

MÁRCIO DE OLIVEIRA GONÇALVES

**MARQUISES DE CONCRETO ARMADO DA CIDADE DE VIÇOSA-MG:
MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS, INSPEÇÃO E AVALIAÇÃO DE GRAU
DE DETERIORAÇÃO**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa, como
parte das exigências do Programa de
Pós Graduação em Engenharia Civil,
para obtenção do título de *Magister
Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2011

MÁRCIO DE OLIVEIRA GONÇALVES

**MARQUISES DE CONCRETO ARMADO DA CIDADE DE VIÇOSA-MG:
MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS, INSPEÇÃO E AVALIAÇÃO DE GRAU
DE DETERIORAÇÃO**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa, como
parte das exigências do Programa de
Pós Graduação em Engenharia Civil,
para obtenção do título de *Magister
Scientiae*.

APROVADA: 21 de fevereiro de 2011.

Prof. José Luiz Rangel Paes
(Coorientador)

Prof^a. Rita de Cássia S. S. Alvarenga
(Coorientadora)

Prof. Alfredo Petruski

Aline Werneck Barbosa de Carvalho

Prof. Reginaldo Carneiro da Silva
(Orientador)

A meus familiares e meus amigos.

AGRADECIMENTOS

O longo tempo desde o início de minha formação gerou inúmeros agradecimentos. Agradeço inicialmente a Deus primeiramente pela vida, por todas as oportunidades, por tantas portas que se abriram para que este caminhada fosse possível, por todas as pessoas que colocou em meu caminho que de certa forma contribuíram para minha formação pessoal e profissional. Grandes foram as dificuldades, maiores foram as providências.

A meus pais Maria e Antônio, meu irmão Lázaro, minha Tia Gertrudes, pessoas que me motivam a fazer sempre o melhor que posso, sempre buscar novas conquistas. À minha noiva Rosemar, sempre presente, dando apoio, com participação em cada conquista.

Agradeço a todos os membros da comissão orientadora, pela amizade, pelo companheirismo, pela paciência. Ao orientador Prof. Reginaldo Carneiro da Silva, pela orientação, por toda ajuda, pelo apoio incondicional, por acreditar que este trabalho pudesse ser concluído. Ao Prof. José Luiz Rangel Paes pela valiosa colaboração orientando e defendendo minha permanência no programa de pós-graduação, também acreditando em mim quando as coisas pareciam difíceis. À Prof^a. Rita de Cássia S. S. Alvarenga por todo apoio, pelas valiosas contribuições a este trabalho.

À colaboração do Engenheiro Nelson Araújo Lima, acrescentando valiosas informações para enriquecimento deste trabalho, por compartilhar um rico e vasto acervo técnico, por nos receber com tão boa vontade para entrevista.

A todos meus grandes amigos. Graças a Deus são muitos, e todos de certa forma contribuíram para conclusão desta etapa. Tenho sempre a certeza que estão comigo, eu os agradeço muito por tudo. Ao Flávio, grande incentivador, que muito ajudou em diversos trabalhos para que eu pudesse dar andamento neste trabalho. Ao Handerson, que da mesma forma contribuiu

para este trabalho, tendo dado valioso auxílio em algumas disciplinas. Aos amigos Alex, Tiago, Carlos Augusto, Juliano, presentes na caminhada na pós-graduação, companheiros, incentivadores, prestadores de grande auxílio.

Aos amigos Bruno, Gilcimar e Wanderson pela amizade, por sempre torcer por esta e outras conquistas, pelo valioso auxílio desde o tempo da graduação para tudo o que eu precisasse, grandes companheiros, incentivadores, amigos de todas as horas, de longa data.

Às amigas Maria Claudia e Leidimar, que muito auxílio deram a este trabalho, além de outros. Deram uma valiosa ajuda no início deste trabalho, onde havia muitas dúvidas, muitas dificuldades, contribuindo de forma muito direta. Agradeço ainda à Cássia, que sempre deu todo apoio, e também contribuiu para que este trabalho fosse possível. À Deise que prontamente respondeu aos meus emails solicitando orientações para desenvolvimento de minha pesquisa, além de incentivar e torcer para que o trabalho fosse concluído.

Ao Sérgio Weber, que além de incentivar e fornecer equipamentos, deu um valioso auxílio nos trabalhos de inspeção. Aos bombeiros da UFV por cederem equipamentos, carros e pessoal para auxiliar nos trabalhos.

Aos colaboradores que auxiliaram neste trabalho em feriados e fins de semana, prestando serviço de grande valor para as inspeções.

E vários são os que em outros momentos apoiaram, e deram valiosa ajuda para cumprir determinada etapa. São tantos que seria impossível citar todos. É muito gratificante lembrar de todos aqueles que merecem agradecimento e saber que são tantos.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	xi
RESUMO	xiii
ABSTRACT	xv
1 INTRODUÇÃO	1
1.1. GENERALIDADES	1
1.2. OBJETIVOS.....	3
1.2.1. Objetivo geral	3
1.2.2. Objetivos específicos.....	3
1.3. JUSTIFICATIVA.....	4
1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO	6
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	8
2.1. DEFINIÇÃO	8
2.2. CONFIGURAÇÃO ESTRUTURAL DE MARQUISES	9
2.3. MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS.....	12
2.3.1. Aspectos gerais	12
2.3.2. Manifestações patológicas devido às sobrecargas	13
2.3.3. Falhas no projeto estrutural.....	17
2.3.4. Falhas na execução	21
2.3.5. Manutenção.....	24
2.3.6. Durabilidade em estruturas de concreto.....	26
2.4. METODOLOGIA GDE/UNB PARA AVALIAÇÃO DE MARQUISES	29
2.4.1. Descrição da metodologia	29

2.4.2.	Fator de ponderação	31
2.4.3.	Fator de intensidade	32
2.4.4.	Cálculo do grau de deterioração do elemento (G_{de})	33
2.4.5.	Grau de deterioração de uma família de elementos (G_{df}).....	35
2.4.6.	Grau de deterioração global da estrutura (G_d).....	36
2.4.7.	Parâmetros de inspeção: tipos de danos em marquises	38
3 ACIDENTES COM MARQUISES DE CONCRETO ARMADO - ESTUDOS DE CASOS NA LITERATURA		45
3.1.	GENERALIDADES	45
3.2.	EXEMPLOS DE ACIDENTES COM MARQUISES.....	45
3.3.	CASOS RECENTES DE ACIDENTES COM MARQUISES.....	57
3.4.	AVALIAÇÃO CRÍTICA DA SITUAÇÃO ATUAL	63
4 METODOLOGIA.....		68
4.1.	MARQUISES NA CIDADE DE VIÇOSA – MG.....	68
4.1.1.	A cidade de Viçosa	68
4.1.2.	Utilização de marquises na cidade	69
4.2.	CASOS IDENTIFICADOS.....	69
4.3.	PROCEDIMENTOS DE INSPEÇÃO.....	74
4.3.1.	Levantamento geométrico e dados gerais das marquises	74
4.3.2.	Verificação da corrosão de armaduras.....	86
4.3.3.	Verificação de profundidade de carbonatação	91
4.3.4.	Estimativa de resistência e integridade do concreto.....	94
4.3.5.	Recomposição da área de inspeção	96
4.3.6.	Adaptações da metodologia GDE/UnB para avaliação de marquises.....	98
4.3.7.	Aplicação da metodologia GDE/UnB para avaliação de marquises.....	100
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....		105

5.1.	CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES.....	105
5.2.	ANÁLISE DE RESULTADOS DOS ESTUDOS DE CASO	106
5.2.1.	Levantamento geométrico e manifestações patológicas	106
5.2.2.	Profundidade de carbonatação e corrosão das armaduras	111
5.3.	RESULTADOS DA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA GDE/UnB PARA AVALIAÇÃO DE MARQUISES.....	112
5.4.	CRITÉRIOS PARA CONSTRUÇÃO DE MARQUISES.....	114
6	CONCLUSÕES E SUGESTÕES.....	117
6.1.	CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	117
6.2.	AVALIAÇÃO DO GRAU DE DETERIORAÇÃO DAS MARQUISES INSPECIONADAS	118
6.3.	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	119
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	121
	APÊNDICE A	125
	APÊNDICE B.....	140
	APÊNDICE C.....	141
	APÊNDICE D.....	142
	APÊNDICE E.....	145
	APÊNDICE F.....	159
	APÊNDICE G	168

LISTA DE FIGURAS

Figura 2. 1 - Marquise em laje diretamente engastada, sem continuidade.....	10
Figura 2. 2 - Marquise em laje diretamente engastada, com continuidade.....	10
Figura 2. 3 - Exemplo de marquise apoiada em vigas engastadas com seção variável.	11
Figura 2. 4 - Exemplo de marquise apoiada em vigas invertidas – lajes com todas as bordas apoiadas.....	11
Figura 2. 5 - Esquema de marquises apoiadas em tirantes.....	12
Figura 2. 6 - Exemplo de sistema de drenagem obstruído em marquise.....	14
Figura 2. 7 - Camadas sucessivas de impermeabilização sobre laje de marquise.	15
Figura 2. 8 - Utilização inadequada de marquises por pessoas.	16
Figura 2. 9 - Exemplo de letreiro comercial sobre marquise.....	16
Figura 2. 10 - Marquise do hotel Canadá: depósito de entulho e corrosão de armaduras apontados como causa do acidente..	17
Figura 2. 11 - Croquis de armadura negativa em marquises.	20
Figura 2. 12 - Retirada de escoramento em estruturas em balanço.	22
Figura 2. 13 - Exemplo de mau posicionamento de armadura. Posicionamento acima do concreto.....	23
Figura 2. 14 -Exemplo de marquise com falta de manutenção.....	25
Figura 2. 15 - Exemplo de tentativa de impermeabilização sobre trinca no revestimento.	26
Figura 2. 16 - Fluxograma de avaliação do grau de deterioração de acordo com a metodologia GDe/UnB	30
Figura 3. 1 - Marquise do edifício Mercúrio: escoramento emergencial para demolição.	46
Figura 3. 2 - Desabamento de marquise do Hotel Canadá (2007).....	47

Figura 3. 3 - Desabamento de marquise Hotel Canadá.....	47
Figura 3. 4 - Queda de marquise Anfiteatro do Centro de Ciências Sociais Aplicadas da Universidade Estadual de Londrina.....	48
Figura 3. 5 - Marquise do edifício Mercúrio após desabamento: detalhe dos tirantes de apoio.	50
Figura 3. 6 - Drenagem da marquise do Hospital Municipal Barata Ribeiro	52
Figura 3. 7 - Calha da marquise do Hospital Municipal Barata Ribeiro	53
Figura 3. 8 - Detalhe de reconstrução de marquise	53
Figura 3. 9 - Arquitetura de marquise, Tijuca, Rio de Janeiro	54
Figura 3. 10 - Queda de marquise: Bar Parada Obrigatória.	56
Figura 3. 11: Toldo substituindo antiga marquise: Bar Parada Obrigatória.....	56
Figura 3. 12 - Desabamento de marquise Av. Avenida Churchil.....	58
Figura 3. 13 - Desabamento de marquise, Aracaju, Sergipe..	58
Figura 3. 14 - Queda de marquise Cais do Porto 2007.	59
Figura 3. 15 - Queda de marquise, Escola Municipal Wilson Simões	61
Figura 3. 16 - Queda de marquise em Maringá.	61
Figura 3. 17 - Desabamento de marquise em Maringá 2008.....	62
Figura 3. 18 - Desabamento de marquise, Aracaju, Sergipe.	62
Figura 3. 19 - Ocorrências em Marquises – Av. Nossa Senhora de Copacabana (RJ)	64
Figura 3. 20 – Marquise removida e substituída.	66
Figura 3. 21 - Marquise removida em quase sua totalidade	67
Figura 3. 22 - Exemplo de marquise totalmente removida.....	67
Figura 4. 1 - Vista Parcial – Região Central de Viçosa – MG.	68
Figura 4. 2: Arranjo estrutural de marquises cadastradas.	72
FIGURA 4. 3: Dimensões em planta - marquise PEJ 79.	79
Figura 4. 4: Marquise PEJ 79 – Detalhe em corte.	80

Figura 4. 5 - Medição de camada de revestimento superior.....	81
Figura 4. 6 - Medição de camada de revestimento superior.....	81
Figura 4. 7 - Camada de revestimento superior com variação de espessura ..	82
Figura 4. 8 – Acúmulo de limo e entupimento de sistema de drenagem por falta de manutenção.	83
Figura 4. 9 – Exemplo de crescimento de vegetação	83
Figura 4. 10 – Isolamento de área sob marquise para inspeção.	84
Figura 4. 11 – Abertura de janela de inspeção com auxílio de furadeira de impacto	86
Figura 4. 12 – Detalhe de inspeção com auxílio de furadeira e ponteiro de aço para pequenas remoções de material	86
Figura 4. 13 – Determinação de diâmetro de armadura com uso de paquímetro digital	88
Figura 4. 14 – Estimativa de espaçamento de armadura negativa	88
Figura 4. 15 – Determinação de cobrimento de armadura	89
Figura 4. 16 – Detalhe de inspeção de armadura.....	90
Figura 4. 17 – Armadura com corrosão com perda de seção, agravada por cobrimento insuficiente.	90
Figura 4. 18 – Intervenção em marquise sem possibilidade de identificação de armadura	91
Figura 4. 19 - Coloração de soluções indicadoras de pH	92
Figura 4. 20 – Verificação de profundidade de carbonatação.....	93
Figura 4. 21 – Verificação de profundidade de carbonatação.....	93
Figura 4. 22 – Ensaio esclerométrico em viga de apoio	96
Figura 4. 23 – Limpeza para inspeção e recomposição	97
Figura 4. 24 – Área de inspeção recomposta com argamassa estrutural	97

LISTA DE TABELAS

Tabela 2. 1 - Classes de agressividade ambiental - NBR 6118:2003	18
Tabela 2. 2 - Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto	19
Tabela 2. 3 - Manifestações patológicas em marquises de concreto armado e seus respectivos Fatores de Ponderação.....	32
Tabela 2. 4 - Fator de intensidade de manifestação de um dano.	33
Tabela 2.5- Classificação dos níveis de deterioração do elemento - G_{de}	34
Tabela 2. 6 - Planilha de cálculo do Grau de Deterioração de elementos	35
Tabela 2. 7 – Fator de Relevância Estrutural (F_r)	36
Tabela 2. 8 – Exemplo de planilha eletrônica para determinação do Grau de Deterioração Global da Estrutura.....	37
Tabela 2.9 - Classificação dos níveis de deterioração da estrutura - G_d	38
Tabela 2. 10 – Correspondência entre classe de agressividade ambiental e cobrimento nominal para $\Delta c = 10$ mm	40
Tabela 2. 11 – Fatores de Ponderação para avaliação de marquises	99
Tabela 3. 1 - Casos de desabamento de marquises e similares	49
Tabela 3. 2 – Casos recentes de desabamento de marquises	60
Tabela 3. 3 - Principais problemas encontrados em marquises no Rio de Janeiro	63
Tabela 4. 1 - Lista de marquises cadastradas em Viçosa-MG.....	72
Tabela 4. 2 – Marquises inspecionadas.....	75
Tabela 4. 3 – Cálculo do Grau de Deterioração do Elemento – Lajes.	101
Tabela 4. 4 - Cálculo do Grau de Deterioração do Elemento – Vigas.....	101
Tabela 4. 5 - Cálculo do Grau de Deterioração Global da Estrutura.....	102

Tabela 4. 6 - Cálculo do Grau de Deterioração Global da Estrutura - marquise com laje diretamente engastada	104
--	-----

RESUMO

GONÇALVES, Márcio de Oliveira, M. Sc. Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2011. **Marquises de concreto armado da cidade de Viçosa-MG: manifestações patológicas, inspeção e avaliação de grau de deterioração.** Orientador: Reginaldo Carneiro da Silva. Co-Orientadores: José Luiz Rangel Paes e Rita de Cássia S. S. Alvarenga.

Marquises podem ser definidas como elementos que fazem parte do edifício e se projetam sobre logradouros públicos, com balanços engastados no plano das fachadas. Acidentes estruturais com estes elementos são cada vez mais frequentes e mostram o risco que muitas vezes estas estruturas podem trazer. Muitas são as manifestações patológicas comuns em marquises, com causas diversas, como erros de projeto, execução e utilização. A cidade de Viçosa-MG possui várias marquises em sua região central, algumas com manifestações patológicas que necessitam de estudos. Os vários exemplos de acidentes, alguns recentes, e o fato de que não existiam ainda estudos das marquises da cidade, onde pelo menos um sinistro ocorreu, mostram a necessidade de desenvolver um trabalho com estes elementos. Assim sendo, com o objetivo de avaliar o desempenho estrutural de marquises de concreto armado na cidade de Viçosa foram cadastradas 59 marquises, das quais 8 passaram por inspeção técnica. Nestas inspeções foram identificadas as principais manifestações patológicas e condições de manutenção. Com o uso de métodos pouco destrutivos, foram realizados levantamentos geométricos, identificação de profundidade de carbonatação com solução alcoólica de fenolftaleína, identificação de corrosão em armaduras e verificação de condições gerais do concreto. Além disto, foi utilizada na avaliação a metodologia GDE/UnB para quantificação do grau de risco. Os resultados obtidos evidenciam a importância de inspeções em marquises de concreto armado e mostram que algumas necessitam de intervenções imediatas para evitar maiores riscos. É possível perceber ainda que algumas marquises não passam por manutenção e possuem deteriorações, algumas com possibilidade de comprometer o elemento. Foi possível concluir ainda que a metodologia GDE/UnB pode ser aplicada para quantificação de grau de risco em marquises, exceto em marquises com armadura insuficiente ou sem armaduras, ou ainda

nos casos onde estas estejam posicionadas incorretamente. São propostas então algumas medidas para construção e manutenção de marquises, para evitar que estes elementos se deteriorem e possam sofrer colapso.

ABSTRACT

GONÇALVES, Márcio de Oliveira, M. Sc. Universidade Federal de Viçosa, February, 2011. **Marquees of reinforced concrete of the city Viçosa-MG: pathological manifestations, inspection and assessment of degree of deterioration.** Adviser: Reginaldo Carneiro da Silva. Co-Advisers: José Luiz Rangel Paes and Rita de Cássia S. S. Alvarenga.

Marquees can be defined as elements that are part of the building and they are projected on public areas, with projections in the plan of the facades. Structural accidents with these elements are more and more frequent and they show the risk that a lot of times these structures can bring. Many are the common pathological manifestations in marquees, with several causes, as project mistakes, execution and use. The city of Viçosa - MG possesses several marquees in central area, some with pathological manifestations that need studies. The several examples of accidents, some recent ones, and the fact that still didn't exist studies of the marquees of the city, where at least a sinister one happened, they show the need to develop a work with these elements. Like this being, with the objective of evaluating the structural acting of marquees of armed concrete in the city of Viçosa 59 marquees were registered, of which 8 went by technical inspection. In these inspections they were identified the main pathological manifestations and maintenance conditions. With the use of methods a little destructive geometric risings were accomplished, identification of depth carbonation with alcoholic solution of phenolphthalein, corrosion identification in reinforcing steel rods and verification of general conditions of the concrete. Besides, it was used in the evaluation the methodology GDE/UnB for quantification of the risk degree. The obtained results evidence the importance of inspections in marquees of reinforced concrete and they show that some need immediate interventions to avoid larger risks. It is possible to notice although some marquees don't go by maintenance and they possess deteriorations, some with possibility of committing the element. It was possible to end although the methodology GDE/UnB can be applied for quantification of risk degree in marquees, except in marquees with insufficient reinforcing steel rods or without reinforcing steel rods, or in the cases that the reinforcing steel rods where are positioned incorrectly. Then some are proposed measured for

construction and maintenance of marquees, to avoid that these elements deteriorate and they can suffer collapse.

1 INTRODUÇÃO

1.1. GENERALIDADES

O início da utilização do concreto armado no Brasil viabilizou a execução de edificações mais altas e com formas variadas, dando início ao processo de verticalização. As edificações, antes com no máximo quatro pavimentos, deram lugar a outras mais altas inspiradas no modelo Norte Americano.

A preocupação inicialmente com risco de quedas de objetos destas edificações fez com que fossem construídos elementos de proteção (RIZZO 2007). Desta forma, deu-se início à construção das marquises, que posteriormente vieram a trazer outras preocupações.

Para Bastos (2006), marquises normalmente são projetadas com a função arquitetônica de cobertura e proteção, podendo receber cargas de pessoas, anúncios comerciais, impermeabilização, dentre outros. Sua estrutura depende, portanto, do vão do balanço e da carga aplicada.

Mesmo sendo parte integrante da edificação, a característica de se projetar para fora faz com que a segurança das marquises seja uma preocupação importante. Na maioria das vezes, as edificações não têm passado por programas de inspeção ou manutenção, no seu todo, ou mesmo em suas partes componentes, como por exemplo, as marquises.

Esta falta de manutenção comum em edificações ressalta a preocupação com as marquises. A importância do estudo do comportamento destas estruturas se deve, dentre outros, ao fato de que o risco de ruínas nestes elementos não é apenas uma preocupação para ocupantes da edificação, mas também do público que transita nos logradouros públicos. Nos centros urbanos, normalmente a maior parte das marquises se encontra em locais com maior circulação de pessoas, em regiões comerciais.

De acordo com Cunha *et. al.* (1996), ao longo dos anos a construção destes elementos teve em alguns locais, imposições da Administração Pública, desde sua obrigatoriedade até limitações de uso. Inicialmente, a composição arquitetônica ou necessidade de proteção, incentivos à construção de

marquises e, posteriormente, a ocorrência de acidentes causou a proibição de uso.

A abordagem da segurança estrutural em marquises é importante, tanto para edificações recentes, quanto para aquelas construídas há muitos anos. Se por um lado se dispõe atualmente de melhores tecnologias e materiais, por outro lado, de acordo com Thomaz (1989) as obras têm sido conduzidas com velocidades cada vez maiores, diminuindo assim os rigores nos controles de serviços e materiais.

No caso de edificações antigas, existe a preocupação com a ação do ambiente em que se encontra o elemento ao longo de períodos consideráveis de tempo. Muitas vezes, os materiais e técnicas empregadas não atendem às exigências normativas atuais, principalmente no que diz respeito à durabilidade. Por esta razão é possível se encontrar marquises com concreto de elevada porosidade, baixa resistência, e com profundidade de carbonatação considerável, estando as armaduras sob processo de corrosão dentro desta profundidade. Cobrimentos inadequados pioram ainda mais a situação descrita.

Em todos os casos a deficiência profissional também é citada como causa de preocupação com edificações, incluindo nestas as marquises. Para Thomaz (1989), esta formação deficiente de engenheiros e arquitetos é um dos fatores que provocam a queda gradativa da qualidade de edificações, sendo possível até mesmo identificar edificações ainda sem ocupação com necessidade de reparos e reforços.

Neste cenário, é importante salientar o fato de que em se tratando de marquises, o risco independe da ocupação. Ainda que a edificação não apresente condições para tal, passando ou não por reparos, o simples fato de estarem estes elementos projetados sobre calçadas já impõe risco a pessoas.

Cunha et. al. (1996) ressalta que projetar uma estrutura implica em garantir a segurança, a funcionalidade e a durabilidade da mesma, sendo todos os termos prioritários. Uma breve análise das condições de marquises em diversos locais leva a concluir que muitas vezes estes elementos estruturais não foram bem concebidos ou bem resolvidos. Acidentes conhecidos reforçam ainda mais esta afirmação.

É importante ressaltar que é necessário que se busque soluções para diminuição da queda de qualidade em edificações, como um todo ou em suas partes. Tal fato toma maior força quando se trata de marquises, onde se têm vários casos de acidentes, muitos com vítimas. Segundo THOMAZ (1989), obras brasileiras com baixo padrão de qualidade têm contribuído para formação dos maiores especialistas no mundo em patologias.

A importância da manutenção ainda não é comum nas edificações como um todo, e menos ainda em marquises. Desta forma, ainda que se tenha eficiência em projeto e execução, a fase de utilização ainda pode comprometer este elemento. É necessário conscientizar proprietários de forma que se entenda que assim como é feito em automóveis, a manutenção em caráter preventivo pode reduzir riscos e custos.

Em se tratando de marquises, o que se observa é certo descaso. São feitas apenas pequenas intervenções, que podem ser mais vistas como maquiagens, isto após alguma deterioração de partes visíveis para o comércio e vias públicas. No mais, vale a regra do que não é visto não é lembrado, e assim os mecanismos de deterioração continuam agindo, chegando ao ponto de acidentes com elementos, dos quais não se tinha a ideia de sinistros.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo geral

O presente trabalho tem como objetivo geral avaliar marquises de concreto armado, situadas na cidade de Viçosa – MG, de forma a definir um grau de deterioração dessas estruturas e avaliar aspectos de funcionalidade e durabilidade.

1.2.2. Objetivos específicos

Com o objetivo de estudar e avaliar marquises de concreto armado são definidos como objetivos específicos deste trabalho:

- Identificar as principais manifestações patológicas;

- Estimar o grau de deterioração das marquises selecionadas;
- Realizar inspeções técnicas em marquises para avaliação;
- Utilizar a metodologia GDE/UnB; metodologia desenvolvida na Universidade de Brasília, utilizada para avaliação quantitativa de estruturas de concreto, descrita por Souza (2009) para avaliar o grau de risco das marquises selecionadas para estudo;
- Avaliar as adequações necessárias à metodologia GDE/UnB para melhor caracterização do grau de deterioração de marquises.

1.3. JUSTIFICATIVA

Vários são os casos de acidentes estruturais com marquises no Brasil de que se tem notícia, ainda que não se disponha de laudos detalhados para todos os casos. Portanto, é fato conhecido no meio técnico que manifestações patológicas nestes elementos são muito preocupantes, levando-se em consideração sua condição de ruptura e o fato de estarem projetadas sobre logradouros públicos.

Na cidade do Rio de Janeiro, onde ocorreram alguns casos de desabamento, o trabalho de estudo de marquises obteve êxito, sendo algumas marquises em condição de risco demolidas antes que pudessem sofrer colapso. Acredita-se, portanto, que o início de um trabalho desse tipo em outros municípios pode servir de base para o poder público agir preventivamente, evitando assim acidentes.

Sendo assim, uma das principais motivações para o estudo de marquises de concreto armado na cidade de Viçosa-MG se deve ao fato de que várias são as marquises encontradas na região central da cidade com alguma manifestação patológica evidente. Entretanto, ainda não existe nenhum estudo ou projeto que sirva de base para avaliação do risco envolvido. Nem mesmo é possível encontrar um cadastro de marquises com alguma necessidade de avaliação.

Muito pouco ou nada se conhece da maioria das marquises de Viçosa, sobretudo aquelas encontradas em edificações mais antigas e, portanto, construídas com materiais e técnicas desconhecidas por seus proprietários

atuais. Muitas vezes se trata de elementos construídos sem projetos, ou seja, de concepção baseada em empirismo, ou alguma espécie de conhecimento prático, sem quaisquer especificações técnicas feitas com base em critérios de normas. E todos os dias muitas pessoas circulam e ficam sob estes elementos, sem que se tenha nenhuma estimativa de risco.

Casos de pequenos desabamentos já foram registrados na cidade sem, entretanto, estudo técnico a respeito. A repercussão destes casos foi restrita à imprensa local com publicações de circulação regional. Entretanto, marquises continuaram a ser construídas sem maiores critérios e as existentes continuaram sem programas adequados de manutenção. A maioria destas marquises não passa por manutenção há bastante tempo, e algumas certamente nunca passaram.

Somente no ano de 2008 a Administração Municipal determinou uma comissão para estudo de marquises na cidade. Entretanto, poucos foram os recursos oferecidos, e por demissão de técnicos do serviço público a comissão acabou se extinguindo, sem ter feito nenhuma reunião.

Vale ressaltar que diversas foram as dificuldades encontradas pelos profissionais da engenharia que atuavam pelo Município. Até os dias atuais, o próprio número de profissionais ainda é insuficiente, tendo, por exemplo, a defesa civil apenas um profissional para atender toda a demanda.

Somente em meados de 2010 foi constituída uma nova comissão, que manifestou interesse em acompanhar o presente trabalho e conhecer a metodologia de avaliação. Entretanto, dificuldades continuaram existindo, incluindo a falta de carros para vistorias e demais equipamentos necessários.

Portanto, este trabalho deve ser o primeiro passo para uma investigação mais profunda sobre marquises na cidade. Os casos estudados, a metodologia descrita, os resultados obtidos servirão de base para trabalhos do setor de engenharia do Município.

1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho está dividido em seis capítulos, incluindo este capítulo introdutório. Além disto, contém 7 apêndices incluindo formulários de inspeção, relatório e planilhas utilizadas nas avaliações.

No capítulo 1 é apresentada uma introdução ao tema, assim como a motivação para o desenvolvimento deste trabalho, a importância do tema e os objetivos do trabalho.

No capítulo 2 é feita uma conceituação a respeito de marquises de concreto armado, no que diz respeito aos possíveis arranjos estruturais, principais manifestações patológicas e a forma com que cada uma delas pode afetar o comportamento de uma marquise. São abordados ainda alguns aspectos de durabilidade de estruturas de concreto armado, em particular, marquises. Neste capítulo é feita ainda a conceituação da metodologia GDE/UnB para avaliação de estruturas de concreto, e algumas alterações na mesma para sua aplicação na avaliação de marquises de concreto armado.

O capítulo 3 traz um estudo de casos de acidentes com marquises de concreto armado disponíveis na literatura técnica, abordando diversos sinistros dos quais se dispõe de informação técnica. Neste capítulo são ainda descritos alguns acidentes recentes ocorridos no Brasil, dos quais ainda não se tem maiores informações técnicas. É feito ainda um resumo dos casos ocorridos e uma análise da situação atual.

No capítulo 4 são apresentados alguns detalhes das marquises na cidade de Viçosa. São apresentados os casos selecionados para estudo e detalhada a metodologia desenvolvida para a avaliação, incluindo descrição de roteiro de inspeção para identificação de manifestações patológicas típicas

Os resultados destas inspeções são expostos e discutidos no capítulo 5. Os dados obtidos são detalhados em tabelas e gráficos ilustrando a situação atual do grupo de marquises inspecionadas.

Do capítulo 6 constam as principais conclusões do trabalho, assim como algumas diretrizes para construção de novas marquises. São feitas ainda algumas sugestões para futuros trabalhos relacionados ao tema.

O Apêndice A contém a relação de todas as marquises cadastradas na cidade de Viçosa, que serviram de base para escolha dos casos estudados.

No Apêndice B é apresentado o modelo de formulário utilizado para cadastro simples de marquises.

No Apêndice C é detalhado o formulário de entrevista e autorização para estudo das marquises selecionadas. Neste formulário constam algumas questões levantadas junto aos proprietários para obtenção de informações gerais das marquises.

O formulário mostrado no Apêndice D se refere à fase de inspeção, e possui um roteiro para obtenção de informações técnicas necessárias à avaliação. Este formulário foi utilizado como base para a sequência de procedimentos de inspeção.

No Apêndice E são mostradas as planilhas de cálculo do Grau de Deterioração Global da estrutura para as marquises analisadas.

No Apêndice F são apresentados os croquis das marquises inspecionadas e no Apêndice G é mostrado um modelo de relatório de inspeção proposto após as avaliações feitas.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. DEFINIÇÃO

Marquises podem ser definidas como sendo elementos que fazem parte da edificação e se projetam sobre logradouros públicos. São normalmente constituídas de balanços engastados no plano das fachadas (JORDY e MENDES 2006). Foram inicialmente idealizadas como proteção para aqueles que transitam nas calçadas, quanto à chuva, sol e objetos que podem cair dos pavimentos superiores (MEDEIROS E GROCHOSKI, 2007). Entretanto, além da função de proteção, as marquises podem contribuir com a arquitetura das fachadas. Ou seja, não são indispensáveis, mas possuem características vantajosas para as edificações.

Por ser um elemento que avança sobre calçadas, a segurança estrutural deve ser sempre garantida. Medeiros e Grochoski (2007) afirmam que, por ser um elemento em contato com a edificação principal apenas pela região de engastamento, isto implica em certo risco. Por esta razão necessita de atenção especial desde a fase de projeto, até a execução e utilização.

Bastos (2006) ressalta que a estrutura de uma marquise a ser projetada, depende principalmente do vão do balanço e da carga aplicada. É mais comum de se verificar em construções existentes marquises formadas por lajes em balanço, sendo as marquises formadas por vigas e lajes encontradas com menor frequência.

Independentemente do arranjo estrutural, as marquises podem receber cargas diversas. Além do seu peso próprio, podem receber acesso de pessoas, anúncios comerciais, equipamentos como ar condicionado, sistema de impermeabilização dentre outros. Tal fato não chegaria a ser um problema ou mesmo um risco, se não fossem as mudanças de utilização e a falta de manutenção. Muitas vezes as marquises são concebidas para receber determinada carga, mas outras são incorporadas muito além de sua função inicial.

2.2. CONFIGURAÇÃO ESTRUTURAL DE MARQUISES

Existem algumas particularidades no comportamento estrutural de marquises que as tornam diferenciadas em relação a outros elementos de concreto armado. Primeiramente, marquises formadas apenas por lajes são elementos onde os esforços de flexão predominantes solicitam a face superior, ou seja, predominam os momentos negativos. Com os esforços de tração na parte superior, as armaduras principais são dispostas nesta parte. Por infeliz coincidência, a parte superior destes elementos é a mais sujeita a ação de umidade e intempéries, e assim as armaduras ficam sujeitas a uma maior ação de agentes agressivos e com maior possibilidade de deterioração.

Outra particularidade importante se refere à vinculação da marquise ao restante da estrutura. Esta é uma das principais preocupações, uma vez que se trata de um único apoio, com restrições aos deslocamentos vertical, horizontal e à rotação. Uma simples perda de qualquer uma destas restrições já é condição suficiente para perda do equilíbrio e ocorrência de acidente.

Além destes fatores, outra particularidade das marquises é o fato de se projetarem sobre espaços públicos. Não se trata de um elemento que traz risco para ocupantes da edificação, mas principalmente para pessoas que circulam nas calçadas.

Diversos podem ser os arranjos estruturais de marquises. Um arranjo bem típico é marquise com laje diretamente engastada. Este grupo pode ainda ser dividido em 2 grupos: marquises com lajes diretamente engastadas em vigas, sem continuidade da laje para o interior da edificação (Figura 2.1), e marquises com lajes engastadas em lajes no interior da edificação, ou seja, com continuidade (Figura 2.2). A questão da continuidade da laje muda a forma de armar negativamente estas lajes.

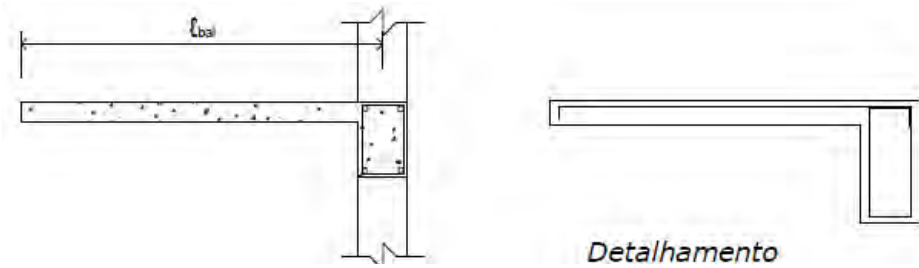


Figura 2. 1 - Marquise em laje diretamente engastada, sem continuidade.

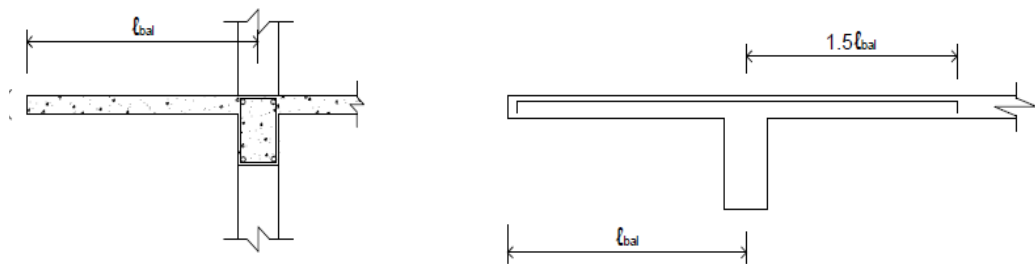


Figura 2. 2 - Marquise em laje diretamente engastada, com continuidade.

Outro arranjo comum é o caso das marquises apoiadas em vigas engastadas ou contínuas. As vigas de apoio podem ser invertidas ou estarem posicionadas por baixo da marquise. Podem ainda ter seção variável, conforme ilustrado na figura 2.3. Em se tratando de marquises com vigas engastadas, neste caso as lajes podem ou não ter uma borda livre, ou seja, as marquises podem ou não possuir viga ao longo de sua borda livre.



Figura 2. 3 - Exemplo de marquise apoiada em vigas engastadas com seção variável.



Figura 2. 4 - Exemplo de marquise apoiada em vigas invertidas – lajes com todas as bordas apoiadas.

Outro tipo menos comum é o arranjo estrutural de marquises com borda livre apoiada em tirantes (Figura 2.6). Conforme será apresentado adiante, este era o caso da marquise do edifício Mercúrio, no Rio de Janeiro, marquise esta que desabou em 1990, por corrosão nas armaduras dos tirantes.

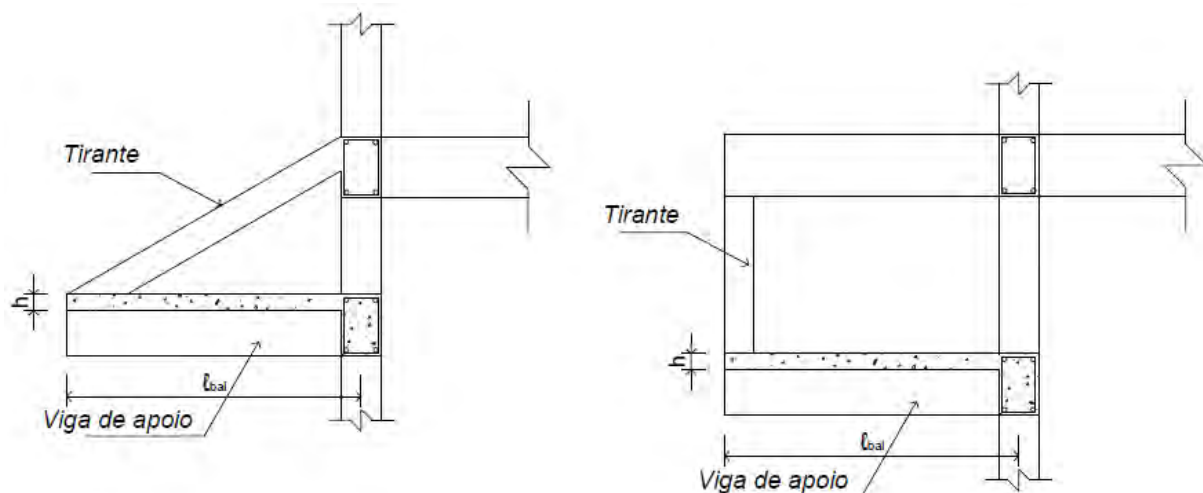


Figura 2. 5 - Esquema de marquises apoiadas em tirantes.

2.3. MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

2.3.1. Aspectos gerais

Souza (1998) define como patologia das estruturas o campo da Engenharia das Construções que se ocupa do estudo das origens, formas de manifestação, consequências e mecanismos de ocorrência das falhas e dos sistemas de degradação das estruturas, ou seja, das manifestações patológicas.

Algumas vezes, determinado elemento estrutural pode ter desempenho insatisfatório para o fim que se destina, por diversas razões. Esta perda de desempenho pode, por exemplo, ser consequência de processo de deterioração ao longo do tempo, ou ainda, em curto prazo, por erros diversos. Pode ocorrer de um elemento já no início de sua vida útil não atender mais às suas especificações, apresentando algumas manifestações patológicas.

Manifestações patológicas podem possuir origens diversas, desde a fase de projeto, onde algumas falhas limitam a vida útil de determinado elemento.

Outras falhas podem ocorrer ainda na fase de execução e até mesmo de utilização, seja por imperícia ou desconhecimento.

De acordo com Marcelli (2007), muitas vezes as boas técnicas são desprezadas sob o argumento de que outras vezes já se executou do jeito errado sem problemas. Entretanto, o que ocorre é que não se procura tomar conhecimento dos problemas apresentados e responsabilidades não são assumidas, sendo atribuída a culpa a outros profissionais e fatores da obra.

Em se tratando de marquises de concreto armado, diversas podem ser as anomalias encontradas, podendo estas estar relacionadas ao concreto, às armaduras, ao sistema de drenagem, à impermeabilização e à forma de utilização ou mesmo a erros de projeto, conforme discutido a seguir.

2.3.2. Manifestações patológicas devido às sobrecargas

A aplicação de cargas superiores às previstas em projeto é algo que ocorre em estruturas de concreto em geral. Entretanto, em se tratando de marquise, as consequências desta má utilização são mais graves. Medeiros e Grochoski (2007) ressaltam que esta sobrecarga pode ser tanto um fator prejudicial à durabilidade como o próprio agente causador isolado da ruína da estrutura.

A simples falta de manutenção pode ser causa de sobrecargas não previstas. O entupimento, ou mesmo subdimensionamento do sistema de drenagem e consequente acúmulo de água aplica sobre a marquise cargas não previstas, além de outros problemas relacionados ao aço e concreto. Medeiros e Grochoski (2007) comentam que esta ineficiência é apontada como hipótese para o desabamento da marquise do Anfiteatro da Universidade Estadual de Londrina em 2006. Na figura 2.7 apresenta-se um caso de falta de manutenção onde o entupimento do sistema de drenagem causou acúmulo de água sobre a marquise.



Figura 2. 6 - Exemplo de sistema de drenagem obstruído em marquise.

A manutenção feita de forma inadequada também pode ser uma possibilidade de sobrecarga, além do previsto. Mesmo não havendo camada de impermeabilização, muitas vezes o caimento em direção ao sistema de drenagem é feito pela aplicação de argamassa sobre a marquise. Quando o caimento é feito no sentido longitudinal e as distâncias entre as descidas do sistema são consideráveis, pode ocorrer de determinados trechos da camada de regularização ter espessura maior que a laje.

A manutenção da camada de impermeabilização deve ser renovada periodicamente, de forma a não permitir acesso de agentes agressivos ao concreto e armaduras. Entretanto, quando for feita esta troca da camada de impermeabilização, a camada antiga deve ser removida, de forma a não se ter camadas sobrepostas. Medeiros e Grochoski (2007) citam um exemplo em que uma marquise com laje de 7 cm de espessura recebeu inúmeras camadas de impermeabilização superpostas totalizando 56 cm.



Figura 2. 7 - Camadas sucessivas de impermeabilização sobre laje de marquise (MEDEIROS E GROCHOSKI, 2007).

A utilização inadequada de uma marquise é outro fator importante no que diz respeito à incorporação de sobrecargas não previstas. Um exemplo disto é a utilização de marquises como “camarotes”. Muitas vezes estas marquises não foram projetadas para o acesso de pessoas, mas podem vir a receber grande número de pessoas em movimento sobre elas.

É comum ainda a instalação de equipamentos de ar condicionado e principalmente, letreiros comerciais. Medeiros e Grochoski (2007) ressaltam que neste caso não se trata apenas do peso da estrutura destes letreiros. Deve-se levar em consideração que a ação do vento sobre estes letreiros é transmitida à marquise. Desta forma deve-se sempre consultar um Engenheiro Civil especialista em cálculo estrutural antes de instalar este tipo de elemento.



Figura 2. 8 - Utilização inadequada de marquises por pessoas. Fonte: <http://www.acesa.com>. Acesso: Outubro de 2010.



Figura 2. 9 - Exemplo de letreiro comercial sobre marquise antiga (Marquise PEJ 79).

Outra situação bem peculiar de sobrecarga em marquise ocorre em reformas de fachadas. É comum neste caso a instalação de andaimes sobre a

marquise, sem nenhum escoramento sob esta. Estes andaimes recebem operários e materiais de construção, o que só aumenta o risco envolvido.

Outro risco no caso de reformas é o depósito de entulho. Este foi um dos fatos que levou ao colapso a marquise do hotel Canadá no Rio de Janeiro em 2007, acidente de grande repercussão, conforme explicado na figura 2.10.

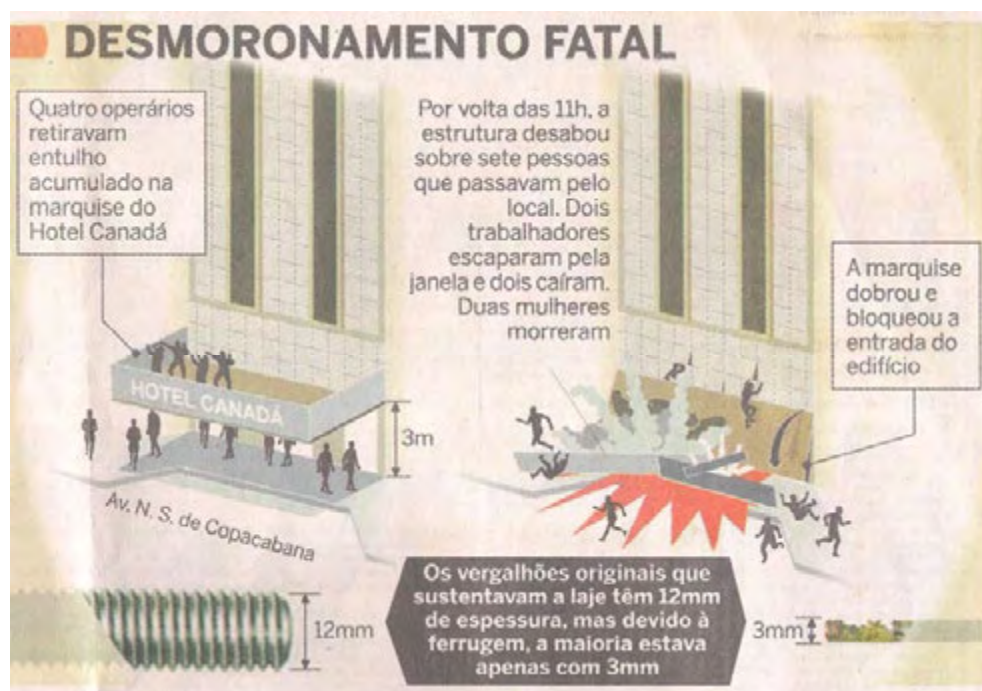


Figura 2. 10 - Marquise do hotel Canadá: depósito de entulho e corrosão de armaduras apontados como causa do acidente. Fonte: Jornal "O Globo Rio" 2007.

2.3.3. Falhas no projeto estrutural

De acordo com Medeiros e Grochoski (2007), em se tratando de acidentes com marquises de concreto armado, a possibilidade de erros no projeto deve ser sempre investigada. Vale lembrar que esta é uma investigação bastante complexa, já que mudanças na utilização podem ocorrer.

Marquises de concreto armado devem ser projetadas de forma criteriosa. É importante ressaltar que devem ser atendidas as prescrições da NBR 6118:2003. Devem ser no mínimo enquadradas na Classe de Agressividade CAA II (agressividade moderada com pequeno risco de deterioração da estrutura) de acordo com a tabela 6.1 da referida norma.

Isto implica adotar uma classe de concreto C25 ($f_{ck}=25$ MPa) ou superior e cobrimento nominal mínimo de 25 mm. Além disto, deve ser adotada uma

relação água/cimento menor que 0,6. Vale lembrar que a especificação de um concreto mais impermeável é fundamental para garantir a durabilidade de uma marquise. Ressalta-se que em zona industrial ou marinha devem ser adotados critérios mais rigorosos. Na tabela 2.1 são apresentadas as classes de agressividade ambiental de acordo com a tabela 6.1 da NBR 6118:2003.

Tabela 2. 1 - Classes de agressividade ambiental - NBR 6118:2003

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana ^{1), 2)}	Pequeno
III	Forte	Marinha ¹⁾	Grande
		Industrial ^{1), 2)}	
IV	Muito forte	Industrial ^{1), 3)}	Elevado
		Respingos de maré	

¹⁾ Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (um nível 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).

²⁾ Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) em: obras em regiões de clima seco, com umidade relativa do ar menor ou igual a 65%, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos, ou regiões onde chove raramente.

³⁾ Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

Na tabela 2.2 é apresentada a correspondência entre classe de agressividade ambiental e qualidade do concreto, apresentada na tabela 7.1 da NBR 6118:2003.

Tabela 2. 2 - Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto, (NBR 6118:2003).

Concreto	Tipo	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
NOTAS					
1 O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 12655.					
2 CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado.					
3 CP corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto protendido.					

A maioria das marquises existentes, projetadas e executadas já há algum tempo, com certeza possui cobrimentos de armadura insuficientes. A utilização de cobrimentos maiores e a preocupação com a durabilidade foram evidenciadas na versão de 2003 da norma.

Outra decisão importante na fase inicial do projeto é a espessura h que deve ser adotada para garantir uma rigidez adequada da marquise e evitar deformação excessiva. Segundo a NBR 6118: 2003, deve-se verificar o Estado Limite de Deformações Excessivas (ELS-DEF). A Tabela 2.3 mostra os valores indicados para flecha limite de acordo com a NBR 6118:2003. Esta tabela indica uma flecha limite $a_{lim} = \ell/250$; sendo ℓ o vão teórico; considerando-se coberturas e varandas. É interessante a especificação de contraflechas no projeto, não só para diminuir o valor final da flecha, como também para possibilitar a drenagem adequada da água de chuva.

O projetista deverá adotar a carga acidental a ser considerada nos cálculos. A NBR 6120: 1980 não especifica marquises. Entretanto recomenda-se adotar uma sobrecarga mínima de 3 kN/m², prevendo-se a possível utilização da marquise como camarote em eventos com aglomeração de pessoas como carnaval, passeatas, festas de rua, etc.

A NBR 6120: 1980 exige ainda, ao longo de parapeitos e balcões, uma força distribuída acidental vertical mínima de 2 kN/m e horizontal mínima de 0,8

kN/m. O calculista deve estar atento para a possibilidade de colocação de placas ou letreiros nas marquises.

Além dos corretos critérios de cálculo, outro ponto importante no projeto é o correto detalhamento das armaduras, que deve ser claro o suficiente para permitir sua montagem adequada. No caso de laje em balanço engastada em laje contígua, uma falha recorrente de projeto é o comprimento insuficiente da armadura negativa no engaste. Recomenda-se, a favor da segurança, prolongar pelo menos $1,5\ell_{bal}$ para garantir o engastamento, sendo ℓ_{bal} o comprimento do balanço (Figura 2.12a).

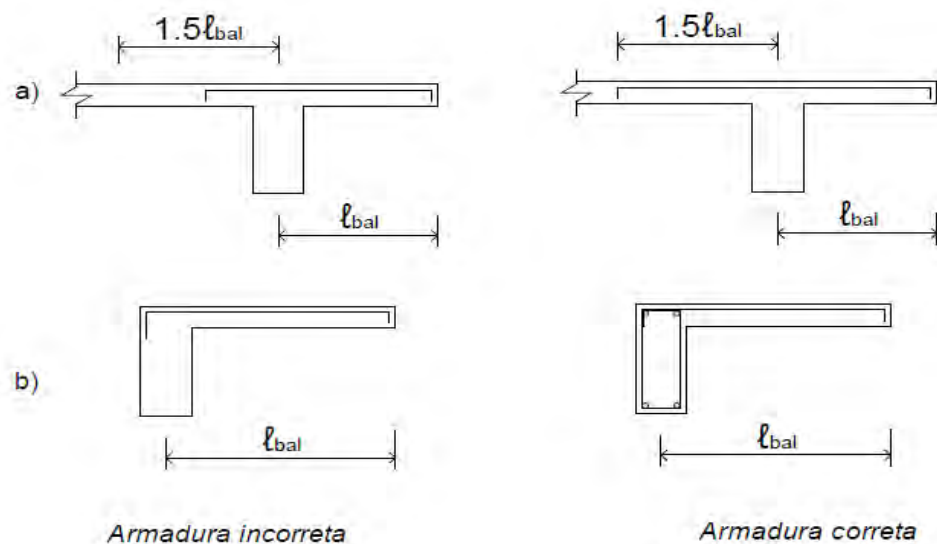


Figura 2. 11 - Croquis de armadura negativa em marquises.

Para o caso de laje engastada em viga (Figura 2.12 b), deve-se prover um detalhamento que garanta a transmissão do momento torçor para a viga.

Aconselha-se ainda a utilização de uma armadura positiva de distribuição, nas duas direções, para prevenir possível inversão do diagrama de momentos fletores, quando for feita a retirada de escoramento.

Quanto à configuração estrutural existem algumas opções para o projeto, sendo este normalmente norteadas pelas dimensões do elemento. Balanços com maiores dimensões normalmente exigem a configuração de lajes apoiadas em vigas em balanço. Neste caso é necessário utilizar maior seção de concreto para resistir aos esforços de compressão na parte inferior do elemento, além

de maior seção de armadura. Entretanto, pode não ser favorável a utilização de lajes de grande espessura.

A continuidade da estrutura é outro fator que altera de maneira muito significativa o projeto já que afeta diretamente o grau de vinculação da estrutura em balanço. Quando não existe continuidade, vigas em balanço são engastadas diretamente nos pilares, enquanto lajes são diretamente engastadas nas vigas adjacentes. Daí a necessidade de verificar a torção nestas vigas e a transferência de momento fletor aos pilares.

Um exemplo de acidente com marquise devido a falhas no projeto foi o caso de desabamento ocorrido no Restaurante da Tijuca, Rio de Janeiro, em 1992, onde foi verificada deficiência de armadura na viga tipo balcão que sustentava a marquise desta edificação (MEDEIROS E GROCHOSKI, 2007).

2.3.4. Falhas na execução

Muitas das manifestações patológicas em estruturas de concreto armado têm sua origem no processo de execução. Falhas nesta etapa podem ocorrer por vários motivos, dentre eles falta de capacitação profissional, inexistência de controle de qualidade de execução, materiais que não atendem aos critérios de normas específicas, irresponsabilidade técnica e até mesmo sabotagem (SOUZA e RIPPER 1998).

É importante ressaltar que a etapa de projeto também induz a erros na fase de execução. De acordo com Souza e Ripper (1998), a fase de execução em estruturas de concreto apenas deve ser iniciada uma vez terminada a fase de projeto. A inversão desta sequência natural pode levar a erros graves em qualquer estrutura e, sobretudo, no caso de marquises.

No caso destas estruturas, alguns erros são comuns:

- Leitura ou interpretação errada das especificações de projeto;
- Falha no posicionamento de armaduras negativas, bem como amassamento ou retirada de posição devido ao trânsito de operários;
- Adoção de cobrimentos menores do que os especificados;

- Falta de critérios para produção ou recebimento do concreto, lançamento, adensamento e cura, o que pode induzir a microfissuração, obtenção de resistência abaixo do especificado, defeitos de concretagem, aumento da porosidade do concreto;
- Erros de escoramento e de retirada de escoramento – inversões nos diagramas de esforços solicitantes.

No caso deste último fator, uma vez invertidos os esforços em função de erros no escoramento, o concreto passa a receber esforços de tração, muitas vezes em baixas idades. É um erro comum iniciar a retirada de escoramento destes elementos a partir do apoio para a borda livre. A figura 2.13 mostra a sequência correta para retirada deste escoramento.

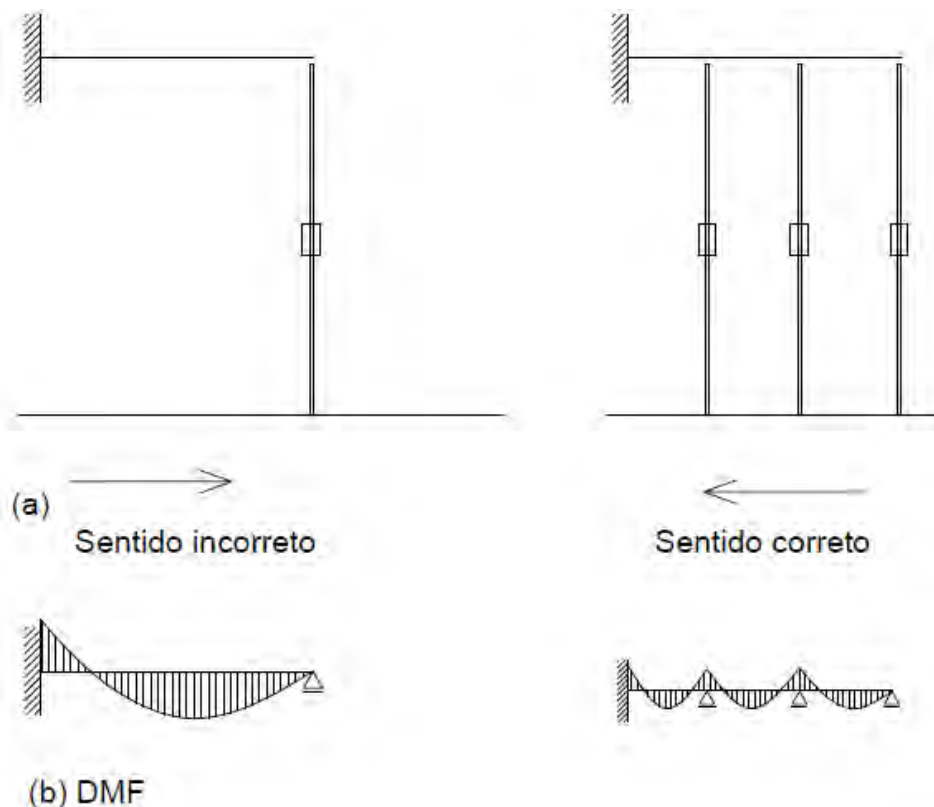


Figura 2. 12 - Esquema de retirada de escoramento em estruturas em balanço.

Um dos maiores problemas no que se refere à etapa de execução é sem dúvida o mau posicionamento das armaduras negativas. É muito comum erros de posicionamento, decorrentes da falta de planejamento de dispositivos que mantenham a armadura na posição adequada. Muitas vezes as armaduras já são posicionadas abaixo ou acima da posição de projeto, ou mesmo saem do

local adequado em decorrência do trânsito de trabalhadores da obra. Para evitar que isto ocorra recomendam-se adotar bitolas maiores para essas armaduras, “caranguejos” para montagem e tábuas de apoio para passagem de operários, evitando assim que os mesmos pisem nas armaduras negativas e as tirem da posição prevista.

Tanto o posicionamento acima ou abaixo do local especificado para as armaduras são perigosos do ponto de vista de segurança estrutural. Se por um lado as armaduras situadas abaixo do local determinado possuem maior cobertura, por outro, este mau posicionamento diminui a altura útil da peça de concreto, e conseqüentemente pode ocorrer ruptura por esmagamento do concreto comprimido.

No caso do posicionamento das armaduras acima do local especificado o maior problema é certamente a falta de cobertura adequada. Estas armaduras estão mais sujeitas ao processo de corrosão, o que pode levar ao colapso.



Figura 2. 13 - Exemplo de mau posicionamento de armadura. Posicionamento acima do concreto.

No que diz respeito ao concreto, deve se atentar para que o mesmo tenha a resistência adequada. A consistência do concreto empregado deve ser cuidadosamente verificada, evitando assim o uso de concretos com elevada relação água / cimento e desta forma problemas com concreto com resistência

insuficiente ou com elevada porosidade, o que pode permitir o acesso de agentes agressivos até as armaduras.

2.3.5. Manutenção

De acordo com Souza e Ripper (1998), muitas vezes, o próprio usuário, que é o maior interessado no correto desempenho das estruturas, por desleixo ou desconhecimento pode vir a se tornar o principal agente gerador de deterioração. As estruturas devem ter manutenção eficiente, principalmente no caso de marquises, onde o desgaste por falta de manutenção é potencialmente perigoso.

Mesmo serviços simples muitas vezes não são feitos de forma preventiva em marquises. Pode-se citar como exemplo a remoção de sujeiras que podem impedir a saída de água, manutenção adequada do sistema de impermeabilização sem a sobreposição de camadas, dentre outros. Cuidados simples, feitos de forma periódica, impedem que ocorra a necessidade de intervenções maiores e de maior custo.

Vale ressaltar, no entanto, que na maioria dos edifícios, as marquises são locais de difícil acesso, dificultando a limpeza periódica. Obviamente que isto não deve ser justificativa para falta de manutenção, ainda que se tenham mais dificuldades neste caso. Recomenda-se, entretanto, que novas marquises sejam construídas com melhor acesso para tal procedimento.



Figura 2. 14 -Exemplo de marquise com falta de manutenção.

No que diz respeito à impermeabilização, conforme citado anteriormente sua manutenção deve ser feita sempre com a remoção da camada antiga antes da aplicação de outra nova. Em nenhum caso deve ser feita sobreposição de camada de impermeabilização.

É comum ainda encontrar marquises sem camada de impermeabilização. Neste caso são adicionadas camadas simples de revestimento quando existe algum problema de estanqueidade. Por vezes, são aplicadas ainda pequenas quantidades de material impermeabilizante em locais específicos e sem proteção mecânica. Nenhum dos procedimentos é funcional. Deve ser feita uma camada de impermeabilização com material adequado para cada caso, sendo posteriormente feita a camada de proteção mecânica, que não deve ser de grande espessura de forma a não ultrapassar o valor de cargas previstas.



Figura 2. 15 - Exemplo de tentativa de impermeabilização sobre trinca no revestimento.

2.3.6. Durabilidade em estruturas de concreto

Além de ser um material amplamente utilizado em construções diversas, o concreto pode ser visto ainda como um material instável que sofre alterações em suas propriedades químicas e físicas em função de seus componentes e de características ambientais.

Estas alterações podem comprometer o desempenho da estrutura ou da peça através de mecanismos de deterioração. A forma e a velocidade de deterioração dependem da natureza do material ou componente e das condições de exposição aos agentes.

Sendo assim, a durabilidade pode ser definida como o parâmetro que relaciona as características de deterioração do material e da estrutura em uma edificação em função de características como agressividade ambiental, definindo, portanto a vida útil da mesma.

Além disto, a durabilidade em peças de concreto armado pode ainda ser definida como a capacidade que esta peça possui de manter o seu desempenho acima dos níveis mínimos especificados, de maneira a atender às exigências especificadas. É função de vários parâmetros, como as características das diversas etapas construtivas (projetos, especificações,

materiais, manutenção), da agressividade do meio ambiente em que a estrutura está inserida, da forma de utilização da estrutura e do tempo, ou seja, da vida útil requerida (MEHTA e MONTEIRO,1997).

Em muitas edificações antigas os projetos não receberam alguns cuidados no que diz respeito à durabilidade. Isto sem contar as edificações feitas sem qualquer tipo de projeto. Isto explica diversas manifestações patológicas presentes nestas edificações. De acordo com Brandão (1998), durante muito tempo, o concreto foi considerado um material extremamente durável, opinião esta baseada em obras muito antigas ainda em bom estado de conservação. Entretanto, obras feitas com menor rigor não apresentavam o mesmo estado de conservação e assim, ocorriam diversas manifestações patológicas.

Em se tratando de estruturas de concreto, a dosagem é um aspecto fundamental para a durabilidade. De acordo com Silva (1995), para uma estrutura ser durável e possuir manutenção de baixo custo durante a vida útil é necessário que a composição do concreto seja adequada de forma que o material resista à solitação do meio ambiente, proteja as armaduras da corrosão, e sofra tensões inferiores à capacidade para qual foi produzido, o que evita a ocorrência de fissuras excessivas.

Na dosagem, um parâmetro importante é a quantidade de água no concreto, que define características como a densidade, compacidade, porosidade, permeabilidade, capilaridade, fissuração e resistência mecânica, que são indicadores de qualidade do material. Todas estas características estão diretamente ligadas aos conceitos de durabilidade e vida útil.

A NBR 6118 restringe a relação água/cimento (Tabela 2.2) de acordo com a classe de agressividade ambiental (Tabela 2.1). Seguir esta recomendação da norma significa produzir concreto com menores quantidades de água, entretanto com menor porosidade e permeabilidade e, portanto, mais duráveis. Na prática, o aumento na trabalhabilidade quando requerido, é conseguido com uso de aditivos e/ou adições minerais.

Vale lembrar que é necessário fazer uma cura eficiente do concreto para que a água incorporada na mistura com o objetivo de oferecer trabalhabilidade e possibilitar as reações de hidratação do cimento não seja perdida. A parte da

água utilizada com o objetivo de permitir o adensamento sai da mistura por evaporação. Assim, a cura deve ser de tal forma que não se permita a saída rápida de água, ou mesmo o excesso de saída desta, o que provocaria tensões internas no concreto e a formação de fissuras. Neste caso pode ocorrer a entrada de agentes externos agressivos no concreto, comprometendo a durabilidade do mesmo.

Portanto, produzir um concreto durável significa fazer uma dosagem adequada, com boa especificação de materiais, produzir o concreto de maneira correta e dentro dos parâmetros de dosagem. Além disto, o concreto durável requer cuidados no seu processo de endurecimento, sempre com o objetivo de reduzir a possibilidade de ataque de agentes agressivos, uma vez que a permeabilidade do concreto para líquidos e gases é relevante para a durabilidade deste.

No projeto e na execução, adotar cobrimentos adequados é uma necessidade para manter a estrutura segura por mais tempo. De acordo com Helene (1992b), o concreto possui uma rede de poros que é um conjunto de canais capilares, nem sempre comunicados entre si, mas que fazem com que exista certa permeabilidade aos líquidos e gases. Assim, a camada de cobertura é permeável em certa medida, sendo necessário além da qualidade, o concreto deve possuir a espessura adequada para dificultar a entrada destes agentes até as armaduras. Isto poderia reduzir o pH do concreto, causando a despassivação das armaduras.

O uso de concreto de maiores resistências também é um critério de durabilidade. Seu uso não se faz apenas por exigências estruturais. Em alguns casos, a resistência mecânica pode nem ser o parâmetro mais importante. Vale lembrar que o concreto mais resistente é na maioria das vezes um concreto mais durável, com menor permeabilidade e porosidade. Ou seja, o concreto mais durável pode ser o concreto mais resistente.

No caso das marquises de concreto armado, a adoção de critérios de durabilidade assume uma maior importância. Em primeiro momento, estas muitas vezes são estruturas em concreto aparente, o que torna a agressão ambiental um fator de grande influência. Em segundo momento, é um elemento

que muitas vezes está sujeito à presença de umidade em sua parte superior, na qual estão situadas as armaduras principais.

É necessário lembrar ainda que o risco que processos corrosivos nas armaduras trazem no que diz respeito à possibilidade de colapsos é grande. Sendo assim, o concreto assume um papel muito importante para a proteção destas armaduras, e desta forma deve atender a todas as especificações normativas de durabilidade.

2.4. METODOLOGIA GDE/UNB PARA AVALIAÇÃO DE MARQUISES

2.4.1. Descrição da metodologia

A metodologia conhecida como GDE/UnB ou PECC/UnB é utilizada para avaliação do grau de deterioração de um elemento ou de uma estrutura. De acordo com Souza (2009), esta metodologia foi desenvolvida por Castro (1994) e foi inicialmente formulada para avaliar obras de arte. Esta metodologia sofreu ainda modificações em trabalhos de mestrado desenvolvidos por Lopes (1998), Boldo (2002) e Fonseca (2007), sendo testada em diversas edificações de naturezas distintas.

O princípio de aplicação do método é a quantificação do grau de deterioração de um elemento, ou de toda estrutura. O grau de deterioração de uma estrutura é definido a partir da obtenção do grau de dano de cada elemento. A partir daí é obtido o grau de deterioração desses elementos, sendo feita após isto a determinação do grau de deterioração da família de elementos de mesma natureza e, por fim, da estrutura.

No caso deste trabalho, o uso desta metodologia será feita a partir de sua última aplicação descrita por Souza (2009), com pequenas adaptações para o caso estudado, conforme fluxograma apresentado na figura 2.17:

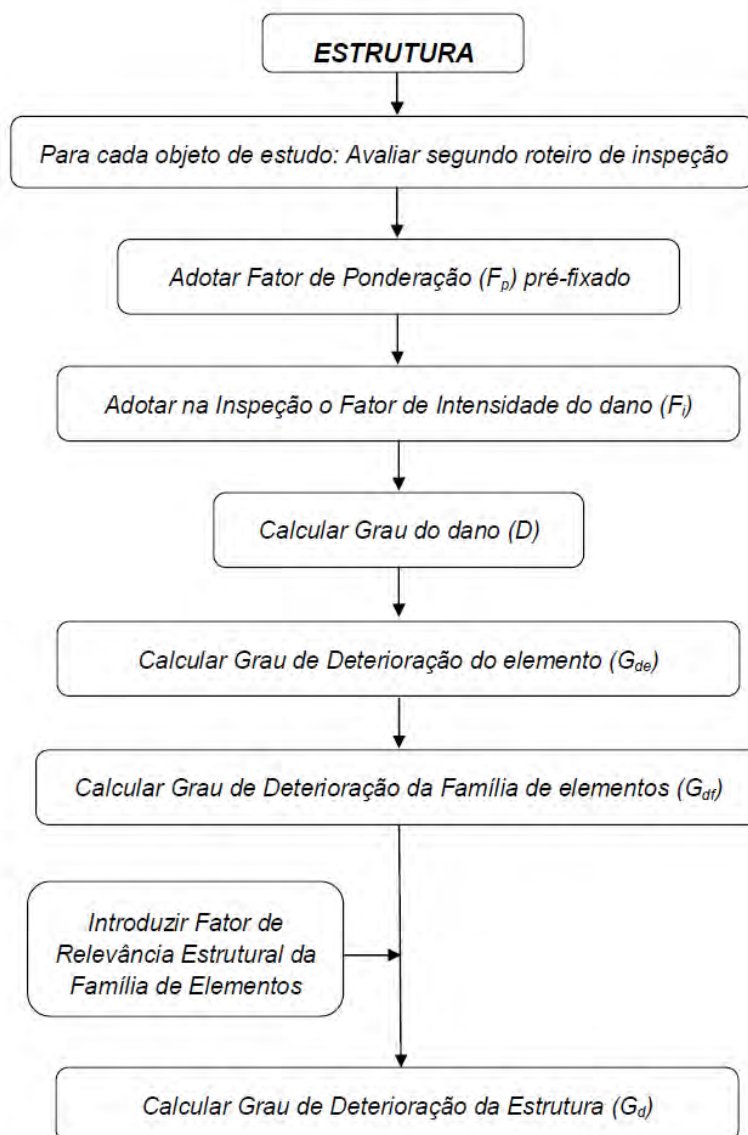


Figura 2. 16 - Fluxograma de avaliação do grau de deterioração de acordo com a metodologia GDe/UnB (SOUZA 2009)

A determinação do grau de deterioração é feita mediante adoção de Fatores de Ponderação (F_p) pré-fixados para cada dano e Fatores de Intensidade (F_i) de manifestação de cada dano, conforme descrito adiante.

2.4.2. Fator de ponderação

De acordo com Moreira (2007), o fator de ponderação quantifica a importância relativa de um determinado dano, no que se refere às condições gerais de estética, funcionalidade e segurança dos elementos, tendo em vista as manifestações patológicas possíveis de serem neles detectadas e em função da família de elementos que apresentam o problema.

Cunha (2009) ressalta que para a definição deste fator são estabelecidos os problemas mais relevantes quanto aos aspectos de durabilidade e segurança estrutural, sendo que uma mesma manifestação patológica pode ter fatores de ponderação diferentes, de acordo com as características da família onde o elemento se insere e das consequências que o dano pode causar, variando numa escala de 1 a 5.

Para o caso da avaliação em marquises de concreto armado, foram adotados os valores para Fator de Ponderação constantes na Tabela 2.4, com base nos valores assumidos por Souza (2009) para lajes. Foram feitas adaptações, como por exemplo, a adoção de Fator de Ponderação maior para fissuras, manifestação patológica com maior potencial de risco em marquises.

Tabela 2. 3 - Manifestações patológicas em marquises de concreto armado e seus respectivos Fatores de Ponderação.

Fator de Ponderação	
Danos	F_p
Carbonatação	3
Cobrimento deficiente	3
Contaminação por cloretos	4
Corrosão das armaduras	5
Desagregação	3
Desplacamento	3
Eflorescência	2
Falhas de concretagem	3
Fissuras	2 a 5*
Flechas	5
Manchas	3
Umidade	3
Desvio de geometria	3

* Esta manifestação patológica possui Fatores de Ponderação (F_p) diferentes de acordo com as características da família onde o elemento se insere, dependendo das consequências que o dano possa acarretar (SOUZA, 2009.)

2.4.3. Fator de intensidade

O Fator de Intensidade de um dano (F_i) pode ser definido como o fator que classifica e quantifica a intensidade da evolução de um dano observado em determinado elemento. De acordo com a metodologia GDE/UnB descrita por Souza (2009), seu valor varia ente 0 e 4, sendo dada a classificação descrita na tabela 2.5 abaixo:

Tabela 2. 4 - Fator de intensidade de manifestação de um dano.

Descrição	F_i
Elemento sem lesões	0
Elemento com lesões leves	1
Elemento com lesões toleráveis	2
Elemento com lesões graves	3
Elemento em estado crítico	4

2.4.4. Cálculo do grau de deterioração do elemento (G_{de})

Para cálculo do Grau de Deterioração do Elemento Estrutural (G_{de}) é necessário inicialmente obter o Grau do Dano (D) associado a este de acordo com a equação (2.1).

$$D = 0,8.F_i.F_p ; \text{ para } F_i \leq 2,0 \quad (2.1)$$

$$D = (12.F_i - 28).F_p ; \text{ para } F_i \geq 3,0 \quad (2.2)$$

Onde:

D – Grau do Dano;

F_i - Fator de intensidade;

F_p - Fator de ponderação.

O Grau de Deterioração do Elemento (G_{de}) é dado pela equação (2.3):

$$G_{de} = D_{máx} \left[1 + \frac{\sum_{i=1}^m D_{(i)} - D_{máx}}{\sum_{i=1}^m D_{(i)}} \right] \quad (2.3)$$

Desta forma, a partir do Grau de Deterioração do elemento (G_{de}), podem ser definidos os níveis de deterioração, sendo estes níveis relacionados com a ação a ser adotada, conforme a tabela 2.5.

Tabela 2.5- Classificação dos níveis de deterioração do elemento - G_{de} (SOUZA, 2009).

Nível de Deterioração	G_{de}	Ações a serem adotadas
Baixo	0-15	Estado aceitável. Manutenção preventiva.
Médio	15-50	Definir prazo/natureza para nova inspeção. Planejar intervenção em médio prazo (máx de 2 anos).
Alto	50-80	Definir prazo/natureza para inspeção especializada detalhada. Planejar intervenção em curto prazo (máx de 1 ano).
Sofrível	80-100	Definir prazo/natureza para inspeção especializada detalhada. Planejar intervenção em curto prazo (máx de 6 meses).
Crítico	>100	Inspeção especial emergencial. Planejar intervenção imediata.

Com base nas definições feitas acima da Metodologia GDE/UnB, foi elaborada uma planilha eletrônica para cálculo de Grau de Deterioração do Elemento (G_{de}) para marquises. Apresenta-se na tabela 2.6 a planilha elaborada.

Tabela 2. 6 - Planilha de cálculo do Grau de Deterioração de elementos

Cálculo do Grau de Deterioração do Elemento, G_{de} - Marquises				
Código de Identificação da Marquise:		JLC 500		
Esquema estrutural:		Laje apoiada em Vigas Engastadas		
Data da Vistoria:		11/07/10		
Danos	Fator de Ponderação (F_p)	Fator de Intensidade (F_i)	Grau do Dano (D)	Esquema Estrutural/Observações
Carbonatação	3	1	2,4	<i>Edificação com processo de construção não concluído. Manifestações patológicas consideráveis. Sinais de construção paralisada há algum tempo.</i>
Cobrimento deficiente	3	3	24	
Contaminação por cloretos	4	0	0	
Corrosão das armaduras	5	4	100	
Desagregação	3	0	0	
Desplacamento	3	4	60	
Eflorescência	2	0	0	
Falhas de concretagem	3	1	2,4	
Fissuras	3	2	4,8	
Flechas / Sobrecarga excessiva	5	3	40	
Manchas	3	1	2,4	
Umidade	3	0	0	
Desvio de geometria	3	2	4,8	
Grau de Deterioração do Elemento - G_{de} =			158	
Grau de Deterioração:		<i>Critico</i>		
Ações a serem adotadas:		<i>Inspeção especial emergencial. Planejar intervenção imediata.</i>		

2.4.5. Grau de deterioração de uma família de elementos (G_{df})

De acordo com Souza (2009), para o cálculo do Grau de Deterioração de uma Família de Elementos (G_{df}) são computados apenas os elementos com $G_{de} > 15$. Valores abaixo disto não contribuem de forma significativa para o cálculo do Grau de Deterioração da Família de Elementos (G_{df}) e, portanto, de Deterioração da Estrutura (G_D).

De acordo com a metodologia GDE/UnB, um Grau de Deterioração do Elemento $G_{de} < 15$ é considerado como sendo de “Estado aceitável”, sendo recomendada apenas a manutenção preventiva.

O Grau de Deterioração de uma Família de Elementos (G_{df}) é dado pela equação 2.4:

$$G_{df} = G_{dem\acute{a}x} \left[\sqrt{1 + \frac{\sum_{i=1}^m G_{de(i)} - G_{dem\acute{a}x}}{\sum_{i=1}^m G_{de(i)}}} \right] \quad (2.4)$$

2.4.6. Grau de deterioração global da estrutura (G_d)

Uma vez determinado Grau de Deterioração da Família de Elementos (G_{df}) é feito o cálculo do Grau de Deterioração Global da estrutura (G_d). De acordo com Souza (2009), este parâmetro é dado em função dos diferentes Graus de Deterioração das Famílias de elementos da edificação. São introduzidos ainda os chamados Fatores de Relevância Estrutural (F_r). De acordo com Moreira (2007), o Fator de Relevância Estrutural da Família de Elementos (F_r) tem por objetivo considerar a importância relativa das diversas famílias, que subdividem a estrutura, quanto ao comportamento e desempenho da mesma.

Os valores citados por Souza (2009) para os Fatores de Relevância Estrutural (F_r) são apresentados na tabela 2.7.

Na figura 2.8 é apresentado um modelo de planilha eletrônica para cálculo do Grau de Deterioração Global da Estrutura (G_d) aplicado a marquises.

Tabela 2. 7 – Fator de Relevância Estrutural (F_r) (SOUZA, 2009)

Fator de Relevância Estrutural (F_r)	
Elemento	F_r
Elemento de composição arquitetônica	1
Reservatório superior	2
Escadas/rampas, reservatório inferior, cortinas, lajes secundárias, juntas de dilatação	3
Lajes, fundações, vigas secundárias, pilares secundários	4
Vigas e pilares principais	5

Uma vez adotados os valores do Fator de Relevância Estrutural, de acordo com Souza (2009) o Grau de Deterioração Global da Estrutura (G_d) é definido na equação 2.5 a seguir:

$$G_d = \frac{\sum_{i=1}^k F_{r(i)} \cdot G_{df(i)}}{\sum_{i=1}^k F_{r(i)}} \quad (2.5)$$

Tabela 2. 8 – Exemplo de planilha eletrônica para determinação do Grau de Deterioração Global da Estrutura.

Grau de Deterioração Global da Estrutura (G_d)				
Marquise:	PEJ 79			
Família de elementos	G_{df}	F_r	$F_r \times G_{df}$	Grau de deterioração Global da estrutura G_d:
Vigas engastadas	111	5	556	
Lajes	108	4	430	110
Total	219	9	986	
Nível de deterioração:	Crítico			
Ações a serem adotadas:	Inspeção especial emergencial. Planejar intervenção imediata.			

Assim como no caso do Grau de Deterioração dos Elementos (G_{de}), o Grau de Deterioração da Estrutura (G_d) pode ser classificado de acordo com a tabela 2.9:

Tabela 2.9 - Classificação dos níveis de deterioração da estrutura - G_d (SOUZA, 2009)

Nível de Deterioração	G_d	Ações a serem adotadas
Baixo	0-15	Estado aceitável. Manutenção preventiva.
Médio	15-50	Definir prazo/natureza para nova inspeção. Planejar intervenção em médio prazo (máx de 2 anos).
Alto	50-80	Definir prazo/natureza para inspeção especializada detalhada. Planejar intervenção em curto prazo (máx de 1 ano).
Sofrível	80-100	Definir prazo/natureza para inspeção especializada detalhada. Planejar intervenção em curto prazo (máx de 6 meses).
Crítico	>100	Inspeção especial emergencial. Planejar intervenção imediata.

2.4.7. Parâmetros de inspeção: tipos de danos em marquises

Para utilização da metodologia, além da utilização de formulários para inspeção técnica, é necessário conhecer alguns conceitos dos danos mais frequentes em estrutura. A seguir são detalhados os conceitos dos danos mais comuns em marquises, de acordo com as definições propostas por Souza (2009).

a) Carbonatação:

Efeito que se dá no concreto através da penetração do dióxido de carbono, CO_2 , presente na atmosfera, através das redes de poros no concreto, e de sua reação com os alcalinos da pasta de cimento, principalmente o

hidróxido de cálcio. Este efeito se inicia na superfície do concreto para o interior do mesmo.

Uma consequência importante disto é que ocorre a redução do pH do concreto ficando as armaduras mais sujeitas a corrosão (despassivação das armaduras).

A velocidade deste efeito se deve principalmente à concentração de CO₂, relação água / cimento do concreto e, ambientes com umidade elevada. A visualização deste dano se dá de acordo com o descrito no item 4.3.3, com aplicação de solução alcoólica de fenolftaleína.

b) Cobrimento deficiente

Além da qualidade do concreto utilizado em uma estrutura, outro fator importante para a durabilidade é o cobrimento das armaduras. De acordo com Brandão (1998), a adoção do cobrimento correto é uma das principais medidas de proteção das estruturas de concreto armado, principalmente com relação à prevenção da corrosão.

Portanto, em se tratando de cobrimento deficiente, pode-se afirmar que este é um dano que ocorre quando o cobrimento adotado em determinado elemento não atende às exigências da NBR 6118:2003. De acordo com Souza (2009), a peça estrutural quando apresenta um cobrimento deficiente é mais suscetível à penetração de agentes agressivos que podem atacar as armaduras e dar início ao processo corrosivo.

A tabela 7.2 da ABNT-NBR 6118:2003 apresenta os valores de cobrimento nominal para projeto e execução. De acordo com Souza (2009), este cobrimento nominal (c_{nom}) é o cobrimento mínimo acrescido da tolerância de execução (Δc), que pode ser de 5 mm para situações onde existe um controle de qualidade rigoroso, ou de 10 mm para situações onde não exista este controle.

Tabela 2. 10 – Correspondência entre classe de agressividade ambiental e cobertura nominal para $\Delta c = 10 \text{ mm}$

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental (tabela 6.1)			
		I	II	III	IV ³⁾
		Cobertura nominal mm			
Concreto armado	Laje ²⁾	20	25	35	45
	Viga/Pilar	25	30	40	50
Concreto protendido ¹⁾	Todos	30	35	45	55

¹⁾ Cobertura nominal da armadura passiva que envolve a bainha ou os fios, cabos e cordoalhas, sempre superior ao especificado para o elemento de concreto armado, devido aos riscos de corrosão fragilizante sob tensão.

²⁾ 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 tais como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros tantos, as exigências desta tabela podem ser substituídas por 7.4.7.5, respeitado um cobertura nominal $\geq 15 \text{ mm}$.

³⁾ Nas faces inferiores de lajes e vigas de reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, a armadura deve ter cobertura nominal $\geq 45 \text{ mm}$.

c) Contaminação por cloretos

Esta contaminação pode ser causada inicialmente pelo uso de aditivos com proporções prejudiciais de cloretos. De acordo com Souza (2009), isto também pode acontecer por penetração de cloretos presentes no meio ambiente (regiões litorâneas); utilização de água ou agregados contaminados, pelo uso de produtos de limpeza de pisos e fachadas, como por exemplo, ácido muriático e qualquer ambiente contaminado por cloretos, como caixas d'água (especialmente o fundo da laje da tampa), locais de armazenamento de produtos à base de cloretos, etc.

Neste caso, o principal dano nas estruturas de concreto armado ou protendido é a corrosão das armaduras, sendo comum a ocorrência de fissuras sobre as armaduras, quando a corrosão já está em estado mais avançado.

d) Corrosão das armaduras

De acordo com Souza (2009), este é um processo físico-químico gerador de óxidos e hidróxidos de ferro, produtos que ocupam um volume significativamente superior (em até 6 vezes) ao volume original das armaduras

antes da corrosão, o que provoca no concreto tensões de tração com ocorrência de fissuração e deslocamento do cobrimento do concreto.

O início do processo de corrosão é caracterizado pelo aparecimento de manchas marrom avermelhada ou esverdeada na superfície do elemento estrutural, devido à lixiviação dos produtos de corrosão. A evolução deste processo pode levar à perda total da seção da armadura. Ainda de acordo com Souza (2009), além dos danos ao concreto e da redução da capacidade resistente da armadura, a corrosão provoca a perda de aderência entre o aço e o concreto, e reduz a ductilidade da armadura.

e) Desagregação

De acordo com Carmo (2009), a desagregação consiste na separação física do concreto, com a perda de monolitismo e, na maioria das vezes, perda da capacidade de engrenamento entre os agregados e da função ligante do cimento. Souza (2009) ressalta que este fenômeno é característico de ataques químicos do concreto, em formas diversas: reação álcali-agregado, reações expansivas com sulfatos, ataques ácidos e também por ações biológicas (micro-organismos).

f) Desplacamento

Para Souza (2009), este processo pode ser descrito como ocorrência de lascas ou escamas que se destacam do concreto. Este fato não é resultante de ataque químico no concreto, e sim devido a alguns fatores como por exemplo, choques, movimentações térmicas, pressão ou expansão das armaduras no interior do concreto (corrosão).

g) Eflorescência

Souza (2009) descreve esta manifestação como sendo a dissolução dos produtos de hidratação do cimento presentes no interior do concreto,

principalmente os hidróxidos de sódio e potássio, em água (especialmente a água pura e branda) que são transportados para o exterior (lixiviação).

Os produtos alcalinos e o hidróxido de cálcio que se depositam sobre a superfície do concreto, na presença do CO₂ do ambiente, são carbonatados formando um produto insolúvel e esbranquiçado, podendo formar estalactite se a água for abundante.

h) Falhas de concretagem

Esta deficiência tem origem durante o processo de concretagem devido a um ou mais fatores. Para Souza (2009), são exemplos destes fatores a dosagem inadequada, diâmetro máximo do agregado graúdo não condizente com as dimensões da peça, lançamento e/ou adensamento inadequados, taxas excessivas e espaçamento inadequado de armaduras e perda de nata de cimento por aberturas nas formas. Ressalta-se ainda a possibilidade de não somente os agregados ficam expostos, mas também as próprias armaduras dos elementos estruturais, com possibilidade de início de processo corrosivo.

i) Fissuras

De acordo com Souza (2009), este dano apenas deve ser considerado quando o surgimento de fissuras for relacionado ao estado fresco e endurecido do concreto e fissuras oriundas de cargas impostas. Portanto, as fissuras de ataque químico responsáveis por desagregação e corrosão devem ser desconsideradas.

Em marquises é importante ainda observar a disposição de fissuras identificadas. Fissuras na direção longitudinal ao longo do engaste são bem mais nocivas que fissuras na direção transversal. De forma parecida, as fissuras em vigas de apoio também são sinais consideráveis de risco.

A NBR 6118:2003 apresenta para diferentes tipos de concreto limites de abertura de fissuras entre 0,2 e 0,4 mm. Ressalta-se que no caso de marquises a situação ideal é que não ocorram fissuras. Qualquer que seja a fissura identificada deve ser feita uma inspeção detalhada a fim de avaliar os riscos envolvidos.

j) Flechas / Sobrecarga excessiva

A norma NBR 6118:2003 restringe o deslocamento vertical de extremidades de varandas em $l/250$, onde l é o vão livre teórico. Tal limite se aplica para o caso de marquises. Entretanto, a menos que se tenha certeza da posição inicial da marquise, não se pode afirmar se determinado caimento é oriundo da fase de construção ou deslocamento excessivo. Entretanto, conhecendo-se a posição inicial do elemento, a flecha admissível deve estar abaixo do limite indicado pela NBR 6118:2003.

Entretanto, outro fator também muito importante para a segurança estrutural de uma marquise, e que pode vir a produzir deformações é a sobrecarga excessiva. Isto inclui desde grandes camadas de revestimento que podem superar a espessura da laje de concreto, até a sobreposição de camadas de impermeabilização, acúmulo de detritos ou entulhos sobre a marquise, entupimento do sistema de drenagem com acúmulo de água, instalação de painel publicitário ou equipamentos, utilização indevida por acesso de pessoas dentre outros.

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.

k) Manchas

Souza (2009) ressalta que este dano se refere a ocorrência de manchas escuras no concreto, devido à contaminação por fungos, mofo, etc., principalmente em elementos expostos. Outras manchas como as relacionadas à corrosão e eflorescências, não devem ser consideradas neste item para avaliação segundo a metodologia GDE/UnB.

l) Umidade

Souza (2009) define este dano com sendo a penetração de águas, agressivas ou não, em peças estruturais, através de fissuras, ninhos de concretagem, juntas de concretagem mal executadas ou devido à alta porosidade do concreto. Este dano pode ainda, ter origem em falhas na impermeabilização, deficiências no escoamento de águas pluviais, vazamento em tubulações, obstrução de sistema de drenagem, etc. Pode ainda facilitar o aparecimento de corrosão e lixiviação.

m) Desvio de geometria

Refere-se à perda de alinhamento de elementos estruturais com relação ao seu eixo, produzindo excentricidade de carga. Pode ser causado por deficiências na execução, seja por movimentação ou incorreção de formas, ou movimentação da estrutura, por esforços não considerados corretamente ou imprevistos (SOUZA, 2009)

Nos apêndice B e C são apresentados os formulários de cadastro e inspeção de marquises. Os registros feitos nestes formulários tendo como base os conceitos apresentados e demais levantamentos realizados (fotos, informações de proprietários, etc.) servem de base para fornecimento de dados à planilha eletrônica elaborada para cálculo do Grau de Deterioração Global da Estrutura.

3 ACIDENTES COM MARQUISES DE CONCRETO ARMADO - ESTUDOS DE CASOS NA LITERATURA

3.1. GENERALIDADES

Os primeiros exemplos de quedas de marquises ocorridos no século passado despertaram a atenção para as particularidades destas estruturas e os riscos a que muitas estavam submetidas. Acidentes sucessivos em Copacabana no ano de 1992 chamaram a atenção da mídia e de profissionais ligados à área de estruturas para a instabilidade deste elemento arquitetônico (CUNHA et. al. 1996).

O histórico da utilização de marquises teve momentos distintos, primeiro com o decreto 6000/37 em 1937 no Rio de Janeiro, onde o artigo 194 tornava obrigatória a construção destes elementos em logradouros situados em zonas comerciais. Esta recomendação era válida inclusive para edificações comerciais já existentes. No ano de 1991 foi criado o Decreto 10426/91, onde se extinguiu a obrigatoriedade de construção de marquises na mesma cidade. Posteriormente, em 2007, com o Decreto 27.663/07 a construção destes elementos foi proibida.

Existem vários registros de quedas de marquises em diversas cidades do Brasil, muitos deles não noticiados ou mesmo não estudados em vistoria ou perícia. Grande parte dos casos mais conhecidos ocorreu exatamente na cidade do Rio de Janeiro, onde muitas delas foram construídas, talvez por motivação de decreto, mas muitas não tiveram manutenção adequada.

3.2. EXEMPLOS DE ACIDENTES COM MARQUISES

Os primeiros colapsos que despertaram a atenção constam do início dos anos 90 (1990 e 1992) com o desabamento de duas marquises em Copacabana, uma na Rua Barata Ribeiro e outra na Rua Sá Ferreira, com vítimas fatais. Rizzo (2007) ressalta que a partir daí, muitas outras marquises desabaram fazendo vítimas e deixando em evidência a questão do risco da utilização não criteriosa destes elementos.

Jordy e Mendes (2006) ressaltam que esta foi a época de maior frequência de acidentes com marquises na cidade do Rio de Janeiro, causadas por ações de agentes agressivos, instauração de anomalias e consequente perda de desempenho de peças estruturais.

Um exemplo foi o caso da queda da marquise do Edifício Mercúrio (Figura 3.1), conforme citado na tabela 3.7, onde a falta de manutenção foi o mecanismo causador do acidente. Os levantamentos feitos mostraram falhas na impermeabilização da marquise. Como consequência, ocorreu o acesso de água e de CO₂ através de fissuras em tirantes de apoio, iniciando assim processos corrosivos nas armaduras. Houve, portanto, colapso e desvinculação parcial da marquise e a ruína do elemento.



Figura 3. 1 - Marquise do edifício Mercúrio: escoramento emergencial para demolição. (JORDY e MENDES 2006)

De acordo com Medeiros e Grochoski (2007), dois acidentes importantes reavivaram a preocupação relativa a acidentes com marquises: a queda da marquise do Anfiteatro do Centro de Ciências Sociais Aplicadas (CESA) da Universidade Estadual de Londrina (UEL) em 2006, com duas vítimas fatais e 21 feridos, e o desabamento da marquise do Hotel Canadá no Rio de Janeiro em 2007 (figura 3.2 e 3.3), com duas vítimas fatais e 14 feridos. Estes acidentes mostraram que este tipo de desastre tem ocorrido com mais frequência do que deveria.



Figura 3. 2 - Desabamento de marquise do Hotel Canadá (2007). Fonte: <http://oglobo.globo.com/rio> - Acesso Setembro 2010.



Figura 3. 3 - Desabamento de marquise Hotel Canadá. Fonte: <http://oglobo.globo.com/rio>. Acesso: Outubro 2010.

No caso do Hotel Canadá, a edificação possuía cerca de 40 anos, enquanto o Anfiteatro do Centro de Ciências Sociais Aplicadas da Universidade Estadual de Londrina possuía apenas 7 anos (Figura 3.4). Para Medeiros e Grochoski (2007), sinistros com marquises ocorrem tanto em edificações antigas quanto novas, independente da configuração estrutural, principalmente devido à falta de manutenção preventiva.



Figura 3. 4 - Queda de marquise Anfiteatro do Centro de Ciências Sociais Aplicadas da Universidade Estadual de Londrina, MEDEIROS E GROCHOSKI (2007).

As causas apontadas como mais frequentes de acidentes com marquises são: corrosão de armaduras, sobrecarga na estrutura, erro de projeto, mau uso da edificação, falhas na execução e infiltração de água, sendo a maioria delas passíveis de serem evitadas por um programa de inspeção e manutenção periódica da marquise (MEDEIROS E GROCHOSKI 2007).

Os casos de acidentes com marquises são muitos, sendo que parte deles não foi devidamente estudada, principalmente em cidades menores onde a queda destes elementos não tem destaque em meios de comunicação. Entretanto, existem também vários casos que foram noticiados, dos quais não têm muita informação técnica, alguns deles recentes como, por exemplo, o caso da queda de uma marquise na cidade de Aracaju – Sergipe, no dia 26 de Julho de 2010, com uma vítima fatal e dois feridos.

A tabela 3.1, proposta por Medeiros e Grochoski (2007), exemplifica alguns casos de sinistros ocorridos. Neste resumo os autores observam que acidentes ocorrem em várias configurações estruturais de marquises, independente da idade da edificação.

Tabela 3. 1 - Casos de desabamento de marquises e similares - MEDEIROS E GROCHOSKI (2007).

Casos de desabamento de marquises e estruturas similares no Brasil						
Edifício	Ano do acidente	Idade da edificação	Vítimas	Arranjo estrutural	Agentes causadores	Comprimento do balanço
Merúrio (RJ)	1990	Não declarado	1 morto	Laje sobre viga engastada	Corrosão das armaduras agravada por cobrimento insuficiente.	Não declarado
Terminus (RJ)	1992	Não declarado	1 morto e 2 feridos	Laje sobre viga engastada	Sobrecarga devido a sucessivas camadas de impermeabilização. Corrosão das armaduras	3 m
Restaurante da Tijuca (RJ)	1992	37 anos	nenhuma	Laje sobre viga engastada	Dimensionamento incorreto. Corrosão das armaduras	1 m
Prédio do BANDERN (RN)	1993	> 50 anos	nenhuma	Laje engastada	Corrosão das armaduras	Não declarado
Tavares (RJ)	1995	Não declarado	1 ferido	Laje engastada	Excesso de água por falta de drenagem. Sobrecarga de letreiro apoiado sobre a marquise.	2 m
Hospital Municipal Barata Ribeiro (RJ)	1996	48 anos	nenhuma	Laje engastada	Mal posicionamento da armadura negativa. Sobrecarga devido a sucessivas camadas de impermeabilização. Excesso de água por falta de drenagem.	2,40 m
Hotel Palace (BA)	2000	66 anos	1 morto e 2 feridos	Não declarado	Corrosão das armaduras. Excesso de água não drenada.	Não declarado
Ed. M. D' Almeida	2001	Não declarado	1 morto e 7 feridos	Não declarado	Corrosão das armaduras. Excesso de água não drenada.	Não declarado
Granville	2004	24 anos	nenhuma	Laje engastada	Mal posicionamento da armadura negativa.	Não declarado
Anfiteatro do Centro de Ciências Sociais Aplicadas da UEL (PR)	2006	7 anos	2 mortos e 21 feridos	Laje sobre viga engastada	Corrosão das armaduras. Excesso de água não drenada.	5 m
Bar Parada Obrigatória - Vila Isabel (RJ)	2006	50 anos	3 mortos e 4 feridos	Não declarado	Corrosão das armaduras.	Não declarado
Hotel Canadá	2007	40 anos	2 mortos e 14 feridos	Não declarado	Corrosão das armaduras. Sobrecarga	3 m

De acordo com Cunha *et. al.* (1996), no caso da marquise do edifício Mercúrio, a marquise era estruturada por vigas e lajes de concreto armado, apoiadas por tirantes também de concreto armado. A marquise possuía aproximadamente 35 m de comprimento, e o trecho que desabou no dia 08 de novembro de 1990 possuía aproximadamente 20 m. O cobrimento insuficiente nos tirantes possibilitou a corrosão das armaduras com perda significativa de

seção transversal, e o rompimento destas e colapso da estrutura em 1990. Este foi o principal motivo do acidente de acordo com o Laudo de Vistoria.



Figura 3. 5 - Marquise do edifício Mercúrio após desabamento: detalhe dos tirantes de apoio. (JORDY e MENDES 2006)

No caso do edifício Terminus, a marquise se projetava para fora da edificação em um balanço de 3 metros de comprimento, sendo construída ao nível do teto do primeiro pavimento. A edificação, de uso misto, foi construída na esquina da Rua Sá Ferreira e Av. Nossa Senhora de Copacabana. A marquise possuía comprimento total de 47 metros, sendo 30 metros ao longo da primeira rua e 17 metros ao longo da segunda.

O desabamento ocorreu na parte da marquise ao longo da Rua Sá Ferreira no ano de 1992, onde quase todo o trecho desabou. O acidente causou a morte de uma pessoa, ferindo outras, conforme visto na tabela anterior.

Ainda de acordo com Cunha et. al. (1996), a configuração estrutural da marquise se constituía de laje apoiada em vigas invertidas, distantes entre si de 4,25 metros, tendo a laje de concreto a espessura total de 8 cm. Entretanto, a camada de revestimento superior variava entre 20 e 30 cm, espessura muito superior à própria laje. Esta quantidade excessiva de revestimento é apontada pelo Laudo de Vistoria como sendo uma das principais causas do desabamento, através do incremento considerável de carga permanente.

Associa-se a isto a corrosão das armaduras negativas de algumas vigas. Cunha et. al. (1996) ressaltam ainda que algumas barras apresentavam sinais de estrição, consequência do escoamento da armadura por elevados esforços de tração.

A identificação de manifestações patológicas em uma marquise pode levar à necessidade de sua demolição. Entretanto, até mesmo neste processo cuidados são necessários para evitar acidentes. Um exemplo de decisão por demolição foi o caso da marquise do Edifício Tavares em Copacabana, cuja configuração estrutural era laje diretamente engastada, com 2 metros de balanço. De acordo com Cunha et. al. (1996), o Laudo de Vistoria mostrava que havia trincas no revestimento, além de desempenho inadequado do sistema de drenagem de água pluvial e existência de letreiro apoiado na marquise.

Após análise de propostas de recuperação estrutural houve a decisão por demolir a marquise. Entretanto, a demolição não foi precedida de escoramento. Cunha et. al. (1996) ressaltam que mesmo nos casos onde o escoramento é dispensável, é necessário que a demolição acompanhe a evolução dos esforços, sendo executada da ponta do balanço para o engaste. Estes procedimentos minimizam o risco de colapso. Vale ressaltar, entretanto, que em estruturas com manifestações patológicas, sempre existe o risco de colapso devido às vibrações do processo de demolição, sendo o escoramento e o isolamento da área fatores muito importantes.

O fato de haver vários casos de desabamento de marquises com vítimas fatais ou não, se deve em parte ao seu caráter de ruptura. Isto reforça a idéia da importância da manutenção preventiva nestes elementos, já que a ruptura neste caso é brusca e frágil, sem aviso prévio, como por exemplo, deformações visíveis ou fissuração que possam ser conclusivos a respeito da possibilidade de desabamento. Depoimentos citados por Medeiros e Grochoski (2007) mostram que em casos de desabamentos estudados pelos autores, pessoas informaram não ter percebido qualquer sinal de possibilidade de ruína da marquise. É necessário, portanto, atenção para quaisquer manifestações patológicas, ainda que estas não sejam causas comuns de desabamento em outros elementos de concreto armado.

No caso do desabamento da marquise do Hospital Municipal Barata Ribeiro, Cunha et. al. (1996) ressaltam que a ruptura se deu por esmagamento do concreto comprimido nas proximidades do engaste. Parte do concreto permaneceu então pendurada pelas barras de aço da armadura negativa, sendo que esta não foi danificada. Mesmo com o funcionamento do hospital, não houve vítimas nem feridos no acidente.

O posicionamento das armaduras negativas é apontado como causa deste fato, já que se encontravam próximo ao meio da espessura da laje, e neste caso, com cobertura da ordem de 5 cm. Não apresentavam sinais de corrosão ao contrário das armaduras positivas. A corrosão destas armaduras devido à deterioração da camada de cobertura, diminuiu a camada resistente da seção de concreto, o que pode justificar o colapso por esmagamento do concreto ao invés do escoamento do aço.

Cunha et. al. (1996) ressaltam ainda que o sistema de drenagem em calha de alvenaria e tubos de queda em canos de PVC havia sido construído para corrigir mau funcionamento de sistema anterior, formado por tubos cerâmicos. Entretanto, mesmo no novo sistema havia sinais de entupimento, e existe a possibilidade de que a calha estivesse com água no momento do desabamento uma vez que houve ocorrência de chuva na mesma data. Na figura 3.6 apresenta-se um detalhe do sistema de drenagem desta marquise e na figura 3.7 o detalhe do fundo da calha com camadas de impermeabilização.

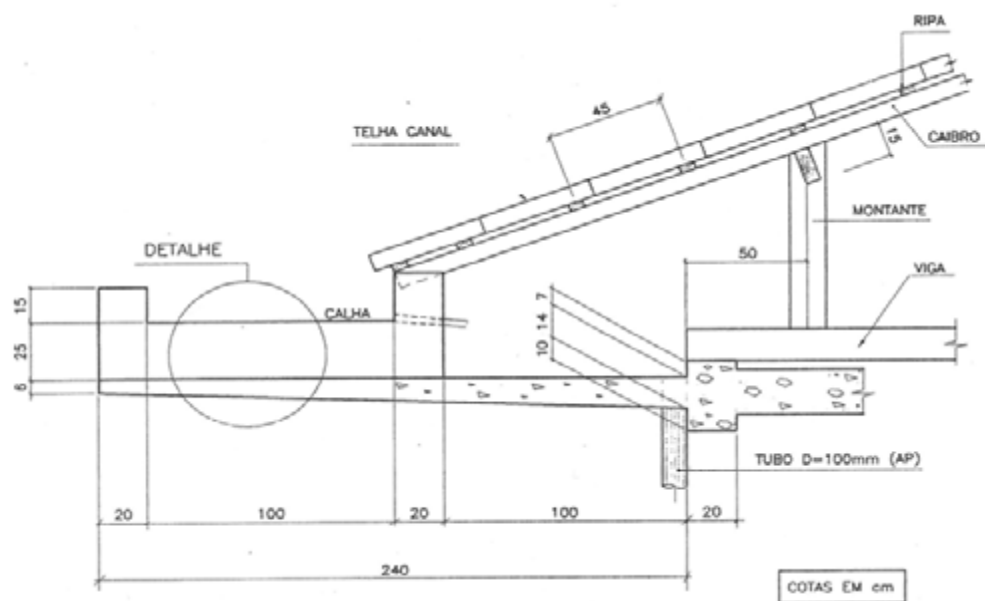


Figura 3. 6 - Drenagem da marquise do Hospital Municipal Barata Ribeiro

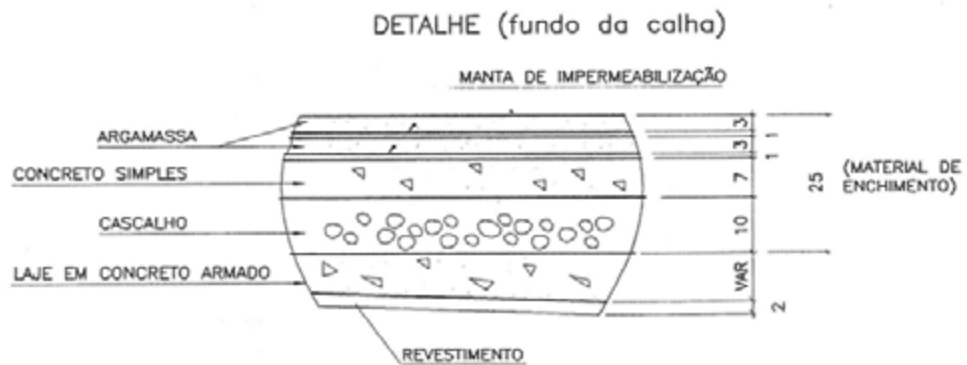


Figura 3. 7 - Calha da marquise do Hospital Municipal Barata Ribeiro - CUNHA et. al. (1996)

No caso deste acidente houve a possibilidade de reconstrução do elemento estrutural, já que as armaduras negativas não estavam deterioradas. Cunha et. al. (1996) relatam que após verificações de cálculo foi projetada e construída nova laje mais baixa que a antiga em cerca de 2,5 cm, garantindo o cobrimento da armadura negativa e, corrigindo o defeito que causou o acidente, conforme figura 3.8. Foi adotado ainda novo sistema de drenagem com caimento de cerca de 2% da face superior da laje para condução de acordo com a ilustração abaixo.

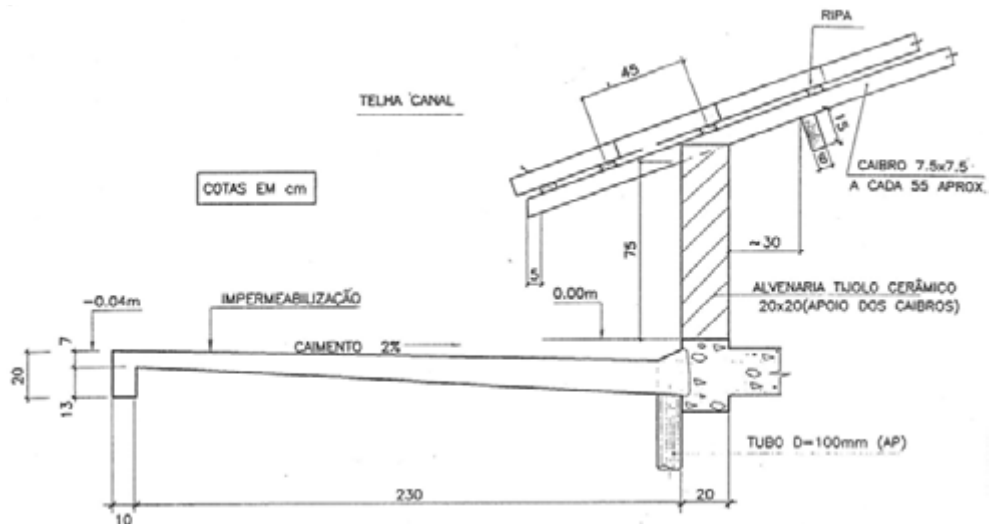


Figura 3. 8 - Detalhe de reconstrução de marquise do Hospital Barata Ribeiro – CUNHA et. al. (1996)

Cunha et. al. (1996) descrevem ainda outro acidente ocorrido em um restaurante na Tijuca, Rio de Janeiro em 1992. Neste caso, houve o

desabamento de uma marquise e metade de um quarto situado sobre esta, conforme figura 3.9. Diferentemente de outros casos de desabamento descritos, o desabamento em questão não se deu por corrosão de armaduras negativas ou excesso de carga por falta de manutenção. O que ocorreu neste caso foi ruptura em elementos estruturais do prédio. Assim como no exemplo anterior, não houve vítimas fatais, sendo apenas uma pessoa levemente ferida.

De acordo com relatório de vistoria citado por Cunha et. al. (1996), foi realizada uma abertura para instalação de ar condicionado, onde algumas armaduras negativas da viga balcão podem ter sido cortadas, fato que não ficou comprovado. Em outro trecho da mesma viga, não foi detectada a presença de armadura negativa próximo ao apoio, sendo também a ancoragem da armadura positiva inadequada.

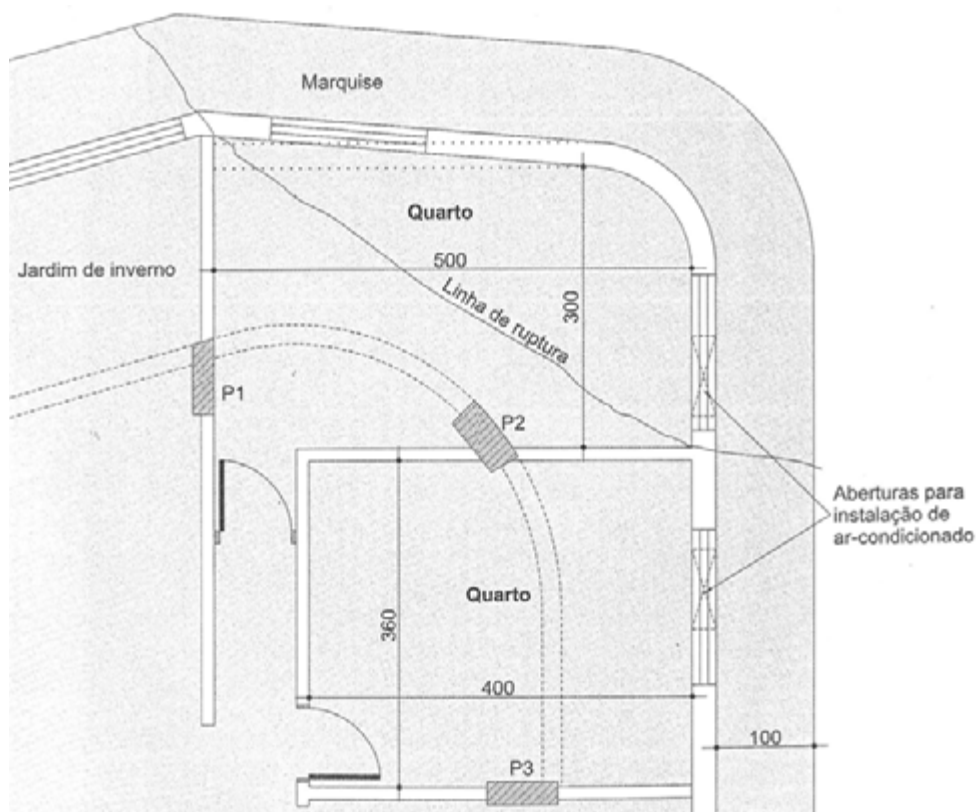


Figura 3. 9 - Arquitetura de marquise, Tijuca, Rio de Janeiro (CUNHA et. al. 1996)

Outra constatação importante em relação à viga, citada por Cunha et. al. (1996) é que apesar da seção robusta da viga, a armadura longitudinal era reduzida, com poucos estribos e não havia barras de aço laterais, mesmo

sendo uma viga submetida à torção. Tal constatação leva a concluir que erros de projeto ou de execução podem ter ocorrido.

Entretanto, a estrutura já possuía 37 anos, sendo que possivelmente alguns fatores contribuíram para uma estabilidade temporária. Para Cunha et. al. (1996), o próprio engrenamento da alvenaria com a estrutura funcionando como casca e a resistência da laje de piso dupla certamente contribuíram para suporte das cargas atuantes.

A estrutura que veio a desabar foi novamente reconstruída por empresa especializada em recuperação estrutural. Entretanto, a alvenaria voltou a apresentar trincas, assim como havia ocorrido antes do acidente, ainda que em menor grau, já que antes do acidente foram relatadas trincas em torno de 5 a 7 centímetros. Para Cunha et. al. (1996), a ocorrência de trincas após o reforço indica que mesmo se trabalhando com maiores seções de armadura, a nova estrutura ainda apresentou deformações indesejáveis.

Vale lembrar que a reconstrução da marquise nem sempre é possível, e por vezes pode não ser recomendável, como por exemplo, em casos em que a armadura negativa estiver comprometida. No caso da marquise do Bar Parada Obrigatória em Vila Isabel, cujo desabamento se deu em 2006 (figura 3.10), optou-se pela instalação de toldo no local da antiga marquise conforme mostrado na figura 3.11.



Figura 3. 10 - Queda de marquise: Bar Parada Obrigatória. Fonte: [http :// fernanda mourao.wordpress.com](http://fernanda.mourao.wordpress.com). Acesso Outubro 2010.



Figura 3. 11: Toldo substituindo antiga marquise: Bar Parada Obrigatória. Fonte: <http://fernandamourao.wordpress.com>

3.3. CASOS RECENTES DE ACIDENTES COM MARQUISES

Conforme citado anteriormente, outros acidentes com marquises ocorreram, sendo que muitos deles tiveram laudos divulgados. Alguns casos ainda são bem recentes e, portanto, não se tem ainda maiores informações a respeito das causas do acidente.

A questão do risco de acidentes ficou tão evidente que na cidade do Rio de Janeiro foi criado em 2007 um serviço chamado de “disque-marquises”. A proposta do serviço era de receber denúncias de moradores sobre anomalias observadas nestes elementos. De acordo com a proposta, as denúncias seriam encaminhadas para os órgãos responsáveis por meio de ofício, sendo cobrada resposta imediata.

Poucos dias antes da proposição do serviço de “disque-marquises” já era publicado na mesma cidade o decreto 27.663/07, que tornava proibida a construção de marquises e ordenava a demolição de outras já existentes. Não eram permitidas reformas ou modificação em elementos deteriorados.

Entretanto, é importante observar que mesmo com os fatos ocorridos no Rio de Janeiro e sua repercussão, o número de casos recentes de que se tem notícia em diversas cidades é considerável. Isto mostra que mesmo com vários acidentes divulgados, a preocupação com a segurança e correta manutenção de marquises ainda não é comum.

Um exemplo disto foi o caso do acidente com marquise registrado no ano de 2008 na Avenida Churchil, no Rio de Janeiro, conforme mostrado na figura 3.12. Não houve vítimas. Na ocasião do acidente a defesa civil da cidade já havia vistoriado mais de 400 marquises, sendo 180 destas interditadas.



Figura 3. 12 - Desabamento de marquise Av. Avenida Churchil, Rio de Janeiro, RJ. Disponível em: <http://oglobo.globo.com/rio>. Acesso: Outubro 2010

Outro exemplo, mais recente, foi o caso do desabamento de um destes elementos na Rua João Pessoa, Centro de Aracajú, Sergipe (figura 3.13). O acidente ocorreu em 26 de Julho de 2010 e ainda não foram divulgadas maiores informações técnicas.



Figura 3. 13 - Desabamento de marquise, Aracaju, Sergipe. Fonte: <http://blogdoreginaldo.blogspot.com>. Acesso: Setembro 2010.

A tabela 3.2 mostra outros exemplos de acidentes estruturais com marquises de concreto armado. Alguns são bem recentes, não havendo muitas informações técnicas a respeito, apenas a notícia da ocorrência do mesmo.



Figura 3. 14 - Queda de marquise Cais do Porto 2007. Fonte: <http://g1.globo.com/Noticias>. Acesso: Agosto de 2010.

Tabela 3. 2 – Casos recentes de desabamento de marquises

Casos recentes de desabamento de marquises				
Local	Ano do acidente	Vítimas	Arranjo estrutural	Obs.:
Avenida João Pessoa, Porto Alegre, RS	2006	01 morto	ND	
Armazem 4, Cais do Porto, Rio de Janeiro, RJ	2007	01 morto e 03 feridos	ND	
Rua Teixeira de Melo - Ipanema, Rio de Janeiro, RJ	2008	Nenhuma	ND	
Rua Paulo Froes, Nova Iguaçu,, RJ	2008	01 ferido	ND	
Avenida Churchil, Rio de Janeiro, RJ	2008	Nenhuma	ND	
Visconde de Nassau, Maringá, PR	2008	Nenhuma	ND	
Rua Neo Alves Martins, Maringá, PR.	2010	Nenhuma	Laje engastada	20/09/10
Bom Retiro, São Paulo, SP	2010	01 morto	ND	06/09/10
Avenida Francisco Morato, São Paulo, SP	2010	01 morto e 01 ferido	ND	04/01/10
Centro, Aracajú, SE	2010	01 morto e 02 feridos	Laje engastada	26/07/10
Escola Municipal Wilson Simões , Caxias, RJ	2010	10 feridos	ND	15/03/10
Bairro São Bernardo, Belo Horizonte, MG	2010	01 ferido	ND	09/11/10
Rua Ranges Pestana, Centro comercial do Brás, São Paulo, SP	2010	02 Feridos	ND	09/11/10

Nota: Tabela elaborada pelo autor a partir de fontes diversas.



*Figura 3. 15 - Queda de marquise, Escola Municipal Wilson Simões , Caxias, RJ.
Fonte: <http://albertomarques.blogspot.com>. Acesso: Agosto de 2010*



Figura 3. 16 - Queda de marquise em Maringá. Fonte: [http:// www .jornal de londrina . com.br](http://www.jornal de londrina . com.br). Acesso: Setembro 2010



Figura 3. 17 - Desabamento de marquise em Maringá 2008. Marquise desaba sobre 15 sacadas. Fonte: <http://www.gazetadopovo.com.br>. Acesso: Setembro 2010.



Figura 3. 18 - Desabamento de marquise, Aracaju, Sergipe. Fonte: [http:// blog do reginaldo .blogspot. com](http://blog do reginaldo .blogspot. com)

Uma breve análise da tabela anterior mostra que vários são os acidentes ocorridos no ano de 2010. Isto mostra que este fato tem se tornado comum, e o que deveria estar diminuindo, devido à divulgação e descrição de acidentes

anteriores, na verdade tem aumentado. Esta falta de preocupação geral é uma das motivações para o estudo de marquises na cidade de Viçosa – MG, onde muitas marquises antigas apresentam anomalias, não despertam preocupação e não recebem manutenção, apesar de se situarem muitas vezes em locais de maior movimento.

3.4. AVALIAÇÃO CRÍTICA DA SITUAÇÃO ATUAL

Os vários casos de desabamento de marquises ocorridos no Rio de Janeiro trouxeram grande preocupação com a segurança destes elementos. Várias vistorias em marquises foram realizadas e vários laudos e pareceres técnicos foram emitidos. Cunha et. al. (1996) realizaram um estudo estatístico com resultados de vistorias de 250 marquises, visando avaliar três quesitos: tipos das ocorrências detectadas, procedimentos de emergência adotados, qualidade e teor dos pareceres técnicos.

O estudo feito mostrou que as ocorrências mais frequentes são o aparecimento de manchas de infiltração, ausência ou ineficiência do sistema de coleta de águas pluviais e falhas no sistema de impermeabilização. Trincas e corrosão das armaduras estão entre os principais problemas ligados à estrutura, encontrados nas marquises vistoriadas, conforme se pode verificar no gráfico da figura 3.19, de acordo com as ocorrências identificadas na tabela 3.3:

Tabela 3. 3 - Principais problemas encontrados em marquises no Rio de Janeiro

<i>A – deslocamento do revestimento</i>	<i>G – deformação excessiva</i>
<i>B - existência de trincas</i>	<i>H –existência de letreiros</i>
<i>C – corrosão das ferragens</i>	<i>I – manutenção deficiente</i>
<i>D – manchas de infiltração</i>	<i>J – revestimento excessivo</i>
<i>E – impermeabilização deteriorada</i>	<i>K - outros</i>
<i>F – coleta ineficiente das águas pluviais</i>	

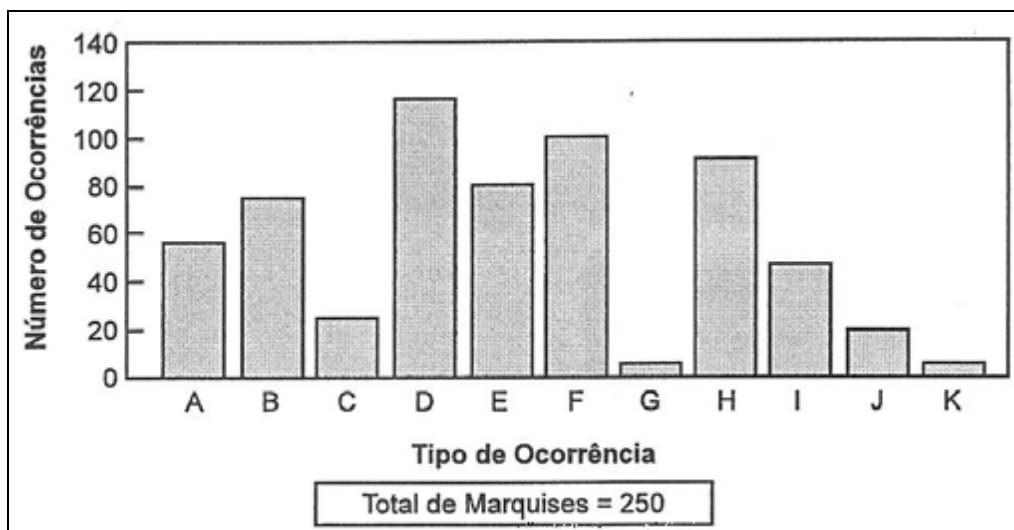


Figura 3. 19 - Ocorrências em Marquises – Av. Nossa Senhora de Copacabana (RJ) - CUNHA et. al. (1996)

No procedimento de vistoria em marquises de concreto armado, dois podem ser os de emergência: os procedimentos adotados no momento da vistoria, após análise visual, e os procedimentos adotados mediante análise detalhada com elaboração de parecer técnico. Cunha et. al. (1996) relatam que nos casos estudados, para o primeiro caso foram recomendados dez escoramentos e duas demolições, sendo na análise detalhada recomendadas vinte e sete demolições.

Com relação aos problemas estruturais observados, um dos mais encontrados foi o excesso de revestimento superior. Nos acidentes estudados por Cunha et. al. (1996), não foi detectado erro de dimensionamento, o que poderia comprometer o elemento já no início de sua vida útil, sendo a falta de manutenção adequada um dos problemas que mais contribui com o processo de deterioração.

Mesmo não havendo erros de dimensionamento dentre os 250 casos estudados por Cunha et. al. (1996), vale lembrar que existe acidente registrado devido a erro de dimensionamento conforme citado por Medeiros e Grochoski (2007). Este foi o caso da queda da marquise do Restaurante da Tijuca, Rio de Janeiro, em 1992, onde foi verificada deficiência de armadura na viga tipo balcão que sustentava a marquise desta edificação. Para estes autores, o erro de projeto é sempre uma possibilidade que deve ser investigada em casos de desabamento.

No que diz respeito aos erros de execução, um dos principais causadores de acidente é o mau posicionamento das armaduras negativas. Para Cunha *et. al.* (1996), a armadura negativa posicionada abaixo do local onde deveria é constatada em lajes executadas sem controle de qualidade. Em estruturas em balanço como as marquises e varandas isto pode provocar acidentes, como no caso da marquise do Hospital Municipal Barata Ribeiro.

O conhecimento de engenharia estrutural para a emissão de parecer ou laudo técnico sobre condições de uma marquise é imprescindível para correta obtenção e análise de dados do elemento. Nos casos estudados, boa parte dos laudos contratados pelos proprietários e analisados pela comissão de vistoria não possuíam dados suficientes para verificar a estabilidade da marquise.

Medeiros e Grochoski (2007) reforçam que em se tratando de manutenção periódica de marquises, o profissional para as vistorias periódicas deve ser um engenheiro civil experiente. Devido à particularidade deste elemento estrutural é preciso especialização e experiência na área de patologia das construções.

É necessário ressaltar ainda a necessidade de inspeção em períodos menores do que em outros elementos da estrutura principal da qual a marquise faz parte. Estes mesmos autores lembram que o nível de cuidado deve chegar ao que se tem na mecânica automotiva, onde se tem a consciência de que a manutenção do veículo é fator de grande importância para a sua durabilidade.

A responsabilidade de proprietários deve ser, portanto aumentada com relação à durabilidade e segurança de suas estruturas. Para Medeiros e Grochoski (2007), a sociedade deve exigir do poder público a criação de leis e regras para regulamentação do uso e manutenção das estruturas, sendo isto ainda mais importante no caso de marquises. São citados casos bem sucedidos, como por exemplo, as cidades de Porto Alegre, Salvador, Buenos Aires e Nova Iorque, onde vistorias periódicas são exigidas. Estas são feitas com apresentação do laudo e anotação de responsabilidade técnica, sendo isto indispensável para a obtenção da licença de uso da estrutura.

Existem ainda casos em que a remoção de marquise foi a opção escolhida. Na cidade do Rio de Janeiro, com a interferência do poder público

no que diz respeito ao uso de marquises, vários são os exemplos de marquises removidas, sendo ou não adotada outra solução.

A figura 3.20 mostra exemplo de marquise substituída por cobertura de policarbonato na cidade do Rio de Janeiro. Na figura 3.21 é apresentado um exemplo de marquise removida em quase sua totalidade, ficando neste caso uma pingadeira. Na figura 3.22 é apresentado um exemplo de marquise totalmente removida. Em todos os casos se tratavam de marquises das quais não mais era possível garantir a segurança.



Figura 3. 20 – Marquise removida e substituída por cobertura de policarbonato.



Figura 3. 21 - Marquise removida em quase sua totalidade



Figura 3. 22 - Exemplo de marquise totalmente removida.

4 METODOLOGIA

4.1. MARQUISES NA CIDADE DE VIÇOSA – MG

4.1.1. A cidade de Viçosa

O município de Viçosa está situado na região da Zona da Mata mineira, entre as Serras da Mantiqueira, do Caparaó e da Piedade, a uma altitude de 649 m. A cidade é atendida pelas rodovias BR 120, MG 280 e MG 356. Está distante da capital mineira aproximadamente 225 Km.

A cidade possui clima tropical de altitude com temperaturas amenas. Entretanto, possui grande oscilação diária do clima, com várias sensações térmicas durante um mesmo dia.

A cidade possui vocação universitária, contando com mais de 10 mil pessoas em sua parcela de população flutuante. De acordo com o Censo de 2010, a população fixa de Viçosa é estimada em pouco mais de 70 mil habitantes, em uma área de 300,15 km². Na figura 4.1 é apresentada uma vista parcial da região central da cidade.



Figura 4. 1 - Vista Parcial – Região Central de Viçosa – MG.

4.1.2. Utilização de marquises na cidade

Acidentes estruturais com marquises disponíveis na literatura em sua maior parte ocorreram em cidades maiores, como por exemplo, a cidade do Rio de Janeiro, de onde se tem registro de vários acidentes. Isto pode levar ao pensamento de que estes eventos não ocorrem em pequenas e médias cidades. Entretanto, o que ocorre na maioria das vezes é que neste caso os acidentes não têm a mesma repercussão, e muitas vezes não são registrados.

O risco, entretanto, existe indiferente ao tamanho da cidade. Marquises em cidades menores estão também sujeitas a acidentes com vítimas, e apresentam manifestações patológicas assim como em qualquer outro local. Se por um lado nas cidades maiores a agressividade do ambiente é maior, por outro, em cidades menores é comum a construção sem utilização de técnicas construtivas ou materiais adequados, o que pode tornar as marquises vulneráveis.

No caso de Viçosa, exemplos de marquises deterioradas são comuns. Algumas apresentam manifestações patológicas graves, mesmo tendo sido estas marquises construídas há um tempo relativamente pequeno.

Sinistros com marquises já ocorreram na cidade, mas não tiveram grande repercussão. Atualmente centenas de pessoas circulam na região central da cidade sob elementos cujo desempenho está claramente comprometido. Trata-se, portanto, de um risco elevado considerando-se o caráter de ruptura brusca e frágil das marquises.

Muitas edificações na área central da cidade foram construídas há bastante tempo. Em sua grande maioria não possuem projetos disponíveis, e nenhum estudo para reformas ou reparos. Mesmo as marquises aparentemente em bom estado podem ter sido maquiadas por reformas inadequadas e apresentar risco de acidentes.

4.2. CASOS IDENTIFICADOS

Com o objetivo de estudar de forma mais detalhada algumas marquises, foram realizadas algumas inspeções técnicas. Uma das motivações para estas

inspeções foram os diversos casos de desabamento ocorridos em outras cidades.

A metodologia proposta neste trabalho é inicialmente de caráter exploratório e se baseia em outras metodologias descritas na literatura técnica, com algumas adaptações à realidade local e à disponibilidade de equipamentos.

Todas as marquises que foram objeto de estudo tiveram suas inspeções autorizadas por proprietários. Esta também foi uma dificuldade, uma vez que nem sempre os proprietários são os ocupantes dos imóveis, ou mesmo residem na cidade. Em alguns casos, marquises de interesse para estudo não foram inspecionadas por falta de autorização, ou por não ser possível o contato com os proprietários dos imóveis.

Vale lembrar que não houve até o momento do presente trabalho outro estudo do tipo na cidade. Conforme comentado anteriormente, já houve casos de desabamento, e muitas marquises em regiões de grande movimento apresentam manifestações patológicas preocupantes, tais como excesso de umidade, fissuras, deslocamentos de revestimentos, corrosão de armaduras dentre outros.

Um fator importante a se considerar é que o estudo ou inspeção de marquises não deveria a princípio ser feito apenas por autorização. Já que se trata de elementos sobre o espaço público, deveria ser uma exigência que as mesmas sejam vistoriadas, e até mesmo demolidas, a exemplo do que acontece no Rio de Janeiro. As inspeções devem ser feitas de forma detalhada, mesmo que os proprietários não tenham interesse. Pode-se afirmar que se trata de uma questão de segurança da população em geral.

No presente trabalho procurou-se seguir a metodologia descrita por Jordy e Mendes (2006). Entretanto, por algumas restrições de equipamentos, algumas adaptações tiveram de ser feitas. Foram seguidos ainda outros procedimentos, como por exemplo, a avaliação de profundidade de carbonatação descrita por Souza (2009).

As inspeções foram feitas a partir de um levantamento geométrico e de uma avaliação das condições gerais da marquise, tais como, estado de conservação, sinais de manutenção realizada, existência e condição do

sistema de drenagem e de impermeabilização. Não foi avaliada a questão da qualidade da manutenção dada às marquises, já que alguns procedimentos podem “maquiar” o estado real do elemento. Também foram avaliadas as espessuras de concreto e de revestimento, sempre que possível.

A partir destes levantamentos, foram realizadas pequenas intervenções no concreto para avaliação da qualidade do mesmo e das armaduras. Em alguns casos, buscou-se uma aproximação para estimativa da resistência do concreto através do ensaio com o esclerômetro de Schmidt descrito na NBR 7584 (1995) – “*Concreto endurecido – Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão*”. As irregularidades no concreto e a falta de condições para preparação de superfície tornaram este ensaio por vezes inexecutável.

Outra avaliação feita no concreto, que envolve indiretamente a avaliação da possibilidade de deterioração das armaduras, foi a avaliação da profundidade de carbonatação através da aspersão de solução de fenolftaleína. Procurou-se fazer esta avaliação sobretudo, na região das armaduras.

Buscou-se nas intervenções encontrar as armaduras de tração. Sempre que possível estas foram avaliadas quanto à corrosão, medição de diâmetro e estimativa de espaçamento. Foram avaliados ainda os cobrimentos de concreto destas armaduras.

Além disto, as marquises foram avaliadas segundo a metodologia GDE/UnB descrita por Souza (2009) para estabelecimento de níveis de alerta e adaptada neste trabalho para o objeto de estudo.

As inspeções descritas no presente trabalho foram feitas sempre em horários não comerciais, de forma que a região sob a marquise pudesse ser isolada quanto à circulação de pedestres. Isto foi feito para evitar maiores riscos, como por exemplo, queda de reboco, poeira e até mesmo risco de queda do elemento, já que não se conhecia o estado geral das marquises estudadas.

Com o objetivo de selecionar casos para estudo, foram identificadas e cadastradas cinquenta e nove marquises na região central da cidade de Viçosa MG. Alguns casos com anomalias visíveis foram selecionados, para os quais se buscou autorização para inspeção detalhada. A tabela 4.1 e o gráfico da

figura 4.2 resumem as marquises cadastradas para seleção de casos para inspeção.

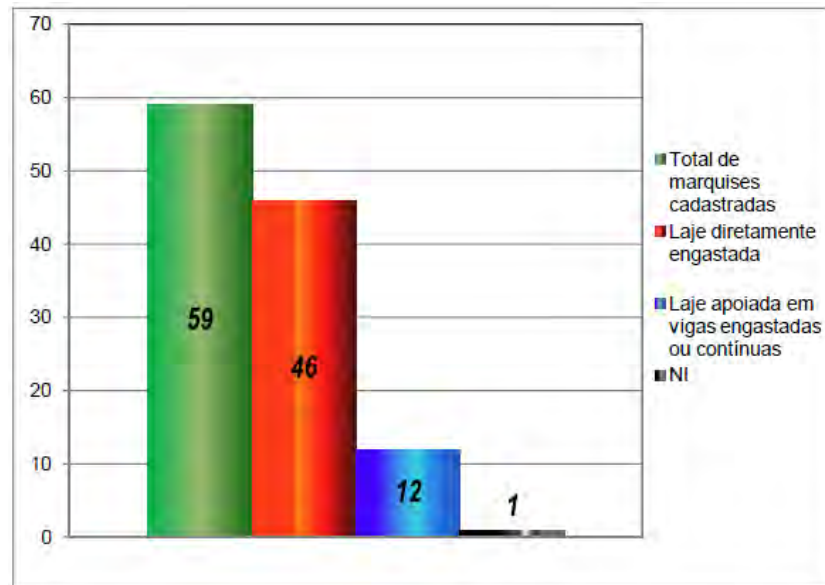


Figura 4. 2: Arranjo estrutural de marquises cadastradas.

Tabela 4. 1 - Lista de marquises cadastradas em Viçosa-MG.

Cadastro Resumido de Marquises para estudo		
Marquise n°	Código	Arranjo estrutural
1	PH 298	Laje engastada
2	PH 63	Laje engastada
3	PH 90	Laje engastada
4	PH 169	NI
5	PH 178	Laje apoiada em vigas engastadas ou contínuas
6	PH 192	Laje engastada
7	PH 338	Laje Engastada
8	PH 348	Laje engastada
9	JLC 500	Laje apoiada em vigas engastadas ou contínuas
10	BBR 182	Laje engastada
11	BBR 180	Laje engastada
12	MB 34	Laje engastada
13	MB 45	Laje engastada
14	MB 75	Laje engastada
15	MB 105	Laje engastada

Tabela 4.1 – continuação.

Cadastro Resumido de Marquises para estudo		
Marquise nº	Código	Arranjo estrutural
16	MB 115	Laje engastada
17	MB 125	Laje engastada
18	MB 131	Laje apoiada em vigas engastadas ou contínuas
19	MB 135	Laje engastada
20	MB 176	Laje engastada
21	MB 180	Laje engastada
22	MB 197	Laje engastada
23	MB 237	Laje engastada
24	MB 270	Laje engastada
25	MB 327	Laje engastada
26	MB 335	Laje engastada
27	MB 351	Laje engastada
28	MB 355	Laje engastada
29	MB 369	Laje engastada
30	PEJ79	Laje apoiada em vigas engastadas ou contínuas
31	PMG38	Laje engastada
32	PMG80	Laje engastada
33	MB 50	Laje engastada
34	SR 223	Laje engastada
35	SR 328	Laje engastada
36	JCV 9	Laje engastada
37	JCR 80	Laje engastada
38	JCR 86	Laje engastada
39	JCR 158	Laje engastada
40	JCR 168	Laje engastada
41	PS 230	Laje apoiada em vigas engastadas ou contínuas
42	PS 36	Laje engastada
43	CA 05	Laje apoiada em vigas engastadas ou contínuas
44	CA 152	Laje apoiada em vigas engastadas ou contínuas
45	CA 105	Laje engastada
46	CA 80	Laje apoiada em vigas engastadas ou contínuas

Tabela 4.1 – continuação.

Cadastro Resumido de Marquises para estudo		
Marquise nº	Código	Arranjo estrutural
47	CA 64	Laje engastada
48	CA45	Laje apoiada em vigas engastadas ou contínuas
49	CA 06	Laje engastada
50	PSB 136	Laje apoiada em vigas engastadas ou contínuas
51	RP 880	Laje engastada
52	RP 858	Laje engastada
53	RP 826	Laje engastada
54	RP 684	Laje engastada
55	BA 02	Laje engastada
56	BA 88	Laje apoiada em vigas engastadas ou contínuas
57	SR 481	Laje engastada
58	PH 348	Laje engastada
59	SP 56	Laje apoiada em vigas engastadas ou contínuas

4.3. PROCEDIMENTOS DE INSPEÇÃO

4.3.1. Levantamento geométrico e dados gerais das marquises

Para realização das inspeções foram confeccionados formulários tipo “checklist”, conforme Apêndice D, que serviram de orientação para a coleta de dados. Nos casos avaliados em inspeção, foi realizado inicialmente um levantamento da geometria da marquise. Foram medidos sempre que possível as camadas de revestimento. As dimensões encontradas foram representadas em “croquis”, conforme exemplo a seguir.

O trabalho foi desenvolvido nos meses de outubro, novembro e dezembro de 2010. Na maioria das vezes as inspeções foram realizadas em tempo ensolarado. Entretanto, algumas foram feitas em tempo nublado, sendo algumas finalizadas em início de chuva. Entretanto, nenhuma delas foi realizada durante a chuva, e o concreto inspecionado estava sempre seco.

Foi estudado um grupo de oito marquises, com diferentes dimensões e arranjos estruturais. Todas as marquises situadas na região central de Viçosa.

Para seleção dos casos a serem inspecionados, buscou-se inicialmente permissão em alguns edifícios com marquises com sinais de deterioração bem evidentes, o que representa boa parte das existentes na região central. Outros casos foram selecionados por facilidade no contato com proprietários. Muitas edificações com marquises na cidade possuem proprietários em outras cidades, o que torna mais complicado o contato direto com eles.

Mesmo algumas marquises selecionadas por maior facilidade de contato com seus proprietários são representativas, já que possuem idades variadas, estão na região de interesse de estudo e possuem manifestações patológicas típicas da maioria das marquises cadastradas. Ou seja, o grau de risco identificado representa mais do que o risco para um grupo de oito marquises, mas para boa parte destes elementos encontrados. Na tabela 4.2 são listadas as marquises inspecionadas.

Tabela 4. 2 – Marquises inspecionadas.

Marquises inspecionadas			
Marquise nº	Código	Arranjo estrutural	Foto
1	MB 135	Laje engastada	

Tabela 4. 2– Continuação




Marquises inspecionadas			
Marquise nº	Código	Arranjo estrutural	Foto
2	MB 355	Laje engastada	
3	PEJ79	Laje apoiada em vigas engastadas	
4	JCR 158	Laje engastada	

Tabela 4. 2– Continuação


Marquises inspecionadas			
Marquise nº	Código	Arranjo estrutural	Foto
5	BA 88	Laje apoiada em vigas engastadas	
6	SR 481	Laje engastada	
7	PH 348	Laje engastada	

Tabela 4. 2– Continuação

Marquises inspecionadas			
Marquise nº	Código	Arranjo estrutural	Foto
8	SP 56	Laje apoiada em vigas contínuas invertidas	

As inspeções foram iniciadas sempre pela etapa de levantamento de dados geométricos. Esta etapa inclui o levantamento de dimensões em planta e também da espessura de lajes e vigas, sendo feita mediante primeiro acesso à parte superior da marquise. Para determinação desta espessura foi necessário medir as camadas de revestimento. Com base nos valores encontrados foram elaborados croquis conforme as figuras 4.3 e 4.4.

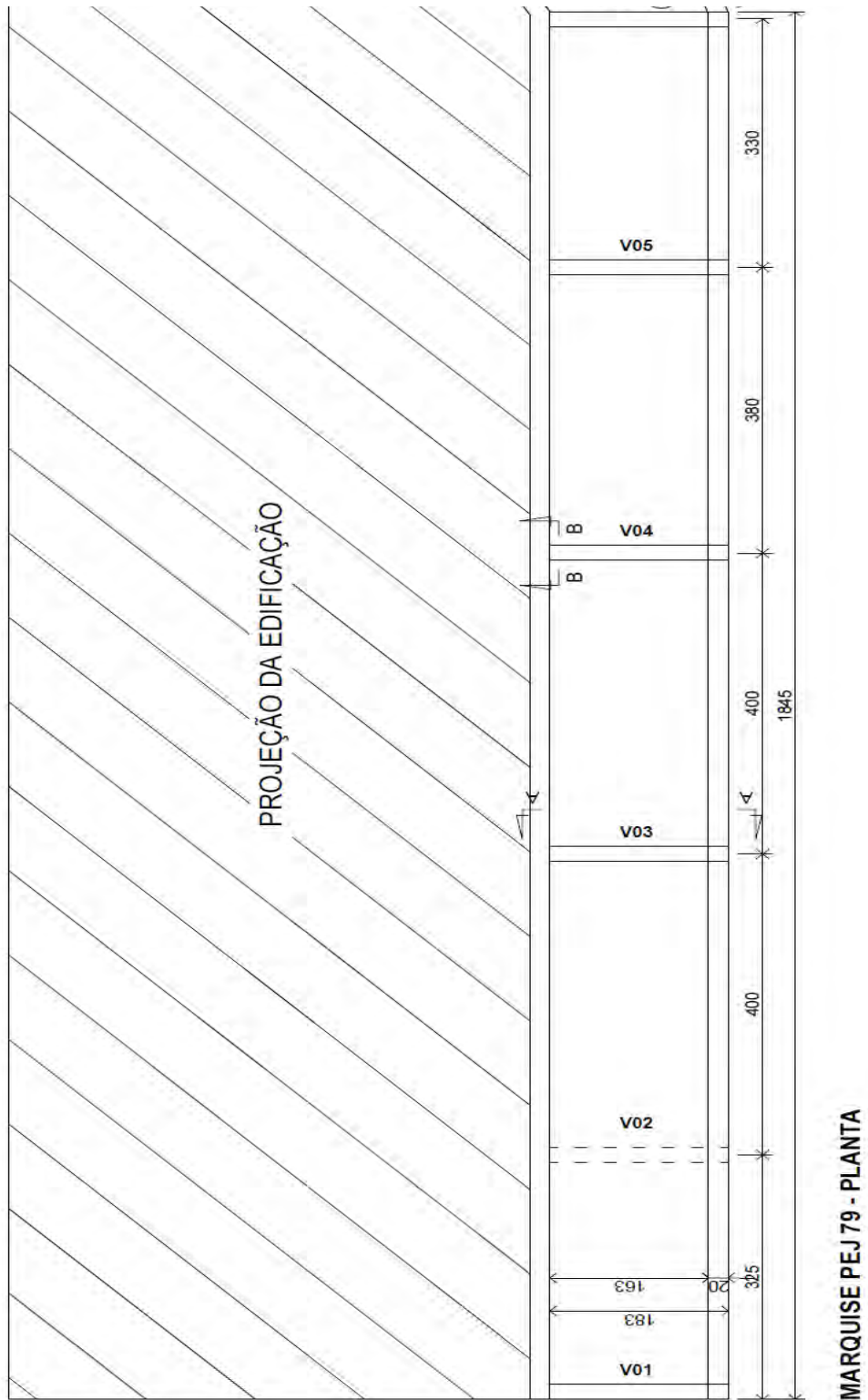


FIGURA 4. 3: Dimensões em planta - marquise PEJ 79 (trecho retilíneo).

A maior dificuldade neste caso consiste na medição da camada de revestimento inferior, já que em boa parte dos casos não puderam ser feitas interferências nesta parte já que a mesma é visível e, em alguns casos, com

pintura recente. As medições de camada de revestimento inferior foram realizadas com mais clareza nos casos em que a laje pode ser totalmente perfurada, ou em caso onde havia deslocamentos dessa camada. Contudo, pode-se verificar que esta camada de revestimento normalmente é fina, tendo desde 0,5 cm (revestimento em gesso direto no concreto) até 1,5 cm de argamassa.

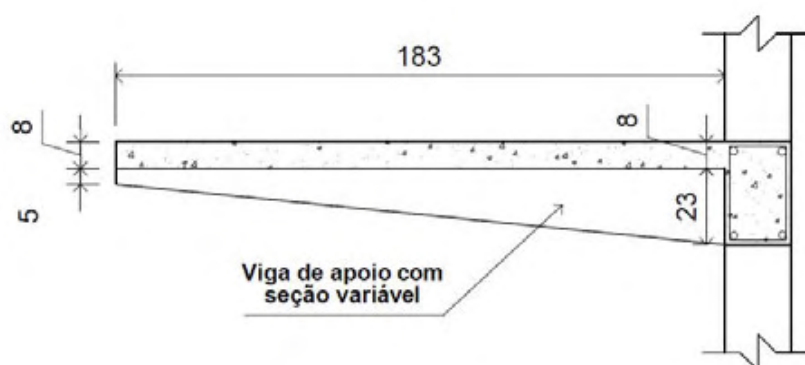


Figura 4. 4: Marquise PEJ 79 – Detalhe em corte.

Entretanto, no que diz respeito à camada de revestimento superior, esta possui valores bem maiores, chegando em alguns casos, a ultrapassar o valor da espessura do concreto. Também foram encontrados casos onde esta camada era inexistente. Para medição desta camada foram realizadas pequenas intervenções até o concreto. Com auxílio de escalímetro, régua ou algum objeto de face plana que pudesse servir de referência para medição com trena graduada. A figura 4.5 ilustra a medição de camada de revestimento em marquise inspecionada.

Foi possível verificar em uma mesma marquise espessura de camada de revestimento superior desde 2,6 cm a 10 cm. Tal variação foi registrada pela medição da borda de alvenaria, que estava em nível. Este nivelamento foi verificado através da medição da espessura pela parte externa da borda da marquise, que neste caso possuía dimensão constante. A figura 4.6 mostra a variação da camada de revestimento da marquise citada. A inspeção foi realizada neste caso próximo a uma das extremidades onde essa camada era menos espessa.



Figura 4. 5 - Medição de camada de revestimento superior – marquise MB 355.



Figura 4. 6 - Medição de camada de revestimento superior – marquise SP 56.



Figura 4. 7 - Camada de revestimento superior com variação de espessura—marquise MB 355.

Verificadas as principais dimensões das marquises, foram registradas as condições gerais de manutenção das mesmas. Foram observados aspectos como: situação do sistema de drenagem quando existente, acúmulo de detritos, deterioração de camada de revestimento, dentre outros. Todos os aspectos observados foram fotografados e relatados em formulário de inspeção. As figuras 4.8 e 4.9 mostram exemplos de marquises com algumas manifestações típicas de falta de manutenção.



Figura 4. 8 – Acúmulo de limo e entupimento de sistema de drenagem por falta de manutenção (Marquise MB 135).



Figura 4. 9 – Exemplo de crescimento de vegetação por falta de manutenção (Marquise PEJ 79)

Vale ressaltar que, desde o início das inspeções, procurou-se fazer pequenas intervenções nas marquises por razões de segurança. As aberturas

feitas, tanto para verificação de camada de revestimento, quanto para outros aspectos, tais como verificação de armaduras e carbonatação no concreto foram as menores possíveis para os procedimentos de inspeção.

Portanto, é sempre importante lembrar que, em primeira aproximação, uma vez identificadas visualmente algumas manifestações patológicas, há sempre que se considerar o risco envolvido neste tipo de inspeção. Este risco vai desde pequenos deslocamentos de revestimento ou concreto, sendo importante se prevenir até mesmo quanto a uma possível ruína do elemento estrutural.

Por esta razão, em inspeções de marquises de concreto armado devem ser tomados alguns cuidados. O primeiro se refere ao risco para os pedestres. Deve-se sempre isolar a área de circulação, de forma que não existam pessoas circulando sob a marquise no momento da inspeção. Sempre que possível, utilizar cones, fitas de isolamento ou outros dispositivos que impeçam tal circulação. No presente trabalho, utilizaram-se as chamadas “fitas zebradas” para sinalização de espaço restrito a inspeção conforme figura 4.10.



Figura 4. 10 – Isolamento de área sob marquise para inspeção.

Vale lembrar que o escoramento é sempre a opção mais adequada, além da demarcação de área de inspeção. Entretanto, no caso deste trabalho não foi possível realizar tal procedimento, por não se dispor de transporte e recursos

materiais para isto. Por esta razão, algumas inspeções foram paralisadas pela incerteza da segurança envolvida.

Outro cuidado importante se refere à própria segurança das pessoas envolvidas no processo de inspeção. São necessários cuidados quanto à possibilidade de queda durante a circulação sobre a marquise, ou até mesmo, conforme citado anteriormente, do próprio elemento. Deve-se sempre que possível, utilizar cintos de segurança e corda, independente ou não de escoramento. Entretanto, durante as inspeções deste trabalho pode-se notar a dificuldade que por vezes se tem para conseguir locais para fixação destes equipamentos de segurança.

Outro fato importante é a proximidade que muitas marquises têm com as redes de eletricidade. Além disto, é comum encontrar sobre marquises fios em condições precárias, que servem à iluminação de letreiros comerciais. Portanto, a atenção quanto ao risco de choques elétricos deve sempre ser considerada antes.

Ainda levando-se em consideração os riscos envolvidos em uma inspeção de marquise, foram tomados alguns cuidados para que não ocorressem impactos que pudessem prejudicar o elemento em análise. Para isto, as intervenções foram feitas com auxílio de furadeira tipo “martetele”, utilizada em baixas rotações. Quando necessário foi utilizada marreta pequena de meio quilo e auxílio de talhadeira ou ponteiro de aço para pequenas remoções de material, conforme ilustrado nas figuras 4.10 e 4.11.



Figura 4. 11 – Abertura de janela de inspeção com auxílio de furadeira de impacto (Marquise SP 56).



Figura 4. 12 – Detalhe de inspeção com auxílio de furadeira e ponteiro de aço para pequenas remoções de material (Marquise JCR 158).

4.3.2. Verificação da corrosão de armaduras

Identificar as armaduras de uma estrutura, assim como o estado em que esta se encontra é um ponto importante em sua avaliação. Esta importância é ainda maior quando não se dispõe de projetos que sirvam para estudo.

Entretanto, a possibilidade de estudos de projetos não implica em conhecer uma estrutura ou elemento estrutural. Deve sempre ser investigada a possibilidade de deterioração ou de erros de execução sendo, portanto, recomendável a investigação com ensaios não destrutivos ou pouco destrutivos para diagnóstico.

Independente de se efetuar ou não cálculos de estabilidade, a verificação das armaduras, assim como sua camada de cobrimento, é imprescindível. Pode-se afirmar que de nada adiantaria efetuar cálculos de estabilidade, levando-se em consideração determinada seção de aço, se na estrutura o estado de corrosão tiver comprometido as barras. A menos que a estrutura pudesse se manter sem as barras deterioradas, o que é pouco comum, principalmente em marquises, esta condição de corrosão seria suficiente para determinação do fim da vida útil.

Dada a importância de se conhecer as armaduras, procurou-se nas inspeções realizadas identificar e avaliar as armaduras principais. Uma vez que neste caso estas armaduras são as negativas, deu-se prosseguimento às intervenções na camada de revestimento superior, avançando de cima para baixo em pequenas camadas no concreto.

A abertura no concreto visava sempre encontrar a armadura negativa de lajes ou vigas dependendo do arranjo estrutural de marquise. Uma vez encontrada uma barra de aço, seguia-se com a abertura por algum trecho a fim de encontrar outra barra e assim fazer uma estimativa de espaçamento. Tal espaçamento pode ter variações, entretanto já possibilita ter uma noção da disposição das armaduras.

Vale lembrar que não se procurou encontrar várias barras para melhor determinação do espaçamento entre barras por questões de segurança. Devido a não disponibilidade de todos os equipamentos necessários para a segurança da marquise, optou-se por não fazer aberturas maiores.

Uma vez encontrada a armadura foi, portanto, feita a determinação da bitola utilizada com paquímetro digital e do espaçamento das mesmas com trena metálica graduada, conforme ilustrado nas figuras 4.13 e 4.14. Também foi avaliada a questão da corrosão, assim como as condições do concreto que envolve a armadura, conforme descrito no item 4.3.3.



Figura 4. 13 – Determinação de diâmetro de armadura com uso de paquímetro digital (Marquise MB 355).



Figura 4. 14 – Estimativa de espaçamento entre barras de armadura negativa (Marquise MB 355).

Uma vez identificadas as armaduras, procurou-se determinar os cobrimentos utilizados, de forma a possibilitar a associação de eventual processo de corrosão em função do revestimento adotado. Para isto utilizou-se de escalímetro e trena metálica conforme ilustrado na figura 4.15.



Figura 4. 15 – Determinação de cobertura de armadura (Marquise SR 481)

A exposição de um trecho das armaduras permite ainda a verificação de processo de corrosão na mesma, principalmente se existe ou não perda de seção. Por esta razão, a inspeção com proximidade das armaduras foi mais cuidadosa, de forma a preservar a armadura assim como esta se encontrava no interior do concreto. Na figura 4.16 é apresentado um exemplo de inspeção em armadura negativa de marquise. Na figura 4.17 é apresentado um detalhe de armadura com corrosão.



Figura 4. 16 – Detalhe de inspeção de armadura de marquise (Marquise MB 135)



Figura 4. 17 – Armadura com corrosão com perda de seção, agravada por cobertura insuficiente.

Em algumas marquises inspecionadas não foi possível detectar as armaduras negativas. No caso das marquises PEJ 79 e BA 88, com arranjo estrutural formado por lajes apoiadas em vigas engastadas, não foram encontradas nas lajes nenhuma armadura negativa, sendo procurada neste caso a armadura das vigas. No caso da marquise JCR 158, cujo arranjo estrutural é laje diretamente engastada, foi realizada uma intervenção no concreto que se estendeu por um trecho de cerca de 40 cm ao longo da marquise, a uma profundidade superior a 6 cm em relação ao concreto. Uma

vez não encontrada nenhuma armadura negativa, a inspeção foi paralisada por questões de segurança.

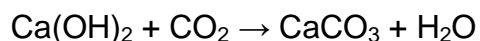


Figura 4. 18 – Intervenção em marquise sem possibilidade de identificação de armadura (Marquise JCR 158).

4.3.3. Verificação de profundidade de carbonatação

Um parâmetro que serve como bom indicador de durabilidade em concreto e armadura é certamente a profundidade de carbonatação. De acordo com Brandão (1998), um dos principais mecanismos condicionantes da corrosão das armaduras em estruturas de concreto armado é a carbonatação.

Segundo Pacheco (2008), a carbonatação do concreto é resultado da tendência do dióxido de carbono de se combinar com as bases de cimento hidratado, produzindo-se compostos com pH mais reduzido. A reação mais comum consiste na combinação do CO₂ presente no ar com o hidróxido de cálcio liberado pela hidratação do cimento. A passagem do hidróxido de cálcio a carbonato de cálcio leva a redução do pH, sendo descrita da seguinte maneira:



Para Brandão (1998), em condições adequadas de umidade, o concreto possui pH entre 12 e 13. Este fator é responsável, junto com outros fatores, pela proteção das armaduras contra corrosão. Ainda de acordo com a mesma autora, a carbonatação pode, em alguns casos, ser benéfica, conduzindo a um aumento da resistência, da densidade e da estabilidade volumétrica do concreto. Entretanto, a carbonatação provoca a redução do pH do concreto, fazendo com que as armaduras passem a estar despassivadas e, portanto, sujeitas à corrosão.

Portanto, conhecer a profundidade de carbonatação de um concreto significa conhecer um pouco das condições que favorecem a corrosão das armaduras. Uma forma de fazer tal verificação é o teste com solução alcoólica de fenolftaleína a 1%, como indicador de pH. De acordo com Pacheco (2008), esta solução fica incolor quando o pH é menor que 9.0, situação em que a película que reveste o aço perde a sua influência passivante, podendo começar a oxidar-se, devido à presença de água e oxigênio.

No caso do presente trabalho, uma vez realizadas as intervenções no concreto para inspeção das armaduras, foi feita a aspersão de solução de fenolftaleína no concreto recém fraturado. A partir da coloração obtida por este processo, pode-se perceber a presença ou não de carbonatação. Além disto, pode-se fazer a estimativa desta profundidade de carbonatação e se as armaduras estavam em concreto com pH abaixo de 9.0. Pode-se ainda inferir sobre a intensidade deste efeito a partir da comparação sugerida por Fidelis (2001), de acordo com a figura 4.19, para solução de fenolftaleína.

	Valores de pH														
Timolftaleína															
Fenolftaleína															
	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←
	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	

Figura 4. 19 - Coloração de soluções indicadoras de pH de acordo com Fidelis (2001).

Conforme se pode observar na figura anterior, a tonalidade da solução de fenolftaleína tende a ficar com tonalidade rosa claro para valores de pH próximos a 9 e tonalidades bem mais fortes para valores altos de pH. Abaixo de 9 a solução fica incolor, indicando carbonatação do concreto. Vale ressaltar que para aplicação da solução a superfície do concreto deve ser recém fraturada e estar limpa. Nas figuras 4.20 e 4.21 são mostrados exemplos de verificação de profundidade de carbonatação com solução de fenolftaleína.



Figura 4. 20 – Verificação de profundidade de carbonatação (Marquise BA 88).



Figura 4. 21 – Verificação de profundidade de carbonatação (Marquise SR 481).

Nem sempre é possível medir com precisão a profundidade de carbonatação, entretanto, é sempre possível verificar se as armaduras estão em região com pH baixo e portanto, com possibilidade de corrosão.

4.3.4. Estimativa de resistência e integridade do concreto

Em se tratando de avaliação de resistência do concreto em elementos já executados, pode-se considerar algumas formas de realizá-las, tais como: avaliação da resistência por extração de corpos de prova (ensaio semi-destrutivo) e ensaios não destrutivos (END) como, por exemplo, a esclerometria, penetração de pinos, velocidade de pulso ultrassônico, dentre outros (ANTONIAZZI, 2008).

No caso de marquises de concreto armado, a extração de testemunhos para avaliação de resistência mecânica em laboratório tem alguns fatores que tornam mais difícil a avaliação. No caso do presente trabalho não foi possível executar este procedimento devido inicialmente a restrições de equipamentos. Outro fator é a dificuldade de se conseguir pontos com energia elétrica para ligação de um equipamento deste tipo, sobretudo com a parte comercial das edificações não estando em funcionamento.

É necessário lembrar ainda do peso do equipamento com operador sobre a marquise. Neste caso é necessário dispor de um bom sistema de escoramento. O fato de não se conhecer o posicionamento das armaduras negativas também torna mais difícil a extração de corpos de prova sem corte de barras de aço. Caso alguma fosse rompida, demandaria mais procedimentos de recuperação com técnicas e materiais mais caros. Outro aspecto a se considerar neste caso é a necessidade de reparos sob a marquise com materiais de acabamentos, como pintura por exemplo.

No caso dos outros procedimentos a dificuldade é a obtenção de equipamentos padronizados para a execução do ensaio. O mais simples neste caso é o ensaio esclerométrico. Entretanto, ainda assim esse ensaio possui limitações em se tratando de marquises.

Uma vez que as inspeções se concentravam principalmente na parte superior, a primeira limitação era o fato de que esta parte é a mais sujeita a carbonatação, o que diminui a confiabilidade dos resultados obtidos. Outra particularidade importante é que a superfície superior do concreto em marquises é normalmente irregular, de forma que se torna necessário efetuar algum procedimento para tornar plana e lisa esta superfície.

Entretanto, este procedimento exige uso de lixadeiras de boa capacidade, equipamento nem sempre disponível. No caso deste trabalho, buscou-se auxílio junto aos moradores das edificações com marquises vistoriadas, que cediam o uso de tomadas das residências para uso da furadeira de baixo impacto. Houve casos em que não houve a disponibilidade e quando houve, foi sempre em 127V. Não foi possível utilizar lixadeiras.

A camada de revestimento também pode ser uma dificuldade, já que muitas vezes sua remoção em quantidade para liberação de área de ensaio é mais difícil. Portanto, apesar de ser um ensaio mais simples pela disponibilidade do equipamento, outros fatores dificultaram sua aplicação.

Sendo assim, o ensaio esclerométrico não foi realizado em todas as marquises inspecionadas. Este procedimento foi realizado apenas em marquises com camadas de revestimento menor, e com superfície de concreto mais uniforme. Ainda assim a superfície foi lixada e polida com escova manual e pedra “carborundum”.

Na execução do ensaio procurou-se ainda, mesmo dentro da área de inspeção, os locais mais lisos. Houve ainda a possibilidade de executar este ensaio sob uma viga de uma das marquises analisadas. Entretanto é importante ressaltar que os valores obtidos são apenas para verificações e não servem para emissão de laudos, ou mesmo para garantias quanto à resistência mecânica do concreto da marquise. Os dados servem para complementar este trabalho no sentido de se ter uma ideia geral das condições das marquises. Na figura 4.22 é mostrado um exemplo de execução de ensaio esclerométrico em viga de marquise.



Figura 4. 22 – Ensaio esclerométrico em viga de apoio (Marquise PEJ 79).

4.3.5. Recomposição da área de inspeção

Uma vez terminadas as inspeções, os locais onde se fizeram aberturas para coleta de dados eram novamente recompostos. Para isto, foi feita mais uma limpeza do local, para remoção de material pulverulento, sendo utilizadas trinchas pequenas (2” com cerdas macias para pintura) e também a própria furadeira utilizada para fazer aberturas no concreto. Este equipamento possui sistema de resfriamento a ar por ventilação, que sai por algumas aberturas. Com este sistema, a área vistoriada podia ser “assoprada”, expulsando a poeira. Este procedimento também foi feito para inspeção de armaduras e análise de profundidade de carbonatação. A figura 4.23 mostra o procedimento de limpeza com uso de trincha.

Uma vez eliminada qualquer sujeira na área, o local e áreas próximas eram molhados para evitar que a argamassa de reconstituição perdesse água para o concreto antigo. O excesso de água era retirado, quando possível por furo na parte inferior, e quando não possível com a própria trincha.



Figura 4. 23 – Limpeza para inspeção e recomposição (Marquise MB 135)

A limpeza é um procedimento que visa principalmente garantir que não existam fatores que atrapalhem a aderência do reparo. A estrutura irregular da área inspecionada também era favorável à aderência.

Contudo, é necessário utilizar materiais de baixa retração. Por isto, após estes procedimentos, a área de inspeção era fechada utilizando-se argamassa estrutural expansiva. A figura 4.24 mostra uma área de inspeção recomposta.



Figura 4. 24 – Área de inspeção recomposta com argamassa estrutural (Marquise SR 481).

4.3.6. Adaptações da metodologia GDE/UnB para avaliação de marquises

A metodologia GDE/UnB foi utilizada com êxito em diversos tipos de estrutura, entretanto passou em determinados casos por algumas adaptações. No caso de marquises de concreto armado são necessárias algumas pequenas adaptações para algumas particularidades destes elementos.

A primeira necessidade de adaptação percebida é no que diz respeito à consideração de sobrecarga excessiva. Alguns acidentes estudados na literatura tiveram como um dos agentes causadores esta sobrecarga. Muitas vezes a sobrecarga excessiva pode induzir a deformações excessivas.

Entretanto, em se tratando de marquises muitas vezes é difícil afirmar se determinada variação geométrica corresponde a um deslocamento ou se decorre do processo de construção. Vale lembrar que em alguns casos as marquises já são construídas com inclinação para possibilitar o escoamento de água.

Sendo assim, como primeira proposição, sugere-se para avaliação de marquises não apenas considerar o Fator de Ponderação referente a “flechas”. Neste caso, este item seria alterado para “Flechas / Sobrecarga excessiva”, sendo avaliado o que for mais conveniente para cada caso.

No que diz respeito às fissuras, no caso de marquises estas podem ser mais graves que em outros elementos de concreto armado. Entretanto, é importante destacar que o tipo de fissura é fundamental para avaliação do grau de risco. No caso de fissuras longitudinais (no sentido das armaduras principais), estas são bem menos graves que as fissuras transversais (ortogonais às armaduras principais – paralelas às fachadas). Estas últimas são mais preocupantes, já que indicam um risco bem maior de colapso.

A metodologia descrita por Souza (2009) cita que o Fator de Ponderação para fissuras pode variar entre 2 e 5. De acordo com Souza (2009), esta manifestação patológica possui Fatores de Ponderação (F_p) diferentes de acordo com as características da família onde o elemento se insere, dependendo das consequências que o dano possa acarretar.

No caso de marquises, mesmo se tratando de fissuras em uma mesma família de elementos, devem ser diferenciadas as fissuras transversais das longitudinais. Por esta razão sugere-se para as fissuras longitudinais (no sentido das armaduras principais) o Fator de Ponderação mais próximo à media entre 2 e 5, sendo que as fissuras transversais (ortogonais às armaduras principais) passariam a receber Fator de Ponderação igual a 5, por indicar uma situação de maior gravidade. Desta forma, a tabela de Fator de Ponderação ficaria conforme apresentado na tabela 2.11.

Tabela 2. 11 – Fatores de Ponderação para avaliação de marquises

Fator de Ponderação	
Danos	F_p
Carbonatação	3
Cobrimento deficiente	3
Contaminação por cloretos	4
Corrosão das armaduras	5
Desagregação	3
Desplacamento	3
Eflorescência	2
Falhas de concretagem	3
Fissuras	3 a 5**
Flechas / Sobrecarga excessiva	5
Manchas	3
Umidade	3
Desvio de geometria	3

** Adotar valores próximos a 3 para fissuras longitudinais, e valores próximos a 5 para fissuras transversais.

Neste caso são mantidas as formulações utilizadas por Souza (2009), sendo seguido ainda o roteiro de inspeção, com planilha de inspeção tipo “checklist”, conforme Apêndice D.

4.3.7. Aplicação da metodologia GDE/UnB para avaliação de marquises

Uma vez finalizadas as inspeções, tendo como base os formulários e os parâmetros de inspeção, as marquises foram analisadas de acordo com a metodologia GDE/UnB, descrita anteriormente. As análises feitas se deram de acordo com as modificações propostas.

Vale lembrar que, principalmente no caso de marquises de concreto armado, a inspeção com pequenas intervenções no concreto é fundamental para avaliar alguns critérios propostos pela metodologia. Um exemplo disto são os fatores de ponderação e de intensidade para carbonatação. Nem sempre é possível afirmar que determinado elemento possui concreto carbonatado sem nenhuma verificação. Entretanto, uma simples verificação com solução alcoólica de fenolftaleína permite concluir sobre a profundidade de carbonatação e a intensidade da mesma.

Para utilização da metodologia GDE/UnB considerou-se na análise as condições de todos os elementos em uma marquise. Quando se tratava de uma marquise apoiada em vigas engastadas, avaliaram-se todas as vigas em uma planilha e as lajes em outra. Desta forma, o Grau de Deterioração do elemento se torna o Grau de Deterioração da Família de elementos.

Para as marquises cujo arranjo estrutural é laje diretamente engastada o Grau de Deterioração do elemento é o próprio Grau de Deterioração da Família de elementos e, portanto, também o Grau de Deterioração Global da Estrutura. As planilhas das tabelas 4.3 e 4.4 ilustram o cálculo do GDE para as marquises em estudo, enquanto as da tabela 4.5 mostram a sequência para determinação do Grau de Deterioração Global da Estrutura para uma marquise inspecionada.

Tabela 4. 3 – Cálculo do Grau de Deterioração do Elemento – Lajes.

Cálculo do Grau de Deterioração do Elemento, G_{de} - Marquises				
Código de Identificação da Marquise:		SP 56		Elemento: Lajes
Esquema estrutural da Marquise:		Laje Apoiada em vigas engastadas		
Data da Vistoria:		25/11/10; 26/11/10 e 11/12/10		
Danos	Fator de Ponderação (F_p)	Fator de Intensidade (F_i)	Grau do Dano (D)	Esquema Estrutural/Observações
Carbonatação	3	1	2,4	Lajes apoiadas em vigas engastadas. Vigas com continuidade. Fissuras longitudinais (no sentido das armaduras negativas) Camada de revestimento de grande espessura.
Cobrimento deficiente	3	0	0	
Contaminação por cloretos	4	0	0	
Corrosão das armaduras	5	0	0	
Desagregação	3	0	0	
Desplacamento	3	0	0	
Eflorescência	2	3	16	
Falhas de concretagem	3	0	0	
Fissuras	3	3	24	
Flechas / Sobrecarga excessiva	5	3	40	
Manchas	3	1	2,4	
Umidade	3	4	60	
Desvio de geometria	3	0	0	
Grau de Deterioração do Elemento - G_{de} =			95	
Grau de Deterioração:		<i>Sofrível</i>		
Ações a serem adotadas:		<i>Definir prazo/natureza para inspeção especializada detalhada. Planejar intervenção em curto prazo (máx de 6 meses).</i>		

Registro Fotográfico

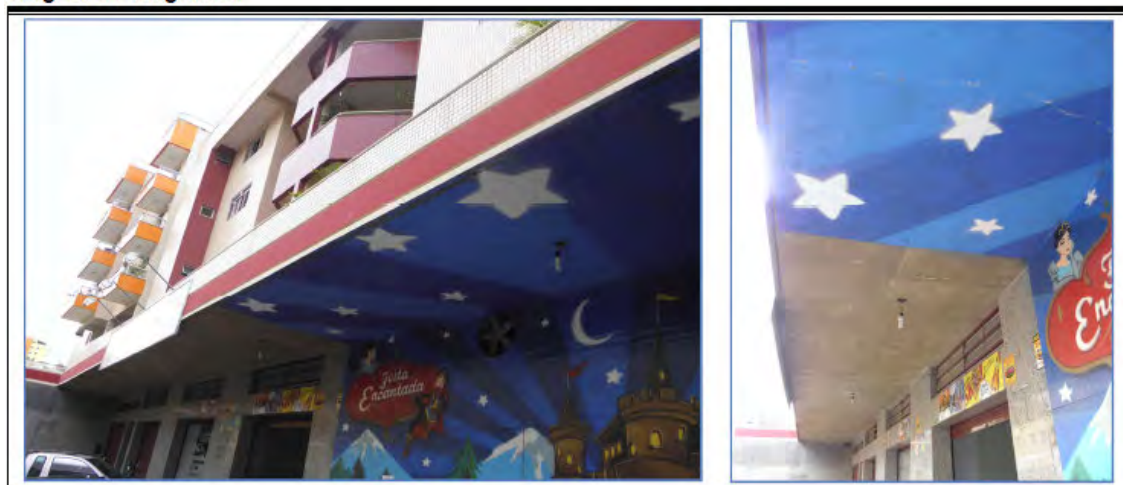


Tabela 4. 4 - Cálculo do Grau de Deterioração do Elemento – Vigas.

Cálculo do Grau de Deterioração do Elemento, G_{de} - Marquises				
Código de Identificação da Marquise:		SP 56	Elemento: Vigas	
Esquema estrutural da Marquise:		Laje Apoiada em vigas engastadas		
Data da Vistoria:		25/11/10; 26/11/10 e 11/12/10		
Danos	Fator de Ponderação (F_p)	Fator de Intensidade (F_i)	Grau do Dano (D)	Esquema Estrutural/Observações
Carbonatação	3	2	4,8	Lajes apoiadas em vigas engastadas. Vigas com continuidade.
Cobrimento deficiente	3	0	0	
Contaminação por cloretos	4	0	0	
Corrosão das armaduras	5	0	0	
Desagregação	3	0	0	
Desplacamento	3	0	0	
Eflorescência	2	0	0	
Falhas de concretagem	3	0	0	
Fissuras	5	0	0	
Flechas / Sobrecarga excessiva	5	3	40	
Manchas	3	2	4,8	
Umidade	3	2	4,8	
Desvio de geometria	3	0	0	
Grau de Deterioração do Elemento - G_{de} =			51	
Grau de Deterioração:		<i>Médio</i>		
Ações a serem adotadas:		<i>Definir prazo/natureza para nova inspeção. Planejar intervenção em médio prazo (máx de 2 anos).</i>		

Registro Fotográfico



Tabela 4. 5 - Cálculo do Grau de Deterioração Global da Estrutura.

Grau de Deterioração Global da Estrutura (G_d)				
<i>Marquise:</i>	SP 56			
Família de elementos	G_{df}	F_r	$F_r \times G_{df}$	Grau de deterioração Global da estrutura G_d:
Vigas engastadas	50,6	5	253	
Lajes	95,1	4	381	
Total	145,7	9	633	
Nível de deterioração:	Alto			
Ações a serem adotadas:	Definir prazo/natureza para inspeção especializada detalhada. Planejar intervenção em curto prazo (máx de 1 ano).			

Conforme comentado anteriormente, na aplicação da metodologia para marquises os graus de danos dos elementos foram calculados separadamente para grupo de vigas e lajes no caso de marquises com arranjo estrutural em lajes apoiadas em vigas engastadas. Portanto, considerou-se a avaliação em todas as lajes e em todas as vigas em um único cálculo do Grau de Deterioração do elemento, de forma que este se torna assim igual ao Grau de Deterioração da Família de Elementos.

No caso de marquises com laje diretamente engastada, a determinação foi semelhante, sendo calculado apenas o Grau de Deterioração da Família de Elementos para laje. A tabela 4.6 mostra um exemplo do Cálculo do Grau de Deterioração Global da Estrutura para marquise com laje diretamente engastada.

Tabela 4. 6 - Cálculo do Grau de Deterioração Global da Estrutura - marquise com laje diretamente engastada

Grau de Deterioração Global da Estrutura (G_d)				
<i>Marquise:</i>	MB 135			
Família de elementos	G_{df}	F_r	$F_r \times G_{df}$	Grau de deterioração Global da estrutura G_d:
Vigas engastadas	0,0	0	0	103
Lajes	102,9	5	514	
Total	102,9	5	514	
Nível de deterioração:	Crítico			
Ações a serem adotadas:	Inspeção especial emergencial. Planejar intervenção imediata.			

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES

O grupo de marquises estudadas neste trabalho envolve elementos em idades diversas, com arranjos estruturais típicos destes elementos na cidade. Além disto, as manifestações patológicas encontradas e as dimensões registradas são comuns à maioria das marquises na cidade de Viçosa. Trata-se, portanto, de um grupo representativo da situação geral dos casos cadastrados na região central, por suas características e por estarem dentro da área de interesse de estudo.

Na tabela 5.1 são apresentadas as idades aproximadas das edificações com marquises inspecionadas. Os dados obtidos mostram que mesmo em marquises mais novas, aspectos construtivos e falta de manutenção podem prejudicar a segurança e o desempenho do elemento. Um exemplo disto é o caso da marquise SR 481, com menor tempo de construção dentre as inspecionadas. A falta de cobertura nas armaduras negativas, chegando até mesmo à exposição destas propiciou a corrosão com perda de seção. Além disto, o concreto exposto à ação de agentes ambientais sofreu carbonatação até a região das armaduras, o que pode acelerar ainda mais a corrosão e aumenta o risco envolvido.

Tabela 5. 1 – Idade das marquises inspecionadas.

<i>Marquises inspecionadas - dados gerais das edificações</i>								
	<i>PEJ 79</i>	<i>JCR 158</i>	<i>PH 348</i>	<i>MB 355</i>	<i>MB 135</i>	<i>BA 88</i>	<i>SR 481</i>	<i>SP 56</i>
<i>Uso da edificação</i>	<i>Comercial / residencial</i>	<i>Comercial / residencial</i>	<i>Comercial</i>	<i>Comercial / residencial</i>	<i>Comercial</i>	<i>Comercial / residencial</i>	<i>Comercial / residencial</i>	<i>Comercial / residencial</i>
<i>Idade de construção **</i>	<i>75 anos</i>	<i>25 anos</i>	<i>ND</i>	<i>18 anos</i>	<i>27 anos</i>	<i>30 anos</i>	<i>7 anos</i>	<i>10 anos</i>

*** Valores aproximados, baseados em depoimentos e documentos da Prefeitura*

Devido às restrições quanto ao horário de inspeção, sendo as inspeções autorizadas por proprietários, e sendo necessário não ter nenhum tipo de restrição na parte comercial durante as inspeções, estas se deram na maioria

dos casos em horários não comerciais. Vale lembrar que isto dificulta alguns aspectos da inspeção como a própria possibilidade de utilização de alguns equipamentos. A tabela 5.2 resume as condições de inspeção, assim como os dias em que estas foram realizadas.

Tabela 5. 2 – Período de inspeções realizadas

<i>Inspeções em marquises</i>								
	<i>PEJ 79</i>	<i>JCR 158</i>	<i>PH 348</i>	<i>MB 355</i>	<i>MB 135</i>	<i>BA 88</i>	<i>SR 481</i>	<i>SP 56</i>
<i>Data</i>	<i>9, 16 e 23/10/10</i>	<i>30/10/10</i>	<i>31/10/10</i>	<i>02/11/10</i>	<i>14/11/10</i>	<i>15/11/10</i>	<i>20/11/10</i>	<i>25, 26/11/10 e 11/12/10</i>
<i>Dia da semana</i>	<i>Sábado</i>	<i>Sábado</i>	<i>Domingo</i>	<i>Terça-feira (feriado)</i>	<i>Domingo</i>	<i>Segunda-feira (feriado)</i>	<i>Sábado</i>	<i>Quinta, Sexta e Sábado</i>
<i>Período de inspeção</i>	<i>Tarde</i>	<i>Tarde</i>	<i>Tarde</i>	<i>Tarde</i>	<i>Tarde</i>	<i>Tarde</i>	<i>Tarde</i>	<i>Tarde</i>
<i>Tempo</i>	<i>Ensolarado</i>	<i>Ensolarado</i>	<i>Ensolarado</i>	<i>Nublado *</i>	<i>Nublado *</i>	<i>Nublado *</i>	<i>Ensolarado</i>	<i>Ensolarado **</i>

** Períodos chuvosos durante o dia, nublado no momento da inspeção.*

*** Ensolarado passando a chuva forte nos dois primeiros dias de inspeção.*

Nos itens a seguir serão detalhados alguns resultados obtidos nestas inspeções. Em todos os casos estudados foi realizada a avaliação pela metodologia GDE/UnB descrita anteriormente. Serão detalhados nos próximos itens os resultados da aplicação desta metodologia.

5.2. ANÁLISE DE RESULTADOS DOS ESTUDOS DE CASO

5.2.1. Levantamento geométrico e manifestações patológicas

O grupo de oito marquises inspecionadas possui características bem típicas da maioria das marquises encontradas na região central de Viçosa. Vários aspectos de deterioração encontrados nas marquises inspecionadas certamente podem ser identificados em outras. Além disto, o arranjo estrutural das marquises estudadas também é bastante representativo em relação ao total cadastrado.

A tabela 5.3 resume os aspectos geométricos das marquises inspecionadas. No caso da marquise PEJ 79, a mesma possui um trecho em

curva, sendo considerado para efeito de dados para comparação os valores referentes ao trecho retilíneo.

Tabela 5. 3 - Características geométricas: marquises inspeccionadas.

Levantamento geométrico em marquises de concreto armado						
Marquise	Arranjo estrutural	Dimensões em planta (m)		Altura em relação à via pública (m)	Espessura da laje de concreto (cm)	
		Comprimento	Largura		Na borda livre	No engaste
PEJ 79	Laje apoiada em vigas engastadas	18,45	1,83	3,45	8,0	8,0
JCR 158	Laje diretamente engastada	12,56	1,37	2,75	8,0	8,0
PH 348	Laje diretamente engastada	17,35	1,68	3,27	7,0	11,0
MB 355	Laje diretamente engastada	13,00	1,06	3,05	8,0	8,0
MB 135	Laje diretamente engastada	9,05	1,00	2,95-3,50 **	10,0	10,0
BA 88	Laje apoiada em vigas engastadas	10,90	1,35	3,00	7,0	7,0
SR 481	Laje diretamente engastada	9,86	1,15	3,32	10,0	8,0
SP 56	Laje apoiada em vigas contínuas invertidas	23,44	2,25	3,76	11,0	11,0

** Via pública em aclave.

O gráfico da figura 5.1 resume o arranjo estrutural das marquises inspeccionadas.

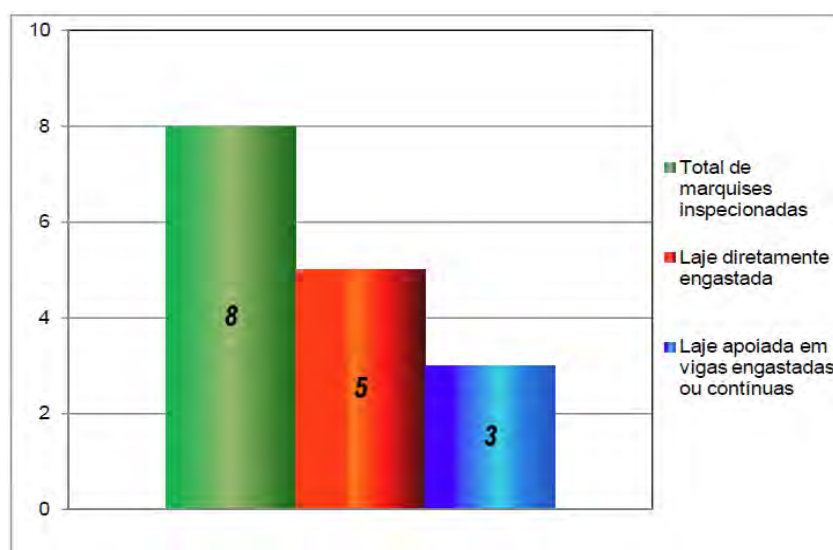


Figura 5. 1 – Arranjo estrutural marquises inspeccionadas.

Na figura 5.2 apresenta-se um exemplo de croqui elaborado a partir do levantamento geométrico feito.

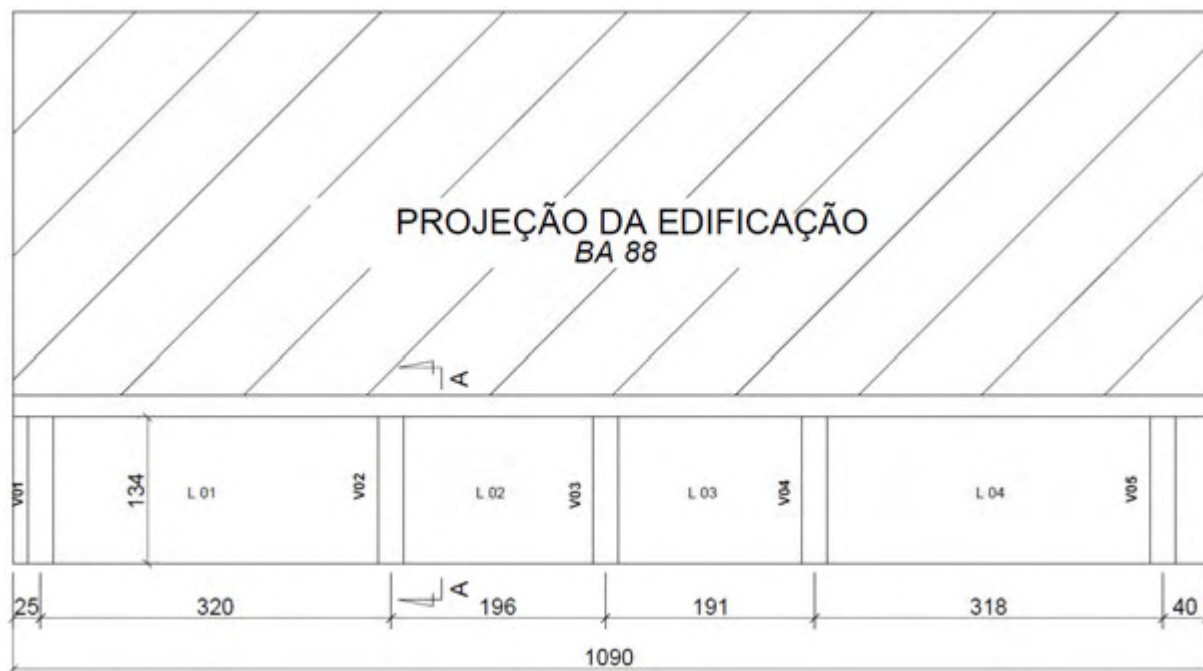


Figura 5. 2 – Exemplo de croqui de marquise – Marquise BA 88.



Figura 5. 3 – Detalhe de marquise em corte – Marquise BA 88.

Para levantamento da geometria das marquises foi necessário conhecer as camadas de revestimento. No que diz respeito à camada de revestimento inferior não foram detectadas grandes variações na espessura e nem valores elevados, sendo constatado que esta geralmente possuía valor próximo a 1cm, chegando em um dos casos a 0,5cm (Marquise SR 481), onde foi feita aplicação de gesso diretamente na laje de concreto.

Entretanto, a parte superior é sempre a mais crítica neste caso. A parte superior destes elementos é bem menos regular que a inferior, que ficou em contato com a forma. Por vezes são lançadas camadas maiores de revestimento para corrigir imperfeições, servindo ainda como uma tentativa equivocada de execução de sistema de impermeabilização. O caso mais extremo foi identificado na marquise SP 56, onde a laje de concreto possui espessura de 10 cm enquanto a camada de argamassa chega a passar de 9 cm em determinado trechos.

O revestimento desta marquise apresenta ainda diversas fissuras, e foi detectado durante a inspeção que, mesmo na ausência de chuva, a camada de revestimento fica bastante úmida. A ineficiência do sistema de drenagem desta marquise pode contribuir para este aumento de umidade, já que além do entupimento do mesmo, a marquise ainda recebe água pluvial do restante do edifício e água de determinadas áreas utilizáveis dos apartamentos. Por vezes chega a ocorrer de desaguar sobre a marquise água com excrementos de animais proveniente da limpeza.

No que diz respeito a manifestações patológicas, nas marquises inspecionadas foram registradas algumas típicas de exemplos estudados na literatura. Em algumas situações, são manifestações que poderiam ser evitadas com simples inspeção. Este é o caso do entupimento do sistema de drenagem, muito comum em marquises com algum tipo de contorno de alvenaria. Exceto nas marquises mais novas, foi identificado em diversas outras o acúmulo de detritos tais como areia proveniente de deterioração de revestimento de fachadas, limo, fezes de pássaros, lixo atirado a partir de residências, dentre outros.

A tabela 5.4 mostra os valores aproximados de camada de revestimento superior encontrados nas marquises inspecionadas. Em nenhum caso foi detectada camada de impermeabilização, sendo os casos de impermeabilização detectados feitos a partir de pintura localizada com produtos de base asfáltica em pequenos trechos de forma ineficiente.

Tabela 5. 4 – Camada de revestimento superior em marquises de concreto armado.

Emboço parte superior (cm)								
	PEJ 79	JCR 158	PH 348	MB 355	MB 135	BA 88	SR 481	SP 56
Espessura de emboço na laje - Parte superior	1,9 cm	2,50	1,60	2,6 a 10	0 cm	4,0 cm	0 cm	9 cm

Quanto ao acúmulo de detritos, o caso mais extremo foi verificado na marquise PEJ 79, que é a marquise mais antiga dentre as inspecionadas. Neste caso foi feito um levantamento da sobrecarga devido a estes detritos, onde se verificou que em 1 m² de marquise havia 6,92 kg de detritos na condição seca. Devido à natureza absorvente do material acumulado foi testado que o mesmo poderia chegar a 10,82 kg/m² em condição de saturação, conforme descrito no relatório de inspeção do Apêndice G.

O gráfico da figura 5.4 resume as principais manifestações patológicas encontradas nas marquises inspecionadas e o número de ocorrência de cada uma delas.

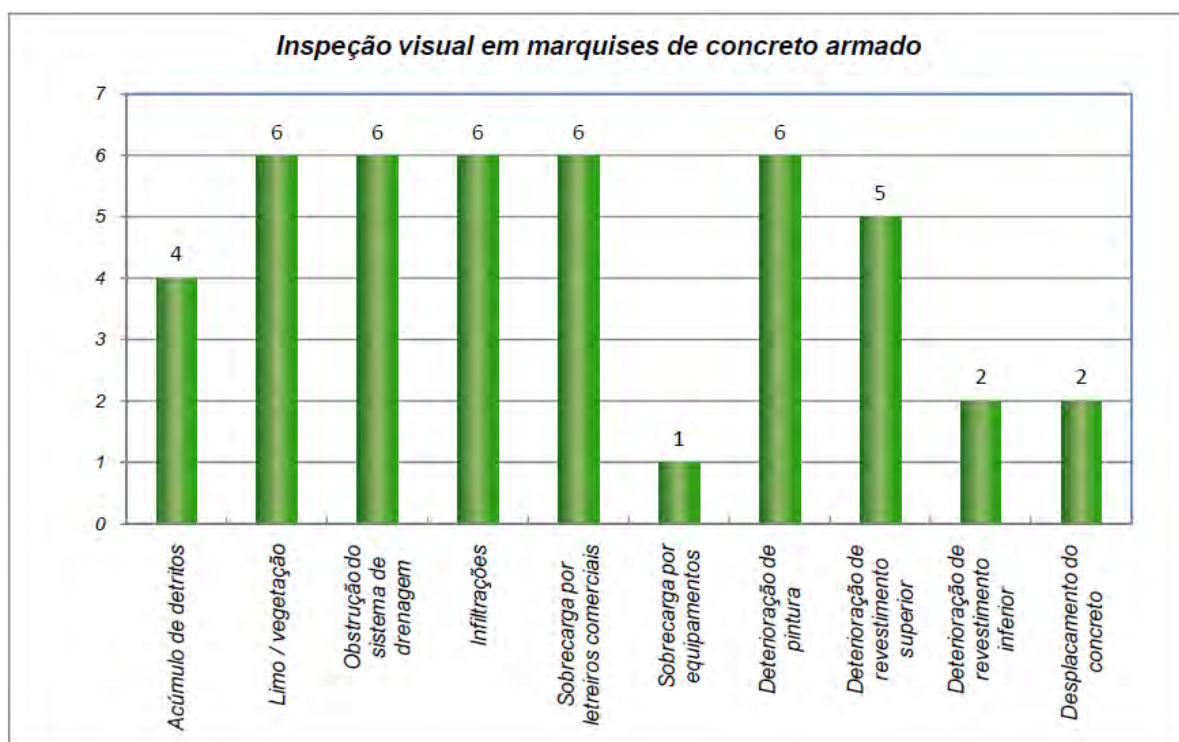


Figura 5. 4 – Manifestações patológicas em marquises inspecionadas e número de ocorrência.

5.2.2. Profundidade de carbonatação e corrosão das armaduras

Em se tratando do material concreto é fato conhecido que o mesmo se deteriora com o tempo, sobretudo em casos de concreto com alta porosidade. Em marquises mais antigas muitas vezes é possível perceber que algumas delas possuem concreto com grande porosidade. Conseqüentemente, as profundidades de concreto carbonatado são maiores.

O caso extremo identificado foi a marquise PEJ 79, com idade informada de 75 anos, que possui concreto carbonatado em toda sua espessura. Outros casos de marquises inspecionadas também apresentaram profundidades de carbonatação maiores que o cobrimento das armaduras, conforme observado na tabela 5.5. Foi possível observar ainda a presença de corrosão nestes casos.

Mesmo nos casos onde o concreto não se encontrava carbonatado (ou com pH próximo de 9) foi verificado em algumas marquises a coloração vermelha mais clara, indicando que, mesmo ainda estando o meio básico, houve redução no pH, e pode o concreto da marquise estar em processo de carbonatação, que posteriormente pode vir a causar despassivação das armaduras quando se completar o processo de carbonatação.

A verificação de corrosão acentuada em armaduras de algumas marquises por si só pode indicar meio carbonatado. Entretanto, em todos os casos foi verificada esta possibilidade com a aspensão de solução alcoólica de fenolftaleína no concreto recém fraturado. A tabela 5.5 abaixo mostra os resultados obtidos nas inspeções no que diz respeito às armaduras e profundidade de carbonatação.

Tabela 5. 5 – Cobrimento, corrosão das armaduras e profundidade de carbonatação de marquises inspecionadas.

Cobrimento, armaduras, profundidade de carbonatação								
	PEJ 79	JCR 158	PH 348	MB 355	MB 135	BA 88	SR 481	SP 56
Cobrimento das armaduras negativas	ND	ND	1,5 a 1,80 cm	4,5 cm	0,9 cm	ND	0 cm **	2,4 cm
Diâmetro da armadura negativa	2 Ø 6.5 mm*	ND	10 mm	Ø 6.3 mm	10 mm	2 Ø 6.3 mm *	Ø 8.0 e Ø 6.3 mm	5 Ø 10.0 + 2 Ø 16.0 *
Espaçamento da armadura negativa	ND	ND	13 cm	20 cm	18 cm	ND	22 cm	ND
Corrosão das armaduras	Com perda de seção	ND	Com perda de seção	Não	Com perda de seção	Sim	Com perda de seção	Não
Profundidade de Carbonatação	Em toda a seção	Menor que 0,5 cm	Maior que 3,5cm	Menor que 0,5 cm	Maior que 3cm	Menor que 0,5 cm	Maior que 3cm	Maior que 2cm

* Armadura negativa das vigas engastadas.

** Armadura negativa exposta em determinados trecho e com cobrimento insuficiente nos demais.

5.3. RESULTADOS DA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA GDE/UnB PARA AVALIAÇÃO DE MARQUISES

Com base nos dados obtidos nas inspeções, incluindo pequenas intervenções no concreto, utilizou-se da metodologia GDE/UnB para estimativa de grau de risco dos casos estudados. Os resultados obtidos com esta aplicação estão resumidos na tabela 5.6 e no gráfico da figura 5.5.

Tabela 5. 6 – Resultados da aplicação da metodologia GDE/UnB para marquises inspecionadas.

Grau de Deterioração (Metodologia GDE/UnB)								
	PEJ 79	JCR 158	PH 348	MB 355	MB 135	BA 88	SR 481	SP 56
Grau de Deterioração Global da Estrutura (Gd)	110	34	67	56	103	38	97	70
Nível de Deterioração	Crítico	Médio	Alto	Alto	Crítico	Médio	Sofrível	Alto

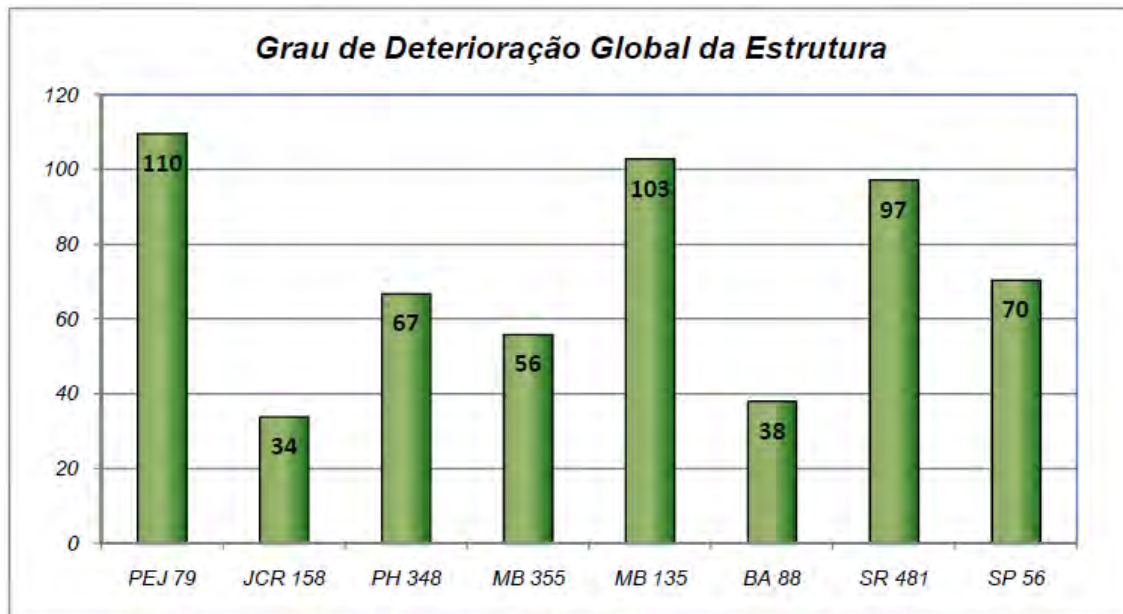


Figura 5. 5 – Resumo dos resultados da metodologia GDE/UnB.

No caso de marquises com laje diretamente engastada, a aplicação da metodologia GDE/UnB é feita para apenas um elemento. Sendo assim, pode-se afirmar que $G_{de} = G_{df} = G_d$. Por isto, basta determinar o grau de deterioração do elemento, sendo este parâmetro tomado como sendo o grau de deterioração global da estrutura.

Vale ressaltar que, mesmo com as adaptações feitas à metodologia conforme descrito no item 4.3.6, a aplicação desta mostrou a necessidade de mais algumas revisões. A primeira se refere à ausência de armadura negativa. No caso das marquises JCR 158 e BA 88, principalmente no caso da primeira, a avaliação dos itens propostos pela metodologia podem não descrever o risco real, já que nestas não foram identificadas as armaduras negativas das lajes. No caso da marquise PEJ 79, outros itens avaliados pela metodologia já classificam a mesma no nível de deterioração crítico. O mesmo vale para os casos onde a armadura negativa estiver fora de posicionamento, como por exemplo, a o caso da marquise MB 355. Isto implica em risco, mas não altera em nada o cálculo do Grau de Deterioração Global da Estrutura (G_d).

Portanto, uma sugestão deste trabalho é que marquises com estas condições sejam classificadas como sendo de estado “crítico”, onde a recomendação da metodologia é que seja feita uma inspeção emergencial e intervenção imediata. Este é o caso de marquises com $G_d > 100$, e sendo

assim, nos casos citados, não se deve considerar apenas o G_d da avaliação feita. Como as marquises são elementos que podem vir a afetar a integridade física de pedestres em geral, havendo uma das situações citadas, considerar G_d a partir de 100.

Nos demais casos, quando o Grau de Deterioração Global for maior que 100, pode ser recomendável a remoção da marquise, por ser uma questão de segurança pública. Neste caso, ainda que o risco de ruína imediata seja pequeno, não é possível garantir a segurança.

Considerando-se que as marquises com ausência de armaduras negativas possuem grau de risco maior, aplicando-se as alterações na metodologia GDE/UnB classificando o estado das mesmas como sendo “crítico”, os resultados da aplicação da metodologia para as marquises inspecionadas passam a ser os expostos na figura 5.6.

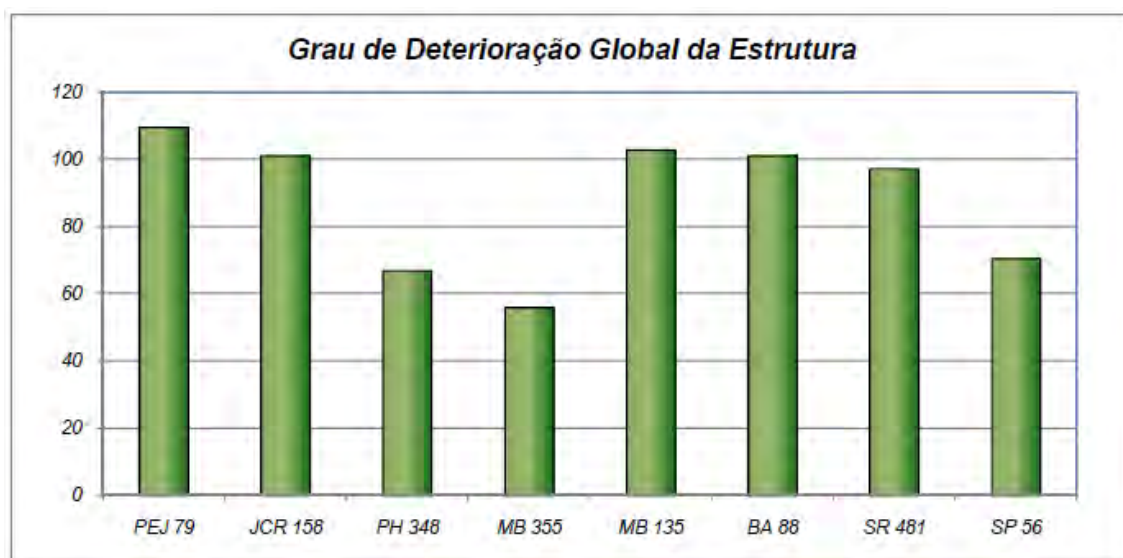


Figura 5. 6 – Resultados da aplicação da Metodologia GDE/UnB considerando adaptações para ausência de armaduras negativas.

5.4. CRITÉRIOS PARA CONSTRUÇÃO DE MARQUISES

Em se tratando de estruturas de concreto armado em geral, a correta adoção de critérios de durabilidade é sem dúvida um diferencial para uma estrutura durável e segura. No caso de marquises, sobretudo, estas

considerações tomam um destaque devido às consequências que manifestações patológicas podem trazer às mesmas.

Por esta razão, uma das primeiras diretrizes para construção de novas marquises é a correta adoção de critérios de durabilidade na fase de projeto. Isto implica em especificar concreto com f_{ck} mais alto (preferencialmente $f_{ck} \geq 25$ MPa), cobrimentos adequados, concreto com baixa relação água/cimento. A especificação de adições minerais tais como metacaulim também pode ser feita, já que além do aumento da resistência à compressão no concreto, estas adições diminuem a porosidade e permeabilidade do concreto, e assim, a agressão ambiental.

Além dos critérios de durabilidade é fundamental conhecer bem a forma de utilização de uma marquise. Para o dimensionamento correto, é importante prever a instalação de equipamentos, assim como as sobrecargas mais comuns como impermeabilização e revestimento. Além disto, é sempre interessante considerar o acesso de pessoas que pode acontecer de forma esporádica para manutenção ou ainda, conforme citado anteriormente, através da utilização de marquises como camarotes em dias de eventos. Portanto, pode ser interessante adotar uma sobrecarga mínima de 3 kN/m² de acordo com a NBR 6120:1980 - Cargas para o cálculo de estruturas de edificações . É importante lembrar ainda que sempre deve ser detalhado o sistema de drenagem para evitar acúmulo de água sobre a marquise.

Na fase de execução, devem ser tomados os devidos cuidados para que os detalhes especificados no detalhamento sejam atendidos. Manter as armaduras principais em sua posição de projeto é fundamental para construção de uma marquise segura. Uma vez mantida a posição da armadura e seu cobrimento, deve ainda haver um bom controle na produção do concreto, que deve atender às especificações. A utilização de formas estanques e bem escoradas também contribui para melhor qualidade do elemento.

Após a concretagem, deve se tomar especial cuidado com a cura. Fissuras por retração no concreto podem permitir a entrada de agentes agressivos até as armaduras, iniciando-se assim um processo corrosivo. A cura deve iniciar bem cedo, e ser constante principalmente nos primeiros dias após a concretagem.

A desforma deve ser feita o mais tarde possível, sempre após 21 dias da concretagem. Para marquises, este prazo pode ser aumentado, e a desforma deve seguir a ordem correta conforme descrito em 2.3.4.

Na fase de acabamento, deve então ser feita a impermeabilização sem utilização de grandes camadas de regularização de impermeabilização ou de proteção mecânica, independente do produto utilizado para esta impermeabilização. Garantindo a qualidade do concreto, da impermeabilização e prevendo-se a forma de utilização, basta fazer manutenções regulares, para limpeza da marquise, desobstrução do sistema de drenagem e renovação quando necessário da camada de impermeabilização que deve sempre ser trocada e não sobreposta para evitar sobrecargas excessivas.

É importante lembrar que tão importante quanto construir bem uma marquise é ter um bom programa de manutenção, evitando assim que manifestações patológicas possam causar deteriorações que posteriormente podem trazer riscos.

6 CONCLUSÕES E SUGESTÕES

6.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Durante os trabalhos desenvolvidos em inspeção de marquises na cidade de Viçosa pode-se perceber a importância deste trabalho para início do desenvolvimento de uma metodologia de inspeção e de identificação de risco. Percebe-se claramente pelos resultados obtidos que alguns elementos necessitam de atenção imediata, de forma a evitar possíveis sinistros.

Em alguns dos casos como, por exemplo, a marquise SP 56, percebe-se que o elemento ainda não possui deteriorações irreversíveis. Entretanto, alguns detalhes necessitam de mudanças para prolongar a vida útil do elemento. Como primeiro exemplo podemos citar a camada de revestimento. A camada espessa não cumpre com o papel de impermeabilizar a marquise, e serve apenas como carga excessiva. A simples remoção deste revestimento, a construção de um sistema de impermeabilização que não implique em camadas espessas de revestimento e a reconstrução deste em camada menor já contribui bastante para a segurança.

Outro aspecto importante é o sistema de drenagem da marquise SP 56 que deve ser refeito e, principalmente, retirar da marquise as águas provenientes do prédio, sendo elas pluviais ou não. Neste caso deve ser feita ainda uma limpeza nas vigas e proteção no concreto, que exposto possui algumas manchas e pode vir a sofrer carbonatação em maiores profundidades. Trata-se de uma edificação nova, sendo essencial a correção de manifestações patológicas antes do comprometimento da marquise.

Este certamente é o caso de outras marquises na cidade, inspecionadas ou não. No caso de algumas marquises inspecionadas que possuem manifestações mais preocupantes, percebe-se também que cuidados anteriores poderiam ter evitado o estado de deterioração atual.

Os resultados das análises utilizando a metodologia GDE/UnB adaptada a marquises mostram que boa parte das marquises deve receber intervenção imediata. Neste caso devem ser analisados dois aspectos importantes: custo da intervenção e segurança da intervenção.

Em alguns casos, pode ser mais viável a retirada do elemento. Vários são os exemplos na cidade do Rio de Janeiro de marquises removidas e substituídas por toldos. Isto porque algumas vezes não é possível garantir a segurança de reparos feitos. Um exemplo disto é a corrosão das armaduras negativas. Uma vez corroídas, pode não ser possível garantir a ancoragem de outra armadura, ou mesmo a recuperação da antiga.

Vale destacar ainda o papel do poder público no que diz respeito a garantir a segurança da população em geral com relação os riscos impostos por marquises comprometidas. Conforme comentado anteriormente, é um elemento sobre espaço público. Ainda que não se possa fazer inspeções ou demolir marquises, o poder público pode cobrar de proprietários que sejam feitas inspeções e que sejam emitidos laudos técnicos, com anotação de responsabilidade técnica, que atestem a segurança.

As marquises classificadas segundo a metodologia GDE/UnB como sendo de estado “crítico” ($G_d > 100$) seguramente possuem custo de recuperação alto, isto se possível de serem recuperadas. Vale ressaltar o caso da marquise MB 135 que possui armaduras imersas em concreto carbonatado, com cobrimento insuficiente e com processo de corrosão com perda de seção. Outras marquises da cidade certamente estão nesta condição e pode ser mais viável e seguro fazer sua remoção.

6.2. AVALIAÇÃO DO GRAU DE DETERIORAÇÃO DAS MARQUISES INSPECIONADAS

No que diz respeito à metodologia GDE/UnB, a avaliação proposta para esta gera resultados condizentes com o estado de deterioração de marquises com as adaptações feitas, exceto em dois casos conforme comentado anteriormente. Uma vez que a metodologia se baseia em conceitos de deterioração, aspectos construtivos importantes para marquises não alteram o Grau de Deterioração Global da Estrutura (G_d). Este é o caso da ausência ou insuficiência da armadura negativa (erro na fase de construção), ou o incorreto posicionamento destas armaduras.

Neste caso, não havendo nenhuma das manifestações patológicas da planilha de cálculo do Grau de Deterioração do Elemento (G_{de}), a avaliação seguindo os conceitos da metodologia não indica grau de deterioração alto. Isto implicaria na aceitação do elemento como sem danos, seguro, o que pode não ser correto. Portanto, nestes casos a avaliação segundo a metodologia não é segura, devendo ser feita outra análise, inclusive numérica, para avaliação. Vale ressaltar que marquises com estas anomalias devem ser consideradas como sendo de estado “crítico”, conforme mencionado anteriormente.

Este é o caso de algumas das marquises inspecionadas. As marquises PEJ 79, BA 88, JCR 158 e SR 481 não tiveram detectadas armaduras negativas nas lajes. No caso das duas primeiras, são marquises apoiadas em vigas engastadas, e as demais, laje diretamente engastada.

Para marquises com laje apoiada em vigas engastadas, a avaliação da metodologia pode se aplicar às vigas mesmo não havendo armaduras negativas nas lajes. Entretanto, a consideração da avaliação da laje, caso esta esteja em boas condições pode atenuar os resultados obtidos na avaliação do Grau de Deterioração Global.

No caso da marquise PEJ 79, alguns aspectos como profundidade de carbonatação fizeram com que a mesma tivesse um Grau de Deterioração alto. No caso das outras, o Grau de Deterioração obtido pela avaliação pode não corresponder ao estado real de risco, devendo ser feita outra avaliação. Nos demais casos analisados os resultados obtidos condizem com o estado de deterioração visível do elemento. Entretanto, para os casos de ausência de armadura negativa a avaliação deveria ser dada como “crítica”.

6.3. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Uma vez que problemas relacionados às marquises são cada vez mais comuns, o desenvolvimento de trabalhos com estes elementos é muito importante. Em Viçosa, onde existem vários exemplos de marquises com alguma manifestação patológica é recomendável que trabalhos continuem sendo feitos para se conhecer o grau de risco.

Na cidade de Viçosa boa parte das marquises não mais possui projetos, sendo que algumas nunca possuíram. Desta forma é mais difícil atestar a segurança de uma marquise apenas com inspeção nas armaduras, sem conhecer a forma de ancoragem desta ao restante da estrutura.

Portanto, uma primeira sugestão é desenvolver novos procedimentos de inspeção para investigar esta ancoragem em marquises com armadura negativa, ou armadura negativa de vigas engastadas.

Além disto, podem ser desenvolvidas as seguintes atividades:

- Estender a outras marquises as inspeções feitas neste trabalho, de forma a conhecer mais das condições das mesmas, identificando suas armaduras negativas, cobrimento, profundidade de carbonatação e suas manifestações patológicas gerais. Nesta etapa algumas marquises já serão consideradas pouco seguras, entretanto para as outras, estender a investigação à ancoragem das armaduras.
- Para as marquises consideradas recuperáveis, desenvolver estratégias de intervenção, incluindo relatório de procedimentos a serem executados e especificação de materiais.
- Para as inspeções realizadas, em caso de não haver armaduras negativas levar o Grau de Deterioração Global da Estrutura (G_d) para a condição de “Crítico” e fazer simulações numéricas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: **Projeto de estruturas de concreto – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6120: **Cargas para o cálculo de estruturas de edificações**. Rio de Janeiro, 1980.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5674: **Manutenção de Edificações – Procedimento**. Rio de Janeiro, 1980

BASTOS P. S. S. **Marquises – Notas de aulas da disciplina 1365 - Estruturas de Concreto IV**. Bauru: FEB - UNESP, 2006.

BRANDÃO, A. M. S. **Qualidade e durabilidade das estruturas de concreto armado: aspectos relativos ao projeto**. Dissertação de Mestrado: São Paulo, EESC / USP, 1998.

CÁNOVAS, M. F. **Patologia e Terapia do Concreto Armado**. São Paulo: Editora PINI, 1998. 522 p.

CARMO, M. A. **Estudo da deterioração de marquises de concreto armado nas cidades de Uberlândia e Bambuí**. Dissertação de mestrado. Uberlândia: FECIV / UFU, 2009.

CARMO, M. A.; SILVA, T. J. **Deterioração de marquises de concreto armado na cidade de Bambuí MG**. Revista Técnica. São Paulo: Editora PINI, 2009.

CUNHA, A. J. P.; SOUZA, V. C. M. de; LIMA, N. A. **Acidentes Estruturais na Construção Civil V2**. São Paulo: Editora PINI, 1998.

CUNHA, A. J. P.; SOUZA, V. C. M.; LIMA, N. A.. **Acidentes Estruturais na Construção Civil V1**. São Paulo: Editora PINI, 1996.

FIDELIS, F. (2001). **Preparação de Superfícies**. Manual. Disponível em: <http://www.matec.eng.br/novo/manuais/preparacao_superficie.pdf>. Acesso: Outubro de 2010.

FONSECA, R. P. **A estrutura do Instituto Central de Ciências: Aspectos históricos, científicos e tecnológicos de projeto, execução, intervenções e propostas de manutenção**. Dissertação de Mestrado. Brasília: Departamento de Engenharia Civil e Ambiental /UNB, 2007.

HELENE, P. R. L. **Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto**, São Paulo: Editora PINI, 1992a.

HELENE, P. R. L. **Manual para diagnóstico de obras deterioradas por corrosão de armaduras**. São Paulo: Editora PINI, 1992b.

HELENE, P. R. L. **Controle de qualidade na indústria da construção civil. IPT - Tecnologia de edificações**. São Paulo: Editora PINI, 1988.

HELENE, P. R. L. **Corrosão em armaduras para concreto armado**. São Paulo: Editora PINI – Instituto de pesquisas Tecnológicas IPT, 1986.

JORDY, J. C.; MENDES, L. C. **Análise e Procedimentos Construtivos de Estruturas de Marquises com Propostas de Recuperação Estrutural**. Niterói, UFF, 2006.

LIMA, N. A. **Depoimento oral ao Autor** – Dezembro, 2010.

MARCELLI, M. **Sinistros na Construção Civil – Causas e Soluções para Danos e Prejuízos em Obras**. São Paulo: Editora PINI, 2007.

MEDEIROS, M. H. F. de; GROCHOSKI, M. **Marquises: Por que algumas caem?** Vol. 12, n 24. São Paulo: Revista Concreto, 2007. p.10-17.

MEHTA, P. K. e MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: estruturas, propriedades e materiais**. São Paulo: Editora PINI, 1994. 573p.

MIRANDA, D. R.; NASCIMENTO, S. C. S. **Anomalias em Marquises de Concreto Armado**. Monografia. Salvador: UCSal, 2009.

MOREIRA, A. L. A. **A Estrutura do Palácio da Justiça em Brasília: Aspectos Históricos, Científicos e Tecnológicos de Projeto, Execução, Intervenções e Proposta de Estratégias para Manutenção**. Dissertação de mestrado. Brasília: Departamento de Engenharia Civil e Ambiental /UNB, 2007.

PACHECO, T. A. P.; BRAGA, A.. **Alargamento, Reforço e Reparação de uma Ponte de Betão Armado**. Curso Bietápico em Engenharia Civil – 2º ciclo - Disciplina de Projecto. Faro: Universidade do Algarve, 2008.

PIANCESTELLI, E. M. - **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto Armado**. Belo Horizonte: Ed. Depto. Estruturas da EEUFMG - 1997 - 160p.

RIZZO, B. E. **Marquises - Uma Abordagem Técnica**. Centro de Estudos e Pesquisa de Desastres. Rio de Janeiro: 2003. Disponível em www.rio.rj.br/defesa.civil. Acesso em junho de 2010.

SBARDELINI, A.; NETO, A. P.; CISOTTO, D.. **Inspeção, Manutenção e Recuperação de Marquises e Sacadas**. Curitiba: Universidade Tuiuti do Paraná, 2008.




SILVA, P. F. A... **Durabilidade das Estruturas de Concreto Aparente em Atmosfera Urbana**. São Paulo: Editora Pini, 1995.

SOUZA, D. A. S. **A estrutura do Teatro Nacional Claudio Santoro em Brasília: histórico de projeto, execução, intervenções e estratégias para manutenção**. Dissertação de Mestrado. Brasília: Departamento de Engenharia Civil e Ambiental /UNB, 2009.





SOUZA, V. C., RIPPER; T. **Patologia recuperação e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: Editora PINI, 1998.

THOMAZ, E. *Trincas em Edifícios: causas, prevenção e recuperação.*, São Paulo: Editora PINI 1989.



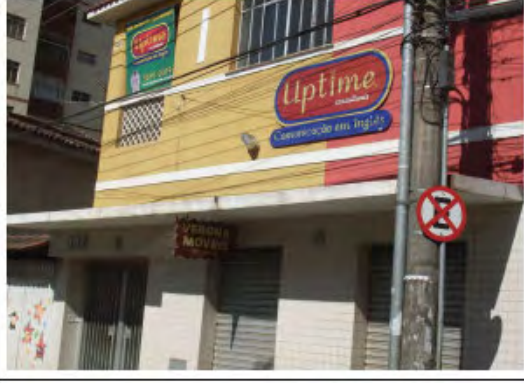

APÊNDICE A – MARQUISES CADASTRADAS

Cadastro Resumido de Marquises para estudo			
Marquise nº	Código	Arranjo estrutural	Foto
1	PH 298	Laje engastada	
2	PH 63	Laje engastada	
3	PH 90	Laje engastada	

Cadastro Resumido de Marquises para estudo

Marquise nº	Código	Arranjo estrutural	Foto
4	PH 169	NI	
5	PH 178	Laje apoiada em vigas engastadas ou contínuas	
6	PH 192	Laje engastada	
7	PH 338	Laje Engastada	





Cadastro Resumido de Marquises para estudo

Marquise nº	Código	Arranjo estrutural	Foto
8	PH 348	Laje engastada	
9	JLC 500	Laje apoiada em vigas engastadas ou contínuas	
10	BBR 182	Laje engastada	
11	BBR 180	Laje engastada	





Cadastro Resumido de Marquises para estudo

Marquise nº	Código	Arranjo estrutural	Foto
12	MB 34	Laje engastada	
13	MB 45	Laje engastada	
14	MB 75	Laje engastada	
15	MB 105	Laje engastada	




Cadastro Resumido de Marquises para estudo

Marquise n°	Código	Arranjo estrutural	Foto
16	MB 115	Laje engastada	
17	MB 125	Laje engastada	
18	MB 131	Laje apoiada em vigas engastadas ou contínuas	
19	MB 135	Laje engastada	





Cadastro Resumido de Marquises para estudo

Marquise n°	Código	Arranjo estrutural	Foto
20	MB 176	Laje engastada	
21	MB 180	Laje engastada	
22	MB 197	Laje engastada	
23	MB 237	Laje engastada	



Cadastro Resumido de Marquises para estudo

Marquise n°	Código	Arranjo estrutural	Foto
24	MB 270	Laje engastada	
25	MB 327	Laje engastada	
26	MB 335	Laje engastada	
27	MB 351	Laje engastada	

Cadastro Resumido de Marquises para estudo

Marquise nº	Código	Arranjo estrutural	Foto
28	MB 355	Laje engastada	
29	MB 369	Laje engastada	
30	PEJ79	Laje apoiada em vigas engastadas ou contínuas	
31	PMG38	Laje engastada	





Cadastro Resumido de Marquises para estudo

Marquise nº	Código	Arranjo estrutural	Foto
32	PMG80	Laje engastada	 A photograph of a storefront with a marquee. The marquee is white with blue and red accents. Signs for 'DROGA LIDER' and 'Móveis & Utensílios' are visible. The building is multi-story with windows above.
33	MB 50	Laje engastada	 A photograph of a building facade featuring a prominent red marquee. The marquee is cantilevered over the entrance area. The building is light-colored with large windows.
34	SR 223	Laje engastada	 A close-up photograph of a damaged, curved marquee. The surface is peeling and crumbling, revealing the underlying structure. A yellow metal gate is visible below.
35	SR 328	Laje engastada	 A photograph of a concrete marquee structure. The concrete is dark and appears weathered or stained. The structure is cantilevered over a dark opening.





Cadastro Resumido de Marquises para estudo

Marquise nº	Código	Arranjo estrutural	Foto
36	JCV 9	Laje engastada	
37	JCR 80	Laje engastada	
38	JCR 86	Laje engastada	
39	JCR 158	Laje engastada	





Cadastro Resumido de Marquises para estudo

Marquise nº	Código	Arranjo estrutural	Foto
40	JCR 168	Laje engastada	
41	PS 230	Laje apoiada em vigas engastadas ou contínuas	
42	PS 36	Laje engastada	
43	CA 05	Laje apoiada em vigas engastadas ou contínuas	





Cadastro Resumido de Marquises para estudo

Marquise nº	Código	Arranjo estrutural	Foto
44	CA 152	Laje apoiada em vigas engastadas ou contínuas	
45	CA 105	Laje engastada	
46	CA 80	Laje apoiada em vigas engastadas ou contínuas	
47	CA 64	Laje engastada	





Cadastro Resumido de Marquises para estudo

Marquise n°	Código	Arranjo estrutural	Foto
48	CA45	Laje apoiada em vigas engastadas ou contínuas	
49	CA 06	Laje engastada	
50	PSB 136	Laje apoiada em vigas engastadas ou contínuas	
51	RP 880	Laje engastada	


Cadastro Resumido de Marquises para estudo

Marquise n°	Código	Arranjo estrutural	Foto
52	RP 858	Laje engastada	
53	RP 826	Laje engastada	
54	RP 684	Laje engastada	
55	BA 02	Laje engastada	

Cadastro Resumido de Marquises para estudo

Marquise nº	Código	Arranjo estrutural	Foto
56	BA 88	Laje apoiada em vigas engastadas ou contínuas	
57	SR 481	Laje engastada	
58	PH 348	Laje engastada	
59	SP 56	Laje apoiada em vigas engastadas ou contínuas	

APÊNDICE B: FORMULÁRIO DE CADASTRO DE MARQUISES.

 UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas Mestrado em Engenharia Civil Área de concentração - Engenharia da Construção	Título:	Página	1/3		
	Inspeção técnica de marquises	Código	PEJ 79		
	Finalidade: Cadastro Inicial	Inspeção	Responsável	Data	
			Márcio	9/10/10	
			Márcio	16/10/10	
Referência:	Área Central - Viçosa MG	Preparado	Márcio		
		Verificado	Márcio		

Planilha - Cadastro - Parte I

Dados Cadastrais

Endereço	
Uso da Edificação	Misto: Comercial / Residencial
Proprietário/ Morador	
Contato	
Referência	

Possibilidades de inspeção detalhada

Acesso	<input checked="" type="checkbox"/>	Escada	<input type="checkbox"/>	Via Aptos	<input type="checkbox"/>	Inacessível	<input type="checkbox"/>	Outros:	
--------	-------------------------------------	--------	--------------------------	-----------	--------------------------	-------------	--------------------------	---------	--


Dados Técnicos

Arranjo estrutural	<input type="checkbox"/>	Laje diretamente engastada	<input checked="" type="checkbox"/>	Laje apoiada em vigas engastadas
Sobrecarga devido a equipamentos	<input type="checkbox"/>	Não	<input checked="" type="checkbox"/>	Sim: Letreiro Comercial
Revestimentos / acabamentos	<input type="checkbox"/>	Concreto aparente	<input checked="" type="checkbox"/>	Camada de revestimento superior / inferior ou forro em parte inferior
Acesso de pessoas	<input type="checkbox"/>	Acesso por várias pessoas por período considerável de tempo	<input type="checkbox"/>	Possibilidade de acesso de pessoas periodicamente
	<input checked="" type="checkbox"/>	Sem acesso para utilização por pessoas, acesso apenas para manutenção		
Outros elementos	<input type="checkbox"/>	Painel Publicitário	<input checked="" type="checkbox"/>	Parede ou mureta na borda da marquise: Apenas pingadeira de alvenaria

Fotos



APÊNDICE C: FORMULÁRIO DE ENTREVISTA E AUTORIZAÇÃO DE INSPEÇÃO.

 <p>UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas Mestrado em Engenharia Civil Área de concentração - Engenharia da Construção</p>	Título:	Página	01/01	
	Entrevista / obtenção de dados	Código	PEJ 79	
	Finalidade:	Inspeção	Responsável	Data
	Autorização para inspeção técnica de marquise			
Referência:	Área Central - Viçosa MG	Preparado	Márcio	
		Verificado	Márcio	

Planilha - Entrevista - Parte I

Objetivo

Coletar informações técnicas sobre as características, manifestações patológicas existentes, ações de manutenção, aplicadas a marquises de edificações existentes na cidade de Viçosa - MG. As inspeções técnicas são a base de um trabalho de pesquisa de uma dissertação de mestrado do Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Área de Concentração em Engenharia da Construção. Será resguardado o sigilo sobre a identificação e localização das edificações avaliadas.

Identificação

Endereço	_____
Nome	_____
Cargo / função	Proprietário
Data de construção	Construção feita há pelo menos 75 anos.
Disponibilidade de projeto estrutural	Não disponível

Autorização para inspeção

Autorizo reproduzir as informações obtidas na Dissertação de Mestrado intitulada "Marquises de Concreto Armado da Cidade de Viçosa-MG: Manifestações Patológicas, Inspeção e Avaliação de Grau de Deterioração", do programa de Pós Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Viçosa, com finalidades acadêmicas?


SIM NÃO

Autorização para acesso: Escada em via pública Via Aptos Inacessível Não autorizado

Viçosa, 06 de outubro de 2010

Assinatura do entrevistado

APÊNDICE D: EXEMPLO DE ROTEIRO DE INSPEÇÃO.

 UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas Mestrado em Engenharia Civil Área de concentração - Engenharia da Construção	Título:	Página	1/3	
	Inspeção técnica de marquises	Código	PEJ 79	
		Inspeção	Responsável	Data
	Finalidade: Cadastro Inicial		Márcio	9/10/10
			Márcio	16/10/10
		Márcio	23/10/10	
Referência:	Área Central - Viçosa MG	Preparado	Márcio	
		Verificado	Márcio	

Planilha - Inspeção - Parte I

Dados Cadastrais

Endereço	
Uso da Edificação	
Proprietário/Morador	
Contato	
Referência	

Condições de Inspeção

Data: 16/10/2010 Horário: 14:30 h

Condição Climática: Ensolarado Nublado Chuvoso

Acesso Escada Via Aptos Inacessível Outros:

Dados Disponíveis

Projetos executivos	Estrutural	Impermeabilização	Drenagem
Não existe ou não está disponível	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Disponível, mas com poucas informações técnicas relevantes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Disponível e com detalhes relevantes da marquise	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Características da Marquise

Arranjo estrutural Laje diretamente engastada Laje apoiada em vigas engastadas
 Outros: [Laje apoiada em vigas engastadas invertidas](#)

Dimensões (m): Comprimento: [18,45m](#) Largura: [1,83m](#)
 Espessura na base: [8 cm](#) Espessura na borda livre: [8cm](#)
 Altura em relação à via pública: [3,45m](#)

Sobrecarga devido a equipamentos Não Sim [Letreiro Comercial](#)

Revestimentos / acabamentos Camada de emboço parte superior e inferior
 Concreto aparente
 Concreto aparente com forro em parte inferior
 Camada espessa de impermeabilização

Roteiro de inspeção – Continuação.

Acesso de pessoas	<input type="checkbox"/>	Acesso por várias pessoas por período considerável de tempo
	<input type="checkbox"/>	Possibilidade de acesso de pessoas periodicamente
	<input checked="" type="checkbox"/>	Sem acesso para utilização por pessoas, acesso apenas para manutenção
Outros elementos	<input checked="" type="checkbox"/>	Painel Publicitário
	<input type="checkbox"/>	Pingadeira na borda da laje
	<input checked="" type="checkbox"/>	Tubulação de drenagem
	<input type="checkbox"/>	Furos na laje
	<input checked="" type="checkbox"/>	Parede, mureta, pingadeira de alvenaria na borda da marquise
	<input type="checkbox"/>	Sinais de enchimento na laje

Histórico de manutenção e intervenções

Sinais de manutenção realizada	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não
Evidência de reforço estrutural	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não
Evidências de reparos localizados na laje	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não
Comentários:	<i>Camadas de revestimento deterioradas. Sinais de impermeabilização de base asfáltica sem proteção mecânica, envelhecida e ressecada.</i>	

Manifestações Patológicas

Revestimentos:

Deterioração de revestimento inferior: Sim Não
Destacamentos no emboço inferior, sinais de deterioração visíveis, presença de fissuras.

Deterioração de revestimento superior: Sim Não
Camada de revestimento com fissuração, sob a ação de limo, umidade, fezes de pássaros. Camada sem aderência ao concreto. Sinais de antiga camada de impermeabilização deteriorada sobre este revestimento

Armaduras:

Armadura Positiva: *Bitola aproximada de Ø 6.5 mm*
 Armadura Negativa: *Não existe*

Deficiência no cobrimento Sim Não
 Exposição de armaduras Sim Não
 Corrosão com perda de seção Sim Não

Concreto:

Desagregação Sim Não
 Desplacamento Sim Não
 Carbonatação Sim Não
 Defeitos de concretagem Sim Não

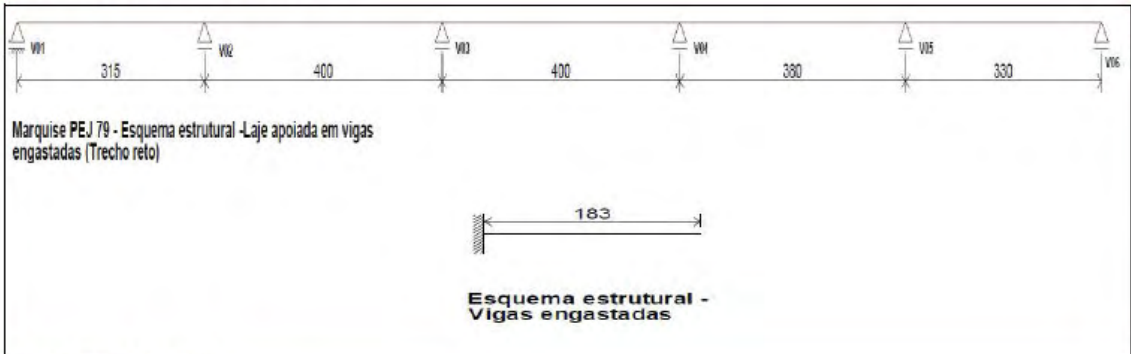
Resistência média estimada por ensaio não destrutivo: _____

Obs.: *Laje de concreto carbonatada em toda sua espessura, inclusive na região das armaduras.*

Roteiro de inspeção – Continuação.

Fissuração e deformação estrutural			
Fissuras na direção longitudinal:			
Parte inferior	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não	
Parte Superior	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não	
Fissuras na direção transversal			
Parte inferior	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não	
Parte Superior	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não	
Fissuras longitudinais junto ao engaste	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não	
Deformação estrutural visível na direção longitudinal	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não	
Deformação estrutural visível na direção transversal	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não	
Esmagamento no concreto na parte inferior	<input type="checkbox"/> Sim	<input checked="" type="checkbox"/> Não	
Impermeabilização			
Sistema de impermeabilização na parte superior	<input checked="" type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não	
Descrição:	<i>Sinais de impermeabilização de base asfáltica, executada mediante aplicação tipo "pintura" sobre revestimento sem proteção mecânica. Impermeabilização deteriorada, presente em locais isolados.</i>		
Drenagem			
Acúmulo de água	<input checked="" type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não	
Umidade / limo	<input checked="" type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não	
Obs.:	<i>Acúmulo de água não encontrado durante a inspeção, mas com possibilidade de ocorrência devido a total obstrução do sistema de drenagem. Tubos desobstruídos na inspeção.</i>		

Esquema estrutural da marquise



Registro Fotográfico



APÊNDICE E: PLANILHAS DE CÁLCULO DO GRAU DE DETERIORAÇÃO GLOBAL G_d (GDE/UnB).

Cálculo do Grau de Deterioração do Elemento, G_{de} - Marquises				
Código de Identificação da Marquise:	<u>SR 481</u>	Elemento:	<u>Lajes</u>	
Esquema estrutural da Marquise:	Laje diretamente engastada			
Data da Vistoria:	20/11/10			
Danos	Fator de Ponderação (F_p)	Fator de Intensidade (F_i)	Grau do Dano (D)	Esquema Estrutural/Observações
Carbonatação	3	3	24	Laje diretamente engastada com continuidade. Fissuras logitudinais (ao longo das armaduras principais)
Cobrimento deficiente	3	4	60	
Contaminação por cloretos	4	0	0	
Corrosão das armaduras	5	3	40	
Desagregação	3	0	0	
Desplacamento	3	3	24	
Eflorescência	2	0	0	
Falhas de concretagem	3	0	0	
Fissuras	3	2	4,8	
Flechas / Sobrecarga excessiva	5	0	0	
Manchas	3	2	4,8	
Umidade	3	0	0	
Desvio de geometria	3	0	0	
Grau de Deterioração do Elemento - G_{de} =			97	
Grau de Deterioração:	<i>Sofrível</i>			
Ações a serem adotadas:	<i>Definir prazo/natureza para inspeção especializada detalhada. Planejar intervenção em curto prazo (máx de 6 meses).</i>			

Registro Fotográfico



Cálculo do Grau de Deterioração do Elemento, G_{de} - Marquises				
Código de Identificação da Marquise:		BA 88	Elemento: Lajes	
Esquema estrutural da Marquise:		Laje apoiada em vigas engastadas		
Data da Vistoria:		15/11/10		
Danos	Fator de Ponderação (F_p)	Fator de Intensidade (F_i)	Grau do Dano (D)	Esquema Estrutural/Observações
Carbonatação	3	1	2,4	Laje apoiada em vigas engastadas, sem continuidade. Armaduras negativas não detectadas. Fissuras longitudinais
Cobrimento deficiente	3	2	4,8	
Contaminação por cloretos	4	0	0	
Corrosão das armaduras	5	2	8	
Desagregação	3	0	0	
Desplacamento	3	0	0	
Eflorescência	2	0	0	
Falhas de concretagem	3	0	0	
Fissuras	3	3	24	
Flechas / Sobrecarga excessiva	5	2	8	
Manchas	3	0	0	
Umidade	3	3	24	
Desvio de geometria	3	0	0	
Grau de Deterioração do Elemento - G_{de} =			40	
Grau de Deterioração:		<i>Médio</i>		
Ações a serem adotadas:		<i>Definir prazo/natureza para nova inspeção. Planejar intervenção em médio prazo (máx de 2 anos).</i>		

Registro Fotográfico



Cálculo do Grau de Deterioração do Elemento, G_{de} - Marquises				
Código de Identificação da Marquise:		BA 88	Elemento: Vigas	
Esquema estrutural da Marquise:		Laje apoiada em vigas engastadas		
Data da Vistoria:		15/11/10		
Danos	Fator de Ponderação (F_p)	Fator de Intensidade (F_i)	Grau do Dano (D)	Esquema Estrutural/Observações
Carbonatação	3	2	4,8	Laje apoiada em vigas engastadas, sem continuidade. Armaduras negativas não detectadas.
Cobrimento deficiente	3	3	24	
Contaminação por cloretos	4	0	0	
Corrosão das armaduras	5	2	8	
Desagregação	3	0	0	
Desplacamento	3	0	0	
Eflorescência	2	0	0	
Falhas de concretagem	3	0	0	
Fissuras	5	0	0	
Flechas / Sobrecarga excessiva	5	2	8	
Manchas	3	0	0	
Umidade	3	2	4,8	
Desvio de geometria	3	0	0	
Grau de Deterioração do Elemento - G_{de} =			36	
Grau de Deterioração:		Médio		
Ações a serem adotadas:		Definir prazo/natureza para nova inspeção. Planejar intervenção em médio prazo (máx de 2 anos).		

Registro Fotográfico



Cálculo do Grau de Deterioração do Elemento, G_{de} - Marquises				
Código de Identificação da Marquise:		JCR 158	Elemento: Lajes	
Esquema estrutural da Marquise:		Laje diretamente engastada		
Data da Vistoria:		30/10/10		
Danos	Fator de Ponderação (F_p)	Fator de Intensidade (F_i)	Grau do Dano (D)	Esquema Estrutural/Observações
Carbonatação	3	2	4,8	Armadura negativa não detectada no processo de inspeção
Cobrimento deficiente	3	2	4,8	
Contaminação por cloretos	4	0	0	
Corrosão das armaduras	5	0	0	
Desagregação	3	0	0	
Desplacamento	3	1	2,4	
Eflorescência	2	0	0	
Falhas de concretagem	3	0	0	
Fissuras	3 a 5	0	0	
Flechas / Sobrecarga excessiva	5	0	0	
Manchas	3	3	24	
Umidade	3	2	4,8	
Desvio de geometria	3	0	0	
Grau de Deterioração do Elemento - G_{de} =			34	
Grau de Deterioração:		Médio		
Ações a serem adotadas:		Definir prazo/natureza para nova inspeção. Planejar intervenção em médio prazo (máx de 2 anos).		

Registro Fotográfico



Cálculo do Grau de Deterioração do Elemento, G_{de} - Marquises				
Código de Identificação da Marquise:		MB 135	Elemento: Lajes	
Esquema estrutural da Marquise:		Laje diretamente engastada		
Data da Vistoria:		14/11/10		
Danos	Fator de Ponderação (F_p)	Fator de Intensidade (F_i)	Grau do Dano (D)	Esquema Estrutural/Observações
Carbonatação	3	3	24	<i>Laje diretamente engastada com continuidade.</i>
Cobrimento deficiente	3	4	60	
Contaminação por cloretos	4	0	0	
Corrosão das armaduras	5	3	40	
Desagregação	3	0	0	
Desplacamento	3	1	2,4	
Eflorescência	2	0	0	
Falhas de concretagem	3	0	0	
Fissuras	3 a 5	0	0	
Flechas / Sobrecarga excessiva	5	0	0	
Manchas	3	3	24	
Umidade	3	4	60	
Desvio de geometria	3	0	0	
Grau de Deterioração do Elemento - G_{de} =			103	
Grau de Deterioração:		<i>Crítico</i>		
Ações a serem adotadas:		<i>Inspeção especial emergencial. Planejar intervenção imediata.</i>		

Registro Fotográfico



Cálculo do Grau de Deterioração do Elemento, G_{de} - Marquises					
Código de Identificação da Marquise:		<u>MB 355</u>	Elemento: <u>Lajes</u>		
Esquema estrutural da Marquise:		Laje diretamente engastada.			
Data da Vistoria:		02/11/10			
Danos	Fator de Ponderação (F_p)	Fator de Intensidade (F_i)	Grau do Dano (D)	Esquema Estrutural/Observações	
Carbonatação	3	0	0	Laje engastada com continuidade.	
Cobrimento deficiente	3	0	0		
Contaminação por cloretos	4	0	0		
Corrosão das armaduras	5	0	0		
Desagregação	3	0	0		
Desplacamento	3	0	0		
Eflorescência	2	0	0		
Falhas de concretagem	3	0	0		
Fissuras	3	1	2,4		Fissuras longitudinais
Flechas / Sobrecarga excessiva	5	3	40		Sobrecarga excessiva
Manchas	3	0	0		
Umidade	3	3	24		
Desvio de geometria	3	0	0		
Grau de Deterioração do Elemento - G_{de} =			56		
Grau de Deterioração:		Alto			
Ações a serem adotadas:		Definir prazo/natureza para inspeção especializada detalhada. Planejar intervenção em curto prazo (máx de 1 ano).			

Registro Fotográfico



Cálculo do Grau de Deterioração do Elemento, G_{de} - Marquises				
Código de Identificação da Marquise:	PEJ 79	Elemento:	Lajes	
Esquema estrutural da Marquise:	Laje apoiada em Vigas Engastadas			
Data da Vistoria:	09, 16 e 23/10/10			
Danos	Fator de Ponderação (F_p)	Fator de Intensidade (F_i)	Grau do Dano (D)	Esquema Estrutural/Observações
Carbonatação	3	4	60	Edificação antiga com concreto poroso e com presença de carbonatação. Armaduras em processo de corrosão. Sem sinais de manutenção.
Cobrimento deficiente	3	4	60	
Contaminação por cloretos	4	0	0	
Corrosão das armaduras	5	3	40	
Desagregação	3	0	0	
Desplacamento	3	1	2,4	
Eflorescência	2	0	0	
Falhas de concretagem	3	0	0	
Fissuras	3 a 5	0	0	
Flechas / Sobrecarga excessiva	5	3	40	
Manchas	3	3	24	
Umidade	3	4	60	
Desvio de geometria	3	1	2,4	
Grau de Deterioração do Elemento - G_{de} =			108	
Grau de Deterioração:	Crítico			
Ações a serem adotadas:	Inspeção especial emergencial. Planejar intervenção imediata.			

Registro Fotográfico



Cálculo do Grau de Deterioração do Elemento, G_{de} - Marquises					
Código de Identificação da Marquise:		PEJ 79	Elemento: Vigas		
Esquema estrutural da Marquise:		Laje apoiada em Vigas Engastadas			
Data da Vistoria:		09, 16 e 23/10/10			
Danos	Fator de Ponderação (F_p)	Fator de Intensidade (F_i)	Grau do Dano (D)	Esquema Estrutural/Observações	
Carbonatação	3	4	60	Edificação antiga com concreto poroso e com presença de carbonatação. Armaduras em processo de corrosão. Sem sinais de manutenção.	
Cobrimento deficiente	3	4	60		
Contaminação por cloretos	4	0	0		
Corrosão das armaduras	5	3	40		
Desagregação	3	0	0		
Desplacamento	3	4	60		
Eflorescência	2	0	0		
Falhas de concretagem	3	3	24		
Fissuras	5	1	4		Fissura em viga de sustentação
Flechas / Sobrecarga excessiva	5	3	40		Acúmulo de detritos, entupimento do sistema de drenagem
Manchas	3	4	60		
Umidade	3	4	60		
Desvio de geometria	3	1	2,4		
Grau de Deterioração do Elemento - G_{de} =			111		
Grau de Deterioração:		Crítico			
Ações a serem adotadas:		Inspeção especial emergencial. Planejar intervenção imediata.			

Registro Fotográfico



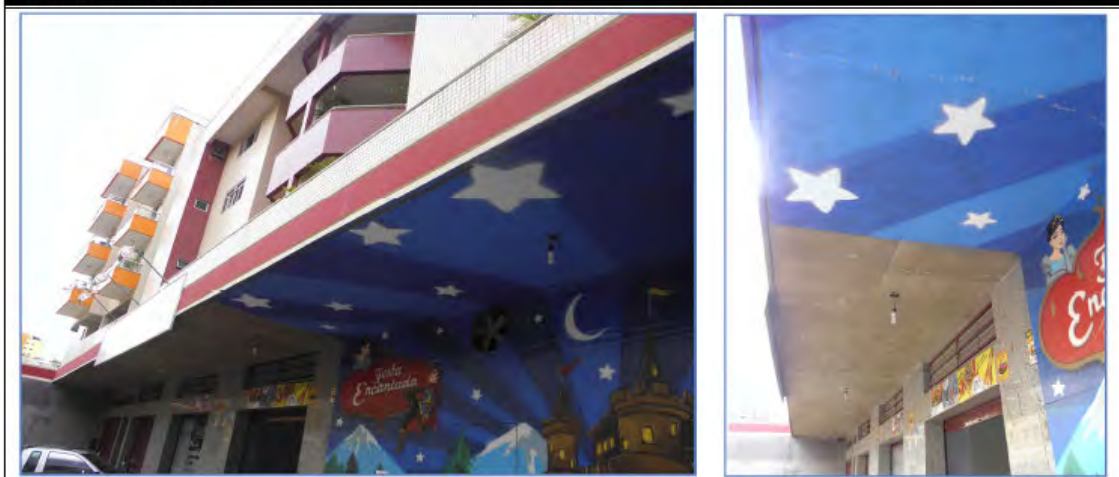
Cálculo do Grau de Deterioração do Elemento, G_{de} - Marquises				
Código de Identificação da Marquise:		<u>PH 348</u>	Elemento: <u>Lajes</u>	
Esquema estrutural da Marquise:		Laje diretamente engastada		
Data da Vistoria:		31/10/10		
Danos	Fator de Ponderação (F_p)	Fator de Intensidade (F_i)	Grau do Dano (D)	Esquema Estrutural/Observações
Carbonatação	3	3	24	Laje diretamente engastada em viga, laje sem continuidade.
Cobrimento deficiente	3	2	4,8	
Contaminação por cloretos	4	0	0	
Corrosão das armaduras	5	3	40	
Desagregação	3	0	0	
Desplacamento	3	3	24	
Eflorescência	2	0	0	
Falhas de concretagem	3	0	0	
Fissuras	3 a 5	0	0	
Flechas / Sobrecarga excessiva	5	0	0	
Manchas	3	3	24	
Umidade	3	2	4,8	
Desvio de geometria	3	0	0	
Grau de Deterioração do Elemento - G_{de} =			67	
Grau de Deterioração:		Alto		
Ações a serem adotadas:		Definir prazo/natureza para inspeção especializada detalhada. Planejar intervenção em curto prazo (máx de 1 ano).		

Registro Fotográfico



Cálculo do Grau de Deterioração do Elemento, G_{de} - Marquises				
Código de Identificação da Marquise:		SP 56	Elemento: Lajes	
Esquema estrutural da Marquise:		Laje Apoiada em vigas engastadas		
Data da Vistoria:		25/11/10; 26/11/10 e 11/12/10		
Danos	Fator de Ponderação (F_p)	Fator de Intensidade (F_i)	Grau do Dano (D)	Esquema Estrutural/Observações
Carbonatação	3	1	2,4	Lajes apoiadas em vigas engastadas. Vigas com continuidade. Fissuras longitudinais Camada de revestimento de grande espessura.
Cobrimento deficiente	3	0	0	
Contaminação por cloretos	4	0	0	
Corrosão das armaduras	5	0	0	
Desagregação	3	0	0	
Desplacamento	3	0	0	
Eflorescência	2	3	16	
Falhas de concretagem	3	0	0	
Fissuras	3	3	24	
Flechas / Sobrecarga excessiva	5	3	40	
Manchas	3	1	2,4	
Umidade	3	4	60	
Desvio de geometria	3	0	0	
Grau de Deterioração do Elemento - G_{de} =			95	
Grau de Deterioração:		Sofrível		
Ações a serem adotadas:		Definir prazo/natureza para inspeção especializada detalhada. Planejar intervenção em curto prazo (máx de 6 meses).		

Registro Fotográfico



Cálculo do Grau de Deterioração do Elemento, G_{de} - Marquises				
Código de Identificação da Marquise:		SP 56	Elemento: Vigas	
Esquema estrutural da Marquise:		Laje Apoiada em vigas engastadas		
Data da Vistoria:		25/11/10; 26/11/10 e 11/12/10		
Danos	Fator de Ponderação (F_p)	Fator de Intensidade (F_i)	Grau do Dano (D)	Esquema Estrutural/Observações
Carbonatação	3	2	4,8	Lajes apoiadas em vigas engastadas. Vigas com continuidade.
Cobrimento deficiente	3	0	0	
Contaminação por cloretos	4	0	0	
Corrosão das armaduras	5	0	0	
Desagregação	3	0	0	
Desplacamento	3	0	0	
Eflorescência	2	0	0	
Falhas de concretagem	3	0	0	
Fissuras	5	0	0	
Flechas / Sobrecarga excessiva	5	3	40	
Manchas	3	2	4,8	
Umidade	3	2	4,8	
Desvio de geometria	3	0	0	
Grau de Deterioração do Elemento - G_{de} =			51	
Grau de Deterioração:		Médio		
Ações a serem adotadas:		Definir prazo/natureza para nova inspeção. Planejar intervenção em médio prazo (máx de 2 anos).		

Registro Fotográfico



Grau de Deterioração Global da Estrutura (G_d)				
<i>Marquise:</i>	SR 481			
Família de elementos	G_{df}	F_r	$F_r \times G_{df}$	Grau de deterioração Global da estrutura G_d:
Vigas engastadas	0	0	0	
Lajes	97	5	486	
Total	97	5	486	
Nível de deterioração:	Sofrível			
Ações a serem adotadas:	Definir prazo/natureza para inspeção especializada detalhada. Planejar intervenção em curto prazo (máx de 6 meses).			

Grau de Deterioração Global da Estrutura (G_d)				
<i>Marquise:</i>	PH 348			
Família de elementos	G_{df}	F_r	$F_r \times G_{df}$	Grau de deterioração Global da estrutura G_d:
Vigas engastadas	0	0	0	
Lajes	67	5	334	
Total	67	5	334	
Nível de deterioração:	Alto			
Ações a serem adotadas:	Definir prazo/natureza para inspeção especializada detalhada. Planejar intervenção em curto prazo (máx de 1 ano).			

Grau de Deterioração Global da Estrutura (G_d)				
<i>Marquise:</i>	JCR 158			
Família de elementos	G_{df}	F_r	$F_r \times G_{df}$	Grau de deterioração Global da estrutura G_d:
Vigas engastadas	0	0	0	
Lajes	34	5	169	
Total	34	5	169	
Nível de deterioração:	Médio			
Ações a serem adotadas:	Definir prazo/natureza para nova inspeção. Planejar intervenção em médio prazo (máx de 2 anos).			

Grau de Deterioração Global da Estrutura (G_d)				
<i>Marquise:</i>	BA 88			
Família de elementos	G_{df}	F_r	$F_r \times G_{df}$	Grau de deterioração Global da estrutura G_d:
Vigas engastadas	36	5	182	38
Lajes	40	4	160	
Total	76	9	342	
Nível de deterioração:	Médio			
Ações a serem adotadas:	Definir prazo/natureza para nova inspeção. Planejar intervenção em médio prazo (máx de 2 anos).			

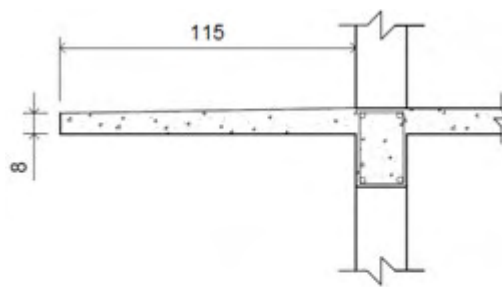
Grau de Deterioração Global da Estrutura (G_d)				
<i>Marquise:</i>	PEJ 79			
Família de elementos	G_{df}	F_r	$F_r \times G_{df}$	Grau de deterioração Global da estrutura G_d:
Vigas engastadas	111	5	556	110
Lajes	108	4	430	
Total	219	9	986	
Nível de deterioração:	Crítico			
Ações a serem adotadas:	Inspeção especial emergencial. Planejar intervenção imediata.			

Grau de Deterioração Global da Estrutura (G_d)				
<i>Marquise:</i>	MB 135			
Família de elementos	G_{df}	F_r	$F_r \times G_{df}$	Grau de deterioração Global da estrutura G_d:
Vigas engastadas	0	0	0	103
Lajes	103	5	514	
Total	103	5	514	
Nível de deterioração:	Crítico			
Ações a serem adotadas:	Inspeção especial emergencial. Planejar intervenção imediata.			

Grau de Deterioração Global da Estrutura (G_d)				
<i>Marquise:</i>	SP 56			
Família de elementos	G_{df}	F_r	$F_r \times G_{df}$	Grau de deterioração Global da estrutura G_d: 70
Vigas engastadas	51	5	253	
Lajes	95	4	381	
Total	146	9	633	
Nível de deterioração:	Alto			
Ações a serem adotadas:	Definir prazo/natureza para inspeção especializada detalhada. Planejar intervenção em curto prazo (máx de 1 ano).			

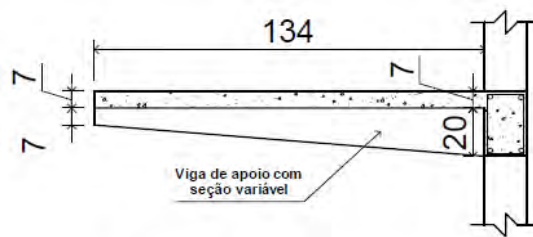
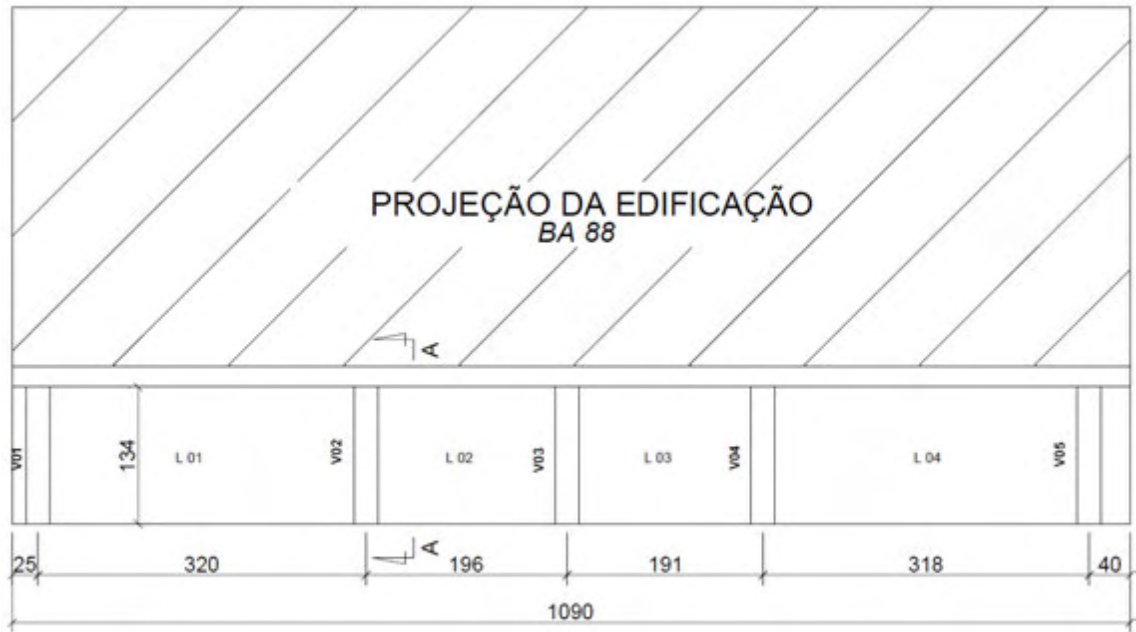
Grau de Deterioração Global da Estrutura (G_d)				
<i>Marquise:</i>	MB 355			
Família de elementos	G_{df}	F_r	$F_r \times G_{df}$	Grau de deterioração Global da estrutura G_d: 56
Vigas engastadas	0	0	0	
Lajes	56	5	280	
Total	56	5	280	
Nível de deterioração:	Alto			
Ações a serem adotadas:	Definir prazo/natureza para inspeção especializada detalhada. Planejar intervenção em curto prazo (máx de 1 ano).			

APÊNDICE F – CROQUIS – MARQUISES INSPECIONADAS



Detalhe Marquise - Seção A-A

F. 1 – Croqui marquise SR 481.

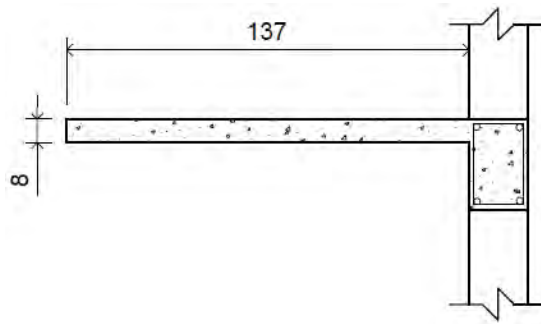


**Detalhe Marquise -
Seção A-A**

F. 2 – Croqui marquise BA 88

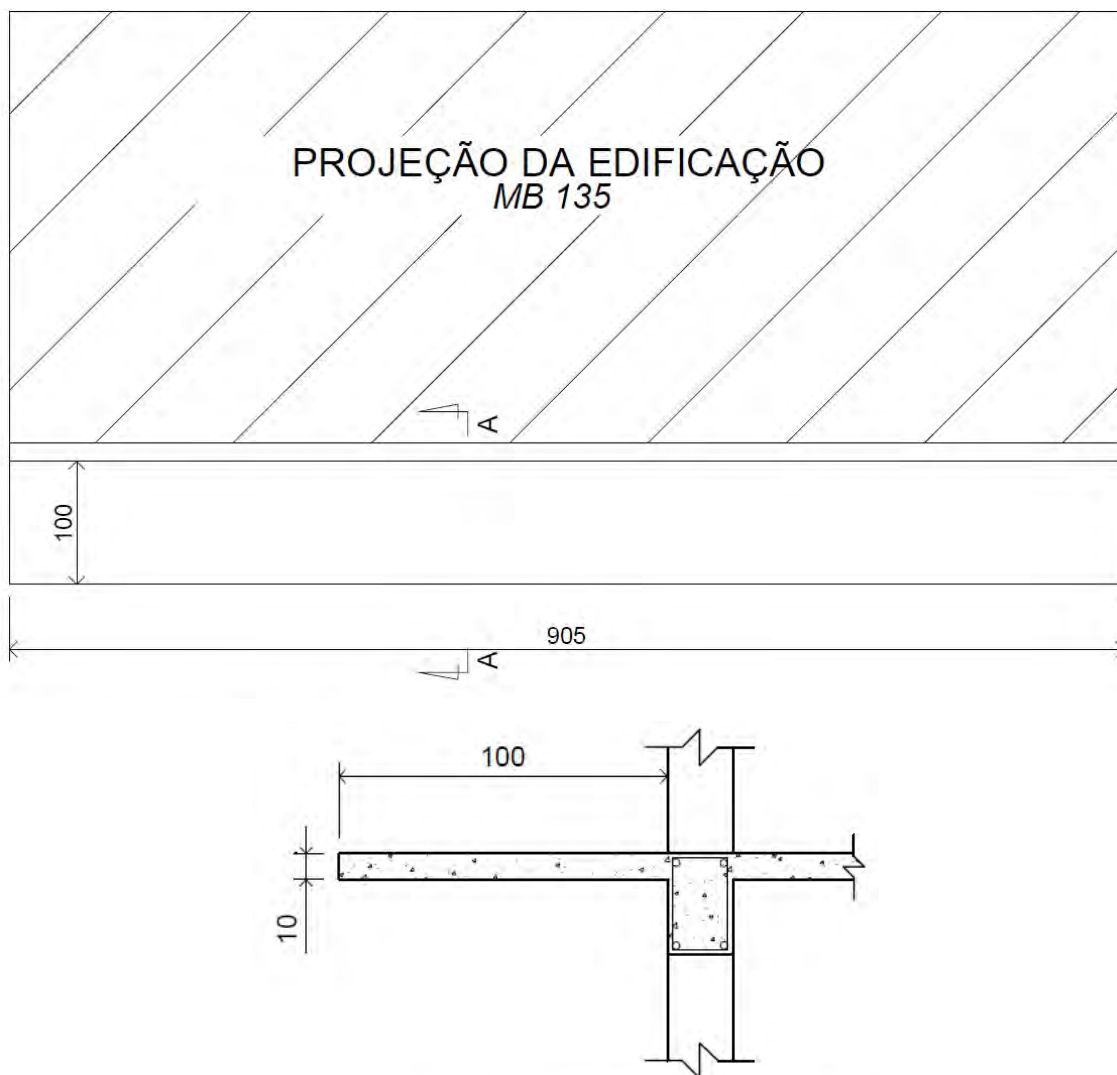


MARQUISE JCR 158 - PLANTA



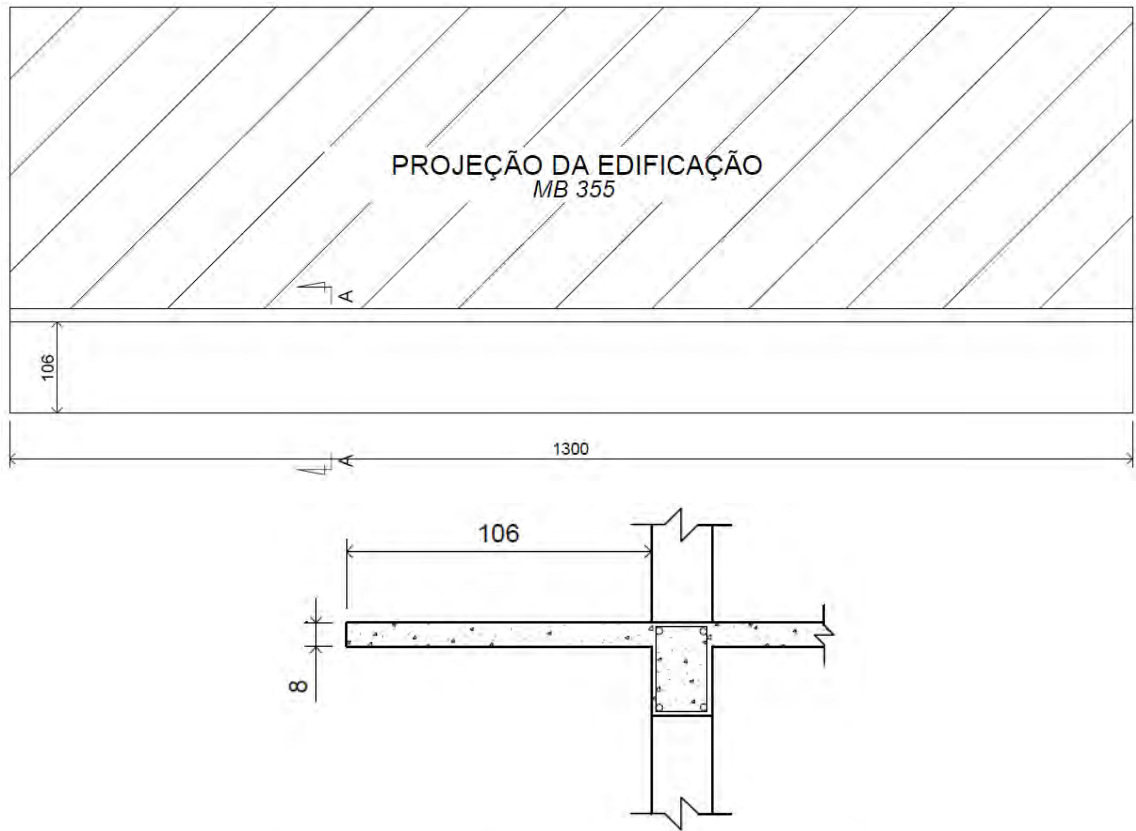
Detalhe Marquise - Seção A-A

F. 3 – Croqui marquise JCR 158



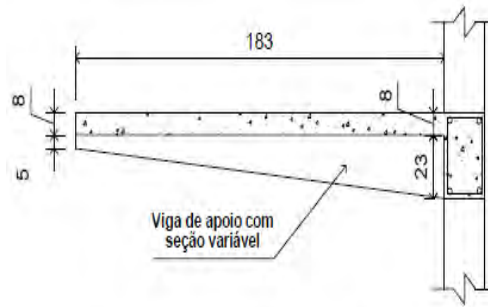
Detalhe Marquise - Seção A-A

F. 4 – Croqui marquise MB 135



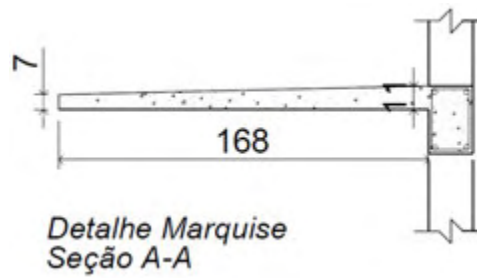
Detalhe Marquise - Seção A-A

F. 5 – Croqui marquise MB 355

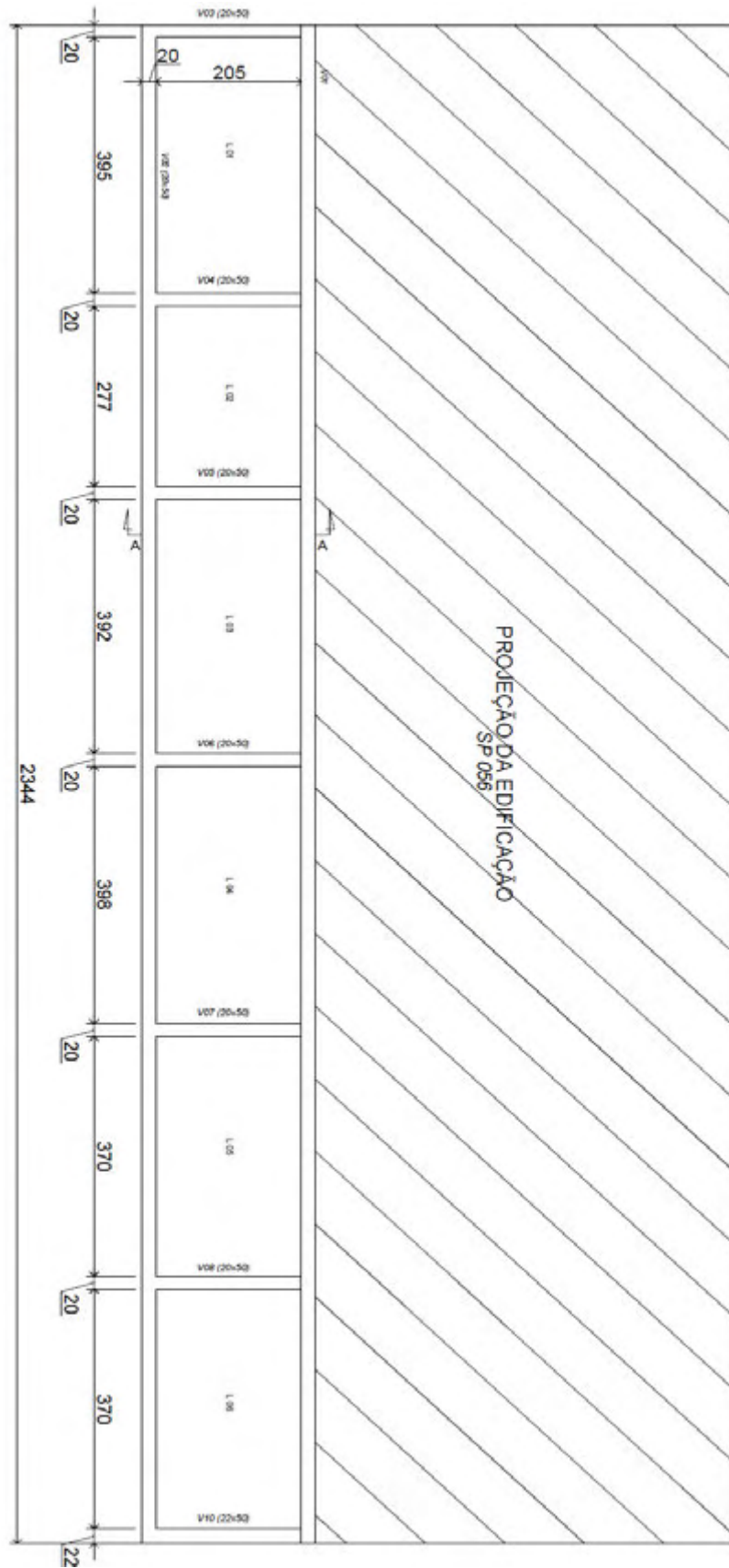


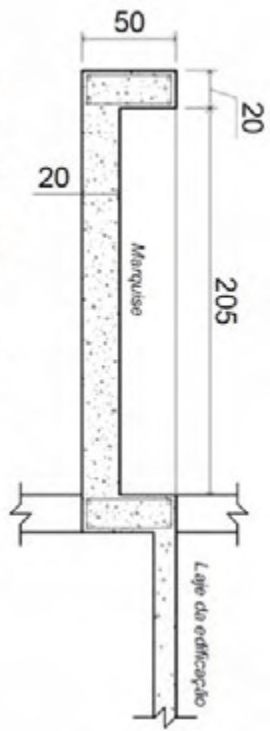
Detalhe Marquise - Seção A-A

F. 6 – Croqui marquise PEJ 79.



F. 7 – Croqui marquise PH 348





**Detalhe Marquise -
Seção A-A**

APÊNDICE G – RELATÓRIO COMPLETO DE INSPEÇÃO: MARQUISE PEJ 79

1 Relatório de Inspeção de Marquise

1.1. Introdução

O presente relatório trata da inspeção de marquise situada na cidade de Viçosa-MG, código de identificação PEJ 79. Os dados foram obtidos a partir de inspeções feitas nos dias 09, 16 e 23 de outubro de 2010. Em todos os casos as inspeções se deram na parte da tarde com tempo ensolarado.

1.2. Dados gerais da edificação

A edificação da qual faz parte o elemento em análise situa-se em zona central da cidade de Viçosa – MG, sendo composta por dois pavimentos, ambos de pé-direito maior que 3 metros. Trata-se de uma construção antiga, com idade estimada em cerca de 75 anos. Está sujeita a atmosfera urbana de classe de agressividade II, de acordo com a Tabela 6.1 da NBR 6118:2003.

A marquise projeta-se sobre o passeio, tendo uma maior parte em projeção reta sobre e um trecho menor em curva. Neste segundo trecho contém ainda dois postes de distribuição de energia contidos no elemento conforme ilustrado na figura 1.



Figura 1: Vista geral da marquise PEJ 79, 2010.



Figura 2: Trecho de marquise PEJ 79 em curva com poste de distribuição contidos em sua estrutura, 2010.

Em análise rápida pode-se perceber que se trata de uma marquise que não passa por manutenção periódica, dada a condição do sistema de drenagem e da presença de quantidade considerável de material sólido diverso, composto por aglomeração de poeira, fezes de pombos, limo e crescimento de vegetação, dentre outros. Possui ainda algumas manifestações patológicas, conforme discutido adiante.

2 *Materiais e métodos*

2.1. *Levantamento geométrico*

A marquise em estudo projeta-se para fora da edificação apoiada em vigas engastadas no restante da edificação, com balanço de 1,83 metros. Foi construída tendo em sua extensão um trecho reto de 18,45 metros de comprimento, e parte de sua estrutura em curva com dimensões irregulares conforme esquema da figura 3.



Figura 3: Marquise PEJ 79 – Planta Baixa.

A laje de concreto possui dimensão aproximada de 8 centímetros, descontando-se as camadas de revestimento inferior e superior. As vigas de apoio possuem espaçamento e altura variáveis, com largura de 18 centímetros. A marquise possui ainda contorno de alvenaria de altura de 15 cm e largura de

20 cm, em toda sua extensão, onde existem tubos de drenagem. Não foram identificadas deformações estruturais visíveis.

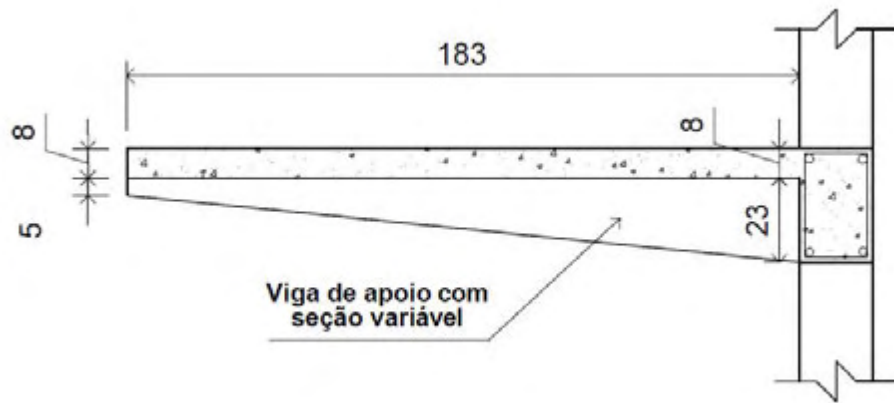


Figura 4: Marquise PEJ 79 – Detalhe em corte, descontando-se os revestimentos.



Figura 5: Vista parcial marquise PEJ 79 – Detalhe: contorno em alvenaria.

Uma vez que esta marquise se projeta sobre toda a calçada, existe a possibilidade de esbarrões de caminhões com carroceria alta. Durante a inspeção, foi possível detectar marcas destes choques conforme mostrado na figura 06.



Figura 6: Danos à borda da marquise devido a choques de veículos altos.

2.2. Revestimentos e impermeabilização

O revestimento da marquise foi executado há algum tempo, não tendo muitas evidências de manutenção no mesmo. Apenas em uma parte da marquise um pequeno reparo foi realizado, incluindo uma pintura na parte inferior. Entretanto, todo o revestimento não foi removido, sendo feitos pequenos reparos localizados.

Onde não foram feitos estes pequenos reparos, o revestimento inferior apresenta deslocamentos, provavelmente por ação de umidade. Uma análise visual do revestimento deteriorado permite concluir que se trata de uma

argamassa que teve alguma adição de argila, algo comum para a época de construção do edifício.



Figura 7: camada de revestimento inferior – deterioração de pintura e revestimento

O revestimento superior possui trincas e em boa parte apresenta sinais de estar solto do concreto. São possíveis de identificar ainda sinais de agressão devido à ação da umidade, devido à capacidade de retenção de água do material sobre a marquise e entupimento do sistema de drenagem.

Um pequeno trecho do revestimento superior foi removido para inspeções no concreto. Foi possível verificar a espessura da camada de revestimento e verificar que o mesmo se encontra em grande parte sem aderência com o concreto.



Figura 8: Remoção de camada de revestimento superior para inspeção no concreto



Figura 9: Medição de camada de revestimento superior

Existe na marquise sinais de impermeabilização antiga, já deteriorada, provavelmente executada em produto de base asfáltica por processo semelhante a uma pintura. Este procedimento foi executado sobre o revestimento e não recebeu proteção mecânica. Pode ter sido aplicado apenas em pequenos trechos pois não foi possível observar sinais desta impermeabilização em parte considerável do elemento.



Figura 10: Marquise PEJ 79 – detalhe trecho de impermeabilização encontrado.

2.3. Determinação de profundidade de carbonatação

No trecho onde foi removida a camada de revestimento foi realizada uma abertura no concreto, visando identificar a profundidade de carbonatação no mesmo. Para minimizar os efeitos da intervenção, esta foi realizada com auxílio de furadeira.

Durante a inspeção, foram realizadas intervenções e aplicou-se no concreto exposto solução de fenolftaleína para determinação de profundidade de carbonatação. Entretanto, como não foi detectado mudança de cor da solução, o que indica concreto sob carbonatação. Procedeu-se com outras intervenções mais profundas, até a total espessura da laje para verificação. Aplicando-se a solução, pode-se verificar que o concreto estava carbonatado em toda a profundidade da laje.



Figura 11: Verificação de carbonatação no concreto por aspersão de solução de fenolftaleína.

2.4. Armaduras

Além da verificação da profundidade de carbonatação no concreto, foram realizadas pequenas intervenções para verificação do estado das armaduras. Conforme citado anteriormente, uma vez que o concreto se encontrava totalmente carbonatado, as armaduras se encontram em região despassivada e, portanto, em meio ácido e sujeitas a corrosão.

Na intervenção feita não foi detectada armadura negativa na laje, sendo estas armadas positivamente e apoiadas em vigas engastadas. As armaduras das vigas foram também descobertas, e da mesma forma que as armaduras positivas da laje, estão em meio ao concreto carbonatado. No caso das armaduras das lajes, verificou-se a utilização de barras lisas, provavelmente CA-25, medindo aproximadamente 6,5 mm de diâmetro. De forma parecida, a armadura negativa das vigas é composta por duas barras lisas, com mesmo diâmetro.



Figura 12: Medição de diâmetro de armadura.



Figura 13: armadura em processo de corrosão com perda de seção – detalhe: fragmento de armadura.

2.5. Sistema de drenagem

O sistema de drenagem da marquise em estudo é composto por tubos de PVC, diâmetro de 40mm, dispostos com espaçamento irregular ao longo da marquise, saindo da pingadeira de alvenaria.

Em todos os tubos, o acúmulo de detritos causou o entupimento parcial ou total dos mesmos. Isto faz com que a água de chuva fique mais tempo sobre a estrutura, aumentando a carga atuante, seja por lâmina de água, ou mesmo pela saturação total dos detritos.



Figura 14: sistema de drenagem em tubos de PVC obstruído por lime e detritos.

Durante a inspeção, os tubos de drenagem foram desobstruídos. Entretanto, a grande quantidade de detritos ainda sobre a marquise deve ser removida para evitar novo entupimento.

2.6. Sobrecarga devido ao peso de material acumulado.

Conforme mencionado anteriormente, a marquise vistoriada possuía quantidade considerável de material diverso que obstruía seu sistema de drenagem e trazia peso adicional sobre a estrutura. No local existem vários pombos, e estes depositam constantemente excrementos sobre esta marquise. Estes excrementos possuem sementes e juntamente com água, limo e outros detritos propiciam o crescimento de vegetação.



Figura 15: Crescimento de vegetação e acúmulo de detritos.

Para estimar a carga deste material sobre a marquise, foi separado um trecho de 1m², próximo à borda livre (situação mais desfavorável), sendo recolhido todo o material para pesagem. O resíduo encontrado sobre esta marquise possuía baixo teor de umidade, já que a inspeção foi feita em dia ensolarado, e havia alguns dias que não ocorria chuvas.



Figura 16: separação de trecho de 1 m² e recolhimento de material em seu estado natural.

De posse do material o mesmo foi pesado em seu estado natural, sendo registrado a massa de 6,92 Kg.



Figura 17: material recolhido em saco plástico e levado para pesagem sem perda de umidade.



Figura 18: pesagem de material recolhido.

Feita a pesagem de todo material recolhido, uma parte deste material foi separada para determinação de teor de umidade. Para tal determinação foram separados 500 gramas de material em estado natural (relativo à data da inspeção), procedendo-se posteriormente a secagem do mesmo em estufa por 24 horas.



Figura 19: amostra de material para determinação de teor de umidade.

Após a determinação do teor de umidade foi realizada uma saturação do material visando simular uma situação próxima a absorção natural de água em dia chuvoso sobre a marquise. O material foi deixado em uma situação de saturação elevada, sem entretanto, água livre, ou seja, toda a água adicionada foi absorvida pelo material, sem escorrer.

Tabela 1: Estudo de material recolhido em marquise: pesagem, teor de umidade, saturação

Descrição	Unid.	Quant.
Massa total de material recolhido em 1 m ²	g	6920
Massa em estado natural para secagem em estufa	g	500
Massa após a secagem	g	492
Teor de umidade	%	1,63%
Massa saturada	g	782
Acréscimo em massa em relação ao estado natural	g	282
Acréscimo em massa em relação ao estado natural	%	56,40%
Teor de umidade após a saturação	%	58,94%

Em análise aos dados da tabela 1 é possível concluir, portanto, que o material encontrado sobre a marquise possui considerável capacidade de absorção de água, tendo a amostra um aumento de peso de 56,4% devido à retenção de água. Levando-se em consideração que todo o material recolhido em 1m² pode absorver esta mesma proporção de água, conclui-se que o material recolhido de 6,92 kg de peso natural seco, poderia chegar a 10,82 kg em condição de saturação em dia chuvoso.

Vale lembrar ainda que a obstrução do sistema de drenagem pode fazer com que a água não apenas seja absorvida pelo material, mas também se acumule em seu estado livre sobre a marquise. Sendo assim, a carga por m² pode ser ainda maior do que o calculado anteriormente. Além do peso sobre o

elemento estrutural, esta umidade constante causa agressão ao concreto, que possui elevada porosidade e, portanto é bastante permeável.

3 Conclusões

Com base na inspeção realizada pode-se concluir que um dos fatores mais apontados na literatura como causa de acidentes com marquise é observado no elemento em estudo: falta de manutenção. Não existem sinais de manutenção periódica, sendo observado apenas um pequeno trecho onde a pintura foi refeita, sem, entretanto, intervenções significativas no revestimento.

Outra evidência da ausência de manutenção é a quantidade de material (sujeira) acumulado sobre a marquise. Com isto houve obstrução de todo sistema de drenagem, o que impõe ao elemento maior carga devido ao acúmulo de água e maior contato com umidade constante.

Como se trata de uma edificação antiga, todas as agressões do meio atuam há bastante tempo, e como não existe manutenção danos ocorreram ao concreto. Conforme citado anteriormente, o concreto possui alta porosidade e em toda a sua espessura sofreu processo de carbonatação. Não existe, portanto, proteção das armaduras que se encontram em ambiente ácido, sendo possível observar processo de corrosão com perda de seção nestas.

De acordo com a metodologia GDE/UnB, o grau de deterioração do elemento pode ser considerado crítico, devendo, portanto, proceder com inspeção especial emergência, devendo ainda ser planejada intervenção imediata.