



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE TUCURUÍ  
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL

MATEUS DA SILVA MENDES

**AVALIAÇÃO DO GRAU DE DETERIORAÇÃO EM ESTRUTURAS DE CONCRETO  
ARMADO UTILIZANDO A METODOLOGIA GDE/UnB:** Estudo de caso na edificação  
do sambódromo cultural de Tucuruí

TUCURUÍ  
2026

MATEUS DA SILVA MENDES

**AVALIAÇÃO DO GRAU DE DETERIORAÇÃO EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO A METODOLOGIA GDE/UnB:** Estudo de caso na edificação do sambódromo cultural de Tucuruí.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia Civil, do Campus Universitário de Tucuruí, da Universidade Federal do Pará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador(a): Manoel José Mangabeira Pereira Filho.

Coorientador(a): Grazielle Tigre de Souza

TUCURUÍ  
2026

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD  
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará  
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

---

M538a Mendes, Mateus da Silva.  
AVALIAÇÃO DO GRAU DE DETERIORAÇÃO EM  
ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO A  
METODOLOGIA GDE/UnB: Estudo de caso na edificação do  
sambódromo cultural de Tucuruí / Mateus da Silva Mendes. —  
2026.

xv, 101 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Manoel José Mangabeira Pereira Filho  
Coorientação: Prof<sup>a</sup>. Dra. Grazielle Tigre de Souza  
Trabalho de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Pará,  
Campus Universitário de Tucuruí, Faculdade de Engenharia Civil,  
Tucuruí, 2026.

1. patologias; concreto armado; inspeção estrutural;  
GDE/UnB; estudo de caso. I. Título.

CDD 624.18341

---

MATEUS DA SILVA MENDES


**AVALIAÇÃO DO GRAU DE DETERIORAÇÃO EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO A METODOLOGIA GDE/UnB:** Estudo de caso na edificação do sambódromo cultural de Tucuruí.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia Civil, do Campus Universitário de Tucuruí, da Universidade Federal do Pará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Data da aprovação: 12/ 06 /2026


Conceito: Excelente

**BANCA EXAMINADORA**

Documento assinado digitalmente  
 **MANOEL JOSE MANGABEIRA PEREIRA FILHO**  
Data: 15/06/2026 19:32:08-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


---

Prof. Dr. Manoel José Mangabeira Pereira Filho (UFPA)  
Doutor em Estruturas e Construção Civil (Orientador)

Documento assinado digitalmente  
 **DAVI BARBOSA COSTA DA SILVA**  
Data: 12/06/2026 23:14:59-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. Me. Davi Barbosa Costa da Silva (UFPA)  
Mestre em Engenharia de Barragem e Gestão Ambiental (Examinador Interno)

Documento assinado digitalmente  
 **ALEX CONCEICAO DOS SANTOS**  
Data: 12/06/2026 23:24:41-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Eng. M.Sc. Alex Conceição Dos Santos (ALCOA)  
Engenheiro Civil e Pesquisador (Examinador Externo)

Dedico este trabalho primeiramente a Deus,  
minha mãe Ângela e meus irmãos, Handerson,  
Susy, Patrícia e Pamela.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida, por me sustentar nos momentos difíceis e por me dar forças para seguir em frente mesmo quando o caminho parecia desafiador.

À minha mãe Ângela e aos meus irmãos, Handerson, Susy, Patrícia e Pamela, por todo amor, apoio e incentivo ao longo dessa caminhada. Vocês são minha base e parte fundamental de tudo que conquistei até aqui, obrigado por tudo.

Ao meu orientador, Manoel Mangabeira e minha coorientadora Grazielle Tigre, pela paciência, dedicação e pelos ensinamentos compartilhados, que foram essenciais para a construção deste trabalho.

Aos meus amigos Igor Sousa e Lelison Leite, por uma amizade que já ultrapassa 12 anos e que só se fortaleceu ao longo do tempo. Obrigado por estarem presentes em todos os momentos dessa caminhada, especialmente nos mais desafiadores, sempre com apoio, parceria e boas conversas. Vocês não fizeram só essa etapa mais leve, mas fazem parte de toda a minha trajetória.

Ao meu amigo Rodrigo Paciência, pela parceria ao longo de toda essa jornada. Sempre disposto a ajudar, trocar ideias e dar suporte nos momentos mais desafiadores, sua presença foi essencial durante a construção deste trabalho. Obrigado pela paciência, pela amizade verdadeira e por contribuir de forma tão significativa nessa caminhada.

À minha namorada, Stefany, por estar comigo em todos os momentos, principalmente nos mais difíceis. Obrigado por ter sido minha calma quando tudo parecia corrido, por entender minhas ausências, me apoiar sem medir esforços e sempre me lembrar do porquê eu comecei. Seu carinho, paciência e presença fizeram toda a diferença nessa caminhada, Eu Te Amo.

Por fim, agradeço aos Professores Engenheiros Rodrigo, Davi, Fernanda, Carolina e Jedson, pelos ensinamentos compartilhados ao longo da graduação, pela dedicação e por contribuírem de forma significativa para minha formação acadêmica e profissional. Agradeço também aos meus colegas de turma, pela convivência, troca de experiências e parceria durante toda essa jornada.

## RESUMO

As manifestações patológicas em estruturas de concreto armado constituem um dos principais desafios para a manutenção, desempenho e segurança das edificações brasileiras. A ocorrência de fissuras, infiltrações, corrosão das armaduras e demais degradações compromete a durabilidade dos elementos estruturais e pode reduzir significativamente a vida útil do empreendimento. Diante desse cenário, este trabalho tem como objetivo analisar e diagnosticar a deterioração sobre as patologias presentes em uma edificação localizada no município de Tucuruí/PA, tomando como base um estudo de caso real. Para isso, investiga-se o histórico construtivo, as condições de uso, os sintomas observados e os possíveis mecanismos geradores de danos. A fundamentação teórica apresenta os principais conceitos relacionados às patologias do concreto armado, abordando causas, efeitos e mecanismos de deterioração, bem como normas técnicas pertinentes e estudos recentes na área. O trabalho se apoia em referenciais consolidados da literatura, com ênfase nos princípios de durabilidade, inspeção predial e comportamento estrutural do concreto. A metodologia empregada segue o método GDE/UnB (Grau de Deterioração da Estrutura), reconhecido nacionalmente para inspeção, classificação e quantificação de danos em estruturas de concreto. O procedimento envolve o levantamento preliminar da edificação, inspeção visual detalhada, registro fotográfico, elaboração das plantas de danos e classificação das patologias segundo os critérios estabelecidos pelo método. Essa abordagem permite sistematizar a análise e fornecer um diagnóstico técnico confiável acerca do estado de conservação da estrutura.

**Palavras-chave:** patologias; concreto armado; inspeção estrutural; GDE/UnB; estudo de caso.

## ABSTRACT

Pathological manifestations in reinforced concrete structures represent a major challenge to the maintenance, performance, and safety of buildings. The occurrence of cracks, moisture infiltration, reinforcement corrosion, and other degradation processes compromise structural durability and may significantly reduce service life. In this context, this study aims to analyze and diagnose the deterioration associated with pathologies in a building located in Tucuruí, Pará, Brazil, based on a real case study. The research investigates the construction history, usage conditions, observed symptoms, and possible mechanisms responsible for damage development. The theoretical framework addresses key concepts related to reinforced concrete pathologies, including causes, effects, and deterioration mechanisms, as well as relevant technical standards and recent studies. The methodology is based on the GDE/UnB method (Degree of Structural Deterioration), widely recognized in Brazil for inspection, classification, and quantification of structural damage. The procedure includes preliminary assessment, detailed visual inspection, photographic documentation, preparation of damage maps, and classification of pathologies according to established criteria. This approach enables a systematic evaluation and provides a reliable technical diagnosis of the structural condition.

**Keywords:** pathologies; reinforced concrete; structural inspection; GDE/UnB; case study.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 — Fissura em viga estrutural .....	23
Figura 2 — Estrutura exposta sofrendo com a corrosão .....	24
Figura 3 — Laje com eflorescência aparente .....	25
Figura 4 — Estrutura após ensaio de carbonatação.....	26
Figura 5 — Desagregação do concreto.....	27
Figura 6 — Cobrimento insuficiente causando corrosão .....	28
Figura 7 — Segregação em nervuras da laje .....	29
Figura 8 — Manchas na laje nervurada.....	30
Figura 9 — Manchas na União de Pilares .....	31
Figura 10 — Fluxograma da metodologia GDE/UnB.....	41
Figura 11 — Formulação do Grau de dano .....	44
Figura 12 — Elementos dos viadutos dos Eixos L e W .....	53
Figura 13 — Elementos dos viadutos do Eixão .....	53
Figura 14 — Localização Geográfica do Complexo em Estudo.....	62
Figura 15 — Localização dos pilares do térreo .....	67
Figura 16 — Localização dos pilares do primeiro pavimento.....	67
Figura 17 — Localização dos pilares das escadarias .....	68
Figura 18 — Localização das seções de vigas do térreo .....	69
Figura 19 — Localização das seções de vigas do primeiro pavimento.....	69
Figura 20 — Localização das vigas das escadarias.....	70
Figura 21 — Localização das lajes do primeiro pavimento .....	71
Figura 22 — Localização das lajes do segundo pavimento.....	71
Figura 23 — Detalhe das escadarias.....	72
Figura 24 — Manifestações Patológicas da Estrutura.....	74
Figura 25 — Resultado do Grau de Deterioração da Estrutura.....	75
Figura 26 — Mapa Iluminado de Danos Por Elementos no Pav. Térreo (Pilares).....	78
Figura 27 — Mapa Iluminado de Danos Por Elementos no Pav. Térreo (Vigas).....	78
Figura 28 — Pilares afetados por manchas .....	79
Figura 29 — Infiltração de Vigas .....	79
Figura 30 — Mapa Iluminado de Danos Por Elementos no 1º Pav. (Pilares).....	84
Figura 31 — Mapa Iluminado de Danos Por Elementos no 1º Pav. (Vigas).....	84
Figura 32 — Mapa Iluminado de Danos Por Elementos no 1º Pav. (Lajes).....	85

Figura 33 — Grande Infiltração e Manchas na Laje 3 .....	85
Figura 34 — Armação expostas e segregação do concreto .....	90
Figura 35 — Segregação e Cobrimento Insuficiente.....	90
Figura 36 — Deterioração das Escadarias.....	91
Figura 37 — Frequência de Danos Por Famílias de Elementos .....	92
Figura 38 — Frequência de Manifestações da Estrutura.....	92
Figura 39 — Frequência de Nível de Danos da Estrutura.....	95
Figura 40 — Classificação de Danos e Fatores de Intensidade (FI) (Castro, 1994) .....	100
Figura 41 — Classificação de Danos e Fatores de Intensidade (FI) (Castro, 1994), Continuação.....	101

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 — Atribuições de severidades das Manifestações.....	39
Quadro 2 — Classificação do grau de risco da estrutura .....	40
Quadro 3 — Famílias, danos e fatores de ponderação respectivos .....	42
Quadro 4 — Classificação do nível de severidade observada.....	43
Quadro 5 — Exemplo de classificação de danos nos fatores de intensidade.....	43
Quadro 6 — Classificação de níveis de deterioração do elemento .....	45
Quadro 7 — Importância relativa das famílias.....	46
Quadro 8 — Classificação de níveis de deterioração da estrutura .....	47
Quadro 9 — Fatores de intensidade por danos.....	48
Quadro 10 — Resultados das metodologias SGO/DNIT e GDE/UnB .....	49
Quadro 11 — Resultados das metodologias com formulação modificada do Gd.....	50
Quadro 12 — Fatores de intensidade para avaliação de tipo de danos .....	52
Quadro 13 — Fatores de relevância para cada proposição .....	52
Quadro 14 — Resultados da aplicação do Eixo Rodoviário Sul.....	54
Quadro 15 — Intensidades estabelecidas para fatores de Intensidade.....	55
Quadro 16 — Intensidades estabelecidas para fatores de relevância .....	55
Quadro 17 — Resultados da aplicação do Eixo Norte.....	56
Quadro 18 — Comparativo de resultados obtidos.....	57
Quadro 19 — Exemplo de classificação de danos nos fatores de intensidade.....	63
Quadro 20 — Equações resumidas de Castro .....	64
Quadro 21 — Classificação de Níveis de deterioração resumidas de Castro.....	65
Quadro 22 — Medidas e condições resumidas de Castro .....	65
Quadro 23 — Resultado global da estrutura .....	75
Quadro 24 — Exemplo da ficha de inspeção utilizada .....	116

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 — Fator de relevância de acordo com cada família .....	66
Tabela 2 — Nível de deterioração do Pilar 1 .....	76
Tabela 3 — Nível de deterioração da viga 26 .....	76
Tabela 4 — Nível de deterioração da Rampa do Térreo ao 1º Pavimento .....	77
Tabela 5 — Principais Resultados do Pavimento Térreo .....	77
Tabela 6 — Nível de deterioração do Pilar 49 .....	81
Tabela 7 — Nível de deterioração da Viga 60 .....	81
Tabela 8 — Nível de deterioração da Laje 5 .....	82
Tabela 9 — Nível de deterioração da Rampa Entre o Térreo e o 1º Pav .....	82
Tabela 10 — Principais Resultados do 1º Pavimento .....	83
Tabela 11 — Nível de deterioração do Pilar 57 .....	87
Tabela 12 — Nível de deterioração da Viga 67 .....	87
Tabela 13 — Nível de deterioração da Laje 10 .....	88
Tabela 14 — Nível de deterioração do Degrau 5 da Escadaria.....	88
Tabela 15 — Nível de deterioração da Rampa entre 1º Pav e 2º Pav .....	89
Tabela 16 — Principais resultados do 2º pavimento .....	89
Tabela 17 — Número de Patologia por famílias de Elementos .....	92
Tabela 18 — Total de Manifestações Por Família de Elementos e Grau GdF.....	94
Tabela 19 — Nível de Deterioração de cada Família.....	94
Tabela 20 — Lista Geral de Danos da Estrutura com a Aplicação do Método GDE/UnB....	102

## LISTA DE SÍMBOLOS

Fi	Fator de intensidade do dano;
Fr	Fator de relevância estrutural;
Fg	Fator de gravidade do problema;
GRE	Grau de risco do elemento;
GRF	Grau de risco da família de elementos;
n	Número de elementos componente da família;
LIM	Valor do Grau de Risco do Elemento
m	Número de elementos da família com $GRE > LIM$ ;
k	Número de famílias de elementos da obra;
Fp	Fator de ponderação;
D	Grau do dano;
Gde	Grau de deterioração do elemento;
m	Número de danos detectados no elemento;
Di	Grau do dano i;
Gdf	Grau de deterioração da família de elementos;
n	Número de elementos componentes da família com $G_{de} \geq 15$ ;
Fr	Fator de relevância estrutural;
Gd	Grau de deterioração estrutural;

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>16</b>
<b>1.3. Objetivos</b> .....	<b>18</b>
1.3.1. Objetivo geral .....	18
1.3.2. Objetivos específicos.....	18
<b>1.4. Estrutura de apresentação do estudo</b> .....	<b>19</b>
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>20</b>
<b>2.1. Patologias no concreto armado</b> .....	<b>20</b>
<b>2.2. Principais manifestações patológicas</b> .....	<b>22</b>
2.2.1. Fissuras .....	22
2.2.2. Corrosão .....	23
2.2.3. Eflorescência .....	24
2.2.4. Carbonatação .....	25
2.2.5. Desagregações .....	26
2.2.6. Cobrimento .....	27
2.2.7. Segregação.....	28
2.2.8. Infiltração.....	29
2.2.9. Manchas.....	30
<b>2.3. Causas das patologias em projeto, materiais e execução</b> .....	<b>31</b>
<b>2.4. Processos de deterioração</b> .....	<b>32</b>
<b>2.5. Corrosão em armaduras</b> .....	<b>32</b>
<b>2.6. Classificação das patologias</b> .....	<b>33</b>
<b>2.7. Inspeção estrutural</b> .....	<b>33</b>
<b>2.8. Método GDE/UnB – Histórico e fundamentos</b> .....	<b>35</b>
<b>2.9. Principais referências ao tema de estudo</b> .....	<b>38</b>
2.9.1. Klein et. al (1991).....	38
2.9.2. Castro (1994).....	40
2.9.3. Verly (2015) .....	47
2.9.4. Lauria (2018).....	51

2.9.5. Pavoni (2019) .....	55
<b>2.10. Aplicações recentes do método GDE/UnB.....</b>	<b>57</b>
<b>3. METODOLOGIA.....</b>	<b>61</b>
3.1. Caracterização da área de estudo.....	61
3.2. Caracterização da edificação analisada .....	62
3.3. Procedimento metodológicos GDE/UNB.....	63
3.3.1. Identificação dos elementos para inspeção da estrutura.....	66
<b>3.4. Procedimento de inspeção visual.....</b>	<b>72</b>
<b>4. RESULTADOS .....</b>	<b>74</b>
<b>4.1. Principais resultados .....</b>	<b>75</b>
4.1.1. Pavimento Térreo .....	76
4.1.2. Primeiro Pavimento .....	79
4.1.3. Segundo Pavimento .....	85
<b>4.2. Análise de dados .....</b>	<b>91</b>
<b>5. CONCLUSÃO.....</b>	<b>96</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>97</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>100</b>

## 1. INTRODUÇÃO

As estruturas de concreto armado configuram-se como o principal sistema construtivo adotado no Brasil, sendo amplamente empregadas em edificações de diferentes tipologias devido à sua versatilidade, resistência e capacidade de adaptação às mais diversas condições de uso (Bastos, 2019). Para que essas estruturas apresentem desempenho adequado ao longo de sua vida útil, é indispensável que atendam aos requisitos estabelecidos em normas técnicas, especialmente no que se refere à segurança, durabilidade e funcionalidade. Nesse contexto, a durabilidade não deve ser entendida como uma característica intrínseca, mas como resultado da adequada interação entre projeto, execução, materiais empregados e práticas de manutenção ao longo do tempo.

Entretanto, observa-se que, na prática, muitas edificações apresentam deficiências relacionadas à ausência de manutenção sistemática e ao envelhecimento natural dos materiais, o que favorece o surgimento de manifestações patológicas (Helene, 1992). Dentre as anomalias mais recorrentes em estruturas de concreto armado, destacam-se fissuras, infiltrações, processos de corrosão das armaduras, desagregação do concreto e destacamentos de cobrimento. Tais manifestações, quando não identificadas e tratadas de forma adequada, podem evoluir progressivamente, comprometendo não apenas aspectos estéticos, mas também o desempenho estrutural e a segurança da edificação.

Diante desse cenário, torna-se cada vez mais relevante o emprego de metodologias que possibilitem a avaliação sistemática das condições estruturais, reduzindo a subjetividade inerente às inspeções visuais convencionais. Nesse sentido, destaca-se a utilização de métodos que associam parâmetros qualitativos e quantitativos, permitindo não apenas a identificação das patologias, mas também a mensuração do seu nível de gravidade. Entre essas abordagens, o método do Grau de Deterioração de Estruturas (GDE), desenvolvido no âmbito acadêmico, tem se mostrado uma ferramenta eficaz para a classificação dos danos e o suporte à tomada de decisão quanto às intervenções necessárias (Fonseca, 2007).

A aplicação de metodologias como o GDE possibilita uma análise mais abrangente do comportamento estrutural, ao considerar tanto a natureza das manifestações patológicas quanto sua intensidade e relevância dentro do conjunto estrutural. Dessa forma, é possível estabelecer critérios técnicos para priorização de intervenções, contribuindo para a otimização de recursos

e para a prevenção de falhas mais severas ao longo do tempo. Além disso, o uso de procedimentos padronizados favorece a comparação entre diferentes estudos e o acompanhamento da evolução dos danos em inspeções periódicas.

Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo analisar as manifestações patológicas presentes em uma edificação de caráter cultural, constituída em concreto armado, mediante a aplicação da metodologia do Grau de Deterioração de Estruturas. A pesquisa busca identificar os principais tipos de danos, avaliar seu grau de severidade e compreender sua influência no desempenho global da estrutura. A partir dos resultados obtidos, pretende-se contribuir para o diagnóstico das condições atuais da edificação e para a definição de diretrizes voltadas à manutenção e conservação estrutural, visando garantir maior durabilidade, segurança e funcionalidade ao longo de sua vida útil.

A relevância deste estudo torna-se ainda mais evidente quando considerada a realidade do município de Tucuruí, localizado na região sudeste do estado do Pará. O desenvolvimento urbano impulsionado pela implantação da Usina Hidrelétrica de Tucuruí resultou na expansão do número de edificações destinadas aos mais diversos usos, muitas das quais encontram-se em operação há vários anos e submetidas continuamente às condições ambientais características da região. O clima local, marcado por elevadas temperaturas, altos índices de umidade e chuvas frequentes, favorece processos de degradação dos materiais construtivos, contribuindo para o surgimento de manifestações patológicas como fissuras, infiltrações, manchas de umidade, desagregação do concreto e exposição das armaduras.

Embora tais manifestações frequentemente se iniciem de forma discreta, sua evolução ao longo do tempo pode comprometer o desempenho estrutural, a durabilidade e a segurança das edificações. Nesse contexto, torna-se fundamental a realização de estudos que permitam identificar, registrar e avaliar essas ocorrências, fornecendo informações técnicas capazes de subsidiar ações de manutenção, recuperação e conservação das estruturas. Além disso, o envelhecimento do parque edificatório brasileiro, associado à ausência ou insuficiência de programas de manutenção preventiva, reforça a necessidade de métodos que possibilitem avaliações sistemáticas e confiáveis das condições estruturais.

Sob essa perspectiva, o método Grau de Deterioração de Estruturas (GDE/UnB) apresenta-se como uma ferramenta relevante por oferecer uma abordagem quantitativa e padronizada para a classificação dos danos estruturais, reduzindo a subjetividade das inspeções visuais e auxiliando na tomada de decisões técnicas. Apesar de sua reconhecida aplicabilidade,

ainda são relativamente limitados os estudos voltados à aplicação dessa metodologia em edificações de uso corrente, especialmente em contextos regionais específicos. Dessa forma, a presente pesquisa justifica-se pela contribuição que pode oferecer ao diagnóstico das condições estruturais de uma edificação de concreto armado situada em Tucuruí, ampliando o conhecimento sobre os processos de deterioração em ambientes amazônicos e fornecendo subsídios para a gestão da vida útil das estruturas.

Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo analisar as manifestações patológicas presentes em uma edificação de caráter cultural, constituída em concreto armado, mediante a aplicação da metodologia do Grau de Deterioração de Estruturas. A pesquisa busca identificar os principais tipos de danos, avaliar seu grau de severidade e compreender sua influência no desempenho global da estrutura. A partir dos resultados obtidos, pretende-se contribuir para o diagnóstico das condições atuais da edificação e para a definição de diretrizes voltadas à manutenção e conservação estrutural, visando garantir maior durabilidade, segurança e funcionalidade ao longo de sua vida útil.

### 1.3. Objetivos

#### 1.3.1. Objetivo geral

Avaliar o nível de deterioração das estruturas por meio das manifestações patológicas presentes em uma edificação cultural em concreto armado, considerando o grau de deterioração estrutural obtido pela aplicação do método GDE/UnB, as causas prováveis das manifestações patológicas, a severidade dos danos e os subsídios técnicos necessários para ações de manutenção e conservação da estrutura.

#### 1.3.2. Objetivos específicos

- Realizar o levantamento preliminar da edificação, caracterizando suas condições construtivas e histórico de uso;
- Identificar as manifestações patológicas observadas nos elementos estruturais, por meio de inspeção visual detalhada.
- Classificar as patologias de acordo com sua natureza, com base na literatura técnica e na ABNT NBR 6118 (2023);
- Aplicar os critérios e parâmetros do método GDE/UnB para determinar o grau de deterioração (Gd) dos elementos analisados;

- Quantificar o grau de deterioração global da estrutura, avaliando sua condição geral e possíveis riscos associados;
- Relacionar as manifestações patológicas aos seus danos prováveis, considerando seus respectivos valores de Gde;
- Contribuir para o aprimoramento da prática de inspeção predial em edificações residenciais e culturais, reforçando a importância de métodos sistemáticos de avaliação;

#### **1.4. Estrutura de apresentação do estudo**

Este trabalho está organizado em cinco seções, estruturados de forma a facilitar a compreensão do tema abordado.

Na primeira seção, é apresentada uma introdução geral, com o objetivo de situar o leitor e contextualizar os principais pontos que serão desenvolvidos.

Na segunda seção, exibe as patologias em concreto armado de acordo com a edificação analisada e a metodologia GDE/UnB, seguido da revisão bibliográfica mostrando os estudos de maiores relevâncias para o trabalho, apresentando cada inicialização já feita através do método.

Na terceira seção, mostra o método utilizado, GDE/UnB com uma aplicação direcionada para análise de degradação em uma estrutura de concreto armado, apresentando os procedimentos de estudo.

Na quarta seção, expõe os resultados alcançados, mostrando os danos principais geral e detalhados, além de exibir os principais resultados obtidos.

Na quinta seção, é apresentado as conclusões do estudo realizado e as suas respectivas aplicações sobre o método abordado.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. Patologias no concreto armado

O concreto armado, embora amplamente empregado nas construções brasileiras, não é um material isento de degradação. A ABNT NBR 6118 (2023) estabelece que a durabilidade das estruturas depende diretamente do atendimento aos requisitos de projeto, execução e manutenção, deixando claro que a vida útil prevista só será atingida quando as condições de exposição e as ações ambientais forem devidamente consideradas desde a fase de concepção. Nesse sentido, o tema das manifestações patológicas em estruturas de concreto armado adquire relevância significativa, pois reflete a interação entre aspectos construtivos, físico-químicos e operacionais que influenciam no desempenho ao longo do tempo.

A literatura ressalta que as patologias estruturais são resultado de um conjunto de fatores que envolvem desde falhas de projeto, execução inadequada, deficiência de materiais e ausência de controle tecnológico até processos naturais de deterioração associados ao ambiente (SOUZA; RIPPER, 1998). Andrade (1997), em um estudo pioneiro sobre o tema, destacou que a durabilidade é afetada fundamentalmente por mecanismos de transporte de agentes agressivos — tais como dióxido de carbono, cloretos e umidade — que, ao penetrarem nos poros do concreto, desencadeiam processos como carbonatação e corrosão das armaduras. Esses mecanismos, se não monitorados, podem comprometer não apenas a integridade física da estrutura, mas também sua funcionalidade e segurança.

Dentre as manifestações patológicas mais recorrentes, a fissuração é frequentemente mencionada como um indicador relevante do comportamento estrutural (HELENE, 1992). Embora algumas fissuras possam resultar de retração ou variação térmica, sua presença também pode estar associada a problemas mais graves, como sobrecargas, deformações excessivas ou falhas de detalhamento. Boldo (2002) enfatiza que a análise da fissuração requer atenção especial ao padrão, à abertura e à distribuição das fissuras, uma vez que esses elementos constituem sinais iniciais do processo de deterioração estrutural. A infiltração, por sua vez, atua como um acelerador dos mecanismos patológicos, pois facilita o ingresso de agentes agressivos, contribuindo para o desencadeamento da corrosão.

A corrosão das armaduras, destacada por Tuutti (1982) como um dos mecanismos mais críticos da deterioração do concreto armado, decorre geralmente de dois fenômenos principais:

a carbonatação da matriz cimentícia e o ataque por cloretos. A carbonatação reduz o pH do concreto, diminuindo a camada passivadora que protege o aço; já os cloretos rompem essa camada por ataque químico direto. Em ambos os casos, a corrosão resulta na formação de produtos expansivos, capazes de gerar tensões internas que culminam no destacamento do revestimento, deslocamentos e exposição progressiva das armaduras. Lourenço et al. (2009) ressaltam que o avanço desse processo tende a ser acelerado em estruturas sujeitas a elevada umidade, a microtrincas pré-existentes ou ao insuficiente revestimento de concreto.

Além dos mecanismos físico-químicos, as manifestações patológicas podem se desenvolver por razões construtivas, como falhas de forma, vibração inadequada, cura deficiente ou dosagens impróprias. Castro (1994), ao propor uma metodologia sistemática para manutenção de estruturas, aponta que muitos danos surgem ainda durante a execução, mas tornam-se perceptíveis apenas anos depois. Lopes (1998), analisando grandes estoques de edificações, concluiu que a ausência de um plano de manutenção estruturado favorece a evolução silenciosa de anomalias que poderiam ter sido corrigidas em estágios iniciais com custos significativamente menores. Essa constatação é reforçada por Fonseca (2007), ao afirmar que a falta de intervenções periódicas, somada à exposição contínua a agentes degradantes, tende a degradar progressivamente o desempenho global da estrutura.

A aplicação de metodologias estruturadas para diagnóstico, como a GDE/UnB, consolidou-se como referência no país para classificação do grau de deterioração estrutural. Desenvolvida inicialmente por Castro (1994) e posteriormente aperfeiçoada por Boldo (2002) e Fonseca (2007), a metodologia sugere parâmetros objetivos para identificação, classificação e quantificação dos danos, reduzindo a subjetividade inerente às inspeções visuais. Sobre o assunto, Santiago e Azevedo (2012), demonstram a eficácia do método na avaliação de obras de arte especiais, enquanto investigações mais recentes expandem seu uso para edificações residenciais.

Pesquisas contemporâneas têm reforçado que patologias em edificações residenciais não devem ser subestimadas, pois sua evolução pode comprometer significativamente a segurança dos usuários. Lima et al. (2023), em um estudo realizado em edificação habitacional, constataram que infiltrações recorrentes, aliadas ao desgaste natural do concreto, desencadearam processos avançados de corrosão, destacando a necessidade de inspeções periódicas. Esses resultados se alinham às constatações observadas por diversos autores ao

longo das últimas décadas, evidenciando que o comportamento patológico do concreto armado é multifatorial e exige abordagem técnica rigorosa.

## **2.2. Principais manifestações patológicas**

As manifestações patológicas no concreto armado podem ocorrer por diferentes razões, sendo classificadas de acordo com sua origem, aparência, comportamento ao longo do tempo e grau de severidade. Essas patologias, quando não diagnosticadas e tratadas a tempo, comprometem a segurança, a durabilidade e a funcionalidade das estruturas. Dentre as mais comuns, destacam-se: fissuras, corrosão das armaduras, eflorescência, carbonatação, desagregações superficiais e cobrimentos.

### **2.2.1. Fissuras**

As fissuras representam uma das manifestações patológicas mais frequentes no concreto armado. Elas podem surgir por diversos motivos, como retração plástica, retração térmica, esforços mecânicos, deformações por fluência ou reações químicas internas. Segundo Neville (2012), é fundamental distinguir entre fissuras estruturais e não estruturais: as primeiras comprometem a capacidade resistente da estrutura, enquanto as segundas podem afetar a estética e a durabilidade.

Fissuras por retração plástica ocorrem geralmente nas primeiras horas após a concretagem, resultantes da perda rápida de umidade da superfície. Já as fissuras térmicas decorrem das variações de temperatura durante a cura do concreto, gerando tensões internas. As fissuras por esforços de carga, por sua vez, aparecem quando as tensões ultrapassam a resistência à tração do concreto, sendo mais comuns em vigas e lajes submetidas a flexão ilustrado na figura 1.

Figura 1 — Fissura em viga estrutural



Fonte: Aatoria Própria – Sambródomo cultural Tucurui - PA (2026).

#### 2.2.2. Corrosão

A corrosão das armaduras é considerada a patologia mais crítica no concreto armado, uma vez que reduz significativamente a seção transversal dos vergalhões, comprometendo a resistência da estrutura. Esse processo ocorre, geralmente, quando há ingresso de agentes agressivos, como cloretos e dióxido de carbono, que rompem a camada passivadora da armadura, levando à oxidação do aço (Broomfield, 2007).

A presença de fissuras e porosidades na estrutura facilita a penetração desses agentes. A carbonatação e a penetração de íons cloreto estão entre os principais gatilhos do processo corrosivo. De acordo com Helene (2005), a expansão dos produtos da corrosão gera tensões internas que provocam o destacamento do recobrimento de concreto, acelerando ainda mais o processo e aumentando os custos de reparo, ilustrado na figura 2.

Figura 2 — Estrutura exposta sofrendo com a corrosão



Fonte: Per Loll (2017).

### 2.2.3. Eflorescência

A eflorescência se manifesta como manchas esbranquiçadas na superfície do concreto, formadas pela migração de sais solúveis na presença de água. Esses sais, ao evaporarem junto com a umidade que migra para a superfície, cristalizam-se, formando depósitos visíveis. Embora normalmente não comprometa a resistência da estrutura, a eflorescência pode indicar umidade excessiva e condução de sais que, a longo prazo, podem contribuir para outros tipos de patologias, como a lixiviação (Mehta & Monteiro, 2014) mostrado no exemplo da figura 3.

Figura 3 — Laje com eflorescência aparente



Fonte: Tresumo (2026).

#### 2.2.4. Carbonatação

A carbonatação é um processo químico em que o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) presente na atmosfera penetra no concreto e reage com o hidróxido de cálcio, reduzindo o pH da matriz cimentícia. Essa diminuição de pH (de cerca de 12 para valores inferiores a 9) destrói a camada passiva protetora das armaduras, deixando-as vulneráveis à corrosão (Neville, 2012).

A taxa de carbonatação depende da porosidade do concreto, do recobrimento das armaduras e da presença de microfissuras. Em regiões urbanas e industriais, onde há maior concentração de  $\text{CO}_2$ , o processo é acelerado. Ensaios laboratoriais, como o uso de solução de fenolftaleína, são utilizados para verificar a profundidade de carbonatação em amostras de concreto de acordo a figura 4.

Figura 4 — Estrutura após ensaio de carbonatação



Fonte: Dynamis Techne (2019).

#### 2.2.5. Desagregações

Desagregações ocorrem quando o concreto perde coesão interna e partículas se soltam da superfície. Essa patologia pode ser causada por ciclos de congelamento e descongelamento, reações álcali-agregado ou ataque de agentes químicos agressivos, como sulfatos e ácidos. Segundo Mehta e Monteiro (2014), o ataque por sulfatos é particularmente nocivo, pois leva à formação de produtos expansivos, como a etringita, que causam trincas e perda de massa do concreto.

Reações deletérias, como a reação álcali-agregado, também merecem destaque. Essa reação ocorre entre os álcalis do cimento e certos tipos de agregados reativos, formando um gel que se expande com a presença de umidade, provocando fissuração generalizada. A prevenção depende da escolha de materiais adequados e da limitação dos teores de álcalis no cimento seguindo a figura 5.

Figura 5 — Desagregação do concreto



Fonte: Silva (2020).

#### 2.2.6. Cobrimento

O cobrimento do concreto corresponde à espessura de concreto que envolve as armaduras, tendo como principal função proteger o aço contra agentes agressivos do meio ambiente, garantindo a durabilidade e o adequado desempenho estrutural do elemento. Quando o cobrimento é insuficiente ou apresenta falhas, as armaduras tornam-se mais suscetíveis à corrosão e à ocorrência de manifestações patológicas na estrutura (Helene, 1992).

Além disso, o cobrimento adequado também contribui para a correta aderência entre o concreto e a armadura, garantindo o bom desempenho estrutural do elemento ao longo de sua vida útil. Quando não atendido corretamente, pode comprometer tanto a durabilidade quanto a segurança da estrutura, exemplificada na figura 6.

Figura 6 — Cobrimento insuficiente causando corrosão



Fonte: Andrade (2025).

#### 2.2.7. Segregação

A segregação do concreto é uma manifestação patológica caracterizada pela separação dos seus componentes constituintes, principalmente entre os agregados graúdos e a pasta de cimento. Esse fenômeno geralmente ocorre devido a falhas no processo de lançamento, adensamento inadequado ou excesso de água na mistura, comprometendo a homogeneidade do material. Como consequência, observa-se a formação de regiões com baixa resistência mecânica e maior porosidade, o que reduz a durabilidade do elemento estrutural.

Além de afetar diretamente o desempenho do concreto, a segregação favorece a penetração de agentes agressivos, podendo acelerar outros processos de deterioração, como a corrosão das armaduras. Segundo Helene (1992), a qualidade do concreto está diretamente relacionada à sua correta execução, sendo a segregação um indicativo de falhas significativas no controle tecnológico e na aplicação em obra.

Figura 7 — Segregação em nervuras da laje



Fonte: Silva (2022).

#### 2.2.8. Infiltração

A infiltração é uma das manifestações patológicas mais comuns em estruturas de concreto armado, estando associada à penetração de água através de fissuras, poros ou falhas de impermeabilização. Esse processo pode ocorrer tanto por ação direta da chuva quanto por presença de umidade ascendente, sendo frequentemente observado em lajes, vigas e elementos expostos a intempéries. A presença constante de umidade compromete não apenas o aspecto estético da estrutura, mas também suas condições de durabilidade.

Do ponto de vista estrutural, a infiltração é um fator crítico, pois cria um ambiente propício para o desenvolvimento de processos de corrosão das armaduras, além de contribuir para o surgimento de outras patologias associadas. De acordo com Souza e Ripper (1998), a ação da água é um dos principais agentes de degradação do concreto, atuando como meio de transporte para substâncias agressivas que comprometem o desempenho estrutural ao longo do tempo.

Figura 8 — Manchas na laje nervurada



Fonte: Autoria Própria – Sambródomo cultural Tucuruí - PA (2026).

#### 2.2.9. Manchas

As manchas em superfícies de concreto são manifestações visuais que indicam alterações no comportamento físico-químico do material, sendo frequentemente associadas à presença de umidade, lixiviação de compostos ou acúmulo de sujeiras e microrganismos. Embora, em muitos casos, não representem risco estrutural imediato, sua ocorrência pode ser um indicativo inicial de problemas mais profundos relacionados à infiltração ou à deterioração do concreto.

Além do impacto estético, as manchas podem revelar processos como a percolação de água no interior da estrutura, contribuindo para o avanço de outras manifestações patológicas. Conforme destaca Andrade (1997), a identificação precoce dessas alterações superficiais é fundamental para o diagnóstico adequado das condições da edificação, permitindo a adoção de medidas preventivas antes que os danos evoluam para estágios mais severos.

Figura 9 — Manchas na União de Pilares



Fonte: Autoria Própria – Sambródromo cultural Tucuruí - PA (2026).

### **2.3. Causas das patologias em projeto, materiais e execução**

As patologias em estruturas de concreto armado possuem origem multifatorial, podendo estar relacionadas a falhas de projeto, problemas na execução, uso de materiais inadequados ou ausência de manutenção. A compreensão dessas causas é fundamental para prevenir danos e garantir o desempenho estrutural ao longo da vida útil da edificação.

Entre os principais fatores, destacam-se os erros de projeto, como dimensionamento inadequado, falta de consideração das condições ambientais e falhas de detalhamento, além do uso de materiais de baixa qualidade, que aumentam a porosidade e facilitam a entrada de agentes agressivos. Também são recorrentes as falhas de execução, como adensamento e cura inadequados, que comprometem a resistência e a durabilidade do concreto.

Problemas relacionados à mão de obra e à falta de controle técnico durante a construção contribuem significativamente para o surgimento precoce de patologias. Dessa forma, a

qualidade em todas as etapas de projeto, materiais, execução e manutenção, é determinante para evitar a deterioração das estruturas.

#### **2.4. Processos de deterioração**

A deterioração das estruturas de concreto armado resulta da ação conjunta de processos físicos, químicos, mecânicos e ambientais que, ao longo do tempo, comprometem seu desempenho e segurança. Quando fatores como qualidade dos materiais, cobrimento das armaduras, execução adequada e manutenção não são atendidos, inicia-se um processo progressivo de degradação. Muitas dessas falhas têm origem ainda nas fases iniciais da construção, mas seus efeitos tornam-se mais evidentes apenas com o passar dos anos.

Entre os principais mecanismos de deterioração, destacam-se a infiltração de água e o surgimento de fissuras, que facilitam a entrada de agentes agressivos e aceleram processos como lixiviação e corrosão das armaduras. Além disso, condições ambientais, especialmente em regiões de clima quente e úmido, intensificam esses efeitos, favorecendo a formação de microfissuras e o desgaste do concreto.

É importante ressaltar que a deterioração raramente ocorre de forma isolada, sendo resultado da combinação de diversos fatores. Dessa forma, a análise integrada desses processos é essencial para o diagnóstico estrutural, permitindo definir estratégias de manutenção e intervenção que garantam a durabilidade e a segurança das edificações ao longo do tempo.

#### **2.5. Corrosão em armaduras**

A corrosão das armaduras é um dos principais mecanismos de deterioração em estruturas de concreto armado, comprometendo diretamente a durabilidade, o desempenho e a segurança das edificações. Em condições normais, o concreto protege o aço por meio do cobrimento e de sua alcalinidade, porém a entrada de agentes agressivos ou alterações na matriz cimentícia pode romper essa proteção e iniciar o processo corrosivo.

Esse processo ocorre de forma eletroquímica, geralmente associado à presença de umidade, oxigênio e agentes como cloretos ou dióxido de carbono, que provocam a despassivação do aço. Como consequência, formam-se produtos de corrosão que geram fissuras, destacamento do concreto e exposição das armaduras. Além disso, a corrosão pode ocorrer de maneira localizada, tornando-se ainda mais perigosa por reduzir a seção resistente sem sinais visíveis iniciais.

Contudo, destaca-se que a corrosão está frequentemente associada a outras patologias, como fissuras e infiltrações, sendo agravada pela falta de manutenção. Sua identificação precoce e avaliação adequada são fundamentais para evitar danos mais severos e garantir a segurança e a vida útil das estruturas.

## **2.6. Classificação das patologias**

A classificação das patologias em estruturas de concreto armado é essencial para o diagnóstico e compreensão dos processos de deterioração, permitindo identificar não apenas os sintomas visíveis, mas também suas causas e impactos no desempenho estrutural. Normas como a ABNT NBR 6118 (2023) reforçam a importância dessa etapa para garantir segurança, durabilidade e definição adequada das intervenções.

De forma geral, as patologias podem ser agrupadas conforme sua natureza, incluindo fissuração, infiltração, corrosão das armaduras, desagregação e falhas de execução. Cada tipo apresenta características específicas e exige análise detalhada, como no caso das fissuras, que indicam diferentes comportamentos estruturais dependendo de sua forma e orientação. Além disso, problemas originados na execução ou no uso inadequado da estrutura também contribuem significativamente para o surgimento de danos.

A correta classificação das patologias permite organizar o diagnóstico estrutural de forma mais eficiente, auxiliando na aplicação de metodologias de avaliação, como o GDE, e na definição de prioridades de intervenção. Dessa forma, torna-se uma ferramenta fundamental para a gestão da manutenção e para a preservação da segurança e vida útil das estruturas.

## **2.7. Inspeção estrutural**

A inspeção estrutural é uma etapa essencial no processo de avaliação e diagnóstico das condições de desempenho das estruturas de concreto armado, sendo responsável por identificar manifestações patológicas, caracterizar sua severidade e orientar decisões de manutenção, reparo ou reforço. De acordo com a ABNT NBR 6118 (2023), as estruturas devem ser submetidas a verificações periódicas, de modo a assegurar que seus níveis de segurança e funcionalidade sejam mantidos ao longo da vida útil. Essa recomendação decorre do fato de que, mesmo em estruturas bem projetadas e executadas, os efeitos do envelhecimento natural,

das ações ambientais e das alterações de uso podem desencadear deteriorações que evoluem de maneira lenta e contínua.

Souza e Ripper (1998) destacam que a inspeção estrutural deve ser entendida como um processo investigativo que envolve não apenas a observação visual dos elementos, mas também a interpretação técnica dos danos identificados. Para os autores, a simples identificação dos sintomas não garante um diagnóstico adequado; é necessário compreender a origem e o mecanismo associado à manifestação patológica. Assim, a inspeção deve integrar conhecimentos de materiais, comportamento estrutural, processos de deterioração e condições ambientais, permitindo a interpretação correta do estado da edificação.

A literatura técnica nacional reforça que a inspeção estrutural, quando conduzida de forma sistemática, reduz a probabilidade de que anomalias incipientes evoluam para danos severos. Castro (1994) destacou que um dos maiores problemas das edificações brasileiras é a ausência de manutenção planejada e periódica, o que favorece o surgimento de manifestações patológicas associadas à infiltração, fissuração e deterioração mecânica. Lopes (1998) constatou que, em grandes estoques de edificações, a falta de inspeções regulares resulta em acúmulo de danos que poderiam ter sido tratados de maneira simples e econômica em fases iniciais.

A inspeção estrutural também desempenha papel crucial em edificações residenciais. Lima et al. (2023), ao analisar manifestações patológicas em um edifício habitacional, demonstraram que infiltrações constantes em elementos de fachada e lajes resultaram em corrosão avançada, destacamentos e perda de capacidade resistente. Assim, mesmo edificações de pequeno porte, quando submetidas a inspeções tardias ou superficiais, podem apresentar danos significativos, indicando a necessidade de metodologias mais rigorosas de diagnóstico.

Outro ponto relevante é que a inspeção deve ser conduzida por profissionais capacitados, uma vez que erros de interpretação podem resultar em diagnósticos inadequados e decisões equivocadas de manutenção. Souza e Ripper (1998) argumentam que a correta leitura das manifestações patológicas depende de conhecimento técnico e experiência prática, exigindo do profissional habilidade para relacionar sintomas superficiais a causas profundas. Esse entendimento é compartilhado por Castro (1994) e Lopes (1998), que apontam a necessidade de formação continuada e padronização de procedimentos de inspeção no contexto brasileiro.

## 2.8. Método GDE/UnB – Histórico e fundamentos

O método GDE/UnB (Grau de Deterioração das Estruturas) consolidou-se nas últimas décadas como uma das ferramentas mais relevantes para avaliação de manifestações patológicas em estruturas de concreto no Brasil. Seu desenvolvimento surgiu da necessidade de estabelecer critérios padronizados, objetivos e quantitativos para a análise do estado de conservação das estruturas, reduzindo a subjetividade inerente às inspeções visuais e proporcionando maior rigor técnico ao processo de diagnóstico. A ABNT NBR 6118 (2023) reforça a importância de procedimentos que garantam a durabilidade e a segurança das estruturas, destacando que inspeções e avaliações sistemáticas são essenciais para assegurar a vida útil prevista. Nesse contexto, o GDE/UnB se apresenta como instrumento metodológico alinhado às diretrizes normativas e às demandas práticas do setor.

O marco inicial do método foi estabelecido por Castro (1994), que propôs uma metodologia de avaliação e manutenção fundamentada na identificação sistemática de danos e na atribuição de pesos e índices para cada manifestação patológica observada. O objetivo da autora era propor um sistema aplicável a diferentes tipologias estruturais e capaz de gerar um diagnóstico comparável entre elementos de uma mesma edificação. O estudo de Castro foi precursor, pois introduziu critérios de quantificação, permitindo que o engenheiro atribua um valor numérico ao estado de deterioração com base na intensidade dos danos, sua abrangência e sua relevância estrutural.

Nas décadas seguintes, diversos pesquisadores ampliaram e aperfeiçoaram esse modelo. Boldo (2002) aplicou e refinou os princípios da metodologia ao analisar edificações militares, aprofundando a categorização dos danos e a atribuição de fatores de severidade, abrangência e relevância estrutural. O autor também demonstrou que o método pode ser utilizado tanto em edificações residenciais quanto em obras de grande porte, desde que haja adaptação dos critérios conforme a tipologia estrutural. Essa versatilidade contribuiu para a disseminação do método entre engenheiros e pesquisadores.

Fonseca (2007) deu continuidade ao aprimoramento da metodologia ao analisar o Instituto Central de Ciências da UnB, uma das maiores estruturas em concreto armado da América Latina. Sua contribuição incluiu a redefinição de parâmetros de intensidade e a incorporação de aspectos históricos, construtivos e ambientais, confirmando que o método é sensível ao contexto específico da estrutura avaliada. O trabalho reforçou a necessidade de que

o diagnóstico considere não apenas os danos atuais, mas também a evolução possível do processo patológico, sobretudo em casos de corrosão avançada das armaduras — um mecanismo ressaltado por Tuutti (1982) como crítico na deterioração do concreto armado.

Com o avanço das pesquisas, o método GDE/UnB passou a ser aplicado amplamente em obras de arte especiais, especialmente viadutos e pontes, onde a deterioração representa riscos elevados. Santiago e Azevedo (2012) aplicaram o método em diferentes obras rodoviárias, evidenciando sua eficácia em contextos onde a inspeção tradicional não era suficiente para caracterizar o nível de gravidade dos danos. Rosa (2014), por sua vez, comparou o método GDE/UnB ao sistema adotado pelo DNIT (2004), demonstrando que o primeiro possui maior sensibilidade à severidade e ao avanço das patologias, constituindo ferramenta mais adequada quando se busca precisão na quantificação da deterioração.

Lauria (2018) e Pavoni (2019) reforçaram esse entendimento ao aplicarem o método em viadutos do Distrito Federal, demonstrando que o GDE/UnB permite discriminar com maior clareza os elementos mais críticos da estrutura, auxiliando na tomada de decisões quanto às prioridades de intervenção. Esses estudos ganharam notoriedade após o colapso parcial do viaduto sobre a Galeria dos Estados, em Brasília, analisado pela Universidade de Brasília (2018). O evento evidenciou a necessidade de metodologias eficazes de inspeção, dado que infiltrações, corrosão avançada e falhas de manutenção — fatores destacados por Souza e Ripper (1998) e Andrade (1997) — evoluem de maneira silenciosa e progressiva, muitas vezes sem manifestação explícita antes da ruptura.

Nos últimos anos, pesquisas ampliaram o uso do método para edificações residenciais e estruturas urbanas de menor porte. Santos, Ferreira e Santos (2021) aplicaram o GDE/UnB em um edifício residencial, demonstrando que a metodologia apresenta excelente desempenho na identificação de infiltrações, fissuras, destacamentos e corrosão, além de fornecer diagnóstico quantitativo que facilita o planejamento de reabilitação. Teixeira et al. (2021), ao analisarem um edifício de quatro pavimentos, reforçaram que o método é adequado para identificar padrões de deterioração associados à infiltração e à carbonatação, mecanismos amplamente documentados por Lourenço et al. (2009), Castro (1994) e Lima et al. (2023).

Reksua (2023) analisou uma construção pública paralisada e verificou que o método é especialmente eficaz em estruturas expostas a intempéries, onde as manifestações patológicas tendem a se intensificar rapidamente. Varela et al. (2023), por sua vez, expandiram a aplicação

do método para estruturas com concreto protendido, demonstrando sua adaptabilidade e sensibilidade mesmo em sistemas estruturais complexos.

O fundamento central do método GDE/UnB é a atribuição de um índice numérico de deterioração baseado na relação entre três parâmetros fundamentais:

- a) Intensidade do dano.
- b) Extensão da área afetada.
- c) Relevância estrutural do elemento.

A partir desses fatores, estabelece-se o Grau de Deterioração (Gd) de cada elemento e, em seguida, da estrutura como um todo. Verly (2015) sistematiza essa abordagem ao demonstrar que o método não apenas classifica, mas também hierarquiza os danos, indicando quais elementos exigem intervenção imediata, quais demandam monitoramento e quais permanecem em condição aceitável. Essa capacidade de priorização é fundamental para edificações residenciais e obras públicas, onde os recursos destinados à manutenção são limitados e demandam gestão eficiente.

Além disso, o método valoriza a observação empírica e a inspeção visual detalhada, alinhando-se a estudos como os de Klein et al. (1991), que defendem que a vistoria minuciosa é essencial para a interpretação adequada das manifestações patológicas em obras de arte especiais. A integração entre registro fotográfico, mapeamento de danos e classificação dos mecanismos, como defendido por Souza e Ripper (1998), fortalece a consistência metodológica.

Outro aspecto fundamental do método GDE/UnB é a sua compatibilidade com diretrizes de órgãos fiscalizadores, como TCDF (2012) e DNIT (2004; 2017), reforçando sua credibilidade institucional e sua relevância para análises estruturais oficiais. Nota-se que o método GDE/UnB apresenta-se como uma ferramenta madura, sólida e amplamente validada, proporcionando um diagnóstico rigoroso, comparável e adequado às necessidades contemporâneas de avaliação estrutural. Seu histórico de aplicação em diferentes tipologias demonstra sua versatilidade e eficácia, consolidando-o como referência nacional no campo das patologias em concreto armado. Assim, sua utilização neste estudo contribui para um diagnóstico aprofundado e fundamentado da edificação analisada, oferecendo bases confiáveis para decisões de manutenção e conservação

## 2.9. Principais referências ao tema de estudo

As principais referências são relacionadas ao tema de estudo, incluindo autores, normas técnicas e trabalhos acadêmicos que contribuem para a compreensão das manifestações patológicas e dos processos de degradação nas construções. A análise dessas fontes permite estabelecer uma base teórica consistente, auxiliando na interpretação dos problemas e no desenvolvimento das discussões ao longo do trabalho. Os seguintes autores todos trabalharam com a metodologia GDE, incluindo e moldando de acordo para cada necessidade de uso de cada estudo realizado.

### 2.9.1. Klein et. al (1991)

Desenvolveu um estudo voltado à formulação de uma metodologia que assegurasse maior objetividade e uniformidade na realização de vistorias em Obras de Arte Especiais executadas em concreto armado. A proposta baseia-se na definição de critérios técnicos capazes de subsidiar a avaliação do risco estrutural, permitindo a classificação dessas estruturas conforme o nível de comprometimento identificado a partir de parâmetros previamente estabelecidos. Como resultado, a metodologia possibilita a hierarquização das intervenções necessárias, favorecendo a priorização de ações de manutenção de caráter imediato, bem como a organização de programas de manutenção periódica e preventiva, contribuindo para a gestão mais eficiente da segurança e durabilidade das estruturas.

No contexto das Obras de Arte Especiais, Klein et al. (1991) estabelecem a classificação dos principais elementos em categorias específicas, contemplando as instalações diversas, os encontros, os sistemas de drenagem pluvial, os pavimentos, as juntas de dilatação, os aparelhos de apoio, os pilares e os tabuleiros. Essa segmentação possibilita uma abordagem individualizada de cada componente, favorecendo a identificação precisa das condições de conservação e auxiliando na definição de medidas adequadas de manutenção e intervenção.

Cada uma das famílias definidas apresenta um conjunto de possíveis manifestações patológicas associadas aos respectivos elementos estruturais, possibilitando a atribuição de valores de avaliação conforme o nível de severidade observado em cada ocorrência. Esse procedimento contribui para a padronização da inspeção em campo, tornando o processo mais sistemático e reduzindo a subjetividade durante a vistoria técnica. Dessa forma, a análise passa a ser conduzida com base em critérios previamente estabelecidos, favorecendo maior uniformidade na coleta e interpretação das informações.

A classificação é realizada por meio da atribuição de um parâmetro denominado fator de intensidade do dano (FI), utilizado para representar o grau de comprometimento identificado. Esse indicador é expresso por meio de uma escala numérica que varia de 0 a 4, conforme critérios definidos pelos autores, permitindo quantificar a severidade das manifestações patológicas e subsidiar a avaliação das condições estruturais conforme o Quadro 1.

Quadro 1 — Atribuições de severidades das Manifestações

<b>GRAVIDADE DOS DANOS</b>	<b>FATOR DE INTENSIDADE (Fi)</b>
SEM LESÕES	0
LESÕES LEVES	1
LESÕES TOLERÁVEIS	2
LESÕES GRAVES	3
ESTADO CRÍTICO	4

Fonte: Klein (1991).

Na sequência da metodologia de Klein, é estabelecido o fator de gravidade do problema (FG), atribuído por meio de uma escala de 0 a 10, com a finalidade de indicar o grau de comprometimento estrutural decorrente do dano identificado em determinado elemento. Esse parâmetro, quando analisado em conjunto com o fator de intensidade do dano (FI), possibilita a aplicação de uma expressão destinada ao cálculo do grau de risco do elemento (GRE).

$$GRE = \frac{\sum(FG \cdot FI)}{\sum FG} \cdot 100 \quad \text{Equação 2.1}$$

O grau de risco do elemento (GRE) corresponde ao resultado obtido a partir da soma das avaliações dos danos identificados em um mesmo componente estrutural. Posteriormente, o grau de risco da família (GRF) é determinado por meio da aplicação de uma equação específica, conforme apresentado na equação 2.2:

$$GRF = \frac{\sum_{i=1}^n \delta_i \cdot GRE_i}{n} \quad \text{Equação 2.2}$$

Nesse contexto, n corresponde ao total de componentes que integram a família considerada, enquanto  $\delta$  representa o coeficiente de majoração. Esse coeficiente é utilizado para aumentar a representatividade do elemento que apresenta a situação mais desfavorável, de modo a refletir sua maior influência na determinação do grau de risco da família (GRF). A

definição do valor de  $\delta$  está diretamente relacionada ao grau de risco do elemento (GRE) em avaliação, conforme proposto por Klein et al. (1991).

Ao final do processo, utilizando os valores obtidos para o fator de relevância da família (FR) e para o grau de risco da família (GRF) em cada grupo de elementos estruturais, é possível determinar o grau de risco total da estrutura (GR).

$$GR = \frac{\sum_{i=1}^k (FR_i \cdot GRF_i)}{\sum_{i=1}^k FR_i} \quad \text{Equação 2.3}$$

Em que  $k$  corresponde à quantidade de famílias de elementos que compõem a estrutura, enquanto  $FR_i$  representa o fator de relevância associado a cada uma dessas famílias, conforme indicado na Equação 2.3. Klein et al. (1991) também estabeleceram faixas de classificação do grau de risco estrutural com base no valor obtido para o grau de risco da estrutura (GR), conforme apresentado no Quadro 2:

Quadro 2 — Classificação do grau de risco da estrutura

GRAU DE RISCO	GR
BAIXO	0 - 100
MÉDIO	100 - 200
ALTO	200 - 300
CRÍTICO	> 300

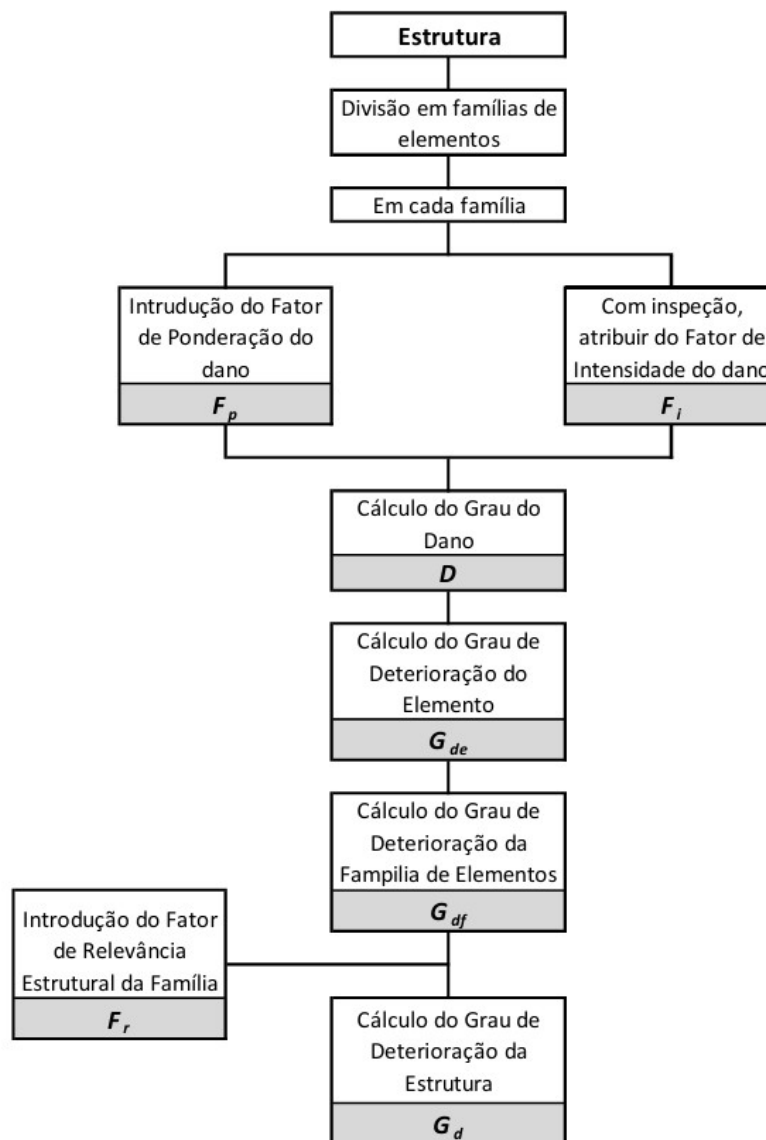
Fonte: Klein (1991).

### 2.9.2. Castro (1994)

Castro (1994), em dissertação de mestrado desenvolvida na Universidade de Brasília, realizou um estudo que contribuiu diretamente para o aprimoramento da metodologia GDE/UnB, com ênfase na avaliação quantitativa do nível de deterioração em estruturas de concreto armado. O autor adotou como base o procedimento proposto por Klein et al. (1991), promovendo adaptações com a finalidade de ampliar sua aplicabilidade para diferentes tipologias estruturais, não se restringindo às Obras de Arte Especiais. A partir dessa abordagem, tornou-se possível quantificar o avanço dos danos ao longo do tempo, fornecendo subsídios técnicos que evidenciam a importância da implementação de programas de manutenção periódica, com o objetivo de preservar as condições de desempenho, garantir a durabilidade e assegurar o cumprimento da vida útil prevista em projeto.

A metodologia fundamenta-se na execução de inspeções periódicas nas estruturas, com o devido registro das informações em cadernos de inspeção e posterior aplicação das formulações estabelecidas, iniciando-se pela análise individual dos elementos estruturais até a determinação do índice global de deterioração da estrutura. A Figura 10 apresenta o fluxograma representativo desse procedimento, evidenciando a sequência das etapas e a evolução qualitativa adotada na aplicação da metodologia GDE/UnB.

Figura 10 — Fluxograma da metodologia GDE/UnB



Fonte: Castro (1994).

Castro (1994) estabeleceu a organização dos componentes estruturais por meio da sua classificação em conjuntos denominados famílias de elementos, com base nas características e funções desempenhadas por cada componente em edificações usuais de concreto armado. Essa

segmentação contempla elementos como pilares, vigas, lajes, blocos de fundação, cortinas, escadas e rampas, reservatórios superiores e inferiores, juntas de dilatação, bem como componentes com função predominantemente arquitetônica.

Foi elaborada uma matriz que relaciona as manifestações patológicas às respectivas famílias de elementos estruturais, atribuindo a cada dano um Fator de Ponderação do Dano (FP), com valores entre 1 e 10, conforme sua influência nos aspectos estéticos, funcionais e de segurança. Esse fator pode variar conforme o elemento afetado, considerando que um mesmo dano pode gerar diferentes níveis de impacto. O Quadro 3 apresenta a correspondência entre as famílias, os danos e seus respectivos valores de Fp.

Quadro 3 — Famílias, danos e fatores de ponderação respectivos

PILARES		CORTINAS		RESERVATÓRIOS	
Danos	Fp	Danos	Fp	Danos	Fp
Desvio de geometria	8	Sinais de esmagamento	10	Impermeabilização danificada	8
Recalque	10	Desvio de geometria	6	Vazamento	10
Infiltração na base	6	Infiltração	6	Segregação	5
Segregação	6	Segregação	5	Lixiviação	7
Lixiviação	5	Lixiviação	5	Esfoliação	10
Esfoliação	8	Esfoliação	8	Desagregação	7
Desagregação	7	Desagregação	7	Cobrimento deficiente	7
Sinais de esmagamento	10	Deslocamento por empuxo	10	Manchas de corrosão	9
Cobrimento deficiente	6	Cobrimento deficiente	6	Fissuras	10
Manchas de corrosão	7	Manchas de corrosão	7	Carbonatação	7
Fissuras	10	Fissuras	10	Presença de cloretos	10
Carbonatação	7	Carbonatação	7		
Presença de cloretos	10	Presença de cloretos	10		
Manchas	5	Manchas	5		
VIGAS		ESCADAS/RAMPAS		LAJES	
Danos	Fp	Danos	Fp	Danos	Fp
Segregação	4	Segregação	4	Segregação	5
Lixiviação	5	Lixiviação	5	Lixiviação	3
Esfoliação	8	Esfoliação	8	Esfoliação	8
Desagregação	7	Desagregação	7	Desagregação	7
Cobrimento deficiente	6	Cobrimento deficiente	6	Cobrimento deficiente	6
Manchas de corrosão	7	Manchas de corrosão	7	Manchas de corrosão	7
Flechas	10	Flechas	10	Flechas	10
Fissuras	10	Fissuras	10	Fissuras	10
Carbonatação	7	Carbonatação	7	Carbonatação	7
Infiltração	6	Infiltração	6	Infiltração	6

Fonte: Castro (1994).

Com base na inspeção visual realizada, o profissional responsável pela avaliação deve atribuir o Fator de Intensidade do Dano (F), com o objetivo de classificar o nível de severidade da manifestação observada. Castro (1994) estabelece uma escala específica para essa avaliação, permitindo a quantificação da gravidade dos danos identificados de acordo com o Quadro 4:

Quadro 4 — Classificação do nível de severidade observada

GRAVIDADE DOS DANOS	FATOR DE INTENSIDADE (Fi)
SEM LESÕES	0
LESÕES LEVES	1
LESÕES TOLERÁVEIS	2
LESÕES GRAVES	3
ESTADO CRÍTICO	4

Fonte: Castro (1994).

Foi elaborada uma tabela contendo a descrição dos diferentes níveis de danos e seus respectivos fatores de intensidade, com a finalidade de orientar o responsável pela inspeção e reduzir a subjetividade durante a avaliação. O Quadro 5 apresenta exemplos dessas classificações, servindo como referência para a atribuição adequada dos valores conforme as condições observadas.

Quadro 5 — Exemplo de classificação de danos nos fatores de intensidade

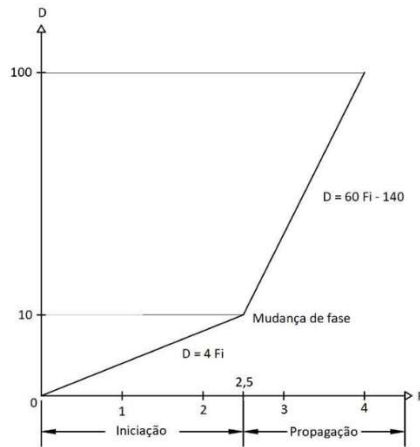
TIPOS DE DANOS	FATOR DE INTENSIDADE DO DANO (Fi) - TIPOS DE MANIFESTAÇÃO
SEGREGAÇÃO	1- Superficial e pouco significativa em relação às dimensões da peça; 2- Significante em relação às dimensões da peça; 3- Profunda em relação às dimensões da peça, com ampla exposição da armadura; 4- Perda relevante da seção da peça.
EFLORESCÊNCIA	1- Início de manifestação; 2- Manchas de pequenas dimensões; 3- Manchas acentuadas, em grandes extensões.
DESAGREGAÇÃO	2- Início de manifestação; 3- Manifestações leves; 4- Por perda acentuada de seção e esfarelamento do concreto.
COBRIMENTO	1- Menores que os previstos em norma sem, no entanto, permitir a localização da armadura; 2- Menor que o previsto em norma, permitindo a localização da armadura ou armadura exposta em pequenas extensões; 3- Deficiente com armaduras expostas em extensões significativas.
MANCHAS DE CORROSÃO OU CORROSÃO DA ARMADURA	2- Manifestações leves; 3- Grandes manchas e/ou fissuras de corrosão; 4- Corrosão acentuada na armadura principal, com perda relevante de seção.
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.
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.

Fonte: Castro (1994).

Na continuidade da metodologia, define-se o Grau de Dano (D), utilizado para quantificar a deterioração observada em cada elemento estrutural, com base no modelo de evolução da deterioração do concreto proposto por Tuutti (1982). Esse parâmetro é obtido a partir da relação entre o fator de ponderação do dano (FP) e o fator de intensidade (FI), considerando valores de FI entre 0 e 4, sendo identificada uma mudança de comportamento no

valor 2,5 e estabelecendo-se o valor máximo de D igual a 100, conforme a formulação apresentada por Castro (1994).

Figura 11 — Formulação do Grau de dano



Fonte : Castro (1994).

Dessa forma, o grau de dano pode ser determinado por meio das equações correspondentes, derivadas a partir da relação apresentada no gráfico anteriormente descrito de acordo com as Equações 2.4 e 2.5 em sequência.

$$D = 0,4 \cdot F_i \cdot F_p \quad \text{para } F_i \leq 2 \quad \text{Equação 2.4}$$

$$D = (6 \cdot F_i - 14) \cdot F_p \quad \text{para } F_i \geq 3 \quad \text{Equação 2.5}$$

O Grau de Deterioração de um Elemento (G) pode ser determinado por meio de expressões específicas que consideram a influência dos danos identificados e a quantidade de manifestações patológicas observadas no respectivo componente estrutural de acordo as Equações 2.6 e 2.7.

$$G_{de} = D_{m\acute{a}x} \quad \text{para } m \leq 2 \quad \text{Equação 2.6}$$

$$G_{de} = D_{m\acute{a}x} + \frac{\sum_{i=1}^{m-1} D_i}{m-1} \quad \text{para } m > 2 \quad \text{Equação 2.7}$$

Em que m representa o total de danos identificados no elemento e Di corresponde ao grau de dano associado a cada manifestação. Na formulação proposta, quando há até dois danos, predomina aquele que apresenta maior valor de deterioração; entretanto, para elementos com mais de duas ocorrências, considera-se a combinação entre o maior grau de dano e a média dos

demais, incorporando o efeito da interação entre as manifestações. Com base no valor obtido para esse parâmetro, Castro (1994) estabelece critérios para a definição das medidas de intervenção adequadas, conforme apresentado no Quadro 6.

Quadro 6 — Classificação de níveis de deterioração do elemento

<b>NÍVEL DE DETERIORAÇÃO</b>	<b>GDE</b>	<b>MEDIDAS A SEREM ADOTADAS</b>
Baixo	0 - 15	Estado aceitável
Médio	15 - 40	Observação periódica e necessidade de intervenção a médio prazo
Alto	40 - 60	Observação periódica minuciosa e necessidade de intervenção a curto prazo
Crítico	>80	Necessidade de intervenção imediata para restabelecer funcionalidade e/ou segurança

Fonte: Castro (1994).

Na sequência, define-se o Grau de Deterioração da Família (Gdf), obtido a partir da média aritmética dos graus de deterioração dos elementos que compõem o respectivo grupo. Contudo, Castro (1994) estabelece que apenas os elementos com valores de G iguais ou superiores a 15 devem ser considerados como representativos da condição da família, por indicarem maior nível de comprometimento e influenciarem diretamente na definição do momento adequado para intervenções de manutenção. Caso todos os elementos apresentem valores inferiores a esse limite, adota-se Gdf igual a zero. A Equação 2.8 apresenta a formulação utilizada para o cálculo desse parâmetro.

$$G_{df} = \frac{\sum_{i=1}^n G_{de(i)}}{n} \quad \text{Equação 2.8}$$

Para cada família de elementos é definido o Fator de Relevância Estrutural (Fr), parâmetro utilizado como coeficiente de ponderação para representar a importância relativa de cada grupo no comportamento global da estrutura. Esse fator permite diferenciar a contribuição de cada família em função de sua função estrutural e influência na segurança e no desempenho. Castro (1994) estabelece valores específicos de Fr para as diferentes famílias de elementos, conforme apresentado no Quadro 7:

Quadro 7 — Importância relativa das famílias

FAMÍLIAS	FATOR DE RELEVÂNCIA (Fr)
ELEMENTOS DE COMPOSIÇÃO ARQUITETÔNICA	1,0
RESERVATÓRIO SUPERIOR	2,0
ESCADAS/RAMPS, RESERVATÓRIO INFERIOR, CORTINAS E LAJES SECUNDÁRIAS	3,0
LAJES, FUNDAÇÕES, VIGAS SECUNDÁRIAS E PILARES SECUNDÁRIOS	4,0
VIGAS E PILARES PRINCIPAIS	5,0

Fonte: Castro (1994).

O parâmetro final de avaliação é representado pelo Grau de Deterioração da Estrutura (Gd), determinado por meio da formulação originalmente proposta por Klein et al. (1991), conforme apresentado na Equação 2.9, permitindo a quantificação do nível global de deterioração estrutural:

$$G_d = \frac{\sum_{i=1}^n F_{df(i)} \cdot G_{df(i)}}{\sum_{i=1}^k Fr(i)} \quad \text{Equação 2.9}$$

Em que k representa o número total de famílias de elementos que compõem a estrutura, Fr corresponde ao fator de relevância estrutural atribuído a cada família, e Gdf refere-se ao grau de deterioração associado a cada grupo de elementos.

A partir do valor obtido para o Grau de Deterioração da Estrutura (Gd), Castro (1994) estabelece faixas de classificação que permitem avaliar as condições globais da estrutura, associando cada intervalo a recomendações específicas de intervenção. Essas classificações orientam a definição das medidas de manutenção ou recuperação mais adequadas, conforme apresentado no Quadro 8.

Quadro 8 — Classificação de níveis de deterioração da estrutura

<b>NÍVEL DE DETERIORAÇÃO</b>	<b>GDE</b>	<b>MEDIDAS A SEREM ADOTADAS</b>
Baixo	0 - 15	Estado aceitável
Médio	15 - 40	Observação periódica e necessidade de intervenção a médio prazo
Alto	40 - 60	Observação periódica minuciosa e necessidade de intervenção a curto prazo
Crítico	>60	Necessidade de intervenção imediata para restabelecer funcionalidade e/ou segurança

Fonte: Castro (1994).

Apesar de sua relevância como instrumento de avaliação, essa classificação deve ser interpretada como um indicador das condições gerais da estrutura, não impedindo que manifestações patológicas localizadas, mesmo em estruturas com bom desempenho global, demandem intervenções imediatas, conforme destacado por Castro (1994).

### 2.9.3. Verly (2015)

No desenvolvimento da pesquisa, o autor realizou uma análise comparativa entre a metodologia GDE/UnB e o sistema SGO/DNIT, a partir da avaliação das condições estruturais de diversas Obras de Arte Especiais localizadas em Brasília – DF, sendo considerados, neste contexto, apenas os resultados obtidos com a aplicação da metodologia GDE/UnB. Como as avaliações foram conduzidas exclusivamente por meio de inspeções visuais, não foi possível identificar manifestações associadas à carbonatação do concreto e à presença de cloretos, motivo pelo qual esses aspectos não foram contemplados nas fichas de inspeção. A definição das famílias estruturais seguiu a proposta apresentada por Euqueres, com a inclusão adicional dos elementos travessas e transversinas, aos quais foram atribuídos fatores de relevância estrutural específicos conforme sua função. Além disso, para a determinação do grau de deterioração das famílias, foram considerados todos os valores obtidos na avaliação dos elementos, independentemente do nível de deterioração apresentado.

No estudo desenvolvido por Verly (2015), são apresentadas tabelas que detalham as características das manifestações patológicas associadas a cada nível do fator de intensidade, fornecendo suporte técnico relevante para a uniformização dos critérios adotados durante as inspeções. Essas informações contribuem para reduzir a subjetividade na avaliação e auxiliar

os responsáveis pela vistoria na correta classificação dos danos. O Quadro 9 reúne essas descrições e servem como referência para a aplicação da metodologia.

Quadro 9 — Fatores de intensidade por danos

TIPOS DE DANOS	VALORES DE Fi
Carbonatação	1 - Localizada, com regiões com pH < 9, sem afetar as armaduras. 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 que os previstos em norma sem, no entanto, permitir a localização da armadura. 2 - Menor que o previsto em norma, permitindo a localização visual da armadura ou armadura exposta em pequenas extensões. 3 - Deficiente, com armaduras expostas em extensões significativas.
Contaminação por cloreto	2 - Elementos abrigados sem umidade. 3 - Elementos no exterior sem umidade. 4 - Ambientes úmidos.
Corrosão de armaduras	2 - Manifestações leves, pequenas manchas. 3 - Grandes manchas e/ou fissuras de corrosão. 4 - Corrosão acentuada da armadura principal, com perda relevante de seção (> 20% do diâmetro).
Degradação	2 - Início de manifestação. 3 - Manifestações leves, início de estufamento do concreto. 4 - Por perda acentuada de seção e esfarelamento do concreto.
Deslocamento por empuxo	3 - Deslocamento lateral da cortina no sentido horizontal, estável. 4 - Deslocamento lateral da cortina no sentido horizontal, instável.
Desplacamento	2 - Pequenas escamações do concreto. 3 - Lascamento de grandes proporções, com exposição da armadura. 4 - Lascamento acentuado com perda relevante de seção.
Desvios de geometria	2 - Pilares e cortinas com excentricidade maior h/100 (h=altura). 3 - Pilares e cortinas com excentricidade maior h/100 e h/50. 4 - Pilares e cortinas com excentricidade e > h/50.
Eflorescência	1 - Início de manifestações. 2 - Manchas de pequenas dimensões. 3 - Manchas acentadas, em grandes extensões. 4 - Grandes formações de crostas de carbonato de cálcio (estalactites).
Falha de concretagem	1 - Superficial e pouco significativa em relação às dimensões da peça. 2 - Significativa em relação às dimensões da peça. 3 - Significativa em relação às dimensões da peça, com ampla exposição da armadura. 4 - Perda relevante da seção transversal da peça (>20% da área)
Fissuras	1 - Abertura 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.

Fonte: Verly (2015).

O Roteiro de Inspeção de Pontes de Concreto Armado, revisado por Euqeres (2011), passou a ser denominado Manual de Aplicação da Metodologia GDE/UnB em Obras de Arte Especiais, consolidando-se como documento de referência para a utilização desse procedimento. Nesse contexto, o Quadro 10 apresenta os resultados obtidos pelas metodologias avaliadas, sendo que, para a GDE/UnB, foram considerados dois parâmetros distintos: um que contempla todos os valores de grau de deterioração dos elementos e outro que considera apenas

aqueles superiores ao limite estabelecido, permitindo uma análise diferenciada das condições estruturais.

Quadro 10 — Resultados das metodologias SGO/DNIT e GDE/UnB

OBRA	DNIT (Nota Técnica)	GDE/UnB	
		Gd	Gd*
OAE-01	3	31,24	30,12
OAE-02	3	65,88	40,02
OAE-03	3	49,24	42,43
OAE-04	3	62,7	25,64
OAE-05	3	77,58	36,2
OAE-06	3	84,53	50,23
OAE-07	3	50,87	42,34
OAE-08	3	60	35,18
OAE-09	3	59,38	39,18
OAE-10	3	68,68	68,74
OAE-11	2	121,25	121,25
OAE-12	2	130,03	130,23
OAE-13	2	103,25	104,99
OAE-14	3	31,9	21,61
OAE-15	3	41,23	28,02
OAE-16	2	94,96	69,44
OAE-17	2	106,49	106,59
OAE-18	3	62,14	51,42
OAE-19	3	37,02	30,89
OAE-20	3	55,85	30,58
OAE-21	4	48,44	25,28
OAE-22	4	49,93	29,49

Fonte: Verly (2015).

Após a verificação da consistência dos resultados obtidos, observou-se que a expressão utilizada para determinar o grau de deterioração estrutural apresentava comportamento inadequado diante de variações na quantidade de manifestações patológicas identificadas, em função do efeito da média ponderada vinculada ao fator de ponderação. Essa condição evidenciou limitações na representatividade do parâmetro em determinadas situações. Em decorrência disso, Verly (2015) apresentou uma nova proposta de formulação para o cálculo do grau de deterioração da estrutura (Gd), conforme descrito na Equação 2.10.

$$G_{d,mod} = \frac{K_{m\acute{a}x}}{7,07} \cdot \sqrt{1 + \frac{(\sum_{i=1}^k K_i) - K_{m\acute{a}x}}{\sum_{i=1}^k K_i}}$$

Equação 2.10

Em que  $k$  representa a quantidade de famílias que compõem a estrutura,  $K_i$  corresponde ao resultado da multiplicação entre o grau de deterioração da família e o respectivo fator de relevância estrutural, e  $K_{\max}$  indica o maior valor obtido entre esses produtos, representando a condição mais crítica entre as famílias avaliadas.

A Tabela 9 apresenta os resultados obtidos a partir da recalculação do grau de deterioração estrutural (Gd) das Obras de Arte Especiais analisadas, utilizando a formulação revisada proposta por Verly (2015).

Quadro 11 — Resultados das metodologias com formulação modificada do Gd

OBRA	DNIT (Nota Técnica)	GDE/UnB		
		Gd.mod	Gd.mod*	Gd
OAE-01	3	29,54	29,96	31,24
OAE-02	3	64,22	64,58	65,88
OAE-03	3	57,22	58,44	49,24
OAE-04	3	32,17	34,96	62,7
OAE-05	3	54,85	59,56	77,58
OAE-06	3	59,76	62,83	84,53
OAE-07	3	46,74	47,75	50,87
OAE-08	3	33,94	37,82	60
OAE-09	3	41,98	49,29	59,38
OAE-10	3	68,62	68,7	68,68
OAE-11	2	134,32	134,32	121,25
OAE-12	2	133,07	133,34	130,03
OAE-13	2	107,45	109,76	103,25
OAE-14	3	34,08	36,29	31,9
OAE-15	3	38,53	39,88	41,23
OAE-16	2	109,35	111,44	94,96
OAE-17	2	114,99	115,03	106,49
OAE-18	3	35,15	35,73	62,14
OAE-19	3	41,49	43,97	37,02
OAE-20	3	46,33	47,63	55,85
OAE-21	4	39,94	43,45	48,44
OAE-22	4	42,83	55,74	49,93

Fonte: Verly (2015).

A análise dos resultados indicou que os valores de Gd.mod\* passaram a apresentar maior magnitude em comparação aos valores, demonstrando maior coerência com as condições observadas durante as inspeções. Esse comportamento evidencia que a formulação revisada proporciona uma representação mais adequada do nível de deterioração estrutural, permitindo a aplicação da Equação 2.9 também em estruturas com menor grau de comprometimento. Dessa

forma, manifestações patológicas de baixa intensidade passam a ser consideradas na avaliação global. Com base nesses aspectos, verifica-se que a metodologia GDE/UnB apresenta maior abrangência em relação ao método SGO/DNIT. Essa característica contribui para uma classificação mais representativa das condições estruturais e favorece a definição mais precisa das prioridades de intervenção.

#### 2.9.4. Lauria (2018)

O estudo teve como objetivo a aplicação da metodologia GDE/UnB no processo de inspeção e na análise dos resultados, considerando as atualizações mais recentes apresentadas na literatura. A aplicação foi realizada na avaliação dos viadutos localizados nas entrequadras do Eixo Rodoviário Sul, na cidade de Brasília – DF. Para fins de análise, essas estruturas foram organizadas de acordo com sua localização nos trechos correspondentes ao Eixo W, Eixo Central e Eixo L. Ao todo, foram avaliados 24 viadutos por meio da metodologia adotada.

Como as inspeções realizadas foram exclusivamente visuais, não foi possível avaliar danos relacionados à carbonatação do concreto e à contaminação por cloretos, que exigem amostras e ensaios laboratoriais, sendo, portanto, excluídos das fichas do Manual de Aplicação da Metodologia GDE/UnB conforme Verly (2015). Adicionalmente, Lauria (2018) propôs a inclusão do dano por abrasão, resultante do atrito de agentes externos, como água ou veículos, sobre os elementos estruturais, considerando a recorrência dessa manifestação nos viadutos analisados, especialmente em trechos de menor altura livre e com intenso fluxo de tráfego.

Para caracterizar o dano incluído na metodologia, foram atribuídos fatores de ponderação e de influência considerando seu impacto sobre a estética, a funcionalidade, a segurança e a gravidade da manifestação na estrutura. Nesse contexto, o dano por abrasão recebeu um fator de ponderação (F) igual a 3, devido à sua capacidade de reduzir a cobertura de concreto e, conseqüentemente, comprometer a resistência da estrutura. Lauria (2018) define ainda os fatores de intensidade específicos para a avaliação desse tipo de dano, conforme o Quadro 12.

Quadro 12 — Fatores de intensidade para avaliação de tipo de danos

DANOS	FATOR DE INTENSIDADE (Fi)
QUEBRA DE SEÇÃO	2
QUEBRA DE SEÇÃO PROVOCANDO	3
QUEBRA DE SEÇÃO COM ARRASTO NA SUPERFÍCIE	4

Fonte: Lauria (2018).

Lauria (2018) baseou-se em inspeções visuais complementadas por consultas aos projetos disponíveis no Arquivo Público de Brasília, permitindo a formulação da seguinte proposição:

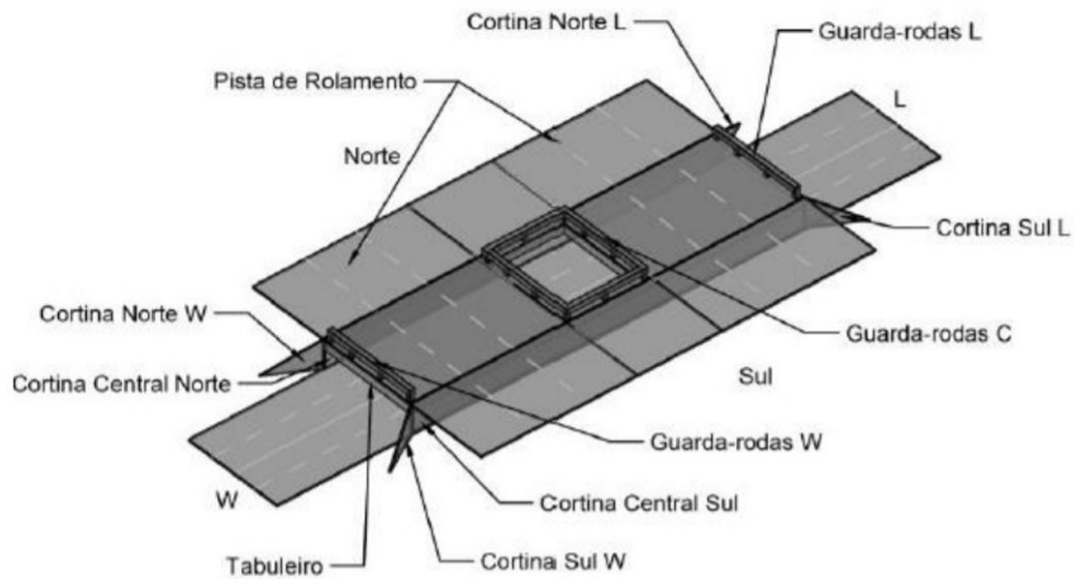
Quadro 13 — Fatores de relevância para cada proposição

FAMÍLIAS	FATOR DE RELEVÂNCIA (Fr)
GUARDA-RODAS	1
PISTA DE ROLAMENTO	2
CORTINA	3
TABULEIRO	4
CORTINA CENTRAL	5

Fonte: Lauria (2018).

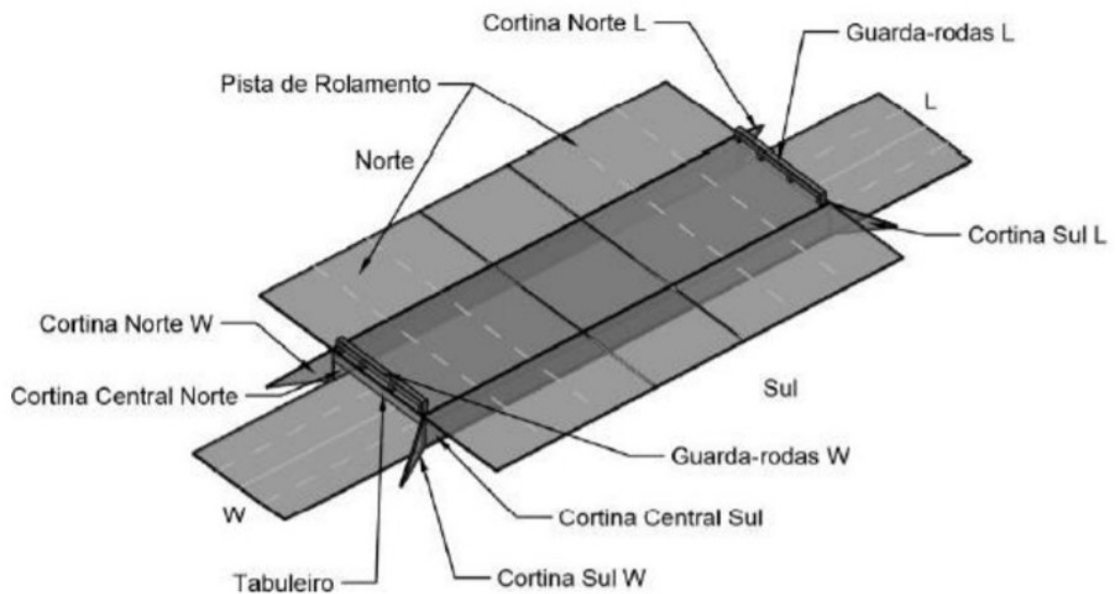
Na execução das inspeções e análises, algumas famílias de elementos foram organizadas segundo as direções cardeais. Considerando que cada par de quadras possui três viadutos a serem avaliados — denominados Eixão, Eixo L e Eixo W — a família de guarda-rodas foi segmentada em guarda-rodas L, W e C. A cortina foi dividida em cortina norte L, cortina norte W, cortina sul L e cortina sul W, enquanto a cortina central recebeu a subdivisão em central norte e central sul, devido ao seu fator de relevância mais elevado. As Figuras 12 e 13 ilustram essa organização dos elementos para os viadutos dos trechos do Eixo L, W e Eixão.

Figura 12 — Elementos dos viadutos dos Eixos L e W



Fonte: Lauria (2018).

Figura 13 — Elementos dos viadutos do Eixão



Fonte: Lauria (2018).

O Quadro 14 apresenta um resumo dos resultados obtidos por Lauria (2018) na avaliação dos 24 viadutos, com a aplicação da metodologia GDE/UnB, consolidando os dados referentes às condições estruturais identificadas durante o estudo.

Quadro 14 — Resultados da aplicação do Eixo Rodoviário Sul

QUADRA	VIADUTO	Gd*	NÍVEL DE DETERIORAÇÃO	Gd	NÍVEL DE DETERIORAÇÃO
01/02	W	43,44	Médio	44,34	Médio
	Eixão	23,17	Médio	24,08	Médio
	L	43,71	Médio	44,19	Médio
03/04	W	29,5	Médio	32,12	Médio
	Eixão	59,98	Alto	61,01	Alto
	L	69,62	Alto	70,46	Alto
05/06	W	97,65	Sofrível	97,91	Sofrível
	Eixão	27,07	Médio	27,07	Médio
	L	88,3	Sofrível	88,79	Sofrível
07/08	W	71,16	Alto	73,59	Alto
	Eixão	79,45	Alto	80,06	Sofrível
	L	79,86	Alto	82,1	Sofrível
09/10	W	47,09	Médio	47,09	Médio
	Eixão	23,87	Médio	23,87	Médio
	L	33,34	Médio	33,88	Médio
11/12	W	67,01	Alto	68,12	Alto
	Eixão	44,8	Médio	45,14	Médio
	L	27,4	Médio	31,71	Médio
13/14	W	47,27	Médio	48,05	Médio
	Eixão	28,1	Médio	31,49	Médio
	L	61,29	Alto	65,37	Alto
15/16	W	50,51	Alto	51,08	Alto
	Eixão	55,49	Alto	56,8	Alto
	L	88,52	Sofrível	89,65	Sofrível

Fonte: Lauria (2018).

Segundo Lauria (2018), não foram observadas grandes divergências entre os valores de Gd\* e Gd, sendo a diferença máxima de apenas 1,2. Por esse motivo, adotou-se como referência a formulação que considera todos os valores de G na análise. Com base nesse critério, 21% dos viadutos foram classificados em estado sofrível, demandando intervenção em até seis meses; 29% apresentaram elevado nível de deterioração, com recomendação de manutenção em no máximo um ano; e os 50% restantes receberam classificação média, permitindo intervenções dentro de um período de até dois anos. Esses resultados foram considerados satisfatórios, refletindo de forma precisa a condição real dos viadutos inspecionados e fornecendo subsídios

importantes tanto para o aprimoramento do método de inspeção quanto para a elaboração de planos de manutenção e tomada de decisão nas obras analisadas.

#### 2.9.5. Pavoni (2019)

Seguindo procedimento semelhante ao adotado por Lauria (2018), o autor aplicou a metodologia GDE/UnB na avaliação de todos os viadutos localizados nas entrequadradas do Eixo Rodoviário Norte em Brasília – DF, organizando as estruturas de acordo com as pistas do Eixo W, Eixo Central e Eixo L, totalizando 24 viadutos analisados.

Inspirando-se no estudo de Lauria (2018), o autor incluiu o dano por abrasão nas avaliações, visando proporcionar maior detalhamento na análise da deterioração das estruturas inspecionadas. Nesse sentido, Pavoni (2019) aplicou o mesmo fator de ponderação ( $F = 3$ ) e manteve os fatores de intensidade estabelecidos por Lauria (2018), conforme descrito a seguir:

Fatores de Intesidade:

Quadro 15 — Intensidades estabelecidas para fatores de Intensidade

DANOS	FATOR DE INTENSIDADE (Fi)
QUEBRA DE SEÇÃO	2
QUEBRA DE SEÇÃO PROVOCANDO	3
QUEBRA DE SEÇÃO COM ARRASTO NA SUPERFICIE	4

Fonte: Pavoni (2019).

Fatores de relevância:

Quadro 16 — Intensidades estabelecidas para fatores de relevância

FAMÍLIAS	FATOR DE RELEVÂNCIA (Fr)
GUARDA-RODAS	1
PISTA DE ROLAMENTO	2
CORTINA	3
TABULEIRO	4
CORTINA CENTRAL	5

Fonte: Pavoni (2019).

Com base no Manual de Aplicação da Metodologia GDE/UnB, proposto por Verly (2015), e nas considerações de Lauria (2018), Pavoni (2019), realizando o cálculo do grau de deterioração das famílias (Gdf) em duas abordagens: incluindo e desconsiderando os valores de Gde inferiores a 15. Os resultados obtidos estão apresentados no Quadro 17.

Quadro 17 — Resultados da aplicação do Eixo Norte

QUADRA	VIADUTO	Gd*	Gd	DIFERENÇA Gd e Gd*	NÍVEL DE DETERIORAÇÃO
01/02	W	40,44	40,67	0,23	Médio
	Eixão	41,37	43,6	2,24	Médio
	L	45,57	46,77	1,2	Médio
03/04	W	56,35	56,71	0,35	Alto
	Eixão	62,62	62,88	0,26	Alto
	L	43,41	44,95	1,55	Médio
05/06	W	59,99	60,35	0,35	Alto
	Eixão	23,75	23,86	0,1	Médio
	L	46,82	50,17	3,35	Alto
07/08	W	59,41	59,79	0,38	Alto
	Eixão	35,34	36,2	0,86	Médio
	L	48,81	49,65	0,84	Médio
09/10	W	5,12	12,82	7,7	Baixo
	Eixão	23,94	27,49	3,55	Médio
	L	33,22	36,93	3,71	Médio
11/12	W	68,86	69,38	0,51	Alto
	Eixão	52,59	57,35	4,76	Alto
	L	26,05	28,57	2,52	Médio
13/14	W	22,64	24,46	1,83	Médio
	Eixão	9,05	11,04	1,99	Baixo
	L	66,94	72,9	5,96	Alto
15/16	W	47,45	47,45	0,01	Médio
	Eixão	59,24	59,52	0,28	Alto
	L	44,53	44,82	0,28	Médio

Fonte: Pavoni (2019).

Ao analisar os resultados, constatou-se que a diferença máxima entre Gd e Gd\* foi de 7,70, levando o autor a adotar os valores de Gd, que consideram todos os valores de Gde no cálculo, para as conclusões finais. Além disso, considerando que Santiago & Azevedo (2012) haviam avaliado as mesmas Obras de Arte Especiais, realizou-se um comparativo com os dados obtidos em 2019. Para que a comparação fosse consistente, os resultados de Pavoni (2019) foram ajustados, substituindo a formulação de Verly (2015). O resultado desse comparativo está apresentado no Quadro 18.

Quadro 18 — Comparativo de resultados obtidos

QUADRA	VIADUTO	Gd* (Santiago e Azevedo, 2012)	Gd* (Pavoni, 2019)
01/02	W	37,04	36,88
	Eixão	29,64	43,2
	L	37,04	31,14
03/04	W	49,63	38,54
	Eixão	27,43	52,83
	L	55,87	43,4
05/06	W	61,49	51,2
	Eixão	59,06	24,88
	L	68,45	29,92
07/08	W	59,84	50,37
	Eixão	53,95	22,48
	L	54,36	28,99
09/10	W	36	2,78
	Eixão	0	7,81
	L	54,36	12,53
11/12	W	36,57	60,19
	Eixão	57,13	47,93
	L	0	23,98
13/14	W	28,71	17,14
	Eixão	0	4,92
	L	56,8	32,2
15/16	W	28,71	48,13
	Eixão	0	45,72
	L	56,8	43,04

Fonte: Pavoni (2019).

De acordo com o autor, a comparação evidencia divergências entre os resultados obtidos em 2012 e os de 2019. Apesar de parte das variações poder ser atribuída à subjetividade dos avaliadores durante as inspeções e na atribuição dos fatores de intensidade dos danos, as diferenças observadas foram expressivas, ocasionando, em diversos casos, alterações na classificação do nível de deterioração das Obras de Arte Especiais.

## 2.10. Aplicações recentes do método GDE/UnB

Nas últimas décadas, o método GDE/UnB consolidou-se como uma das principais ferramentas de diagnóstico estrutural no Brasil, sendo amplamente aplicado tanto em obras de

arte especiais quanto em edificações residenciais e estruturas urbanas. A expansão do uso da metodologia demonstra sua versatilidade, sensibilidade e capacidade de adaptação a diferentes contextos construtivos, ambientais e funcionais. Essa popularização também reflete a crescente preocupação do setor da construção civil com a durabilidade, a segurança e a gestão eficiente da vida útil das estruturas, conforme orientado pela ABNT NBR 6118 (2023).

A primeira onda de aplicações do método ocorreu principalmente em obras rodoviárias e viárias, devido ao potencial impacto estrutural, econômico e social associado à deterioração dessas estruturas. Estudos como os de Santiago e Azevedo (2012) mostraram que a metodologia permitiu caracterizar de forma precisa o estado de conservação de pontes e viadutos, identificando, com clareza, manifestações como corrosão generalizada, fissuração intensa e destacamentos significativos do revestimento. As análises demonstraram que o método, ao integrar critérios de intensidade, abrangência e relevância, oferece uma visão aprofundada sobre os elementos mais críticos da estrutura.

Rosa (2014), ao comparar o método GDE/UnB com o sistema de avaliação adotado pelo DNIT (2004), destacou que o GDE/UnB apresentou maior sensibilidade na identificação de danos estruturais relevantes, principalmente em casos onde o processo corrosivo já se encontrava em estágio intermediário. O estudo evidenciou que a metodologia permite diferenciar com mais precisão níveis próximos de deterioração, sendo particularmente eficaz em situações onde pequenos avanços na patologia resultam em grandes consequências estruturais.

A aplicação do método ganhou ainda mais destaque com as pesquisas de Lauria (2018) e Pavoni (2019), que utilizaram o GDE/UnB para avaliar viadutos do Eixo Rodoviário Sul e Norte de Brasília. Ambos os estudos revelaram a existência de danos significativos associados à infiltração persistente, carbonatação avançada e corrosão, reafirmando conclusões já mencionadas por Andrade (1997) e Souza e Ripper (1998). Em muitos casos, os danos não eram imediatamente perceptíveis, reforçando a importância de metodologias como o GDE/UnB para a detecção de patologias em estágios intermediários ou avançados.

Esses trabalhos adquiriram relevância especial após o colapso parcial do viaduto sobre a Galeria dos Estados, em 2018, analisado pela Universidade de Brasília por meio da Nota Técnica ENC/UnB nº 001-2018. O documento identificou infiltrações recorrentes, corrosão severa das armaduras e perda de seção resistente como fatores determinantes para o colapso, ressaltando a importância de inspeções periódicas e métodos de avaliação confiáveis. A

repercussão do evento, amplamente noticiada pelo G1 DF (2018) e pelo Correio Braziliense (2017), consolidou a necessidade de adoção de metodologias estruturadas como padrão nas inspeções públicas.

Nos anos recentes, o método passou a ser empregado também em edificações residenciais, ampliando significativamente seu campo de atuação. Santos, Ferreira e Santos (2021) aplicaram o GDE/UnB na avaliação de um edifício habitacional, concluindo que a metodologia foi eficaz para identificar diferentes graus de deterioração em elementos como vigas, pilares e lajes. O estudo mostrou que, embora o método tenha sido inicialmente desenvolvido para grandes estruturas, sua aplicação em edificações residenciais resultou em diagnósticos objetivos e comparáveis, beneficiando a tomada de decisões quanto à manutenção corretiva e preventiva.

Teixeira et al. (2021), ao avaliar um edifício de quatro pavimentos, demonstraram que o método GDE/UnB é sensível para identificar danos característicos de edificações urbanas, como infiltrações, carbonatação e fissuração decorrente de deformações excessivas. Os autores destacaram que o método permitiu mapear a evolução de danos e identificar elementos que, embora apresentassem manifestações discretas, já se encontravam em processo de deterioração interna significativa, o que corrobora a necessidade de inspeções periódicas defendida por Castro (1994) e Lopes (1998).

A metodologia também vem sendo utilizada em estruturas abandonadas ou com obras interrompidas. Reksua (2023) avaliou uma construção pública paralisada e constatou que o método foi fundamental para quantificar o nível acelerado de deterioração decorrente de exposição direta às intempéries, ausência de proteção superficial e degradação do concreto por ciclos de molhagem e secagem. O estudo reforçou que o método se adapta adequadamente a estruturas que sofrem processos degradantes intensos em períodos curtos, ampliando seu alcance para cenários extremos.

O uso continuado e validado do método também se relaciona à crescente preocupação com políticas de manutenção urbana. O TCDF (2012) e o DNIT (2017) destacam que estruturas públicas sofrem deterioração acelerada quando carecem de inspeções sistemáticas, e a adoção de metodologias como o GDE/UnB contribui diretamente para suprir lacunas históricas de monitoramento. Ao integrar diagnóstico objetivo com diretrizes de conservação, o método atua como ferramenta estratégica não apenas para engenheiros, mas para gestores públicos responsáveis pela preservação de patrimônios urbanos relevantes — como reconhecido pelo

Correio Braziliense (2017), ao destacar a importância da preservação das obras do modernismo de Brasília.

Por fim, observa-se que o método GDE/UnB continua evoluindo na literatura recente. Verly (2015), em uma análise aprofundada, argumenta que a metodologia possui potencial para se tornar padrão nacional para avaliação de deterioração estrutural, devido à sua capacidade de unificar critérios e gerar diagnósticos comparáveis. Sua aplicação em diferentes pesquisas demonstra que o método é adaptável, robusto e capaz de lidar com os desafios contemporâneos da engenharia estrutural, especialmente em um contexto onde o envelhecimento do parque edificado brasileiro exige ferramentas confiáveis de inspeção, prevenção e manutenção. Assim, as aplicações recentes do método GDE/UnB comprovam sua eficácia, versatilidade e relevância tanto no diagnóstico quanto na gestão da vida útil das estruturas de concreto armado, legitimando sua escolha como metodologia central no presente estudo.

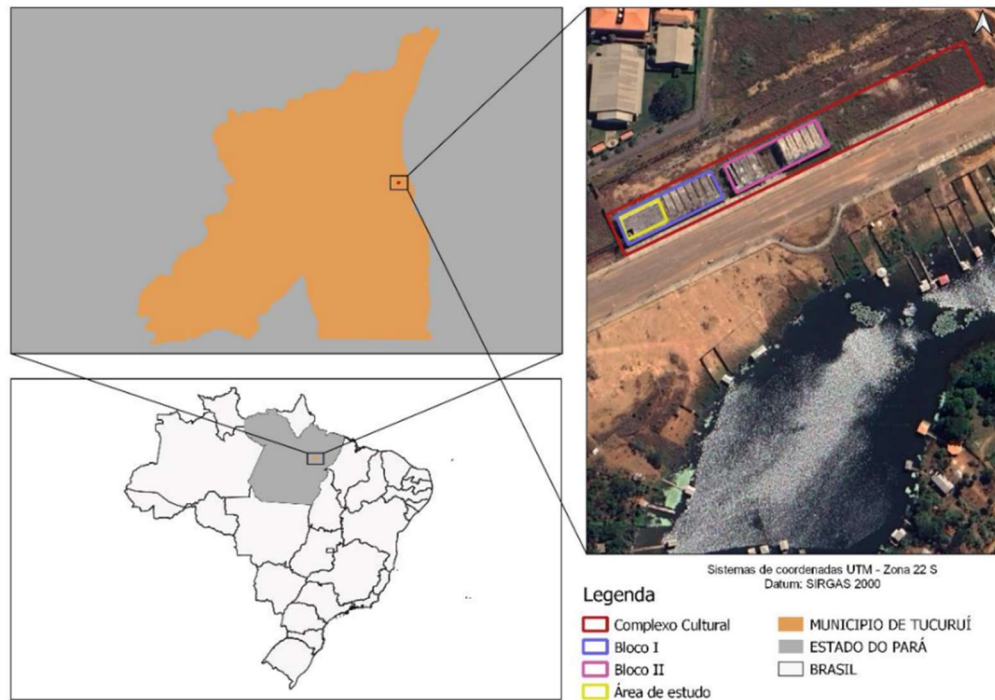
### **3. METODOLOGIA**

A metodologia adotada neste estudo foi estruturada de forma a permitir a identificação, classificação e quantificação das manifestações patológicas presentes no objeto de análise, com base nos princípios técnicos e científicos consolidados na literatura e no método GDE/UnB. Foram seguidas as diretrizes normativas referentes à durabilidade, inspeção e segurança estrutural.

#### **3.1. Caracterização da área de estudo**

O objeto de estudo deste trabalho corresponde ao Bloco 1 do Complexo Cultural de Tucuruí, situado no bairro Nova Matinha, na Rua Kennedy, no município de Tucuruí/PA. A edificação encontra-se próxima ao canal das comportas da Usina Hidrelétrica de Tucuruí (UHE), conforme apresentado na Figura 14. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022), o município está localizado no sudoeste do estado do Pará, com coordenadas aproximadas de latitude  $-3,77^\circ$  Sul e longitude  $-49,67^\circ$  Oeste, abrangendo uma área total de 2.084,289 km<sup>2</sup>.

Figura 14 — Localização Geográfica do Complexo em Estudo



Fonte: Autoria própria (2026).

De acordo com a ABNT NBR 6118 (2023), a região caracteriza-se como zona urbana com classe de agressividade ambiental moderada, visto que há exposição a umidade elevada, variações térmicas e presença potencial de agentes agressivos associados ao clima amazônico e à proximidade de grandes reservatórios. Assim, o local apresenta condições que justificam estudos de durabilidade e diagnóstico patológico, sobretudo considerando a importância da prevenção e do monitoramento das estruturas de concreto armado.

### 3.2. Caracterização da edificação analisada

O Bloco 1 do Complexo Cultural de Tucuruí é composto por dois pavimentos e possui uma arquibancada do tipo cascata, constituída por 15 degraus, 16 espelhos, além de um patamar final. Os degraus apresentam configuração engastada entre si, formando um sistema estrutural contínuo que acompanha a inclinação da estrutura lateral. A edificação foi projetada e executada em concreto armado, e integra um conjunto composto por três blocos arquitetônicos destinados a atividades administrativas, culturais, de serviço e lazer.

Segundo informações coletadas no local, a obra teve início em junho de 2014, sofreu interrupções sucessivas e foi definitivamente paralisada em abril de 2019, em virtude de

mudanças administrativas e políticas. Estruturas que permanecem por longos períodos sem conclusão estão sujeitas à deterioração acelerada, principalmente pela ausência de proteção superficial, pela exposição contínua às intempéries e pela falta de manutenção preventiva, fatores que potencializam infiltrações, carbonatação e processos corrosivos. A caracterização prévia da edificação é fundamental para o entendimento das manifestações patológicas observadas, pois o histórico construtivo, ambiental e de uso influencia diretamente a origem e a intensidade dos danos.

### 3.3. Procedimento metodológicos GDE/UNB

A condução da pesquisa foi dividida em quatro etapas principais: levantamento preliminar da edificação, inspeção visual detalhada, registro técnico dos danos e aplicação do método GDE/UnB para quantificação da deterioração.

A aplicação foi realizada de acordo com a bibliografia de (Castro, 1994) que utiliza a quantificação do grau de deterioração estrutural para mostrar a importância das manutenções periódicas em estruturas de concreto armado. Com a necessidade da realização de amostras e ensaios laboratórios, os danos de carbonatação não foram inseridas nas estatísticas, pelo fato da metodologia se tratar de uma inspeção visual. Diante disso, a aplicação tem o foco da metodologia GDE/UnB através de Castro (1994), apresentadas pela no Quadro 19.

Quadro 19 — Exemplo de classificação de danos nos fatores de intensidade

TIPOS DE DANOS	FATOR DE INTENSIDADE DO DANO (Fi) - TIPOS DE MANIFESTAÇÃO
SEGREGAÇÃO	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.
EFLORESCÊNCIA	1- Início de manifestação; 2- Manchas de pequenas dimensões; 3- Manchas acentuadas, em grandes extensões.
DESAGREGAÇÃO	2- Início de manifestação; 3- Manifestações leves; 4- Por perda acentuada de seção e esfarelamento do concreto.
COBRIMENTO	1- Menores que os previstos em norma sem, no entanto, permitir a localização da armadura; 2- Menor que o previsto em norma, permitindo a localização da armadura ou armadura exposta em pequenas extensões; 3- Deficiente com armaduras expostas em extensões significativas.
MANCHAS DE CORROSÃO OU CORROSÃO DA ARMADURA	2- Manifestações leves; 3- Grandes manchas e/ou fissuras de corrosão; 4- Corrosão acentuada na armadura principal, com perda relevante de seção.
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.
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.

Fonte: Castro (1994).

Para a obtenção dos resultados foram aplicadas algumas equações. Modelada a partir do gráfico de formulação de Grau de dano de Castro (1994), pode ser calculado o valor do grau de dano através das Equações 2.4 e 2.5, e assim, a Equação 2.6 e 2.7 foi utilizada para definir graus de deterioração dos elementos (GDE). Com resultados obtidos dos fatores de relevância das famílias usou-se a Equação 2.8 para a o cálculo do grau de teorização das famílias e, em seguida, a Equação 2.9 para o grau de deterioração estrutural da edificação estudada. As referências das ordens de cálculos são apresentadas no Quadro 20, com a sequência usada nas análises.

Quadro 20 — Equações resumidas de Castro

Descrição	Equação	Índice
Grau de Dano (D)	$D = 0,4 \cdot F_i \cdot F_p \text{ para } F_i \leq 2$	2.4
	$D = (6 \cdot F_i - 14) \cdot F_p \text{ para } F_i \geq 3$	2.5
Grau de Deterioração do elemento (Gde)	$G_{de} = D_{m\acute{a}x} \text{ para } m \leq 2$	2.6
	$G_{de} = D_{m\acute{a}x} + \frac{\sum_{i=1}^{m-1} D_i}{m - 1} \text{ para } m > 2$	2.7
Grau de Deterioração da Família (Gdf)	$G_{df} = \frac{\sum_{i=1}^n G_{de(i)}}{n}$	2.8
Grau de Deterioração da Estrutura (Gd)	$G_d = \frac{\sum_{i=1}^k F_{r(i)} \cdot G_{df(i)}}{\sum_{i=1}^k F_{r(i)}}$	2.9

Fonte: Autoria Própria (2026).

Para avaliar o Grau de Dano da estrutura foi utilizado os níveis de teorização de cada elemento e a estrutura geral conforme CASTRO (1994), conforme os Quadros 21 e 22 foram

levados em consideração os níveis de deterioração e grau de Gde, dadas no resumo no Quadro 21, de classificação e níveis de deterioração de acordo com a abordagem utilizada.

Quadro 21 — Classificação de Níveis de deterioração resumidas de Castro

Nível de deterioração	Gde dos Elementos	Gde da Estrutura
Baixo	0 - 15	0 - 15
Médio	15 - 50	15 - 40
Alto	50 - 80	40 - 60
Crítico	> 80	> 60

Fonte: Castro (1994).

As medidas a serem adotadas de acordo com cada nível citado em ambas as avaliações dos elementos e estrutura contendo as mesmas condições, através do Quadro de resumo 22 foi utilizado as demais condições de acordo com cada nível.

Quadro 22 — Medidas e condições resumidas de Castro

Nível de deterioração	Medidas a serem adotadas
Baixo	Estado aceitável
Médio	Observação periódica e necessidade de intervenção a médio prazo
Alto	Observação periódica minuciosa e necessidade de intervenção a curto prazo
Crítico	Necessidade de intervenção imediata para restabelecer funcionalidade e/ou segurança

Fonte: Castro (1994).

Os grupos de famílias de elementos foram definidos através de uma divisão realizada por CASTRO (1994), separando as características estruturais da edificação e usando os mesmos fatores de relevância, entretanto, foram excluídos os elementos Blocos, cortinas, Reservatório superior e inferior, além dos elementos de composição arquitetônica. Contudo, os elementos de escadas e rampas foram analisados separadamente para uma maior e mais aprofundada investigação de ambos. Sendo assim, estão listados a seguir os demais elementos estudados da edificação:

- a) Pilares;
- b) Lajes;

- c) Escadas;
- d) Vigas;
- e) Juntas de Dilatação;
- f) Rampas;

O fator de relevância ( $F_r$ ) evidencia as diferentes famílias apresentando a importância relativa de cada uma delas, foi utilizada de acordo com as demais famílias consideradas anteriormente, conforme proposto por CASTRO (1994) considerando as demais adaptações de estudo conforme a Tabela 01:

Tabela 1 — Fator de relevância de acordo com cada família

Famílias	Fator de Relevância
Escadas/rampas e lajes secundárias	$F_r = 3,0$
Lajes, vigas secundárias e pilares secundários	$F_r = 4,0$
Vigas e pilares principais	$F_r = 5,0$

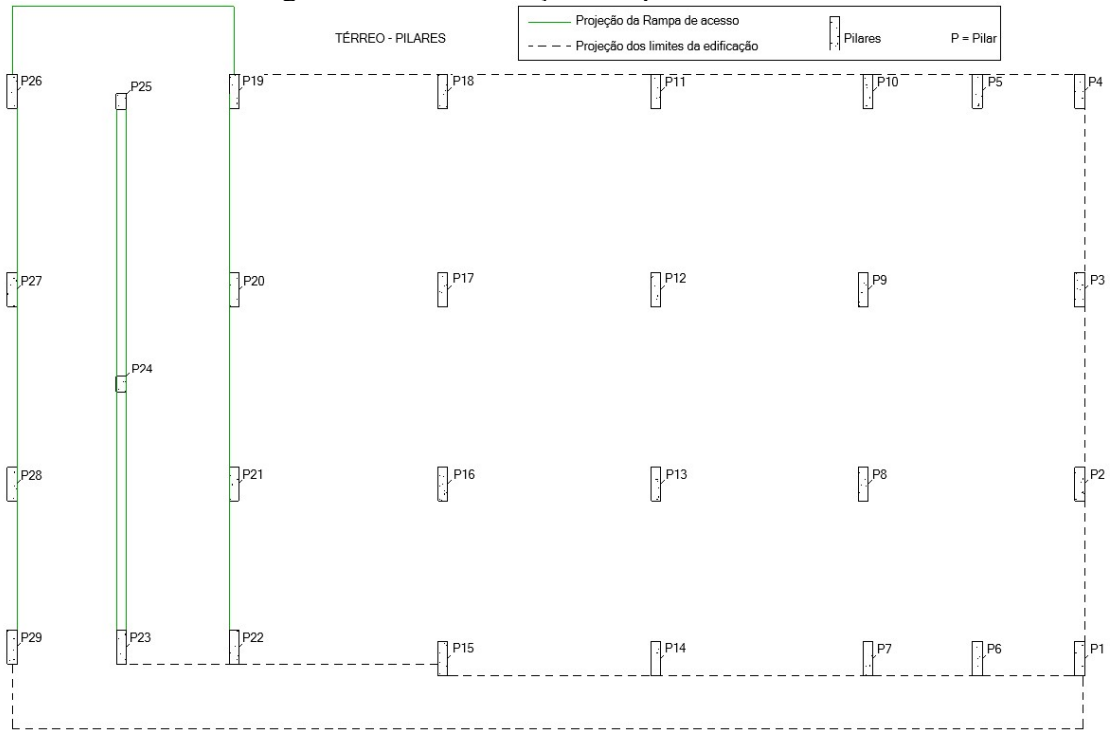
Fonte: Castro (1994).

### 3.3.1. Identificação dos elementos para inspeção da estrutura

As divisões dos elementos foram realizadas de acordo com os elementos que a metodologia aplica, seguidos por pilares, vigas, lajes, rampas e escadas. Duas pessoas trabalharam na identificação e coleta de dados, seguindo da direita para a esquerda da edificação, foram coletados primeiramente as dimensões da estrutura, com auxílio de uma trena a laser, caderno e prancheta para anotações e desenhos.

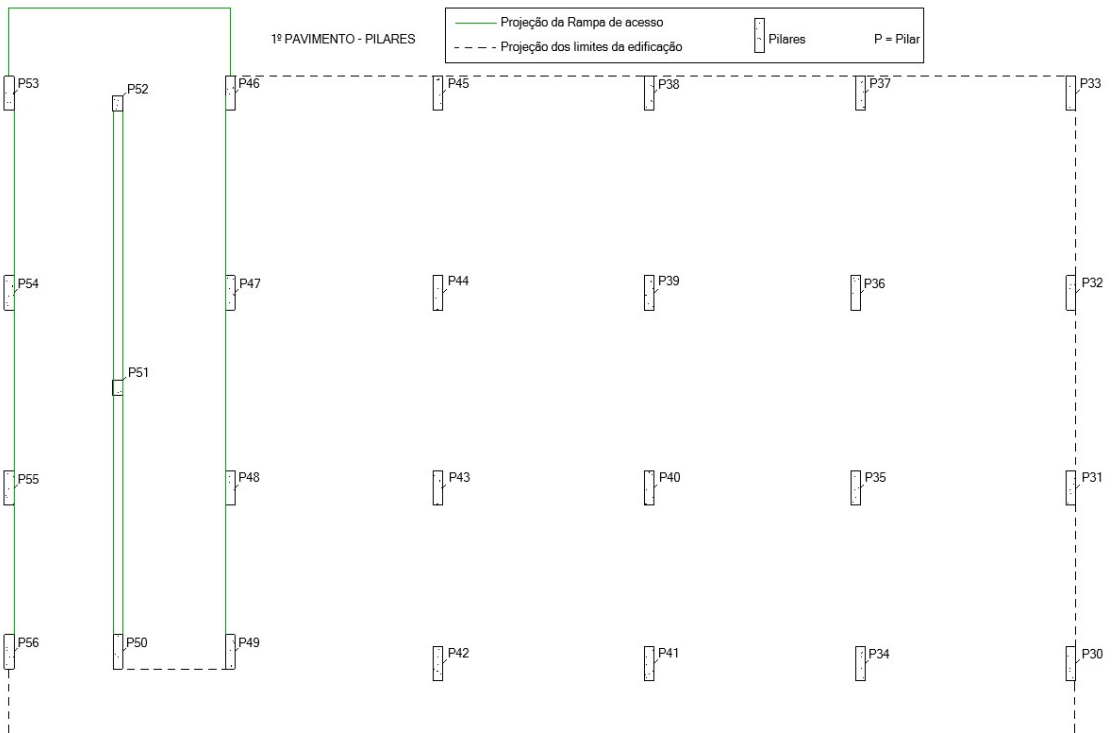
Considerando que para ter uma melhor visualização e localização de cada dano, a identificação dos pilares e vigas foram fragmentados entre divisões e pavimentos. Os primeiros elementos levantados foram os pilares, contemplando 29 pilares no térreo, 27 pilares no primeiro pavimento e 8 no segundo pavimentos, incluindo os pilares da escadaria, conforme as Figuras 15, 16 e 17.

Figura 15 — Localização dos pilares do térreo



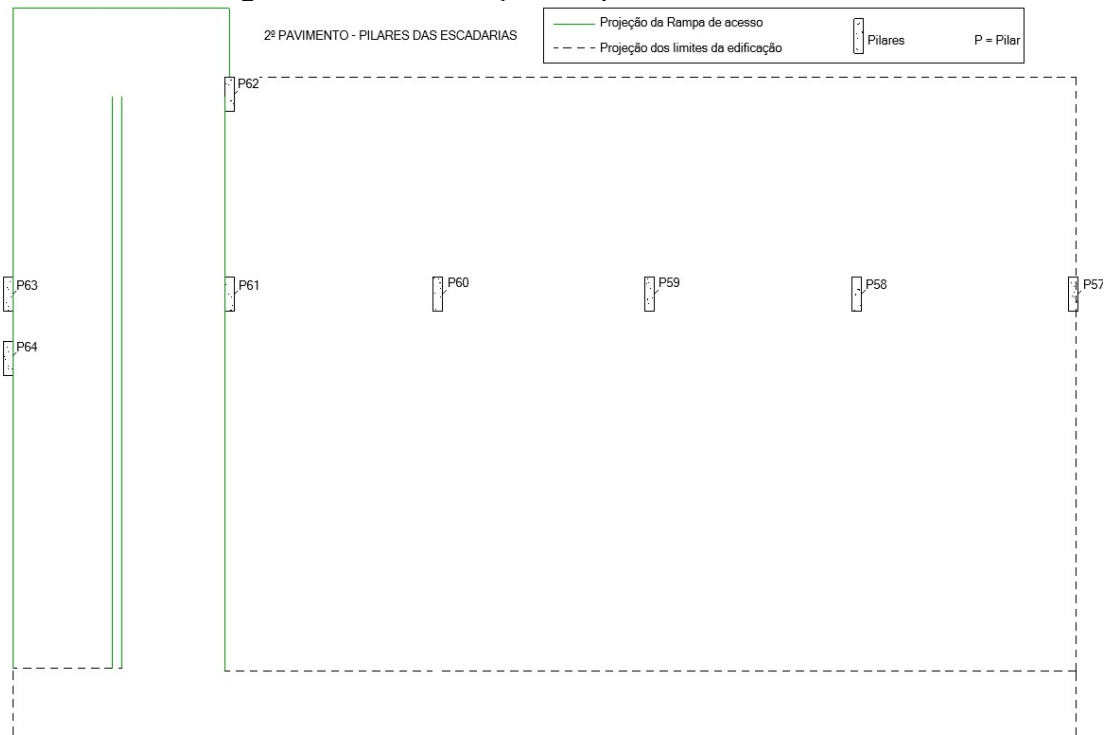
Fonte: Autoria própria (2026).

Figura 16 — Localização dos pilares do primeiro pavimento



Fonte: Autoria própria (2026).

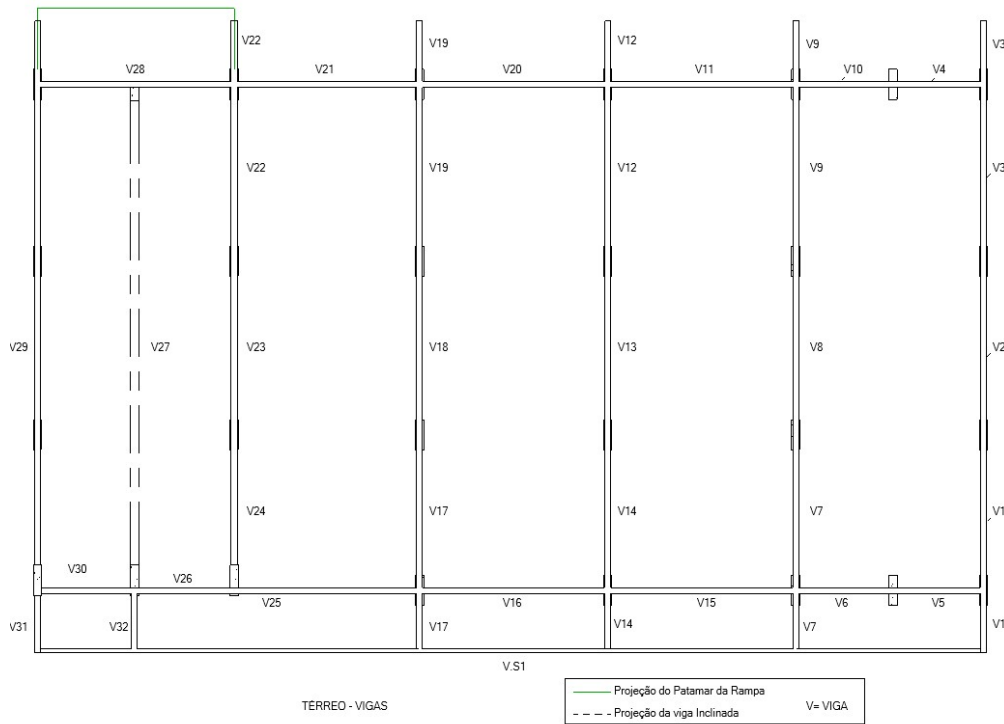
Figura 17 — Localização dos pilares das escadarias



Fonte: Autoria própria (2026).

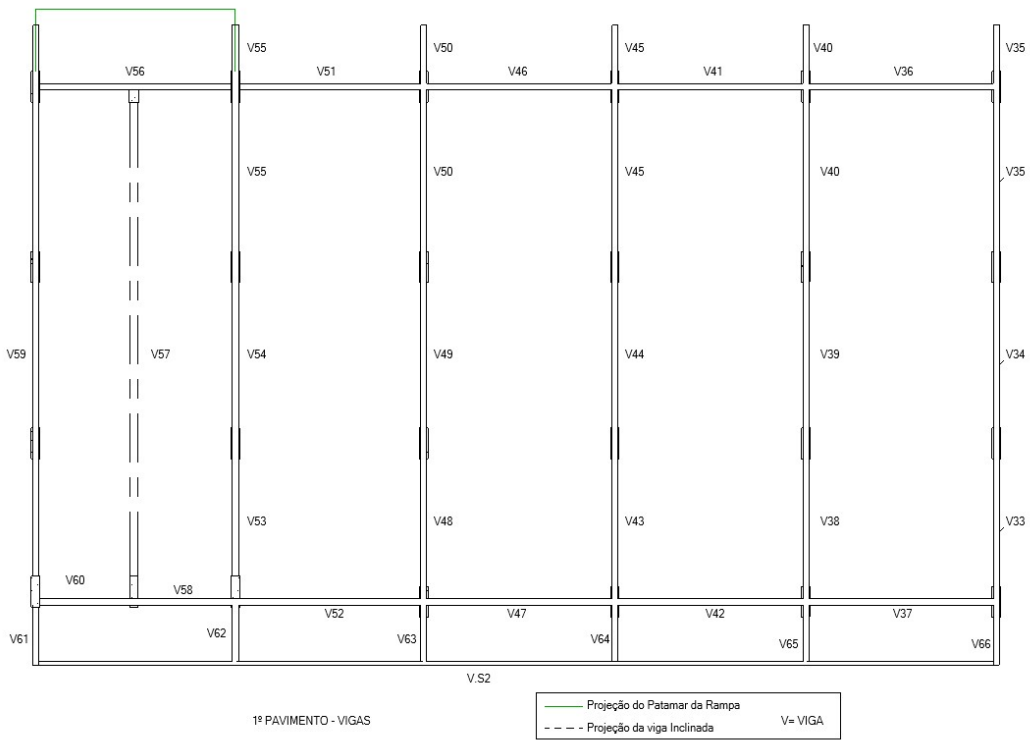
As vigas foram analisadas por seções entre cada pilar, buscando detalhar melhor e localizar cada dano sofrido na região. Ao todo 72 seções de vigas foram analisadas, distribuídas nos demais pavimento a seguir, de acordo com as Figuras 18, 19 e 20.

Figura 18 — Localização das seções de vigas do térreo



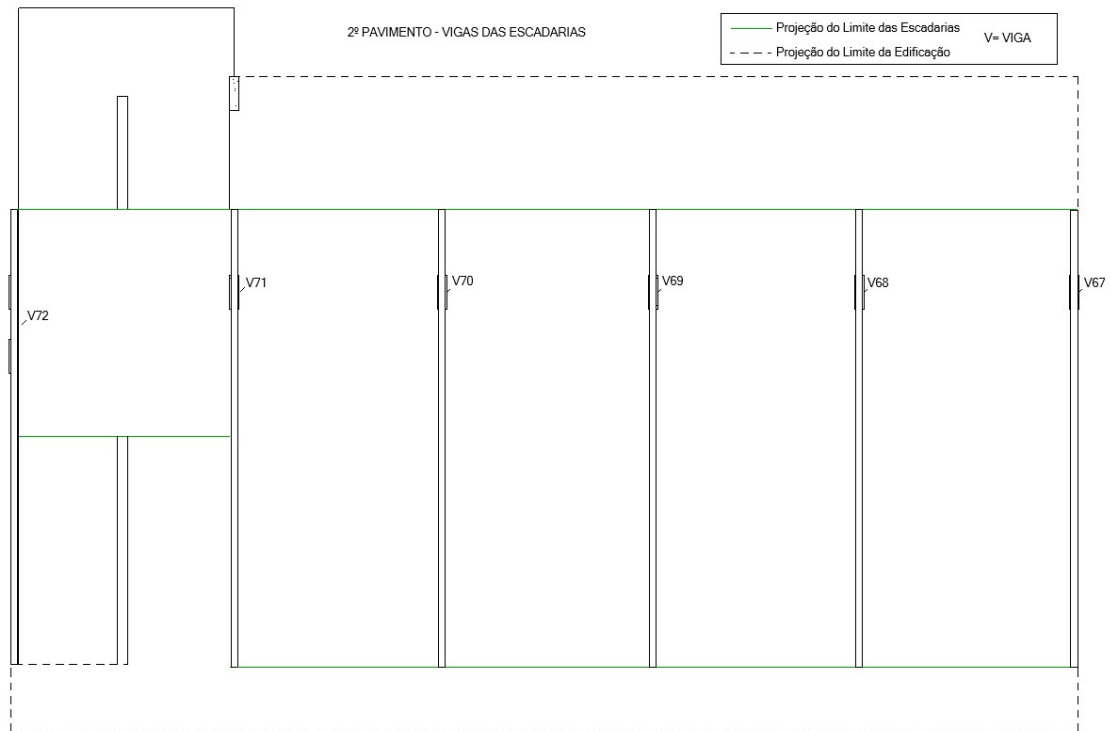
Fonte: Autoria própria (2026).

Figura 19 — Localização das seções de vigas do primeiro pavimento



Fonte: Autoria própria (2026).

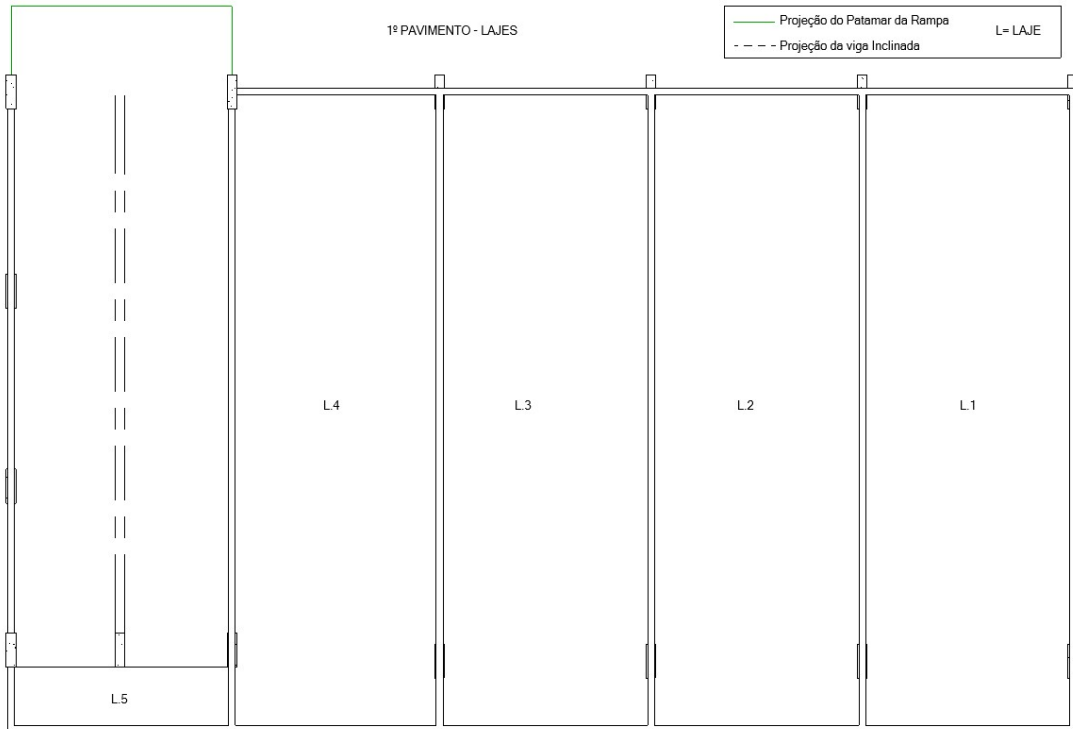
Figura 20 — Localização das vigas das escadarias



Fonte: Autoria própria (2026).

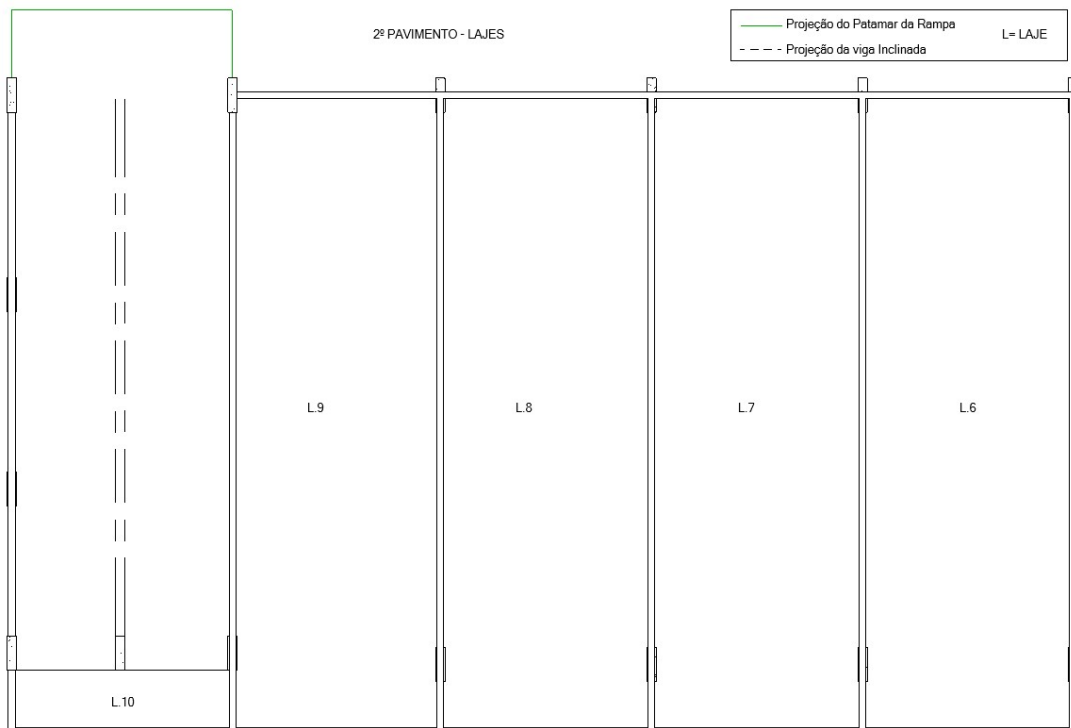
As lajes foram analisadas considerando sua divisão entre as vigas que compõem o sistema estrutural, com o objetivo de detalhar melhor a avaliação e identificar com maior precisão a localização de possíveis manifestações patológicas em cada área. Dessa forma, cada painel de laje delimitado pelas vigas foi observado individualmente durante o processo de inspeção. Ao todo, 10 lajes foram analisadas, distribuídas nos pavimentos correspondentes, conforme apresentado nas Figuras 21 e 22.

Figura 21 — Localização das lajes do primeiro pavimento



Fonte: Autoria própria (2026).

Figura 22 — Localização das lajes do segundo pavimento

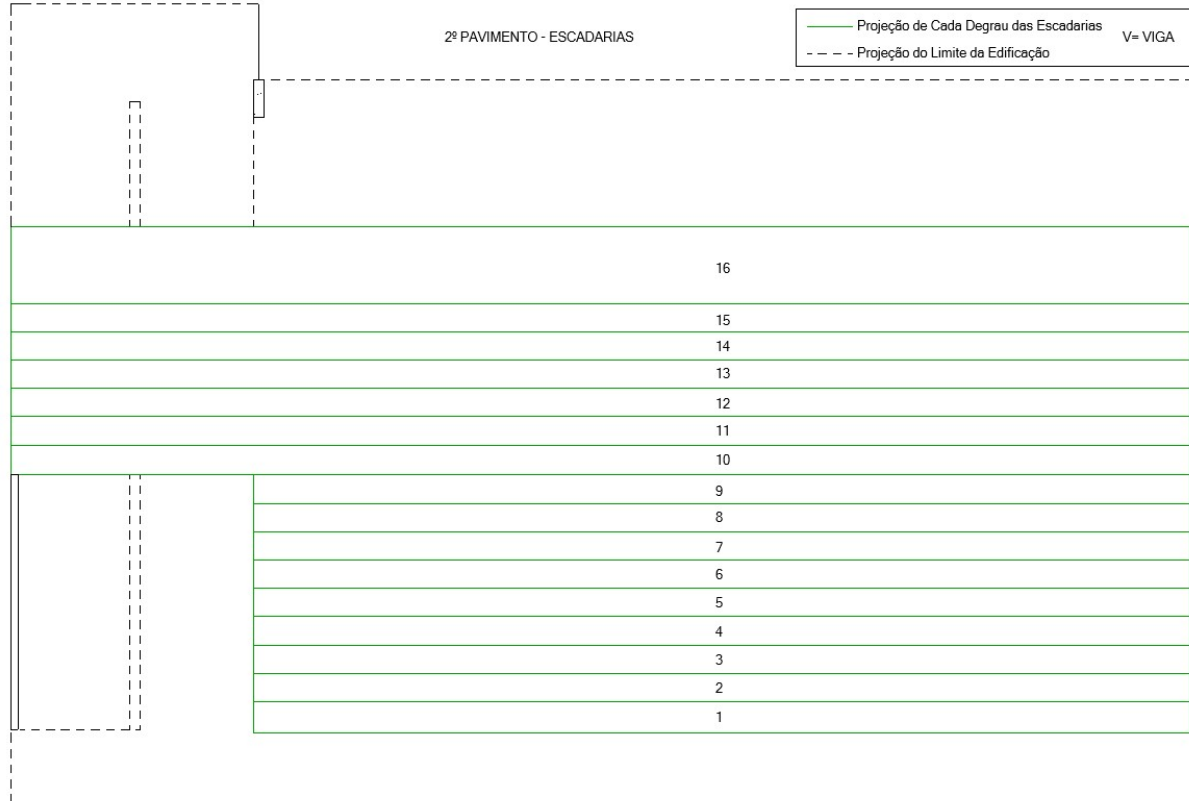


Fonte: Autoria própria (2026).

A escadaria foi analisada considerando a divisão de cada degrau, com o objetivo de detalhar melhor a avaliação e identificar com maior precisão a localização de possíveis

manifestações patológicas em cada parte do elemento estrutural. Dessa forma, cada degrau foi observado individualmente durante o processo de inspeção. Ao todo, 16 degraus foram analisados, distribuídos ao longo dos dois lances da escada e separados por um patamar intermediário, conforme apresentado na Figura 23.

Figura 23 — Detalhe das escadarias



Fonte: Autoria própria (2026).

### 3.4. Procedimento de inspeção visual

Entre os dias 10 de fevereiro a 03 de março foi realizada a inspeção. Inicialmente foi necessário um tempo de estudos para a realização da inspeção, aprofundar o estudo da metodologia GDE/UnB, de modo a garantir uma aplicação adequada do método, evitando lacunas no processo e reduzindo possíveis desvios na condução da análise. Inicialmente, foram elaboradas as plantas da estrutura utilizando o software Revit, o que possibilitou a identificação e a organização de cada elemento estrutural presente na edificação.

A partir dessa etapa, realizou-se o registro fotográfico dos elementos analisados, com o objetivo de documentar as manifestações patológicas observadas e disponibiliza suporte visual para a etapa de avaliação. Paralelamente, as informações coletadas durante a inspeção foram

inseridas em planilhas automatizadas, desenvolvidas no Excel para sistematizar os dados obtidos e permitir o cálculo do grau de deterioração da estrutura ao final do estudo.

A inspeção visual foi conduzida com o auxílio de uma ficha impressa, utilizada para registrar os danos identificados ao longo de toda a estrutura. Durante o processo, cada manifestação patológica observada foi documentada por meio de registros fotográficos, garantindo maior confiabilidade na análise posterior. As atividades de inspeção foram realizadas por duas pessoas, o que contribuiu para uma execução mais dinâmica e organizada das etapas previstas na metodologia aplicada.

Com o objetivo de minimizar possíveis erros nos cálculos, foram desenvolvidas tabelas no Excel contendo as equações estabelecidas pelo método, permitindo que os resultados fossem gerados de forma automática a partir da inserção dos dados coletados. Paralelamente, foi realizada a organização sistemática dos registros fotográficos, o que contribuiu para uma apresentação mais clara e estruturada das informações obtidas durante a inspeção.

Durante a realização das vistorias, foram utilizados equipamentos de proteção individual (EPIs), como botas e capacete, visando garantir maior segurança durante as atividades em campo. As inspeções ocorreram predominantemente no período da manhã e, em algumas ocasiões, no período da tarde, priorizando horários que favorecessem melhores condições para a coleta de dados. As avaliações foram realizadas, em sua maior parte, aos finais de semana, além de alguns dias ao longo da semana, conforme a disponibilidade para execução das atividades.

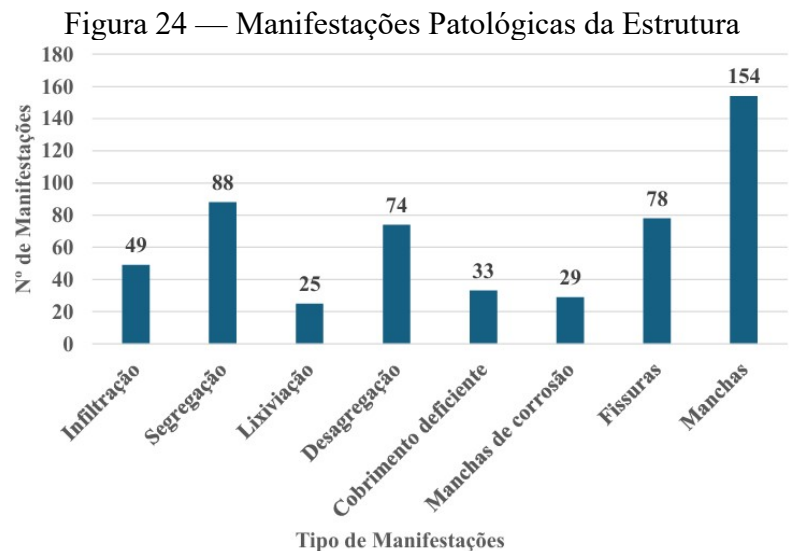
Ressalta-se que determinadas áreas da estrutura não puderam ser avaliadas durante o processo de inspeção, como a parte inferior do patamar final da escadaria. Essa limitação ocorreu principalmente em função das condições de acesso e das restrições de segurança presentes no local. A verificação desses pontos demandaria a utilização de equipamentos específicos e de apoio técnico adequado para permitir uma inspeção segura, razão pela qual essas áreas não foram contempladas na análise realizada.

#### 4. RESULTADOS

Nos resultados deste trabalho, destaca-se que a edificação analisada consiste em uma estrutura de concreto armado composta por dois pavimentos e uma escadaria, pertencente ao primeiro bloco do complexo, do sambódromo cultural. A partir disso, foram realizadas inspeções técnicas *in loco*, conduzidas de acordo com os padrões e procedimentos estabelecidos pela engenharia, visando a avaliação das condições estruturais e a identificação de possíveis manifestações patológicas presentes na edificação.

Os resultados quantitativos obtidos a partir do cálculo do Gd foram interpretados dentro a análise de 64 seções de pilares, 72 seções de vigas, 10 lajes, rampas e a escadria com 16 degraus vistoriados. Foram destacados os elementos de  $Gd \geq 15$  utilizados para gerar o resultado final da estrutura em geral.

A integração entre os valores numéricos, o registro fotográfico e o mapeamento dos danos possibilitou uma avaliação abrangente e fundamentada da condição atual da estrutura. De acordo com a metodologia GDE foi possível ter uma análise consistente e foram identificados várias manifestações patológicas que podem comprometer a estrutura, evidenciada na Figura 24.

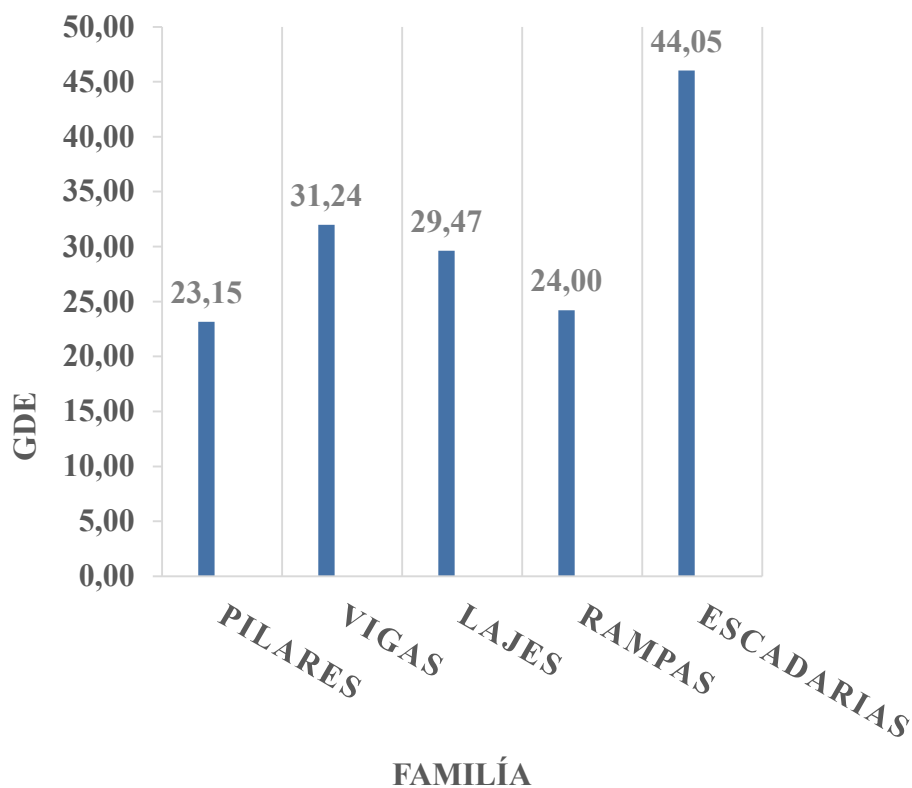


Fonte: Autoria própria (2026).

A partir da análise do gráfico de Grau de Deterioração da Estrutura GDE, observa-se que os elementos estruturais apresentam comportamentos distintos quanto ao nível de degradação. As escadarias se destacam com o maior valor de GDE 44,05, indicando um estado

mais crítico em comparação aos demais elementos, seguidas pelas vigas 31,24 e lajes 29,47, que também apresentam níveis relevantes de deterioração. Os pilares 23,15 e a rampa 24,00 apresentam valores inferiores, porém ainda significativos dentro do contexto geral da estrutura. De forma global, o grau de deterioração da edificação foi classificado como médio  $G_d = 29,7$  evidenciando a necessidade de monitoramento contínuo e a adoção de medidas corretivas a médio prazo, de acordo a Figura 25 e Quadro 23, a fim de garantir a segurança, durabilidade e desempenho adequado da estrutura.

Figura 25 — Resultado do Grau de Deterioração da Estrutura



Fonte: Autoria própria (2026).

Quadro 23 — Resultado global da estrutura

Critério	Resultado
$G_d$	30,2
Nível de Deterioração	Médio

Fonte: Autoria própria (2026).

#### 4.1. Principais resultados

Foram analisados e obtidos os resultados de cada pavimento e detalhando os principais do térreo, primeiro pavimento e segundo pavimento, além das escadarias.

#### 4.1.1. Pavimento Térreo

O pavimento analisado é composto por um conjunto estrutural formado por 29 seções de pilares, 32 seções de vigas e pela rampa de ligação entre o térreo e o 1º pavimento. Observa-se que os valores de Grau de Deterioração do Elemento (Gde) de 23,15 para os pilares e 31,24 para as vigas. Nas Tabelas 2, 3, 4 e 5 exibem os principais resultados no pavimento Térreo de cada família de elementos presentes nele, com foco nos elementos de maiores Gde. A avaliação geral de toda a estrutura mostra-se no anexo deste trabalho.

Tabela 2 — Nível de deterioração do Pilar 1

	Danos	Fator de ponderação (Fp)	Fator de Intensidade (Fi)	Dano Individual (Di)	Grau de Deterioração do Elemento (Gd)	Nível de Deterioração do Elemento
TÉRREO - PILAR 1	Desvio de geometria	8				
	Recalque	10				
	Infiltração	6	3	24		
	Segregação	6				
	Lixiviação	5				
	Esfoliação	8				
	Desagregação	7	2	5,6	36,8	Médio
	Sinais de esmagamento	10				
	Cobrimento deficiente	6				
	Manchas de corrosão	7				
	Fissuras	10				
	Carbonatação	7				
	Presença de cloretos	10				
	Manchas	5	3	20		

Fonte: Autoria própria (2026).

Tabela 3 — Nível de deterioração da viga 26

	Danos	Fator de ponderação (Fp)	Fator de Intensidade (Fi)	Dano Individual (Di)	Grau de Deterioração do Elemento (Gd)	Nível de Deterioração do Elemento
TÉRREO - VIGA 26	Desvio de geometria	8				
	Recalque	10				
	Infiltração	6				
	Segregação	4	2	3,2		
	Lixiviação	5				
	Esfoliação	8				
	Desagregação	7	1	2,8	24,66	Médio
	Sinais de esmagamento	10				
	Cobrimento deficiente	6				
	Manchas de corrosão	7				
	Fissuras	10	2	8		
	Carbonatação	7				
	Presença de cloretos	10				
	Manchas	5	3	20		

Fonte: Autoria própria (2026).

Tabela 4 — Nível de deterioração da Rampa do Térreo ao 1º Pavimento

	Danos	Fator de ponderação (Fp)	Fator de Intensidade (Fi)	Dano Individual (Di)	Grau de Deterioração do Elemento (Gd)	Nível de Deterioração do Elemento
RAMPA (TÉRREP - 1º PAV)	Desvio de geometria	8		0		
	Recalque	10		0		
	Infiltração	6	2	4,8		
	Segregação	4	1	1,6		
	Lixiviação	5	1	2		
	Esfoliação	8		0		
	Desagregação	7	2	5,6	8,7	Baixo
	Sinais de esmagamento	10		0		
	Cobrimento deficiente	6		0		
	Manchas de corrosão	7		0		
	Fissuras	10		0		
	Carbonatação	7		0		
	Presença de cloretos	10		0		
	Manchas	5	2	4		

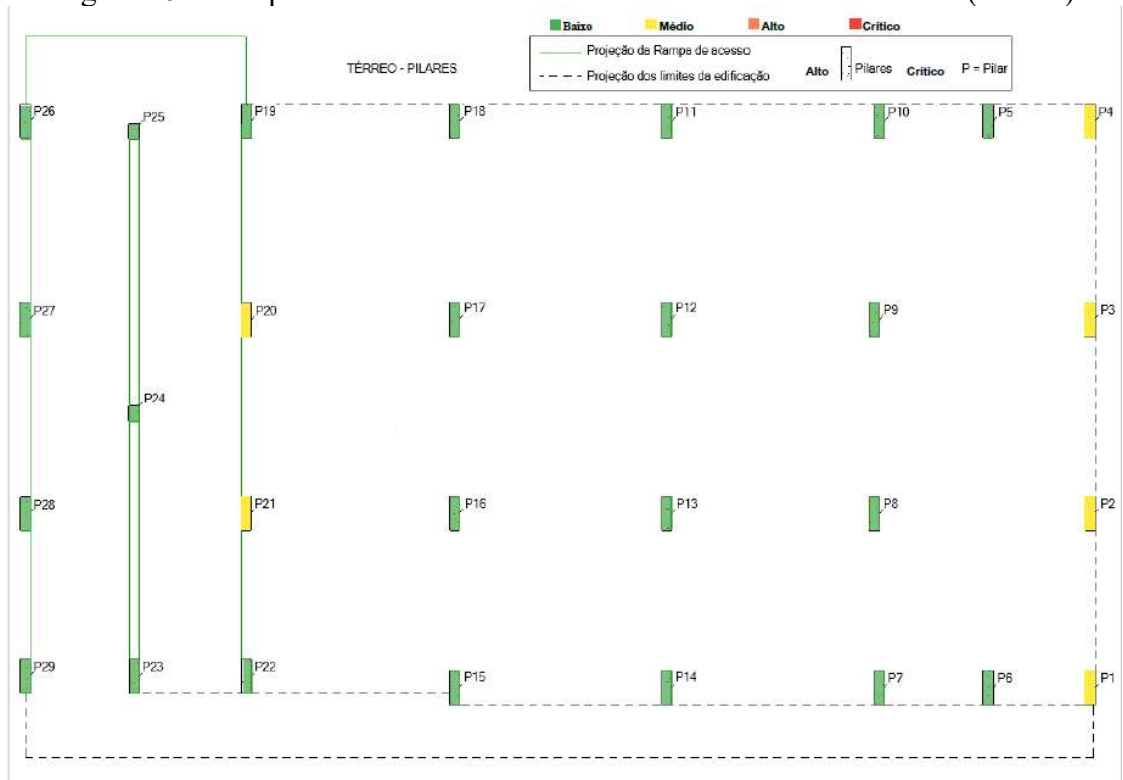
Fonte: Autoria própria (2026).

Tabela 5 — Principais Resultados do Pavimento Térreo

Elemento	Grau de Deterioração do Elemento (Gde)	Grau de Deterioração da Família (Gdf)	Fator de Relevancia (Fr)	Nível de Deterioração da estrutura
PILAR 1	36,8			Médio
PILAR 2	35,4			Médio
PILAR 3	24	23,15	5	Médio
PILAR 4	24			Médio
PILAR 20	23,8			Médio
PILAR 21	20			Médio
VIGA 1	24			Médio
VIGA 2	23,1			Médio
VIGA 3	20			Médio
VIGA 22	22,8			Médio
VIGA 23	22,8	31,24	5	Médio
VIGA 26	24,66666667			Médio
VIGA 29	24,8			Médio
VIGA 30	24,7			Médio
VIGA 31	24,1			Médio

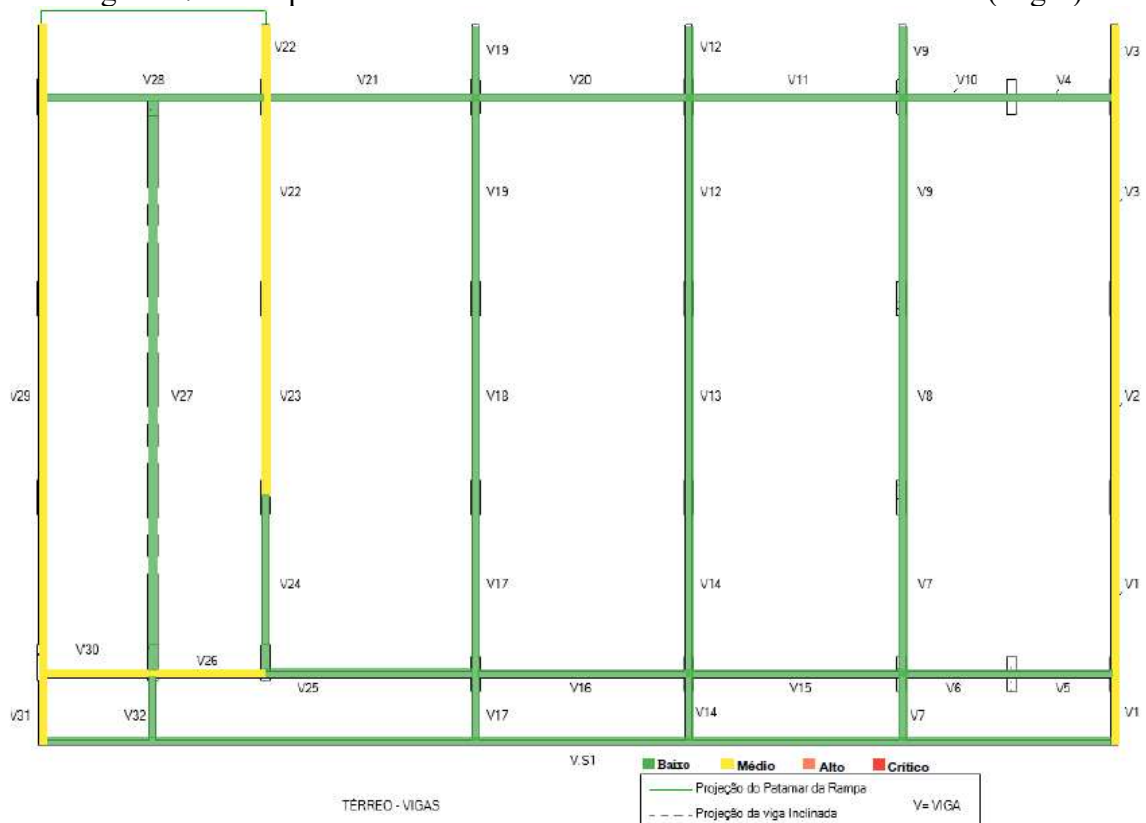
Fonte: Autoria própria (2026).

Figura 26 — Mapa Iluminado de Danos Por Elementos no Pav. Térreo (Pilares)



Fonte: Autoria própria (2026).

Figura 27 — Mapa Iluminado de Danos Por Elementos no Pav. Térreo (Vigas)



Fonte: Autoria própria (2026).

Figura 28 — Pilares afetados por manchas



Fonte: Autoria própria (2026).

Figura 29 — Infiltração de Vigas



Fonte: Autoria própria (2026).

#### 4.1.2. Primeiro Pavimento

O 1º pavimento apresenta valores de Grau de Deterioração dos Elementos (Gde) para as principais famílias estruturais do pavimento, permitindo identificar os elementos mais críticos

dentro de cada grupo. Observa-se que os pilares apresentam valores relativamente homogêneos, todos enquadrados no nível médio de deterioração, resultando em um Grau de Deterioração da Família Gdf de 23,15. Já as vigas demonstram maior variabilidade, com alguns elementos atingindo níveis elevados de deterioração, como as vigas 35, 50 e 60, classificadas como alto, o que contribui para um Gdf mais elevado de 31,24.

No caso das lajes, os valores de Gde mantêm-se em nível médio, com menor dispersão em relação às vigas, resultando em um Gdf de 29,47. De forma geral, os resultados evidenciam que, embora a maioria dos elementos esteja classificada em nível médio, a presença pontual de elementos com deterioração mais acentuada, especialmente nas vigas, demanda maior atenção, indicando a necessidade de intervenções direcionadas para evitar a progressão dos danos e o comprometimento do desempenho estrutural, as Tabelas 6, 7, 8 e 9 mostram os detalhes de cada resultado.

Tabela 6 — Nível de deterioração do Pilar 49

	Danos	Fator de ponderação (Fp)	Fator de Intensidade (Fi)	Dano Individual (Di)	Grau de Deterioração do Elemento (Gd)	Nível de Deterioração do Elemento
1º PAV - PILAR 49	Desvio de geometria	8		0	23,8	Médio
	Recalque	10		0		
	Infiltração	6	2	4,8		
	Segregação	6		0		
	Lixiviação	5		0		
	Esfoliação	8		0		
	Desagregação	7	1	2,8		
	Sinais de esmagamento	10		0		
	Cobrimento deficiente	6		0		
	Manchas de corrosão	7		0		
	Fissuras	10		0		
	Carbonatação	7		0		
	Presença de cloretos	10		0		
	Manchas	5	3	20		

Fonte: Autoria própria (2026).

Tabela 7 — Nível de deterioração da Viga 60

	Danos	Fator de ponderação (Fp)	Fator de Intensidade (Fi)	Dano Individual (Di)	Grau de Deterioração do Elemento (Gd)	Nível de Deterioração do Elemento
1º PAV - VIGA 60	Desvio de geometria	8		0	61,7	Alto
	Recalque	10		0		
	Infiltração	6	3	24		
	Segregação	4	2	3,2		
	Lixiviação	5		0		
	Esfoliação	8		0		
	Desagregação	7		0		
	Sinais de esmagamento	10		0		
	Cobrimento deficiente	6		0		
	Manchas de corrosão	7		0		
	Fissuras	10	2	8		
	Carbonatação	7		0		
	Presença de cloretos	10		0		
	Manchas	5	4	50		

Fonte: Autoria própria (2026).

Tabela 8 — Nível de deterioração da Laje 5

	Danos	Fator de ponderação (Fp)	Fator de Intensidade (Fi)	Dano Individual (Di)	Grau de Deterioração do Elemento (Gd)	Nível de Deterioração do Elemento
1º PAV - LAJE 5	Desvio de geometria	8		0	28,1	Médio
	Recalque	10		0		
	Infiltração	6	2	4,8		
	Segregação	5	1	2		
	Lixiviação	3		0		
	Esfoliação	8		0		
	Desagregação	7		0		
	Sinais de esmagamento	10		0		
	Cobrimento deficiente	6	3	24		
	Manchas de corrosão	7	2	5,6		
	Fissuras	10	1	4		
	Carbonatação	7		0		
	Presença de cloretos	10		0		
	Manchas	5	2	4		

Fonte: Autoria própria (2026).

Tabela 9 — Nível de deterioração da Rampa Entre o Térreo e o 1º Pav

	Danos	Fator de ponderação (Fp)	Fator de Intensidade (Fi)	Dano Individual (Di)	Grau de Deterioração do Elemento (Gd)	Nível de Deterioração do Elemento
RAMPA (TÉRREP - 1º PAV)	Desvio de geometria	8		0	8,7	Baixo
	Recalque	10		0		
	Infiltração	6	2	4,8		
	Segregação	4	1	1,6		
	Lixiviação	5	1	2		
	Esfoliação	8		0		
	Desagregação	7	2	5,6		
	Sinais de esmagamento	10		0		
	Cobrimento deficiente	6		0		
	Manchas de corrosão	7		0		
	Fissuras	10		0		
	Carbonatação	7		0		
	Presença de cloretos	10		0		
	Manchas	5	2	4		

Fonte: Autoria própria (2026).

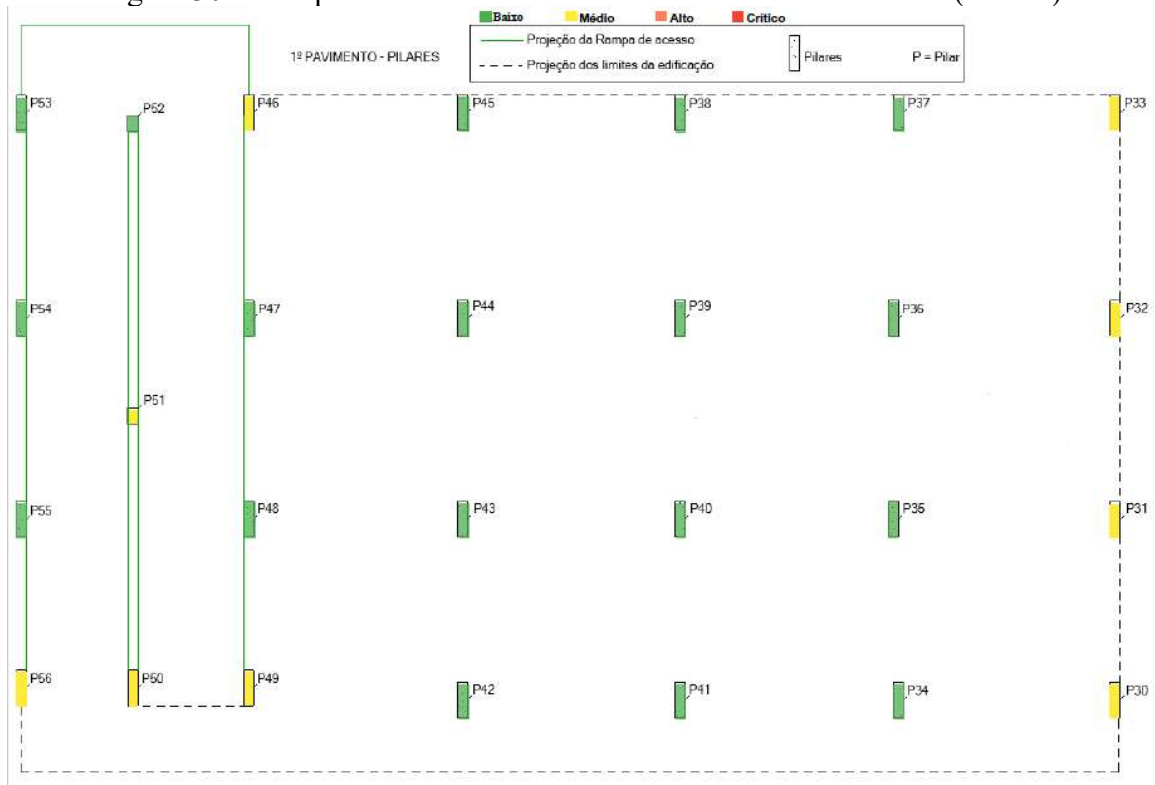
Os dados completos referentes às análises realizadas, incluindo o detalhamento de todos os elementos avaliados e suas respectivas classificações, encontram-se apresentados no tópico 7.2 deste trabalho, de forma a complementar as informações sintetizadas ao longo desta seção.

Tabela 10 — Principais Resultados do 1º Pavimento

Elemento	Grau de Deterioração do Elemento (Gde)	Grau de Deterioração da Família (Gdf)	Fator de Relevância (Fr)	Nível de Deterioração da estrutura
PILAR 30	20			Médio
PILAR 31	20			Médio
PILAR 32	20			Médio
PILAR 33	20			Médio
PILAR 49	23,8	23,15	5	Médio
PILAR 50	20			Médio
PILAR 51	23,3			Médio
PILAR 56	22,5			Médio
VIGA 33	24,8			Médio
VIGA 34	25,6			Médio
VIGA 35	54,26666667			Alto
VIGA 40	23,6			Médio
VIGA 43	22,8			Médio
VIGA 45	22,8			Médio
VIGA 50	53,2	31,24	5	Alto
VIGA 54	20			Médio
VIGA 55	23,6			Médio
VIGA 59	20			Médio
VIGA 60	61,7			Alto
VIGA 61	22,8			Médio
LAJE 1	31,3			Médio
LAJE 2	26,9			Médio
LAJE 3	27,5	29,47	4	Médio
LAJE 4	31,1			Médio
LAJE 5	28,08			Médio

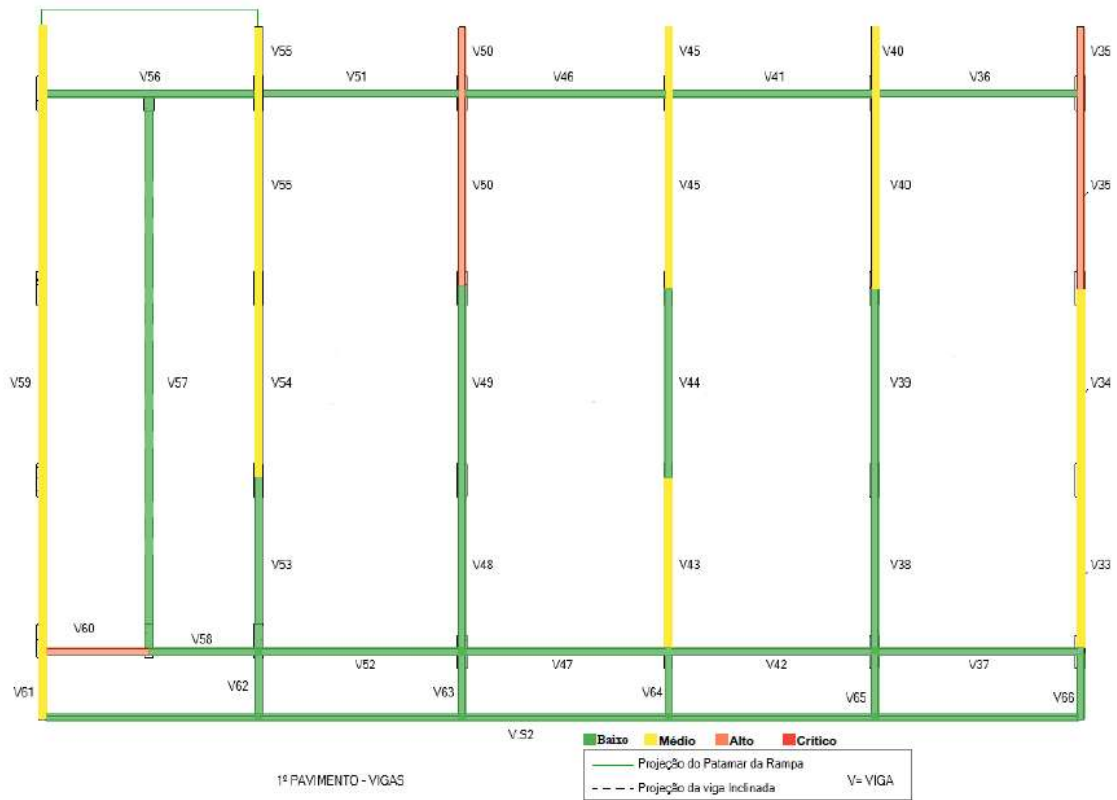
Fonte: Autoria própria (2026).

Figura 30 — Mapa Iluminado de Danos Por Elementos no 1º Pav. (Pilares)



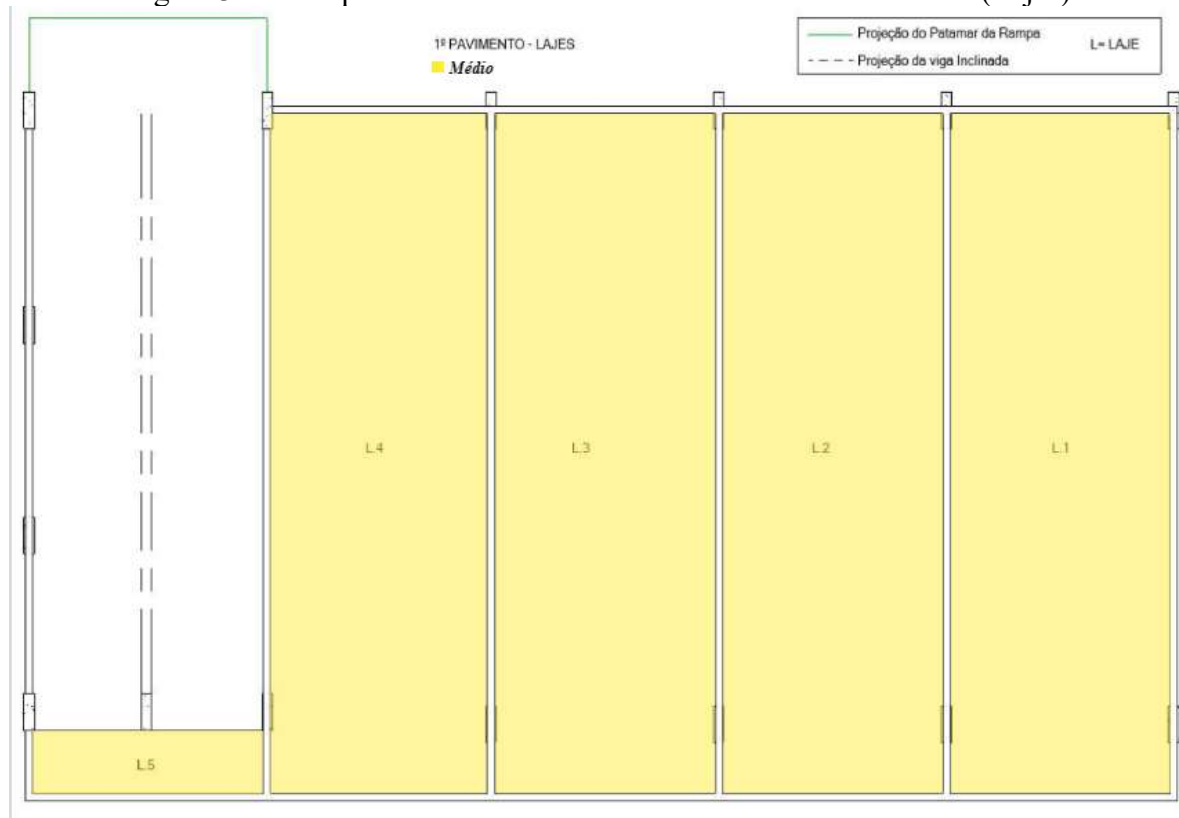
Fonte: Autoria própria (2026).

Figura 31 — Mapa Iluminado de Danos Por Elementos no 1º Pav. (Vigas)



Fonte: Autoria própria (2026).

Figura 32 — Mapa Iluminado de Danos Por Elementos no 1º Pav. (Lajes)



Fonte: Autoria própria (2026).

Figura 33 — Grande Infiltração e Manchas na Laje 3



Fonte: Autoria própria (2026).

#### 4.1.3. Segundo Pavimento

O 2º pavimento evidencia os valores de Grau de Deterioração dos Elementos Gde. Os pilares mantêm comportamento homogêneo, com valores enquadrados no nível médio e Gdf de

23,15. As vigas apresentam maior variabilidade, destacando-se as vigas 71 e 72 com níveis elevados de deterioração, contribuindo para um Gdf de 31,24.

As lajes, de modo geral, permanecem classificadas como nível médio, ainda que a laje 10 apresente valor mais elevado dentro do grupo. Já as escadarias (degraus) representam o conjunto mais crítico, com Gdf de 44,05, incluindo elementos classificados como alto e até crítico, como o degrau 5 que sofre bastante com uma maior exposição a intemperes e a umidade considerada com classe de umidade moderada de acordo com a ABNT NBR 6118 (2023) . Por fim, a rampa apresenta condição intermediária, com Gde de 24,00 enquadrando-se no nível médio. Esses resultados reforçam a necessidade de atenção prioritária às escadarias e a elementos específicos das vigas, visando evitar a progressão dos danos, segundo as Tabelas 11, 12, 13, 14, 15 e resultados gerais do pavimento na Tabela 16.

Tabela 11 — Nível de deterioração do Pilar 57

	Danos	Fator de ponderação (Fp)	Fator de Intensidade (Fi)	Dano Individual (Di)	Grau de Deterioração do Elemento (Gd)	Nível de Deterioração do Elemento
2º PAV - PILAR 57	Desvio de geometria	8		0		
	Recalque	10		0		
	Infiltração	6	1	2,4		
	Segregação	6		0		
	Lixiviação	5		0		
	Esfoliação	8		0		
	Desagregação	7		0	20	Médio
	Sinais de esmagamento	10		0		
	Cobrimento deficiente	6		0		
	Manchas de corrosão	7		0		
	Fissuras	10		0		
	Carbonatação	7		0		
	Presença de cloretos	10		0		
	Manchas	5	3	20		

Fonte: Autoria própria (2026).

Tabela 12 — Nível de deterioração da Viga 67

	Danos	Fator de ponderação (Fp)	Fator de Intensidade (Fi)	Dano Individual (Di)	Grau de Deterioração do Elemento (Gd)	Nível de Deterioração do Elemento
2º PAV - VIGA 67	Desvio de geometria	8		0		
	Recalque	10		0		
	Infiltração	6	4	60		
	Segregação	4	3	16		
	Lixiviação	5	1	2		
	Esfoliação	8		0		
	Desagregação	7	1	2,8	74,9	Alto
	Sinais de esmagamento	10		0		
	Cobrimento deficiente	6	3	24		
	Manchas de corrosão	7	2	5,6		
	Fissuras	10	1	4		
	Carbonatação	7		0		
	Presença de cloretos	10		0		
	Manchas	5	4	50		

Fonte: Autoria própria (2026).

Tabela 13 — Nível de deterioração da Laje 10

	Danos	Fator de ponderação (Fp)	Fator de Intensidade (Fi)	Dano Individual (Di)	Grau de Deterioração do Elemento (Gd)	Nível de Deterioração do Elemento
2º PAV - LAJE 10	Desvio de geometria	8		0		
	Recalque	10		0		
	Infiltração	6	2	4,8		
	Segregação	5	1	2		
	Lixiviação	3		0		
	Esfoliação	8		0		
	Desagregação	7		0		
	Sinais de esmagamento	10		0	40,7	Médio
	Cobrimento deficiente	6	3	24		
	Manchas de corrosão	7	3	28		
	Fissuras	10		0		
	Carbonatação	7		0		
	Presença de cloretos	10		0		
	Manchas	5	3	20		

Fonte: Autoria própria (2026).

Tabela 14 — Nível de deterioração do Degrau 5 da Escadaria

	Danos	Fator de ponderação (Fp)	Fator de Intensidade (Fi)	Dano Individual (Di)	Grau de Deterioração do Elemento (Gd)	Nível de Deterioração do Elemento
2º PAV - DEGRAU 5 (ESCADARIAS)	Desvio de geometria	8		0		
	Recalque	10		0		
	Infiltração	6	4	60		
	Segregação	4	4	40		
	Lixiviação	5	3	20		
	Esfoliação	8		0		
	Desagregação	7	3	28		
	Sinais de esmagamento	10		0	81,7	Critico
	Cobrimento deficiente	6	3	24		
	Manchas de corrosão	7	3	28		
	Fissuras	10		0		
	Carbonatação	7		0		
	Presença de cloretos	10	2	8		
	Manchas	5	3	20		

Fonte: Autoria própria (2026).

Tabela 15 — Nível de deterioração da Rampa entre 1º Pav e 2º Pav

	Danos	Fator de ponderação (Fp)	Fator de Intensidade (Fi)	Dano Individual (Di)	Grau de Deterioração do Elemento (Gd)	Nível de Deterioração do Elemento
<i>RAMPA (1º PAV - 2º PAV)</i>	Desvio de geometria	8		0		
	Recalque	10		0		
	Infiltração	6	2	4,8		
	Segregação	4	1	1,6		
	Lixiviação	5	2	4		
	Esfoliação	8		0		
	Desagregação	7	2	5,6	24,0	Médio
	Sinais de esmagamento	10		0		
	Cobrimento deficiente	6		0		
	Manchas de corrosão	7		0		
	Fissuras	10		0		
	Carbonatação	7		0		
	Presença de cloretos	10		0		
	Manchas	5	3	20		

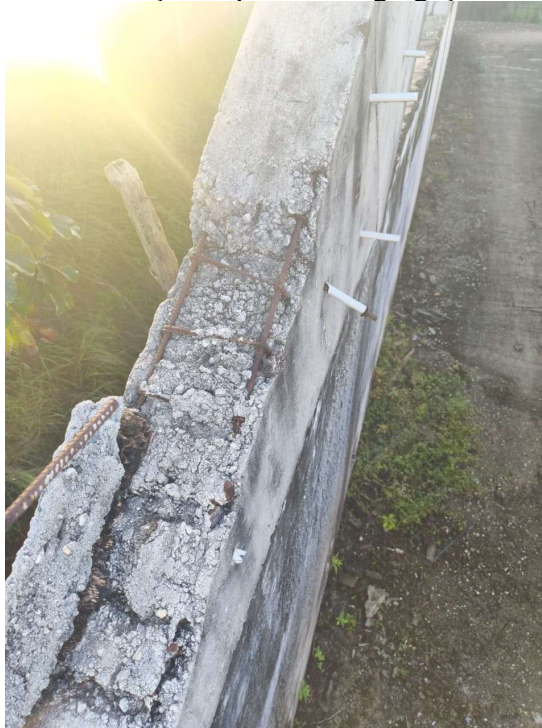
Fonte: Autoria própria (2026).

Tabela 16 — Principais resultados do 2º pavimento

Elemento	Grau de Deterioração do Elemento (Gde)	Grau de Deterioração da Família (Gdf)	Fator de Relevância (Fr)	Nível de Deterioração da estrutura		
PILAR 57	20	23,15	5	Médio		
PILAR 64	20			Médio		
VIGA 68	25,3	31,24	5	Médio		
VIGA 69	23,2			Médio		
VIGA 70	24,0			Médio		
VIGA 71	53,2			Alto		
VIGA 72	56,8			Alto		
LAJE 6	30,6			Médio		
LAJE 7	23,7	29,47	4	Médio		
LAJE 8	31,2			Médio		
LAJE 9	23,6			Médio		
LAJE 10	40,7			Médio		
DEGRAU 3	43,3	44,05	3	Médio		
DEGRAU 4	57,3			Alto		
DEGRAU 5	81,7			Critico		
DEGRAU 6	30,4			Médio		
DEGRAU 7	23,6			Médio		
DEGRAU 8	66,9			Alto		
DEGRAU 9	23,8			Médio		
DEGRAU 10	39,7			Médio		
DEGRAU 11	38,3			Médio		
DEGRAU 12	42,0			Médio		
DEGRAU 13	37,5			Médio		
DEGRAU 14	44,9			Médio		
DEGRAU 15	46,8			Médio		
DEGRAU 16	40,7			Médio		
RAMPA	24,0			24,00	3	Médio

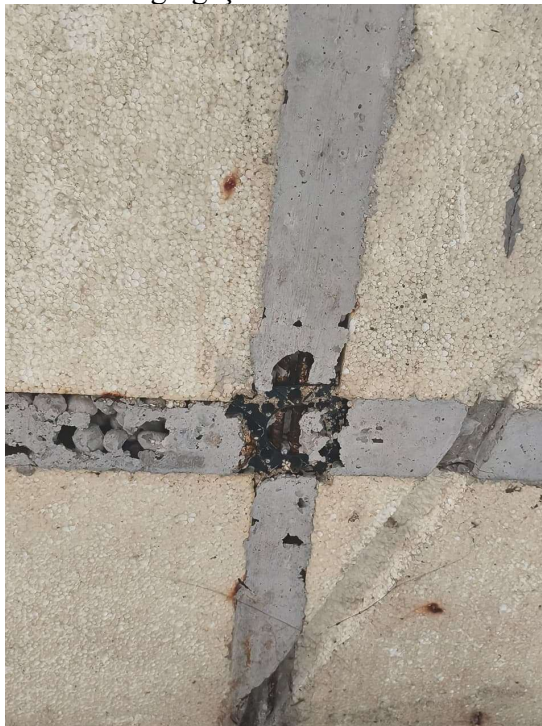
Fonte: Autoria própria (2026).

Figura 34 — Armação expostas e segregação do concreto



Fonte: Autoria própria (2026).

Figura 35 — Segregação e Cobrimento Insuficiente



Fonte: Autoria própria (2026).

Figura 36 — Deterioração das Escadarias



Fonte: Autoria própria (2026).

#### 4.2. Análise de dados

Este estudo contempla os dados obtidos durante as inspeções realizadas, os quais foram organizados por meio de planilhas eletrônicas e registros fotográficos individualizados para cada elemento avaliado. A utilização dessas planilhas permitiu uma análise mais ampla e sistematizada das informações coletadas. A partir da aplicação da metodologia GDE, foi possível estabelecer a classificação do grau de deterioração, bem como definir recomendações de intervenção específicas para cada componente analisado.

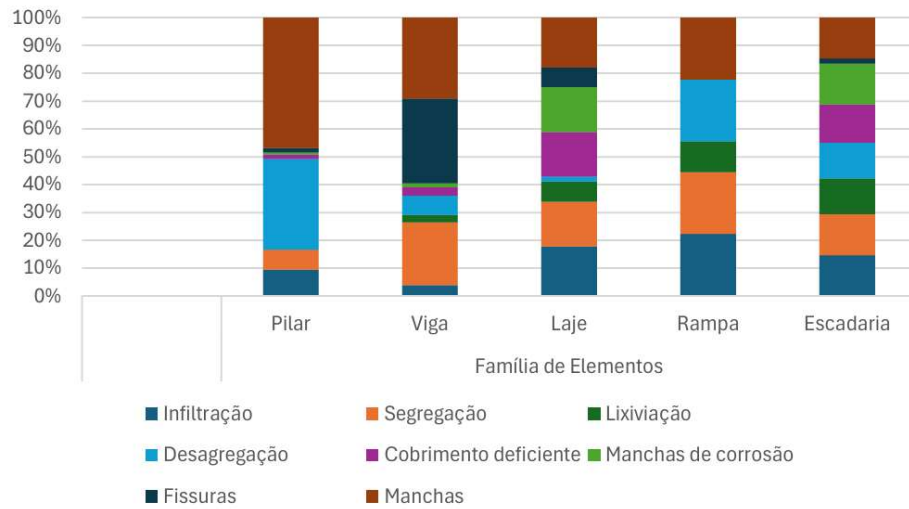
A Tabela 17 apresenta a quantidade de manifestações patológicas identificadas por família de elementos estruturais, permitindo uma visão comparativa do estado de conservação da edificação. Observa-se que as vigas concentram maior incidência de fissuras e manchas, enquanto os pilares apresentam destaque para processos de desagregação e presença significativa de manchas superficiais. As escadarias demonstram ocorrência distribuída entre diferentes tipos de patologias, incluindo infiltração, segregação e corrosão, indicando maior exposição a agentes agressivos. Já as lajes e rampas apresentam, de modo geral, menores quantitativos, porém ainda relevantes para análise. Esses dados reforçam a heterogeneidade do processo de deterioração na estrutura, evidenciando a necessidade de intervenções específicas conforme o tipo de elemento e manifestação patológica identificada e a Figura 37 mostra a frequência de cada dano nas famílias e a Figura 38 exibe as frequências das manifestações da estrutura.

Tabela 17 — Número de Patologia por famílias de Elementos

Elemento	Tipos de Manifestações							Fissuras	Manchas
	Infiltração	Segregação	Lixiviação	Desagregação	Cobrimento deficiente	Manchas de corrosão			
Pilares	12	9	0	41	2	1	2	59	
Vigas	9	52	6	16	7	3	70	67	
Lajes	10	9	4	1	9	9	4	10	
Rampas	2	2	1	2	0	0	0	2	
Escadarias	16	16	14	14	15	16	2	16	

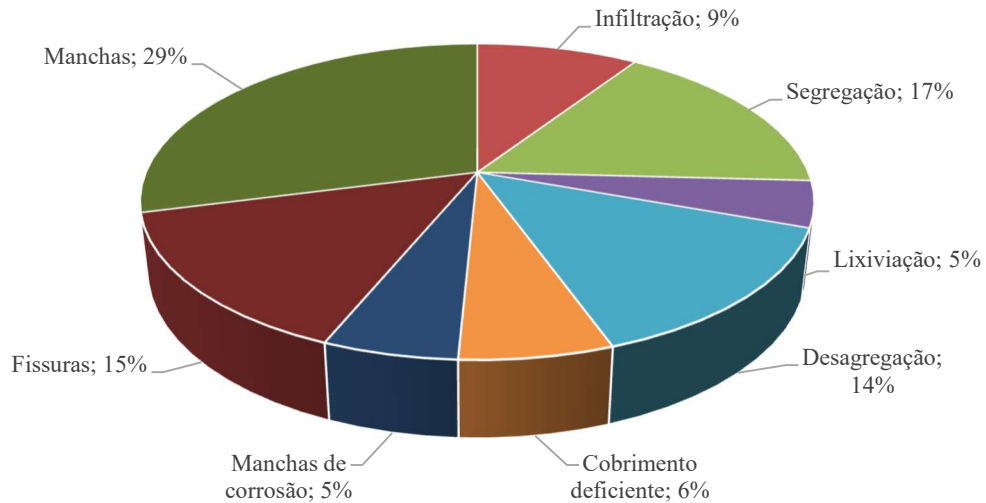
Fonte: Autoria própria (2026).

Figura 37 — Frequência de Danos Por Famílias de Elementos



Fonte: Autoria própria (2026).

Figura 38 — Frequência de Manifestações da Estrutura



Fonte: Autoria própria (2026).

Nos resultados apresentados na Tabela 18, reúne o número total de manifestações patológicas identificadas por família de elementos, bem como seus respectivos graus de

deterioração GDF permitindo uma avaliação integrada das condições da estrutura. Observa-se que as vigas apresentam a maior quantidade de ocorrências 230, acompanhadas de um elevado grau de deterioração 31,24 indicando maior comprometimento relativo. As escadarias, embora com menor número de manifestações em comparação às vigas, destacam-se por apresentar o maior GDE 44,05 evidenciando condição mais crítica. Os pilares e lajes apresentam valores intermediários, enquanto a rampa possui o menor número de ocorrências e um grau de deterioração moderado. Esses resultados demonstram que a quantidade de manifestações nem sempre está diretamente associada ao nível de deterioração, reforçando a importância da análise conjunta dos indicadores para definição de prioridades de intervenção.

Tabela 18 — Total de Manifestações Por Família de Elementos e Grau GdF

<b>Famílias de Elementos</b>	<b>Número de manifestações</b>	<b>GdF</b>
Pilares	126	23,15
Vigas	230	31,24
Lajes	56	29,47
Rampa	9	24,00
Escadarias	109	44,05

Fonte: Autoria própria (2026)

A distribuição dos elementos estruturais conforme os níveis de deterioração, permite a avaliação do estado de conservação de cada família. Observa-se que a maior parte dos elementos se concentra no nível baixo de deterioração, com destaque para pilares e vigas. No nível médio, há uma quantidade relevante de ocorrências, principalmente em vigas, escadarias e pilares, o que aponta para a necessidade de monitoramento e intervenções a médio prazo.

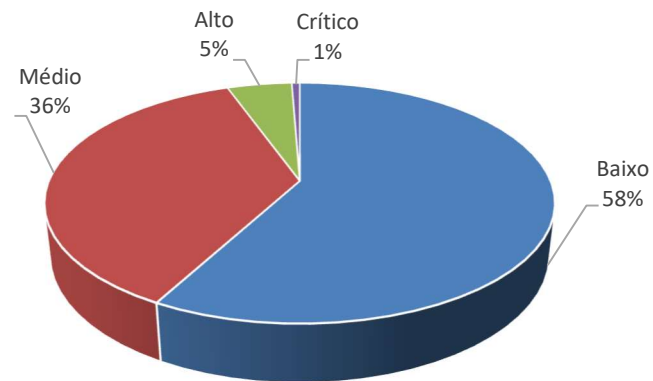
Por outro lado, os níveis mais elevados de deterioração (alto e crítico) aparecem de forma pontual, com destaque para as vigas e escadarias, sendo que estas últimas apresentam inclusive um caso classificado como crítico. Esse cenário evidencia que, embora a maior parte da estrutura não apresente danos severos, existem elementos específicos que demandam maior atenção e ações corretivas mais urgentes, a fim de evitar a evolução do quadro de deterioração, de acordo com a Tabela 19 e Figura 39 com as respectivas frequências.

Tabela 19 — Nível de Deterioração de cada Família

<b>Nível de Deterioração</b>	<b>Estado de conservação das famílias</b>				
	<b>Pilar</b>	<b>Viga</b>	<b>Laje</b>	<b>Rampa</b>	<b>Escadarias</b>
Baixo	47	45	0	1	2
Médio	17	21	10	1	11
Alto	0	6	0	0	2
Crítico	0	0	0	0	1

Fonte: Autoria própria (2026)

Figura 39 — Frequência de Nível de Danos da Estrutura



Fonte: Autoria própria (2026).

Ao final, o grau de deterioração da estrutura geral foi classificado como nível médio com Gde da estrutura igual a 29,7 e, de acordo com a metodologia proposta por Castro (1994), recomenda-se a realização de observações periódicas e a necessidade de intervenções a médio prazo, visando garantir a durabilidade, segurança e desempenho da estrutura ao longo do tempo

## 5. CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar as condições de conservação de uma estrutura de concreto armado pertencente ao primeiro complexo do sambódromo cultural, por meio da aplicação da metodologia do Grau de Deterioração de Estruturas (GDE). A edificação, composta por dois pavimentos e elementos como pilares, vigas, lajes, escadarias e rampa, foi submetida a inspeções técnicas *in loco*, possibilitando a identificar o registro das principais manifestações patológicas.

Para a determinação do grau de deterioração, foram considerados os valores obtidos para cada elemento estrutural Gde, sendo a análise baseada na aplicação das formulações que consideram os valores de  $Gde \geq 15$ . Esse critério permitiu uma avaliação mais representativa das condições estruturais, focando nos elementos com maior relevância em termos de deterioração. A aplicação da metodologia possibilitou não apenas a quantificação dos danos, mas também a classificação dos níveis de deterioração e a definição de diretrizes para intervenções, com base na condição observada em campo.

Durante o desenvolvimento do estudo, algumas limitações foram observadas, especialmente relacionadas ao acesso a determinados pontos da estrutura, o que pode ter restringido a inspeção mais detalhada de alguns elementos. Além disso, por se tratar de uma análise que envolve parâmetros qualitativos, a atribuição dos fatores de intensidade exigiu atenção e revisão com base nos registros fotográficos, a fim de garantir maior confiabilidade aos resultados.

De modo geral, os resultados indicaram predominância de nível médio de deterioração na estrutura, com ocorrência pontual de elementos classificados em níveis mais elevados, especialmente em vigas e escadarias. Esses achados evidenciam que, embora a estrutura ainda apresente desempenho satisfatório, já há necessidade de intervenções corretivas e preventivas para evitar a progressão dos danos e possíveis comprometimentos futuros.

Dessa forma, os resultados obtidos permitem estabelecer um panorama das condições estruturais da edificação, contribuindo para o planejamento de ações de manutenção mais eficientes. Ao final, o grau de deterioração da estrutura geral foi classificado como nível médio com Gde da estrutura igual a 29,7 e, de acordo com a metodologia proposta por Castro (1994), recomenda-se a realização de observações periódicas e a necessidade de intervenções a médio prazo, visando garantir a durabilidade, segurança e desempenho da estrutura ao longo do tempo.

## REFERÊNCIAS

- ABNT. NBR 6118: Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2023.
- ANDRADE, J. J. O. Durabilidade das Estruturas de Concreto Armado: Análise das Manifestações Patológicas nas Estruturas no Estado de Pernambuco. 1997. 139 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.
- BOLDO, P. Avaliação Quantitativa de Estruturas de Concreto Armado de Edificações no Âmbito do Exército Brasileiro. 2002. 295 f. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2002.
- CASTRO, E. K. Desenvolvimento de Metodologia para Manutenção de Estruturas de Concreto Armado. 1994. 155 f. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, 1994.
- DAL MOLIN, D. C. C.; SILVA, M. M. B.; HELENE, P. Conservação e recuperação de estruturas de concreto. 2. ed. São Paulo: PINI, 2013.
- EUQUERES, P. Metodologia de Inspeção em Estruturas de Pontes de Concreto Armado. 2011. 168 f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2011.
- FONSECA, R. P. A Estrutura do Instituto Central de Ciências: Aspectos Históricos, Científicos e Tecnológicos de Projeto, Execução, Intervenções e Propostas de Manutenção. 2007. 213 f. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.
- HELENE, Paulo R. L. Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto. São Paulo: PINI, 2005.
- LAURIA, M. L. M. Avaliação dos Viadutos do Eixo Rodoviário Sul de Brasília pela Metodologia GDE/UnB. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade de Brasília, Brasília, 2018.
- LIMA, D. N. et al. Manifestações patológicas em concreto: estudo de caso em edificação residencial. In: CONGRESO LATINOAMERICANO DE PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – CONPAT 2023, 17., 2023, Santa Cruz de la Sierra. Memorias... Santa Cruz de la Sierra, 2023.
- LOPES, B. A. R. Sistema de Manutenção Predial para Grandes Estoques de Edifícios: Estudo para inclusão do componente “Estrutura de Concreto”. 1998. 308 f. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, 1998.
- LOURENÇO, L. C. et al. Parâmetros de Avaliação de Patologias em Obras-de-Arte Especiais. Revista de Engenharia Civil, Universidade do Minho, n. 34, 2009.

- MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. Concreto: microestrutura, propriedades e materiais. 2. ed. São Paulo: IBRACON, 2014.
- NEVILLE, A. M. Propriedades do concreto. 5. ed. São Paulo: Bookman, 2012.
- PAVONI, F. B. Avaliação das Obras de Arte Especiais do Eixo Rodoviário Norte de Brasília pela Metodologia do Grau de Deterioração Estrutural da Universidade de Brasília. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade de Brasília, Brasília, 2019.
- PESSOA, D. F. A Estrutura da Catedral de Brasília: Aspectos Históricos, Científicos e Tecnológicos de Projeto, Execução, Intervenções e Proposta de Manutenção. 2002. 243 f. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2002.
- REKSUA, A. C. S. Determinação do grau de deterioração de uma construção pública paralisada de Irati-PR através da aplicação do método GDE/UnB. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Guarapuava, 2023.
- ROSA, F. B. Comparação das Metodologias de Inspeção de Obras de Arte: Metodologia GDE/UnB e DNIT. 2014. 110 f. Monografia (Projeto Final II) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2014.
- SANTIAGO, P. H. R.; AZEVEDO, V. V. Aplicação da Metodologia GDE em Pontes e Viadutos. 2012. 77 f. Monografia (Projeto Final II) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2012.
- SANTOS, M. F. da S.; FERREIRA, C. V.; SANTOS, K. C. S. Metodologia GDE/UnB aplicada na avaliação de uma edificação residencial. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE PATOLOGIA E REABILITAÇÃO DE ESTRUTURAS – CINPAR 2021, 2021. Anais... 2021.
- SOUZA, R.; RIPPER, T. Diagnóstico de patologias em estruturas de concreto. São Paulo: PINI, 1998.
- SOUZA, V. C.; RIPPER, T. Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto. 1. ed. São Paulo: PINI, 1998.
- TEIXEIRA, G. H. et al. Aplicação da metodologia GDE/UnB (2015) de inspeção em um edifício residencial de quatro pavimentos. In: CONGRESO LATINOAMERICANO DE PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – CONPAT 2021, 2021. Memorias... 2021.
- TUUTTI, K. Corrosion of Steel in Concrete. Stockholm: Swedish Cement and Concrete Research Institute, 1982.
- UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA. Nota Técnica ENC/UnB nº 001-2018, de 07 de março de 2018. Análise Técnica das Causas do Desabamento Parcial da Estrutura do Viaduto sobre a Galeria dos Estados – Brasília – DF.

VARELA, B. B. et al. Determinação do grau de deterioração das estruturas de concreto armado e protendido das obras de arte especiais do perímetro urbano de Guarapuava-PR. In: CONPAT 2023 – CONGRESO LATINOAMERICANO DE PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN, 17., 2023, Santa Cruz de la Sierra. Memorias... Santa Cruz de la Sierra, 2023.

VERLY, R. C. Avaliação de Metodologias de Inspeção como Instrumento de Priorização de Intervenções em Obras de Arte Especiais. 2015. 178 f. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

## ANEXOS

## Fator de intensidade

Figura 40 — Classificação de Danos e Fatores de Intensidade (FI)

Tipos de danos	Fator de intensidade do dano - Tipos de manifestação
segregação	1 - superficial e pouco significativa em relação às dimensões da peça; 2 - significativa 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.
eflorescência	1 - início de manifestação; 2 - manchas de pequenas dimensões; 3 - manchas acentuadas, em grandes extensões.
esfoliação	2 - pequenas escamações do concreto; 3 - lascamento, de grandes proporções, com exposição da armadura; 4 - lascamento acentuado com perda relevante de seção.
desagregação	2 - início de manifestação; 3 - manifestações leves; 4 - por perda acentuada de seção e esfarelamento do concreto;
cobrimento	1 - menores que os previstos em norma sem, no entanto, permitir a localização da armadura; 2 - menor do que o previsto em norma, permitindo a localização da armadura ou armadura exposta em pequenas extensões; 3 - deficiente com armaduras expostas em extensões significativas.
manchas de corrosão/ corrosão da armadura	2 - manifestações leves; 3 - grandes manchas e/ou fissuras de corrosão; 4 - corrosão acentuada na armadura principal, com perda relevante de seção.
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.
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.
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.

Fonte: CASTRO (1994).

Figura 41 — Classificação de Danos e Fatores de Intensidade (FI) (Castro, 1994),  
Continuação.

Tipos de dano	Fator de intensidade do dano - Tipos de manifestação
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.
infiltração	1 - indícios de umidade; 2 - pequenas manchas; 3 - grandes manchas; 4 - generalizada.
presença de cloretos	2 - em elementos no interior sem umidade; 3 - em elementos no exterior sem umidade; 4 - em ambientes úmidos.
manchas	2 - manchas escuras de pouca extensão, porém significativas; 3 - manchas escuras em todo o elemento estrutural
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.
desvio de geometria	2 - pilares e cortinas com excentricidade $\leq h/100$ (h = altura) 3 - pilares e cortinas com excentricidade $\geq h/100$
infiltração na base	3 - indícios de vazamento em tubulações enterradas que podem comprometer as fundações; 4 - vazamentos em tubulações enterradas causando erosão aparente junto às fundações.
junta de dilatação obstruída	2 - perda de elasticidade do material da junta; 3 - presença de material não compressível na junta.
fissuras vizinhas as juntas de dilatação	2 - lajes com início de fissuras adjacentes às juntas; 3 - grande incidência de lajes com fissuras adjacentes às juntas; 4 - idem, com prolongamento das fissuras em vigas e/ou pilares de suporte.
deslocamento por empuxo	3 - deslocamento lateral no sentido horizontal, com excentricidade porém estável; 4 - deslocamento lateral no sentido horizontal, instável.

Fonte: CASTRO (1994).

### Lista de danos gerais

Tabela 20 — Lista Geral de Danos da Estrutura com a Aplicação do Método GDE/UnB

Elemento Estrutural	Gde	Fr	Fi	Fp	Dano	Nível de Deterioração
PILAR 1		5	3	6	Infiltração na base	
PILAR 1	36,8	5	2	7	Desagregação	Médio
PILAR 1		5	3	5	Manchas	
PILAR 2		5	3	6	Infiltração na base	
PILAR 2	35,4	5	1	7	Desagregação	Médio
PILAR 2		5	3	5	Manchas	
PILAR 3		5	3	6	Infiltração na base	
PILAR 3	24	5	3	5	Manchas	Médio
PILAR 4		5	3	6	Infiltração na base	
PILAR 4	24	5	3	5	Manchas	Médio
PILAR 5	4	5	3	5	Manchas	Baixo
PILAR 6	4	5	2	5	Manchas	Baixo
PILAR 7	2,8	5	1	7	Desagregação	Baixo
PILAR 8		5	1	7	Desagregação	
PILAR 8	4	5	2	5	Manchas	Baixo
PILAR 9		5	1	7	Desagregação	
PILAR 9	4	5	2	5	Manchas	Baixo
PILAR 10		5	1	7	Desagregação	
PILAR 10	4	5	2	5	Manchas	Baixo
PILAR 11		5	1	7	Desagregação	
PILAR 11	4	5	2	5	Manchas	Baixo
PILAR 12		5	1	7	Desagregação	
PILAR 12	4	5	2	5	Manchas	Baixo
PILAR 13		5	1	7	Desagregação	
PILAR 13	4	5	2	5	Manchas	Baixo
PILAR 14		5	1	7	Desagregação	
PILAR 14	4	5	2	5	Manchas	Baixo
PILAR 15		5	1	7	Desagregação	
PILAR 15	4	5	2	5	Manchas	Baixo
PILAR 16		5	1	7	Desagregação	
PILAR 16	4	5	2	5	Manchas	Baixo
PILAR 17		5	1	7	Desagregação	
PILAR 17	4	5	2	5	Manchas	Baixo
PILAR 18		5	1	7	Desagregação	
PILAR 18	4	5	2	5	Manchas	Baixo
PILAR 19		5	1	7	Desagregação	
PILAR 19	4	5	2	5	Manchas	Baixo
PILAR 20		5	2	6	Infiltração na base	

Elemento Estrutural	Gde	Fr	Fi	Fp	Dano	Nível de Deterioração
PILAR 20	23,8	5	1	7	Desagregação	Médio
PILAR 20		5	3	5	Manchas	
PILAR 21		5	1	7	Desagregação	
PILAR 21	20	5	3	5	Manchas	Médio
PILAR 22		5	1	7	Desagregação	
PILAR 22	4	5	2	5	Manchas	Baixo
PILAR 23		5	1	7	Desagregação	
PILAR 23	4	5	2	5	Manchas	Baixo
PILAR 24		5	1	7	Desagregação	
PILAR 24	4	5	2	5	Manchas	Baixo
PILAR 25		5	1	7	Desagregação	
PILAR 25	4	5	2	5	Manchas	Baixo
PILAR 26		5	1	7	Desagregação	
PILAR 26	4	5	2	5	Manchas	Baixo
PILAR 27		5	1	7	Desagregação	
PILAR 27	4	5	2	5	Manchas	Baixo
PILAR 28		5	1	7	Desagregação	
PILAR 28	4	5	2	5	Manchas	Baixo
PILAR 29		5	1	7	Desagregação	
PILAR 29	4	5	2	5	Manchas	Baixo
PILAR 30		5	1	7	Desagregação	
PILAR 30	20	5	3	5	Manchas	Médio
PILAR 31		5	1	7	Desagregação	
PILAR 31	20	5	3	5	Manchas	Médio
PILAR 32	20	5	3	5	Manchas	Médio
PILAR 33	20	5	3	5	Manchas	Médio
PILAR 34		5	1	10	Fissuras	
PILAR 34	4	5	2	5	Manchas	Baixo
PILAR 35		5	1	10	Fissuras	
PILAR 35	4	5	2	5	Manchas	Baixo
PILAR 36	2,8	5	1	7	Desagregação	Baixo
PILAR 37	4	5	2	5	Manchas	Baixo
PILAR 38		5	1	7	Desagregação	
PILAR 38	4	5	2	5	Manchas	Baixo
PILAR 39	4	5	2	5	Manchas	Baixo
PILAR 40	4	5	2	5	Manchas	Baixo
PILAR 41		5	1	7	Desagregação	
PILAR 41	4	5	2	5	Manchas	Baixo
PILAR 42	4	5	2	5	Manchas	Baixo
PILAR 43		5	1	7	Desagregação	
PILAR 43	4	5	2	5	Manchas	Baixo
PILAR 44	2,8	5	1	7	Desagregação	Baixo

Elemento Estrutural	Gde	Fr	Fi	Fp	Dano	Nível de Deterioração
PILAR 45	2,8	5	1	7	Desagregação	Baixo
PILAR 46		5	2	6	Infiltração na base	
PILAR 46	20	5	3	5	Manchas	Médio
PILAR 47	4	5	2	5	Manchas	Baixo
PILAR 48	4	5	2	5	Manchas	Baixo
PILAR 49		5	2	6	Infiltração na base	
PILAR 49	23,8	5	1	7	Desagregação	Médio
PILAR 49		5	3	5	Manchas	
PILAR 50		5	1	7	Desagregação	
PILAR 50	20	5	3	5	Manchas	Médio
PILAR 51		5	1	6	Segregação	
PILAR 51		5	1	7	Desagregação	
PILAR 51	23,3	5	1	6	Cobrimento Deficiente	Médio
PILAR 51		5	2	7	Manchas de Corrosão	
PILAR 51		5	3	5	Manchas	
PILAR 52	4	5	2	5	Manchas	Baixo
PILAR 53		5	1	6	Segregação	
PILAR 53	4	5	2	5	Manchas	Baixo
PILAR 54		5	1	6	Segregação	
PILAR 54	6,6	5	1	7	Desagregação	Baixo
PILAR 54		5	2	5	Manchas	
PILAR 55		5	1	6	Segregação	
PILAR 55	6,6	5	1	7	Desagregação	Baixo
PILAR 55		5	2	5	Manchas	
PILAR 56		5	1	6	Segregação	
PILAR 56		5	1	7	Desagregação	
PILAR 56	23,53	5	1	6	Cobrimento Deficiente	Médio
PILAR 56		5	3	5	Manchas	
PILAR 57		5	1	6	Infiltração	
PILAR 57	20	5	3	5	Manchas	Médio
PILAR 58		5	1	7	Desagregação	
PILAR 58	4	5	2	5	Manchas	Baixo
PILAR 59		5	1	6	Segregação	
PILAR 59	4	5	2	5	Manchas	Baixo
PILAR 60		5	1	6	Segregação	
PILAR 60	4	5	2	5	Manchas	Baixo
PILAR 61		5	1	6	Segregação	
PILAR 61	4	5	2	5	Manchas	Baixo
PILAR 62	4	5	2	5	Manchas	Baixo
PILAR 63		5	1	6	Infiltração	
PILAR 63		5	1	6	Segregação	
PILAR 63	6,5	5	1	7	Desagregação	Baixo

Elemento Estrutural	Gde	Fr	Fi	Fp	Dano	Nível de Deterioração
PILAR 63		5	2	5	Manchas	
PILAR 64	20	5	3	5	Manchas	Médio
VIGA 1		5	1	7	Desagregação	
VIGA 1		5	1	6	Cobrimento Deficiente	
VIGA 1	24	5	1	7	Manchas de Corrosão	Médio
VIGA 1		5	2	10	Fissuras	
VIGA 1		5	3	5	Manchas	
VIGA 2		5	1	7	Desagregação	
VIGA 2		5	1	6	Cobrimento Deficiente	
VIGA 2	23,06	5	1	10	Fissuras	Médio
VIGA 2		5	3	5	Manchas	
VIGA 3		5	1	10	Fissuras	
VIGA 3	20	5	3	5	Manchas	Médio
VIGA 4		5	1	7	Desagregação	
VIGA 4	7,4	5	1	10	Fissuras	Baixo
VIGA 4		5	2	5	Manchas	
VIGA 5		5	1	7	Desagregação	
VIGA 5	7,4	5	1	10	Fissuras	Baixo
VIGA 5		5	2	5	Manchas	
VIGA 6		5	1	4	Segregação	
VIGA 6	6,2	5	1	7	Desagregação	Baixo
VIGA 6		5	1	10	Fissuras	
VIGA 7		5	1	10	Fissuras	
VIGA 7	4	5	2	5	Manchas	Baixo
VIGA 8		5	1	10	Fissuras	
VIGA 8	4	5	2	5	Manchas	Baixo
VIGA 9		5	1	10	Fissuras	
VIGA 9	4	5	2	5	Manchas	Baixo
VIGA 10		5	1	7	Desagregação	
VIGA 10	11,4	5	2	10	Fissuras	Baixo
VIGA 10		5	2	5	Manchas	
VIGA 11		5	1	7	Desagregação	
VIGA 11	7,4	5	1	10	Fissuras	Baixo
VIGA 11		5	2	5	Manchas	
VIGA 12		5	1	4	Segregação	
VIGA 12	6,8	5	1	10	Fissuras	Baixo
VIGA 12		5	2	5	Manchas	
VIGA 13		5	1	4	Segregação	
VIGA 13	10,8	5	2	10	Fissuras	Baixo
VIGA 13		5	2	5	Manchas	
VIGA 14		5	2	4	Segregação	
VIGA 14	11,6	5	2	10	Fissuras	Baixo

Elemento Estrutural	Gde	Fr	Fi	Fp	Dano	Nível de Deterioração
VIGA 14		5	2	5	Manchas	
VIGA 15		5	1	4	Segregação	
VIGA 15	8	5	2	10	Fissuras	Baixo
VIGA 16		5	1	4	Segregação	
VIGA 16		5	1	7	Desagregação	
VIGA 16	10,8	5	2	10	Fissuras	Baixo
VIGA 16		5	2	5	Manchas	
VIGA 17		5	1	10	Fissuras	
VIGA 17	4	5	2	5	Manchas	Baixo
VIGA 18		5	1	4	Segregação	
VIGA 18		5	1	7	Desagregação	
VIGA 18	6,7	5	1	6	Cobrimento Deficiente	Baixo
VIGA 18		5	1	10	Fissuras	
VIGA 18		5	2	5	Manchas	
VIGA 19		5	1	4	Segregação	
VIGA 19	4	5	1	10	Fissuras	Baixo
VIGA 20		5	2	10	Fissuras	
VIGA 20	8	5	2	5	Manchas	Baixo
VIGA 21		5	1	4	Segregação	
VIGA 21	10,8	5	2	10	Fissuras	Baixo
VIGA 21		5	2	5	Manchas	
VIGA 22		5	1	4	Segregação	
VIGA 22	22,8	5	1	10	Fissuras	Médio
VIGA 22		5	3	5	Manchas	
VIGA 23		5	1	4	Segregação	
VIGA 23	22,8	5	1	10	Fissuras	Médio
VIGA 23		5	3	5	Manchas	
VIGA 24		5	1	4	Segregação	
VIGA 24	6,2	5	1	7	Desagregação	Baixo
VIGA 24		5	1	10	Fissuras	
VIGA 25		5	1	4	Segregação	
VIGA 25	4	5	1	10	Fissuras	Baixo
VIGA 26		5	2	4	Segregação	
VIGA 26		5	1	7	Desagregação	
VIGA 26	24,6	5	2	10	Fissuras	Médio
VIGA 26		5	3	5	Manchas	
VIGA 27		5	1	4	Segregação	
VIGA 27	6,8	5	1	10	Fissuras	Baixo
VIGA 27		5	2	5	Manchas	
VIGA 28		5	1	4	Segregação	
VIGA 28	6,8	5	1	10	Fissuras	Baixo
VIGA 28		5	2	5	Manchas	

Elemento Estrutural	Gde	Fr	Fi	Fp	Dano	Nível de Deterioração
VIGA 29		5	1	4	Segregação	
VIGA 29	24,8	5	2	10	Fissuras	Médio
VIGA 29		5	3	5	Manchas	
VIGA 30		5	2	4	Segregação	
VIGA 30		5	1	7	Desagregação	
VIGA 30	24,7	5	2	6	Cobrimento Deficiente	Médio
VIGA 30		5	2	10	Fissuras	
VIGA 30		5	3	5	Manchas	
VIGA 31		5	2	4	Segregação	
VIGA 31		5	1	7	Desagregação	
VIGA 31	24,1	5	1	6	Cobrimento Deficiente	Médio
VIGA 31		5	2	10	Fissuras	
VIGA 31		5	3	5	Manchas	
VIGA 32		5	1	4	Segregação	
VIGA 32	6,8	5	1	10	Fissuras	Baixo
VIGA 32		5	2	5	Manchas	
VIGA 33		5	1	4	Segregação	
VIGA 33	24,8	5	2	10	Fissuras	Médio
VIGA 33		5	3	5	Manchas	
VIGA 34		5	2	4	Segregação	
VIGA 34	25,6	5	2	10	Fissuras	Médio
VIGA 34		5	3	5	Manchas	
VIGA 35		5	2	4	Segregação	
VIGA 35		5	2	7	Desagregação	
VIGA 35	54,2	5	1	10	Fissuras	Alto
VIGA 35		5	4	5	Manchas	
VIGA 36		5	1	4	Segregação	
VIGA 36	6,8	5	1	10	Fissuras	Baixo
VIGA 36		5	2	5	Manchas	
VIGA 37		5	1	10	Fissuras	
VIGA 37	4	5	2	5	Manchas	Baixo
VIGA 38		5	1	4	Segregação	
VIGA 38	10,8	5	2	10	Fissuras	Baixo
VIGA 38		5	2	5	Manchas	
VIGA 39		5	1	4	Segregação	
VIGA 39		5	1	5	Lixiviação	
VIGA 39	6,5	5	1	10	Fissuras	Baixo
VIGA 39		5	2	5	Manchas	
VIGA 40		5	2	4	Segregação	
VIGA 40	23,6	5	1	10	Fissuras	Médio
VIGA 40		5	3	5	Manchas	
VIGA 41		5	1	4	Segregação	

Elemento Estrutural	Gde	Fr	Fi	Fp	Dano	Nível de Deterioração
VIGA 41		5	1	5	Lixiviação	
VIGA 41	6,5	5	1	10	Fissuras	Baixo
VIGA 41		5	2	5	Manchas	
VIGA 42		5	1	10	Fissuras	Baixo
VIGA 42	4	5	2	5	Manchas	
VIGA 43		5	1	4	Segregação	
VIGA 43	22,8	5	1	10	Fissuras	Médio
VIGA 43		5	3	5	Manchas	
VIGA 44		5	1	10	Fissuras	
VIGA 44	4	5	2	5	Manchas	Baixo
VIGA 45		5	1	4	Segregação	
VIGA 45	22,8	5	1	10	Fissuras	Médio
VIGA 45		5	3	5	Manchas	
VIGA 46		5	1	4	Segregação	
VIGA 46	10,8	5	2	10	Fissuras	Baixo
VIGA 46		5	2	5	Manchas	
VIGA 47		5	1	10	Fissuras	
VIGA 47	4	5	2	5	Manchas	Baixo
VIGA 48		5	2	10	Fissuras	
VIGA 48	8	5	2	5	Manchas	Baixo
VIGA 49		5	1	4	Segregação	
VIGA 49	6,8	5	1	10	Fissuras	Baixo
VIGA 49		5	2	5	Manchas	
VIGA 50		5	1	6	Infiltração	
VIGA 50		5	2	4	Segregação	
VIGA 50	53,2	5	1	10	Fissuras	Alto
VIGA 50		5	4	5	Manchas	
VIGA 51		5	1	4	Segregação	
VIGA 51	10,8	5	2	10	Fissuras	Baixo
VIGA 51		5	2	5	Manchas	
VIGA 52		5	2	10	Fissuras	
VIGA 52	8	5	2	5	Manchas	Baixo
VIGA 53		5	1	4	Segregação	
VIGA 53	6,8	5	1	10	Fissuras	Baixo
VIGA 53		5	2	5	Manchas	
VIGA 54		5	3	4	Segregação	
VIGA 54	20	5	1	10	Fissuras	Médio
VIGA 54		5	2	5	Manchas	
VIGA 55		5	2	4	Segregação	
VIGA 55	23,6	5	1	10	Fissuras	Médio
VIGA 55		5	3	5	Manchas	
VIGA 56		5	1	4	Segregação	

Elemento Estrutural	Gde	Fr	Fi	Fp	Dano	Nível de Deterioração
VIGA 56	6,8	5	1	10	Fissuras	Baixo
VIGA 56		5	2	5	Manchas	
VIGA 57		5	2	4	Segregação	
VIGA 57	4	5	2	5	Manchas	Baixo
VIGA 58		5	1	4	Segregação	
VIGA 58	6,8	5	1	10	Fissuras	Baixo
VIGA 58		5	2	5	Manchas	
VIGA 59		5	2	4	Segregação	
VIGA 59	20	5	3	5	Manchas	Médio
VIGA 60		5	3	6	Infiltração	
VIGA 60		5	2	4	Segregação	
VIGA 60	61,7	5	2	10	Fissuras	Alto
VIGA 60		5	4	5	Manchas	
VIGA 61		5	1	4	Segregação	
VIGA 61	23,8	5	1	10	Fissuras	Médio
VIGA 61		5	3	5	Manchas	
VIGA 62		5	1	10	Fissuras	
VIGA 62	4	5	2	5	Manchas	Baixo
VIGA 63		5	1	10	Fissuras	
VIGA 63	4	5	2	5	Manchas	Baixo
VIGA 64		5	2	4	Segregação	
VIGA 64	7,6	5	1	10	Fissuras	Baixo
VIGA 64		5	2	5	Manchas	
VIGA 65		5	1	4	Segregação	
VIGA 65		5	1	5	Lixiviação	
VIGA 65	6,5	5	1	10	Fissuras	Baixo
VIGA 65		5	2	5	Manchas	
VIGA 66		5	1	4	Segregação	
VIGA 66		5	1	5	Lixiviação	
VIGA 66	6,6	5	1	7	Manchas de Corrosão	Baixo
VIGA 66		5	1	10	Fissuras	
VIGA 66		5	2	5	Manchas	
VIGA 67		5	4	6	Infiltração	
VIGA 67		5	3	4	Segregação	
VIGA 67		5	1	5	Lixiviação	
VIGA 67	74,9	5	1	7	Desagregação	Alto
VIGA 67		5	3	6	Cobrimento Deficiente	
VIGA 67		5	2	7	Manchas de Corrosão	
VIGA 67		5	1	10	Fissuras	
VIGA 67		5	4	5	Manchas	
VIGA 68		5	2	6	Infiltração	
VIGA 68		5	2	4	Segregação	Médio

Elemento Estrutural	Gde	Fr	Fi	Fp	Dano	Nível de Deterioração
VIGA 68	25,33	5	2	10	Fissuras	
VIGA 68		5	3	5	Manchas	
VIGA 69		5	1	6	Infiltração	
VIGA 69		5	2	4	Segregação	Médio
VIGA 69	23,02	5	1	10	Fissuras	
VIGA 69		5	3	5	Manchas	
VIGA 70		5	2	6	Infiltração	
VIGA 70		5	2	4	Segregação	Médio
VIGA 70	24	5	1	10	Fissuras	
VIGA 70		5	3	5	Manchas	
VIGA 71		5	2	6	Infiltração	
VIGA 71		5	1	4	Segregação	Alto
VIGA 71	53,2	5	1	10	Fissuras	
VIGA 71		5	4	5	Manchas	
VIGA 72		5	2	6	Infiltração	
VIGA 72		5	2	4	Segregação	
VIGA 72		5	1	5	Lixiviação	
VIGA 72		5	2	7	Desagregação	Alto
VIGA 72	56,8	5	3	6	Cobrimento Deficiente	
VIGA 72		5	1	7	Manchas de Corrosão	
VIGA 72		5	1	10	Fissuras	
VIGA 72		5	4	5	Manchas	
LAJE 1		4	3	6	Infiltração	Médio
LAJE 1		4	1	6	Cobrimento Deficiente	
LAJE 1	31,3	4	1	7	Manchas de Corrosão	
LAJE 1		4	1	10	Presença de Cloretos	
LAJE 1		4	3	5	Manchas	
LAJE 2		4	3	6	Infiltração	
LAJE 2		4	1	6	Cobrimento Deficiente	Médio
LAJE 2	27,07	4	1	7	Manchas de Corrosão	
LAJE 2		4	2	5	Manchas	
LAJE 3		4	3	6	Infiltração	
LAJE 3		4	1	5	Segregação	
LAJE 3	27,5	4	1	6	Cobrimento Deficiente	Médio
LAJE 3		4	2	7	Manchas de Corrosão	
LAJE 3		4	2	5	Manchas	
LAJE 4		4	3	6	Infiltração	
LAJE 4		4	1	5	Segregação	
LAJE 4	31,1	4	1	6	Cobrimento Deficiente	Médio
LAJE 4		4	1	10	Fissuras	
LAJE 4		4	3	5	Manchas	
LAJE 5		4	2	6	Infiltração	

Elemento Estrutural	Gde	Fr	Fi	Fp	Dano	Nível de Deterioração
LAJE 5		4	1	5	Segregação	
LAJE 5		4	3	6	Cobrimento Deficiente	Médio
LAJE 5		4	2	7	Manchas de Corrosão	
LAJE 5	28,08	4	1	10	Fissuras	
LAJE 5		4	2	5	Manchas	
LAJE 6		4	3	6	Infiltração	
LAJE 6		4	2	5	Segregação	
LAJE 6		4	1	3	Lixiviação	Médio
LAJE 6	30,6	4	2	6	Cobrimento Deficiente	
LAJE 6		4	2	7	Manchas de Corrosão	
LAJE 6		4	1	10	Fissuras	
LAJE 6		4	3	5	Manchas	
LAJE 7		4	2	6	Infiltração	
LAJE 7		4	2	5	Segregação	
LAJE 7		4	1	3	Lixiviação	Médio
LAJE 7	23,66	4	1	6	Cobrimento Deficiente	
LAJE 7		4	2	7	Manchas de Corrosão	
LAJE 7		4	1	10	Fissuras	
LAJE 7		4	3	5	Manchas	
LAJE 8		4	2	6	Infiltração	
LAJE 8		4	2	5	Segregação	
LAJE 8		4	1	3	Lixiviação	
LAJE 8	31,2	4	1	6	Cobrimento Deficiente	Médio
LAJE 8		4	3	7	Manchas de Corrosão	
LAJE 8		4	1	7	Desagregação	
LAJE 8		4	2	5	Manchas	
LAJE 9		4	2	6	Infiltração	
LAJE 9		4	2	5	Segregação	
LAJE 9		4	1	3	Lixiviação	
LAJE 9	23,6	4	1	6	Cobrimento Deficiente	
LAJE 9		4	2	7	Manchas de Corrosão	
LAJE 9		4	3	5	Manchas	
LAJE 10		4	2	6	Infiltração	
LAJE 10		4	1	5	Segregação	
LAJE 10	40,7	4	3	6	Cobrimento Deficiente	Médio
LAJE 10		4	3	7	Manchas de Corrosão	
LAJE 10		4	3	5	Manchas	
DEGRAU 1		3	2	6	Infiltração	
DEGRAU 1		3	1	4	Segregação	
DEGRAU 1	7,6	3	1	7	Desagregação	Baixo
DEGRAU 1		3	1	7	Manchas de Corrosão	
DEGRAU 1		3	2	5	Manchas	

Elemento Estrutural	Gde	Fr	Fi	Fp	Dano	Nível de Deterioração
DEGRAU 2		3	2	6	Infiltração	
DEGRAU 2		3	1	4	Segregação	
DEGRAU 2	8,96	3	1	6	Cobrimento Deficiente	Baixo
DEGRAU 2		3	2	7	Manchas de Corrosão	
DEGRAU 2		3	1	10	Fissuras	
DEGRAU 2		3	2	5	Manchas	
DEGRAU 3		3	3	6	Infiltração	
DEGRAU 3		3	3	4	Segregação	
DEGRAU 3		3	1	5	Lixiviação	
DEGRAU 3	44,26	3	2	7	Desagregação	Médio
DEGRAU 3		3	3	6	Cobrimento Deficiente	
DEGRAU 3		3	3	7	Manchas de Corrosão	
DEGRAU 3		3	3	5	Manchas	
DEGRAU 4		3	3	6	Infiltração	
DEGRAU 4		3	4	4	Segregação	
DEGRAU 4		3	1	5	Lixiviação	Alto
DEGRAU 4	57,26	3	2	7	Desagregação	
DEGRAU 4		3	3	6	Cobrimento Deficiente	
DEGRAU 4		3	3	7	Manchas de Corrosão	
DEGRAU 4		3	3	5	Manchas	
DEGRAU 5		3	4	6	Infiltração	
DEGRAU 5		3	4	4	Segregação	
DEGRAU 5		3	2	5	Lixiviação	
DEGRAU 5		3	3	7	Desagregação	
DEGRAU 5	81,71	3	3	6	Cobrimento Deficiente	Crítico
DEGRAU 5		3	3	7	Manchas de Corrosão	
DEGRAU 5		3	2	10	Presença de Cloretos	
DEGRAU 5		3	3	5	Manchas	
DEGRAU 6		3	3	6	Infiltração	
DEGRAU 6		3	2	4	Segregação	
DEGRAU 6		3	1	5	Lixiviação	Médio
DEGRAU 6	30,4	3	1	7	Desagregação	
DEGRAU 6		3	2	6	Cobrimento Deficiente	
DEGRAU 6		3	2	7	Manchas de Corrosão	
DEGRAU 6		3	3	5	Manchas	
DEGRAU 7		3	2	6	Infiltração	
DEGRAU 7		3	1	4	Segregação	
DEGRAU 7		3	1	5	Lixiviação	
DEGRAU 7	23,6	3	1	7	Desagregação	Médio
DEGRAU 7		3	2	6	Cobrimento Deficiente	
DEGRAU 7		3	2	7	Manchas de Corrosão	
DEGRAU 7		3	3	5	Manchas	

Elemento Estrutural	Gde	Fr	Fi	Fp	Dano	Nível de Deterioração
DEGRAU 8		3	4	6	Infiltração	
DEGRAU 8		3	1	4	Segregação	
DEGRAU 8		3	2	5	Lixiviação	
DEGRAU 8	66,93	3	2	7	Desagregação	Alto
DEGRAU 8		3	2	6	Cobrimento Deficiente	
DEGRAU 8		3	2	7	Manchas de Corrosão	
DEGRAU 8		3	3	5	Manchas	
DEGRAU 9		3	2	6	Infiltração	
DEGRAU 9		3	1	4	Segregação	
DEGRAU 9		3	1	5	Lixiviação	
DEGRAU 9	23,76	3	2	6	Cobrimento Deficiente	Médio
DEGRAU 9		3	2	7	Manchas de Corrosão	
DEGRAU 9		3	3	5	Manchas	
DEGRAU 10		3	2	6	Infiltração	
DEGRAU 10		3	2	4	Segregação	
DEGRAU 10		3	3	5	Lixiviação	
DEGRAU 10	39,65	3	2	7	Desagregação	Médio
DEGRAU 10		3	3	6	Cobrimento Deficiente	
DEGRAU 10		3	3	7	Manchas de Corrosão	
DEGRAU 10		3	1	10	Presença de Cloretos	
DEGRAU 10		3	3	5	Manchas	
DEGRAU 11		3	2	6	Infiltração	
DEGRAU 11		3	2	4	Segregação	
DEGRAU 11	38,26	3	2	5	Lixiviação	Médio
DEGRAU 11		3	2	7	Desagregação	
DEGRAU 11		3	3	6	Cobrimento Deficiente	
DEGRAU 11		3	3	7	Manchas de Corrosão	
DEGRAU 11		3	3	5	Manchas	
DEGRAU 12		3	2	6	Infiltração	
DEGRAU 12		3	2	4	Segregação	
DEGRAU 12		3	2	5	Lixiviação	
DEGRAU 12	42	3	3	7	Desagregação	Médio
DEGRAU 12		3	3	6	Cobrimento Deficiente	
DEGRAU 12		3	3	7	Manchas de Corrosão	
DEGRAU 12		3	3	5	Manchas	
DEGRAU 13		3	2	6	Infiltração	
DEGRAU 13		3	1	4	Segregação	
DEGRAU 13		3	3	5	Lixiviação	
DEGRAU 13	37,46	3	3	7	Desagregação	Médio
DEGRAU 13		3	2	6	Cobrimento Deficiente	
DEGRAU 13		3	2	7	Manchas de Corrosão	
DEGRAU 13		3	3	5	Manchas	

Elemento Estrutural	Gde	Fr	Fi	Fp	Dano	Nível de Deterioração
DEGRAU 14		3	3	6	Infiltração	
DEGRAU 14		3	1	4	Segregação	
DEGRAU 14		3	2	5	Lixiviação	
DEGRAU 14	44,93	3	3	7	Desagregação	Médio
DEGRAU 14		3	3	6	Cobrimento Deficiente	
DEGRAU 14		3	3	7	Manchas de Corrosão	
DEGRAU 14		3	3	5	Manchas	
DEGRAU 15		3	2	6	Infiltração	
DEGRAU 15		3	3	4	Segregação	
DEGRAU 15		3	3	5	Lixiviação	
DEGRAU 15	46,8	3	3	7	Desagregação	Médio
DEGRAU 15		3	3	6	Cobrimento Deficiente	
DEGRAU 15		3	3	7	Manchas de Corrosão	
DEGRAU 15		3	3	5	Manchas	
DEGRAU 16		3	3	6	Infiltração	
DEGRAU 16		3	2	4	Segregação	
DEGRAU 16		3	2	5	Lixiviação	
DEGRAU 16		3	2	7	Desagregação	
DEGRAU 16	40,68	3	3	6	Cobrimento Deficiente	
DEGRAU 16		3	3	7	Manchas de Corrosão	
DEGRAU 16		3	2	10	Fissuras	
DEGRAU 16		3	3	5	Manchas	
Rampa- 1º PAVIMENTO		3	2	6	Infiltração	
Rampa- 1º PAVIMENTO		3	1	4	Segregação	
Rampa- 1º PAVIMENTO	8,7	3	1	5	Lixiviação	Baixo
Rampa- 1º PAVIMENTO		3	2	7	Desagregação	
Rampa- 1º PAVIMENTO		3	2	5	Manchas	
Rampa - 2º PAVIMENTO		3	2	6	Infiltração	

Elemento Estrutural	Gde	Fr	Fi	Fp	Dano	Nível de Deterioração
Rampa - 2º PAVIMENTO		3	1	4	Segregação	
Rampa - 2º PAVIMENTO	24	3	2	5	Lixiviação	Médio
Rampa - 2º PAVIMENTO		3	2	7	Desagregação	
Rampa - 2º PAVIMENTO		3	3	5	Manchas	

Fonte: Aatoria própria (2026).

## Ficha de inspeção

Quadro 24 — Exemplo da ficha de inspeção utilizada

Nome do Elemento: DEGRAU 4				
Localização:				
Danos	<i>Fp</i>	<i>Fi</i>	<i>Di</i>	Observações
Desvio de geometria	8		0	
Recalque	10		0	
Infiltração na base	6	3	24	
Segregação	4	4	40	
Lixiviação	5	1	2	
Esfoliação	8		0	
Desagregação	7	2	5,6	
Sinais de esmagamento	10		0	
Cobrimento deficiente	6	3	24	
Manchas de corrosão	7	3	28	
Fissuras	10		0	
Carbonatação	7		0	
Presença de cloretos	10		0	
Manchas	5	3	20	
Número de Danos		7		
Total GDE			57,26667	
Nível de Deterioração		Alto		
Medidas a Serem adotadas		Observação periódica minuciosa e necessidade de intervenção a curto prazo		

Fonte: Autoria própria (2026).