoa, cidade situada no litoral do estado. Para garantir a segurança estrutural de marquises, salvaguardando vidas e patrimônio, é necessário que as marquises contem com processos adequados de projeto, execução, inspeção e manutenção.
Palavras-chave: marquises; desabamentos; segurança estrutural.

ABSTRACT

The safety of the marquees is of paramount importance since the risk to which people walking on the roads below these structures are exposed is perceived. To ensure such safety, it is necessary that the marquees have an adequate design, execution, inspection, and maintenance processes. Due to failures in these steps, alone or together, safety can be compromised, with partial or total collapses in these elements. Therefore, this study analyzed four accidents involving marquees, which occurred in RS, and sought to expose their flaws, as well as present consequences and ways of mitigating the damage. Among the accidents mentioned, two occurred in the city of Porto Alegre, one in the metropolitan region, in São Leopoldo, and another in Capão da Canoa, a city located on the coast of the state.
Keywords: marquees; landslides; structural security.

1. INTRODUÇÃO

Em Belo Horizonte (MG), uma pesquisa exploratória na região apresentou entre as marquises amostradas no estudo elementos estruturais que apresentavam danos leves, médios e severos. Em alguns casos, o indicado seria proceder com a demolição do elemento estrutural (SOUZA, 2017). Os elementos encontravam-se, no entanto, em pleno uso e funcionamento, o que aponta para um risco aos transeuntes dos locais onde se inserem e destaca a relevância na pesquisa de tais elementos. Após compilação de dados de acidentes reais envolvendo marquises, Medeiros e Grochoski (2007) observaram que, dentre os motivos para deterioração e colapso de marquises, pode-se citar a corrosão da armadura, o dimensionamento incorreto, falhas em termos de projeto e execução, entre outros.

Alguns dos elementos apresentam sinais que podem ser diagnosticados em uma inspeção, e outros, até mesmo pela sua característica de envoltória, não apresentam tais sintomas. Assim, o presente estudo versa sobre quatro acidentes envolvendo marquises no Rio Grande do Sul, sendo dois na capital Porto alegre, um na região metropolitana e outro no litoral. Este artigo apresenta uma compilação das características dos elementos estruturais, possíveis causas dos colapsos e consequências dos sinistros.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

As marquises, como estruturas, são elementos constitutivos das edificações caracterizados como balanços, sendo vinculadas ao plano da fachada e projetando-se sobre a via pública (CUNHA; LIMA; SOUZA, 1996). De forma geral, pelo ponto de vista da configuração estrutural, uma marquise pode ser uma laje engastada diretamente na edificação principal ou ser constituída por um sistema de laje apoiada em vigas engastadas, segundo destacam Medeiros e Grochoski (2007).

Visto que essas estruturas muitas vezes estão situadas sobre locais de fluxo de pessoas e, devido às características construtivas supracitadas, apresentarem tendência a sofrerem rupturas bruscas, é de fundamental importância o atendimento às normas e regulamentações pertinentes, conhecendo o comportamento dessas estruturas e os fatores intervenientes que podem prejudicar uma utilização segura.

2.1 Normas e regulamentação

As normas e legislações sofrem modificações, atualizações e aperfeiçoamentos no decorrer do tempo, sendo que em algumas vezes, eventos envolvendo sinistros e catástrofes motivam essas mudanças. No Município de Porto Alegre/RS, por exemplo, no ano de 1988 ocorreu um grande acidente envolvendo desabamento de marquise, do qual restaram nove óbitos. Tal desastre ocorreu no centro da cidade, em região de intenso fluxo de pessoas. Após este caso, a legislação municipal de Porto Alegre, através do Decreto n° 9425 (POA, 1989), regulamentou a aplicação de medidas de conservação de marquises, indicando rotinas e informações que devem constar nos laudos de estabilidade estrutural de marquises, que devem ser feitos a partir do terceiro ano de construção dos elementos estruturais e renovados a cada três anos.

No referido município, a Lei n° 6323 (POA, 1988) estabelece critérios para a conservação de elementos de fachadas dos prédios, atribuindo responsabilidades e determinando a elaboração do já mencionado laudo técnico de estabilidade estrutural, que deve ser elaborado por profissional legalmente habilitado. Ainda, conforme a Lei Complementar n° 284 (POA, 1992) traz o Código de

Edificações de Porto Alegre e indica que a responsabilidade em relação às edificações recai sobre o Município, ao autor dos projetos, ao executante, ao responsável técnico e ao proprietário ou usuário a qualquer título. Cabe à Prefeitura Municipal de Porto Alegre, a orientação e fiscalização das rotinas de conservação e manutenção de marquises, com a finalidade de evitar sinistros, além de intervir em casos de acidentes, incluindo catástrofes.

Segundo o Decreto n° 9425 (PMPA, 1989), o Laudo de Estabilidade Estrutural de Marquises deve indicar as condições da marquise, especialmente em relação à existência de fissuras, deformações, manchas de infiltração de água, defeitos de impermeabilização, cargas adicionais ou qualquer outra anomalia, recomendando, ainda, medidas necessárias para uma adequada manutenção e conservação.

De acordo com Pochmann (2008), o número total de marquises existentes na cidade de Porto Alegre é desconhecido, porém estima-se, aproximadamente, oito mil marquises cadastradas, além de um número desconhecido de marquises sem cadastro. Embora não haja norma específica para construção de marquises, devem ser seguidas as normas relativas a concreto armado como a NBR 6118 (ABNT, 2014).

2.2 Inspeção de marquises e causas mais frequentes de colapsos

A inspeção de marquises é de fundamental importância, pois é possível constatar manifestações patológicas e adotar medidas para que o elemento estrutural cumpra sua função com segurança. Uma inspeção em marquise pode ser realizada por método visual, podendo ser necessário o emprego de métodos mais detalhados, através de ensaios não-destrutivos ou semi-destrutivos. Um estudo estatístico (CUNHA; LIMA; SOUZA, 1996), realizado a partir do resultado de vistorias realizadas em 250 marquises, situadas numa avenida de Copacabana na cidade do Rio de Janeiro, destacou os seguintes tipos de ocorrências mais frequentemente detectadas: manchas de infiltração, sistemas de impermeabilização deteriorados e ineficiência ou ausência de sistema de coleta de águas pluviais. Em relação à estrutura de concreto armado das marquises, foram constatadas trincas em 30% dos casos e corrosão de armaduras em 10% das marquises vistoriadas. Essas anomalias são também apontadas por Jordy e Mendes (2006), que destacam fatores relacionados à durabilidade das estruturas, como falhas no concreto, cobrimento insuficiente de armaduras, detalhes construtivos e grau de agressividade do meio no qual estão inseridas essas estruturas.

Medeiros e Grochoski (2007) constataram que, de forma geral, as principais causas de colapso de marquises são devidas a uma ou mais possibilidades, além dos já mencionados erros de projeto e falhas de execução, destacam-se sobrecargas na estrutura, escoramento incorreto e mau uso da edificação. Segundo os autores, programas de inspeção e manutenção periódicos das marquises evitariam a maioria dos problemas. Conhecendo-se as principais causas de colapsos de marquises e os mecanismos envolvidos, e através de inspeções e manutenções criteriosas, as ocorrências envolvendo falhas destes elementos estruturais poderiam ser reduzidas drasticamente, evitando também que pessoas sejam atingidas em decorrência de colapsos.

3 MÉTODOS

3.1 Estudos de caso

Esta pesquisa seguiu a metodologia do estudo de caso, ou seja, foram utilizados exemplos reais de quatro casos ocorridos entre os anos de 2011 e 2017. Os elementos aqui relatados, referidos em

cada caso neste trabalho como Marquise A, Marquise B, Marquise C e Marquise D, têm suas características básicas apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Características dos elementos A, B, C e D

Marquise	Cidade	Dimensões aproximadas do trecho desabado	Descrição do elemento
Marquise A	Capão da Canoa	5,0 m (extensão) 1,05 m (balanço)	Laje em concreto armado, engastada
Marquise B	Porto Alegre	9,0 m (extensão) 0,45 m (balanço)	Laje em concreto armado, engastada
Marquise C	São Leopoldo	33,0 m (extensão) 2,2 m (balanço)	Laje em concreto armado com vigas engastadas
Marquise D	Porto Alegre	1,0 m (extensão)	Revestimento da marquise

Fonte: os autores.

3.2 Etapas do estudo e base de dados

Esse estudo consistiu na etapa de coleta e análise de dados de quatro laudos periciais referentes a exames realizados em locais de sinistros envolvendo marquises, que sofreram desabamento parcial ou total da estrutura, ou de outros componentes. Conjuntamente, foram realizadas pesquisas bibliográficas referentes aos aspectos abordados. Buscou-se compreender os mecanismos de deterioração e causas que possam ter contribuído para os sinistros, indicando pontos e aspectos de atenção para a vida destas estruturas, desde o projeto até as inspeções e manutenções necessárias. Como base de dados foram empregadas informações extraídas de laudos periciais e registros, elaborados por diferentes Peritos Criminais com formação em engenharia civil e integrantes da Divisão de Engenharia Legal do Instituto-Geral de Perícias do RS (IGP-RS). Dos casos analisados, resultaram vítimas fatais e/ou com lesões corporais, gerando ocorrências e inquéritos policiais. A descrição mais precisa dos locais, nomes e demais informações foram ocultadas para preservar as respectivas identidades.

4 RESULTADOS

4.1 Marquise A

No verão de 2011 ocorreu um desabamento de parte de uma marquise de concreto armado, localizada em região central de Capão da Canoa, a cerca de 100 m da Av. Beira Mar. Como consequência do colapso, resultou uma vítima com lesões corporais. A Marquise A possuía, aproximadamente, 5,0 m de extensão, estando inserida na fachada de um prédio de uso residencial e comercial, acima do pavimento térreo, conforme apresentado na Figura 1.

Figura 1 - Colapso parcial da Marquise A



Fonte: Braescher Filho e Wendt (2011).

Segundo descrito no laudo pericial analisado, a Marquise A possuía as seguintes características construtivas:

- Dimensões aproximadas: 1,05 m de comprimento em balanço;
- Espessura média aproximada da laje de concreto armado: 9 cm;
- Revestimento superior, constituído de duas camadas de argamassa sobrepostas com, respectivamente, 5 cm e 2 cm, em média;
- Revestimento inferior (reboco): aproximadamente 1 cm de espessura;
- Peso aproximado do trecho ruído, com cerca de 5,00 m de comprimento: 1.800 kgf (18 kN);
- A armadura principal, destinada a absorver o momento fletor da laje da marquise, possuía 2 cm de cobrimento e afastamento das barras de aço com espaçamento médio de 17 cm. Devido ao elevado grau de deterioração da armadura, seu diâmetro não pode ser identificado;
- A armadura do trecho ruído se mostrava totalmente comprometida em suas propriedades mecânicas, devido ao elevado grau de corrosão a que se encontrava submetido. Em extensas regiões ocorreu a perda praticamente total de sua massa.

A Figura 2 apresenta os detalhes que se relacionam com a armadura da Marquise A.

Figura 2 - Detalhe da armadura do elemento estrutural colapsado



Fonte: Braescher Filho e Wendt (2011).

Através de inspeção do elemento desabado, constatou-se que o concreto armado da laje havia sido revestido por duas camadas superiores de argamassa de cimento e areia: uma com 5 cm e a outra camada com 2 cm de espessura média, provavelmente aplicadas em épocas distintas (Figura 3a). O perito aponta que este revestimento teria sido efetuado, possivelmente, como instrumento de impermeabilização da laje. Entretanto, se observava que não havia aderência entre as camadas

sobrepostas. Esta deficiência construtiva, segundo apontado pelo perito, caracterizada pela falta de coesão entre as camadas, permitiu que se originasse um ambiente de umidade permanente e o surgimento de cultura de insetos no local.

Para analisar a Marquise A, foram coletados fragmentos de peças do concreto. Essas peças foram submetidas a exames a fim de se verificar a profundidade de carbonatação e a presença de cloretos nas mesmas. De acordo com Souza (2017), o processo de carbonatação pode avançar pela presença de umidade constante, como consequência de chuvas. Vitório (2003) destaca outros fatores contribuintes para que o fenômeno se desenvolva com mais rapidez, tais como a quantidade de CO_2 do meio ambiente, a permeabilidade e a presença de fissuras no concreto. No teste de frente de carbonatação do concreto, utilizou-se uma solução de fenolftaleína, aspergida sobre uma superfície recém exposta da estrutura. As regiões não coloridas indicam a presença de concreto carbonatado. Foram detectadas regiões carbonatadas junto à posição onde outrora havia armadura, evidenciando a despassivação das armaduras naqueles pontos (Figura 3b).

Figura 3 - (a) Camadas de revestimento no elemento inspecionado (indicadas pelas setas) e (b) análise da frente de carbonatação com indicador colorimétrico de fenolftaleína



(a) (b)

Fonte: Braescher Filho e Wendt (2011).

De acordo com Jordy e Mendes (2006), a sobreposição de camadas de sistemas de impermeabilização, além de causar sobrecarga, induz o aparecimento de tensões de vapor nos materiais confinados, ocasionando danos ao revestimento e à própria estrutura das marquises. Medeiros e Grochoski (2007) citam o costume equivocado de realizar manutenções tomando o caminho mais fácil, instalando uma camada nova sobre a existente, ao invés de se remover todo o sistema antigo. Esse procedimento, conforme expõe Cunha (1996), ocasiona um aumento não previsto de cargas verticais que atuam sobre a marquise, fato que pode se tornar até mesmo a causa isolada de ruína da estrutura, ou se constituir em mais um fator prejudicial à durabilidade da marquise, visto que o aumento dos esforços atuantes ocasionará um aumento de tensão de tração nas armaduras e a abertura das fissuras no concreto, acentuando a corrosão.

Outra forma agressiva de corrosão de armaduras, é a induzida pela presença de cloretos. A presença de umidade confinada junto à superfície superior do concreto favorece o ataque de cloretos à armadura. De acordo com o perito, foi realizado um teste com aspersão de solução de nitrato de prata, objetivando detectar a presença de cloretos na massa de concreto. As regiões esbranquiçadas mostram a presença de cloretos livres na massa de concreto (Figura 4).

Figura 4 - Presença de cloretos na massa de concreto (indicadas pelas setas)

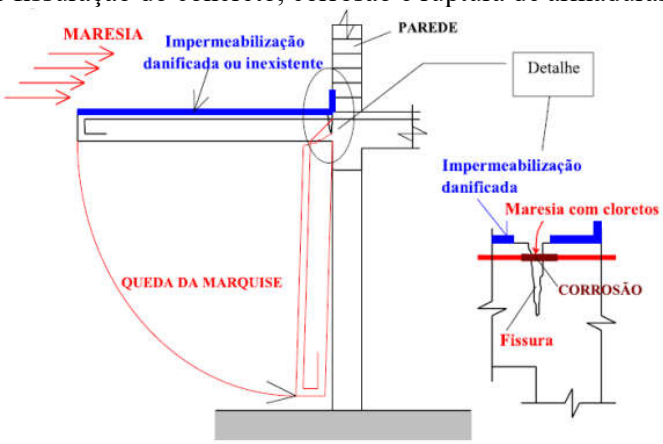


Fonte: Braescher Filho e Wendt (2011).

Segundo Gonçalves (2011), as marquises possuem arranjos estruturais especiais, que as diferenciam de outras estruturas de concreto armado. Quando do tipo lajes engastadas, os esforços de flexão atuam na sua face superior, predominando momentos negativos. As armaduras principais são, então, dispostas nesta região. Ocorre que essa região é a mais exposta a intempéries e, consequentemente, à maior ação de ataques de agentes agressivos. Medeiros e Grochoski (2007) explicam que um dos motivos que contribuem para o colapso repentino de uma marquise é o fato de que existe uma tendência ao surgimento de microfissuras na face superior do engaste.

A falha no sistema de impermeabilização, de acordo com Thomaz (2003), permite que cloretos, através da maresia, penetrem no concreto por meio das fissuras de flexão na região de engaste da marquise, destruindo a camada passivadora da superfície das armaduras e possibilitando que a corrosão evolua rapidamente (Figura 5). O mesmo autor cita algumas soluções, nas fases de projeto e execução, que poderiam evitar esse problema, tais como garantir um maior cobrimento de concreto, rico em cimento e com bom adensamento, de forma a se obter permeabilidade mais baixa, e utilizar impermeabilização adequada, com manutenção permanente. Por fim, relata que alguns estudos em marquises existentes na orla marítima, que apresentavam armaduras corroídas, apontavam que poderia ser mais barato demolir as estruturas do que recuperá-las.

Figura 5 - Processo de fissuração do concreto, corrosão e ruptura de armaduras, e queda da marquise



Fonte: Thomaz (2003).

Por fim, em relação ao caso da Marquise A, inferiu-se que o desabamento do trecho da marquise ocorreu por perda de resistência mecânica de sua armadura, em decorrência da corrosão a que foi submetida, devido, fundamentalmente, ao emprego de técnica inadequada utilizada em sua impermeabilização. A técnica empregada, além de sobrecarregar a laje, não contemplou a vinculação da camada de argamassa com seu substrato (concreto da estrutura), permitindo que se originasse um ambiente de umidade permanente.

4.2 Marquise B

O desabamento da Marquise B, pertencente a um prédio de ocupação mista (comercial e residencial), ocorreu em área de intenso fluxo de pedestres, no centro de Porto Alegre, em 2016. No local, estaria ocorrendo uma obra de reforma da fachada do prédio (Figura 6). O sinistro teria ocorrido no início da manhã e, em consequência, uma vítima fatal que transitava pela via pública no momento do colapso. Conforme exposto no laudo, o prédio dispunha de um elemento estrutural em balanço, formado por laje e vigas invertidas em concreto armado, constituindo uma pequena cobertura em toda extensão da fachada, sobre o passeio público e protegendo as aberturas de acesso à uma galeria comercial e a outros conjuntos comerciais existentes no local.

Figura 6 - Vistas da estrutura desabada sobre a via pública



Fonte: Imagem obtida pela equipe pericial.

Esta estrutura possuía a laje apoiada em viga invertida na lateral esquerda e em viga de borda, bem como ancorada em uma viga da fachada da edificação (não havia continuidade com laje interna). Sobre toda extensão desta estrutura, encontrava-se uma bandeja de proteção, em madeira, cuja borda interna (junto à fachada do edifício) apoiava-se sobre a referida estrutura, enquanto a borda externa era suportada por elementos estruturais (pilares, vigas e mãos-francesas) em madeira. A estrutura em concreto armado que desabou possuía uma seção em forma de “L”, tendo 10 cm de espessura, 45 cm de largura da base, 35 cm de altura e 9,0 m de comprimento total.

Sobre a bandeja de proteção utilizada durante a obra de reforma da fachada do prédio, na região onde ocorreu o colapso do elemento estrutural em tela, havia sacos depositados, contendo caliças e pastilhas removidas da fachada, além de um andaime suspenso, estando a borda interna da bandeja apoiada sobre o elemento estrutural em balanço, gerando carga acidental. Situação semelhante a este caso é descrita por Gonçalves (2011), que aponta ser comum a sobrecarga em marquises durante reformas em fachadas, sendo frequente a instalação de andaimes sobre marquises, muitas vezes, sem a utilização de escoramento sob estas. Destaca, também, situações nas quais estes andaimes recebem materiais de construção e operários, o que incrementa a carga e, consequentemente, o risco envolvido. Adicionalmente, aponta outro risco comum no caso de reformas, que é o depósito de entulhos sobre as marquises. Tais descrições foram constatadas no caso em tela envolvendo a Marquise B, e contribuíram para o colapso da estrutura.

A laje da estrutura remanescente da Marquise B apresentava sobreposição de camadas de revestimento e impermeabilização (duas), causando sobrecarga permanente. Dentre as cargas que podem levar a estrutura de uma marquise ao colapso, Gonçalves (2011) cita, além daquelas decorrentes de grandes camadas de revestimento e impermeabilização, e acúmulo de detritos ou entulhos sobre a marquise, também as cargas adicionais provenientes do acúmulo de água, da instalação de painel publicitário ou de equipamentos, e da utilização indevida por acesso de

pessoas, dentre outras. Na análise da Marquise B, constatou-se que as instalações de drenagem de águas pluviais (tubulações de escoamento), tanto na estrutura colapsada quanto na estrutura que permaneceu aposta à fachada do prédio, encontravam-se obstruídas pelo material utilizado no recobrimento e impermeabilização (Figura 7), resultado de ações de manutenção predial anterior, proporcionando o acúmulo de água sobre a laje quando da ocorrência de precipitação atmosférica e, por conseguinte, sobrecarga.

Figura 7 - Tubulações de drenagem obstruídas



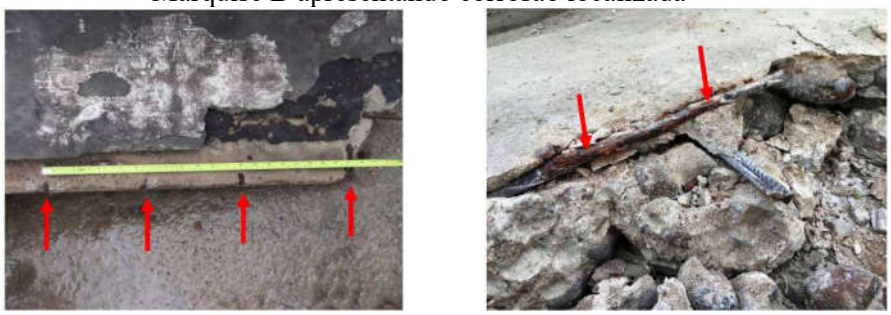
Fonte: Laudo pericial – os autores.

Em relação à drenagem em marquises, Jordy e Mendes (2006) destacam que falhas nesse sistema podem provocar penetrações, infiltrações e percolações de águas e ainda seu acúmulo, ocasionando sobrecarga excessiva. Medeiros e Grochoski (2007) explicam que o acúmulo de água sobre marquises ocorre quando os sistemas de escoamento de águas pluviais estão subdimensionados ou estão falhos, como impermeabilização vencida ou tubulações de escoamento obstruídas.

No exame da estrutura remanescente da Marquise B, que restava engastada na fachada do prédio, foram constatadas manchas de umidade na superfície inferior rebocada do elemento estrutural em balanço, indicando infiltração de água, possivelmente pela deficiência do sistema de drenagem pluvial e da impermeabilização existente. Foi constatada, também, rachadura da camada de revestimento e impermeabilização junto à zona de engastamento da estrutura com a fachada do prédio, que comprometia as condições de estanqueidade e proteção do concreto armado.

Os problemas de infiltração podem ser evitados através de um adequado projeto de impermeabilização, seguindo os padrões definidos na NBR 9575 (ABNT, 2010), além do correto dimensionamento de coletores de águas pluviais (BRAGUIM, 2007). Em relação às armaduras da Marquise B, foi constatado desplacamento parcial do concreto na base da viga na qual o elemento estrutural em balanço se encontrava engastado, decorrente da expansão radial do aço da armadura que apresentava corrosão acentuada. A ferragem de ancoragem apresentava corrosão generalizada na região de engastamento da laje à viga da fachada, restando sem seção resistente aos esforços de balanço, apresentando deposição de óxido de ferro no concreto da viga da fachada e no elemento estrutural colapsado (Figura 8a). Na região central da estrutura, a ferragem principal (longitudinal) apresentava barra de aço com corrosão localizada (Figura 8b). Em outro ponto, foram encontrados vestígios de corrosão generalizada da barra de aço da ferragem principal, inclusive com soluções de continuidade.

Figura 8 – (a) Posições da ferragem de ancoragem no elemento colapsado (setas) e (b) barra de aço da Marquise B apresentando corrosão localizada



(a) (b)

Fonte: Laudo pericial – os autores.

Segundo Helene (1993), a corrosão das barras de engastamento de uma marquise é um tipo de corrosão sob tensão, processo este que ocorre mais rápido do que o convencional, formando uma macro célula de corrosão sob tensão. Assim, o aço enfraquece na seção da fissura onde está corroído e rompe, sem aviso, por corrosão intergranular. Como causa do colapso da Marquise B, inferiu-se que o desabamento abrupto do elemento estrutural em balanço ocorreu devido à corrosão da armadura, sobretudo na região do engaste da estrutura. Foram destacados, como elementos contribuintes, a falta de manutenção adequada, agravada pela sobrecarga imposta à estrutura em intervenções previamente realizadas, culminando com o colapso do elemento ao ser aplicada carga acidental na estrutura, que já se encontrava em condições precárias de estabilidade.

4.3 Marquise C

A Marquise C, pertencente a um prédio em construção na cidade de São Leopoldo, desabou no ano de 2017, resultando em duas vítimas fatais e três operários feridos (Figura 9a). A parte desabada teria sido concretada 45 dias antes do desabamento e mediria, aproximadamente, 33 m de comprimento, estando situada na altura do piso do quarto pavimento do prédio em construção. Elemento construído com laje de concreto armado, suportado por seis vigas invertidas em balanço, engastadas em pilares do prédio. Apresentava duas vigas longitudinais, que compunham a base de uma floreira existente na extremidade externa da estrutura, construída em concreto armado e alvenaria, de dimensões e tipologia construtiva semelhante ao trecho de marquise do bloco direito da edificação (Figura 9b). Na ocasião do desabamento, estava sendo concretada a parte superior da floreira da marquise do bloco esquerdo. Durante a queda, houve o impacto da Marquise C com uma segunda marquise, localizada em um pavimento inferior que, embora colapsada pelo impacto, permaneceu vinculada à estrutura do prédio através de sua armadura de ancoragem (Figura 9c).

Figura 9 - (a) Vista geral de marquise desabada durante construção de prédio, (b) tipologia do elemento e (c) segunda marquise existente



(a) (b) (c)

Fonte: Laudo pericial – os autores.

A viga da extremidade esquerda da Marquise C foi a única que permaneceu vinculada ao seu pilar de ancoragem; as demais vigas de sustentação da marquise romperam integralmente o vínculo com seus pilares de ancoragem. Nos pontos de ancoragem das vigas aos pilares, houve desagregação relativamente superficial do concreto, indicando baixo comprimento de ancoragem da armadura das vigas (Figura 10). De acordo com Medeiros e Grochoski (2007), o posicionamento das armaduras deve ser executado garantindo a conformidade com o projeto, pois o não cumprimento rigoroso do projeto pode dar causa ao desabamento de uma marquise. Problemas originados na fase executiva das estruturas, como erros de leitura e interpretação de projetos e trânsito de operários sobre as armaduras podem ocasionar falhas no posicionamento de armaduras negativas, amassamento ou deslocamento de posição (GONÇALVES, 2011).

Figura 10 - Armadura na extremidade de ancoragem de uma das vigas



Fonte: Laudo pericial – os autores.

Em relação a erros de projeto, Medeiros e Grochoski (2007) destacam que esse é um dos primeiros objetos de investigação em caso de colapso. Gonçalves (2011) expõe que os projetos de marquises devem considerar cada tipologia e característica construtiva; nas lajes em balanço engastadas em lajes contíguas, por exemplo, uma falha recorrente de projeto é o comprimento insuficiente da armadura negativa no engaste. Nos casos de lajes engastadas em vigas, o projeto deve apresentar detalhamentos que garantam a transmissão do momento torsor para a viga.

A perícia apontou que a Marquise C desabou de forma abrupta, tendo todo o processo de colapso levado apenas 3 segundos. As armaduras expostas das vigas nos pontos de ancoragem aos pilares não mostravam sinais de que foram estruturalmente solicitadas, não apresentando rupturas ou deformações por esforços de tração. A conclusão foi de que o desabamento da Marquise C ocorreu em consequência de comprimento insuficiente da armadura negativa na região de ancoragem. Segundo analisado, as cinco vigas que colapsaram e desabaram junto com a Marquise C apresentavam comprimentos de ancoragem da armadura negativa entre 30% e 38% dos comprimentos especificados em projeto.

4.4 Marquise D

O caso envolvendo a Marquise D ocorreu na cidade de Porto Alegre, em 2012, em avenida de intenso fluxo de veículos e pedestres. O edifício comercial, estava em reforma, apresentava uma marquise em concreto armado, localizada no primeiro pavimento acima do térreo, dotada de revestimento do tipo *fulget*, aplicado sobre emboço, em sua borda frontal e superfície inferior (Figura 11a). Em dado momento, ocorreu um desplacamento de material que revestiria a Marquise D (Figura 11b), atingindo uma pessoa que transitava pelo local, a qual restou com lesões corporais.

Figura 11 - (a) Marquise desabada durante construção de prédio e (b) material de revestimento da marquise, precipitado sobre a via



(a) (b)

Fonte: Laudo pericial – os autores.

Através do exame da estrutura e dos vestígios apresentados, foi constatado que ocorreu um desprendimento de material que revestia a estrutura da Marquise D, que media cerca de um metro de extensão longitudinal, sobre a via pública e o passeio público. O material precipitado tratava-se de emboço (argamassa aplicada sobre chapisco com função de regularização da superfície) revestido com camada de aproximadamente 1,5 cm de *fulget* (também conhecido por granito lavado, é um tipo de revestimento de aparência rústica, produzido com cimento, mármore, granitos naturais, aditivos granulados de calcário, entre outros materiais) que recobriam o bordo frontal da marquise (Figura 12). O trabalho concluiu que o desprendimento e consequente precipitação de emboço revestido com *fulget*, foi causado pela perda de aderência de parte do emboço.

Figura 12 - Material de revestimento precipitado da marquise e detalhe do *fulget*



Fonte: Laudo pericial – os autores.

4.5 Comparativo entre as quedas de marquises

Através do presente estudo de casos envolvendo quatro marquises, obteve-se a Tabela 2, que apresenta, de forma sintetizada, as conclusões sobre as possíveis causas relacionadas aos colapsos das estruturas. Observa-se que os fatores relacionados aos desabamentos são: falta de impermeabilização adequada, sobrecarga, comprimento de ancoragem e manutenção.

Tabela 2 - Síntese dos casos analisados

Marquises	Causas	Falhas prováveis	Etapa relacionada
Marquise A	Corrosão de armaduras	Impermeabilização e sobrecarga	Uso
Marquise B	Corrosão de armaduras	Impermeabilização e sobrecarga	Uso
Marquise C	Ancoragem de armaduras	Comprimento de ancoragem	Projeto
Marquise D	Aderência do emboço	Execução	Execução

Fonte: os autores.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De forma geral, percebe-se que um conjunto de fatores contribuem, em diferentes proporções, para a ocorrência de desabamentos de marquises. Por serem estruturas em concreto armado engastadas, que costumam sofrer colapso repentino, estarem geralmente expostas ao tempo, em ambientes muitas vezes agressivos, e sobre locais de circulação de pessoas, demandam cuidados especiais desde a etapa de projeto, durante a execução e, não menos importante, durante o uso da estrutura.

Destaca-se, além da importância da qualidade nas etapas de projeto e execução que esse tipo de estrutura exige, a influência que as inspeções e manutenções adequadas ao longo da vida útil da estrutura exercem; baseadas nas normas e legislações pertinentes, mostram-se imprescindíveis para evitar sinistros envolvendo marquises, que muitas vezes implicam, além de prejuízos financeiros, danos à integridade física e à vida.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118 - Projeto de estruturas de concreto - Procedimento**. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9575 - Impermeabilização - Seleção e projeto**. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

BRAESCHER FILHO, R.; WENDT, S. **Laudo Pericial sobre queda de marquise em Capão da Canoa**. 2011. Engenharia Legal do Departamento de Criminalística, Instituto Geral de Perícias, Rio Grande do Sul.

BRAGUIM, J. R. **Perigo suspenso: queda de marquises alerta para o risco de projetos**. Revista Téchne. Ed. 120. São Paulo: PINI, 2007.

CUNHA, A. J. P.; LIMA, N. A.; SOUZA, V. C. M. **Acidentes estruturais na construção civil**. Vol. 1. São Paulo: PINI, 1996.

GONÇALVES, M. de O. **Marquises de concreto armado da cidade de Viçosa-MG: manifestações patológicas, inspeção e avaliação de grau de deterioração**. 2011. 200 f. Dissertação (Mestrado em Geotecnia; Saneamento ambiental) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2011.

HELENE, P. **Contribuição ao estudo da corrosão em armaduras de concreto armado**. Tese de Livre docência, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 1993.

JORDY, J. C.; MENDES, L. C. Análise e procedimentos construtivos de estruturas de marquises com propostas de recuperação estrutural. *In:* XXXII Jornadas Sulamericanas de Engenharia Estrutural, 2006. **Anais [...].** Campinas, SP, 2006.

MEDEIROS, M. H. F. de; GROCHOSKI, M. **Marquises: por que algumas caem?** Revista Concreto e Construções, São Paulo, n. 46, p. 95-103, abr/mai/jun 2007.

POCHMANN, V. H. S. **Marquises: conservação e manutenção - Medidas de prevenção e segurança contra acidentes relacionados às marquises no Município de Porto Alegre**. 2008. 71 f. Trabalho de Conclusão de Curso (MBA em Gestão Pública) - Faculdade IBGEN. Porto Alegre, RS, 2011.

PORTO ALEGRE. **Lei Complementar n° 6323, de 30 de dezembro de 1988**. Estabelece critérios para a conservação de elementos nas fachadas dos prédios. Porto Alegre, Câmara Municipal, [1988]. Disponível em https://leismunicipais.com.br/a/rs/p/porto-alegre/lei-ordinaria/1988/632/6323/lei-ordinaria-n-6323-1988-estabelece-criterios-para-a-conservacao-de-elementos-nas-fachadas-dos-predios>. Acesso em 17 out. 2021.

PORTO ALEGRE. **Decreto n° 9425, de 28 de abril de 1989**. Regulamenta a aplicação das medidas de conservação de marquises estabelecidas na Lei Nº 6323, de 30 de dezembro de 1988, e dá outras providências. Porto Alegre, Câmara Municipal, [1989]. Disponível em https://leismunicipais.com.br/a/rs/p/porto-alegre/decreto/1989/942/9425/decreto-n-9425-1989-regulamenta-a-aplicacao-das-medidas-de-conservacao-de-marquises-estabelecidas-na-lei-n-6323-de-30-de-dezembro-de-1988-e-da-outras-providencias>. Acesso em 17 out. 2021.

PORTO ALEGRE. **Lei Complementar n° 284, de 27 de outubro de 1992**. Institui o Código de Edificações de Porto Alegre e dá outras providências. Porto Alegre, Câmara Municipal, [1992]. Disponível em https://leismunicipais.com.br/a/rs/p/porto-alegre/lei-complementar/1992/28/284/lei-complementar-n-284-1992-institui-o-codigo-de-edificacoes-de-porto-alegre-e-da-outras-providencias>. Acesso em 17 out. 2021.

SOUZA, P. C. de. **Identificação de manifestações patológicas em marquises na região central de Belo Horizonte**. 2017. 45 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Produção e Gestão do Ambiente Construído) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, MG, 2017.

THOMAZ, E. C. S. **Fissuração: 168 casos reais**. Rio de Janeiro: 2003. Disponível em: http://aquarius.ime.eb.br/~webde2/prof/ethomaz/fissuracao/Coletanea_Fissuracao_Eduardo_Thomaz.pdf >. Acesso em 17 out. 2021.

VITÓRIO, A. **Fundamentos da Patologia das Estruturas nas Perícias de Engenharia**. Recife: Instituto Pernambucano de Avaliações e Perícias, 2003. Disponível em: http://www.vitorioemelo.com.br/publicacoes/Fundamentos_Patologia_Estrutura_Pericias_Engenharia.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2016.