https://doi.org/10.4322/CBPAT.2022.086

Congresso Brasileiro de Patologia das Construções

CRITÉRIOS QUANTITATIVOS DO MÉTODO GDE: SIMULAÇÕES E AVALIAÇÕES

Naurienni Dutra Freitas[1]*, Charlei Marcelo Paliga[2]; Ariela da Silva Torres[3].
naurienni@gmail.com

[1] Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Pelotas, Brasil
[2] Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Pelotas, Brasil
[3] Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Pelotas, Brasil

RESUMO

Decorrentes de falhas de projeto, execução ou da interação da estrutura com ambiente, assim como os seres humanos, as edificações estão sujeitas às doenças oriundas das ações do tempo e de utilização. Contudo, com o crescente desenvolvimento da Engenharia Civil, novas pesquisas são realizadas com o intuito de aumentar a durabilidade das edificações. Assim, sob a ótica da avaliação da influência dos fatores quantitativos utilizados na mensuração do estado de degradação de estruturas, essa pesquisa se propõe a determinar o nível de degradação de uma viga de concreto armado utilizando o método do Grau de Deterioração Estrutural (GDE), a partir de diferentes adaptações, dado o método como uma ferramenta de apoio para avaliação das condições estruturais frente à presença dos danos recorrentes nesse sistema. Além do método, para a quantificação dos danos presentes, foi utilizado o mapa de danos, recurso gráfico amplamente utilizado em pesquisas voltadas ao estudo de degradação de diferentes sistemas. Com a adaptação proposta por Fonseca (2007), obteve-se um Gde de 14,78 (baixo) e Gde de 38,39 (médio) utilizando-se danos mínimos e máximos respectivamente, e acrescentando-se o mapa de danos, o valor encontrado foi de 14,98 (baixo). Com a utilização da situação de danos proposta na pesquisa, Gde assumiu um valor de 35,57(médio). A partir de simulações, os meios de determinação de fatores utilizados no método GDE foram questionados, sugerindo-se adaptações que levem a resultados fidedignos e condizentes à realidade das edificações avaliadas.
Palavras-chave: tecnologia em arquitetura; método GDE; degradação; métodos de avaliação; concreto armado

ABSTRACT

Resulting from project and execution failures or from the interaction of the structure with the environment, just like human beings, buildings are subject to diseases resulting from the actions of time and use. However, with the growing development of Civil Engineering, new research is being carried out with the aim of increasing the durability of buildings. Thus, from the point of view of evaluating the influence of quantitative factors used to measure the degradation state of structures, this research proposes to determine the degradation level of a reinforced concrete beam using the method of the Structural Deterioration Degree (SDG), from different adaptations, given the method as a support tool for evaluating the structural conditions in face of the presence of recurrent damage in this system. In addition to the method, for the quantification of the damage present, the damage map was used, a graphic resource widely used in research focused on the study of the degradation of different systems. With the adaptation proposed by Fonseca (2007), we obtained a Gde of 14.78 (low) and Gde of 38.39 (medium) using minimum and maximum damages respectively, and adding the damage map, the value found was 14.98 (low). Using the damage situation proposed in the research, Gde assumed a value of 35.57(medium). From simulations, the means of determining factors used in the GDE method were questioned, suggesting adaptations that lead to reliable results consistent with the reality of the buildings evaluated.
Keywords: technology in architecture; conservation; degradation; evaluation methods, reinforced concrete

1. INTRODUÇÃO

O processo de envelhecimento do corpo humano exige um conjunto de cuidados e artifícios que mantenham suas condições de vida e a prolonguem. Da mesma forma, em uma analogia com a saúde das edificações, a manutenção e o mapeamento de manifestações patológicas incidentes em diferentes sistemas construtivos são fundamentais para que prejuízos com seu uso e operação sejam evitados. Nos sistemas de concreto armado, tem-se no método do Grau de Deterioração Estrutural (GDE) uma ferramenta de apoio para avaliação das condições estruturais das edificações frente à presença dos danos recorrentes nesse sistema.

A espinha dorsal do método partiu de um estudo de Engenharia com inspeções realizadas por Klein et al. (1991) em pontes e viadutos do município de Porto Alegre/RS e regiões do entorno. As manifestações patológicas mais recorrentes foram registradas, mapeadas e acompanhadas para o controle de intensidade e evolução. O potencial de seu uso deu origem à uma adequação que consistia em substituir sistemas de pontes e viadutos por estruturas usuais de concreto armado.

Dessa forma, o procedimento foi adaptado por Castro (1994) culminando no método GDE, com aplicação em estruturas convencionais, sendo que sua aplicação possibilita a quantificação dos danos com o auxílio de tabelas com valores pré-determinados nas inspeções realizadas ao longo do desenvolvimento do método. Com isso, o método GDE se propõe a quantificar, numericamente, danos existentes, segundo a classificação, intensidade e relevância de cada elemento das estruturas de concreto armado.

Santos e Campos Neto et. al (2018) se propuseram a analisar e quantificar o grau de deterioração de um prédio da Universidade Estadual de Goiás a partir de duas adaptações GDE/UnB: de Boldo (2002) e Fonseca (2007), comparando os resultados obtidos. Já na pesquisa de Vilas Boas et. al (2018) um estudo de caso avaliou, a partir da metodologia GDE/UnB, a situação física da estrutura de concreto de uma edificação habitacional de três pavimentos em Águas Lindas de Goiás – GO, ressaltando a importância de investigações mais aprofundadas na determinação dos índices de quantificação da ação dos danos nos elementos.

Sendo assim, o objetivo desse estudo é questionar a sensibilidade do fator de intensidade utilizado no método frente aos resultados numéricos originários de critérios subjetivos e de critérios objetivos contidos nele, ou seja, o impacto desses fatores na quantificação do estado de degradação de sistemas estruturais em concreto armado.

2. MÉTODO GDE

Desenvolvido dentro do Programa de Pós-graduação em Estruturas e Construção Civil da Universidade de Brasília (UnB), na década de 1990, o método GDE, desde então, tem sido foco de variações e aperfeiçoamentos em pesquisas desenvolvidas, como os estudos de De Oliveira et. al (2018), Santos e Campos Neto (2018), Machado (2018), Galvão e Silva (2021), dentre outros.

A primeira etapa do método desenvolvido por Castro (1994) consiste no levantamento das manifestações patológicas durante inspeção predial. Logo em seguida, a estrutura é dividida em diferentes famílias de elementos. Os primeiros valores numéricos utilizados são atribuídos na próxima etapa, com os Fatores de ponderação (Fp) e Fatores de intensidade (Fi), sendo o Fator de ponderação pré-determinado no Caderno de Inspeção desenvolvido por Castro (1994) e o Fator de intensidade determinado pelo avaliador na realização da inspeção predial. Tais fatores dependem dos danos identificados e do elemento onde se manifestam.

Dessa forma, enquanto o Fp volta-se à relevância do elemento, o Fi volta-se à manifestação e suas intensidades. A relação entre os fatores de intensidade com os fatores de relevância constitui os Danos (D), cuja mensuração, em sua individualidade, permite a quantificação do grau de deterioração de cada elemento (Gde), que unidos constituem o grau de deterioração de cada família (Gdf) e, finalmente, somam grau de deterioração da estrutura global (Gd). Naturalmente, modificações no método foram realizadas por diferentes autores, contudo, sua raiz original vem sendo mantida. Dentre os estudos de aplicação do método voltados às edificações, a pesquisa de

Fonseca (2007) apresenta uma adaptação significativa dos fatores quantitativos utilizados no método, sendo base de pesquisas atuais.

As etapas da Metodologia GDE/UnB, adaptada por Fonseca (2007), seguem a seguinte sequência:

- ✓ 1 - Divisão da estrutura em famílias de elementos típicos;
- ✓ 2 - Consulta do Roteiro de Inspeção GDE/UnB, para cada elemento de uma família;
- ✓ 3 - Atribuição do fator de ponderação (Fp), referente à família de elementos, pré-fixado por dano;
- ✓ 4 - Atribuição do fator de intensidade (Fi), referente à intensidade dos danos, pós-vistoria;
- ✓ 5 - Cálculo do Grau do Dano (D);
- ✓ 6 - Cálculo do Grau de Deterioração do elemento (Gde);
- ✓ 7 - Cálculo do Grau de Deterioração da família de elementos (Gdf);
- ✓ 8 - Atribuição do Fator de Relevância Estrutural da família (Fr);
- ✓ 9 - Calcular o Grau de Deterioração da Estrutura (Gd).

2.1 Família de Elementos

O primeiro, e mais relevante item a ser analisado, são as propriedades estruturais dos elementos e seu agrupamento em famílias. Os grupos formados são especificados de acordo com Castro (1994) e adaptado por Fonseca (2007) para pilares, vigas, lajes, blocos, juntas de dilatação, cortinas, escadas e rampas, reservatórios superior e inferior e elementos de composição arquitetônica.

2.2 Fator de Ponderação

Fator pré-fixado, quantifica a importância do dano em um elemento que constitui uma família, seguindo um grau de prioridade. Esse fator considera a significância das famílias de elementos frente a cada dano e está diretamente relacionado às condições estéticas, de durabilidade e segurança estrutural dos elementos de uma família. A tabela 1 mostra, para cada família de elementos, seus danos possíveis e respectivos fatores de ponderação.

Tabela 1 – Famílias, danos e fatores de ponderação (Fp).

Danos /Famílias	Pilares	Vigas	Lajes
Carbonatação	3	3	3
Cobrimento deficiente	3	3	3
Contaminação por cloretos	4	4	3
Corrosão de Armadura	5	5	5
Desagregação	3	3	3
Desplacamento	3	3	3
Desvio de geometria	4	-	-
Eflorescência	2	2	2
Falhas de Concretagem	3	2	2
Fissuras	2 a 5	2 a 5	2 a 5
Flechas	-	5	5
Manchas	3	3	3
Recalque	5	-	-
Sinais de esmagamento	5	4	-
Umidade da base	3	-	-
Umidade	3	3	3

Fonte: Fonseca (2007), adaptado pelos autores

2.3 Fator de Intensidade

O fator de intensidade (Fi) é o parâmetro que classifica a intensidade e a gravidade de uma manifestação patológica, utilizando uma escala de 0 a 4, conforme apresentado na tabela 2.

Tabela 2 – Danos e fatores de intensidade (Fi).

Dano	Fator de intensidade (Fi)
Carbonatação	**1** – localizada, com algumas regiões com pH<9, sem atingir a armadura; **2**- localizada, atingindo a armadura, em ambiente seco; **3** – localizada, atingindo a armadura, em ambiente úmido; **4**- generalizada, atingindo a armadura, em ambiente úmido.
Cobrimento deficiente	**1** – menores do que previstos em norma, sem exposição da armadura; **2** – menores do que previstos em norma, permitindo localização visual e exposição da armadura em pequenas extensões; **3** – deficiente, com armadura exposta em extensões significativas.
Contaminação por cloretos	**2** – em elementos no interior sem umidade; **3** – em elementos no exterior sem umidade; **4** – em ambientes úmidos.
Corrosão das armaduras	**2** - manifestações leves; **3** - grandes manchas e/ou fissuras de corrosão; **4** - corrosão acentuada na armadura principal, com perda relevante de seção.
Desagregação	**2** - início de manifestação; **3** - manifestações leves; **4**- por perda acentuada de seção e esfarelamento do concreto;
Desvios de geometria	**2** - pilares e cortinas com excentricidade ≤ h/100 (h = altura) **3** - pilares e cortinas com excentricidade ≥ h/100
Desplacamento	**2** – pequenas escamações do concreto; **3** – lascamento de grandes proporções, com exposição da armadura; **4** – lascamento acentuado com perda relevante de seção.
Eflorescência	**1** - início de manifestação; **2** - manchas de pequenas dimensões; **3** - manchas acentuadas, em grandes extensões.
Fissuras	**1** - aberturas menores do que as máximas previstas em norma; **2** - estabilizadas, com abertura até 40% acima dos limites de norma; **3** - aberturas excessivas; estabilizadas; **4** - aberturas excessivas; não estabilizadas
Flechas	**1** - não perceptíveis a olho nu; **2** - perceptíveis a olho nu, dentro dos limites previstos em norma; **3** - superiores em até 40% às previstas na norma; **4** - excessivas.
Falha de concretagem	**1** - superficial e pouco significativa em relação às dimensões da peça; **2** - significante em relação às dimensões da peça; **3** - profunda em relação às dimensões da peça, com ampla exposição da armadura;**4** - perda relevante da seção da peça.
Manchas	**2** - manchas escuras de pouca extensão, porém significativas; **3** - manchas escuras de grande extensão (>50%); **4** - manchas escuras em todo o elemento estrutural (100%);
Recalque	**2** - indícios, pelas características de trincas na alvenaria; **3** - recalque estabilizado com fissuras em peças estruturais; **4** - recalque não estabilizado com fissuras em peças estruturais.
Sinais de esmagamento	**3** - desintegração do concreto na extremidade superior do pilar, causada por sobrecarga ou movimentação da superestrutura; fissuras diagonais isoladas; **4** - fissuras de cisalhamento bidiagonais, com intenso lascamento (esmagamento) do concreto devido ao cisalhamento e a compressão, com perda substancial de seção, deformação residual aparente; exposição e início de flambagem de barras da armadura.
Umidade da base	**3** - indícios de vazamento em tubulações enterradas que podem comprometer as fundações; **4** - vazamentos em tubulações enterradas causando erosão aparente junto às fundações.
Umidade	**1** - indícios de umidade; **2** – pequenas manchas; **3** – grandes manchas; **4** – generalizada.

Fonte: Fonseca (2007), adaptado pelos autores

2.4 Grau do Dano

Com os fatores anteriores determinados é possível estabelecer o Grau de Dano (D) de cada elemento estrutural. É calculado com a equação 1, para fatores de intensidade menores do que 2, e com a equação 2, para fatores de intensidade maiores do que 2.

$$D = 0{,}8Fi\ Fp, para\ Fi \leq 2{,}0 \quad (1)$$
$$D = (12Fi - 28)\ Fp, para\ Fi \geq 3 \quad (2)$$

Em que:

D: Dano de maior intensidade;

Fi: Fator de intensidade;

Fp: Fator de ponderação.

2.5 Grau de deterioração de um elemento

Nessa etapa, o nível de degradação do elemento estrutural, isoladamente, tem seu Grau de Deterioração do Elemento (Gde) determinado por meio da equação 3 e obtido através da definição do Grau do Dano (D).

$$Gde = Dmáx\left[1 + \frac{\sum_{i=1}^{m} D(i) - Dmáx}{\sum_{i=1}^{m} D(i)}\right] \quad (3)$$

Sendo:

$Dmáx$: Maior grau de dano no elemento;

$D(i)$: Grau de dano de ordem (i);

m: Número de danos detectados no elemento.

Uma vez determinado o Grau de deterioração de um elemento (Gde), é possível classificar em qual nível de deterioração se encontra determinado elemento, relacionando-se à respectiva ação a ser tomada, conforme a tabela 3.

Tabela 3– Classificação dos níveis de deterioração do elemento

Nível de deterioração	Gde	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. 2 anos)
Alto	50-80	Definir prazo/natureza para nova inspeção especializada detalhada. Planejar intervenção em curto prazo (máx. 1 ano)
Crítico	>80	Inspeção especial emergencial. Planejar intervenção imediata

Fonte: Fonseca (2007)

2.6 Grau de deterioração de uma família de elementos

Por fim, o Grau de Deterioração de uma família de elementos (Gdf) é calculado por meio da equação 4. Nessa etapa, são considerados, apenas, os elementos com níveis de deterioração, médio, alto ou crítico, ou seja, que contenham um valor para Gde >15.

$$Gdf = Gdemáx\left[\sqrt{1 + \frac{\sum_{i=1}^{m} Gde(i) - Gdemáx}{\sum_{i=1}^{m} Gde(i)}}\right] \quad (4)$$

Onde:

Gdf : Grau de deterioração de uma família de elementos;

$Gdemáx$: Grau de deterioração máxima do elemento

$Gde(i)$: Grau de deterioração do elemento de ordem (i).

2.7 Fator de relevância estrutural da família de elementos

Este parâmetro considera a importância relativa das diversas famílias de elementos e suas influências no comportamento e desempenho da estrutura, conforme é apresentado na tabela 4.

Tabela 4– Fator de relevância estrutural

Nível de deterioração	Fr
Elementos de composição arquitetônica	1,0
Reservatório superior	2,0
Escadas/rampas, res. Inferior, cortinas, lajes secundárias, juntas de dilatação.	3,0
Lajes, fundações, vigas secundárias, pilares secundários.	4,0
Vigas e pilares principais	5,0

Fonte: Fonseca (2007)

2.8 Grau de deterioração da estrutura

A partir da equação 5, é possível obter o Grau de deterioração da estrutura (Gd). Essa etapa indica o quanto a estrutura está afetada, a partir dos distintos graus de deterioração das diversas famílias de elementos, relacionados aos seus fatores de relevância estrutural.

$$Gd = \frac{\sum_{i=1}^{k} Fr_{(i)} Gdf_{(i)}}{\sum Fr_{(i)}} \quad (5)$$

Com o resultado obtido na equação 5, é possível classificar a estrutura em quatro níveis de degradação (baixo, médio, alto e crítico). Ressalta-se que o nível crítico, nível máximo de deterioração das estruturas de concreto armado, são alcançados quando Gd assume valores maiores do que 60. Além disso, nessa etapa, são estabelecidas as ações a serem adotadas, conforme a tabela 5.

Tabela 5– Grau de deterioração da estrutura

Nível de deterioração	Gd	Ações a serem adotadas/prazo máximo de intervenção
Baixo	0-15	Estado aceitável. Manutenção preventiva.
Médio	15-40	Definir prazo/natureza para nova inspeção. Planejar intervenção em médio prazo (máx. 2 anos)
Alto	40-60	Definir prazo/natureza para nova inspeção especializada detalhada. Planejar intervenção em curto prazo (máx. 1 ano)
Crítico	>60	Inspeção especial emergencial. Planejar intervenção imediata

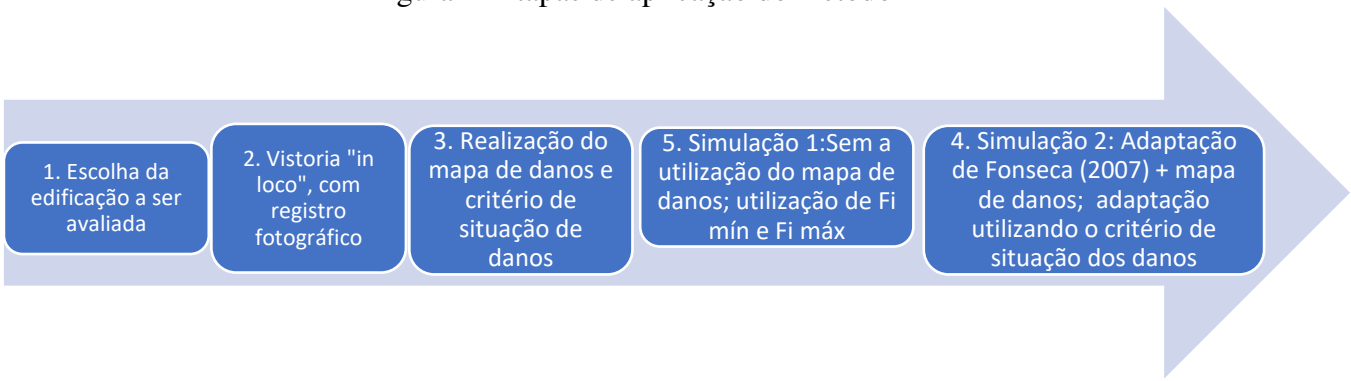
Fonte: Fonseca (2007)

3. METODOLOGIA DO TRABALHO

Embora o método GDE/UnB utilize fatores oriundos de inspeções realizadas em diversas estruturas de concreto armado, a revisão de literatura indica adaptações com foco no estudo dos fatores de ponderação e relevância, parâmetros voltados à influência da família de elementos na estrutura geral e suas relações com diferentes danos. Contudo, a influência da sensibilidade dos fatores de intensidade, suscetíveis à percepção e conhecimento do avaliador durante a inspeção predial,

carecem de pesquisas. Desta forma, para avaliar a sensibilidade do fator de intensidade, selecionou-se um elemento de uma edificação de concreto armado real. Ressalta-se que, este, não se trata de um estudo da aplicação do GDE/UnB na edificação como um todo, neste caso a amostra não seria representativa. As avaliações envolveram as etapas contidas na figura 1.

Figura 1- Etapas de aplicação do método



Fonte: autores

A estrutura utilizada no estudo, se trata de uma edificação composta de três pavimentos e pertence a um complexo de edificações da Universidade Federal de Pelotas, situado no Campus Anglo – Pelotas, conforme apresenta a figura 2. Segundo o site informativo da Universidade Federal de Pelotas, a edificação foi sede em 1916 do primeiro frigorífico gaúcho. Na figura, a seta vermelha indica a localização da edificação foco do estudo. Atualmente, seu pavimento térreo é utilizado como estacionamento, no entanto, o acesso aos pavimentos superiores é restrito, em função das suas más condições de conservação.

Figura 2: Edificação do estudo

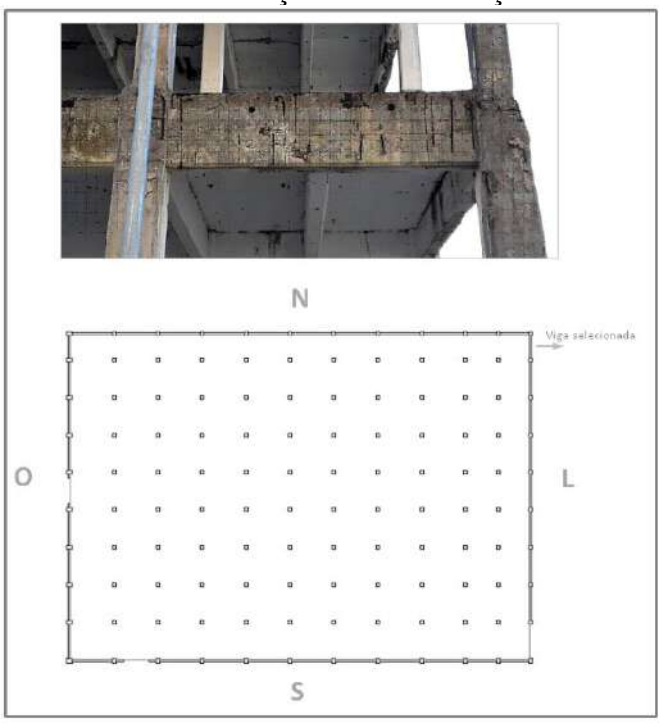


Fonte: Google Earth, 2022

O elemento foco de avaliação integra a família de vigas e sua escolha fundamentou-se na apresentação de manifestações patológicas, estado de exposição às intempéries e condições favoráveis de coleta de dados para posterior mapeamento gráfico. A viga selecionada destacou-se nas vistorias pela presença de danos visíveis. As vistorias foram realizadas em momentos distintos, buscando um registro fotográfico preciso das características dos danos encontrados.

Como critério de análise, foram utilizados os danos contidos no método GDE/UnB na adaptação de Fonseca (2007). A figura 3 apresenta uma planta baixa com a localização da viga avaliada.

Figura 3: Planta baixa da edificação com localização do elemento



Fonte: autores

As simulações aplicadas no modelo foram separadas em dois grupos: simulação 1, não utilizando o mapa de danos; simulação 2, utilizando o mapa de danos. Segundo Rocha et al. (2018) e De Oliveira (2021), o mapa de danos é uma ferramenta de representação gráfica, fundamental, para o registro histórico da estrutura, permitindo um acompanhamento e direcionamento na realização de planos de manutenção e de intervenção. Na simulação 1 foram utilizados fatores de intensidade máximos e mínimos. Contudo, ainda que alguns danos possam ser perceptíveis visualmente, em sua grande maioria, exigem ensaios específicos para seu diagnóstico e quantificação de intensidade de ação. Dessa forma, ainda que não visível, nenhum dano é quantificado com fator nulo. Na simulação 2, para a realização do mapa de danos, o registro fotográfico dos danos coletados nas vistorias “in loco” foi representado graficamente. Dessa forma, foi possível quantificar as áreas degradas em relação a área total, ainda que essa avaliação compreenda a área superficial de ação do dano e não quantifique sua ação no interior do elemento.

Para a realização do mapa de danos utilizou-se o software AutoCAD, relacionando de forma gráfica, manifestações patológicas e sua localização. Com o software, foi possível quantificar a área total da viga, bem como as áreas com presença de danos em superfície. Para a definição da situação dos danos, os seguintes critérios foram determinados conforme a tabela 6:

Tabela 6– Determinação de Fi pelo critério de situação de danos

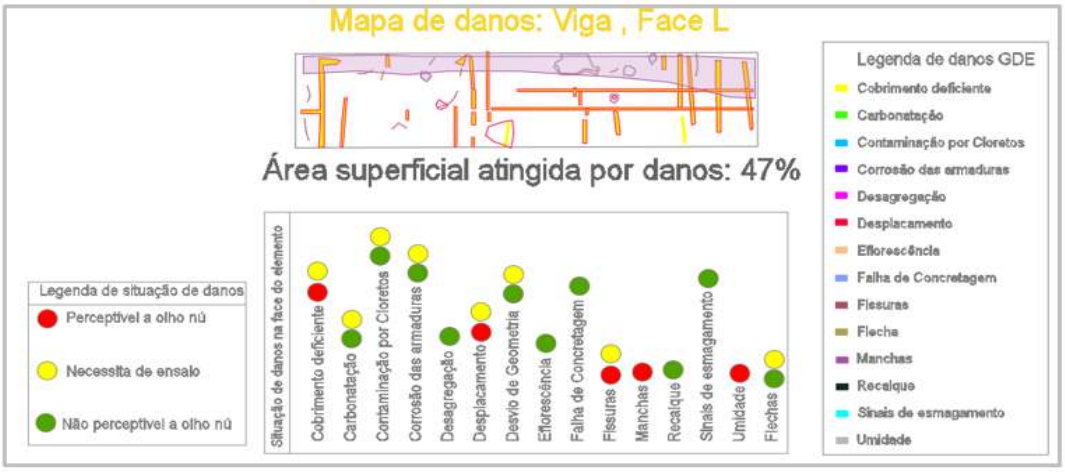
Fator de Intensidade atribuído ao dano	Situação de danos	Exemplo: Fi de Umidade
Valor Mínimo	Danos não perceptíveis a olho nu sem a recomendação de ensaio	1
Valor Intermediário (acima do mínimo)	Danos não perceptíveis a olho nu com necessidade de ensaio	2
Valor intermediário (abaixo do máximo)	Danos perceptíveis a olho nu com necessidade de ensaio	3
Máximo	Danos perceptíveis a olho nu sem a necessidade de ensaio	4

Fonte: autores

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A figura 4 apresenta o mapa de danos e situação dos problemas da viga avaliada.

Figura 4: Mapa de danos



Fonte: autores

Na simulação 1 foram definidos, primeiramente, valores mínimos de fatores de intensidade para todos os danos, resultando em um Grau de deterioração do elemento de 14,78. Logo em seguida, foram atribuídos valores máximos do fator, resultando em um grau de deterioração do elemento de 38,39. Na primeira análise o elemento é classificado em um nível de deterioração baixo, indicando ações de manutenção preventiva. Na segunda avaliação, o nível passa a ser médio exigindo um prazo de intervenção de dois anos. Na segunda simulação, além do mapeamento gráfico da ação dos danos em área de extensão, a situação de danos na face avaliada foi um critério estabelecido para a definição dos fatores de intensidade. Sendo assim, o mapa de danos resultou em um comprometimento de 47% da área avaliada, conforme a figura 4. Para os danos como manchas e umidade, os valores considerados partiram da quantificação da área superficial atingida no elemento, portanto, com uma área atingida de 47% os fatores de intensidade atribuídos.

Com as informações adquiridas no mapa de danos somadas aos critérios de Fonseca (2007), o fator de intensidade assumiu os seguintes valores: Fi=2 para manchas escuras de grande extensão < 50%, para umidade, Fi =3 (grandes manchas), dessa forma, o Gde assume o valor de 14,98. No entanto, ao utilizar-se o critério de situação de danos desenvolvido no estudo, os danos perceptíveis a olho nu, sem necessidade de ensaio, assumem valores máximos e, portanto, seus valores são de Fi= 4 para manchas e Fi=4 para umidade, chegando a um Gde de 35,57, com nível médio de degradação e inclusão no cálculo do Gdf. Na tabela 7 são apresentados os resultados das simulações.

Tabela 7 – Resultados das simulações

Elemento: Viga	Fp	**Simulação 1**		**Simulação 2**	
Dano	Utilizado em ambas as simulações	Fi		Fi	
		min	máx	Mapa de danos + Fonseca (2007)	Situação de danos
Cobrimento Deficiente	3	1	3	1	1
Carbonatação	3	1	4	2	2
Contaminação por cloretos	4	2	4	2	2
Corrosão das armaduras	5	2	4	2	2
Desagregação	3	2	4	2	2
Desplacamento	3	2	4	2	2
Eflorescência	2	1	4	1	1
Falha de Concretagem	2	1	4	1	1
Fissuras	2	1	4	3	3
Flechas	5	1	4	2	2
Manchas	3	2	4	2	4
Umidade	3	1	4	3	4
Grau de deterioração do elemento		**14,78**	**38,39**	**14,98**	**35,57**
Nível de deterioração do elemento		**Baixo**	**Médio**	**Baixo**	**Médio**

Fonte: autores

Santos e Campos Neto (2018) aplicaram duas formulações GDE/UnB na avaliação estrutural do Colégio Estadual do Sol - Rio Verde/GO. Os graus de deterioração do elemento com o dano de "Sinais de esmagamento de pilar" foram: Gde=100 (crítico), necessidade de intervenção imediata, para a adaptação de Boldo (2002); Gde=100(sofrível) intervenções em prazo máximo de seis meses, na adaptação de Fonseca (2007), revelando a sensibilidade de fatores quantitativos utilizados, a influência do fator de intensidade nos resultados do nível de degradação de um elemento, assim como a importância de investigações mais aprofundadas para a determinação deste critério.

Os resultados obtidos por Vilas Boas et. al (2018) se deram a partir da aplicação da metodologia GDE/UnB, somada a realização de um único ensaio (o ensaio de carbonatação), contudo não foi possível realizá-lo em todos os elementos da edificação, devido suas consequências destrutivas para estrutura. Na pesquisa, contatou-se a presença de avançado grau de deterioração de grande parte dos elementos da estrutura, sendo em sua maioria, os pilares do pavimento térreo. No entanto, os autores apontaram a importância de investigações mais aprofundadas que credibilizem as possíveis causas dos danos identificados, corroborando com a tese de que a definição dos critérios de determinação dos fatores a serem utilizados para cada dano investigado, refletem ativamente nos indicativos do estado geral da estrutura.

Dentro da avaliação dos critérios utilizados na pesquisa atual, na simulação 1, a determinação de fatores mínimos reflete em um nível de degradação baixo (inferior a 15), excluindo o elemento avaliado da quantificação do Grau de deterioração de uma família de elementos (Gdf). Por outro lado, fatores de intensidade máximos resultam em um Gde de 38,39, classificado com nível de degradação médio e necessidade de intervenção em prazo determinado, incluindo o elemento no cálculo da família Gdf. Percebe-se a sensibilidade do fator de intensidade, também, na variação dos fatores de intensidade dos danos de manchas e umidade, de 2 para 4 e de 3 para 4, respectivamente, elevando o nível de deterioração do elemento de baixo (primeira adaptação do método) para médio (segunda adaptação do método). No critério estipulado por Fonseca (2007), somado ao mapa de danos, o grau de deterioração do elemento é de 14,98, classificado como nível

de deterioração baixo, excluindo o elemento do cálculo do Grau de deterioração da família (Gdf). Com o critério de Situação de danos sugerido no estudo, o elemento assume um Gde de 35,57, classificado com nível de deterioração médio e deve ser incluído no cálculo de Gdf. Confrontando-se os resultados já obtidos com o mapa de danos, percebe-se que este último não oferece resultados precisos do estado de degradação do elemento, já que considera a área danificada em extensão, mas não abrange a ação dos danos no interior da viga, bem como não inclui danos não perceptíveis visualmente, sendo assim, recomenda-se sua utilização como ferramenta de apoio ao método GDE. Também, ressalta-se que o estudo se concentrou em uma face do elemento, sendo assim, para a avaliação completa dos níveis de deterioração dos elementos, as demais faces devem ser avaliadas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho se propôs a questionar a sensibilidade do fator de intensidade, parâmetro fundamental do método na mensuração dos níveis de degradação dos elementos, frente aos resultados numéricos originários de critérios subjetivos e de critérios objetivos de quantificação. Dessa forma, no intuito de observar a influência deste parâmetro nas condições de degradação de um elemento, foram realizadas simulações com a aplicação do método GDE adaptado por Fonseca (2007) e com a aplicação da adaptação do método desenvolvido nesse estudo, utilizando o mapeamento de danos.

Verificou-se que por meio do método é possível classificar as manifestações patológicas de cada elemento que compõe a estrutura, além de determinar as necessidades de intervenções e recuperação dos mesmos, enfatizando a importância do método GDE, o que justifica sua aplicação na literatura ao longo do tempo. Em contrapartida, ressalta-se a fragilidade da determinação dos fatores de intensidade mediante inspeções visuais, pois estas não contemplam uma verificação minuciosa das ações de danos, levando a resultados poucos confiáveis.

Por fim, essa pesquisa considera a necessidade do aprimoramento do método, apontando a importância de análises mais concisas para a determinação dos fatores de intensidade, com informações mais precisas, oriundas da união entre as ferramentas de prevenção de danos, de diagnóstico e quantificação de manifestações incidentes, que proporcionem um melhor desempenho dos estudos dos níveis de degradação de estruturas de concreto armado.

REFERÊNCIAS

BOLDO, P. Avaliação quantitativa de estruturas de concreto armado de edificações no âmbito do Exército Brasileiro. 2002, 295 f. Dissertação (Mestrado em Estruturas), Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, 2002.

CASTRO, E. K. de.; Desenvolvimento de Metodologia para Manutenção de Estruturas de Concreto Armado. 1994. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Civil) Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, 1994.

DE OLIVEIRA, Francielly Djanira De; Laércio Breno MOREIRA; Josué Régio DAMACENO; Thyego D'Abbadia Silva TEIXEIRA; Juliano Rodrigues da SILVA. A Estrutura Da Ueg (CCET): Projeto, execução, intervenções e proposta de estratégias para manutenção (prédios adjacentes). Revista Mirante, Anápolis (GO), ed. v. 11, n. 8, dez. 2018. ISSN, ano 1981-4089 94, Semanal.

DE OLIVEIRA, Diogo Botelho Correa et al. Levantamento de manifestações patológicas em uma Estação de Tratamento de Esgoto na RMR: elaboração de mapa de danos. Brazilian Journal of Development, v. 7, n. 3, p. 31594-31610, 2021.

GALVÃO, Rafael Rocha; SILVA, Francisco Gabriel Santos. Avaliação de Degradação de Estruturas de Concreto em Duas Garagens de Edifícios Residenciais pelo Método GDE/Unb. XVII CINPAR 2021- Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação das Construções

KLEIN, D. et al. Critérios adotados na vistoria de obras de arte. In: JORNADAS SUL-AMERICANAS DE ENGENHARIA ESTRUTURAL, 25., Porto Alegre, 1991. Anais [...] Porto Alegre, 1991

MACHADO, Gabriel Leal. Avaliação da estrutura de duas edificações irregulares de uso misto a partir da utilização do método GDE (grau de deterioração do elemento).2018. Dissertação de Mestrado - ECI - Pós-graduação em Projeto, Execução e Manutenção de Edificações. Centro Universitário de Brasília – UniCEUB, Brasília, DF

ROCHA, E.A.; MACEDO, J.V.S.; CORREIA, P.; MONTEIRO, E.C.B. Adaptação de mapa de danos para edifícios históricos com problemas patológicos: Estudo de Caso da Igreja do Carmo em Olinda PE. Revista ALCONPAT, v. 8, n. 1, p. 51-63, 2018. eISSN 2007-6835

SANTOS, Ludmila Aparecida Couto dos; CAMPOS NETO, Tiago Ferreira. ESTUDO COMPARATIVO DAS METODOLOGIAS GDE/UNB PROPOSTAS POR BOLDO (2002) E FONSECA (2007). GTS - Gestão, Tecnologia e Sustentabilidade, [S.l.], v. 1, n. 1, jun. 2018. Disponível em: <http://faengrv.com.br/gts/index.php/revistagts/article/view/21>. Acesso em: 22 mar. 2022.

VILAS BOAS, E. L. B. et al; SILVA, R.C; SILVA ALVES, T. A. S.; da SILVA, V. P.; COSTA, Y. R.; NASCIMENTO, M. L. M. N.; FERREIRA, S. G.; Aplicação de Metodologia GDE/UnB em uma edificação habitacional: Estudo de caso em Águas Lindas de Goiás- GO. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 60., Águas Lindas de Goiás, 2014.Anais [...] GO, 2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS. Anglo: De frigorífico a principal campus. Disponível em: https://wp.ufpel.edu.br/45anos/anglo/. Acesso em 06/03/2022.