Anais do Congresso Brasileiro de Patologia das Construções
CBPAT2016

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE SÍSMICA À ESCALA URBANA: O CENTRO HISTÓRICO SOBRALENSE

L. MOTA
Aluna de Graduação
LAER - Engenharia Civil
UVA
larissagmota@gmail.com

C. CAVALCANTE
Aluno de Graduação
LAER - Engenharia Civil
UVA
caio_andradecavalcante@hotmail.com

A. DIÓGENES
Professora, M.Sc.
LAER - Engenharia Civil
UVA
aldeciragd@yahoo.com.br

E. MESQUITA
PhD Student
CONSTRUCT- LESE
FEUP
e.mesquita@fe.up.pt

R. VICENTE
Professor Associado
RISCO
Universidade de Aveiro
romvic@ua.pt

H. VARUM
Professor Catedrático
CONSTRUCT- LESE
FEUP
hvarum@fe.up.pt

RESUMO

O centro histórico de Sobral, protegido em nível federal pelo Decreto-Lei nº 25 de 1937, possui aproximadamente 1.200 imóveis na área de proteção rigorosa, os quais representam diferentes épocas da história, essencialmente entre os séculos XVIII e XX, responsáveis pela formação política, econômica, social e cultural do povo sobralense. Todavia, principalmente a partir do ano de 2000, a frequência de ocorrência de eventos de natureza sísmica na região norte do Estado do Ceará vêm crescendo, o que pode concorrer para a aceleração da degradação das obras de engenharia civil, e em especial modo, das construções históricas. Assim, este trabalho tem como objetivo avaliar a vulnerabilidade estrutural e analisar o estado de conservação das principais edificações componentes do centro histórico sobralense. Para tal, foram realizadas inspeções *in situ* com o objetivo de caracterizar os elementos estruturais e identificar os danos existentes e ainda, numa fase posterior, avaliar a vulnerabilidade sísmica dessas edificações. A avaliação foi realizada recorrendo a uma metodologia baseada em parâmetros qualitativos e quantitativos, que se baseiam em informações geométrica e estrutural de acordo com o desempenho dos componentes dos sistemas resistentes e materiais constituintes. Os resultados encontrados permitiram estimar o nível de vulnerabilidade sísmica das fachadas dos dois edificados em análise, para os quais, o índice de vulnerabilidade sísmica pode ser considerado como sendo de vulnerabilidade sísmica moderada.

Palavras-chave: Construções históricas; vulnerabilidade sísmica; segurança estrutural; centro histórico sobralense.

ABSTRACT

Sobral historical center, protected by the Federal Law Number 25 of 1937 has over around 1.200 heritage buildings inside the protection area, which represent different periods of the local history, essentially between the XVIII and XX centuries, responsible for political, economic, and socio-cultural bases of the Sobral. However, especially from 2000s, the frequency of seismic occurrences in the North of Ceará has been growing, what can contribute to accelerate the process of degradation of civil engineering structures, and in special way, for heritage constructions degradation. This way, the present work aims to evaluate the structural vulnerability and examine the current conservation state of the main heritage buildings of Sobral historical center. Therefore, were realized inspections *in situ* aiming to characterize the structural elements and identify the presence of existing damage and to assess the seismic vulnerability of the facades of these buildings. The evaluation was done using a methodology based on qualitative and quantitative parameters, based on geometric and structural characteristics, according to the performance of the resistant systems components and also by analysis of the constructive method. The results allowed to predict the seismic vulnerability level, where the seismic vulnerability index was considered as moderate.

Keywords: Heritage constructions; seismic vulnerability; structural safety; Sobral historical center.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

1. INTRODUÇÃO

As obras de engenharia civil estão sujeitas a deteriorações naturais ou advindas dos usos e funções, essas deteriorações podem ser aceleradas devido à frequência de ocorrência de eventos de natureza sismíca, que vêm crescendo na região norte do estado do Ceará. A resposta dinâmica das edificações aos movimentos do solo provocados por eventos sísmicos é a maior causa da destruição provocada por terremotos. Além de ocasionarem danos com impactos humanos, ocasionam também perdas culturais, principalmente quando os terremotos atingem as edificações históricas e monumentos.

O comportamento das construções durante um sismo depende da magnitude, dos materias e das técnicas usados na sua concepção. Para que os possíveis efeitos da ação sísmica sobre as edificações sejam minimizados e a fim de evitar a perda de edifícios, são utilizadas técnicas de construção denominadas anti-sísmicas.

Tendo em vista a ocorrência de danos significativos que os eventos sísmicos podem ocasionar, como ocorreu no Nepal, onde a ONU estima que em torno de 500 mil construções dentre casas e templos foram destruídas nos últimos terremotos sucedidos em 2015, torna-se evidente a importância da avaliação da vulnerabilidade sísmica das edificações a fim de preservar a vida humana e minimizar danos estruturais e culturais. A ONU avalia que serão necessários cerca de 175 milhões de dólares para a reconstrução das edificações destruídas no Nepal e ressalta ainda que boa parte das edificações culturais e históricas foi devastada [1].

Embora o nível de sismicidade do Brasil não seja elevado, por estar situado numa região intraplaca, precisa ser considerado nos projetos de engenharia [2]. No entanto, apenas em 2006 foi elaborada a NBR 15421 pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que estabelece critérios básicos a serem adotados na concepção de estruturas sismo-resistentes.

Devido à contemporaneidade da norma regulamentadora no país, as edificações antigas de Sobral estão desprovidas de sistemas estruturais resistentes a abalos sísmicos. Dessa maneira, torna-se necessário analisar a vulnerabilidade estrutural e o estado de conservação das edificações componentes do centro histórico de Sobral como ferramenta de apoio à tomada de ações em relação à segurança estrutural dessas edificações, a fim de preservar o patrimônio edificado para as gerações posteriores. A aplicação de estudos de vulnerabilidade permite a elaboração de indicadores que auxiliem nas intervenções e podem proporcionar informações úteis na prevenção de riscos [3].

Nesse contexto, a cidade de Sobral, localizada na região norte do estado do Ceará, possui centro histórico protegido em nível federal pelo Decreto-Lei nº 25 de 1937 que apresenta aproximadamente 1.200 imóveis na área de proteção rigorosa. Essas edificações antigas representam diferentes épocas da história e são responsáveis pela formação política, econômica, social e cultural do povo sobralense. Assim, elas possuem valor cultural e arquitetônico inestimável para a sociedade, que são por muitas vezes esquecidos.

Neste trabalho é realizada a avaliação da vulnerabilidade sísmica de duas edificações do centro histórico de Sobral que representam marcos na paisagem urbana da cidade e que possuem destaque cultural, que são elas: o Teatro São João, uma casa de espetáculos erguida entre os anos de 1875 e 1880, e o Museu Dom José, construído na década de 1840.

2. CARACTERIZAÇÃO DAS EDIFICAÇÕES

2.1 Aspectos históricos e construtivos

2.1.1 Teatro São João

O Teatro São João foi construido no século XIX, entre os anos de 1875 e 1880, durante a maior seca do estado do Ceará, é o mais importante espaço cultural de Sobral. A construção do Teatro teve iniciativa privada por um grupo de jovens, dentre eles o escritor Domingos Olímpio, que organizou a União Sobralense justamente para a construção do Teatro [4].

A edificação tem implantação isolada, possui três pavimentos, sendo um subterrâneo, e sua fachada principal está voltada para a Praça São João. As fachadas laterais são recuadas, formando jardins de cada lado cercados por muro baixo e gradis. As paredes das fachadas são em alvenaria de tijolos maciços revestidas por pintura à base de cal. A Figura 1 mostra a planta baixa do pavimento subterrâneo, do 1º e do 2º pavimento do Teatro São João, respectivamente.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

A Figura 2 mostra a fachada sudoeste do Teatro São João, pela qual é realizado o principal acesso ao interior da edificação e que está voltada para a Praça São João.

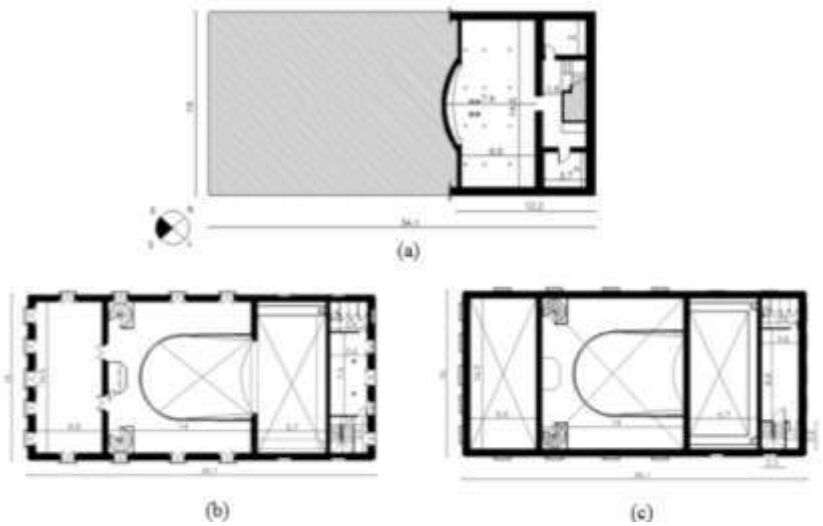


Figura 1: Planta baixa do pavimento subterrâneo em (a), do 1º pavimento acima do solo em (b) e do 2º pavimento acima do solo do Teatro São João em (c).
Fonte: IPHAN [4].



Figura 2: Fachada frontal do Teatro.

2.1.2 Museu Dom José

O Museu Dom José, localizado na avenida que leva o mesmo nome, foi construído pelo Major João Bandeira de Melo na década de 1840 que ocupou o imóvel até 1856. A partir de 1934 a edificação passou a pertencer ao bispo Dom José, onde ele abrigou o acervo museológico que vinha acumulando. Após a morte de Dom José, o prédio torna-se propriedade da Diocese de Sobral [4]. O Museu conta com um rico acervo com mais de 30.000 peças distribuídas em cerca de 16 coleções, dentre elas coleções de porcelana e armaria.

O Museu foi construído em alvenaria de tijolos maciços e são revestidos por pintura à base de cal em sua fachada voltada para a Avenida Dom José, e além da pintura é também revestido por cerâmica vidrada em parte superior de sua fachada principal, voltada para a Rua Maestro José Pedro. No entanto, verifica-se que há estruturas de concreto em uma parte do Museu que foi construída quando o imóvel já pertencia ao bispo Dom José. O edifício possui em seus dois pavimentos plantas bastante compartimentadas e, ainda, no pavimento térreo verifica-se a existência de um pátio interno sem ligação com a via pública, possibilitando iluminação e ventilação aos ambientes internos. O principal acesso ao Museu é feito pela fachada Oeste. A Figura 3 mostra a planta baixa dos 1º e 2º pavimentos do Museu Dom José. A Figura 4 mostra a fachada Oeste do Museu Dom José, voltada para a Rua Maestro José Pedro.

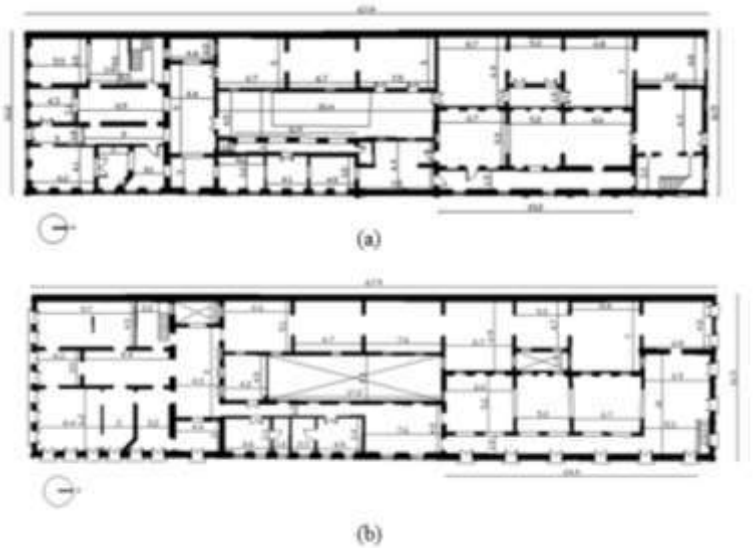


Figura 3: (a) Planta baixa do 1º pavimento e (b) Planta baixa do 2º pavimento do Museu Dom José.
Fonte: IPHAN [4].



Figura 4: Fachada frontal do Museu Dom José.

2.2 Estado de Conservação

O desgaste das construções históricas na maioria das vezes é causado pelo desgaste natural dos materiais ou pela ação provocada por fatores de ordem física, química, biológica e humana [5]. Em Sobral, os danos apresentados nas edificações históricas mais frequentes são fissuras, desagregação do reboco, eflorescências e descascamento da película de pintura.

A observação *in situ* é o primeiro recurso para o planejamento dos processos de diagnóstico, para o conhecimento do sistema construtivo das edificações e para identificar eventuais danos apresentados nelas [6]. No presente trabalho, esse recurso foi utilizado como forma de obtenção de dados qualitativos para que sucedessem as outras etapas do estudo.

2.2.1 Teatro São João

Verificou-se, na inspeção visual ao Teatro São João, poucos danos em sua envolvente, tais como: destacamento da película de pintura provacado pela eflorescência, presença de bolores e fissuras nas proximidades das aberturas, mostradas na Figura 5. Nas Figuras 5a e 5b observam-se fissuras ascendentes localizadas nas proximidades das aberturas com inclinação de aproximadamente 45º. A Figura 5c mostra bolores na parte inferior da parede, ocasionados devido a presença de umidade nesta região. Na Figura 5d verifica-se além de bolores, que há eflorescência no revestimento, onde a aderência da película de pintura à parede começa a ser reduzida na região devido ao aumento de volume dos sais carregados na água que provocou a eflorescência. Apesar de apresentar alguns danos a edificação apresenta bom estado de conservação.

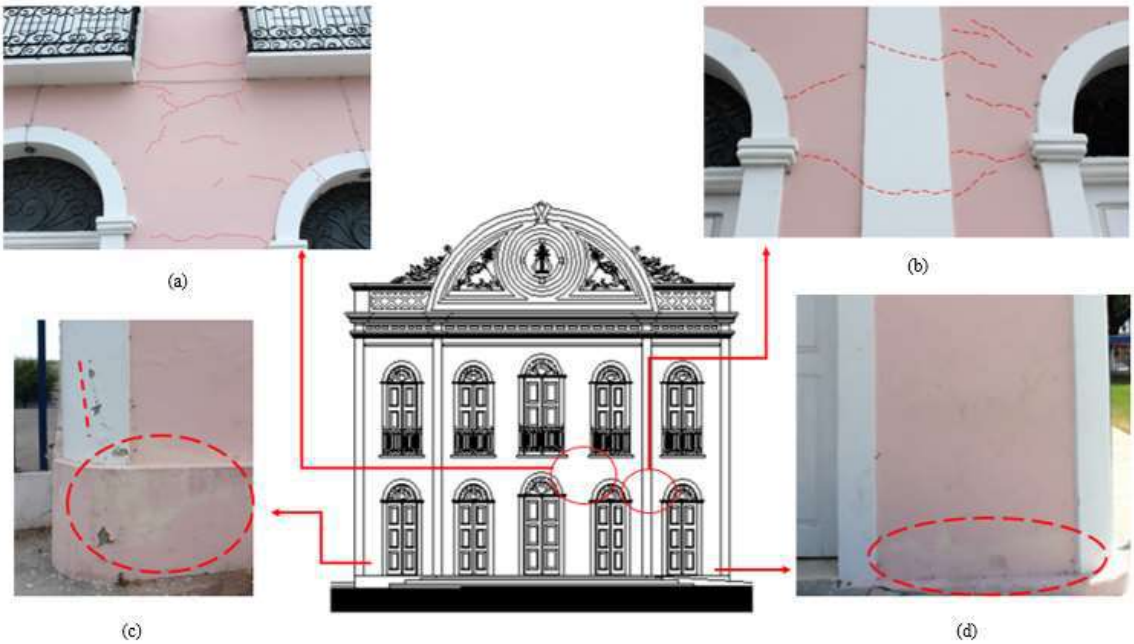


Figura 5: Principais danos identificados na envoltória do Teatro.

2.2.2 Museu Dom José

Na inspeção visual ao Museu identificou-se a presença de insetos xilófagos, como cupins, nas esquadrias de madeira, falta de aderência da película de pintura, ligação insuficiente entre a parede da fachada e paredes ortogonais e fissuras proximas às aberturas de janelas e portas. Observou-se também a existência de fluxo indevido de águas pluviais para o interior do Museu causado devido a problemas na cobertura, cujo revestimento é feito por telha cerâmica tipo canudo.

A Figura 6 mostra no item (a) fissuras nas proximidades da porta principal de acesso ao Museu, em (b) observa-se a falta de aderência da película de pintura, em (c) fissuras na moldura apresentada e eflorescência na região inferior da parede e em (d) eflorescência. Em geral, a edificação encontra-se bem conservada.

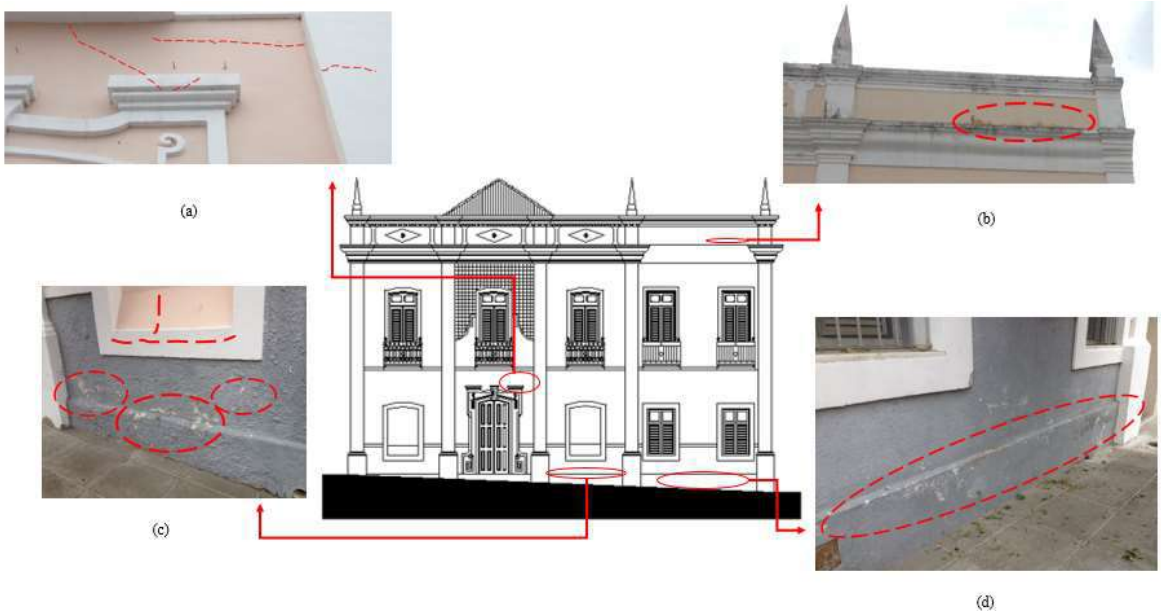


Figura 6: Principais danos identificados na envoltória do Museu.

3. VULNERABILIDADE DAS EDIFICAÇÕES HISTÓRICAS DE SOBRAL

3.1 Sismicidade da região

O município de Sobral é localizado no estado do Ceará, que se encontra na região Nordeste do Brasil. A Região do Nordeste Brasileiro registra importantes eventos sísmicos com relevante frequência, embora se localize na porção estável da placa Sul-Americana é a região brasileira mais ativa sismicamente [7].

De acordo com a NBR 15421 (ABNT, 2006)[8], Sobral está localizada na zona sísmica 1, ver na Figura 7, e as estruturas localizadas nesta zona devem apresentar sistemas estruturais resistentes a forças sísmicas horizontais em duas direções ortogonais, inclusive com um mecanismo de resistência a esforços de torção. Contudo, as construções antigas de Sobral não atendem aos requisitos da norma regulamentadora, o que justifica o presente trabalho.

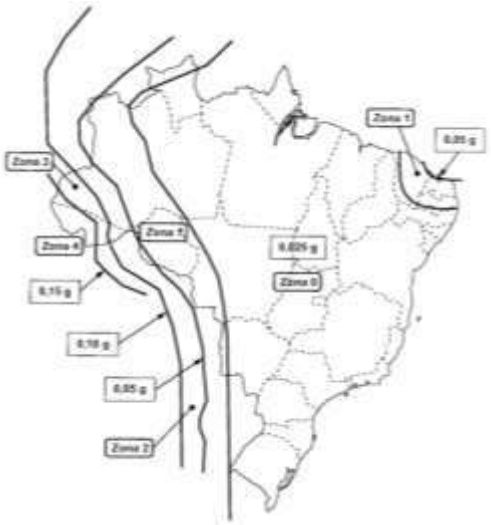


Figura 7: Mapeamento da aceleração sísmica horizontal característica no Brasil para terrenos da classe B (“Rocha”).
Fonte: ABNT [8].

Encontram-se na Tabela 1 o histórico de registros de sismos sentidos no estado do Ceará de 2010 à 2015. Totalizam 23 sismos registrados, sendo 4 com epicentro em Sobral.

Tabela 1 – Sismos sentidos no estado do Ceará nos anos de 2010 à 2015.

Data	Latitude	Longitude	Epicentro	Magnitude (R)	Fonte
25/12/2015	-4.45	-39.93	Santa Quitéria	3.6	UnB[10]
25/10/2015	-3.33	-40.52	Uruoca	2.6	
25/10/2015	-3.28	-40.55	Uruoca	2.2	
25/10/2015	-3.25	-40.55	Uruoca	2.3	
20/10/2015	-3.3	-40.58	Uruoca	1.3	
16/10/2015	-3.71	-40.57	Sobral	1.4	
09/10/2015	-5.15	-39.1	Quixadá	1.7	
08/10/2015	-7.59	-38.72	Mauriti	2.1	
08/10/2015	-3.65	-39.92	Miraíma	2.6	
27/05/2015	-3.57	-40.85	Coreaú	2.4	
24/05/2015	-4.99	-39.31	Quixeramobim	1.8	
16/11/2014	-3.88	-40.98	Tianguá	3.5	
17/03/2013	-3.62	-40.45	Meruoca	2.9	
22/01/2013	-3.97	-40.34	Groaíras	1.8	
02/08/2012	-3.411	-40.2059	Sobral	2.7	
02/08/2012	-3.63	-40.51	Meruoca	2.9	
02/08/2012	-3.63	-40.51	Meruoca	2.2	
02/05/2012	-4.01	-39.1	Pentecoste	2.1	USP[11]
26/04/2012	-4.26	-38.93	Beberibe	2	
17/02/2012	-3	-41.14	Barroquinha	2.5	
17/02/2012	-3.68	-39.87	Itapipoca	1.9	
24/01/2012	-3.63	-40.51	Sobral	2.1	
02/01/2010	-3.59	-40.24	Sobral	2.7	
02/01/2010	-3.59	-40.24	Sobral	2.7	UnB[10]

3.2 Método de avaliação da vulnerabilidade das edificações históricas de Sobral

Para que fosse possível avaliar a vulnerabilidade das edificações foram realizadas inspeções *in situ*, essas inspeções possibilitaram a caracterização dos elementos estruturais e a identificação de intervenções e danos nessas construções, cumprindo os objetivos recomendados pelo International Council on Monuments and Sites - ICOMOS [9]. Foram registradas informações sobre as edifícações na forma de levantamento fotográfico e geométrico, fichas de inspeção ou *check list*, a fim de obter características estruturais e danos identificados. As fichas de inspeção utilizadas neste trabalho foram adaptadas das fichas usadas no desenvolvimento do trabalho pelo pesquisador Romeu da Silva Vicente na avaliação da vulnerabilidade e do risco sísmico do edificado da Baixa de Coimbra. Vicente [3] formulou uma proposta de índices de vulnerabilidade para avaliar as paredes de fachada de um edifício. O desenvolvimento desta metodologia para avaliação da vulnerabilidade da parede de fachada é justificada pelo fato deste elemento apresentar fragilidades devido à sua construção e à sua ligação ao sistema resistente do edifício.

No estudo de Vicente [3] o índice de vulnerabilidade da parede de fachada é calculado como a média ponderada de 10 parâmetros que são classificáveis em 4 classes de vulnerabilidade: A, B, C e D. Cada parâmetro mede um aspecto que influencia a resposta sísmica da fachada do edifício, aferindo-se a classe de vulnerabilidade a cada parâmetro. Cada parâmetro foi associado um peso que varia de 0.5 à 0.75 dependendo do grau de importância de cada um para o cálculo do índice. O índice pode ser calculado pelo somatório, do produto entre o valor atribuido a cada classe e seu peso, de todos os parâmetros. O índice de vulnerabilidade da fachada de uma construção poderá variar entre 0 e 100, quanto menor for o valor, menor será a sua vulnerabilidade.

A Figura 8 apresenta a ficha de inspeção utilizada para o cálculo do índice de vulnerabilidade da fachada. Empregou-se o uso desta em cada inspeção, avaliando todos os aspectos qualitativos no ato da inspeção, tais como: fissuração e elementos ligados à fachada, e medindo/coletando dados geométricos tais como: largura da edificação, espessura da parede de fachada e área das aberturas, para posterior avaliação de parâmetros com aspectos quantitativos.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

ÍNDICE DE VULNERABILIDADE - FACHADA							
PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO	CLASSE				Pi	Ci x Pi	GC
1. Geometria e aberturas	A	B	C	D			
P1 - Geometria da fachada	0	5	20	50	0.50		
P2 - Esbeltez máxima	0	5	20	50	0.50		
P3 - Área das aberturas	0	5	20	50	0.50		
P4 - Desalinhamento de aberturas	0	5	20	50	0.50		
2. Materiais, estado de degradação							
P5 - Qualidade dos materiais	0	5	20	50	0.75		
P6 - Estado de conservação	0	5	20	50	0.75		
3. Ligação a outros elementos estruturais							
P7 - Eficiência da ligação às paredes ortogonais	0	5	20	50	0.50		
P8 - Ligação aos diafragmas horizontais e coberturas	0	5	20	50	0.50		
P9 - Impulso da cobertura	0	5	20	50	0.50		
4. Elementos ligados à fachada							
P10 - Elementos não-estruturais	0	5	20	50	0.50		
	Índice final =						GC: Grau de confiança

Figura 8: Cálculo do índice de vulnerabilidade da fachada

Associado à escolha da classe de vulnerabilidade de cada parâmetro na definição do índice de vulnerabilidade existe um nível de incerteza, de acordo com o modo que foram realizadas as inspeções, pelo fato de não se poder obter detalhes precisos em determinados elementos, foi estabelecido uma classificação para um grau de confiança, com o objetivo de associar cada dado à sua fiabilidade. Então, para cada parâmetro avaliado em cada edifício foi definido um grau de confiança (GC), como pode ser verificado na Figura 8 e conferido com detalhamento completo em Vicente [3].

Os graus de confiança são definidos em quatro níveis e são determinados de maneira simples à seguir [3]:
E – Informação de elevada qualidade: informação observada diretamente *in situ* com apoio de registros geométricos;
M – Informação de média qualidade: informação ora fiável, visualização de fotografias e informação de situações análogas;
B - Informação de qualidade medíocre: informação baseada na suposição, com um grau de certeza baixo, por vezes de escolha casual;
A – Ausência de informação: Escolha aleatória, podendo-se fixar este grau de certeza, na impossibilidade de avaliar um determinado parâmetro, em todos os casos, arbitrando um valor indicativo.

4. ANÁLISE DA VULNERABILIDADE DAS EDIFICAÇÕES HISTÓRICAS DE SOBRAL

De acordo com a ficha desenvolvida e apresentada por Vicente [3], a avaliação da vulnerabilidade da fachada de uma edificação pode ser realizada através do cálculo do índice de vulnerabilidade, obtido através do preenchimento adequado da ficha mostrada na Figura 8, de acordo com as características e os danos apresentados na edificação. A ficha possui 10 parâmetros organizados em 4 grupos, será atribuído a cada parâmetro a classe de vulnerabilidade que melhor caracteriza cada aspecto avaliado em cada parâmetro.

Conforme apresentado no início deste trabalho, foram analisadas duas importantes edificações do centro histórico sobralense, são elas: o Teatro São João e o Museu Dom José. Os dados qualitativos foram obtidos através da inspeção direta de cada edificação e os dados geométricos além de terem sido obtidos em inspeção foram aferidos junto ao banco de dados do Inventário de Bens Arquitetônicos de Sobral, elaborado pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN)[4].

Para realizar a classificação dos parâmetros 1, 2 e 3 pertencentes ao grupo 1, serão necessários os dados das edificações apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Dados geométricos das edificações.

Dados	Teatro São João	Museu Dom José	
Altura – H	15,9 m	10,65 m	
Base – B	16,25 m	16,28 m	
Espessura da parede	0,8 m	0,4 m	
Área da fachada	220,2 m²	167,9 m²	
Área de aberturas	49,82 m²	26,89m²	

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

O parâmetro P1 avalia a geometria da fachada através da relação entre a altura (H) e a largura (B) da edificação, ver Tabela 2, como a relação citada das duas edificações fica entre 0.6 e 1.0, ambas as edificações foram classificadas como classe C. Já, o parâmetro P2 avalia a esbelteza máxima das paredes, efetivamente, as paredes mais esbeltas apresentam maior risco de colapso [3]. A classificação deste parâmetro pode ser feita através da relação entre a altura da edificação e a espessura da parede, como resultado temos que o Teatro é classificado como classe C, pois edificações que apresentam esta relação entre 15 e 20 são assim classificadas, e o Museu classe D, pois a relação é maior que 20.

O comportamento de um painel de parede quando submetido a forças horizontais é influenciado pela dimensão e configuração das aberturas, pois o caminho de carga e a transferência de tensões nas paredes controlam e determinam os mecanismos de rotura no plano da fachada [3]. Ainda, quanto menor a área e a espessura das paredes resistentes, menor a capacidade de dissipação de energia, logo maior será o dano sofrido pela parede. Assim, a avaliação do parâmetro P3 é feita através da porcentagem de área de aberturas de cada fachada. O Teatro São João possui área de aberturas igual a 22,6%, portanto é classificado como classe B. Já, o Museu Dom José apresenta área de aberturas igual a 16,02%, por conseguinte é classificado como classe de vulnerabilidade A neste parâmetro.

Tal como a área de aberturas influencia no mecanismo de rotura no plano da fachada, o desalinhamento das aberturas influencia do mesmo modo, pois permite a criação de esforços concentrados através da distribuição de tensões [3]. O Teatro e o Museu possuem aberturas de dimensão regular e alinhadas em altura, desse modo são classificados como classe A no parâmetro P4.

O parâmetro P5 avalia a qualidade dos materiais que constituem a alvenaria das fachadas. Este parâmetro não pode ser avaliado com precisão de detalhes uma vez que as edificações não possuem alvenaria aparente, mas numa avaliação global e de acordo com o estado de conservação observado em inspeção pode-se concluir que as alvenarias das duas edificações em questão são de boa qualidade. Assim, o Teatro e o Museu possuem classe de vulnerabilidade A no parâmetro P5.

O estado de conservação das paredes da fachada é avaliado no parâmetro P6. A avaliação é realizada essencialmente de acordo com a configuração, abertura, localização e origem de fissuração. Ambas as edificações apresentaram fissuras ao nível do revestimento, junto a pontos de concentração de tensões, por conseguinte foram classificadas como classe B no parâmetro P6.

O parâmetro P7 avalia a qualidade das ligações da parede da fachada às paredes ortogonais. Em inspeção ao Teatro e ao Museu verificou-se que em cada fachada que estas encontram-se bem ligadas a determinadas paredes ortogonais, mas a outras não, dessa forma sendo classificado o parâmetro P7 como classe de vulnerabilidade B para ambas as edificações.

O parâmetro P8 avalia a eficiência das ligações dos diafragmas horizontais e da cobertura à parede da fachada. Não foi possível avaliar com detalhes este parâmetro, todavia pelas observações feitas em inspeção, o Teatro São João e o Museu Dom José são classificados como classe B.

Para que o parâmetro P9 seja avaliado é necessário verificar se as coberturas se apoiam sobre a parede de fachada. No Teatro São João verificou-se em inspeção e de acordo com a tipologia da cobertura que a ela é pouco impulsiva, assim a classe de vulnerabilidade é classe B. Não foi possível avaliar com precisão este parâmetro durante a inspeção ao Museu, entretanto de acordo com sua tipologia foi classificado como classe de vulnerabilidade B.

O parâmetro P10 avalia a presença de elementos conectados e/ou apoiados na fachada, estes elementos constituem um risco de queda e um fator de agravamento dos danos para a fachada quando sujeita a um evento sísmico [3]. As edificações em estudo, Teatro São João e Museu Dom José, possuem varandas ligadas à fachada, todavia o comprimento destas sacadas é de apenas 25 e 30 cm, no Teatro e no Museu respectivamente, devido a esta observação a classe de vulnerabilidade estabelecida para estas edificações é classe B.

O resumo das avaliações discutidas aqui é mostrado nas Figuras 9 e 10, onde estão marcadas as classificações dos parâmetros. Sendo a Figura 9 referente à avaliação da vulnerabilidade sísmica do Teatro São João e a Figura 10 do Museu Dom José.

ÍNDICE DE VULNERABILIDADE - FACHADA							
TEATRO SÃO JOÃO							
PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO	**CLASSE**				Pi	Ci x Pi	GC
1. Geometria e aberturas	A	B	C	D			
P1 - Geometria da fachada	0	5	20	50	0.50	10	E
P2 - Esbelteza máxima	0	5	20	50	0.50	10	E
P3 - Área das aberturas	0	5	20	50	0.50	2,5	E
P4 - Desalinhamento de aberturas	0	5	20	50	0.50	0	E
2. Materiais, estado de degradação							
P5 - Qualidade dos materiais	0	5	20	50	0.75	0	M
P6 - Estado de conservação	0	5	20	50	0.75	3,75	E
3. Ligação a outros elementos estruturais							
P7 - Eficiência da ligação às paredes ortogonais	0	5	20	50	0.50	2,5	E
P8 - Ligação aos diafragmas horizontais e coberturas	0	5	20	50	0.50	2,5	M
P9 - Impulsos da cobertura	0	5	20	50	0.50	2,5	M
4. Elementos ligados à fachada							
P10 - Elementos não-estruturais	0	5	20	50	0.50	2,5	E
	Índice final =					36,25	GC: Grau de confiança

Figura 9: Cálculo do índice de vulnerabilidade da fachada do Teatro São João.

ÍNDICE DE VULNERABILIDADE - FACHADA							
MUSEU DOM JOSÉ							
PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO	**CLASSE**				Pi	Ci x Pi	GC
1. Geometria e aberturas	A	B	C	D			
P1 - Geometria da fachada	0	5	20	50	0.50	10	E
P2 - Esbelteza máxima	0	5	20	50	0.50	25	E
P3 - Área das aberturas	0	5	20	50	0.50	0	E
P4 - Desalinhamento de aberturas	0	5	20	50	0.50	0	E
2. Materiais, estado de degradação							
P5 - Qualidade dos materiais	0	5	20	50	0.75	0	M
P6 - Estado de conservação	0	5	20	50	0.75	3,75	E
3. Ligação a outros elementos estruturais							
P7 - Eficiência da ligação às paredes ortogonais	0	5	20	50	0.50	2,5	E
P8 - Ligação aos diafragmas horizontais e coberturas	0	5	20	50	0.50	2,5	M
P9 - Impulsos da cobertura	0	5	20	50	0.50	2,5	M
4. Elementos ligados à fachada							
P10 - Elementos não-estruturais	0	5	20	50	0.50	2,5	E
	Índice final =					48,75	GC: Grau de confiança

Figura 10: Cálculo do índice de vulnerabilidade da fachada do Museu Dom José.

Embora tenha sido associado o grau de confiança M aos parâmetros 5, 8 e 9 em ambos os cálculos foram realizadas observações *in situ* aos elementos analisados, porém não foi possível a obtenção de detalhes precisos.

5. CONCLUSÕES

Sendo o Teatro São João e o Museu Dom José edificações componentes do centro histórico de Sobral, buscou-se neste estudo, caracterizar os elementos estruturais e identificar os danos existentes com o objetivo de avaliar a vulnerabilidade sísmica e estrutural dessas edificações. Através das observações realizadas em inspeção verificou-se o estado das edificações identificando-se danos em ambas às edificações, basicamente problemas de fissuração nas zonas de concentração de tensões junto dos vãos, destacamento de revestimento externo e problemas de humidade ascensional.

Os índices de vulnerabilidade de cada edificação foram calculados, baseados essencialmente na inspeção e avaliação de características importantes do edificado, e estes índices são estimativas da propensão de uma estrutura sofrer danos decorrentes de ações sísmicas. Os índices de vulnerabilidade sísmica encontrados para o Teatro São João e o Museu Dom José foram de 36,25 e 48,75, respectivamente. De acordo com os resultados obtidos e considerando que o índice de vulnerabilidade da fachada pode variar entre 0 e 100, conclui-se que as edificações apresentam moderada vulnerabilidade à ocorrência de danos, como colapsos parciais em suas estruturas, caso ocorresse um evento de natureza sísmica catastrófico.

Este trabalho traz o resultado preliminar de um relatório global de um estudo de 22 edificações do centro histórico da cidade de Sobral. Se pretende construir mapas de vulnerabilidade sísmica estrutural recorrendo a Sistemas de Informação Geográfica (SIG), sendo esta informação espacial usada como suporte para a gestão do edificado, e no

suporte de tomada de decisões a respeito da segurança e potencial intervenção nos edifícios do centro histórico sobralense.

6. AGRADECIMENTOS

Larissa Mota agradece à Fundação Cearense de Amparo à pesquisa (FUNCAP) pela concessão de bolsa de iniciação científica. Esequiel Mesquita agradece à Fundação CAPES pelo suporte financeiro no âmbito do Programa de Doutorado Pleno no Exterior, processo número 10023/13-5. Todos os autores agradecem à Universidade Estadual Vale do Acaraú – UVA e ao Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional – IPHAN, pelo suporte necessário à realização deste trabalho.

7. REFERÊNCIAS

[1] Organização das Nações Unidas (ONU). *ONU estima que terremotos do Nepal destruíram cerca de 500 mil casas e templos*. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/onu-estima-que-terremotos-do-nepal-destruiram-cerca-de-500-mil-casas-e-templos/>. Acesso em: 10 jan. 2016.

[2] Penã, L. A. P. *Análise dos efeitos provocados por abalos sísmicos em estruturas irregulares*. Dissertação de Mestrado em Estruturas e Construção Civil, Universidade de Brasília, Brasília/DF, 2012. 166p.

[3] Vicente, R., *Estratégias e metodologias para intervenções de reabilitação urbana*. Tese de Doutoramento em Engenharia Civil, Universidade de Aveiro, 2008, 471 p.

[4] Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN). Inventário Nacional de Bens Arquitetônicos – IBA Sobral, 2005.

[5] Figueiredo, M. G. *Valorização do sistema construtivo do património edificado*. Tese de Doutoramento em Engenharia Civil, Universidade de Aveiro, 2014, 203 p.

[6] Tavares, A. *et al*, *Manual de Reabilitação e Manutenção de Edifícios – Guia de Intervenção*, Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro, 2011. 113 p.

[7] Parisenti, R., *Estudo de análise dinâmica e métodos da NBR 15421 para projeto de edifícios submetidos a sismos*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, 2011, 199p.

[8] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 15421: Projeto de estruturas resistentes a sismos – Procedimento*, 2006.

[9] ICOMOS – *Recomendações para análise, conservação e restauração estrutural do patrimônio arquitetônico*, 2001.

[10] Observatório Sismológico da Universidade de Brasília /UnB (SISBRA). Banco de dados sismológicos. Disponível em: < http://164.41.28.70/websisbra/>. Acesso em: 26 jan. 2016.

[11] Centro de Sismologia da Universidade de São Paulo /USP. Disponível em: <http://www.sismo.iag.usp.br/rq/event>. Acesso em: 26 jan. 2016.

Anais do Congresso Brasileiro de Patologia das Construções
CBPAT2016

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

AVALIAÇÃO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PISO DE CONCRETO ESTRUTURAL DESTINADO À CIRCULAÇÃO DE VEÍCULOS EM GARAGEM - ESTUDO DE CASO DE EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL LOCALIZADA NO DISTRITO FEDERAL.

JORGE.OLIVEIRA
D.Sc. Engenheiro Civil
Universidade Católica de Brasília
Distrito Federal; Brasil
rafagus@gmail.com

MANUELE. ANJOS
Graduanda de Engenharia Civil
Universidade Católica de Brasília
Distrito Federal; Brasil
manuelealves@hotmail.com

MELINNA. SANTOS
Graduanda de Engenharia Civil
Universidade Católica de Brasília
Distrito Federal; Brasil
melinnasantos@hotmail.com

RESUMO

A origem de problemas patológicos na estrutura aponta de forma geral a existência de falhas durante a execução de uma das fases da construção, além de indicar também falhas no sistema de controle de qualidade de uma ou mais atividades. O piso de concreto polido é uma superfície submetida diariamente ao intenso tráfego de veículos e à ação de substâncias químicas, desta forma deve ter como principais atributos a durabilidade, dureza e resistência. Este trabalho tem como intuito estudar o caso das manifestações patológicas encontradas no piso de concreto polido da garagem do Condomínio Via Parque da Cidade, Setor Sudoeste – Brasília/DF. Ademais, o projeto apresenta propostas de medidas corretivas dessas patologias constatadas. As mesma foram identificadas principalmente pela inspeção visual, contudo fez-se necessario a análise do histórico do edifício e por fim ensaios de percussão, extração e rompimento de testemunho de corpo de prova, que comprovassem o parecer inicial. Pôde-se certificar que as fissuras e trincas observadas são devido a má aderência entre camadas no piso da garagem, visto que a exarcebação de tais problemas pode ser responsabilizada a vícios construtivos de execução. Recomenda-se como medida corretiva a demolição do piso atual e execução de todo o processo de reconstrução do piso de concreto polido, de acordo com um novo projeto que tenha as orientações necessárias para evitar o retorno das patologias e para que haja a recuperação do desempenho do mesmo.
Palavras-chave: piso polido, garagem, ponte de aderência, fissuras, patologia, medidas corretivas.

ABSTRACT

The origin of pathological problems in the structure indicates in general the existence of faults during the execution of a phase of construction, it also indicates faults in the quality control system of one or more activities. The polished concrete floor is a surface subjected to daily traffic of vehicles and the action of chemical substances, in this way should have as main attributes the durability, hardness and strength. This research has the intention to study the case of pathological changes found by polished concrete floor of the garage of the Condomínio Via Parque da Cidade, Setor Sudoeste - Brasília / DF. In addition, the project presents proposals for corrective action identified these pathologies. The same were mainly identified by visual inspection, but is made necessary the building's historical analysis and finally percussion tests, extraction and rupture of the test piece of testimony, proving the initial opinion. It could be sure that the observed cracks _ are due to poor adhesion between layers on the garage floor, as the exacerbation of such problems can be blamed on construction execution addictions. As corrective action is recommended the demolition of the current floor and execution of the entire reconstruction process of the polished concrete floor, according to a new project that has the necessary guidelines to prevent the return of pathology and so there is the performance of recovery the same.
Keywords: polished floor, garage, adherence point, cracks, pathology, corrective measures.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

1. INTRODUÇÃO

O piso de concreto polido é parte complementar da edificação, que deve apresentar uma série de propriedades e requisitos de desempenho como durabilidade, dureza e resistência, uma vez que está submetido ao intenso tráfego de veículos e à ação de substâncias químicas. Este é um tipo de piso empregado principalmente em grandes áreas como garagens, aeroportos, shoppings, devido ao fato que a superfície do mesmo torna-se mais densa, o que ocasiona ganhos significantes de resistência à abrasão e a impactos. Além disso, o polimento do piso de concreto repara todas as irregularidades e o nivelamento das bordas das placas do piso.

O desenvolvimento de um projeto e a utilização de materiais de boa qualidade são indispensáveis para reduzir as possíveis manifestações patológicas e para controle de qualidade de todo o processo produtivo, contudo não garantem a erradicação destes problemas. Fissuras, desgastes e esborcinamento de juntas, podem ser classificadas como as patologias mais relevantes identificadas no piso de concreto polido. Há dois tipos principais de fissuras no piso de concreto, as estruturais e por retração, nas quais distinguem-se quanto as suas causas e decorrências na vida útil da estrutura. As fissuras por retração categorizam-se em plástica, quando há uma evaporação de água relativamente rápida, devido a fatores como temperatura, umidade relativa do ar, relação a/c e velocidade do vento. Segundo a Revista Pini (2010), a retração por secagem ocorre quando o concreto perde umidade, contraindo (e quando ganha, se expande), essa variação de volume nas estruturas de concreto não seria desfavorável se houvesse liberdade de sua movimentação. Entretanto, à existência de armadura e outros fatores impedem a mobilidade das peças da estrutura induzindo ao aparecimento de tensões de tração que podem romper o concreto, originando o aparecimento de fissuras. Sendo assim, quanto maior for o consumo de cimento adicionado à mistura, relação água-cimento e finura dos agregados, maior será a retração. Por fim, as fissuras tipo “pé de galinha” ou microfissuras são caracterizadas por apresentarem pequena profundidade, abertura reduzida e pequeno espaçamento entre si, geradas pela má realização da cura, concretos com elevados teores de finos e agregados com excesso de impurezas, condição de exposição (baixa umidade relativa do ar, elevada temperatura, exposição direta ao sol e vento). As fissuras de caráter estrutural correpondem ao preparo do subleito e sub-base, decorrentes da má compactação do solo designadas pelos danos causados à estabilidade e à capacidade de carga do piso, e podem ser evitadas através da realização de ensaios no solo.

Outra patologia que cresce cada vez mais é o desgaste superficial por abrasão, de acordo com Tarr e Farny (2008) este “caracteriza-se pela formação de material pulverulento na superfície do concreto, ou pela perda de massa do material cimentício. Este tipo de manifestação patológica é afetada diretamente pelas características dos materiais constituintes do traço de concreto e o seu proporcionamento, pelas etapas de execução e pelos procedimentos de cura”. A superfície fica comprometida em termos de resistência e, com a solicitação por abrasão e impacto, ocorre o desgaste, ocasionando quebra das bordas das juntas, excesso de formação de poeira e todos os danos e prejuízos decorrentes deste processo. Este transtorno aponta que o tráfego atuante sobre a superfície do piso está em divergência com as condições executadas, além disso alguns vícios de execução podem potencializar tal desgaste.

Em um piso de concreto, as juntas são pouco resistentes a impactos, razão pela qual devem ser executadas de maneira especifica, podendo estar sujeitas ao esborcinamento, isto é, quebras das bordas. Erros de projeto, como a adoção de barras de transferência de diâmetro inapropriado ou especificação errônea de materiais de preenchimento também colaboram para a ocorrência dos esborcinamentos. A retirada das barras de transferência para facilitar a desforma também contribui para o enfraquecimento das juntas, e erros no posicionamento das mesmas (eixo inadequado) podem criar fissuras próximas a estes locais.

Outro aspecto relevante para o surgimento de manisfestações patológicas é a má aderência entre o concreto novo e velho, o qual geralmente são efetuados incorretamente. Marek e Vanderlei (1997), afirmam que, frequentemente, a região de contato entre os concretos de diferentes idades é o local mais propenso ao surgimento de problemas, pois, além de ser a região com maior risco de segregação de materiais, é também a região onde é mais usual surgir camadas de nata de cimento, que atuam como uma camada de baixa resistência e diminuindo a aderência entre os dois concretos. Dessa maneira, faz-se necessário a construção de uma ponte de aderência, que além de permitir uma completa aderência entre o reparo e o substrato de concreto, exerce também como uma camada de proteção para a região restaurada.

Os elementos construtivos necessitam de manutenção com o tempo, pois é natural o desgaste dos materiais constituintes, porém em alguns casos podem existir falhas, qualificadas como vícios construtivos, que conforme NBR 13752/1996 esses são “anomalias que afetam o desempenho de produtos ou serviços, ou os tornam inadequados aos fins a que se destinam, causando transtornos ou prejuízos materiais ao consumidor. Podem decorrer de falha de projeto, ou da execução, ou ainda da informação defeituosa sobre sua utilização ou manutenção”. Portanto, os vícios construtivos são todas as falhas construtivas que causam prejuízo material ao consumidor, e que implicam em gastos financeiros para repará-los.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

Por conseguinte, o incentivo para o presente estudo de caso resultou das manifestações patológicas apresentadas no concreto estrutural destinado à circulação de veículos em garagem do edifício Via Parque da Cidade, localizado no Setor Sudoeste – Brasília/DF, as quais estão relacionadas à má aderência entre camadas neste piso ocasionando fissuras no mesmo. Refere-se à um edifício de 6 (seis) andares com 10 (dez) apartamentos por andar, a área comum é constituída de pilotis, subsolo com 176 (cento e setenta e seis) vagas de garagem, 5 (cinco) caixas de elevadores e escadas, cobertura coletiva e playground. Possui aproximadamente 11 (onze) anos do habita-se, sua estrutura foi executada em concreto armado e o piso do subsolo realizado em concreto armado polido.

2. MÉTODOS

2.1 Inspeção Preliminar

2.1.1 Levantamento histórico da edificação

O levantamento das informações de modo geral torna-se importante para posteriormente seguir uma vertente de quais ensaios necessários para uma pertinente conclusão. Á vista disso, foram relatados depoimentos do síndico, moradores e funcionários o qual informaram que o principal problema do piso do subsolo (garagem) é o aparecimento de fissuras e trincas em toda a área do piso de concreto polido (aproximadamente 3.521,63 m², descontando a área dos pilares), além disso em alguns casos surgiram desníveis entre as placas de concreto que podiam ser sentidos ao atravessar com automóveis. Também foi comunicado que realizou-se uma manutenção corretiva em pontos localizados no subsolo que apresentavam desplacamentos, onde aproximadamente 290 m² de piso foram trocados por um novo com adição de fibras, contudo este novo piso voltou a apresentar patologias semelhantes as presentes no restante da garagem. Ademais, inferiu a documentação técnica, como projetos e desenhos das plantas para complementar a inspeção.

2.1.2 Análise visual

Subsequente ao levantamento in loco da definição das características gerais e específicas da edificação, as manifestações patológicas foram identificadas, principalmente, através da inspeção visual. A patologia predominante observada foram trincas e fissuras em todo o piso da gargem, como é apresentado nas figuras de 1 a 6. Atenta-se que na figura 6 não existem muitas trincas no piso de granito do hall do elevador da garagem, uma vez que não há transito de veículos.



Figura 1 - Trincas e fissuras no piso da garagem.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459



Figura 2 - Trincas e fissuras no piso da garagem.



Figura 3 - Trincas e fissuras no piso da garagem.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459



Figura 4 - Trincas e fissuras no piso da garagem.



Figura 5 - Trincas e fissuras no piso da garagem.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459



Figura 6 - Trincas e fissuras no piso de granito do hall de elevador na garagem.

2.2 Ensaios Realizados

2.2.1 Ensaio de percussão

O ensaio de percussão consiste em detectar e mapear possíveis falhas existentes na área afetada, podendo assim elaborar um escopo de soluções ao problema, e garantir a durabilidade do edifício e segurança dos moradores. O mesmo foi realizado in loco utilizando uma haste metálica com a qual foram deferidos golpes em toda a extensão da garagem, exceto nas vagas onde haviam automóveis estacionados, afim de identificar os locais que apresentavam som cavo, mostrando onde provavelmente o piso estava desplacado ou não havia uma boa compactação do solo. Durante o ensaio observou-se que grande parte dos locais que apresentavam trincas e fissuras eram justamente os locais onde o som era cavo, entretanto também haviam locais sem trincas/fissuras aparentes que também apresentavam o mesmo som. A realização do ensaio podem ser observados nas figuras 7 a 9.



Figura 7 – Realização do ensaio de percussão.



Figura 8 - Realização do ensaio de percussão.



Figura 9 - Realização do ensaio de percussão.

Após o ensaio de percussão foi elaborado um croqui detalhado do piso onde foi apontado todos os pontos que apresentaram som cavo, como apresenta na figura 10.



Figura 10 – Croqui que detalha todos os pontos que apresentaram som cavo.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

2.2.2 Extração e rompimento de testemunhos de corpos de prova

Orientando-se pelo croqui elaborado pelo ensaio de percussão, optou-se pela extração de 8 testemunhos, sendo 4 em áreas que apresentaram sons cavos e 4 em áreas que não apresentaram este som, sendo que 2 desses testemunhos extraídos estavam localizados no piso que foi executado como medida corretiva, 1 na área com som cavo e 1 na área sem som cavo. Para a extração foi utilizada uma máquina perfuratriz com broca diamantada de 100 mm conforme NBR 7680/2015 e para o rompimento utilizou-se uma prensa hidráulica PCE100, de acordo com a NBR 5739/2007. Como parte dos corpos de prova extraídos estavam com as camadas separadas, não foi possível realizar o rompimento dos mesmos, sendo assim foram rompidos apenas os 3 testemunhos que estavam inteiros.

A figura 11 retrata o testemunho extraído das áreas que apresentaram sons cavos e a figura 12 representa o testemunho das áreas que não apontaram tal som. Já nas figuras 14 e 15 é notório que a forma de ruptura do corpo de prova começou na interface entre as camadas, mostrando assim a falta de ponte de aderência.



Figura 11 - Extração de testemunho de corpo de prova.



Figura 12 - Testemunho de áreas com som cavo.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459



Figura 13 - Testemunho de áreas sem som cavo.



Figura 14 - Rompimento dos testemunhos com a utilização da prensa hidráulica.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459



Figura 15 - Rompimento de testemunho.



Figura 16 - Rompimento de testemunho.

3. ANÁLISE DE DADOS E RESULTADOS

As patologias encontradas foram subdivididas de acordo com o grau de risco que oferecem para a edificação, a seus usuários e ao meio ambiente, os mesmos são classificados em:

- Crítico: Quando há perda excessiva de desempenho causando possíveis paralisações provocando danos contra a saúde e segurança das pessoas e/ou meio ambiente, aumento de custo, comprometimento da vida útil e desvalorização acentuada.
- Regular: Pode ocasionar a perda de funcionalidade sem prejuízo à operação direta de sistemas, perda pontual de desempenho, deterioração precoce e pequena desvalorização.
- Mínimo: Pode provocar pequenos danos à estética ou atividade programável e planejada, sem incidência ou sem a probabilidade de ocorrência dos riscos críticos e regulares, além de baixo ou nenhum comprometimento do valor imobiliário.

Conforme a elaboração do croqui realizado após o ensaio de percussão, observou-se que o piso da garagem apresenta sons cavos de maneira generalizada em toda a área. Além disso, após a extração dos testemunhos, figura 16, constatou-se as diferenças de espessuras entre as camadas de concreto, sendo assim pode-se atestar que os materiais utilizados em

cada camada são distintos, pois há diferença na granulometria dos agregados graúdos e a diferença de coloração atesta que as camadas foram executadas em momentos diferentes, como visto na figura 17.



Figura 17 - Testemunho de área com som cavo.



Figura 18 - Testemunho de área sem som cavo.

Analisando os testemunhos extraídos das áreas onde o som era cavo fica evidente que não houve adesão entre as duas camadas, pois ao retirar os mesmos da perfuratriz as camadas estavam separadas. Em apenas um testemunho de onde o som não era cavo foi detectada a má adesão das camadas. Em alguns testemunhos foram encontrados vestígios de solo entre as camadas, o que demonstra que não foi feita a limpeza necessária para a preparação da ponte de aderência entre as duas divisões de concreto.

Nos testemunhos extraídos das áreas com piso novo foi observado que a camada inferior, mais antiga, foi mantida e apenas a camada superior foi reexecutada. Ambas as camadas das áreas de piso novo apresentaram as mesmas características e patologias do restante da garagem. Durante a inspeção visual dos testemunhos foi certificado que existia armadura de aço em ambas as camadas. Todavia, principalmente no piso inferior, a altura da armadura variava de um testemunho para o outro, ora em cima, ora em baixo e ora no meio da camada, em alguns casos sem nenhum cobrimento, mostrando que não foram utilizados espaçadores para manter a altura de cobrimento, que seria necessária para garantir a proteção das barras de aço contra a corrosão.

4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Por intermédio da inspeção de dados obtidos nos ensaios efetuados apurou-se, que as manifestações patológicas de trincas/fissuras e desplacamento existentes no piso da garagem estão relacionadas à má aderência entre as camadas, dado que, não é ideal a realização da concretagem de duas camadas em momentos diversos, sendo pertinente a execução de uma única camada de concreto, além de não ter sido realizado a limpeza necessária para a preparação da ponte de aderência. De maneira geral, o agravamento dessas patologias pode ser atribuído a vícios construtivos de execução ou pela falta de um projeto detalhado com as descrições técnicas necessárias para a execução do piso.

O risco da patologia em questão foi caracterizado como regular, pois não apresenta riscos contra a saúde e segurança dos usuários e/ou o meio ambiente, entretanto demonstra perda total de desempenho, deterioração precoce e pequena desvalorização do imóvel.

Perante o parecer realizado, sugere-se a demolição de todo o piso existente, recompactação do solo ou a retirada do solo antigo e compactação de um novo, aplicação de camadas separadora através de filme PVC (lona plástica), utilização de malha de aço dupla de pelo menos 4,2 mm de diâmetro com espaçadores e a concretagem e polimento de um novo piso, afim de entregar aos usuários o mesmo desempenho que é observada no restante da edificação. Vale ressaltar a importância da execução de maneira correta das juntas de dessolidarização e de movimentação.

A base do desempenho dos concretos reforçados com fibras está no papel exercido pela ponte de transferência de tensão pelas fissuras. No concreto simples uma fissura representa uma barreira à propagação de tensões, o que causa uma concentração de tensões na extremidade da fissura. O trabalho de ponte de transferência de tensão de tração que a fibra realiza através das fissuras no concreto é um mecanismo muito interessante de aumento de energia associada à ruptura do material e à restrição à desenvolvimento das fissuras. Dessa forma, aconselha-se a aplicação de fibras no concreto a ser usado para a execução do novo piso, visto que as fibras diminuem a velocidade de alastramento das fissuras e o concreto passa a ter um comportamento dúctil e aumenta a sua resistência à tração.

5. REFERÊNCIAS

[1] Pini. “Quais as causas de fissuras em concreto?”, Revista Pini, 2010.
[2] Tarr, S. M.; Farny, J. A., “Concrete Floors on Ground”, Portland Cement Association, Skokie, Illinois, U.S.A., 2008, 256 p.
[3] Marek Filho, C. A. M.; Vanderlei, R. D., “Estudo das ligações entre concretos de diferentes propriedades solicitados à flexão pura”, I Seminário de Engenharia Urbana da Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2007, pp. 163-173.
[4] Associação Brasileira de Normas Técnicas, “NBR 13752 – Perícias de engenharia na construção civil”, 1996, 8 p.
[5] Associação Brasileira de Normas Técnicas, “NBR 7880-1 (Versão Corrigida: 2015) – Concreto – Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estruturas de concreto. Parte 1: Resistência à compressão axial”, 2015, 27 p.
[6] Associação Brasileira de Normas Técnicas, “NBR 5739 – Concreto – Ensaios de compressão de corpos-de-prova cilíndricos”, 2007, 9 p.