

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL ESCOLA DE ENGENHARIA
COMISSÃO DE GRADUAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

RENAN PANDOLFO

**MARQUISES: VISTORIA E PROCEDIMENTOS PARA CORREÇÃO
DOS PROBLEMAS DETECTADOS**

Porto Alegre

Julho de 2020

RENAN PANDOLFO

**MARQUISES: VISTORIA E PROCEDIMENTOS PARA CORREÇÃO
DOS PROBLEMAS DETECTADOS**

Trabalho de Diplomação apresentado à Comissão de Graduação do Curso de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: João Ricardo Masuero

Porto Alegre

Julho de 2020

RENAN PANDOLFO

**MARQUISES: VISTORIA E PROCEDIMENTOS PARA CORREÇÃO
DOS PROBLEMAS DETECTADOS**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pela Comissão de Graduação do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, julho de 2020

BANCA EXAMINADORA:

Prof. João Ricardo Masuero
Dr. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Orientador

Prof. Ângela Gaio, Graeff
Dra. pela Universidade de Sheffield
Relatora

Prof. Cristiane Sardin Padilla de Oliveira
Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - a) Laje em balanço; b) Laje engastada na edificação apoiada sobre vigas em balanço; c) laje apoiada em vigas em balanço; d) laje apoiada em vigas de contorno, sendo as laterais em balanço; e) Laje rebaixada apoiada em vigas de contorno, sendo as laterais em balanço (algumas linhas tracejadas foram omitidas para melhor compreensão dos desenhos) ..	11
Figura 2 - Diagramas de cortante e momento fletor da marquise engastada.....	18
Figura 3 - Concretagem típica de laje, com os operários apoiados diretamente sobre as armaduras.....	19
Figura 4 - Espaçadores plásticos para posicionamento da armadura superior de uma laje (armadura negativa). O tráfego de operários e equipamentos diretamente sobre essa armadura pode causar grandes alterações no seu posicionamento, com grandes implicações na eficiência da armadura e potencialmente na estabilidade estrutural da laje.....	19
Figura 5 - Lajes em nível e rebaixada em balanço, com indicação da região onde ocorre fissuração em casos de armadura superior (negativa) mal posicionada ou sobrecarga	20
Figura 6 - Modelo de Laudo de Estabilidade Estrutural de marquise, sacada, fachada e outros, da Prefeitura Municipal de Porto Alegre	24
Figura 7 - Marquise com estrutura formada por laje em balanço, sem sobrecargas visíveis ..	26
Figura 8 - Marquise com sinais de manchamento e fissuras no revestimento inferior	26
Figura 9 - Marquise com sinais de manchamento e fissuras no revestimento inferior	28
Figura 10 - Marquise com estrutura formada por laje em balanço, sem sobrecargas, com sinais de manchamento e fissuras no revestimento inferior	28
Figura 11 - Marquise com sinais de manchamento e fissuras no revestimento inferior	29
Figura 12 - Marquise com estrutura formada por laje em balanço, sem sobrecargas	29
Figura 13 - Marquise com sinais de manchamento	30
Figura 14 - Marquise com estrutura formada por laje em balanço, em curva, sem sinais de sobrecargas	30
Figura 15 - Marquise com face inferior bem conservada, sem sinais de manchamento ou fissuração.....	31
Figura 16 - Marquise com corrosão de armadura e deslocamento do revestimento inferior	31
Figura 17 - Marquise com estrutura formada por laje em balanço, em curva, sem sinais de sobrecargas	32
Figura 18 - Marquise com indícios de descolamento de revestimento na parte inferior, já reparado	32
Figura 19 - Marquise com estrutura formada por laje em balanço, sem sinais de sobrecargas	33
Figura 20 - Ausência de sinais de infiltração, fissuras ou manchamentos	33

Figura 21 - Marquise com estrutura formada por laje em balanço, sem sinais de sobrecargas. Houve o cuidado de fazer a fixação da placa de sinalização diretamente na viga de fachada, sem gerar sobrecarga à marquise.....	34
Figura 22 - Detalhe da fixação da placa de sinalização.....	34
Figura 23 - Marquise com estrutura formada por laje em balanço, sem sinais de sobrecargas. Houve o cuidado de fazer a fixação do condensador do aparelho de ar-condicionado na parede de fachada, utilizando mão-francesa, não gerando desta forma sobrecarga para a marquise ..	35
Figura 24 - Marquise com estrutura com vigas laterais em balanço e frontal.....	35
Figura 25 - Marquise com estrutura formada por laje em balanço, sem sinais fissuração ou manchamentos	36
Figura 26 - Marquise com estrutura formada por laje em balanço, sem sinais de sobrecargas. Houve o cuidado de fazer a fixação do condensador do aparelho de ar-condicionado na parede de fachada, utilizando mão-francesa, não gerando desta forma sobrecarga para a marquise. .	36
Figura 27 - Vista inferior, sem sinais fissuração ou manchamentos	37
Figura 28 - Marquise com estrutura formada por laje em balanço, sem sobrecargas, com sinais de manchamento e fissuras no revestimento inferior	37
Figura 29 - Marquise com estrutura formada por laje em balanço, sem sobrecargas, com sinais de manchamento e fissuras no revestimento inferior	38
Figura 30 - Marquise com estrutura formada por laje em balanço, com sobrecarga causada por máquinas condensadoras de ar condicionado apoiadas diretamente na estrutura.....	38
Figura 31 - Marquise com estrutura formada por laje em balanço, com problemas de infiltração na junta	39
Figura 32 - Marquise com estrutura formada por laje em balanço, com deslocamento do revestimento lateral e inferior.....	39
Figura 33 - Marquise com estrutura formada por laje em balanço, com problemas de infiltração e dreno obstruído por vegetação	40
Figura 34 - Marquise com estrutura formada por laje em balanço, com problemas de infiltração e dreno obstruído por vegetação.	40
Figura 35 - Marquise com estrutura formada por laje em balanço, com problemas de infiltração e descolamento da pintura.....	40
Figura 36 - Fissuração na face inferior de laje apoiada no contorno, quando próxima da configuração de ruptura. Tal configuração pode ocorrer em marquises e sacadas com vigas de contorno.....	41
Figura 37 – Dimensões da abertura na laje	45
Figura 38 - Aplicação de carga em prova de carga através de piscina desmontáveis e água..	51
Figura 39 - Medição dos deslocamentos na laje sob prova de carga através de relógio comparador mecânico ou de LVDT	52
Figura 40 - Pacômetro	53
Figura 41 – Propriedades do concreto	55
Figura 42 - Exemplos de escoramento	68

Figura 43 - Diagrama das fibras	69
Figura 44 - Indica a posição das camadas	71
Figura 45 - Reforço com perfis metálicos	72
Figura 46 - Marquise com tirantes.....	74
Figura 47 - Marquise com mãos-francesas.....	74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Exigências de durabilidade relacionadas à fissuração e à proteção da armadura, em função das classes de agressividade ambiental.....	42
Tabela 2 - Valores do coeficiente adicional de majoração dos esforços solicitantes para lajes em balanço.....	44
Tabela 3 - Peso específico dos materiais de construção	47
Tabela 4 - Valores mínimos das cargas verticais.....	49
Tabela 5 – Mapeamento da estrutura, formação de lotes e quantidade de testemunhos a serem extraídos.....	56
Tabela 6 – Valores de K_1	58
Tabela 7 - Valores de k_2 em função do efeito do bronqueamento em função do diâmetro do testemunho.....	58
Tabela 8 - Classes de agressividade ambiental (CAA) – ABNT NBR 6118:2014	60
Tabela 9 - Correspondência entre a classe de agressividade e a qualidade do concreto ABNT NBR 6118: 2014.....	61
Tabela 10 - Correspondência entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal para Delta c igual a 10 mm – ABNT NBR 6118: 2014.....	62

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO E CONTEXTUALIZAÇÃO.....	10
1.1 MARQUISES E SACADAS: CONCEITUAÇÃO, CONCEPÇÃO ESTRUTURAL E EXECUÇÃO	10
1.2 MANUTENÇÃO.....	12
1.3 VISTORIAS PERIÓDICAS.....	13
1.4 OBJETIVOS.....	15
1.5 DELIMITAÇÕES E LIMITAÇÕES	15
1.6 DELINEAMENTO DO TRABALHO	15
2 POSSÍVEIS CAUSAS DE ACIDENTES EM MARQUISES.....	17
2.1 MAL POSICIONAMENTO DAS ARMADURAS	17
2.2 CORROSÃO DAS ARMADURAS	20
2.3 ACIDENTES COM MARQUISES.....	21
2.4 PROCEDIMENTOS NECESSÁRIOS PARA A REALIZAÇÃO DE LAUDO DE INSPEÇÃO E RECUPERAÇÃO DA ESTRUTURA.....	25
3 INSPEÇÃO VISUAL DE MARQUISES E SACADAS	26
3.1 CONDIÇÕES GERAIS DE CONSERVAÇÃO, CONFIGURAÇÕES ESTRUTURAIS E CARREGAMENTO	26
3.2 FISSURAS.....	41
3.3 FALHAS OU "NINHOS" DE CONCRETAGEM.....	43
4 PRESCRIÇÕES NORMATIVAS SOBRE DIMENSÕES MÍNIMAS, DEFORMAÇÕES E CUIDADOS COM O DIMENSIONAMENTO	44
4.1 CARGAS PREVISTAS EM MARQUISES: ESTIMATIVA E CONSTATAÇÃO DE SOBRECARGAS	45
4.2 ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS.....	52
4.3 ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS	53
4.3.1 Pacometria.....	53
4.3.2 Esclerometria	54
4.4 ENSAIOS DESTRUTIVOS - EXTRAÇÃO DE TESTEMUNHOS	55
4.4.1 Estruturas existentes	56
4.4.2 Coeficientes de correção.....	57
4.4.2.1 Relação h/d (k1)	57

4.4.2.2 Efeito do broqueamento em função do diâmetro do testemunho (k2).....	58
4.4.2.3 Direção da extração em relação ao lançamento do concreto (k3)	58
4.4.2.4 Efeito da umidade do testemunho (k4)	59
4.5 COBRIMENTO E DURABILIDADE	59
4.6 DURABILIDADE	59
4.7 AGRESSIVIDADE AMBIENTAL.....	59
4.8 QUALIDADE DO COBRIMENTO	60
4.9 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS E DETERIORAÇÃO ESTRUTURAL.....	62
5 IMPERMEABILIZAÇÃO.....	64
5.1 EXECUÇÃO DE IMPERMEABILIZAÇÃO	65
5.1.1 Retirada do sistema deteriorado existente	65
5.1.2 Preparação de superfícies	65
5.1.3 Imprimação	65
5.1.4 Impermeabilização	66
5.1.5 Teste de lâmina d'água.....	66
5.1.6 Camada separadora	66
5.1.7 Proteção mecânica	66
5.1.8 Proteções e isolamentos	66
5.1.9 Limpeza final.....	67
6 ESCORAMENTO PARA TRABALHOS DE MANUTENÇÃO	68
6.1 REFORÇO ESTRUTURAL (CONCEPÇÃO E EXECUÇÃO).....	69
6.2 ADIÇÃO DE FIBRA DE CARBONO.....	69
6.3 ADIÇÃO DE PERFIS METÁLICOS E/OU ADIÇÃO DE CHAPA DE AÇO COLADA	71
6.4 ADIÇÃO DE ARMADURA	72
6.5 ALTERAÇÃO DA VINCULAÇÃO.....	73
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	75
REFERÊNCIAS.....	77

1 INTRODUÇÃO E CONTEXTUALIZAÇÃO

Marquises e sacadas são elementos arquitetônicos que pela forma como é concebida sua estrutura e pela exposição constante às intempéries e agentes agressivos, frequentemente apresentam problemas, muitos com consequências catastróficas. Tais elementos requerem atenção e manutenção constantes e são objeto de legislação específica que estabelece os critérios e a periodicidade mínima para vistorias por profissional tecnicamente capacitado.

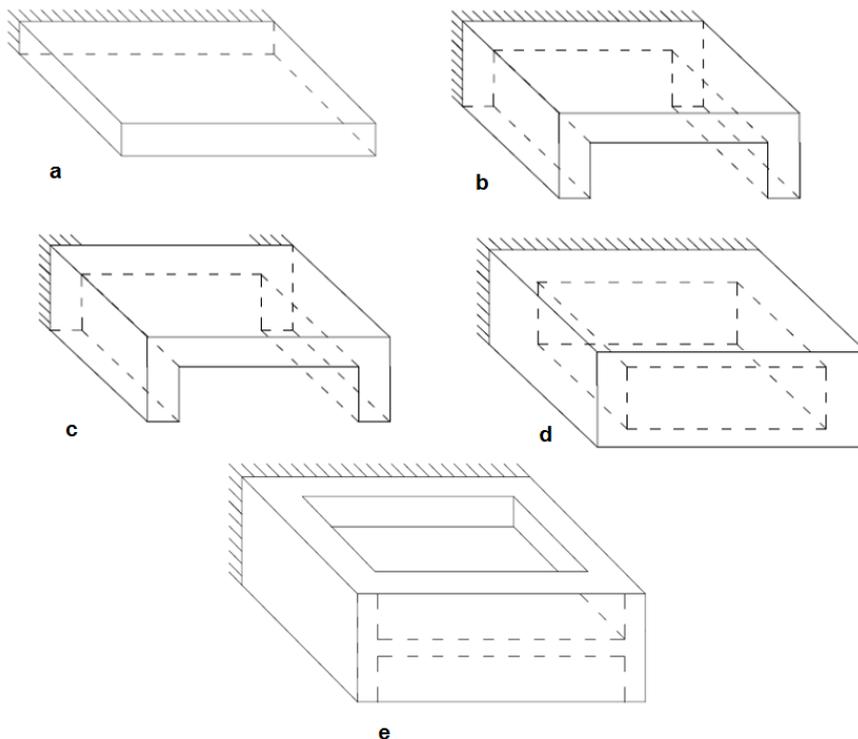
1.1 MARQUISES E SACADAS: CONCEITUAÇÃO, CONCEPÇÃO ESTRUTURAL E EXECUÇÃO

Marquises são estruturas em balanço formadas por vigas e lajes ou por apenas uma laje. Normalmente, são projetadas com a função arquitetônica de cobertura e proteção do espaço de entrada das edificações. As marquises podem receber cargas de pessoas, de anúncios comerciais ou outras formas de propaganda, de impermeabilização etc. (BASTOS, 2006).

A sacada, também conhecida como balcão, é uma extensão do imóvel, em geral projetando-se de forma saliente em relação à fachada. São mais comuns em apartamentos, representando uma adição ao espaço interno. (BR House, 2015). As sacadas têm em geral fechamento vertical incompleto, com aberturas permanentes, e o acesso às mesmas é feito em geral por uma porta ou porta-janela, comunicando o ambiente externo com o cômodo interno da edificação.

Tanto as marquises quanto as sacadas são elementos concebidos estruturalmente em balanço. Em marquises de concreto armado, é comum que a estrutura da mesma seja composta unicamente por uma laje em balanço, engastada nas lajes internas adjacentes. Em sacadas de concreto armado, é comum que a estrutura seja composta por uma laje rebaixada apoiada em um contorno de vigas, com as vigas laterais em balanço se engastando em tramos de vigas internos à edificação, formando vigas contínuas. Contudo, os dois modelos estruturais podem ser utilizados tanto em marquises como em sacadas. Algumas das concepções estruturais que podem ser utilizadas em marquises e sacadas estão mostradas na figura 1.

Figura 1 - a) Laje em balanço; b) Laje engastada na edificação apoiada sobre vigas em balanço; c) laje apoiada em vigas em balanço; d) laje apoiada em vigas de contorno, sendo as laterais em balanço; e) Laje rebaixada apoiada em vigas de contorno, sendo as laterais em balanço (algumas linhas tracejadas foram omitidas para melhor compreensão dos desenhos)



Fonte: Autor

Em geral as marquises são concebidas como lajes em balanço, e as sacadas em geral têm vigas de apoio, sendo mais comum acidentes envolvendo falhas estruturais em marquises do que em sacadas.

Os projetos estruturais de marquises são relativamente simples, mas devem ser tomados os cuidados com o cobrimento do concreto e o correto posicionamento das armaduras superiores. A execução exige atenção para o uso de caranguejos e espaçadores entre fôrmas e armadura. Devido à peculiaridade da localização das armaduras principais na parte superior da marquise, Grochoski e Medeiros (2007) salientam que devem ser tomados cuidados redobrados quanto ao posicionamento das armaduras no momento da construção e concretagem da estrutura, já que “existe a possibilidade de ocorrer o afundamento destas barras devido ao tráfego de operários no momento da montagem da armação e da concretagem, e ao adensamento do concreto com o uso de vibradores”. É fundamental a conferência das armaduras pelo engenheiro antes da concretagem.

As marquises nunca devem ser negligenciadas quanto à flecha e deformações excessivas, formação de fissuras, deficiência no comprimento das armaduras e na ancoragem da laje em balanço.

O difícil acesso à parte superior da marquise pode dificultar a manutenção. Problemas na impermeabilização e cargas adicionais de elementos de fachada podem agravar o risco de queda da estrutura.

A cura deve ser respeitada, pois é um erro que leva à fissuração. A impermeabilização é importantíssima. Ancoragem da manta, deficiência de traspases, perda de aderência por falta de tratamento e regularização das bases, entre outros, devem ser objeto de atenção, bem como o escoramento da laje que deve ser removido no momento certo (MEDEIROS; GROCHOSKI, 2007). A impermeabilização deve atender aos requisitos da ABNT NBR 9575:2010 da ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), com atenção para dimensionamento correto de coletores de água pluvial evitando água empçada.

1.2 MANUTENÇÃO

Entende-se por manutenção de uma estrutura o conjunto de atividades necessárias à garantia do seu desempenho satisfatório ao longo do tempo, ou seja, o conjunto de rotinas que tenham por finalidade o prolongamento da vida útil da obra, a um custo compensador (SOUZA; RIPPER, 2009).

A inspeção predial é atividade que ainda não tem suporte normativo através da ABNT. Existe um projeto para a norma ABNT NBR 16747 - Inspeção Predial, mas a mesma ainda não entrou em vigor. Há, ainda, a Norma de Inspeção Predial Nacional do Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia (2012), na ausência de uma norma da ABNT.

Para prevenir acidentes com marquises ou de qualquer espécie, não se deve negligenciar a manutenção. Marquises e varandas demandam cuidados especiais: não devem ser sobrecarregados e não devem acumular água.

A parte mais sensível dessas estruturas é o engaste junto ao plano da fachada. Jamais se deve permitir nova impermeabilização sem a retirada do material antigo. Caso a varanda ou marquise apresentem deterioração devem ser escoradas para execução de qualquer serviço.

Não deve ser permitida a estocagem de entulho ou material de construção sobre a marquise ou a varanda. Letreiros e equipamentos (ar condicionado e outros), só podem ser

colocados sobre marquises após a verificação da compatibilidade de cargas. Elementos perfurantes podem danificar a impermeabilização do sistema.

É importante a existência de um Plano de Manutenção Preventiva (com intervenções periódicas) seguido com rigor, para se manter a durabilidade e a segurança estrutural da marquise e, evidentemente, salvaguardar as vidas dos seus usuários e condôminos. A utilização de material adequado para os reparos também deve entrar na cartilha de qualquer administrador.

1.3 VISTORIAS PERIÓDICAS

Apesar de existência de normas da ABNT que orientem sobre a construção civil, não há uma regulamentação federal específica sobre a conservação de marquises. Mas vale se atentar às legislações municipais (FiberSals, 2019).

A seguir, algumas legislações disponíveis.

Rio de Janeiro: exige Declaração de Segurança Estrutural das Marquises (DSEM), a cada 3 anos e aplicação de multas e notificações quando necessário (Decreto nº 27663 de 9 de março de 2007).

Santos: periodicamente os donos de imóveis cujos elementos estejam sobre logradouro público devem apresentar à prefeitura uma ART emitida por um engenheiro ou arquiteto responsável pela vistoria.

São Paulo: tramita na Câmara Municipal um projeto de lei para tornar obrigatória a vistoria das marquises.

Belo Horizonte: Com 30 anos de vigência, a lei municipal nº 4695 institui como obrigatório o laudo técnico de segurança, porém, a regra é válida aos estabelecimentos comerciais.

Curitiba: Lei municipal nº 11095 trata da conservação das obras em geral, mas conta com uma seção específica somente sobre marquises passando pela conservação, materiais que devem ser utilizados, iluminação, etc.

Salvador: Além de regulamentar sobre os documentos exigidos e tratar das vistorias técnicas, a Lei municipal nº 5907 traz orientações sobre a manutenção preventiva das marquises.

Porto Alegre tem uma legislação específica que requer relatório assinado por profissional registrado no CREA a cada três anos. A inspeção predial não tem suporte

normativo da ABNT, podendo-se utilizar a norma de inspeção predial nacional do IBAPE (2012).

A manutenção preventiva pode ser feita independentemente da legislação da cidade, garantindo que qualquer problema seja identificado e solucionado rapidamente, evitando acidentes (FiberSals, 2019).

As marquises e sacadas são elementos de maior fragilidade das construções e sua estabilidade é fortemente dependente das suas condições de uso e manutenção. Considerando que a impermeabilização tem vida útil curta; as vistorias periódicas devem ocorrer com intervalos de tempo curtos, como em Porto Alegre, que são exigidas a cada três anos.

O especialista em engenharia civil Franco Pagani acredita que ainda falta conscientização sobre a importância de realizar verificações periódicas nas marquises de edifícios.

No caso da conservação das marquises, recomenda-se uma atenção especial no tratamento de impermeabilização escolhido.

Pontos de infiltração e umidade, presença de vegetação na estrutura de concreto, armaduras enferrujadas à mostra e trincas situadas na junção da marquise com a parede são sinais que podem indicar um perigo iminente. “O ideal é chamar um profissional competente para checar a situação real da estrutura” (SICON, 2020).

Medeiros e Grochoski (2007, p. 99) informam que a falta de impermeabilização em marquises é ainda mais preocupante, por elas estarem expostas ao ambiente externo. Essas estruturas ficam sujeitas ao acesso de agentes agressivos através das microfissuras e da permeabilidade característica do concreto provocando a despassivação da armadura e a consequente corrosão das barras.

Pode-se considerar como agentes agressivos os íons cloretos e poluentes atmosféricos, como o gás carbônico e o monóxido de carbono, que combinados com a água da chuva formam a chuva ácida de alto poder de deterioração. Somados a isso estão a presença de fuligem ácida decorrente da queima de combustíveis, presença de fungos e o excremento de animais. Os ciclos de molhagem e secagem aceleram ainda mais esse fenômeno. É recomendável a renovação da impermeabilização se esta tiver mais de cinco anos, sendo provável que esteja vencida, qualquer mancha na superfície inferior é suficiente para condenar a impermeabilização (RIZZO, 2007, p. 98).

1.4 OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é fornecer subsídios para que os laudos de estabilidade estrutural e de vistoria de marquises possam atender às exigências do Decreto 9425/89 da Prefeitura Municipal de Porto Alegre, de forma tecnicamente correta, tanto no aspecto estrutural como no de manutenção e conservação, abordando procedimentos de identificação dos problemas existentes e de correção dos mesmos.

1.5 DELIMITAÇÕES E LIMITAÇÕES

As marquises abordadas neste trabalho são apenas as que têm estrutura em concreto armado, submetidas a carregamento estático. Não serão abordadas estruturas de concreto protendido, ou submetidas a cargas dinâmicas ou efeitos sísmicos.

Serão apresentados procedimentos para a execução de recuperação e reforço estrutural, mas o dimensionamento desses reforços está fora do escopo do trabalho.

Apenas os processos usuais de degradação das marquises e os consequentes procedimentos necessários para a conservação das mesmas serão abordados. Ocorrências excepcionais como incêndio e colisões não serão tratados neste trabalho.

Na elaboração deste texto, foi utilizada a norma NBR 6120:1980. No final de 2019 entrou em vigor uma nova revisão da norma, a qual não foi considerada neste trabalho.

1.6 DELINEAMENTO DO TRABALHO

No capítulo 1 é feita uma contextualização do problema das marquises e sacadas, o estabelecimento dos objetivos do trabalho, seu escopo e organização.

No capítulo 2 são descritas as principais causas de acidentes em marquises, o acidente emblemático da marquise da Arapuã em Porto Alegre e como a partir deste acidente foi promulgada a atual legislação de vistoria periódica de marquises e sacadas em Porto Alegre, culminando com o procedimento de como realizar uma vistoria em um desses elementos à luz da legislação e das melhores técnicas

No capítulo 3 apresenta-se a inspeção visual e levantamento fotográfico, com exemplos de análise visual de marquises em edificações na Grande Porto Alegre, bem como uma descrição dos procedimentos necessários à verificação das deformações e mapeamento das fissuras existentes.

No capítulo 4 constam os procedimentos para a análise do projeto estrutural, se existente, ou o levantamento in loco da estrutura.

No capítulo 5 são descritos os procedimentos para a verificação e, se necessário, a recuperação do sistema de impermeabilização existente.

No capítulo 6 consta os procedimentos necessários para a recuperação estrutural, quando a mesma se faz necessária.

No capítulo 7 apresentam-se as considerações finais.

2 POSSÍVEIS CAUSAS DE ACIDENTES EM MARQUISES

Neste capítulo são descritas as principais causas de acidentes em marquises, visando entender como essas estruturas estão sujeitas a ruína, e posteriormente são descritos acidentes com esse tipo de estrutura, incluindo o acidente da marquise da loja Arapuã de Porto Alegre em 1988 que, dada à gravidade, resultou na criação de um decreto, uma lei municipal, a exigência de vistorias periódicas e um modelo de laudo.

As principais causas do colapso das marquises, de forma geral, estão relacionadas a uma ou mais das possibilidades que seguem: deficiência de projeto, mau posicionamento das armaduras, corrosão de armaduras, sobrecarga, mau uso da edificação, falhas na execução e escoramento incorreto. No caso das marquises, a manutenção preventiva é de extrema importância, visto que em geral são estruturas isostáticas e com um único vínculo que sofre ruptura brusca, sem aviso (MEDEIROS; GROCHOSKI, 2007). Como a marquise é um elemento em geral em contato com a edificação principal apenas pela região de engastamento, é uma região merecedora de atenção, tanto no projeto, quanto na execução e na conservação.

A perícia para a investigação do mecanismo e agentes causadores do desabamento de uma marquise precisa ser realizada de forma minuciosa, abordando todas as possibilidades, já que esta pode ser utilizada pela Justiça para responsabilizar criminalmente o projetista, o proprietário, o síndico ou a empresa executora. É bastante aconselhável que a perícia seja integrada por equipe multidisciplinar, com profissionais da área de patologia e durabilidade das estruturas e de cálculo estrutural. Isso faz com que todas as possibilidades da ruína da estrutura sejam abordadas com o nível de detalhamento adequado, produzindo um parecer técnico mais adequado (MEDEIROS; GROCHOSKI, 2007).

Verifica-se, assim, a necessidade de perícia por equipe multidisciplinar para investigar os agentes causadores do desabamento. Isso leva a indicar as causas de ruínas da estrutura, levando a um parecer técnico adequado.

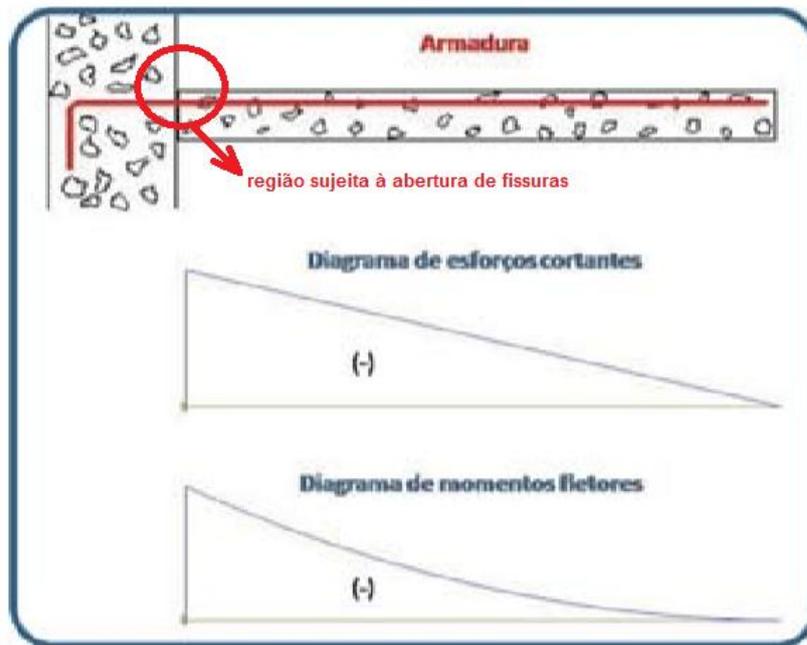
2.1 MAU POSICIONAMENTO DAS ARMADURAS

Por ser uma estrutura em balanço, a marquise está sujeita a momentos negativos, tracionando as fibras superiores. Esses esforços podem ser vistos na figura 1. Isso significa que para resistir a esses esforços as armaduras principais devem estar posicionadas junto à face superior da laje. Por isso, é preciso ter cuidado para que não haja o afundamento dessas armaduras com o tráfego de operários no momento da montagem da armação, da concretagem e do adensamento do concreto com vibradores.

Em marquises diretamente engastadas (lajes em balanço), cuja altura é normalmente reduzida, o efeito do posicionamento das armaduras negativas é ainda mais relevante. É importante que o responsável pela obra só libere a concretagem dessas estruturas após uma revisão do posicionamento das armaduras.

O uso de espaçadores (caranguejos) em número e posição adequados, o emprego de barras menos deformáveis com diâmetros maiores que os usualmente empregados na armadura junto à face inferior das lajes, bem como o uso de plataformas apoiadas nas formas do fundo da laje na região das armaduras negativas, protegendo-as da ação do tráfego de operários e equipamentos são medidas utilizadas para prevenir problemas de mau posicionamento.

Figura 2 - Diagramas de cortante e momento fletor da marquise engastada



Fonte: Medeiros e Grochoski (2007) com modificação do autor

Figura 3 - Concretagem típica de laje, com os operários apoiados diretamente sobre as armaduras



Fonte: <https://www.escolaengenharia.com.br/concretagem/>

Figura 4 - Espaçadores plásticos para posicionamento da armadura superior de uma laje (armadura negativa). O tráfego de operários e equipamentos diretamente sobre essa armadura pode causar grandes alterações no seu posicionamento, com grandes implicações na eficiência da armadura e potencialmente na estabilidade estrutural da laje



Fonte: Jeruel Plásticos

2.2 CORROSÃO DAS ARMADURAS

Um motivo que aumenta a chance do colapso abrupto de uma marquise é o fato de que existe uma tendência ao surgimento de microfissuras na parte superior do engaste, como indicado na figura 5.

Figura 5 - Lajes em nível e rebaixada em balanço, com indicação da região onde ocorre fissuração em casos de armadura superior (negativa) mal posicionada ou de sobrecarga



Fonte: Autor

O sistema de impermeabilização, com devida manutenção, impede o acesso de umidade e de agentes agressivos nas fissuras existentes de forma eficiente, reduzindo o risco de corrosão do aço na região do engaste da marquise. O problema ocorre geralmente pela falta de manutenção desse sistema, permitindo a entrada de agentes agressivos como íons cloretos e poluentes atmosféricos típicos como gás carbônico, monóxido de carbono e outros gases ácidos que juntos com a água da chuva formam a camada de chuva ácida decorrente da queima de combustíveis (MEDEIROS; GROCHOSKI, 2007).

A despassivação das armaduras vem do acesso desses produtos através das fissuras até entrar em contato com as armaduras. Com o processo climático de molhamento e secagem, o clima é favorável para a corrosão de forma acelerada.

Segundo Cunha e Helene (2001), a corrosão pode ser definida como a interação destrutiva de um material com o meio ambiente, seja por ação física, química, eletroquímica, ou por combinação destas. Como ações físicas podem-se citar os fenômenos de cavitação e erosão; como ações químicas, as reações de expansão e de lixiviação dos compostos hidratados da pasta de cimento Portland em argamassa e concretos e, como ação eletroquímica típica, a maioria dos processos corrosivos de metais em meios aquosos.

O mecanismo de ruptura brusca típico de uma marquise estruturalmente formada por uma laje em balanço é caracterizado pela abertura de fissuras na região de engastamento, decorrente do mau posicionamento das armaduras, da aplicação de sobrecargas na marquise

ou por falha de projeto. Quando as fissuras ultrapassam a impermeabilização, há a penetração de água e agentes agressivos e o início do processo de corrosão da armadura. A corrosão da armadura provoca diminuição da seção transversal resistente das armaduras e é um fenômeno expansivo. Ambos mecanismos promovem um aumento da deformação da laje e da abertura de fissuras na região de engastamento, aumentando a penetração de água e agentes agressivos acelerando o processo de corrosão. O mecanismo todo é autoalimentado, e sendo a estrutura isostática, não há redistribuição de esforços para elementos estruturais adjacentes. A falha da região de engastamento torna a estrutura um mecanismo, provocando o colapso geralmente de forma brusca e com poucos avisos, podendo causar acidentes, como os que serão mostrados a seguir.

2.3 ACIDENTES COM MARQUISES

Com o objetivo de contextualizar o tema de inspeção e manutenção em marquises de concreto armado e alertar o leitor da gravidade do assunto será apresentado um pequeno resumo sobre as notícias que envolveram tais elementos arquitetônicos.

Em agosto de 2017 em Gaibú, Cabo de Santo Agostinho, houve o desabamento de uma marquise, matando três pessoas, incluindo um menino de 11 anos, e ferindo uma quarta (DIÁRIO DE PERNAMBUCO, 2017). Em julho de 2017, no município de Triunfo, Sertão de Pernambuco, um rapaz de 25 anos morreu após o desabamento de uma marquise no pátio da sua casa (JORNAL DO COMMRCIO, 2017). É interessante notar aqui que, embora o foco das notícias seja geralmente marquises que estão em centros comerciais nas ruas, nas residências os riscos de acidente nas estruturas em balanço são os mesmos. Em julho de 2017, em São Leopoldo, num prédio em construção, a queda de uma marquise deixou dois operários mortos e três feridos (BAND/RS, 2017).

Um acidente envolvendo uma marquise que se tornou marcante foi o da marquise da loja Arapuã, que desabou em outubro de 1988, resultando em nove mortes e dez feridos (BETA REDAÇÃO ESPECIAL 2016). Após o acidente, foi instaurada uma mudança na regulação de marquises em Porto Alegre. O poder público porto-alegrense entendeu a gravidade do fato e propôs uma legislação específica sobre o uso e conservação de marquises. Trata-se de uma responsabilidade compartilhada pela segurança da cidade, porque cabe ao proprietário, síndico ou representante legal da edificação apresentar o laudo técnico elaborado pelo profissional habilitado. Ao mesmo tempo, arquitetos e engenheiros podem alertá-los

sobre suas responsabilidades, muitas vezes desconhecidas ou negligenciadas. A prefeitura, por sua vez, tem promovido editais que determinam a apresentação do Laudo de Estabilidade Estrutural (LEE), mas também pode intensificar suas ações de fiscalização e, principalmente, conscientização do tema junto à sociedade. O decreto, a lei e o laudo serão mostrados a seguir.

Texto da Lei municipal nº 6323 de 1988 da Prefeitura Municipal de Porto Alegre, que estabelece critérios para a conservação de elementos nas fachadas dos prédios.

Lei nº 6323/1988

Estabelece critérios para a conservação de elementos nas fachadas dos prédios.

Compete aos proprietários dos prédios a manutenção e a conservação dos elementos construtivos e/ou apostos às fachadas dos mesmos.

Os responsáveis, nas pessoas dos síndicos ou proprietários, pelos prédios que possuam marquises projetadas sobre logradouros públicos, deverão apresentar à Secretaria Municipal de Obras e Viação, laudo de estabilidade estrutural das mesmas.

Os responsáveis, nas pessoas dos síndicos ou proprietários, pelos prédios que possuam marquises projetadas sobre logradouros públicos, deverão apresentar à Secretaria Municipal de Obras e Viação, laudo de estabilidade estrutural das mesmas.

O referido laudo deverá ser efetuado necessariamente, com prova de carga, quando: apresentar fissuras ou deformações aparentes; apresentar manchas de infiltração de água; possuir elementos de sobrecarga apostos sobre a estrutura, tais como: painéis publicitários, luminosos e outros; apresentar qualquer outra anomalia.

As Cartas de Habilitação somente serão fornecidas aos prédios que possuam marquises mediante apresentação de laudo nos termos da Lei.

Os laudos de estabilidade estrutural deverão ser atualizados em períodos de 3 anos.

O não cumprimento das disposições nesta lei implicará em aplicação de multa no valor de 50 OTNs e interdição do prédio a critério da Secretaria Municipal de Obras e Viação. Prefeitura Municipal de Porto Alegre, 30 de dezembro de 1988.

(PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE, 1988)

A seguir, texto do Decreto 9425/1989 também da Prefeitura Municipal de Porto Alegre, que regulamenta a conservação de marquises.

Decreto 9425/1989

O decreto nº 9425 regulamenta a aplicação das medidas de conservação de marquises estabelecidas na lei 6323, de 30 de dezembro de 1988 e dá outras providências.

O Laudo de Estabilidade Estrutural deverá indicar as condições em que se encontra a marquise, especialmente no que concerne a existência de fissuras, deformações, manchas de infiltração de água, defeitos de impermeabilização, cargas adicionais ou qualquer outra anomalia, e recomendar as medidas necessárias a sua perfeita manutenções e conservação.

O laudo deverá ser elaborado e subscrito por profissional legalmente habilitado e encaminhado ao Protocolo Setorial da Secretaria Municipal de Obras e Viação com

Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) junto ao Conselho Regional de Engenharia e Arquitetura - CREA.

O laudo deverá conter, também, os seguintes dados relativos ao proprietário do imóvel ou seu representante legal: nome, endereço, telefone, nacionalidade, estado civil, profissão, CPF, número da cédula de identidade e órgão emitente, se pessoa física; razão social ou denominação, telefone e CGC, se pessoa jurídica.

O laudo deverá ser apresentado, na Secretaria Municipal de Obras e Viação, no prazo máximo de 60 dias, contados a partir do 3º ano de construção da marquise e renovado a cada período de 3 anos.

O laudo relativo a marquises com prazo de 60 dias a contar da vigência deste Decreto.

Quando a existência da marquise for obrigatória, deverá ser anexado ao pedido de demolição termo de compromisso prevendo a reconstrução.

O descumprimento de quaisquer obrigações ou providências determinadas neste Decreto, sujeitará o infrator às combinações previstas no art. 4º da Lei nº 6323, de 30 de dezembro de 1988. Prefeitura Municipal de Porto Alegre, 28 de abril de 1989.

(PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE, 1980)

A seguir, modelo de Laudo de Estabilidade Estrutural fornecido pela Prefeitura Municipal de Porto Alegre.

Figura 6 - Modelo de Laudo de Estabilidade Estrutural de marquise, sacada, fachada e outros, da Prefeitura Municipal de Porto Alegre

 <p>PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE SECRETARIA MUNICIPAL DE OBRAS E VIAÇÃO SUPERVISÃO DE EDIFICAÇÕES E CONTROLE</p> <p>LAUDO DE ESTABILIDADE ESTRUTURAL (LEI 6.323/88, DEC. Nº 9.425/89 E L. C. 284/92) (PARA MARQUISES E SACADAS DEVE SER RENOVADO A CADA 3 ANOS)</p> <p> <input type="checkbox"/> INICIAL COM RECOMENDAÇÕES <input type="checkbox"/> INICIAL E CONCLUSIVO <input type="checkbox"/> CONCLUSIVO </p> <p>REFERÊNCIA <input type="checkbox"/> MARQUISE <input type="checkbox"/> SACADAS <input type="checkbox"/> FACHADAS <input type="checkbox"/> OUTROS </p> <p>ENDEREÇO DA EDIFICAÇÃO(informar todos os números do prédio)</p> <table border="1"> <tr> <td colspan="2">CTM</td> </tr> <tr> <td>SETOR</td> <td>QUADRA</td> </tr> </table> <p>NOME / RAZÃO SOCIAL IDENTIFICAÇÃO DO PROPRIETÁRIO DO IMÓVEL</p> <p>ENDEREÇO</p> <p>TELEFONE IDENTIDADE/ÓRGÃO CNPF/CNPJ</p> <p>CARACTERÍSTICAS DO PRÉDIO <input type="checkbox"/> ALVENARIA <input type="checkbox"/> MADEIRA <input type="checkbox"/> METÁLICO <input type="checkbox"/> CONCRETO</p> <p>Nº DE PAVIMENTOS OBSERVAÇÕES:</p> <p>NOME IDENTIFICAÇÃO DO RESPONSÁVEL TÉCNICO ART Nº</p> <p>ENDEREÇO TELEFONE</p> <p>TÍTULO CREA Nº ASSINATURA</p> <p>NOME IDENTIFICAÇÃO DO REPRESENTANTE LEGAL FUNÇÃO</p> <p>ENDEREÇO TELEFONE</p> <p>MUNICÍPIO IDENTIDADE/ÓRGÃO</p> <p>ASSINATURA</p> <p>LAUDO / VISTORIA</p> <p>FORAM CONSTATADAS AS SEGUINTES ALTERAÇÕES:</p> <p> <input type="checkbox"/> FISSURA <input type="checkbox"/> DEFORMAÇÕES <input type="checkbox"/> MANCHAS DE INFILTRAÇÃO DE ÁGUA <input type="checkbox"/> DEFEITOS DE IMPERMEABILIZAÇÃO <input type="checkbox"/> CARGAS ACIDENTAIS <input type="checkbox"/> OUTRO(S) </p> <p>RECOMENDAÇÕES E/OU CONFIRMAÇÃO DA ESTABILIDADE ESTRUTURAL</p> <p style="text-align: right;"><small>se necessário utilize o verso</small></p> <p>DATA OBSERVAÇÃO: PRAZO PARA ATENDIMENTO DAS RECOMENDAÇÕES É DE 60 DIAS A CONTAR DA DATA AO LADO</p>	CTM		SETOR	QUADRA	DESPACHO
	CTM				
	SETOR	QUADRA			
	Nº DO EXPEDIENTE				
	NOTIFICAÇÃO				

"DIGA NÃO ÀS DROGAS"

(210 X 297mm, Bl. 1 X 50) A - CMA, MOD. OV- 127

2.4 PROCEDIMENTOS NECESSÁRIOS PARA A REALIZAÇÃO DE LAUDO DE INSPEÇÃO E RECUPERAÇÃO DA ESTRUTURA

Deve-se fazer a inspeção visual e levantamento fotográfico, com identificação de sobrecargas e de manifestações patológicas, verificando as deformações e fissuras. Se houver projeto estrutural, deve ser feita a sua análise. Caso contrário, deve-se fazer um levantamento in loco da estrutura. Alguns procedimentos comuns para verificação da estrutura são: janela de inspeção, pacometria, esclerometria, extração de testemunhos e avaliação das propriedades dos materiais.

A recuperação/reforço estrutural pode ser feita através dos seguintes procedimentos: escoramento deve ser feito antes do reparo, adição de armadura, adição de chapas metálicas/perfis metálicos, adição de fibra de carbono, alteração de vinculação.

O capítulo seguinte apresenta as fotos de edificações captadas em Porto Alegre, que apresentam marquises com variadas configurações, carregamentos e condições de conservação.

3 INSPEÇÃO VISUAL DE MARQUISES E SACADAS

A inspeção visual é o primeiro passo para a análise das condições estruturais e de uso de marquises e sacadas

3.1 CONDIÇÕES GERAIS DE CONSERVAÇÃO, CONFIGURAÇÕES ESTRUTURAIS E CARREGAMENTO

As fotos a seguir são de edificações no Centro de Porto Alegre que apresentam marquises com variadas configurações, carregamentos e condições de conservação.

Figura 7 - Marquise com estrutura formada por laje em balanço, sem sobrecargas visíveis



Fonte: Autor

Figura 8 - Marquise com sinais de manchamento e fissuras no revestimento inferior



Fonte: Autor

Figura 9 - Marquise com sinais de manchamento e fissuras no revestimento inferior



Fonte: Autor

Figura 10 - Marquise com estrutura formada por laje em balanço, sem sobrecargas, com sinais de manchamento e fissuras no revestimento inferior



Fonte: Autor

Figura 11 - Marquise com sinais de manchamento e fissuras no revestimento inferior



Fonte: Autor

Figura 12 - Marquise com estrutura formada por laje em balanço, sem sobrecargas



Fonte: Autor

Figura 13 - Marquise com sinais de manchamento



Fonte: Autor

Figura 14 - Marquise com estrutura formada por laje em balanço, em curva, sem sinais de sobrecargas



Fonte: Autor

Figura 15 - Marquise com face inferior bem conservada, sem sinais de manchamento ou fissuração



Fonte: Autor

Figura 16 - Marquise com corrosão de armadura e deslocamento do revestimento inferior



Fonte: Autor

Figura 17 - Marquise com estrutura formada por laje em balanço, em curva, sem sinais de sobrecargas



Fonte: Autor

Figura 18 - Marquise com indícios de descolamento de revestimento na parte inferior, já reparado



Fonte: Autor

Figura 19 - Marquise com estrutura formada por laje em balanço, sem sinais de sobrecargas



Fonte: Autor

Figura 20 - Ausência de sinais de infiltração, fissuras ou manchamentos



Fonte: Autor

Figura 21 - Marquise com estrutura formada por laje em balanço, sem sinais de sobrecargas. Houve o cuidado de fazer a fixação da placa de sinalização diretamente na viga de fachada, sem gerar sobrecarga à marquise



Fonte: Autor

Figura 22 - Detalhe da fixação da placa de sinalização



Fonte: Autor

Figura 23 - Marquise com estrutura formada por laje em balanço, sem sinais de sobrecargas. Houve o cuidado de fazer a fixação do condensador do aparelho de ar-condicionado na parede de fachada, utilizando mão-francesa, não gerando desta forma sobrecarga para a marquise



Fonte: Autor

Figura 24 - Marquise com estrutura com vigas laterais em balanço e frontal



Fonte: Autor

Figura 25 - Marquise com estrutura formada por laje em balanço, sem sinais fissuração ou manchamentos



Fonte: Autor

Figura 26 - Marquise com estrutura formada por laje em balanço, sem sinais de sobrecargas. Houve o cuidado de fazer a fixação do condensador do aparelho de ar-condicionado na parede de fachada, utilizando mão-francesa, não gerando desta forma sobrecarga para a marquise.



Fonte: Autor

Figura 27 - Vista inferior, sem sinais fissuração ou manchamentos



Fonte: Autor

Figura 28 - Marquise com estrutura formada por laje em balanço, sem sobrecargas, com sinais de manchamento e fissuras no revestimento inferior



Fonte: Autor

Figura 29 - Marquise com estrutura formada por laje em balanço, sem sobrecargas, com sinais de manchamento e fissuras no revestimento inferior



Fonte: Autor

Seguem fotos de marquises de edificações na Av. Assis Brasil, na zona norte da cidade.

Figura 30 - Marquise com estrutura formada por laje em balanço, com sobrecarga causada por máquinas condensadoras de ar condicionado apoiadas diretamente na estrutura



Fonte: Autor

Figura 31 - Marquise com estrutura formada por laje em balanço, com problemas de infiltração na junta



Fonte: Autor

Figura 32 - Marquise com estrutura formada por laje em balanço, com deslocamento do revestimento lateral e inferior.



Fonte: Autor

Figura 33 - Marquise com estrutura formada por laje em balanço, com problemas de infiltração e dreno obstruído por vegetação



Fonte: Autor

Figura 34 - Marquise com estrutura formada por laje em balanço, com problemas de infiltração e dreno obstruído por vegetação.



Fonte: Autor

Figura 35 - Marquise com estrutura formada por laje em balanço, com problemas de infiltração e descolamento da pintura



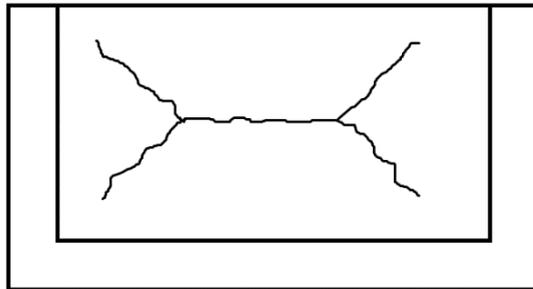
Fonte: Autor

3.2 FISSURAS

Em uma marquise estruturalmente concebida como uma laje em balanço, as fissuras ocorrem na face superior paralelas ao bordo de engastamento. Tais fissuras não são visíveis pela face inferior, a partir do passeio público, o que as torna ainda mais críticas, uma vez que a evolução de uma possível degradação estrutural somente poderá ser visualizada de forma direta através de uma inspeção da marquise, ou de forma indireta, através de manchas de umidade e oxidação na parte inferior da marquise. A existência de forro tende a dificultar a visualização desses sinais indiretos.

Em uma marquise concebida como uma laje apoiada em vigas de contorno, fissuras que indicam um possível mecanismo de colapso em andamento aparecem na face inferior, formando um “envelope” de ruptura, indicando as linhas nas quais os momentos estão provocando o escoamento das armaduras, o que não deveria ocorrer sob cargas de serviço. Novamente, a existência de forro tende a dificultar a visualização desses sinais.

Figura 36 - Fissuração na face inferior de laje apoiada no contorno, quando próxima da configuração de ruptura. Tal configuração pode ocorrer em marquises e sacadas com vigas de contorno



Fonte: Autor

Sobre fissuras e a proteção de armadura, a NBR 6118:2014 recomenda que:

13.4 Controle da fissuração e proteção das armaduras

13.4.1 Introdução

A fissuração em elementos estruturais de concreto armado é inevitável, devido à grande variabilidade e à baixa resistência do concreto à tração; mesmo sob as ações de serviço (utilização), valores críticos de tensões de tração são atingidos. Visando obter bom desempenho relacionado à proteção das armaduras quanto à corrosão e à aceitabilidade sensorial dos usuários, busca-se controlar a abertura dessas fissuras.

De maneira geral, a presença de fissuras com aberturas que respeitem os limites dados em 13.4.2, em estruturas bem projetadas, construídas e submetidas às cargas

previstas na normalização, não implicam em perda de durabilidade ou perda de segurança quanto aos estados-limites últimos.

As fissuras podem ainda ocorrer por outras causas, como retração plástica térmica ou devido a reações químicas internas do concreto nas primeiras idades, devendo ser evitadas ou limitadas por cuidados tecnológicos, especialmente na definição do traço e na cura do concreto.

13.4.2 Limites para fissuração e proteção das armaduras quanto à durabilidade

A abertura máxima característica w_k das fissuras, desde que não exceda valores da ordem de 0,2 mm a 0,4 mm, (conforme Tabela 2) sob ação das combinações frequentes, não tem importância significativa na corrosão das armaduras passivas.

A tabela 1 indica o tamanho máximo das aberturas de fissuras em relação à classe de agressividade ambiental (CAA)

Tabela 1 - Exigências de durabilidade relacionadas à fissuração e à proteção da armadura, em função das classes de agressividade ambiental

Tipo de concreto estrutural	Classe de agressividade ambiental (CAA) e tipo de protensão	Exigências relativas à fissuração	Combinação de ações em serviço a utilizar
Concreto simples	CAA I a CAA IV	Não há	–
Concreto armado	CAA I	ELS-W $w_k \leq 0,4$ mm	Combinação frequente
	CAA II e CAA III	ELS-W $w_k \leq 0,3$ mm	
	CAA IV	ELS-W $w_k \leq 0,2$ mm	
Concreto protendido nível 1 (protensão parcial)	Pré-tração com CAA I ou Pós-tração com CAA I e II	ELS-W $w_k \leq 0,2$ mm	Combinação frequente
Concreto protendido nível 2 (protensão limitada)	Pré-tração com CAA II ou Pós-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação frequente
		ELS-D ^a	Combinação quase permanente
Concreto protendido nível 3 (protensão completa)	Pré-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação rara
		ELS-D ^a	Combinação frequente
^a A critério do projetista, o ELS-D pode ser substituído pelo ELS-DP com $a_p = 50$ mm (Figura 3.1). NOTAS 1 As definições de ELS-W, ELS-F e ELS-D encontram-se em 3.2. 2 Para as classes de agressividade ambiental CAA-III e IV, exige-se que as cordoalhas não aderentes tenham proteção especial na região de suas ancoragens. 3 No projeto de lajes lisas e cogumelo protendidas, basta ser atendido o ELS-F para a combinação frequente das ações, em todas as classes de agressividade ambiental.			

3.3 FALHAS OU "NINHOS" DE CONCRETAGEM

Os ninhos de concretagem podem afetar a durabilidade e resistência das estruturas de concreto, que poderão sofrer deformações ou até entrar em colapso. As principais causas do problema são as falhas no processo de concretagem da estrutura, por exemplo, no lançamento ou adensamento do concreto, ou por erro no detalhamento da armadura.

Reparos com argamassa é uma técnica que pode, em princípio, ser utilizada para reparos superficiais de qualquer tamanho em área, mas apenas para pequenas profundidades - no máximo 5 centímetros, mas mantendo uma certa relação com a área; por exemplo, para áreas pequenas de até 10 cm², pode-se ir a até 5 cm de profundidade, mas para áreas de até 1,0 m², apenas a 2,5 cm de profundidade. Esta técnica é normalmente empregada apenas para os casos em que o que está deteriorado é a camada de concreto de cobrimento das armaduras, sendo portanto de grande importância que o interior do elemento estrutural não apresente anomalias, ou, caso as apresente, que elas sejam sanadas antes da utilização desta técnica. Exemplos típicos de serviços nos quais esta técnica deve ser utilizada são o enchimento de falhas e a regularização de lajes, a correção de deteriorações de pequena monta e a reconstituição de quinas quebradas de elementos estruturais. (SOUZA; RIPPER 2009).

Como recomendam os autores acima, os reparos com argamassa devem ser utilizados em áreas superficiais como o enchimento de falhas e a regularização de lajes, a correção de deteriorações de pequena monta e a reconstituição de quinas quebradas de elementos estruturais.

O capítulo seguinte apresenta as prescrições normativas sobre dimensões mínimas, deformações e cuidados com o dimensionamento.

4 PRESCRIÇÕES NORMATIVAS SOBRE DIMENSÕES MÍNIMAS, DEFORMAÇÕES E CUIDADOS COM O DIMENSIONAMENTO

Segundo a ABNT NBR 6118:2014, serão apresentados a seguir tópicos importantes para o projeto de uma marquise.

No item 13.2.4.1 a ABNT NBR 6118:2014 estabelece espessuras mínimas para lajes maciças, indicando:

- a) 7 cm para cobertura não em balanço;
- b) 8 cm para lajes de piso não em balanço;
- c) 10 cm para lajes em balanço;

No mesmo item, a norma informa que, para lajes em balanço, os esforços solicitantes de cálculo a serem considerados devem ser multiplicados por um coeficiente adicional γ_n , de acordo com o indicado na Tabela 2.

Tabela 2 - Valores do coeficiente adicional de majoração dos esforços solicitantes para lajes em balanço

h cm	≥ 19	18	17	16	15	14	13	12	11	10
γ_n	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35	1,40	1,45
onde $\gamma_n = 1,95 - 0,05 h$; h é a altura da laje, expressa em centímetros (cm). NOTA O coeficiente γ_n deve majorar os esforços solicitantes finais de cálculo nas lajes em balanço, quando de seu dimensionamento.										

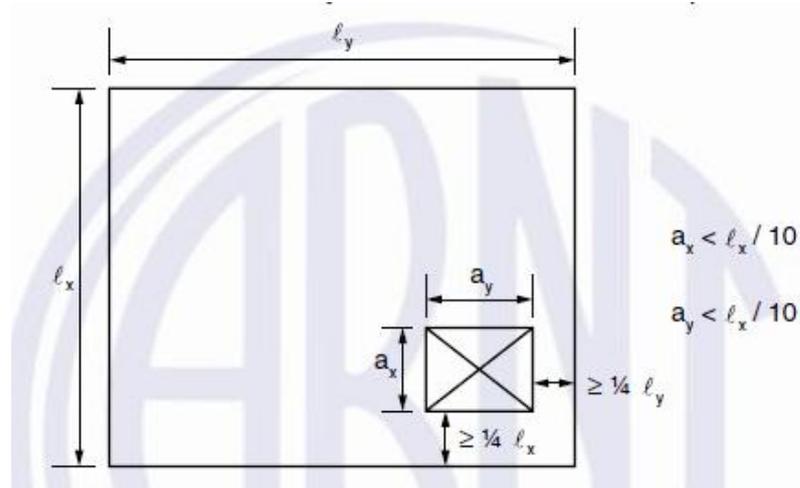
Fonte: ABNT NBR 6118: 2014

A ABNT NBR 6118:2014 estabelece condições para a análise de aberturas que atravessam a laje na direção de sua espessura. Em lajes lisas ou lajes-cogumelo, a verificação da resistência e deformação deve ser sempre realizada. Para outros tipos de laje, pode ser dispensada essa verificação quando a laje é armada nas duas direções e atende simultaneamente às condições:

- a) as dimensões da abertura devem corresponder no máximo a 1/10 do vão menor (L_x);
- b) a distância entre a face de uma abertura e o eixo teórico do apoio da laje deve ser igual ou maior que 1/4 do vão, na direção considerada; e

- c) a distância entre faces de aberturas adjacentes deve ser maior que a metade do menor vão.

Figura 37 – Dimensões da abertura na laje



Fonte: ABNT NBR 6118:2014

A ABNT NBR6118:2014 recomenda em sua tabela 13.3, valores limites de deslocamentos para diversos componentes estruturais. Especificamente para superfícies que devem drenar água, caso das marquises e sacadas, a limitação informada é a de deslocamento máximo de $L/250$, onde L é o vão da laje em questão.

4.1 CARGAS PREVISTAS EM MARQUISES: ESTIMATIVA E CONSTATAÇÃO DE SOBRECARGAS

A manutenção incorreta do sistema de impermeabilização pode ser um agente agravante na ruína da estrutura, quando é executado o acréscimo de sucessivas camadas de impermeabilização, ao invés de remover todo o sistema antigo para a execução de um novo procedimento, gerando sobrecarga.

O acúmulo de água na marquise também pode se tornar um fator de sobrecarga quando os sistemas de escoamento de águas pluviais estão subdimensionados ou estão falhos. Esta é uma hipótese levantada para o Anfiteatro de Londrina em 2006 (MEDEIROS; GROCHOSKI, 2007).

Outra fonte de sobrecarga é a instalação de equipamentos como máquinas de condicionamento de ar, entre outros, e de estruturas como painéis de publicidade e letreiros. Segundo a Comissão de Segurança de Edificações e imóveis em Curitiba (COSEDI), esta foi

uma das causas do desabamento da marquise do edifício Tavares, no Rio de Janeiro, em 1995. (MEDEIROS; GROCHOSKI, 2007). Ainda nesse aspecto pode-se salientar que o esforço do vento sobre esses letreiros é transmitido à marquise e pode ter sua estabilidade ameaçada. Deve-se consultar o engenheiro responsável pelo cálculo estrutural antes de instalar qualquer elemento desse tipo.

Em locais onde o carnaval de rua é tradição, algumas pessoas podem erroneamente usar essas estruturas como camarote.

Segundo Gonçalves (2011): “Vale lembrar que não é tão comum a sobrecarga excessiva produzir deformações visíveis em marquises, chegando estas muitas vezes ao colapso por sobrecarga antes da visualização de flechas”.

Pela ABNT NBR 6120:1980, as cargas são classificadas em cargas permanentes (g) e cargas acidentais (q). As cargas permanentes abrangem o peso próprio da estrutura e todos os elementos construtivos fixos e instalações permanentes. O sistema de impermeabilização é levado em conta nas cargas permanentes. Na falta de determinação experimental, a norma recomenda seguir a tabela 3 que indica os pesos específicos aparentes dos materiais em kN/m^3 .

Tabela 3 - Peso específico dos materiais de construção

NBR 6120/1980

2

Tabela 1 - Peso específico dos materiais de construção

Materiais		Peso específico aparente (kN/m ³)
1 Rochas	Arenito	26
	Basalto	30
	Gneiss	30
	Granito	28
	Mármore e calcáreo	28
2 Blocos artificiais	Blocos de argamassa	22
	Cimento amianto	20
	Lajotas cerâmicas	18
	Tijolos furados	13
	Tijolos maciços	18
	Tijolos sílico-calcáreos	20
3 Revestimentos e concretos	Argamassa de cal, cimento e areia	19
	Argamassa de cimento e areia	21
	Argamassa de gesso	12,5
	Concreto simples	24
	Concreto armado	25
4 Madeiras	Pinho, cedro	5
	Louro, imbuia, pau óleo	6,5
	Guajuvirá, guatambu, grápia	8
	Angico, cabriuva, ipê róseo	10
5 Metais	Aço	78,5
	Alumínio e ligas	28
	Bronze	85
	Chumbo	114
	Cobre	89
	Ferro fundido	72,5
	Estanho	74
	Latão	85
Zinco	72	
6 Materiais diversos	Alcatrão	12
	Asfalto	13
	Borracha	17
	Papel	15
	Plástico em folhas	21
	Vidro plano	26

Fonte: ABNT NBR 6120:1980

Além do próprio peso da estrutura de concreto armado, o peso dos revestimentos deve ser considerado na parcela de carga permanente. Na falta de uma indicação mais precisa, o

peso das camadas de enchimento e impermeabilização podem ser aproximadas pelo peso específico de argamassa, em especial a de cimento e areia (por segurança).

No caso de lajes inacessíveis a pessoas, a carga acidental a ser levada em conta é de 0,5 kN/m² considerando mínima a circulação de pessoas, apenas para efeitos de manutenção. No caso de sacadas (Balcões), a indicação normativa é utilizar como carga acidental a mesma empregada no ambiente com o qual a sacada se comunica, conforme Tabela 4.

Para sacadas, a ABNT NBR 6120:1980 também estabelece no seu item 2.2.1.5 que deve ser considerada cargas acidentais ao longo do bordo superior do guarda-corpo, de 2 KN/m na vertical para baixo e 0,8 kN na horizontal, em direção ao exterior da edificação.

Tabela 4 - Valores mínimos das cargas verticais

NBR 6120/1980

3

Tabela 2 - Valores mínimos das cargas verticais		Unid.: kN/m²
Local		Carga
1	Arquibancadas	4
2	Balcões	-
3	Bancos	2
	Escritórios e banheiros Salas de diretoria e de gerência	1,5
4	Bibliotecas	2,5
	Sala de leitura Sala para depósito de livros	4
	Sala com estantes de livros a ser determinada em cada caso ou 2,5 kN/m ² por metro de altura observado, porém o valor mínimo de	6
5	Casas de máquinas	7,5
6	Cinemas	3
	Platéia com assentos fixos Estúdio e platéia com assentos móveis	4
	Banheiro	2
7	Clubes	3
	Sala de refeições e de assembléia com assentos fixos	4
	Sala de assembléia com assentos móveis	5
	Salão de danças e salão de esportes Sala de bilhar e banheiro	2
8	Corredores	3
	Com acesso ao público Sem acesso ao público	2
9	Cozinhas não residenciais	3
10	Depósitos	-
	A ser determinada em cada caso, porém com o mínimo de	3
11	Edifícios residenciais	1,5
	Dormitórios, sala, copa, cozinha e banheiro Dispensa, área de serviço e lavanderia	2
12	Escadas	3
	Com acesso ao público (ver 2.2.1.7) Sem acesso ao público	2,5
13	Escolas	3
	Anfiteatro com assentos fixos Corredor e sala de aula	3
	Outras salas	2
14	Escritórios	2
15	Forros	0,5
16	Galerias de arte	3
17	Galerias de lojas	3
18	Garagens e estacionamentos	3
19	Ginásios de esportes	5

/continua

4

/continuação		Carga
Local		Carga
20 Hospitais	Dormitórios, enfermarias, sala de recuperação, sala de cirurgia, sala de raio X e banheiro Corredor	2 3
21 Laboratórios	Incluindo equipamentos, a ser determinado em cada caso, porém com o mínimo	3
22 Lavanderias	Incluindo equipamentos	3
23 Lojas		4
24 Restaurantes		3
25 Teatros	Palco Demais dependências: cargas iguais às especificadas para cinemas	5 -
26 Terraços	Sem acesso ao público	2
	Com acesso ao público	3
	Inacessível a pessoas	0,5
	Destinados a heliportos elevados: as cargas deverão ser fornecidas pelo órgão competente do Ministério da Aeronáutica	-
27 Vestíbulo	Sem acesso ao público	1,5
	Com acesso ao público	3

Fonte: ABNT NBR 6120:1980

A Lei Municipal nº 6323/88 indica que o laudo deve ser efetuado necessariamente, com prova de carga, quando:

- apresentar fissuras de deformações aparentes;
- apresentar manchas de infiltração de água;
- possuir elementos de sobrecarga apostos sobre a estrutura, tais como painéis publicitários, luminosos e outros;
- apresentar qualquer outra anomalia.

Submeter estruturas com indício de problemas estruturais a uma prova de carga pode não ser o procedimento mais aconselhável, em especial quando não há uma indicação do nível de carregamento a ser aplicado à estrutura. Felizmente, o Decreto Municipal 9425/89, que regulamenta a Lei da Prefeitura Municipal de Porto Alegre, exclui tal exigência de procedimento obrigatório.

Rodarte (2018) indica um roteiro resumido da realização de Prova de Carga Não Destrutiva com o uso de água e piscinas vinílicas:

- Verificação da documentação existente da edificação (quando houver);

2. Verificação dos elementos estruturais in loco que compõe a edificação (pilares, vigas e lajes);
3. Desenvolvimento de parâmetros de cargas possíveis a serem aplicadas sobre o elemento estrutural.
4. Levantamento do material a ser utilizado, quantidade de água, vinil, deflectômetro, rádios e outros equipamentos afins do serviço;
5. Instalação dos equipamentos e das piscinas;
6. Aplicação da carga (água) gradativamente dependendo muito da estrutura que está sendo estudada e dos deslocamentos esperados, ou seja, é estabelecido um parâmetro de tempo de aplicação entre uma carga e outra e são coletados esses dados no deflectômetros de acordo com que são aplicadas as cargas. Para isso, aguarda-se a estabilização da carga para assim coletar-se os dados e analisar-se os deslocamentos de acordo com o proceder do teste.
7. Montagem da curva carga versus deslocamento e a sua análise por planilha ou software (durante a execução do teste).
8. Análise dos resultados obtidos e elaboração do laudo técnico atestando os resultados alcançados.

Figura 38 - Aplicação de carga em prova de carga através de piscina desmontáveis e água



Fonte: Rudini Rodarte (2018)

Figura 39 - Medição dos deslocamentos na laje sob prova de carga através de relógio comparador mecânico ou de LVDT



Fonte: Rudini Rodarte (2018)

A constatação da necessidade de um possível reparo é consequência dos ensaios abordados a seguir.

4.2 ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

A caracterização dos materiais existentes em uma marquise, quanto às suas propriedades mecânicas, pode ser feita através de ensaio destrutivos e não-destrutivos.

4.3 ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS

Os ensaios não destrutivos permitem a coleta de informações como tamanho, profundidade, localização e estado da armadura, ainda permitem conhecer condições físicas e parâmetros associados aos processos de deterioração ou risco de danos à estrutura, causando pouco ou nenhum dano à estrutura (MAPA DA OBRA, 2016).

4.3.1 Pacometria

Pacometria é um ensaio utilizado para determinar a quantidade de armadura e o cobrimento do concreto em peças de concreto armado, alguns modelos de pacômetros podem indicar ainda o sentido e o cobrimento do aço. O ensaio permite estimar sua dimensão, cobrimento e orientação (FB LAUDOS DE ENGENHARIA, 2017). Utiliza-se um equipamento eletrônico chamado pacômetro, que funciona por indução magnética (ECivil, 2019). Por esse método, é possível verificar o diâmetro e o comprimento do elemento metálico. A medição acontece com o estudo da perturbação que o aço tem sobre um campo magnético criado por um sistema de bobinas. A pacometria ainda ajuda na avaliação dos resultados do ultrassom e do ensaio de esclerometria. (MAPA DA OBRA, 2016).

Figura 40 - Pacômetro



Fonte: ECivil (2019)

O ensaio de pacometria é utilizado corriqueiramente para análise de elementos estruturais, pois é fundamental para realização de outros ensaios como profundidade de carbonatação, extração de testemunho e potencial de corrosão (FB LAUDOS DE ENGENHARIA, 2017).

Para usar o pacômetro deve-se posicionar o equipamento no elemento estrutural ou na parede a ser avaliada e movimentá-lo no sentido horizontal e vertical, observando sempre as informações presentes na tela do equipamento.

4.3.2 Esclerometria

É o ensaio não destrutivo mais usado no mundo todo para uma primeira análise da qualidade do concreto na obra (MODULUS ENGENHARIA, 2019). Determina o valor aproximado da resistência de compressão superficial do concreto endurecido e sua uniformidade. O ensaio consiste em uma massa martelo que, impulsionada por mola, choca-se com a área a ser ensaiada. Quanto maior a dureza da superfície, menor a parcela de energia que se converte em deformação permanente e maior deve ser o recuo ou a reflexão da massa martelo. O equipamento usado no ensaio é chamado de esclerômetro de reflexão (MAPA DA OBRA, 2016). O primeiro objetivo do ensaio é medir a dureza superficial, fornecendo elementos para avaliação do concreto endurecido durante a construção. O ensaio verifica a uniformidade do concreto em diferentes partes da estrutura e analisa as mudanças nas propriedades do concreto ao longo do tempo (MODULUS ENGENHARIA, 2019).

Figura 41 – Propriedades do concreto



Fonte: Modulus Engenharia, 2019

4.4 ENSAIOS DESTRUTIVOS - EXTRAÇÃO DE TESTEMUNHOS

É a técnica mais comumente aceita para estimar a resistência in loco do concreto como material estrutural. Informações importantes podem ser coletadas através desse ensaio, como compactidade do concreto, homogeneidade, aderência em juntas de construção, espessura de lajes ou placas de pavimento, deterioração do concreto e verificação de aderência de armaduras. Também tem importante aplicação na investigação de estruturas com reações expansivas álcali-agregado (MAZER, 2012).

4.4.1 Estruturas existentes

Os requisitos relativos ao mapeamento, à formação de lotes e à quantidade de testemunhos a serem extraídos estão estabelecidos na Tabela 5. No caso de estruturas sem histórico do controle tecnológico, estas devem ser divididas em lotes, identificados em função da importância dos elementos estruturais que as compõem e da homogeneidade do concreto, que deve ser avaliada por meio de ensaios não destrutivos.

Tabela 5 – Mapeamento da estrutura, formação de lotes e quantidade de testemunhos a serem extraídos

Tipo de controle (conforme ABNT NBR 12655)	Mapeado (rastreadibilidade)		Formação de lotes		Quantidade de testemunhos por lote ^a
	No lançamento	Por ensaios não destrutivos			
Amostragem total	Sim	opcional	Cada lote corresponde ao volume de uma betonada ou de um caminhão-betoneira	Aplicado em um elemento estrutural	2
				Aplicado em mais do que um elemento estrutural	3
	Não	Sim	Conforme o mapeamento. Cada lote deve corresponder ao conjunto contido em um intervalo restrito de resultados dos ensaios não destrutivos ^b	Até 8 m ³	3 ^c
				Maior que 8 m ³ e menor que 50 m ³	4
Amostragem parcial	Indiferente	Sim	Conforme o mapeamento. Cada lote deve corresponder ao conjunto contido em um intervalo restrito de resultados dos ensaios não destrutivos ^b	Até 8 m ³	4
				Maior que 8 m ³ e menor que 50 m ³	6
Casos excepcionais	Vale o critério de amostragem parcial conforme ABNT NBR 12655 (concreto preparado na obra).				
^a Ver seção 6. ^b Para o índice esclerométrico e velocidade de propagação de onda ultrassônica, recomenda-se que seja adotado como dispersão máxima do conjunto de resultados o intervalo de $\pm 15\%$ do valor médio. ^c Em se tratando de um único elemento estrutural, a quantidade de testemunhos deve ser reduzida a dois, de forma a evitar danos desnecessários.					

Fonte: ABNT NBR 5738:2015 (versão corrigida: 2016)

O diâmetro de um testemunho cilíndrico utilizado para determinar a resistência à compressão deve ser pelo menos três vezes a dimensão máxima característica do agregado graúdo contido no concreto e preferencialmente maior ou igual a 100 mm. No caso de elementos estruturais cuja concentração de armaduras torne inviável a extração de testemunho

de diâmetro igual ou superior a 100 mm, sem danificar a armadura, permite-se a extração de testemunho com diâmetro igual a 75 mm.

A relação altura/diâmetro dos testemunhos cilíndricos deve ser o mais próxima possível de dois, após preparo (4.2.4 da NBR 7680-1:2015), obedecendo sempre a seguinte condição:

$$1 \leq h/d \leq 2$$

Onde

h é a altura do testemunho;

d é o diâmetro do testemunho.

Em casos específicos, podem ser utilizados testemunhos de diâmetro menor que 75 mm e igual ou maior que 50 mm, desde que acordado entre as partes envolvidas. Neste caso, o número mínimo de testemunhos deve ser o dobro do estabelecido na Tabela 1 (ABNT NBR 7680-1).

4.4.2 Coeficientes de correção

Os coeficientes previstos na NBR 5738:2015, quando aplicáveis, devem ser utilizados para corrigir as interferências nos resultados obtidos nos ensaios de resistência de testemunhos extraídos de estruturas devido aos fatores relacionados em 5.2.2.1 a 5.2.2.4 da NBR7680-1:2015 e aplicam-se aos resultados de testemunhos de estruturas de concreto de massa específica normal, compreendida no intervalo de 2000 kg/m³ a 2 800 kg/m³, do grupo I de resistência (C20 a C50) e do grupo II de resistência (C55 a C100), conforme classificação da ABNT NBR 8953:2015.

Recomenda-se manter os critérios da mesma Norma para estruturas existentes cujo grupo de resistência seja inferior a C20.

A resistência corrigida é obtida por:

$$\text{Resistência: } f_{ci,ext} = [1+(k_1 + k_2 + k_3 + k_4)] \times f_{ci,ext, inicial}$$

4.4.2.1 Relação h/d (k1)

Quando a relação $h/d = 2$ não se verifica, o resultado de resistência à compressão do testemunho deve ser corrigido, sendo utilizado o coeficiente definido na Tabela 6. Esta correção deve ser informada no relatório do ensaio.

Para valores da relação altura/diâmetro compreendidos entre os constantes na Tabela 6, os coeficientes de correção podem ser obtidos por interpolação linear.

Tabela 6 – Valores de K_1

h / d	2,00	1,88	1,75	1,63	1,50	1,42	1,33	1,25	1,21	1,18	1,14	1,11	1,07	1,04	1,00
K_1	0,00	-0,01	-0,02	-0,03	-0,04	-0,05	-0,06	-0,07	-0,08	-0,09	-0,10	-0,11	-0,12	-0,13	-0,14

Fonte: ABNT NBR 5738:2015 (Versão corrigida: 2016)

4.4.2.2 Efeito do broqueamento em função do diâmetro do testemunho (k_2)

O efeito deletério do broqueamento deve ser considerado em todos os casos e é maior quanto menor for o diâmetro do testemunho. Para levar em conta o efeito do broqueamento em função do diâmetro do testemunho, emprega-se k_2 de acordo com a Tabela 7, sendo permitida interpolação dos valores. Esta correção deve ser aplicada sobre o resultado de ruptura de cada testemunho e informada no relatório do ensaio.

Tabela 7 - Valores de k_2 em função do efeito do bronqueamento em função do diâmetro do testemunho

Diâmetro do testemunho (d_i) mm	≤ 25	50 ^a	75	100	≥ 150
k_2	Não permitido	-0,12	-0,09	-0,06	-0,04
A neste caso, o número de testemunhos deve ser o dobro daquele estabelecido na Tabela 1					

Fonte: ABNT NBR 5738:2015 (Versão Corrigida: 2016)

4.4.2.3 Direção da extração em relação ao lançamento do concreto (k_3)

Cabe ao responsável pela extração informar ao laboratório de ensaio sobre a direção de extração com relação ao lançamento do concreto. Os corpos de prova devem ser ensaiados sempre que possível no sentido do lançamento do concreto.

Para extrações realizadas no sentido ortogonal ao lançamento (como pilares, cortinas e paredes moldados no local), $k_3 = -0,05$. Para extrações realizadas no mesmo sentido do lançamento (como lajes), $k_3 = 0$.

4.4.2.4 Efeito da umidade do testemunho (k_4)

Os corpos de prova devem ser rompidos saturados (neste caso, $k_4 = 0$). No caso de ensaio do testemunho seco ao ar, $k_4 = -0,04$. Esta correção deve ser aplicada ao resultado de ruptura e informada no relatório do ensaio. Considera-se que o testemunho está saturado, quando for mantido em tanque de cura ou câmara úmida, e que está seco ao ar, se for mantido em ambiente de laboratório; essas duas situações estão detalhadas em 4.5.4. da NBR7680-1:2015. O cobrimento e a durabilidade dessas estruturas será abordado a seguir.

4.5 COBRIMENTO E DURABILIDADE

Neste subitem são abordadas as diretrizes da ABNT NBR 6118:2014, no que tange informações consideradas relevantes para o trabalho com marquises.

4.6 DURABILIDADE

Vida útil de projeto é o período no qual se mantém as características das estruturas de concreto, sem intervenções significativas, atendendo os requisitos de uso e manutenção e reparos acidentais, aplica-se à estrutura como um todo ou partes individuais. Deve-se no mínimo obedecer a ABNT NBR 12655:2015.

4.7 AGRESSIVIDADE AMBIENTAL

Relacionado às ações químicas e físicas do ambiente. Deve-se classificar a agressividade ambiental de acordo com a Tabela 8, apresentada a seguir:

Tabela 8 - Classes de agressividade ambiental (CAA) – ABNT NBR 6118:2014

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
	I	Fraca	Rural Submersa
II	Moderada	Urbana ^{a, b}	Pequeno
III	Forte	Marinha ^a Industrial ^{a, b}	Grande
IV	Muito forte	Industrial ^{a, c} Respingos de maré	Elevado

^a Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

^b Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade média relativa do ar menor ou igual a 65 %, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos ou regiões onde raramente chove.

^c Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

O projetista estrutural pode classificar como mais agressiva que a classificação da tabela acima.

4.8 QUALIDADE DO COBRIMENTO

Atendidas as especificações anteriores, o desempenho e durabilidade da estrutura estão diretamente ligados a características do concreto e da espessura e qualidade do cobrimento. Na falta de ensaios frente ao tipo e classe de agressividade, permite-se que seja usada a tabela 9, apresentada a seguir:

Tabela 9 - Correspondência entre a classe de agressividade e a qualidade do concreto
ABNT NBR 6118: 2014

Concreto ^a	Tipo ^{b, c}	Classe de agressividade (Tabela 6.1)			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	≤ 0,65	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,45
	CP	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,50	≤ 0,45
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	≥ C20	≥ C25	≥ C30	≥ C40
	CP	≥ C25	≥ C30	≥ C35	≥ C40

^a O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 12655.
^b CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado.
^c CP corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto protendido.

A ABNT NBR 6118:2014 prevê:

7.4.7.2 Para garantir o cobrimento mínimo (c_{\min}), o projeto e a execução devem considerar o cobrimento nominal (c_{nom}), que é o cobrimento mínimo acrescido da tolerância de execução Delta c . Assim, as dimensões das armaduras e os espaçadores devem respeitar os cobrimentos nominais, estabelecidos na Tabela 7.2, para Delta $c = 10$ mm.

Delta c deve ser maior ou igual a 1 cm. Pode-se adotar Delta c de 0,5 cm se há um controle rigoroso de execução da obra.

Segundo a ABNT NBR 6118: 2014:

[...]

7.4.7.5 Os cobrimentos nominais e mínimos estão sempre referidos à superfície da armadura externa, em geral à face externa do estribo. O cobrimento nominal de uma determinada barra deve sempre ser:

a) $c_{\text{nom}} \geq \phi$ barra;

b) $c_{\text{nom}} \geq \phi$ feixe = $\phi_n = \phi\sqrt{n}$;

c) $c_{\text{nom}} \geq 0,5\phi$ bainha.

7.4.7.6 a dimensão máxima características do agregado graúdo utilizado no concreto não pode superar em 20% a espessura nominal do cobrimento ou seja:

Tabela 10 - Correspondência entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal para Delta c igual a 10 mm – ABNT NBR 6118: 2014

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental (Tabela 6.1)			
		I	II	III	IV ^c
		Cobrimento nominal mm			
Concreto armado	Laje ^b	20	25	35	45
	Viga/pilar	25	30	40	50
	Elementos estruturais em contato com o solo ^d	30		40	50
Concreto protendido ^a	Laje	25	30	40	50
	Viga/pilar	30	35	45	55

^a Cobrimento nominal da bainha ou dos fios, cabos e cordoalhas. O cobrimento da armadura passiva deve respeitar os cobrimentos para concreto armado.

^b Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contrapiso, com revestimentos finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamento, como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros, as exigências desta Tabela podem ser substituídas pelas de 7.4.7.5, respeitado um cobrimento nominal ≥ 15 mm.

^c Nas superfícies expostas a ambientes agressivos, como reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, devem ser atendidos os cobrimentos da classe de agressividade IV.

^d No trecho dos pilares em contato com o solo junto aos elementos de fundação, a armadura deve ter cobrimento nominal ≥ 45 mm.

Para concretos de classe de resistência superior ao mínimo exigido, os cobrimentos definidos podem ser reduzidos em até 5 mm. Fatores que afetam a estrutura são as manifestações patológicas comentadas a seguir.

4.9 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS E DETERIORAÇÃO ESTRUTURAL

Objetivamente, as causas da deterioração podem ser as mais diversas, desde o envelhecimento “natural” da estrutura, acidentes, e até mesmo a irresponsabilidade de alguns profissionais que optam pela utilização de materiais fora das especificações, na maioria das vezes por alegadas razões econômicas (SOUZA; RIPPER, 2009).

As principais manifestações patológicas que podem atingir as marquises são as efervescências.

A eflorescência é a formação de depósitos salinos na superfície do concreto ou argamassas, etc. como resultado da sua exposição à água de infiltrações ou intempéries. É considerado um dano, por alterar a aparência do elemento onde se deposita. Há casos em que

seus sais constituintes podem ser agressivos e causar degradação profunda. A modificação no aspecto visual é intensa onde há um contraste de cor entre os sais e o substrato sobre as quais se deposita. Como exemplo, a formação branca de carbonato de cálcio sobre o concreto cinza (FÓRUM DA CONSTRUÇÃO, 2019).

Quimicamente a eflorescência é constituída principalmente de sais de metais alcalinos (sódio e potássio) e alcalino-ferrosos (cálcio e magnésio, solúveis ou parcialmente solúveis em água). Pela ação da água, estes sais são dissolvidos e migram para a superfície e a evaporação da água resulta na formação de depósitos salinos (STORTE; MARCUS, 2017). Se internas, as eflorescências podem causar danos estruturais.

As eflorescências são patologias muito comuns em reservatórios de água e estações de tratamento, mas podem ocorrer em qualquer situação em que haja água em um ambiente ou compartimento mal impermeabilizado. O concreto é um material alcalino (ph variando entre 12 e 14), e são formados vários sais após a reação do cimento com a água durante o processo de cura. O resultado é a reação dos sais com essa água e o surgimento de eflorescências na estrutura, normalmente da cor branca. Essa manifestação patológica pode conferir uma perda de estabilidade do concreto, além de causar danos à armadura.

A eflorescência pode ser a porta de entrada para gases e os outros materiais que causam corrosão da estrutura, e por isso requer bastante atenção.

E além de todo problema estrutural, o resultado estético e visual das eflorescências é bastante desagradável (FiberSals, 2019). Seguem detalhes sobre a impermeabilização de marquises e sacadas.

5 IMPERMEABILIZAÇÃO

A marquise em geral é calculada considerando uma impermeabilização com manta asfáltica por ser um dos métodos mais utilizados.

Algumas recomendações da ABNT NBR 9575 2010: impermeabilização – seleção e projeto são:

- Aplicação sobre superfícies limpas lisas e secas, isentas de óleos, graxas e fissuras;
- Caimento de no mínimo 1% para os coletores ou o número de coletores deve ser revisitados a fim de evitar eflorescências;
- Arestas arredondadas com um raio de no mínimo 8 cm;
- Os trechos verticais deverão ser embutidos a fim de evitar penetrações de água sob a membrana;
- A membrana deverá ser protegida imediatamente após sua aplicação;
- A membrana deve passar por um teste de estanqueidade de no mínimo uma lâmina de água de 10 cm;
- Projeto de impermeabilização realizado por profissional habilitado e especializado para ser feito o detalhamento nos ralos, ancoragens, etc.
- Usar materiais de boa qualidade; como armadura galvanizada ou armadura de aço inoxidável, porém, encarece a obra;
- Qualidade do concreto, de baixa permeabilidade;
- Retirar a impermeabilização anterior antes de aplicar a nova.

O substrato deve estar firme, coeso, seco, regular, limpo, isento de corpos estranhos, restos de fôrmas, pontas de ferragem, restos de produtos desmoldantes, falhas e ninhos, com declividade nas áreas horizontais de no mínimo 1% em direção aos coletores de água. [...]. Cantos devem estar em meia cana e as arestas arredondadas (ABNT, 2008a, p. 6).

Conforme IBI Brasil (2018, p.11), a manta asfáltica por si só não possui proteção contra raios ultravioletas, sendo necessário promover essa proteção. Porém, em marquises, para evitar adição de carga na estrutura, através de um contrapiso por exemplo, é muito comum que se utilize mantas asfálticas com uma - camada de autoproteção incorporada, podendo ser termo refletiva em lâmina de alumínio ou em material granular incorporado. Essa camada protetora, entretanto, não aceita trânsito (IBI BRASIL, 2018, p.11).

A NBR 9575:2010 orienta que os cantos vivos e arestas ao receberem impermeabilização sejam arredondados para impedir ruptura da manta e consequente falha do sistema. (p. 14).

Segundo Picchi (1986, p. 51): “O sucesso de uma impermeabilização depende de uma série de detalhes, que garanta a estanqueidade dos pontos críticos, singularidades etc. A maior parte dos problemas de impermeabilização se dá nas bordas, encontros com ralos, juntas, mudanças de plano, passagem de dutos, etc.”

5.1 EXECUÇÃO DE IMPERMEABILIZAÇÃO

Conforme o sistema de impermeabilização IMPERMITTE, empresa com ISO 9001, uma boa sequência de procedimentos para se impermeabilizar uma sacada (laje rebaixada com vigas), é explicado a seguir.

5.1.1 Retirada do sistema deteriorado existente

Nesta fase a o revestimento, proteções mecânicas e impermeabilizações deterioradas serão retiradas, assim como outros elementos que venham a interferir e prejudicar a eficiência da estanqueidade do sistema impermeabilizante.

5.1.2 Preparação de superfícies

Aqui serão corrigidos os caimentos para o sistema de captação de águas pluviais com arestas côncavas e convexas arredondadas, acabamento desempenado, preparando as lajes para receber a impermeabilização. Os rodapés serão preparados na altura de 0,30 m, onde será criada uma fístula para perfeito arremate da manta impermeabilizante. A regularização deve se estender até o topo das vigas perimetrais, se houver, onde a impermeabilização deve arrematar.

5.1.3 Imprimação

Aplicação de solução asfáltica à base de asfalto oxidado diluído em solventes. E utilizado como camada de ligação entre o substrato e as mantas asfálticas. Aplicado a frio, tem grande penetração em argamassa e concreto.

5.1.4 Impermeabilização

Aplicação de manta à base de asfaltos modificados com elastômeros de excelente estabilidade físico-química, constituída de uma estrutura de um não tecido de filamentos contínuos de poliéster agulhado, estabilizado com resina termofixa.

Executar sobreposição de 10 cm de uma manta sobre a outra.

Em áreas com cobertura de terra e vegetação é utilizada manta antirraiz, que possui em sua composição herbicida inibidor ao ataque de raízes.

5.1.5 Teste de lâmina d'água

Execução de teste hidrostático de estanqueidade nas lajes, mediante tapamento parcial dos ralos e acumulação forçada de água por 72 h conforme a norma ABNT NBR-9574:1986.

5.1.6 Camada separadora

Fornecimento de camada separadora composta de Filme de Polietileno ou papel Kraft betumado duplo preparando a área para receber o piso de acabamento. Esta camada tem a finalidade de assimilar o trabalho mecânico ocasionado pela variação térmica sobre o piso de acabamento sem transmiti-lo à impermeabilização, resguardando-a do envelhecimento precoce e fadiga causados pela dilatação e retração dos materiais.

5.1.7 Proteção mecânica

Fazer camada de proteção com tela. E uma camada de 4 cm de argamassa para proteger a manta

5.1.8 Proteções e isolamentos

Nesta fase da obra serão executadas as proteções contra ferimentos mecânicos, isolamento térmico e acústico, quando houver.

5.1.9 Limpeza final

Apesar de muito frequentes em marquises as mantas asfálticas possuem a desvantagem de não envolverem a marquise adequadamente, provocando o inconveniente de serem interrompidas nos limites da estrutura. Este local acaba por apresentar falha na impermeabilização, sendo muito comum a ocorrência de infiltrações, aparecimento de vegetações e fungos na beirada das marquises e desprendimento da interface manta/concreto com o tempo. Outra desvantagem refere-se ao componente estético das marquises que, principalmente no caso das mantas aluminizadas, tornam a presença desse sistema bem evidente. Como vantagens, segundo Picchi (1986, p.129), a utilização da manta asfáltica confere rapidez e economia de mão de obra.

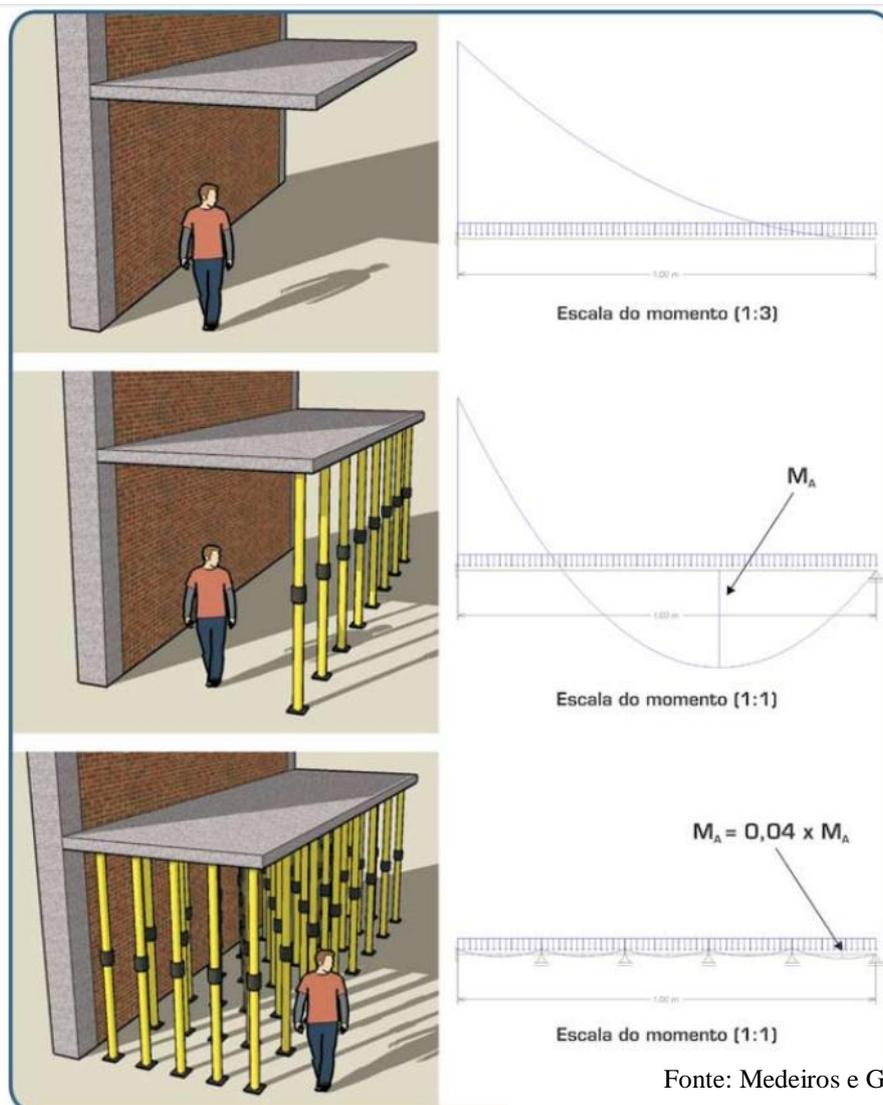
Dando continuidade, apresenta-se o escoramento desse tipo de estrutura.

6 ESCORAMENTO PARA TRABALHOS DE MANUTENÇÃO

O escoramento isolado da ponta de uma marquise promove uma mudança no comportamento estrutural da peça que, nesse caso, passaria a se comportar como estrutura engastada em uma extremidade e apoiada em outra, mudando os diagramas de solicitações.

Na ausência de cálculos, a forma mais correta de se realizar o escoramento de uma marquise é introduzir apoios ao longo de toda sua extensão com escoras desde a sua extremidade até o engaste.

Figura 42 - Exemplos de escoramento



Fonte: Medeiros e Grochoski (2007)

Legenda: Na situação (a), a marquise sem escoramento. Na situação (b) escoramento único na extremidade. Na situação (c), a introdução de 5 apoios ao longo da extensão da marquise provoca redução drástica no momento com relação à situação anterior (situação b).

A concepção e execução dos reforços serão tratados a seguir.

6.1 REFORÇO ESTRUTURAL (CONCEPÇÃO E EXECUÇÃO)

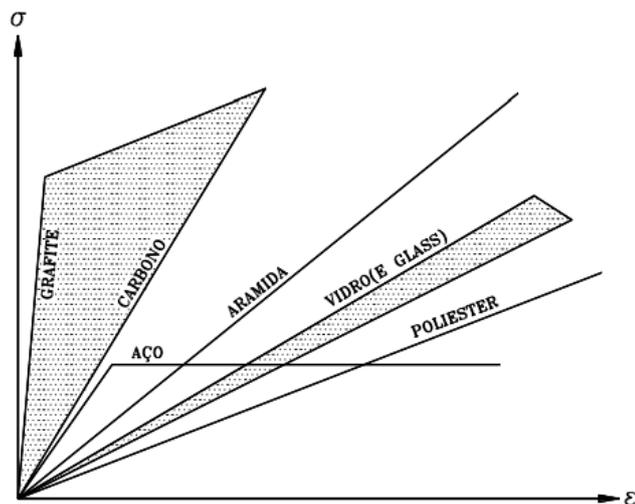
O reforço estrutural em uma marquise necessita que o elemento a ser reforçado seja aliviado das cargas que está submetido. Tal prática pode ser realizada pela aplicação de um escoramento. A seguir, apresentam-se os procedimentos dos reforços.

6.2 ADIÇÃO DE FIBRA DE CARBONO

As fibras de carbono resultam do tratamento térmico (carbonização) de fibras precursoras orgânicas tais como o poliacrilonitril (PAN) ou com base no alcatrão derivado do petróleo ou do carvão (PITCH) em um ambiente inerte e, também, através de fibras de rayon (MACHADO, 2007). O processo de produção consiste na oxidação dessas fibras precursoras seguido do processamento a elevadas temperaturas (variando de 1.000°C a 1.500°C para as fibras de carbono a até cerca de 3.000°C para as fibras de grafite).

Quanto maior o módulo de elasticidade, maior é o custo do material. O produto de maior módulo de elasticidade, o grafite, custa cerca de 15 a 20 vezes mais do que a fibra de carbono com módulo de elasticidade situado no extremo inferior da faixa da figura apresentada.

Figura 43 - Diagrama das fibras



Fonte: Machado (2007)

Dentre as características das estruturas que utilizam fibras de carbono como elemento resistente estão a alta resistência mecânica; alta rigidez; bom comportamento à fadiga e à atuação de cargas cíclicas; elevada resistência a ataques químicos diversos; estabilidade térmica e reológica; não são afetados pela corrosão por se tratar de um produto inerte; extrema leveza devido ao baixo peso específico das fibras, cerca de cinco vezes menor que o aço estrutural, chegando ao ponto de não considerar o peso próprio das fibras de carbono nos reforços (da ordem de $1,6\text{g/cm}^3$ a $1,9\text{g/cm}^3$) (MACHADO, 2007).

Para o procedimento de reforço estruturado com fibras de carbono deve-se tomar os seguintes cuidados:

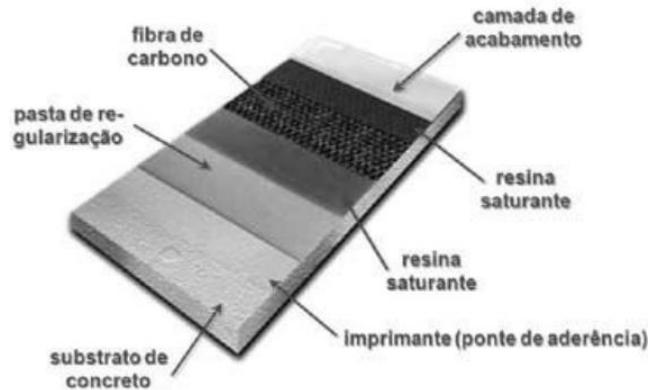
- Recuperação do substrato de concreto armado para que o sistema possa ser aderido com segurança.

- Imprimação da superfície sobre a qual será aplicado o sistema para se estabelecer uma ponte de aderência entre o substrato de concreto e o sistema composto, para tal, utiliza-se um imprimador epoxídico (primer) com elevado teor de sólidos que, ao penetrar nos poros do concreto e ao estabelecer uma película sobre a superfície de concreto, cria uma interface para a transmissão de esforços entre o composto e a peça de concreto.

- Regularização e correção de imperfeições superficiais do substrato de concreto, de modo a estabelecer um plano nivelado. Deve ser utilizada uma pasta epoxídica contendo alto teor de sólidos para calafetar as eventuais imperfeições superficiais e criar um plano desempenado para a aplicação do sistema composto.

- Aplicação da primeira camada de resina saturante com alto teor de sólidos que servirá para saturar a lâmina de fibra de carbono e aderi-la à superfície e, em seguida, a segunda camada, seguidas pela aplicação opcional de uma película de acabamento com elevado teor de sólidos, alto brilho e resistente à corrosão, com o objetivo de proteção e acabamento estético para o sistema (MACHADO, 2007).

Figura 44 - Indica a posição das camadas



Fonte: Machado (2007)

6.3 ADIÇÃO DE PERFIS METÁLICOS E/OU ADIÇÃO DE CHAPA DE AÇO COLADA

As diretrizes para reforço com perfil metálico estão regulamentadas na norma ABNT NBR 8800:2008 que estabelece os requisitos básicos que devem ser obedecidos no projeto à temperatura ambiente de estruturas mistas de aço e concreto. Este é um método muito antigo de reforço.

A adição de chapas e perfis metálicos, quando se trata de adicionar capacidade resistente, é uma opção muito eficiente e de rápida execução, recomendada principalmente para situações que requerem emergência ou não permitem grandes alterações na geometria das peças (IBAP – XII COBREAP, 2012).

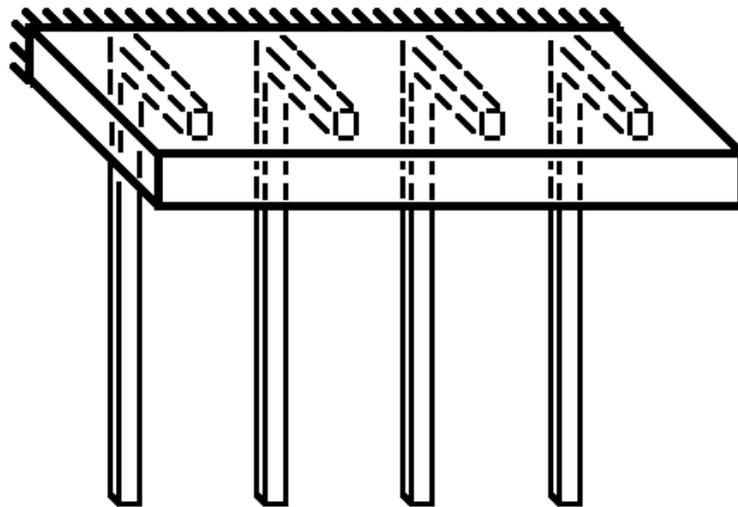
No que tange um ganho de resistência, se a técnica de adição de chapa de aço colada for implementada, traz resultados satisfatórios. Isto se deve ao fato de que com a colagem de placas na resina epóxi, é criado um elemento concreto-cola-aço, podem ter o auxílio de chumbadores parabolt ou chumbadores químicos. Os limites para espessura da cola e da chapa devem ser respeitados. Sendo o mais comum os limites do Comité Euro-International Du Béton (CEB). É importante lembrar que as chapas estão sujeitas a corrosão, sendo necessário um tratamento anticorrosivo. A superfície deve estar plana e livre de impurezas para uma boa colagem da chapa.

Segundo Zucchi (2015), para realizar o processo de reforço, o concreto existente deverá ser preparado. A camada deteriorada deve ser removida e a rugosidade superficial aumentada através de escarificação. Porém, a rugosidade não deve ser excessiva, com o intuito de não haver desperdício de adesivo colante em espessuras elevadas. Para utilização de adesivo epóxi, a superfície deve estar seca.

Pode-se executar chapas contínuas, que precisam de uma maior área de concreto a ser preparada, ou chapas descontínuas. Para chapas contínuas, sugere-se a utilização de cantoneira fixada através de parabolt à face superior. Para chapas descontínuas, sugere-se que, além da cantoneira superior, sejam utilizadas cantoneiras na zona inferior, ligadas por barras, para garantir a amarração.

O método de reforço com colagem de chapas de aço é de rápida execução e sem grandes acréscimos de sessão. Porém, a colagem de chapas impede que sejam percebidas fissuras no elemento, que indicariam uma possível falha na capacidade, portanto bem como a visualização de possíveis deteriorações por corrosão. Tanto a chapa metálica, devido à sua pequena espessura, quanto ao adesivo epóxi, apresentam baixa resistência a elevadas temperaturas, aumentando o risco de ruína em situações de incêndio (ZUCCHI, 2015).

Figura 45 - Reforço com perfis metálicos



Fonte: Autor

6.4 ADIÇÃO DE ARMADURA

Segundo Zucchi (2015), essa técnica de reforço com aumento da seção também pode ser chamada de encamisamento. Ela consiste em envolver a seção existente com concreto novo e armadura necessária para o reparo. É uma técnica amplamente utilizada por necessitar de materiais e mão-de-obra com custo acessível. Pode também ser realizada com concreto projetado. Contudo, gera interferência arquitetônica do aumento da seção dos elementos reforçados, além de poder ter tempo prolongado para que a estrutura possa ser liberada para serviço.

Nessa prática é recomendável utilizar concreto de alto desempenho no reforço, ao invés do concreto convencional, como uma alternativa para adotar espessuras menores para os elementos reforçados.

Para que o reparo seja bem sucedido, requer-se uma boa aderência entre o concreto novo e o velho, e ainda uma boa capacidade de transferência de tensão de um para outro. A incompatibilidade entre o concreto velho e o material a ser aplicado podem gerar falhas nos reparos, principalmente devido às diferenças de deformação e retração.

Dentre os cuidados que o processo requer, cabe salientar a limpeza da superfície das armaduras antes da colocação do material novo, retirando todos os produtos da corrosão. Todo concreto alterado deverá ser removido, e também aquele em volta do perímetro da armadura na região de corrosão.

A lavagem do concreto tem como objetivo a remoção de resíduos, e pode ser feita com jatos d'água e com utilização de soluções alcalinas. No caso de soluções alcalinas como soda cáustica, será necessária a lavagem posterior com aplicação de solução neutralizadora, seguindo o processo com jatos de água.

Para melhoria da aderência entre o concreto velho e o novo, é possível utilizar adesivo à base de epóxi.

Para limpeza pode ser usado a escovação manual com escovas com cerdas de aço ou, ainda, melhorando a superfície de aderência, pode ser feito o apicoamento ou escarificação manual com talhadeira, ponteiro e marreta. Pode-se adotar o desbaste através de lixadeira industrial com disco, para grandes superfícies, ou ainda apicoamento ou escarificação mecânica pelo uso de martelos pneumáticos ou elétricos.

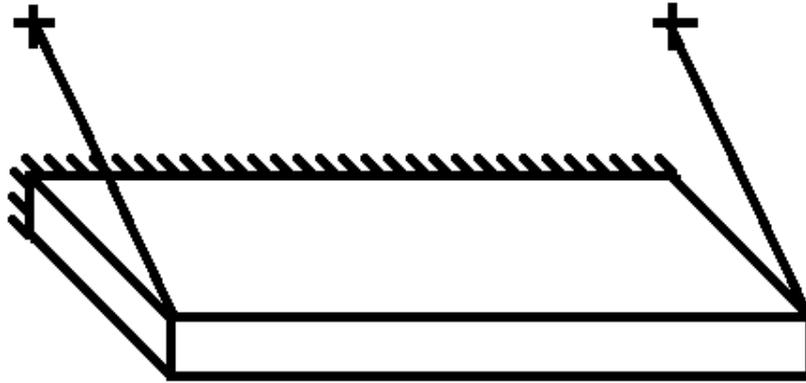
Os estribos devem ser dimensionados para que suportem os esforços tangenciais que podem gerar deslizamento entre o substrato e o material de reforço. A armadura de reforço deve estar bem ancorada na região próxima aos apoios (ZUCCHI, 2015).

6.5 ALTERAÇÃO DA VINCULAÇÃO

Vale lembrar que, nos procedimentos de alteração da vinculação, como no uso de tirantes ou mão-francesas, a vinculação é modificada e também mudam as solicitações, como o caso do escoramento que alivia as cargas que a estrutura está submetida.

Atirantar: consiste na técnica de implantar os tirantes na extremidade externa da marquise e em algum pilar ou viga da estrutura.

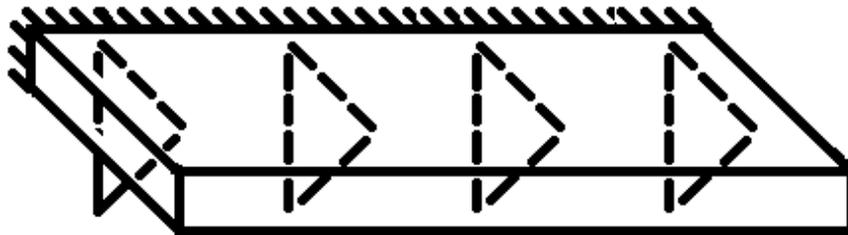
Figura 46 - Marquise com tirantes



Fonte: Autor

Mão-francesa: consiste na técnica de implementá-las abaixo da estrutura, próximo ao edifício, ancorada em local seguro.

Figura 47 - Marquise com mãos-francesas



Não foi encontrada referência bibliográfica sobre esses assuntos.

Fonte: Autor

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste trabalho foi fornecer subsídios para que Laudos de Estabilidade Estrutural e de Vistoria de Marquises atendam às exigências do Decreto 9425/89 da Prefeitura Municipal de Porto Alegre, de forma tecnicamente correta, tanto no aspecto estrutural como de manutenção e conservação, mediante procedimentos de identificação dos problemas existentes e de correção dos mesmos, o que foi plenamente atingido.

Foi possível verificar os principais aspectos patológicos que atingem as marquises de concreto armado. Também permitiu conhecer os procedimentos para impermeabilização de marquise e de sacadas, de forma correta para eliminar os danos ocasionados pela exposição constante às intempéries e agentes agressivos. Fatores esses que resultam em problemas, às vezes com consequências graves, o que requer atenção e manutenção constantes, motivo pelo qual há legislação específica estabelecendo critérios e periodicidade mínima de vistorias por profissional tecnicamente capacitado.

As marquises e sacadas são elementos concebidos estruturalmente em balanço. Em marquises de concreto armado, é comum que a estrutura da mesma seja composta unicamente por uma laje em balanço, engastada nas lajes internas adjacentes. Em sacadas de concreto armado, é comum que a estrutura seja composta por uma laje rebaixada apoiada em um contorno de vigas, com as vigas laterais em balanço se engastando em tramos de vigas internos à edificação formando vigas contínuas. Os dois modelos estruturais podem ser utilizados tanto em marquises como em sacadas.

As principais causas do colapso das marquises estão relacionadas à possível deficiência de projeto, mau posicionamento das armaduras, corrosão de armaduras, sobrecarga, mau uso da edificação, falhas na execução e escoramento incorreto.

Além do desgaste natural que o material está sujeito fatores como erros de projeto, de execução e de utilização, além da falta de controle tecnológico podem reduzir a durabilidade do material por meio de manifestações patológicas como fissuras, desagregação e corrosão.

Para as marquises, a manutenção preventiva é importante, pois as estruturas isostáticas, com um único vínculo podem sofrer ruptura brusca. O sistema de impermeabilização, com devida manutenção, impede o acesso de umidade e de agentes agressivos nas fissuras existentes de forma eficiente, reduzindo o risco de corrosão do aço na região do engaste da marquise.

Apesar dos acidentes que têm ocorrido, a inspeção predial é atividade que ainda não tem suporte normativo através da ABNT, motivo pelo qual é importante a fiscalização das prefeituras com rigor.

Sugere-se para futuros estudos:

- É importante a manutenção de um Plano de Manutenção Preventiva (com intervenções periódicas), seguido com rigor para manter a durabilidade e a segurança estrutural da marquise e, evidentemente salvaguardar as vidas dos seus usuários.

- Desenvolvimento de estudos para melhorar o controle de qualidade das construções, para incluir mecanismos que garantam uma eficiente vigilância sobre as etapas construtivas de uma edificação, de forma a promover uma redução dos índices de patologias nas construções.

- A prefeitura, por sua vez, também pode intensificar suas ações de fiscalização e, principalmente, conscientização do tema junto à sociedade.

- Os órgãos públicos deveriam ter mais comprometimento com a atual situação de deterioração das marquises, intensificando as fiscalizações e alertar os proprietários das edificações com marquises, que apresentam manifestações patológicas, sobre os riscos.

REFERÊNCIAS

ABNT NBR 6118:2014 - Projeto de estruturas de concreto – Procedimento.

ABNT NBR 8953:2015 - Concreto para fins estruturais - Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência

ABNT NBR 8800:2008 - Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios

ABNT NBR 9574:2008 - Execução de impermeabilização - Notas de estudo de Engenharia Civil.

ABNT NBR 9575:2010 - Impermeabilização - Seleção e Projeto.

ABNT NBR 5738:2015 versão corrigida: 2016 - Concreto – Procedimento para Moldagem e Cura de Corpos de Prova.

ABNT NBR 7680-1:2015 - Concreto — Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estruturas de concreto Parte 1: Resistência à compressão axial.

ABNT NBR 12655:2015- Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento.

ABNT NBR 6120:2019 - Cargas para o cálculo de estruturas de edificações.

AEC Web Impermeabilização adequada ajuda a garantir durabilidade às marquises.

Disponível em: https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/impermeabilizacao-adequada-ajuda-a-garantir-durabilidade-as-marquises_17231_10_9. Data de acesso: 25/08/2019.

BAND/RS. **Queda de marquise mata operários em São Leopoldo**, 2017. Disponível em: <https://bandrs.band.com.br/noticias/100000868865/.html>. Data de acesso: 25/08/2019.

BASTOS, Paulo Sérgio Dos Santos. Disciplina: 1365 - Estruturas de Concreto IV Notas de Aula – Marquises Bastos, 2006. Disponível em: <http://www.feb.unesp.br/pbastos/concreto4/MARQ.pdf>. Data de acesso: 25/08/2019.

BETA Redação Especial: o perigo suspenso, 2016. Disponível em: <http://www.betaredacao.com.br/o-perigo-suspenso/>. Data do acesso: 21/10/2017.

BR HOUSE. **Revista síndico**. Disponível em: <http://revistasindico.com.br/colunas/abc/2016/marquises-todo-cuidado-e-pouco/477582>. Data de acesso: 05/10/2019.

CASA DICAS. **O que é a sacada em uma casa ou apartamento?** Disponível em: <https://www.casadicas.com.br/dicionario/o-que-e-a-sacada-em-uma-casa-ou-apartamento.html>. Data de acesso: 25/08/2019.

COLÉGIO DE ARQUITETOS. Disponível em: <http://www.colegiodearquitetos.com.br/dicionario/2009/02/o-que-e-marquise/> publicação: 15/02/2009. Data de acesso 30/09/2019.

CONSTRUÇÃO MERCADO. Disponível em: <http://construcomercado17.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/99/artigo299267-1.aspx>. Data de acesso: 15/08/2019.

CUNHA, A.C.Q. da; HELENE, P.R.L. Despassivação das Armaduras de Concreto por Ação da Carbonatação. **Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP**. Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, 2001.

DIÁRIO DE PERNAMBUCO. **Marquise de pousada em Gaibu desaba, mata três pessoas e deixa uma ferida**, 2017. Disponível em: http://www.diariodepernambuco.com.br/app/noticia/vida-urbana/2017/08/05/interna_vidaurbana,716346/cobertura-de-pousada-em-gaibu-desaba-mata-tres-pessoas-e-deixa-uma-ferida.shtml. Data do acesso: 16/10/2017.

DICIONÁRIO DA Construção civil. Disponível em: <https://www.ecivilnet.com/dicionario/o-que-e-pacometria.html>. Data de acesso: 25/09/2019.

ECivil. **Dicionário da Construção Civil**. Pacometria. 2019. Disponível em: <https://www.ecivilnet.com/dicionario/o-que-e-pacometria.html>. Data de acesso: 25/08/2019.

ESCOLA ENGENHARIA. **Concretagem passo a passo**. Disponível em: <https://www.escolaengenharia.com.br/concretagem/>. Data de acesso: 25/08/2019.

FB LAUDOS DE ENGENHARIA. **Ensaio de pacometria**, 2017. Disponível em: <https://www.fblaudosenharia.com.br/single-post/2017/09/12/Ensaio-de-Pacometria>. Data de acesso: 25/08/2019.

FiberSals. **Danos estruturais causados pela infiltração**. Disponível em: <https://fibersals.com.br/blog/danos-estruturais-causados-pela-infiltracao/>. Data de acesso: 30/09/2019.

FIBRSALS. **Saiba tudo sobre a lei de conservação de marquises**. Disponível em: <https://fibersals.com.br/blog/lei-de-conservacao-de-marquises/>. Acesso março 2020.

FÓRUM DA CONSTRUÇÃO. Disponível em: [Manifestações Patológicas na Impermeabilização de Estruturas de Concreto em Saneamento](http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=20&Cod=703) <http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=20&Cod=703>. Data de acesso: 25/08/2019.

GONÇALVES, M.O. de. **Marquise de Concreto Armado da Cidade de Viçosa- MG:** manifestações patológicas, inspeção e avaliação de grau de deterioração. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil) – Viçosa – MG, 2011.

IBAP – XII COBREAP – Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações e Perícias. Belo Horizonte, MG. 2012. Proposta de Norma para Inspeção de Marquise. Disponível em: <http://ibape-nacional.com.br/biblioteca/wp-content/uploads/2012/12/Proposta-de-Norma-para-Inspecao-de-Marquise.pdf>. Acesso junho 2020.

IBAPE. **Inspeção predial “a saúde dos edifícios”**. Disponível em: <http://www.ibape-sp.org.br/arquivos/CARTILHA-Inspecao-predial-a-saude-dos-edif%C3%ADcios.pdf>. Data de acesso: 31/05/2019.

IBI BRASIL. **Guia de aplicação da norma de desempenho para impermeabilização:** especificação, aplicação e contratação com foco no atendimento à ABNT NBR 15575:2013. IBI Brasil, Instituto de Impermeabilização. São Paulo, 2018.

IMPERMITTE sistema para lajes/marquises sem trânsito. Disponível em: <http://impermitte.com.br/servicos/sistema-para-lajesmarquises-sem-transito/>. Data de acesso: 25/08/2019.

JCONLINE. **Desabamento de marquise deixa um homem morto no Sertão**. 2017. Disponível em: <http://jconline.ne10.uol.com.br/canal/cidades/geral/noticia/2017/08/07/desabamento-de-marquise-deixa-um-homem-morto-no-sertao-299764.php>. Data do acesso: 16/10/2019.

JERUEL PLÁSTICOS. **Produtos e pisos industriais**. Disponível em: <https://www.jeruelplast.com.br/site/produtos/pisos-industriais/modelo-scr/>. Data de acesso: 25/09/2019.

JORNAL DO COMMERCIO, 2017. Desabamento de marquise deixa um homem morto no sertão. 7 julho 2017. Disponível em: <https://jc.ne10.uol.com.br/canal/cidades/geral/noticia/2017/08/07/desabamento-de-marquise-deixa-um-homem-morto-no-sertao-299764.php>. Acessado março 2020.

LORENÇATO, Larissa de Andrade. **Relatório Técnico:** Laudos de Inspeção de Marquises da Região Central da Cidade de Porto Alegre/RS. 2019. TCC do Curso de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2019. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/200202/001103150.pdf?sequence=1>. Acesso junho 2020.

MACHADO, Ari de Paula. **Manual de Reforço das Estruturas de Concreto Armado com Fibras de Carbono Viapol**. 2007. Disponível em: <http://viapol.com.br/media/97576/manual-fibra-de-carbono.pdf>. Acesso em 28/08/2019.

MAIS Controle Prova de Carga: por que usar essa metodologia na construção? 2018. Disponível em: <https://maiscontroleerp.com.br/prova-de-carga/>. Data de acesso: 25/08/2019.

MAPA DA OBRA. **Veja como Funcionam Ensaios não Destrutivos como o Ensaio de Esclerometria**. 2016. ABNT NBR 6118 1980: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Disponível em: <https://www.mapadaobra.com.br/inovacao/veja-como-funciona-ensaio-de-esclerometria/>. Data de acesso: 25/08/2019.

MAZER, Wellington. **Inspeção e ensaios em estruturas de concreto**. Material do Curso de Especialização em Patologias das Construções. Universidade Tecnológica do Paraná. Curitiba, PR, 2012.

MEDEIROS, Marcelo H. F. de. Marquises: por que algumas caem? Universidade de São Paulo Maurício Grochoski, 2007. Disponível em: http://coral.ufsm.br/decc/ECC1006/Downloads/Marquises_quedas.pdf. Data de acesso: 25/08/2019.

MODULUS ENGENHARIA. **Ensaio de esclerometria**. Disponível em: <http://www.modulusengenharia.com.br/Esclerometria.aspx>. Data de acesso: 25/09/2019.

PORTO ALEGRE. Prefeitura Municipal de Porto Alegre. **Decreto nº 9425, de 28 de abril de 1989**. Regulamenta a aplicação das medidas de conservação de marquises estabelecidas na Lei nº 6.323, de 30 de dezembro de 1988, e dá outras providências.

PORTO ALEGRE. **Lei n. 6323 de 28 de abril de 1999**. Regulamenta a aplicação das medidas de conservação de marquises estabelecidas na lei nº 6323, de 30 de dezembro de 1988, e dá outras providências. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a1/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 fevereiro 2020.

PICCHI, F.A. **Impermeabilização de coberturas**. São Paulo: Editora Pini, 1986.

RODOARTE, Rudini. **Laudo Técnico de Engenharia. Teste de Prova de Carga - Brasília - DF, 2018**. Disponível em: <https://www.rarquiteturaereforma.com.br/single-post/laudo-tecnico-teste-carga-brasil>. Data de acesso: 10 outubro 2019.

RIZZO, B. E. **Marquises - uma abordagem técnica**. Coordenador do setor de Centro de Estudos e Pesquisa de Desastres da Defesa Civil do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2007.

SÃO PAULO. Câmara Municipal de São Paulo. **Minuta de projeto de lei**. Rev. jun/2007. Disponível em: http://www.abece.com.br/PL_Marquises_Rev.pdf. Acessado fevereiro 2020.

SETE ENGENHARIA. Prova de carga. Disponível em: <http://sete.eng.br/796741-noticia-rova-de-arga>. Data de acesso: 25/08/2019.

SICON, Sindicato dos Condomínios Prediais do Litoral Paulista. **Marquises devem passar por vistoria periódica.** Disponível em: <http://www.sicon.org.br/noticias/5075-marquises-devem-passar-por-vistoria-periodica>. Acessado em março 2020.

SOUZA, Vicente Custódio Moreira de; RIPPER, Thomaz. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto.** 2009. <http://ibape-nacional.com.br/biblioteca/wp-content/uploads/2012/12/Norma-de-Inspe%C3%A7%C3%A3o-Predial-IBAPE-Nacional.pdf>.

STORTE, Marcos. **Fórum da Construção.** 2017. Disponível em: <http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/120/perigo-suspenso-queda-de-marquises-alerta-para-o-risco-285374-1.aspx>. Data do acesso: 31/05/2018.

ZUCCHI, Fernando Luiz. **Técnicas para reforço de elementos estruturais.** Trabalho (conclusão de curso) - Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2015.