



Estudo das Manifestações Patológicas do Prédio de Laboratórios da UNIVASF – Campus Juazeiro-BA com a Metodologia GDE/UnB

Tiago G. Souza¹, Nailde A. Coelho¹

¹Colegiado de Engenharia Civil – Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF) – Campus Juazeiro-BA – Brasil

tiagogs008@gmail.com, nailde.coelho@univasf.edu.br

Abstract. *Pathologic manifestations in concrete structures are common and must be treated to avoid irreversible damages. However, inspections and interventions are usually only realized when the structure is already in an advanced stage of deterioration. Therefore, the objective of this work is to analyze the pathological manifestations presented by the reinforced concrete structure of the UNIVASF laboratories block - Campus Juazeiro-BA. For this, the Methodology of UnB was used, and damages found were quantified. Thus, a full inspection of this structure has been executed. In conclusion, the results were satisfactory, and they suggest the necessity for a new inspection and possible intervention within two years.*

Resumo. *Manifestações patológicas em estruturas de concreto são muito comuns e devem ser tratadas para evitar danos irreversíveis. Porém, vistorias e intervenções, muitas vezes, só são realizadas quando a estrutura já se encontra em estado avançado de deterioração. Com isso, o objetivo do presente trabalho é analisar as manifestações patológicas apresentadas pela estrutura de concreto armado do prédio de laboratórios da UNIVASF - Campus Juazeiro-BA, por meio da Metodologia GDE/UnB, quantificando os danos encontrados. Para isso, realizou-se uma vistoria minuciosa dessa estrutura. E concluiu-se que os resultados foram satisfatórios e indicam a necessidade da realização de uma nova vistoria e possível intervenção em até 2 anos.*

1. Introdução

O concreto, amplamente utilizado na construção civil, é considerado o material mais consumido no mundo, excetuando a água. Na pesquisa mais recente sobre consumo de concreto no Brasil, realizada em parceria pela Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) e a e8 inteligência UBM Brazil, estimou-se que as concreteiras produziram cerca de 51 milhões de m³ no ano de 2012 (ABCP, 2013).

Por apresentar vantagens como economia, flexibilidade, boa resistência, baixo custo de manutenção e elevada durabilidade frente a outros sistemas construtivos, o concreto é um material bastante utilizado nas estruturas de edificações, sendo o concreto armado sua aplicação mais comum.

Apesar de proporcionarem sensação de segurança e conforto aos usuários, contrariando o senso comum, as estruturas de concreto não possuem “durabilidade ilimitada”. Com o passar do tempo, sofrem degradação, expressa por surgimento de manifestações patológicas, devido à agressividade do meio ambiente.



A má utilização das edificações e a falta de manutenção estrutural são fatores que amplificam os problemas e culminam em uma degradação precoce da estrutura. Esse fato evidencia a importância do manual de uso, operação e manutenção da edificação, preconizado pela NBR 14037 (ABNT, 2011), e da elaboração de um programa de manutenção estrutural, de acordo com os procedimentos da NBR 5674 (ABNT, 2012).

Erros, e até negligência, ocorridos em uma das três fases ou etapas da construção – concepção, execução e utilização, quando não tratados ou solucionados, podem desencadear problemas patológicos que levam a edificação a uma situação crítica de esgotamento estrutural. E acidentes que envolvem essa condição de colapso estrutural em edifícios podem, além de prejuízo financeiro, resultar na perda de muitas vidas.

Uma dessas ocorrências se deu em outubro de 2019, quando o Edifício Andrea de sete andares com 13 apartamentos, localizado em área nobre de Fortaleza - CE, desabou, deixando nove mortos e sete feridos, de acordo com a matéria de Freitas et. al (2019). Segundo esta fonte, entre as causas do colapso, apontadas pelo laudo da Polícia Civil e da Perícia Forense do Estado do Ceará PEFOCE, destaca-se a falta de manutenção adequada da estrutura ao longo da sua existência.

Com isso, além da fiel execução do projeto estrutural, as estruturas de concreto necessitam de inspeções e manutenções periódicas, durante a fase de utilização, a fim de garantir a vida útil de projeto. A inexistência de inspeções que sirvam para direcionar um plano de manutenções pode desencadear problemas graves e muitas vezes, em situações extremas, levar à ruína da edificação.

Neste contexto, o presente trabalho tem por objetivo avaliar, mediante investigação prática, as manifestações patológicas surgidas na estrutura de concreto armado do prédio dos laboratórios da Universidade Federal do Vale do São Francisco - UNIVASF, Campus Juazeiro-BA, que vêm trazendo preocupação e receio aos usuários do local quanto à segurança da edificação.

Para auxiliar essa investigação, optou-se pela utilização da Metodologia GDE/UnB, que quantifica o grau de deterioração das estruturas de concreto, devido a sua eficiência comprovada em análises de manifestações patológicas de estruturas de concreto.

Dessa forma, os resultados desta pesquisa refletem a realidade da situação problemática encontrada e trazem respostas quanto à segurança da edificação. Além disso, permitem à instituição uma orientação quanto à elaboração de um futuro programa de manutenção estrutural do prédio.

2. Durabilidade, vida útil, desempenho, danos e manutenção

No passado, nem sempre havia preocupação com o envelhecimento das estruturas de concreto armado, pois acreditava-se que esse material manteria sua integridade ao longo de sua vida útil. Esse pensamento ainda se reverbera entre as pessoas com menos conhecimento sobre o assunto, o que pode implicar em má utilização da edificação, um dos fatores que contribuem para a degradação precoce das estruturas.

Com o passar do tempo, ficou evidente que o concreto, assim como qualquer outro material, sofre degradação devido à agressividade do meio ambiente. E essa questão vem se tornando alvo de inúmeros estudos potencializados pelo surgimento de novas



tecnologias que auxiliam no conhecimento e no melhoramento das propriedades do concreto.

Parâmetros como a durabilidade e a vida útil das estruturas de concreto passaram a ser tratados em normas e boletins técnicos brasileiros. Como exemplo, tem-se a norma de desempenho das edificações habitacionais, NBR 15575 (ABNT, 2013), que preconiza conceitos como durabilidade dos sistemas e manutenibilidade da edificação.

A norma NBR 6118 (ABNT, 2014), referente a projetos de estruturas de concreto, conceitua a durabilidade de uma estrutura como “a capacidade de a estrutura resistir às influências ambientais previstas e definidas em conjunto pelo autor do projeto estrutural e pelo contratante, no início dos trabalhos de elaboração do projeto”.

Atrelado ao conceito de durabilidade, tem-se o conceito de vida útil de uma estrutura, que corresponde ao tempo no qual a estrutura apresenta durabilidade, e, portanto, ainda se encontra útil à finalidade para a qual foi projetada. Logo, é razoável afirmar que quanto maior a durabilidade de uma estrutura, maior será sua vida útil.

A ideia de vida útil dá origem ao parâmetro Vida Útil de Projeto (VUP), que consiste, segundo a NBR 15575 (ABNT, 2013), no período estimado de tempo no qual se espera que um sistema mantenha as características originais de projeto, sem intervenções significativas, quando observado o programa de manutenção previsto no manual de operação, uso e manutenção. A saber, a VUP mínima para estruturas de edificações habitacionais, estabelecida por esta norma, deve ser de 50 anos.

Souza e Ripper (1998) apresentam o desempenho como “o comportamento em serviço de cada produto, ao longo da vida útil, e a sua medida relativa espelhará, sempre, o resultado do trabalho desenvolvido nas etapas de projeto, construção e manutenção”.

Os erros nas fases de projeto e execução, a má utilização e a falta de manutenção podem levar a estrutura a ter uma perda de durabilidade, propiciando o surgimento de problemas patológicos que causam danos à estrutura e reduz seu desempenho.

Castro (1994) enfatiza que, “para analisar o desempenho estrutural e as causas dos problemas patológicos de uma estrutura de concreto armado, deve-se observar a estrutura em sua totalidade, o que significa compreendê-la em três momentos distintos, a saber: planejamento, execução e utilização”.

Para manter o desempenho da estrutura em um nível favorável, é de grande importância que haja a elaboração de um programa de manutenção, definido pela NBR 5674 (ABNT, 2012), referente a manutenção de edificações, que determine as atividades essenciais de manutenção, sua periodicidade, os responsáveis pela execução, documentos de referência, referências normativas e recursos necessários.

E quanto antes os danos em uma estrutura forem tratados, menores os custos dispendidos em uma ação preventiva/corretiva para saná-los ou minimizá-los. Segundo a “Lei dos cinco” ou “Lei dos custos” criada por W. Sitter em 1983 (FONSECA, 2007), os custos de intervenção crescem em função do grau de deterioração e segundo uma progressão geométrica de razão cinco.

3. Metodologia GDE/UnB

A Metodologia GDE/UnB, ou simplesmente Metodologia GDE, foi desenvolvida por Castro (1994), por meio do Programa de Pós-graduação em Estruturas e Construção Civil

do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Brasília (UnB), com o intuito de contribuir para a manutenção estrutural de edificações usuais.

A Metodologia GDE tem por objetivo estabelecer uma quantificação para o grau de deterioração dos elementos estruturais isolados e da estrutura como um todo, baseando-se em parâmetros que consideram as manifestações mais frequentes de danos, sua evolução e a influência do meio ambiente em que a estrutura está inserida (CASTRO, 1994).

O procedimento baseia-se, também, na realização de inspeções periódicas na estrutura de concreto por engenheiros e técnicos com experiência na área, com o objetivo de verificar o desempenho dos elementos estruturais nos aspectos de segurança, funcionalidade e estética (CASTRO, 1994).

Posteriormente, a metodologia recebeu adaptações efetuadas por Lopes (1998), Boldo (2002), Fonseca (2007), Euqeres (2011) e Verly (2015), sendo que os dois últimos a modificaram para permitir a aplicabilidade em estruturas de pontes e viadutos, respectivamente.

A versão a ser utilizada e descrita no presente trabalho será a de Fonseca (2007), por ser a mais atual dentre as versões aplicáveis a estruturas de concreto de edificações, e por ter apresentado resultados satisfatórios em suas aplicações.

A aplicação da Metodologia GDE é realizada a partir do fluxograma da Figura 1, a seguir, que contém as etapas a serem seguidas de forma sequencial.



Figura 1. Fluxograma para avaliação do grau de deterioração de estruturas de concreto da Metodologia GDE/UnB (Boldo, 2002 – editado).

Nas subseções seguintes, serão descritos os parâmetros e formulações a serem empregados na aplicação do fluxograma acima, conforme Fonseca (2007).



3.1. Divisão em famílias de elementos típicos

A divisão em famílias de elementos típicos consiste em agrupar os elementos que possuem a mesma função estrutural, podendo ser classificados em:

- Pilares;
- Vigas;
- Lajes;
- Escadas/Rampas;
- Cortinas (muros de arrimo, paredes de contenção);
- Reservatórios superior e inferior;
- Blocos de fundação;
- Juntas de dilatação;
- Elementos de concreto de composição arquitetônica.

Para cada família de elementos são pré-selecionados os possíveis danos que deverão ser avaliados, conforme a Tabela B (Elementos estruturais e fatores de ponderação) do Roteiro de Inspeção de Estrutura de Concreto elaborado por Clímaco e Nepomuceno (2009, p. 20 – 23).

3.2. Fator de ponderação (F_p)

O fator de ponderação expressa a importância, ou influência, que determinado dano representa, com relação a funcionalidade e estética do elemento. Esse fator pode variar de 0 a 5, e já é preestabelecido pela metodologia para cada tipo de dano, conforme a Tabela B (Elementos estruturais e fatores de ponderação) do Roteiro de Inspeção de Clímaco e Nepomuceno (2009, p. 20 – 23).

3.3. Fator de intensidade (F_i)

O fator de intensidade pode variar de 0 a 4, e tem a função de classificar, mediante inspeção, um determinado dano em função de seu estágio de evolução. Sua definição é realizada de acordo com a seguinte correlação apresentada por Fonseca (2007).

- Sem lesões – $F_i = 0$
- Lesões leves – $F_i = 1$
- Lesões toleráveis – $F_i = 2$
- Lesões graves – $F_i = 3$
- Estado crítico – $F_i = 4$

A Tabela A (Classificação dos danos e fatores de intensidade) do Roteiro de Inspeção de Clímaco e Nepomuceno (2009, p. 18 – 19), apresenta uma classificação, com descrição sucinta, dos danos mais frequentes e seus respectivos fatores de intensidade.

3.4. Grau do dano (D)

O grau do dano é calculado a partir dos fatores de ponderação e intensidade de um determinado dano, e tem a função de quantificar a manifestação de cada dano no elemento. Para isso, utiliza-se a Equação 1.



$$D = \begin{cases} 0,8F_i F_p & \text{para } F_i \leq 2,0 \\ (12F_i - 28)F_p & \text{para } F_i \geq 3,0 \end{cases} \quad (1)$$

Onde:

- F_i = fator de intensidade;
- F_p = fator de ponderação.

3.5. Grau de deterioração do elemento (G_{de})

O grau de deterioração de um elemento é obtido a partir dos graus dos seus danos, de acordo com a Equação 2.

$$G_{de} = D_{m\acute{a}x} \left[1 + \frac{\sum_{i=1}^m D_{(i)} - D_{m\acute{a}x}}{\sum_{i=1}^m D_{(i)}} \right] \quad (2)$$

Onde:

- $D_{m\acute{a}x}$ = grau do dano máximo;
- $D_{(i)}$ = grau do dano de ordem 'i'.

Após a determinação do grau de deterioração do elemento, é possível classificá-lo, a partir do Quadro 1, em função do nível de deterioração, que traz as correspondentes ações a serem adotadas.

Quadro 1. Classificação do nível de deterioração de um determinado elemento (FONSECA, 2007).

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 longo prazo (máx. 2 anos).
Alto	50 – 80	Definir prazo/natureza para inspeção especializada detalhada. Planejar intervenção em médio prazo (máx. 1 ano).
Sofrível	80 – 100	Definir prazo/natureza para inspeção especializada detalhada. Planejar intervenção em curto prazo (máx. 6 meses).
Crítico	> 100	Inspeção especial emergencial. Planejar intervenção imediata.

3.6. Grau de deterioração da família de elementos (G_{df})

O grau de deterioração da família é calculado a partir dos graus de deterioração dos elementos com valores maiores ou iguais a 15, de forma a evidenciar os elementos mais danificados, utilizando-se a Equação 3.

$$G_{df} = G_{dem\acute{a}x} \sqrt{1 + \frac{\sum_{i=1}^m G_{de(i)} - G_{dem\acute{a}x}}{\sum_{i=1}^m G_{de(i)}}} \quad (3)$$

Onde:

- $G_{dem\acute{a}x}$ = grau de deterioração do elemento máximo;
- $G_{de(i)}$ = grau de deterioração do elemento de ordem 'i'.



3.7. Fator de relevância (F_r)

O fator de relevância de uma família expressa a importância relativa de uma determinada família com relação ao comportamento e ao desempenho da estrutura. Esse fator pode variar de 1 a 5, e é definido a partir da seguinte forma apresentada por Fonseca (2007).

- Elementos de composição arquitetônica – $F_r = 1,0$
- Reservatórios superiores – $F_r = 2,0$
- Escadas/rampas, reservatórios inferiores, cortinas, lajes secundárias, juntas de dilatação – $F_r = 3,0$
- Lajes, fundações, vigas secundárias, pilares secundários – $F_r = 4,0$
- Vigas e pilares principais – $F_r = 5,0$

3.8. Grau de deterioração da estrutura (G_d)

Para o cálculo do grau de deterioração da estrutura, deve-se levar em conta os fatores de relevância e os graus de deterioração das famílias. Para isso, utiliza-se a Equação 4.

$$G_d = \frac{\sum_{i=1}^m F_{r(i)} G_{df(i)}}{\sum_{i=1}^m F_{r(i)}} \quad (4)$$

Onde:

- $F_{r(i)}$ = fator de relevância da família de ordem 'i';
- $G_{df(i)}$ = grau de deterioração da família de ordem 'i'.

Analogamente aos elementos, após a determinação do grau de deterioração da estrutura, é possível classificá-la, a partir do Quadro 2, em função do nível de deterioração, que traz as correspondentes ações a serem adotadas.

Quadro 2. Classificação dos níveis de deterioração da estrutura (FONSECA, 2007).

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 longo prazo (máx. 2 anos).
Alto	50 – 80	Definir prazo/natureza para inspeção especializada detalhada. Planejar intervenção em médio prazo (máx. 1 ano).
Sofrível	80 – 100	Definir prazo/natureza para inspeção especializada detalhada. Planejar intervenção em curto prazo (máx. 6 meses).
Crítico	> 100	Inspeção especial emergencial. Planejar intervenção imediata.

4. Aplicação da Metodologia GDE/UnB no prédio de laboratórios da UNIVASF

O objeto de estudo do presente trabalho corresponde a uma edificação, conhecida por prédio dos laboratórios, localizada na Universidade Federal do Vale do São Francisco - UNIVASF, Campus Juazeiro-BA, com longitude 9° 24' 44.4" S e latitude 40° 30' 57.9" W.

Para aplicação da Metodologia GDE, foram utilizados o Roteiro de Inspeção elaborado por Clímaco e Nepomuceno (2009) e os projetos arquitetônico e estrutural da edificação, para nortear a inspeção. Além disso, utilizou-se uma câmera fotográfica (modelo *SAMSUNG - SMART CAMERA NX1000*) para realizar o registro fotográfico das manifestações patológicas, auxiliando nas análises dos danos causados aos elementos estruturais.

A inspeção ocorreu em agosto de 2020, e foram inspecionados 74 pilares, 29 vigas, 15 lajes, 1 escada e 1 junta de dilatação. E, com a finalidade de facilitar a identificação dos elementos, foram mantidas as nomenclaturas do projeto estrutural neste trabalho, com exceção da junta de dilatação que não foi definida em projeto, sendo aqui designada por JD, de acordo com o Quadro 3.

Quadro 3. Nomenclaturas dos elementos.

Elementos	Nomenclaturas
Pilares	P1 - P48
Pilares médios	PM1 - PM18
Pilares dos pórticos (função arquitetônica)	PP1 - PP8
Vigas	V1 - V23
Vigas da escada	VE
Vigas dos pórticos (função arquitetônica)	VP1 - VP5
Lajes nervuradas	F1 - F13
Lajes maciças	L1 - L2
Escada	E
Junta de dilatação	JD

Foi realizada apenas uma inspeção tátil-visual dos elementos para identificação das manifestações patológicas e o registro do local com imagens que serviram, também, para auxiliar na localização e na quantificação, como material de consulta pós-inspeção. Por isso, não foram mensuradas flechas de vigas e lajes, e as aberturas de fissuras. Também não foi detectada a atividade das fissuras. E, ainda, não foi realizado o ensaio com a fenolftaleína, para detectar a profundidade de carbonatação do concreto, por ser um ensaio parcialmente destrutivo, e não termos a permissão para utilizá-lo.

Os possíveis danos de carbonatação do concreto e corrosão de armaduras foram identificados pela presença de fissuras e manchas características, aquele por manchas esbranquiçadas e este por manchas alaranjadas. Além disso, a existência de corrosão de armaduras, mais simples de se identificar, na maioria das vezes, está atrelada à carbonatação do concreto, que baixa o pH do concreto a valores menores que 9, deixando-o em condições propícias ao mecanismo de oxirredução.

5. Resultados

Os danos encontrados na estrutura da edificação ocorrem em lajes e na junta de dilatação. Não se observou evidências da existência de manifestações patológicas típicas em pilares, vigas, fundações e escada, e por isso tais elementos não serão tratados nesta seção. Na Figura 4, é apresentado um esboço da planta de forma da estrutura, destacando com a cor laranja os elementos estruturais com ocorrência das anomalias identificadas.

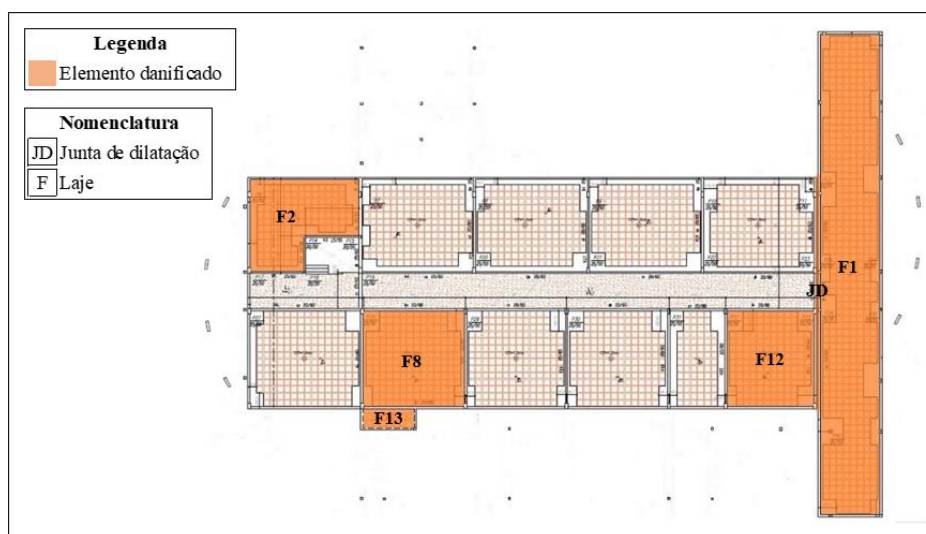


Figura 4. Elementos danificados.

Nas lajes destacadas acima, encontrou-se possível carbonatação do concreto, corrosão de armaduras, eflorescência, fissuras, infiltração de água e manchas. E, na junta de dilatação, encontrou-se obstrução da junta e umidade.

As anomalias mais relevantes e prejudiciais, que merecem maior atenção, ocorrem, basicamente, em virtude da drenagem ineficiente e má impermeabilização de lajes/pisos, da má definição e/ou execução da junta de dilatação, e da fissuração excessiva em lajes.

Quadro 4. Resumo da aplicação da Metodologia GDE/UnB.

FAMÍLIA	Elemento	Dano	Fp	Fi	D	Gde	Gdf	Fr	Fr.Gdf	Gd
LAJES	F1	Carbonatação do concreto	3	3	24,0	41,08	51,85	4	207,42	18,45
		Corrosão de armaduras	5	2	8,0					
		Eflorescência	2	3	16,0					
		Fissuras	4	2	6,4					
		Infiltração de água	3	3	24,0					
		Manchas	3	2	4,8					
	F2	Infiltração de água	3	2	4,8	7,20				
		Manchas	3	2	4,8					
	F8	Carbonatação do concreto	3	3	24,0	30,00				
		Corrosão de armaduras	5	2	8,0					
	F12	Carbonatação do concreto	3	1	2,4	8,35				
		Eflorescência	2	2	3,2					
		Fissuras	4	1	3,2					
		Infiltração de água	3	2	4,8					
F13	Carbonatação do concreto	3	3	24,0	30,00					
	Corrosão de armaduras	5	2	8,0						
JUNTAS DE DILATAÇÃO	J1	Obstrução	5	3	40,0	60,00	60,00	3	180,00	
		Umidade	5	3	40,0					
PILARES	-	-	-	-	-	-	5	-		
VIGAS	-	-	-	-	-	-	5	-		
ESCADAS	-	-	-	-	-	-	3	-		
ELEMENTOS DE CONCRETO DE COMPOSIÇÃO ARQUITETÔNICA	-	-	-	-	-	-	1	-		

Os cálculos dos danos, com todos os parâmetros utilizados e os resultados obtidos com as formulações da Metodologia GDE de acordo com as formulações apresentadas na seção 3, são mostrados no Quadro 4. O fator de ponderação F_p é tratado na subseção 3.2; o fator de intensidade F_i , na subseção 3.3; o grau do dano D , na subseção 3.4; o grau de deterioração do elemento G_{de} , na subseção 3.5; o grau de deterioração da família G_{df} , na subseção 3.6; o fator de relevância F_r , na subseção 3.7; o produto “ $F_r \cdot G_{df}$ ” e o grau de deterioração da estrutura G_d , na subseção 3.8.

A seguir, serão relatados os problemas encontrados nos elementos danificados, fazendo-se a apresentação dos graus dos danos, de deterioração dos elementos, de deterioração das famílias e de deterioração da estrutura, de acordo com o Quadro 4.

5.1. Lajes

As 15 lajes da estrutura analisada são do tipo nervuradas, com exceção de L1 e L2, que são maciças. Apenas as lajes F1, F2, F8, F12 e F13 apresentam danos, que serão descritos a seguir.

5.1.1. Laje F1

A laje F1 possui uma área com aproximadamente 240 m² e é constituinte de uma estrutura independente da estrutura interna ao galpão antigo, marcado pela presença da junta de dilatação JD. No térreo, essa laje abrange o hall de entrada, banheiros masculino e feminino, e parte do Laboratório de Mecânica dos Solos. E, na parte superior, há um espaço a céu aberto de acesso livre ao público e destinado à colocação de máquinas condensadoras (ares-condicionados).

O piso dessa laje apresenta vários indícios de acúmulo de água, como manchas escuras e o crescimento de vegetação, devido à drenagem insuficiente das águas pluviais. Há apenas um ralo para fazer a drenagem de toda essa área, que, aparentemente, não suporta a vazão de toda a água captada. E, aliado a isso, há o deslocamento cerâmico e a fissuração do piso (Figura 5 a), culminando em problemas com a infiltração de água.

Há, também, a ocorrência de possível fissuração por flexão excessiva, identificada por sua posição perpendicular aos eixos das nervuras da laje, (Figura 5 b), e fissuração por variação térmica, devido à ausência de junta de dilatação em um vão de aproximadamente 42,50 m de comprimento. Essas fissuras acabam facilitando a percolação de água e o acesso de agentes agressivos ao interior do elemento.

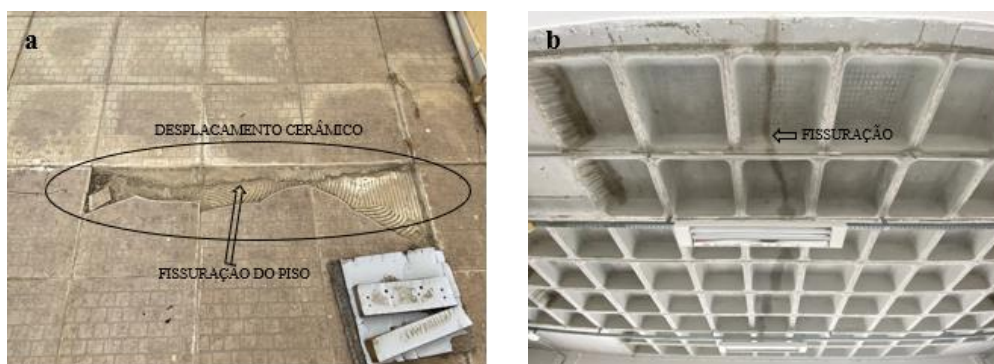


Figura 5. Laje F1 - a) deslocamento cerâmico e fissuração do piso na parte superior da laje; b) fissuração na parte inferior da laje.

Como consequência, essa laje apresenta possível carbonatação do concreto, corrosão de armaduras, eflorescência, infiltração de água e manchas. A situação é agravada na região dos banheiros (Figura 6 - a) e da câmara úmida do Laboratório de Mecânica dos Solos (Figura 6 - b), onde, por serem regiões mais úmidas, os processos de carbonatação e corrosão são intensificados em relação aos ambientes vizinhos.



Figura 6. Laje F1 - a) infiltração de água; b) corrosão de armadura e eflorescência.

Assim, o grau de deterioração obtido para a laje F1 foi de 41,08, conforme mostrado no Quadro 4, e corresponde a um nível de deterioração médio. Segundo a Metodologia GDE, para esse nível, é recomendável definir prazo e natureza de nova inspeção, e planejar intervenção em longo prazo, em no máximo 2 anos.

5.1.1. Laje F2

A laje F2 apresenta aproximadamente 68 m², e corresponde, no térreo, a parte do Laboratório de Processos Químicos e, no mezanino (parte da estrutura interna ao galpão), aos banheiros masculino e feminino.

No banheiro masculino, foi constatada uma deficiência na drenagem devido a um problema de nivelamento do piso, causando acúmulo de água (Figura 7 - a) e sua consequente infiltração, evidenciada por mancha escura no forro de gesso do Laboratório de Processos Químicos (Figura 7 - b).

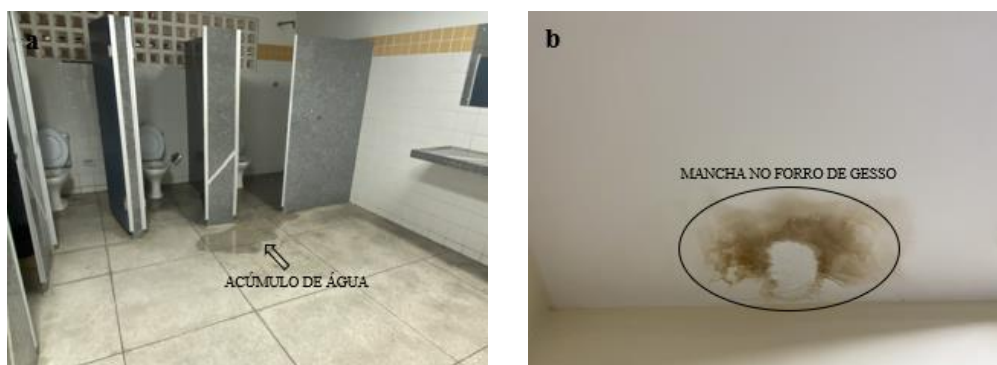


Figura 7. Laje F2 - a) acúmulo de água na parte superior da laje; b) mancha no forro de gesso na parte inferior da laje.

Devido ao forro de gesso, não foi possível avaliar possíveis danos como carbonatação do concreto, corrosão de armaduras, eflorescência e fissuras. Os problemas identificáveis foram, somente, infiltração de água e manchas. E para uma melhor caracterização desta laje seria necessária a remoção do gesso, a qual não foi autorizada.

Com isso, para a laje F2, foi encontrado um nível de deterioração baixo, com $G_{de} = 7,20$, conforme mostrado no Quadro 4, implicando em uma situação aceitável, com recomendação de manutenção preventiva. Como o grau de deterioração do elemento foi menor que 15, não influenciará no grau de deterioração da família das lajes.

5.1.1. Lajes F8 e F13

A câmara úmida do Laboratório de Materiais de Construção tem uma área com cerca de 18 m², compreendendo a laje F13 e parte da laje F8. Essas duas lajes serão tratadas simultaneamente por sofrerem dos mesmos danos e na mesma intensidade, além de estarem no mesmo ambiente.

Nessas lajes foi encontrada incidência de carbonatação do concreto e corrosão de armaduras (Figura 8), fato justificado pelo agravamento proporcionado pelo excesso de umidade presente nesse tipo de ambiente.



Figura 8. Laje F8 - corrosão de armadura e carbonatação do concreto.

Logo, foi obtido, para os dois elementos, um grau de deterioração de 30,00, conforme mostrado no Quadro 4, correspondendo a um nível de deterioração médio, sendo recomendável definir prazo e natureza de nova inspeção, e planejar intervenção em longo prazo, em no máximo 2 anos.

5.1.1. Laje F12

A laje F12, Figura 9, possui aproximadamente 67 m² e, no térreo, corresponde a parte do Laboratório de Mecânica dos Solos, e, no mezanino, a parte do Laboratório de Pesquisas de Engenharia Civil.



Figura 9. Laje F12 - fissuração, carbonatação do concreto e eflorescência.

Nesta laje, encontrou-se possível carbonatação do concreto, eflorescência, fissuras, infiltração de água e manchas. A Figura 9 apresenta um processo de carbonatação e lixiviação do concreto que acompanham fissuras, havendo, aparentemente, percolação de água.

Desse modo, para a laje F12, foi encontrado um nível de deterioração baixo, com $G_{de} = 8,35$, conforme mostrado no Quadro 4, indicando um estado aceitável e recomendando manutenção preventiva. Com o $G_{de} < 15$, o elemento não influenciará no G_{df} das lajes.

5.2. Junta de dilatação JD

A junta de dilatação JD não está detalhada no projeto estrutural e separa a estrutura analisada em duas partes: a parte interna ao galpão, o mezanino, e a parte externa, que corresponde à laje F1, conforme mostrado nas Figuras 3 e 4.

Devido à não especificação em projeto, observa-se que houve um problema executivo: a junta foi suprimida pela colocação de cerâmica na parte superior da laje (Figura 10 - a), ocasionando um funcionamento ineficiente, pois não há a liberdade de movimentação das partes da estrutura.

Além disso, o material de enchimento encontra-se em más condições, sem flexibilidade e se desfazendo (Figura 10 - b), o que compromete a impermeabilidade do local, ocasionando infiltração de água e culminando na ocorrência de grandes manchas de umidade e deterioração de alvenaria e esquadrias nos ambientes inferiores.

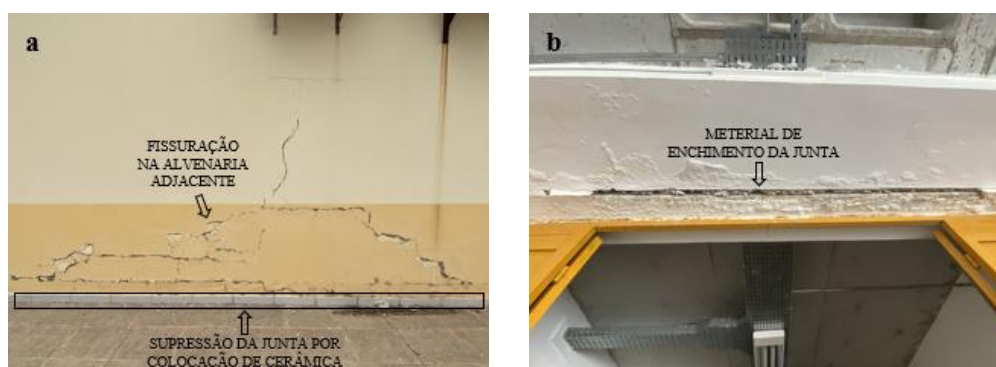


Figura 10. Junta de dilatação JD - a) fissuração da alvenaria adjacente e supressão da junta na parte superior da junta; b) degradação do material de enchimento na parte inferior da junta.

Por isso, o grau de deterioração calculado foi de 60,00, conforme mostrado no Quadro 4, indicando um nível de deterioração alto, o maior entre todos os elementos. Para esse nível, recomenda-se definir prazo para inspeção especializada e planejar intervenção em médio prazo, em no máximo 1 ano.

5.3. Grau de deterioração da estrutura (G_d)

Com os graus de deterioração de todos os elementos obtidos, calculou-se o grau de deterioração das famílias de lajes e juntas de dilatação, encontrando-se 51,85 e 60,00, respectivamente, os quais são exibidos no Quadro 4. As demais famílias terão seus graus de deterioração nulos para efeito de cálculo do grau de deterioração da estrutura, uma vez que não apresentaram elementos problemáticos.



A partir dos graus de deterioração das famílias, calculou-se um G_d de 18,45, de acordo com o Quadro 4, caracterizando um nível médio de deterioração da estrutura, implicando, conforme a Metodologia GDE, em definir prazo e natureza de nova inspeção, e planejar intervenção em longo prazo, em no máximo 2 anos.

6. Conclusão

De acordo com a Metodologia GDE, a estrutura do prédio analisada encontra-se em um nível médio de deterioração, sendo necessária a realização de uma nova vistoria e possível intervenção a longo prazo, em no máximo dois anos. Porém, é importante analisar cada elemento individualmente e estar ciente de que a estabilidade global da estrutura é influenciada por cada um.

Os resultados indicam que não há risco iminente para a segurança estrutural do local, apesar dos problemas aqui relatados. Contudo, seria de grande importância uma inspeção diagnóstica mais aprofundada para sondar, com mais propriedade, os problemas encontrados, realizando-se ensaios como o de carbonatação do concreto, de deflexão em vigas e lajes e de atividade de fissuras, por exemplo.

Como foi possível verificar, as anomalias mais relevantes são agravadas pela presença de água. Recomenda-se uma inspeção em períodos chuvosos, pois há evidências de acúmulo e, conseqüente, fluxo de águas pluviais na laje F1, e infiltração de água pela junta de dilatação, JD, que não foi impermeabilizada adequadamente.

A priori, percebe-se a necessidade da realização de uma melhoria no sistema de drenagem e impermeabilização da laje F1, e um tratamento da junta de dilatação, JD, com remoção da cerâmica que a obstrui, substituição do material de enchimento e sua devida impermeabilização.

Não há indícios da realização de ações preventivas que viessem a evitar ou amenizar os problemas encontrados na estrutura, de modo que, evidentemente, se fazem necessárias intervenções corretivas. Ressalta-se a importância da adesão a uma rotina de vistorias periódicas que venham a detectar ou prever possíveis danos à estrutura, possibilitando a prevenção de possíveis problemas, sem que haja um comprometimento significativo da integridade dos elementos estruturais. Uma manutenção corretiva é significativamente mais onerosa que uma manutenção preventiva.

Assim, a Metodologia GDE mostrou-se ser uma ferramenta útil para análise das manifestações patológicas da estrutura de concreto em questão. Os resultados obtidos com sua aplicação, apesar das restrições encontradas, foram satisfatórios, condizentes com a realidade observada, e retratam a gravidade da situação patológica da estrutura da edificação, visando nortear um planejamento para prevenção e reparos, de modo a proporcionar durabilidade e vida útil à estrutura.

Agradecimentos

Agradeço ao CNPq pelo apoio financeiro, ao colegiado de Engenharia Civil, à INFRA e à COEF da UNIVASF por dispor e colaborar com os meios necessários para realização do estudo.



Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. (2013) “Pesquisa inédita e exclusiva revela cenário do mercado brasileiro de concreto”, <https://bityli.com/iwIGk>, Abril, 2022.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118 (2003) “Projeto de estruturas de concreto — Procedimento”. Rio de Janeiro, 1ª edição.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14037 (2011) “Diretrizes para elaboração de manuais de uso, operação e manutenção das edificações — Requisitos para elaboração e apresentação dos conteúdos”. Rio de Janeiro, 1ª edição.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5674 (2012) “Manutenção de edificações — Requisitos para o sistema de gestão de manutenção”. Rio de Janeiro, 2ª edição.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575-1 (2013) “Edificações habitacionais — Desempenho: Requisitos gerais”. Rio de Janeiro, 4ª edição.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575-2 (2013) “Edificações habitacionais — Desempenho: Requisitos para os sistemas estruturais”. Rio de Janeiro, 4ª edição.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118 (2014) “Projeto de estruturas de concreto — Procedimento”. Rio de Janeiro, 3ª edição.
- Boas, E., Silva, R., Alves, T., Silva, V., Costa, Y., Nascimento, M. e Ferreira, S. (2018) “Aplicação de Metodologia GDE/UnB em uma edificação habitacional: Estudo de caso em Águas Lindas de Goiás – GO”, In: Congresso Brasileiro do Concreto, Foz do Iguaçu, 60. ed., <https://bityli.com/eHG9W>, Agosto, 2021.
- Boldo, P. (2002) “Avaliação quantitativa de estruturas de concreto armado de edificações no âmbito do Exército Brasileiro”, Dissertação: Mestrado em Estruturas e Construção Civil – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília.
- Castro, E. (1994) “Desenvolvimento de metodologia para manutenção de estruturas de concreto armado”, Dissertação: Mestrado em Estruturas – Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília.
- Clímaco, J. e Nepomuceno, A. (2009) “Metodologia GDE/UnB: classificação de danos e avaliação da deterioração de estruturas de concreto”, Roteiro de Inspeção de Estrutura de Concreto, Universidade de Brasília, Brasília.
- Euqueres, P. (2011) “Metodologia de inspeção de pontes de concreto armado”, Dissertação: Mestrado em Engenharia Civil – Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia.
- Fonseca, R. (2007) “A estrutura do Instituto Central de Ciências da UnB: aspectos históricos e tecnológicos de projeto, execução, intervenções e propostas de manutenção”, Dissertação: Mestrado em Estruturas e Construção Civil – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília.



- Freitas, C., Xerez, G. e Almeida, V (2019), “Prédio residencial desaba em Fortaleza e deixa feridos”, Portal G1 Ceará, <https://bityli.com/EsBZS>, Maio, 2021.
- Lopes, B. (1998) “Sistema de manutenção predial para grandes estoques de edifícios: estudo para inclusão do componente “estrutura de concreto””, Dissertação: Mestrado em Estruturas – Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília.
- Verly, R. (2015) “Avaliação de metodologias de inspeção como instrumento de priorização de intervenções em obras de arte especiais”, Dissertação: Mestrado em Estruturas e Construção Civil – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília.
- Silva, D., Coelho, N. e Lima, A. (2014) “Análise de patologia predial e apresentação de solução técnica”, In: Congresso Brasileiro do Concreto, 56. ed, <https://bityli.com/cJeMrj>, Abril, 2022.
- Souza, V. e Ripper, T. (1998) “Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto”, editora Pini, São Paulo, 1ª edição.