



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE PAU DOS FERROS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

BÁRBARA BEATRIZ MELO BARRA

**AVALIAÇÃO DE DANOS EM EDIFICAÇÕES PÚBLICAS DO MUNICÍPIO DE PAU
DOS FERROS/RN ATRAVÉS DE INSPEÇÕES VISUAIS E APLICAÇÃO DA
METODOLOGIA GDE/UNB**

PAU DOS FERROS – RN

2017

BÁRBARA BEATRIZ MELO BARRA

**AVALIAÇÃO DE DANOS EM EDIFICAÇÕES PÚBLICAS DO MUNICÍPIO DE PAU
DOS FERROS/RN ATRAVÉS DE INSPEÇÕES VISUAIS E APLICAÇÃO DA
METODOLOGIA GDE/UNB**

Monografia apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, Centro Multidisciplinar de Pau dos Ferros para a obtenção do título de Engenheira Civil.

Orientador: Prof^o. Me. Alisson Gadelha de Medeiros – UFERSA.

PAU DOS FERROS – RN

2017

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

B268a BARRA, BÁRBARA BEATRIZ MELO.
AVALIAÇÃO DE DANOS EM EDIFICAÇÕES PÚBLICAS DO
MUNICÍPIO DE PAU DOS FERROS/RN ATRAVÉS DE INSPEÇÕES
VISUAIS E APLICAÇÃO DA METODOLOGIA GDE/UNB /
BÁRBARA BEATRIZ MELO BARRA. - 2017.
74 f. : il.

Orientador: ALISSON GADELHA DE MEDEIROS.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de , 2017.

1. Manifestações patológicas. 2. durabilidade.
3. deterioração. 4. estruturas de concreto armado.
5. estado de conservação. I. GADELHA DE MEDEIROS,
ALISSON , orient. II. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

BÁRBARA BEATRIZ MELO BARRA

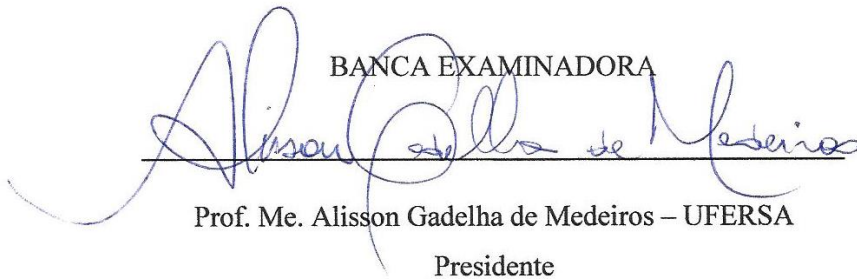
**AVALIAÇÃO DE DANOS EM EDIFICAÇÕES PÚBLICAS DO MUNICÍPIO DE PAU
DOS FERROS/RN ATRAVÉS DE INSPEÇÕES VISUAIS E APLICAÇÃO DA
METODOLOGIA GDE/UNB**

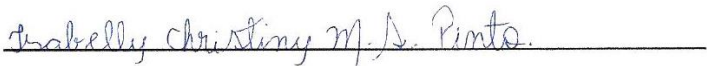
Monografia apresentada ao Centro Multidisciplinar de
Pau dos Ferros para a obtenção do título de Engenheira
Civil.

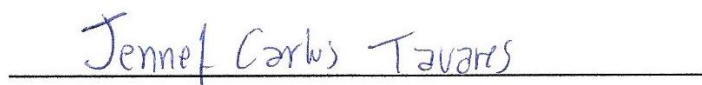
APROVADA EM:

16 / 05 / 2017

BANCA EXAMINADORA


Prof. Me. Alisson Gadelha de Medeiros – UFERSA
Presidente


Prof. Bel. Isabelly Christiny Monteiro de Sousa Pinto – UFERSA
Primeiro Membro


Prof. Bel. Jennef Carlos Tavares – UFERSA
Segundo Membro

A **Antônio Gomes de Melo** (in memorian), meu avô. Onde quer que ele esteja, sempre esteve me olhando e acreditando em mim para que eu chegasse até aqui.

A **Antônio Derimar Barra**, meu pai.

A **Francisca Geovanini Lucena Melo Barra**, minha mãe.

A **Gabriella Melo Barra**, minha irmã.

A **Tereza Melo**, minha avó.

A **Matheus Carlos**, meu namorado.

A **Alisson Gadelha**, meu orientador.

Aos meus tios.

A todos que confiaram na minha capacidade de chegar até aqui.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela força e coragem durante essa caminhada.

Aos meus pais, Derimar Barra e Geovanini Lucena, pelo amor incondicional, incentivo, confiança e apoio em todas as horas que precisei. A eles além da dedicatória desta primeira conquista dedico todo o meu amor a vocês.

A minha irmã, Gabriella Barra, que apesar de longe sempre acreditou em mim.

A minha avó, Tereza Melo, que sempre me mostrou apoio a eu chegar até aqui.

Aos meus tios, em especial, Andreia Melo e Alcione Melo, por confiarem na minha capacidade de chegar ao fim dessa caminhada.

Ao meu namorado, Matheus Oliveira, por toda paciência, compreensão, carinho, amor, incentivo, por me ajudar sempre que precisei, e por está sempre ao meu lado.

Ao meu professor e orientador, Alisson Gadelha, por transmitir seus conhecimentos, por ter confiado em mim, e pela paciência que teve comigo ao longo deste trabalho, sem a sua ajuda não teria concretizado este trabalho.

Aos meus primos, que confiaram na minha vitória.

Aos meus amigos, companheiros da sala de aula, que fizeram parte da minha formação, e acreditaram na minha capacidade de chegar até aqui.

RESUMO

Diversas edificações públicas possuem grande relevância dentro de um contexto histórico de uma determinada cidade, as quais são construídas com técnicas, muitas vezes, distintas daquelas comumente utilizadas nos dias de hoje. Diante disto, durante suas utilizações ao longo do tempo; tem-se o aparecimento de manifestações patológicas, principalmente em estruturas de concreto armado, que afetam de forma significativa a durabilidade, neste sentido pesquisas no tocante ao grau de deterioração, bem como serviços de manutenção e reparos são essenciais. Desta forma, devido à presença de manifestações patológicas em edificações públicas do município de Pau dos Ferros/RN, verificou-se a necessidade de um estudo sobre o estado de conservação de alguns prédios, em relação a sua funcionalidade, estética e durabilidade. Para tanto, nesta pesquisa, foram escolhidos prédios estes que são de grande contribuição para o município. Com isto, foram escolhidos três prédios: Escola Estadual 4 de Setembro, Açougue Municipal de Pau dos Ferros/RN e os Quiosques da Praça da Matriz, sendo edificações públicas de grande uso, que recebem um grande número de pessoas. Para este estudo foram realizadas inspeções *in loco* e aplicada a Metodologia GDE/UnB de Fonseca (2007), para quantificar o grau de deterioração das estruturas. Pela metodologia estudada foi possível verificar o alto nível de deterioração das estruturas, sendo o Açougue Municipal de Pau dos Ferros/RN a mais deteriorada, chegando ao nível crítico de deterioração, levando a uma intervenção em curto prazo, para a solução das manifestações patológicas presente. Diante dos danos verificados nas edificações estudadas, verificou-se que as principais manifestações presentes nas edificações foram: fissuras, eflorescências e manchas de umidade.

Palavras-chave: Manifestações patológicas, durabilidade, deterioração, estruturas de concreto armado, estado de conservação.

ABSTRACT

Several public buildings have great relevance within a historical context of a given city, which are constructed with techniques, often different from those commonly used today. In view of this, during its uses over time; There has been the appearance of pathological manifestations, especially in reinforced concrete structures, which significantly affect durability, in this sense research on the degree of deterioration, as well as maintenance and repair services are essential. Thus, due to the presence of pathological manifestations in public buildings in the city of Pau dos Ferros / RN, a study was made of the state of conservation of some buildings in relation to their functionality, aesthetics and durability. For this, in this research, were chosen buildings that are of great contribution to the municipality. With this, were chosen three buildings: State School September 4, Municipal Butchery of Pau dos Ferros/RN, And the Kiosks of Matriz Square, being public buildings of great use, that supports a great number of people. For this study, on-site inspections were carried out and applied to the GDE / UnB Methodology of Fonseca (2007), to quantify the degree of deterioration of the structures. Due to the methodology studied, it was possible to verify the high level of deterioration of the structures, with the most deteriorated Pau dos Ferros / RN, reaching the critical level of deterioration, leading to a short term intervention for the solution of the present pathological manifestations . Faced with the damages observed in the buildings studied, it was verified that the main manifestations present in the buildings were: fissures, efflorescences and humidity spots.

Keywords: Pathological manifestations, durability, deterioration, reinforced concrete structures, state of conservation.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Fator de Ponderação para Pilar.....	27
Tabela 2 - Fator de Ponderação para Viga	27
Tabela 3 - Classificação dos danos e fatores de intensidade (Fi)	28
Tabela 4 - Classificação dos Danos e Fatores de Intensidade (Fi)	38
Tabela 5 - Fator de Ponderação para uma viga	40
Tabela 6 - Fator de Ponderação para um pilar	40
Tabela 7 - Classificação dos níveis de deterioração do elemento	42
Tabela 8 - Classificação dos níveis de deterioração da estrutura	42
Tabela 9 - Grau de Dano (D) e Grau de Deterioração (Gde) para uma laje	44
Tabela 10 - Grau de Dano (D) e Grau de Deterioração (Gde) para uma Viga	45
Tabela 11 - Grau de Dano (D) Grau de Deterioração (Gde) de um Pilar	46
Tabela 12 - Grau de Dano (D) e Grau de Deterioração (Gde) de um Pilar	50
Tabela 13 - Grau de Dano (D) e Grau de Deterioração (Gde) de uma laje	51
Tabela 14 - Grau de Dano (D) e Grau de Deterioração (Gde) de uma laje	52
Tabela 15 - Grau de Dano (D) e Grau de Deterioração (Gde) de um Bloco de Fundação.....	54
Tabela 16 - Grau de Dano (D) e Grau de Deterioração (Gde) de uma laje	55
Tabela 17 - Grau de Dano (D) e Grau de Deterioração (Gde) de um pilar	56
Tabela 18 - Grau de Dano (D) e Grau de Deterioração (Gde) de uma Viga	57
Tabela 19 - Grau de Dano (D) e Grau de Deterioração (Gde) de uma Viga	68
Tabela 20 - Grau de Dano (D) e Grau de Deterioração (Gde) de uma Viga	68
Tabela 21 - Grau de Dano (D) e Grau de Deterioração (Gde) de um Pilar	69
Tabela 22 - Grau de Dano (D) e Grau de Deterioração (Gde) de um Pilar	69
Tabela 23 - Grau de Dano (D) e Grau de Deterioração (Gde) de uma Laje.....	70
Tabela 24 - Grau de Dano (D) e Grau de Deterioração (Gde) de uma Laje.....	71
Tabela 25 - Grau de Dano (D) e Grau de Deterioração (Gde) de uma Laje.....	71
Tabela 26 - Grau de Dano (D) e Grau de Deterioração (Gde) de Blocos de Fundação	72
Tabela 27 - Grau de Dano (D) e Grau de Deterioração (Gde) de Pilares.....	72
Tabela 28 - Grau de Dano (D) e Grau de Deterioração (Gde) de Pilares.....	73

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Vida útil baseada no fenômeno da corrosão das armaduras em estruturas de concreto (HELENE,2001)	17
Figura 2 - Fissura Vertical em Pilar.....	19
Figura 3 - Fissuras devido a retração plástica.....	20
Figura 4 - Fissuras causadas devido ao recalque	20
Figura 5 - Técnica para tratamento de fissuras.....	21
Figura 6 - Tipos de corrosão.....	22
Figura 7 - Eflorescência em uma escola em construção.....	23
Figura 8 - Reação de Fenoftaleína em uma viga.	24
Figura 9 - Fluxograma da metodologia GDE/UNB proposta em 1994.....	26
Figura 10 - Fluxograma das etapas para análise dos resultados da metodologia utilizada.....	36
Figura 11 - Manifestações patológicas na alvenaria do banheiro.....	47
Figura 12 - Patologias na alvenaria do reservatório superior	47
Figura 13 - Fissura no encontro das alvenarias	48
Figura 14 – Desgaste da Cobertura	48
Figura 15 - Desgaste da cobertura de aço	53
Figura 16 - Desgaste nos blocos de sustentação e no pilar de aço	53
Figura 17 - Fissuras no Piso da edificação	58
Figura 18- Grau de Deterioração da Família de Elementos da Escola Estadual 4 de Setembro.....	58
Figura 19- Grau de Deterioração da Família de Elementos do Açougue Municipal de Pau dos Ferros/RN.....	59
Figura 20- Grau de Deterioração da Família de Elementos dos Quiosques da Praça da Matriz.....	60
Figura 21 – Grau de Deterioração das Estruturas (Gd).....	61

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

D – Danos.

Gde – Grau de Deterioração do Elemento.

Gdf – Grau de Deterioração da Família.

Gd – Grau de Deterioração da Estrutura.

Fp - Fator de ponderação.

Fi – Fator de Intensidade.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
1.1 Objetivos.....	15
1.1.1 Objetivo Geral	15
1.1.2 Objetivos Específicos	15
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	16
2.1 Durabilidade das edificações em estruturas de Concreto Armado.....	16
2.2 Manifestações patológicas em edificações	18
2.2.1 Fissuras.....	18
2.2.2 Corrosão das Armaduras	21
2.2.3 Eflorescência.....	22
2.2.4 Carbonatação	23
2.3 Metodologias de Inspeção	25
2.3.1 Metodologia GDE/UnB.....	25
2.3.1.1 Metodologia proposta por Castro (1994).....	25
2.3.1.2 Metodologia reformulada por Lopes (1998).....	31
2.3.1.3 Metodologia Reformulada por Boldo (2002)	32
2.3.1.4 Metodologia Reformulada por Fonseca (2007).....	33
3. METODOLOGIA.....	35
3.1 Fator de Ponderação do Dano (F_p).....	37
3.2 Fator de Intensidade do Dano (F_i)	37
3.3 Fator de Ponderação (F_p) e Grau de Dano (D)	39
3.4 Grau de deterioração da estrutura	40
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	43
4.1 Avaliação das Estruturas da Escola Estadual 4 de setembro	43
4.2 Avaliação das Estruturas do Açougue Municipal de Pau dos Ferros/RN.....	49

4.3 Avaliação das Estruturas dos Quiosques da Praça da Matriz	54
4.4 Análise do Grau de Deterioração das Famílias das edificações estudadas	58
4.5 Ações para reparo das manifestações patológicas	61
5. CONCLUSÕES.....	63
6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	64
REFERÊNCIAS.....	65
APÊNDICES	68

1. INTRODUÇÃO

Em virtude da necessidade de construções cada vez mais aceleradas, vem surgindo uma série de problemas das diversas etapas de construção, desde a escavação das fundações, ao detalhamento estrutural, até durante a sua execução. Isso deve-se pela falta do seguimentos das normas que regulamentam as edificações e da falta de profissional qualificado para o seu acompanhamento.

Para tanto, as consequências da utilização de fatores que prejudiquem as edificações, são a perda da durabilidade da estrutura e a redução da sua vida útil, ocasionando o aparecimento de manifestações patológicas.

A origem de uma manifestação patológica está relacionada com a etapa da vida da estrutura em que foi criada a predisposição para que agentes desencadeassem seu processo de formação. Alguns desses agentes podem ser: más concepções de projeto, técnica construtiva inadequada, erosão e desgaste, má qualidade dos materiais ou uso inadequado, causas fortuitas (incêndios, inundações, acidentes etc.), uso inadequado da estrutura, manutenção imprópria, agressividade do meio, incluindo-se origens desconhecidas (ACWEB, 2013).

As estruturas de concreto armado se deterioram com o passar do tempo, e podem reduzir sua vida útil quando não forem bem dimensionadas e projetadas, onde de acordo com Queiroz (2014) “o concreto armado, sendo um material não inerte, está sujeito a alterações ao longo do tempo, em função de interações entre seus elementos constitutivos (cimento, areia, brita, água e aço), bem como materiais que lhe são adicionados (aditivos), e com agentes externos, como, por exemplo, ácidos, bases, sais, gases, vapores, microorganismos, ambos fatores podem condicionados a locais de elevada ambiental”. Muitas vezes, dessas interações resultam anomalias que podem comprometer o desempenho e a durabilidade da estrutura, provocar efeitos estéticos indesejáveis, ou causar desconforto psicológico nos usuários.

Os edifícios convencionais e aqueles de valor arquitetônico ou histórico - costumam apresentar alguma manifestação patológica. Para tanto, considera-se manifestações patológicas, diferentemente de envelhecimento natural, qualquer fenômeno que, ocorre fora de um período previsível que, consequentemente, afeta o desempenho das edificações, seja ele físico, econômico ou estético (AZEVEDO & GUERRA, 2009).

Além disso, as manifestações patológicas se dão de maneira lenta, onde muitas vezes os sinais só aparecem quando a estrutura já está em seu estado crítico, que necessitará de grandes reparos, gerando custos altos para o responsável da aquisição da estrutura.

Nos prédios Públicos há uma grande incidência de manifestações patológicas, devido a falta de acompanhamento durante a compra e a utilização dos materiais, além da falta de profissionais que estejam todos os dias ocupando a edificação para acompanhar a sua execução, favorecendo ao aparecimento de manifestações patológicas, como fissuras, nichos de concreto, corrosão das armaduras, eflorescência, deslocamento, manchas de umidade, entre outras, tornando evidente o descuido com a edificação, deixando-a com aspecto “agressivo” e suas manutenções seja ela de caráter preventivo ou corretivo, levando aos usuários sentir-se inseguros para sua utilização.

As manifestações patológicas de edificações públicas, muitas vezes, tem sido negligenciadas pelos órgãos responsáveis, devido à falta de manutenções de caráter preventivo e paliativo, ou até mesmo, por execuções reparos superficiais, sem resolver as verdadeiras causas, fato que pode culminar na necessidade de grandes reformas e um alto investimento

Desta forma, no cenário atual, inúmeros estudos em diversas edificações tem sido importantes para o aprimoramento dos conhecimentos relacionados às manifestações patológicas, no sentido de buscar e compreender sua origem, quantificação e reabilitação, com objetivo de preservar a vida útil das estruturas constituintes. Tais estudos, compreendem análise das edificações com a utilização de ensaios tecnológicos, inspeções visuais e metodologias para quantificação de danos, como a metodologia GDE/UNB de Fonseca (2007).

Diante desta problemática, na abrangência dos estudos referentes a durabilidade das edificações, “Qual a importância de pesquisas relacionadas às manifestações patológicas presentes em prédios públicos? Quais as principais manifestações patológicas encontradas e suas possíveis causas e soluções?”.

Assim, nesta pesquisa se faz presente o estudo da durabilidade nas estruturas de alguns prédios públicos do município de Pau dos Ferros/RN, através da quantificação do grau de deterioração da estrutura atual, por meio de um levantamento de informações quanto aos possíveis danos presentes através de inspeções visuais, o qual subsidia a aplicação da metodologia GDE/UnB, que é uma das ferramentas de estudo, sendo de grande importância para esses edifícios públicos, sendo base para realização da restauração dos prédios em estudo, onde são prédios históricos de grande relevância para a população.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar as manifestações patológicas presentes em alguns prédios públicos do município de Pau dos Ferros/RN.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Realizar vistorias nas edificações escolhidas;
- Identificar as manifestações patológicas, sua natureza e origem;
- Quantificar e determinar o grau de deterioração das edificações através da aplicação de metodologia GDE/UnB reformulada por Fonseca (2007);
- Determinar as ações a serem tomadas para as patologias identificadas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Durabilidade das edificações em estruturas de Concreto Armado

O concreto armado tem sido utilizado como principal material de construção, superando o aço e, principalmente, o bloco cerâmico (ou tijolo) e a madeira. Um dos fatores que levaram a essa preferência do setor construtivo foi a maior durabilidade dos componentes, uma vez que o aço estaria protegido do ambiente externo e, conseqüentemente, de uma agressividade mais intensa (RIBEIRO, 2014).

De acordo com NBR ABNT 6118:2014 a Durabilidade consiste na capacidade de a estrutura resistir às influências ambientais previstas e definidas em conjunto pelo autor do projeto estrutural e o contratante, no início dos trabalhos de elaboração do projeto. As estruturas de concreto devem ser projetadas e construídas de modo que sob as condições ambientais previstas na época do projeto e quando utilizadas conforme preconizado em projeto conservem sua segurança, estabilidade e aptidão em serviço durante o período correspondente à sua vida útil.

A durabilidade de um material é a capacidade do mesmo manter as suas características estruturais e funcionais originais pelo tempo de vida útil esperado, nas condições de exposição para as quais foi projetada. É fundamental que as estruturas desempenhem as funções previstas, mantenham a resistência e a utilidade esperadas, durante um período previsto. Portanto, o material pode suportar o processo de deterioração ao qual se supõe que venha a ser submetido (IANTAS, 2010).

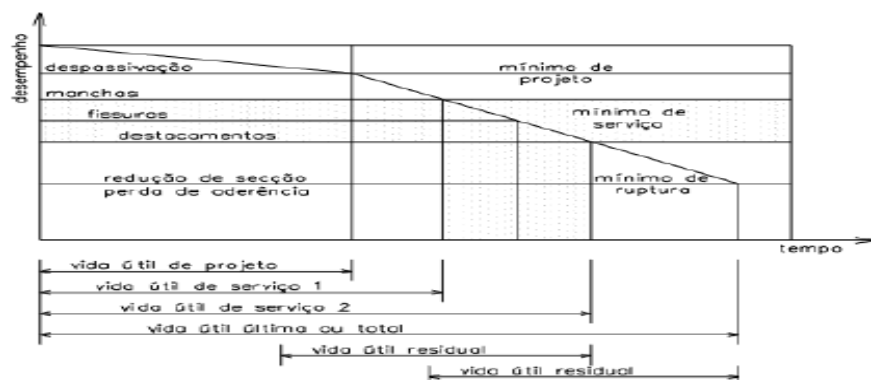
Deve-se entender que a concepção de uma construção durável implica a adoção de um conjunto de decisões e procedimentos que garantam à estrutura e aos materiais que a compõem um desempenho satisfatório ao longo de sua vida útil (SOUZA & RIPPER, 2009). Segundo a NBR 6118:2014 entende-se por vida útil de projeto, o período de tempo durante o qual se mantêm as características das estruturas de concreto, desde que atendidos os requisitos de uso e manutenção prescritos pelo projetista e pelo construtor, bem como de execução dos reparos necessários decorrentes de danos acidentais.

Segundo Helene (2001), a vida útil desejada para a estrutura pode ser alcançada através de uma combinação adequada de um concreto de melhor qualidade com a redução do cobrimento da armadura mantendo a mesma vida útil de projeto e vice-versa, admitindo que o adensamento e a cura serão e deverão ser bem executados em quaisquer circunstâncias.

Assim, HELENE (2001) propôs os tipos de vida útil de uma estrutura, exemplificadas na Figura 1:

- Vida útil de Projeto (a): Nesta etapa, também conhecida como “período de iniciação”, os agentes agressivos, tais como cloretos, CO_2 e sulfatos, ainda estão penetrando através da rede de poros de cobrimento, sem causar danos efetivos à estrutura. A vida útil de projeto para estruturas de concreto convencionais é de 50 anos, podendo-se estender para 100 (pontes) ou 200 anos (barragens).
- Vida útil de Serviço ou Utilização (b): Os efeitos dos agentes agressivos começam a se manifestar, como fissuração do concreto por ataque químico ou manchas consequentes da corrosão das armaduras. Esta vida útil é difícil de determinar, pois varia em função de cada caso. Ao passo que algumas estruturas não admitem determinadas manifestações, como manchas e eflorescências, outras só serão levadas em consideração quando chegam a níveis que possam comprometer a funcionalidade ou segurança das estruturas.
- Vida útil Total (c): Corresponde à ruptura e ao colapso parcial ou total da estrutura. Neste momento a estrutura está condenada ou os custos de reparo são demasiadamente elevados.
- Vida útil Residual (d): Envolve parte das vidas úteis de serviço e total, correspondendo ao período de tempo no qual a estrutura será capaz de desenvolver as suas funções, contando após uma vistoria e/ou intervenção.

Figura 1 - Vida útil baseada no fenômeno da corrosão das armaduras em estruturas de concreto (HELENE, 2001).



Fonte: HELENE (2001).

2.2 Manifestações patológicas em edificações

Segundo Iantas (2010), as patologias são modificações estruturais e ou funcionais causadas por doença no organismo, ou seja, tudo que promove a degradação do material ou de suas propriedades físicas e ou estruturais o qual esteja sendo solicitado. As edificações também podem apresentar patologias, comparáveis as doenças: trincas, rachaduras, fissuras, manchas, descolamentos, deformações, rupturas, corrosões, oxidações, entre outros, assim chamada de Patologia da Construção. Também pode ser entendida como o baixo ou o fim do desempenho da estrutura, em relação à estabilidade, estética, funcionalidade e, principalmente, durabilidade da mesma com relação às condições que está submetida.

A construção civil é uma indústria tradicional e atrasada, apresentando grande inércia a alterações, métodos de gestão ultrapassados e resistência a inovações tecnológicas. Há uma tolerância com problemas crônicos, como por exemplo, a baixa qualidade no processo e a baixa qualidade do produto final, as edificações, que apresentam inúmeras não-conformidades e patologias. Os fatores podem ser vários, sendo o principal o desleixo quanto à necessidade de manutenção e a presunção de que uma estrutura de concreto duraria ilimitadamente, dispensando manutenções. As causas mais comuns de patologias em obras de edificações são por consequência de: falhas na concepção do projeto; má qualidade dos materiais; erros na execução; utilização para fins diferentes dos calculados em projeto; falta de manutenção no decorrer do tempo (GONÇALVES, 2015).

2.2.1 Fissuras

As fissuras são fendas que afetam a superfície do elemento estrutural tornando-se um caminho rápido para a entrada de agentes passivos para a armadura (SILVA, 2011).

Segundo (CORSINI, 2010), as fissuras são um tipo de patologia comum nas edificações e podem interferir na estética, na durabilidade e nas características estruturais da construção, que podem surgir na fase de projetos (arquitetônico, estrutural, de fundação, de instalação), de execução da alvenaria, dos vários sistemas de acabamentos, e inclusive na fase de utilização, por mau uso da edificação, mostrado na Figura 2.

Figura 2 - Fissura Vertical em Pilar.



Fonte: Autora, (2017).

As fissuras são um tipo comum de patologia nas edificações e podem interferir na estética, na durabilidade e nas características estruturais da obra. Tanto em alvenarias quanto nas estruturas de concreto, a fissura é originada por conta da atuação de tensões nos materiais. Quando a solicitação é maior do que a capacidade de resistência do material, a fissura tem a tendência de aliviar suas tensões. Quanto maior for a restrição imposta ao movimento dos materiais, e quanto mais frágil ele for, maiores serão a magnitude e a intensidade da fissuração (CORSINI, 2010).

As fissuras podem ser classificadas como: ativas – variação de abertura em função de movimentações higrotérmicas, ou outras, e passivas – a abertura é constante, podendo ocorrer devido a causas internas e externas, como cura deficiente do concreto, ataques químicos, excesso de carga, retração, ação do fogo nas estruturas, recalques diferenciais, expansão do concreto devido à reatividade dos componentes, e outras, mostrada nas Figuras 3 e 4.

Figura 3 - Fissuras devido a retração plástica.



Fonte: Autora, (2017).

Figura 4 - Fissuras causadas devido ao recalque.



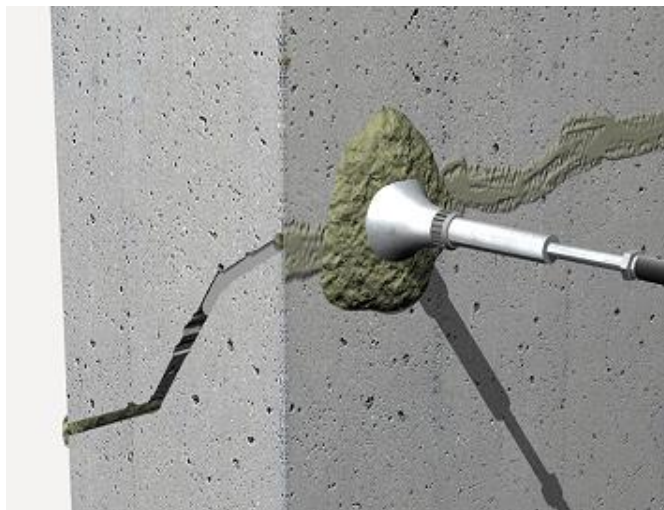
Fonte: Autora, (2017).

Segundo Souza & Ripper (1998), as fissuras das estruturas podem ser tratadas mediante a causa da fissuração ou pelo tipo de fissuração (passiva ou ativa), no que diz respeito à atividade (variação da espessura) ou não da mesma, e da necessidade ou não de se executar reforços estruturais (casos em que a fissura resultam de menor capacidade resistente da peça).

Para fissuras Ativas, deve-se promover a vedação cobrindo os bordos externos da mesma e, eventualmente, preenchendo-a com material elástico e não resistente, devendo haver uma obstrução macia, que admita e conviva com a patologia instaurada, impedindo, no entanto, a degradação do concreto. Nos casos de fissuras Passivas, deve-se estabelecer um

dispositivo protetor, para que a peça estrutural volte a funcionar como um todo, monoliticamente, ou seja, há que se fechar a fissura, que é conseguido pela injeção de um material aderente e resistente, normalmente a resina epoxídica, como mostra na Figura 5.

Figura 5 - Técnica para tratamento de fissuras.



Fonte: Software para Engenharia de Construção

2.2.2 Corrosão das Armaduras

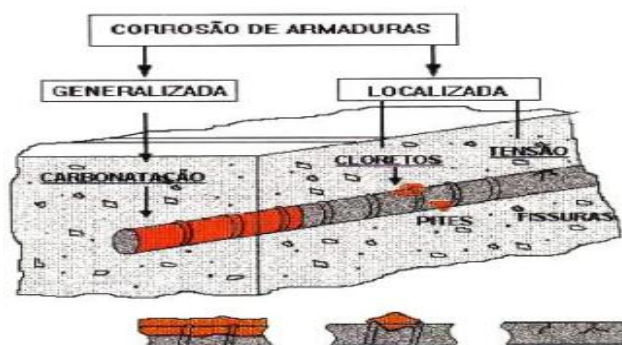
Pode-se definir a corrosão das armaduras nas estruturas de concreto armado, como sendo um processo de deterioração da fase metálica existente, que conseqüentemente provoca a perda de seção das barras de aço e concomitante a esta perda de seção formam-se produtos de corrosão de caráter expansivo, geralmente no entorno das armaduras, que vão se acumulando e gerando tensões internas não previstas em projeto as quais acabam fissurando o concreto e sequencialmente lascando-o e destacando-o, deixando, assim, a armadura totalmente exposta aos seus agentes agressores, o que acelera ainda mais o processo corrosivo (CASCUDO, 2005).

Segundo Helene (2014), para as armaduras em concreto, os efeitos degenerativos manifestam-se na forma de manchas superficiais causadas pelos produtos de corrosão, seguidas por fissuras, destacamento do concreto de cobertura, redução da secção resistente das armaduras com frequente seccionamento de estribos, redução e eventual perda de aderência das armaduras principais, ou seja, deteriorações que levam a um comprometimento da segurança estrutural ao longo do tempo, onde tem-se os tipos de corrosão das armaduras na Figura 6.

De acordo com Ribeiro (2014) as armaduras podem sofrer as seguintes formas de corrosão eletroquímica:

- Corrosão uniforme: corrosão em toda a extensão da armadura quando esta fica exposta ao meio corrosivo.
- Corrosão Puntiforme ou por pite: os desgastes são localizados sob a forma de pequenas cavidades, também chamadas alvéolos;
- Corrosão intragranular: é processada entre os grãos dos cristais do metal e quando os vergalhões sofrem, principalmente, tensões de tração, podem fissurar ou fraturar perdendo sua estabilidade;
- Corrosão transgranular: que se realiza intragrãos da rede cristalina, podendo levar à fratura da estrutura, quando houver esforços mecânicos;
- Fragilização pelo hidrogênio: corrosão originada pela ação do hidrogênio atômico na sua difusão pelos vergalhões da armadura, propiciando a sua fragilização e, em consequência, a fratura, sendo, no entanto, bastante rara.

Figura 6 - Tipos de corrosão.



Fonte: ANDRADE (1992).

2.2.3 Eflorescência

Eflorescência significa a formação de depósito salino na superfície de alvenarias, como resultado da exposição a intempéries, podendo ocorrer em qualquer elemento da edificação (BORGES, 2008).

Quimicamente a eflorescência é constituída principalmente de sais de metais alcalinos (sódio e potássio) e alcalino-ferrosos (cálcio e magnésio, solúveis ou parcialmente solúveis

em água). Pela ação da água de chuva ou do solo estes sais são dissolvidos e migram para a superfície e a evaporação da água resulta na formação de depósitos salinos (GRANATO, 2005). A Figura 7 mostra eflorescências em uma escola ainda em construção.

Segundo Sobrinho (2008), a eflorescência é causada por uma combinação de fatores:

- Água presente para dissolver e transportar os sais solúveis até a superfície de componentes de alvenaria;
- Quantidade de sais solúveis que eventualmente estão presentes nos componentes de alvenarias e/ou argamassa de assentamento ou nos revestimentos de argamassa;
- Atuação de pressão hidrostática ou a evaporação que submete a solução se aflorar na superfície da parede.

Figura 7 - Eflorescência em uma escola em construção.



Fonte: Autora, (2017).

2.2.4 Carbonatação

A carbonatação acontece naturalmente em estruturas de concreto expostas à ação do dióxido de Carbono, este difunde na superfície do concreto e, em presença da umidade dos poros, forma a frente de carbonatação. A carbonatação está diretamente relacionada à presença do dióxido de carbono, por meio dos poros, para o interior do concreto, o qual na presença da umidade transforma-se em ácido carbônico (HCO_3^-), que é reativo (SILVA, 2007).

Segundo Neves (2005), os principais fatores que influenciam a velocidade de carbonatação são: a relação água/cimento, cura, condições de umidade, concentração de gás carbônico (CO_2), consumo de cimento, teor e tipo de adições.

Para Neves (2005), em seu estudo sobre Avaliação da carbonatação em argamassas de cimento com adições de cinza de casca de arroz amorfa e cristalina, verificou-se que a fenolftaleína é um indicador, cuja faixa de viragem é 8,3 a 10,0, ou seja, para valores de pH superiores a essa faixa o concreto não carbonatado permanece vermelho carmim, enquanto o concreto carbonatado apresenta-se sem alteração de cor, onde foi notado que o uso da fenolftaleína, devido ao seu campo de viragem, é só uma aproximação da determinação da frente de carbonatação, e que a variação de massa do corpo-de-prova pode ser um indicativo do avanço da carbonatação porque ocorrem acréscimos de massa durante o processo de carbonatação devido à incorporação do CO_2 para formação de CaCO_3 dentro do corpo-de-prova e a baixa velocidade de liberação da água, na qual, quando há estabilização ou redução lenta de massa, deduz-se que o processo estabilizou ou está muito lento, como mostra na Figura 8.

Figura 8 - Reação de Fenolftaleína em uma viga.



Fonte: Moreira (2007).

2.3 Metodologias de Inspeção

2.3.1 Metodologia GDE/UnB

A metodologia GDE/UnB, desenvolvida por Castro (1994), consiste na quantificação do Grau de Deterioração de Estruturas de concreto. Após a sua criação, ela tem sido uma ferramenta bastante utilizada em diversas pesquisas de caráter técnico e científico no âmbito do estudo da durabilidade no Brasil. Esta quantificação é desenvolvida por meio dos diferentes Graus de Deterioração das famílias de elementos afetados por Fatores de Relevância Estrutural (*Fr*), que varia de 1 a 5, condicionado ao tipo de família a qual será aplicado, considerando a preponderância das famílias que compõem a estrutura avaliada (MEDEIROS, 2015).

2.3.1.1 Metodologia proposta por Castro (1994)

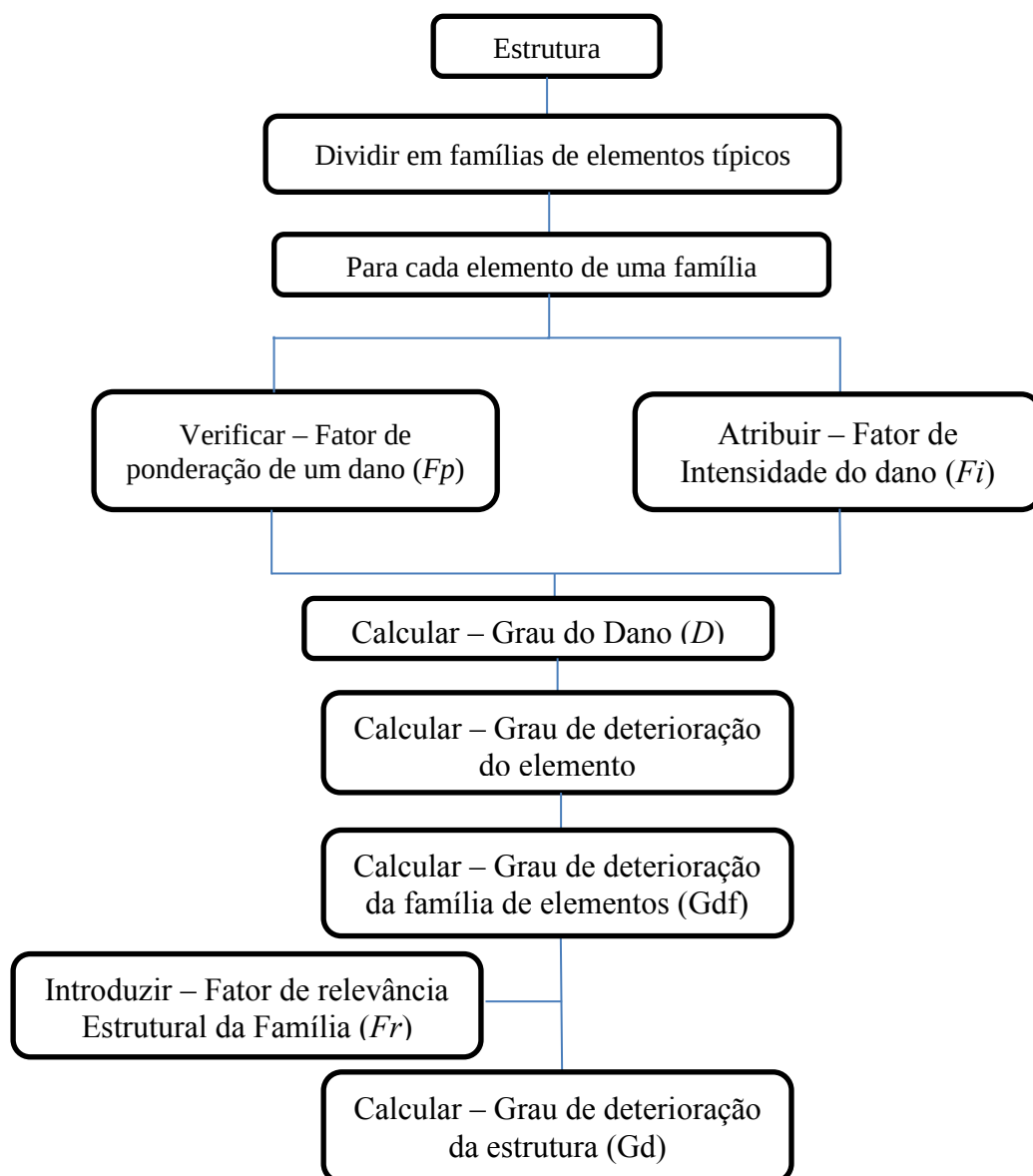
Para Castro (1994), na metodologia proposta a estrutura da edificação em questão é dividida em "famílias" de elementos estruturais típicos:

- Para cada elemento de uma família é elaborada uma matriz onde são listadas as possíveis manifestações de danos, específicas daquela família, com o respectivo "fator de ponderação do dano". Este fator, previamente estabelecido na matriz, visa quantificar a importância relativa de um determinado dano no que se refere às condições gerais de estética, funcionalidade e segurança do elemento.
- Na matriz de um elemento, deve ser atribuída, pelos profissionais responsáveis e segundo critérios pré-estabelecidos constantes do Caderno de Inspeção, uma pontuação que classifica o nível de gravidade de uma determinada manifestação de dano naquele elemento, denominada "fator de intensidade do dano", segundo o qual pode-se inferir a evolução da deterioração estrutural.
- Após o levantamento dos dados em campo, determina-se, para cada elemento de uma família, um "grau de deterioração" individual e o consequente "grau de deterioração da família de elementos". Obtidos os graus de deterioração das diversas famílias de elementos que compõem a estrutura e entrando com um "fator de relevância estrutural da família", previamente estabelecido segundo a importância relativa na

funcionalidade e segurança estrutural, determinasse finalmente, através de uma formulação matemática descrita a seguir, o "grau de deterioração da estrutura".

- Baseado no exposto, após determinar os graus de deterioração de uma estrutura e de seus elementos individuais, e observados valores limites pré-fixados, pode-se definir a necessidade, momento e tipo de intervenção na estrutura, de forma a interromper ou minimizar a evolução dos danos mais significativos, evitando custos mais elevados de reparo, considerando-se, de forma global, os aspectos de segurança, funcionalidade e estética da edificação.

Figura 9 – Fluxograma da metodologia GDE/UNB proposta em 1994.



Fonte: Adaptado de Castro (1994).

Na metodologia proposta por Castro (1994):

As edificações que são os objetos de inspeção, são subdivididas, segundo as características estruturais de seus elementos componentes, em grupos que formam as denominadas famílias de elementos. No caso de edificações usuais com estrutura de concreto armado, em geral, podem ser definidas as seguintes famílias: pilares; vigas; lajes; cortinas; escadas e rampas; reservatório superior e inferior; blocos; juntas de dilatação e os elementos de composição arquitetônica.

O fator de ponderação do dano (F_p) visa quantificar a importância relativa de um determinado dano, no que se refere às condições gerais de estética, funcionalidade e segurança dos elementos de uma família. Para sua definição são estabelecidos os problemas mais relevantes, passíveis de serem detectados, quanto aos aspectos de durabilidade e segurança estrutural. Uma determinada manifestação patológica pode ter fatores de ponderação diferentes de acordo com as características da família onde o elemento se insere, dependendo das consequências que o dano possa acarretar, como mostra as Tabelas 1 e 2, para Pilares e Vigas, respectivamente.

Tabela 1 - Fator de Ponderação para Pilar.

DANOS	F_p
Desvio de Geometria	8
Recalque	10
Infiltração na base	6
Segregação	6
Lixiviação	5
Esfoliação	8
Desagregação	7
Sinais de Esmagamento	10
Cobrimento deficiente	6
Manchas de Corrosão	7
Fissuras	10
Carbonatação	7
Presença de cloretos	10
Manchas	5

Fonte: CASTRO (1994)

Tabela 2 - Fator de Ponderação para Viga.

DANOS	F_p
Segregação	4
Lixiviação	5
Esfoliação	8
Desagregação	7
Cobrimento deficiente	6
Manchas de Corrosão	7

DANOS	F_p
Fissuras	10
Carbonatação	7
Infiltração	6
Presença de Cloretos	10
Manchas	5

Fonte: CASTRO (1994).

O fator de intensidade do dano (F_i) classifica o nível de gravidade e a evolução de uma manifestação de dano em um determinado elemento, segundo uma escala de 0 a 4, como mostra a Tabela 3:

Sem Lesões	$F_i = 0$
Lesões Leves	$F_i = 1$
Lesões Toleráveis	$F_i = 2$
Lesões Graves	$F_i = 3$
Estado Crítico	$F_i = 4$

Tabela 3 - Classificação dos danos e fatores de intensidade (F_i).

Tipos de Danos	Fator de intensidade do dano – Tipos de manifestações
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.

Tipos de Danos	Fator de intensidade do dano – Tipos de manifestações
Manchas Corrosão/ Corrosão 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.
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	4— desintegração do concreto na extremidade superior do pilar, causada por sobrecarga ou movimentação da superestrutura; fissuras diagonais isoladas; 5— 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. 2 - lajes com início de fissuras adjacentes às juntas;
Fissuras vizinhas as juntas de dilatação	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).

Em um elemento estrutural de concreto armado os danos se apresentam e evoluem de forma diferente, dependendo de várias influências: concepção estrutural, projeto, execução, utilização, e exposição ao meio ambiente. Assim, é introduzido na metodologia o "grau do dano" no elemento (D), tem por objetivo quantificar a manifestação de cada dano no Elemento.

O grau do dano depende do fator de ponderação, (F_p) específico de cada dano e pré-fixado de acordo com as características do elemento, e da intensidade com que o dano se manifesta em uma determinada peça, traduzido pelo fator de intensidade (F_i). Assim, o grau do dano, é dado pelas Equações 1 e 2:

- Para $F_p = 10$

$$D = 4 F_i \quad \text{para } F_i \leq 2 \quad (1)$$

$$D = (60 F_i - 140) \quad \text{para } F_i \geq 3 \quad (2)$$

O grau de deterioração de um elemento estrutural isolado (G_{de}) é determinado em função das manifestações dos danos detectados no elemento pela inspeção, a partir do fator de intensidade atribuído a cada dano (F_i), dado pelas Equações 3 e 4:

$$G_{de} = D_{m \times} + \frac{\sum_{i=1}^{m-1} D_{(i)}}{m-1} \quad \text{para } m > 2 \quad (3)$$

$$G_{de} = D_{m \times} \quad \text{para } m \leq 2 \quad (4)$$

O grau de deterioração de uma família (G_{df}) é definido como a média aritmética dos graus de deterioração daqueles elementos que apresentem danos expressivos. Ou seja, o cálculo do grau de deterioração da família deve evidenciar os elementos mais danificados e

não ser mascarado por aqueles elementos com deterioração de menor grau, dado pela Equação 5.

$$G_{df} = \frac{\sum_{i=1}^n G_{de}(i)}{n} \quad (5)$$

O fator de relevância estrutural da família de elementos (Fr) tem por objetivo considerar a importância relativa das diversas famílias de elementos, dentro do conjunto em que a obra é subdividida, no comportamento da estrutura e bom desempenho da mesma:

- Elementos de composição arquitetônica: $Fr = 1,0$
- Reservatório superior: $Fr = 2,0$
- Escadas/Rampas, Reservatório inferior, Cortinas, Lajes secundárias: $Fr = 3,0$
- Lajes, Fundações, Vigas secundárias, Pilares secundários: $Fr = 4,0$
- Vigas e Pilares principais $Fr = 5,0$

O grau de deterioração da estrutura como um todo (Gd) é definido como uma função dos diferentes graus de deterioração das diversas famílias de elementos da edificação, afetados pelos respectivos fatores de relevância estrutural, dado pela Equação 6:

$$G_d = \frac{\sum_{i=1}^k Fr(i) \cdot G_{df}(i)}{\sum_{i=1}^k Fr(i)} \quad (6)$$

2.3.1.2 Metodologia reformulada por Lopes (1998)

Lopes (1998), propôs a reformulação da metodologia de Castro (1994), que foi inicialmente aplicada por em dois prédios, um deles o prédio do Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília, uma edificação escolar pública, e outro um prédio residencial de propriedade da Universidade de Brasília, localizado na SQN 107, bloco H, ambos em Brasília DF. Assim, verificou-se a necessidade de algumas pequenas alterações na metodologia, visando uma maior abrangência e facilidade de sua aplicação. Inicialmente, observou-se a necessidade de se alterar a nomenclatura das famílias, o acréscimo de alguns outros danos e a realização de alguns ensaios.

Originalmente consta da metodologia que a estrutura deve ser subdividida em famílias de elementos, e dentre elas uma é denominada “juntas”. No entanto, há dificuldade durante a inspeção para se identificar tais elementos. Por estar uma junta entre elementos como pilares, vigas, lajes, etc., ao se atribuir danos a ela poderá incorrer no erro de não assinalá-los em

todos os elementos que a conformam, e que são afetados por seus danos. Os danos mais comuns que ocorrem às juntas devem-se a mau dimensionamento, falha de execução, falta ou deterioração do tratamento para impermeabilização, etc. Sendo assim, definiu-se pela retirada desta família de elementos, mantendo-se as demais: pilar; viga; laje; escada ou rampa; reservatório; bloco e elemento arquitetônico, optando-se pela inclusão dano “junta danificada” na relação de danos por elemento.

Alterou-se a relação de danos com a unificação daqueles referentes à junta, englobando-os sob a denominação de “junta danificada”. Procedeu-se da mesma forma com os danos referentes a recalques e a deslocamentos da estrutura, unificando-os sob a denominação de “recalque/deslocamento”. O dano referente a corrosão estava denominado apenas de “mancha de corrosão”, tendo sido alterado para “corrosão” abrangendo todos seus estágios, desde o surgimento de manchas de corrosão, que são os primeiros indícios, até a perda total da seção da armadura. Por outro lado, acrescentaram-se os danos referentes a deformação lenta ou fluência, sobrecarga, agressão ambiental e junção de elementos.

Em virtude da alteração, por unificação ou inserção de outros danos na metodologia, houve necessidade de revisão dos fatores de ponderação dos danos para as diversas famílias de elementos estruturais. Foram preservadas as definições anteriormente adotadas para os danos mantidos, e aos novos danos inseridos buscou-se ajustar valores com a finalidade de se obter uma harmonização com aqueles já existentes.

2.3.1.3 Metodologia Reformulada por Boldo (2002)

Na metodologia proposta por Boldo, a sua primeira alteração foi substituir o nome de “Caderno de Inspeção para Estruturas de Concreto Armado” por “Roteiro de Inspeção para Estruturas de Concreto”, devido a importância de tratar mais rigorosamente nas inspeções das edificações. Dessa forma, as modificações sugeridas, no Roteiro de Inspeção visam dotá-lo de informações suficientes para a execução de vistorias, sem a necessidade de consulta adicional a outros documentos, apesar disso ser altamente positivo.

Nas reformulações propostas nos elementos estruturais vigas e escadas/rampas foi acrescido o dano sinais de esmagamento com fator de ponderação igual a 8 ($Fp=8$), o mesmo ocorrendo com as dos elementos blocos de fundação e elementos de composição arquitetônica, porém com fator de ponderação igual a 10 ($Fp=10$).

Aos elementos lajes, o dano eflorescência teve seu fator de ponderação aumentado de 3 para 5, por refletir melhor a sua importância dentre os danos que podem ocorrer no elemento.

O elemento junta de dilatação passou a ter somente dois danos: infiltração e obstrução de junta, ambos com fator de ponderação igual a 10. O dano ligação deficiente à estrutura foi suprimido da metodologia e, em consequência da planilha do estudo em elementos de composição arquitetônica.

O dano manchas passou a ter três fatores de intensidade do dano, atribuídos em função do percentual da área visível afetada do elemento estrutural. A alteração tem por finalidade tentar classificar mais os danos numericamente.

A metodologia não especificava o fator de relevância estrutural para o elemento junta de dilatação. Com base na análise das aplicações da metodologia, julgou-se ser adequado o fator $Fr=3$.

Foi incorporado ao Roteiro de Inspeção um anexo de fotografias ilustrativas das diversas manifestações de danos, com a atribuição julgada adequada dos fatores de intensidade (Fi) dos mesmos. As figuras podem ser muito úteis para a identificação das patologias, especialmente por aqueles técnicos que estão sendo introduzidos ao assunto.

Considera-se adequada a adoção da formulação de Lopes (1998), por permitir o cálculo com uma única expressão e, ainda, proporcionar uma avaliação da evolução do Gde de modo mais consistente.

2.3.1.4 Metodologia Reformulada por Fonseca (2007)

Foram reformulados alguns conceitos como o de carbonatação, contaminação por cloretos e cobrimento deficiente. Esses três danos podem ou não dar sequência a um outro dano, a corrosão. No entanto, no Roteiro de Inspeção de Boldo, os mesmos não refletem esse tipo de situação, o que agora estará sendo buscado.

O dano “esfoliação” passa a ser chamado de “desplacamento”, para não confundir com “desagregação”, pois este último é resultado de ataques químicos ao concreto. O dano “segregação” também foi modificado quanto à sua nomenclatura passando a ser chamado de “falha de concretagem” (nichos ou ninhos de concretagem).

No Roteiro de Inspeção, a abordagem do dano “fissuração inaceitável” foi modificada, adotando-se os parâmetros em relação à Norma NBR 6118/2003, que dispõe: “O risco e a

evolução da corrosão do aço na região das fissuras dependem essencialmente da qualidade e da espessura do concreto de cobrimento da armadura”.

O dano “flechas excessivas” também foi modificado para adequação à norma vigente, com relação aos deslocamentos limites a que uma determinada estrutura pode estar sujeita como parâmetro de funcionalidade estrutural e conforto dos usuários. Os danos “infiltração” e “infiltração na base” passam a ser chamados respectivamente, “umidade” e “umidade na base” ambos indicam a penetração de água ou a presença desta em elementos estruturais. Nesta reformulação os danos “manchas” e “umidade” foram incluídos na tabela referente à elementos de composição arquitetônica.

Quando a carbonatação, localizada ou generalizada, atinge a armadura, na presença de umidade, há o risco de se iniciar o processo de corrosão. Nesse caso, foram definidos fatores de intensidade (Fi) de 3 e 4.

Se um elemento apresenta cobrimento de concreto deficiente menor que o previsto na norma atual, e ainda permitindo a localização visual e exposição da armadura em pequenas ou grandes extensões, essa armadura corre o risco de corrosão recebendo um fator de intensidade (Fi) igual a 2 e 3.

O risco de corrosão por meio de transporte de cloretos dá-se, então, em ambientes úmidos e por isso, no Roteiro de Inspeção, adota-se o fator de intensidade $Fi = 2$ e 3 respectivamente, para elementos no interior e exterior sem a presença de umidade. Quando existe a presença de cloretos em ambientes úmidos, o fator de intensidade a ser adotado é $Fi = 4$.

Propõem-se para o fator de intensidade (Fi) do deslocamento os valores de 3 e 4, quando a armadura está exposta, podendo já se iniciar a corrosão.

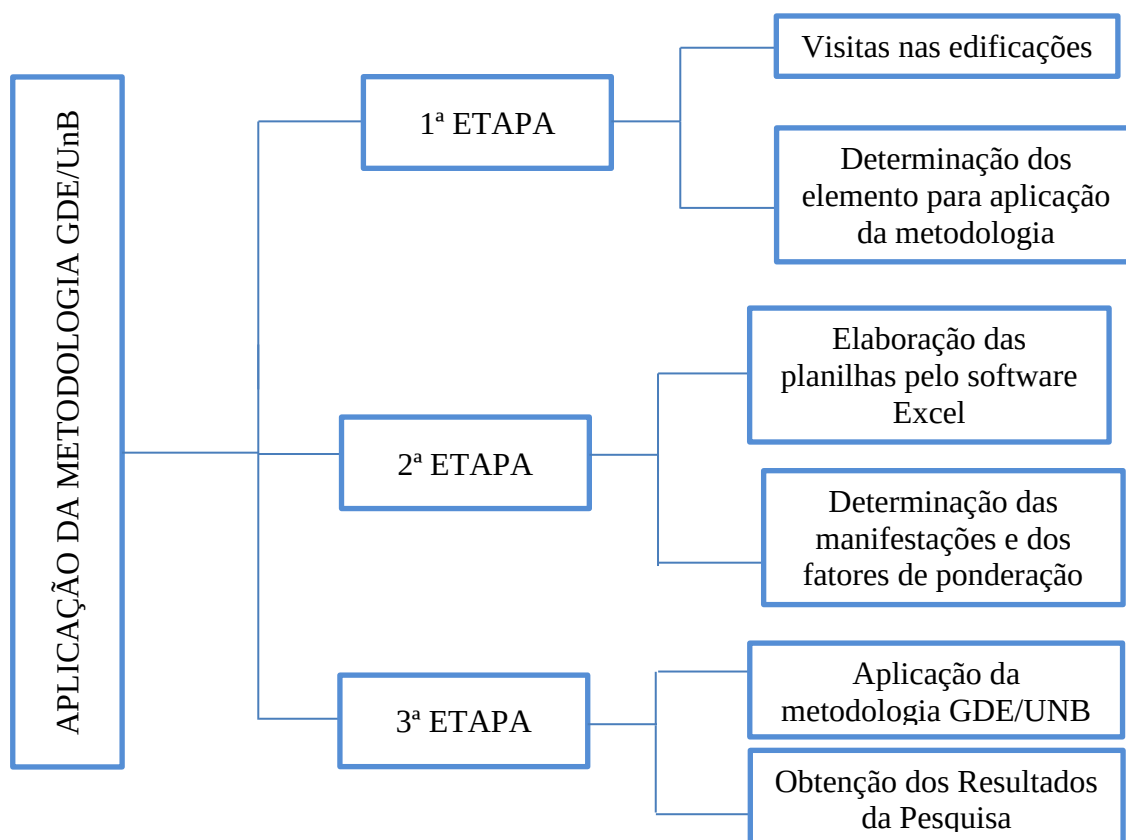
Quando o elemento estrutural apresenta ninhos de concretagem (falha de concretagem) propõem-se os fatores de intensidade (Fi) de 3 e 4, pois podem provocar corrosão, uma vez que possibilitam a exposição de suas armaduras.

3. METODOLOGIA

A pesquisa é quantitativa, onde consiste em avaliar e quantificar o grau de deterioração de algumas edificações públicas do município de Pau dos Ferros/RN, através de vistorias nos locais determinados: Escola Estadual 4 de Setembro, Açougue Municipal de Pau dos Ferros-RN, e nos quiosques da praça da matriz, utilizando a metodologia GDE/UnB pela reformulação de Fonseca (2007). As edificações foram escolhidas para avaliação devido a sua idade, por seu estado de deterioração e a presença de manifestações patológicas em que se mostrava.

Para a pesquisa, foram feitas várias visitas nos edifícios públicos descritos, sendo observadas todas as manifestações presentes, porém eram realizadas apenas em algumas estruturas das edificações. Após a identificação das manifestações, foi implementada o cálculo para o grau de deterioração por meio de tabelas no software Excel, com as equações determinadas pela metodologia GDE/UnB, onde foi quantificada o grau de deterioração das estruturas, sendo classificadas em baixo, médio, alto, sofrível e crítico, após o resultado obtido deu-se as ações a serem adotadas, também determinadas pela metodologia adotada, assim, as etapas realizadas para a conclusão da pesquisa estão descritas no fluxograma ilustrado na Figura 10:

Figura 10 – Fluxograma das etapas para análise dos resultados da metodologia utilizada.



Fonte: Autora, (2017).

Na 1ª etapa foram realizadas inspeções visuais nas edificações escolhidas para a pesquisa, com o objetivo de identificar as diversas manifestações patológicas presentes. Para isto, foi realizada diversas fotografias, para detalhar o estado dos elementos que havia presença das patologias, sendo estes utilizados como fatores fundamentais para o estudo do trabalho, sendo os elementos estudados: Pilares, Vigas, Lajes e Blocos de Fundação.

Na 2ª etapa as planilhas foram realizadas no software Excel, com as equações determinada pela metodologia GDE/UnB de Fonseca (2007), aplicadas aos elementos de cada edificação, através das manifestações patológicas identificadas pela quantificação dos fatores de ponderação propostos pela metodologia a cada dano encontrado no elemento estrutural.

Na 3ª etapa a metodologia foi aplicada, utilizando das equações propostas, dos fatores de ponderação e dos fatores de intensidade, obtendo-se dos resultados, como o Grau de Deterioração do Elemento, Grau de Deterioração da Família e o Grau de Deterioração da Estrutura, com o nível de deterioração que a estrutura se encontra podendo ser classificado em baixo, alto, médio, sofrível e crítico e as possíveis intervenções a ser feita.

A metodologia GDE/UnB reformulada por Fonseca (2007) teve algumas mudanças em relação a alguns conceitos prescritos nas outras formulações, onde buscou melhorar sua forma de apresentação e quantificar melhor os danos associados à corrosão.

Quando a carbonatação, localizada ou generalizada, atinge a armadura, na presença de umidade, há o risco de se iniciar o processo de corrosão. Nesse caso, foram definidos fatores de intensidade (Fi) de 3 e 4.

Se um elemento apresenta cobrimento de concreto deficiente menor que o previsto na norma atual, e ainda permitindo a localização visual e exposição da armadura em pequenas ou grandes extensões, essa armadura corre o risco de corrosão recebendo um fator de intensidade (Fi) igual a 2 e 3.

A pesquisa determina os graus dos danos existentes nas estruturas, através de fatores de ponderação, dos graus de deterioração de cada elemento, e das famílias, e por último quantificar o grau de deterioração da estrutura.

3.1 Fator de Ponderação do Dano (Fp)

Fator que visa quantificar a importância relativa de um determinado dano, no que se refere às condições gerais de estética, funcionalidade e segurança dos elementos de uma família, tendo em vista as manifestações patológicas passíveis de serem neles detectadas. Para sua definição são estabelecidos os problemas mais relevantes quanto aos aspectos de durabilidade e segurança estrutural. Assim, para cada manifestação patológica, e em função da família de elementos que apresentam o problema, foi estabelecido um grau numa escala de 1 a 10. Uma determinada manifestação patológica pode ter fatores de ponderação diferentes de acordo com as características da família onde o elemento se insere, dependendo das consequências que o dano possa acarretar.

3.2 Fator de Intensidade do Dano (Fi)

Fator que classifica a gravidade e evolução de uma manifestação de dano em um determinado elemento, segundo uma escala de 0 a 4, tem-se na Tabela 4, como segue:

- elemento sem lesões: $Fi = 0$
- elemento com lesões leves: $Fi = 1$
- elemento com lesões toleráveis: $Fi = 2$
- elemento com lesões graves: $Fi = 3$

- elemento em estado crítico: $Fi = 4$

Tabela 4 - Classificação dos Danos e Fatores de Intensidade (Fi).

Tipos de Danos	Fator de intensidade do dano – Tipos de manifestações
Carbonatação	1 - localizada, com algumas regiões com $pH < 9$, sem atingir a armadura; 2 - localizada, atingindo a armadura, em ambiente seco; 3 - localizada, atingindo a armadura, em ambiente úmido; 4 - generalizada, atingindo a armadura, em ambiente úmido.
Cobrimento Deficiente	1 - menores 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 Cloretos	2 - em elementos no interior sem umidade; 3 - em elementos no exterior sem umidade; 4 - em ambientes úmidos.
Corrosão de Armaduras	2 - manifestações leves, pequenas manchas; 3 - grandes manchas e/ou fissuras de corrosão; 4 - corrosão acentuada na armadura principal, c/perda relevante de seção.
Desagregação	2 - início de manifestação; 3 - manifestações leves, início de estofamento 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.
Desvios de Geometria	2 - pilares e cortinas com excentricidade $\leq h/100$ ($h = altura$); 3 - pilares e cortinas com excentricidades $h/100 \leq e < h/50$; 4 - pilares e cortinas com excentricidades $\geq h/50$. 1 - início de manifestações;
Eflorescência	2 - manchas de pequenas dimensões; 3 - manchas acentuadas, 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 - profunda em relação às dimensões da peça, com ampla exposição da armadura; 4 - perda relevante da seção da peça.
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.
Flechas	1 - não perceptíveis a olho nu; 2 - perceptíveis a olho nu, dentro dos limites previstos na norma; 3 - superiores em até 40% às previstas na norma; 4 - excessivas.

Tipos de Danos	Fator de intensidade do dano – Tipos de manifestações
Impermeabilização Deficiente	2 - danos na camada protetora e/ou perda de elasticidade do material da impermeabilização; 3 - descontinuada, degradada em alguns pontos (pontos de infiltração); 4 - degradação acentuada, com perda relevante da estanqueidade.
Manchas	2 - manchas escuras de pouca extensão, porém significativas (< 50% da área visível do elemento estrutural); 3 - manchas escuras de grande extensão (>50%); 4 - manchas escuras em todo o elemento estrutural (100%).
Obstrução de Juntas de Dilatação	2 - perda de elasticidade do material da junta; início de fissuras paralelas às juntas nas lajes adjacentes; 3 - presença de material não compressível na junta; grande incidência de fissuras paralelas às juntas nas lajes adjacentes; 4 - fissuras em lajes adjacentes às juntas, com prolongamento em vigas e/ou pilares de suporte.
Recalques	2 - indícios de recalque pelas características das trincas na alvenaria; 3 - recalque estabilizado com fissuras em peças estruturais; 4 - recalque não estabilizado com fissuras em peças estruturais.
Sinais de Esmagamento do concreto	3 - desintegração do concreto na extremidade superior do pilar, causada por sobrecarga ou movimentação da estrutura; fissuras diagonais isoladas; 4 - fissuras de cisalhamento bidiagonais, com intenso lascamento e/ou esmagamento do concreto devido ao cisalhamento e a compressão, com perda substancial de material; deformação residual aparente; exposição e início de flambagem de barras da armadura.
Umidade	1 - indícios de umidade; 2 - pequenas manchas; 3 - grandes manchas; 4 - generalizada.
Umidade 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.

Fonte: FONSECA, (2007).

3.3 Fator de Ponderação (F_p) e Grau do Dano (D)

Propõe-se a diminuição dos fatores de ponderação para uma escala variando de 1 a 5, como mostra nas Tabelas 5 e 6, para uma viga e para um pilar. Para que essa modificação seja efetuada, é necessário reformular também o Grau do dano (D) em um elemento. Dessa forma, o $F_p = 5$ é considerado o valor para a situação mais desfavorável (limite), por analogia às Equações 7 e 8 para o cálculo do (D) resultam:

$$D = 0,8 F_i F_p \text{ Para } F_i \leq 2 \quad (7)$$

$$D = (12 F_i - 28) F_p \text{ Para } F_i \geq 3 \quad (8)$$

Tabela 5 - Fator de Ponderação para uma viga.

Danos	Fp
Carbonatação	3
Cobrimento deficiente	3
Contaminação por Cloretos	4
Corrosão de armaduras	5
Desagregação	3
Desplacamento	3
Eflorescência	2
Fissuras	2 a 5*
Falhas de Concretagem	2
Flechas	5
Manchas	3
Sinais de esmagamento	4
Umidade	3

Fonte: Fonseca, (2007).

Tabela 6 - Fator de Ponderação para um pilar.

Danos	Fp
Carbonatação	3
Cobrimento deficiente	3
Contaminação por Cloretos	4
Corrosão de armaduras	5
Desagregação	3
Desplacamento	3
Desvio de geometria	4
Eflorescência	2
Falhas de Concretagem	3
Fissuras	2 a 5*
Recalque	5
Sinais de esmagamento	5
Umidade na base	3

Fonte: Fonseca, (2007).

3.4 Grau de deterioração da estrutura

A metodologia GDE/UnB tem a preocupação de classificar o nível de deterioração da estrutura e identificar uma eventual necessidade de intervenção e o momento mais propício para a sua realização. Após varias aplicações e algumas reformulações, a metodologia apresentou algumas limitações e considera-se que as propostas de reformulações contidas nesse trabalho refletirão com maior precisão o estado de deterioração das estruturas, como demonstra a Equação 9.

$$G_{de} = D_{m\acute{a}x} \left[1 + \frac{\sum_{i=1}^{m-1} D_{(i)} - D_{m\acute{a}x}}{\sum_{i=1}^{m-1} D_{(i)}} \right] \quad (9)$$

Com a nova formulação para a determinação do grau de deterioração da família (Gdf) de elementos se obteve resultados mais condizentes com o real estado de deterioração das famílias de elementos, analogamente há a Equação 10 que é utilizada para quantifica-lo.

$$G_{df} = G_{dem\acute{a}x} \left[\sqrt{1 + \frac{\sum_{i=1}^m G_{de(i)} - G_{dem\acute{a}x}}{\sum_{i=1}^m G_{de(i)}}} \right] \quad (10)$$

A inclusão de mais um nível de deterioração – Sofrível – para classificar os níveis de deterioração mostrou resultados julgados consistentes, assim como a utilização de uma única tabela para a determinação dos níveis de deterioração do elemento e da família, como mostra nas Tabelas 8 e 9, respectivamente, buscando, cada vez mais, diminuir a subjetividade das inspeções e vistorias. Para a quantificação do Grau de deterioração, há a necessidade de saber o fator de relevância da estrutura, a metodologia proposta por Fonseca (2007), propôs os seguintes fatores para a obtenção da Equação 11 do grau de deterioração e seus níveis:

$$G_d = \frac{\sum_{i=1}^{m-1} F_{r(i)} - G_{df}}{\sum_{i=1}^{m-1} F_{r(i)}} \quad (11)$$

-Elementos de composição arquitetônica: $F_r = 1,0$

-Reservatório superior: $F_r = 2,0$

-Escadas/rampas, reservatório inferior, cortinas, lajes secundárias, juntas de dilatação: $F_r = 3,0$

-Lajes, fundações, vigas secundárias, pilares secundários: $F_r = 4,0$

-Vigas e pilares principais: $F_r = 5,0$

Tabela 7 - Classificação dos níveis de deterioração do elemento.

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

Fonte: Fonseca, (2007).

Tabela 8 - Classificação dos níveis de deterioração da estrutura.

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

Fonte: Fonseca, (2007).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção da pesquisa serão apresentados os graus de deterioração das estruturas de alguns prédios públicos do município de Pau dos Ferros/RN: Escola Estadual 4 de Setembro, Açougue Municipal de Pau dos Ferros/RN e Quiosques da Praça da Matriz, determinando as condições de uso destas edificações, através dos danos identificados nas estruturas durante as vistorias realizadas.

Para a avaliação dos resultados encontrados durante as vistorias das três edificações mencionadas, foi desenvolvida uma planilha utilizando o software Excel, onde obteve todos os resultados que serão apresentados no trabalho.

4.1 Avaliação das estruturas da Escola Estadual 4 de setembro

A Escola Estadual 4 de Setembro, fica localizada na Rua Joaquim Torquato, Bairro São Judas Tadeu, abrange cerca de mais de 500 alunos, atende crianças à adolescentes, sendo do nível fundamental ao nível médio. Passou por manutenções, com novas pinturas, execução de forro de gesso, e a aquisição de ar condicionados para algumas salas. Desta forma, sabendo-se que é uma escola que abrange um grande número de alunos, utilizamos para objeto de estudo.

Para a aplicação da metodologia GDE/UnB, optou-se por pegar para o estudo as salas de aulas, banheiros, e a área externa, por ser os locais mais frequentados e que possuía uma maior deterioração visualmente, assim foi classificado as famílias dos elementos, as quais possuem semelhança entre si, seja por suas características construtivas e/ou estrutural ou pelo meio ambiente no qual os elementos estão inseridos. As famílias são:

- Pilares;
- Vigas;
- Lajes;

As manifestações patológicas vista nas lajes foi a desagregação, eflorescência, manchas e umidade, isso se deve a série histórica da escola, por ser um patrimônio de mais de 50 anos, levando ao desgaste do concreto, além disso, a presença das outras manifestações citadas, deve-se a falta de impermeabilização das lajes, levando a incidência de umidade e manchas prolongadas. As demais avaliações das estruturas da edificação encontram-se no Apêndice A.

A tabela 9 mostra um dos resultados que foi realizado durante a vistoria em uma laje.

Tabela 9 - Grau de Dano (D) e Grau de Deterioração (Gde) para uma laje.

Identificação do Elemento	Laje	Data da Vistoria: 06/03/2017		
Local	Escola Estadual 4 de Setembro	Realizada por Beatriz Barra		
Danos	Fp	Fi	D	Foto
Carbonatação	3	0	0	
Cobrimento Deficiente	3	0	0	
Contaminação por Cloretos	3	0	0	
Corrosão de Armaduras	5	0	0	
Desagregação	3	2	4,8	
desplacamento	3	0	0	
eflorescencia	2	2	3,2	
falhas de concretagem	2	0	0	
Fissuras	2	0	0	
Flechas	5	0	0	
Manchas	3	3	24	
Umidade	3	3	24	
Grau de Deterioração do Elemento (Gde)	37,7			Nível de Deterioração Médio: Definir prazo/natureza para nova inspeção. Planejar intervenção em longo prazo (máx. 2 anos).

Fonte: Autora, (2017).

Devido a falta de acessibilidade na vistoria à todas as vigas, não permitiu a visualização coerente, não foi possível a locação exata, porém, pelas condições aparente, as manifestações patológicas presente foram eflorescência, fissuras, manchas e umidade, assim, isso deve-se a falta de drenagem dos ar condicionados que umedece as estruturas possibilitando a entrada de água, como também facilita a entrada de agentes agressivos ocasionando essas manifestações, onde estas está presentes e bem visíveis em todas as salas de aulas que há ar condicionado.

A tabela 10 apresenta um dos resultados durante a inspeção em uma viga, mostrando a quantificação do Grau de Dano e o Grau de Deterioração da estrutura.

Tabela 10 - Grau de Dano (D) e Grau de Deterioração (Gde) para uma Viga.

Identificação do Elemento	Viga	Data da Vistoria: 06/03/2017		
Local	Escola Estadual 4 de Setembro	Realizada por Beatriz Barra		
Danos	Fp	Fi	D	Foto
Carbonatação	3	0	0	
Cobrimento Deficiente	3	0	0	
Contaminação por Cloretos	4	0	0	
Corrosão de Armaduras	5	0	0	
Desagregação	3	0	0	
Desplacamento	3	0	0	
Eflorescência	2	2	3,2	
Falhas de concretagem	2	0	0	
Fissuras	2	1	1,6	
Flechas	5	0	0	
Manchas	3	2	4,8	
Sinais de Esmagamento	4	0	0	
Umidade	3	2	4,8	
Grau de Deterioração do Elemento (Gde)	14,4			Nível de Deterioração Baixo: Estado aceitável. Manutenção preventiva.

Fonte: Autora, (2017).

Na vistoria realizada na Escola Estadual 4 de Setembro foi visto uma estrutura, que mais cabia a um elemento arquitetônico, onde se via pinturas representativas na estrutura, onde uma boa parte desta já estava com a armadura exposta e com sinais avançados de corrosão, além disso podia se ver a desagregação do concreto e fissuras na estrutura, isso deve-se a uma possível falha de execução, por um cobrimento deficiente, ou ainda a dilatações térmicas, por ser uma estrutura diretamente exposta as radiações solares e a chuvas, também por ser uma estrutura de mais de 50 anos, levou a desagregação do concreto, consequentemente ao aparecimento da armadura, levando a sua corrosão.

Na tabela 11 mostra o Grau de Dano (D) e o Grau de Deterioração (Gde) do elemento arquitetônico presente na escola analisada.

Tabela 11 - Grau de Dano (D) Grau de Deterioração (Gde) de um Pilar.

Identificação do Elemento	Pilar	Data da Vistoria: 06/03/2017		
Local	Escola Estadual 4 de Setembro	Realizada por Beatriz Barra		
Danos	Fp	Fi	D	Foto
Carbonatação	3	0	0	
Cobrimento Deficiente	3	3	24	
Contaminação por Cloretos	4	0	0	
Corrosão de Armaduras	5	2	8	
Desagregação	3	1	2,4	
Desplacamento	3	0	0	
Desvio de Geometria	4	3	0	
Eflorêscencia	2	3	16	
Falhas de concretagem	3	2	0	
Fissuras	3	4	60	
Manchas	3	0	0	
Recalque	5	0	0	
Sinais de Esmagamento	5	0	0	
Umidade na Base	3	0	0	
Grau de Deterioração do Elemento (Gde)	87,39			Nível de deterioração Sofrível: Definir prazo/natureza para inspeção especializada detalhada. Planejar intervenção em curto prazo (máx. 6 meses).

Nível de deterioração Sofrível: Definir prazo/natureza para inspeção especializada detalhada. Planejar intervenção em curto prazo (máx. 6 meses).

Fonte: Autora, (2017).

Com a utilização das equações propostas pela metodologia na Escola Estadual 4 de Setembro obteve-se um grau de deterioração para a família de Laje de 37,7, para Pilares de 101,13, e para Vigas de 79,38, totalizando um Grau de Deterioração de 75,23, considerado um alto nível de deterioração, onde das ações propostas tem-se: definir prazo/natureza para inspeção especializada detalhada. Planejar intervenção em médio prazo, sendo no máximo 1 ano para a intervenção.

Além da análise nas estruturas de concreto armado, foi visto várias manifestações patológica nas alvenarias da edificação, como eflorêscências, descascamento, manchas e fissuras, que poderá ter sido ocasionado pela má qualidade do material utilizado, ou ainda pela falta de impermeabilização decorrente de tubulações que poderão está passando pela alvenaria, como mostra a Figura 11.

Figura 11 - Manifestações patológicas na alvenaria do banheiro.



Fonte: Autora, (2017).

Pode-se também perceber manchas, descascamento e eflorescências na parede do reservatório superior, decorrente da alta umidade, que infiltra na parede do reservatório pela falta de uma impermeabilização, mostradas na Figura 12.

Figura 12 - Patologias na alvenaria do reservatório superior.



Fonte: Autora, (2017).

Na figura 13 pode-se observar um trinca que vai de um lado a outro no encontro de duas alvenarias, que pode ter sido ocasionado pela má qualidade dos materiais, onde eles se dilataram e a alvenaria movimentou-se, havendo sua desagregação da outra alvenaria.

Figura 13 - Fissura no encontro das alvenarias.



Fonte: Autora, (2017).

Algumas salas de aula da edificação em estudo são forradas com gesso, sendo um forro novo, sem a presença de manifestações patológicas, porém, as que não tem o forro, apresenta estado de deterioração alto, onde todos eles estão muito desgastados e com a presença dos “cupins”, além de facilitar a entrada de água para as estruturas, evidenciando manchas de umidade e eflorescências, mostrada na figura 14.

Figura 14 - Cobertura desgastada.



Fonte: Autora, (2017).

4.2 Avaliação das Estruturas do Açougue Municipal de Pau dos Ferros/RN

O Açougue Municipal de Pau dos Ferros - RN, fica localizado na Rua Dom Pedro II, Bairro Centro, atende um grande número de comerciantes e de clientes do município de Pau dos Ferros e das cidades circunvizinhas. A edificação já passou por diversas reformas desde a sua construção, que começou em 1868, tendo 149 anos, incluindo todas as reformas, a última que houve está com aproximadamente 30 anos, e atualmente irá passar por mais uma.

Para a aplicação da Metodologia Gde/UnB, optou-se por pegar para o estudo as áreas interna e externa, onde podia-se ver uma grande deterioração das estruturas, sendo classificado as famílias dos elementos, as quais possuem semelhança entre si, as famílias são:

- Pilares;
- Lajes;

Na vistoria feita interna observou-se um único pilar de concreto, os restantes dos pilares são de aço sustentados por blocos de coroamento, assim, os danos no pilar foram cobrimento deficiente, corrosão das armaduras, falhas de concretagem, fissuras, manchas e sinais de esmagamento, isso deve-se ao fato de ser um pilar antigo, sem ter passado por manutenções, onde tem contato direto com água, devido essa parte que serve de sustentação é onde há o corte da carne, que necessita de água para a limpeza, e ainda pela cobertura ser deficiente fica exposto a radiação solar e a chuvas, levando a penetração de agentes agressivos, e conseqüentemente a corrosão e fissuras. As demais avaliações das estruturas para esta edificação encontra-se no Apêndice B.

Na Tabela 12 mostra o Grau de Dano e o Grau de Deterioração de um pilar estrutural na área interna.

Tabela 12 - Grau de Dano (D) e Grau de Deterioração (Gde) de um Pilar.

Identificação do Elemento	Pilar	Data da Vistoria: 10/03/2017		
Local	Açougue Municipal de Pau dos Ferros/RN	Realizada por Beatriz Barra		
Danos	Fp	Fi	D	Foto
Carbonatação	3	0	0	
Cobrimento Deficiente	3	3	24	
Contaminação por Cloretos	4	0	0	
Corrosão de Armaduras	5	4	100	
Desagregação	3	3	24	
Desplacamento	3	0	0	
Desvio de Geometria	4	0	0	
Falhas de concretagem	3	3	24	
Fissuras	2	4	40	
Flechas	5	0	0	
Manchas	3	2	4,8	
Recalque	5	0	0	
Sinais de esmagamento	5	3	40	
Umidade na base	3	0	0	
Grau de Deterioração do Elemento	161,05			Nível de Deterioração Crítico: Inspeção especial emergencial. Planejar intervenção imediata.

Fonte: Autor, (2017).

Nas Lajes da área interna foi encontrada um alto grau de deterioração, havendo cobrimento deficiente, corrosão das armaduras, desagregação do concreto e fissuras, isso deve-se a falta de manutenção e o mal uso dessas estruturas, que são utilizados para limpeza de carne e descamação de peixes, essas lajes ficam expostas a chuvas e ao sol, não são impermeabilizadas, levando a entrada de agentes agressivos.

A Tabela 13 mostra o Grau de Dano e o Grau de Deterioração de uma laje da área interna.

Tabela 13 - Grau de Dano (D) e Grau de Deterioração (Gde) de uma laje.

Identificação do Elemento	Laje	Data da Vistoria: 10/03/2017		
Local	Açougue Municipal de Pau dos Ferros/RN	Realizada por Beatriz Barra		
Danos	Fp	Fi	D	Foto
Carbonatação	3	0	0	
Cobrimento Deficiente	3	3	24	
Contaminação por Cloretos	3	0	0	
Corrosão de Armaduras	5	4	100	
Desagregação	3	4	60	
Desplacamento	3	0	0	
Eflorescência	2	0	0	
Falhas de concretagem	2	4	0	
Fissuras	2	4	40	
Flechas	5	0	0	
Manchas	3	0	0	
Umidade	3	0	0	
Grau de Deterioração	155,35			Nível de Deterioração Crítico: Inspeção especial emergencial. Planejar intervenção imediata.

Fonte: Autor, (2017).

Nas Lajes da área externa foi observado diversas manifestações, devido ao cobrimento deficiente, e desagregação do concreto, levando ao aparecimento da armadura e ao deslocamento, isso deve-se pelo mal uso dessas estruturas, pela má qualidade da cerâmica e da execução, que deixa vazios para a entrada de água e de agentes estranhos, levando a corrosão da armadura e a fissuras em toda a estrutura, que impossibilitaria a sua utilização por parte dos comerciantes, que utilizam para exposição da carne e para preparo do seu corte.

A Tabela 14 mostra a quantificação do Grau de Deterioração de uma laje do Açougue Municipal de Pau dos Ferros – RN.

Tabela 14 - Grau de Dano (D) e Grau de Deterioração (Gde) de uma laje.

Identificação do Elemento	Laje	Data da Vistoria: 10/03/2017		
Local	Açougue Municipal de Pau dos Ferros/RN	Realizada por Beatriz Barra		
Danos	Fp	Fi	D	Foto
Carbonatação	3	0	0	
Cobrimento Deficiente	3	2	4,8	
Contaminação por Cloretos	3	0	0	
Corrosão de Armaduras	5	2	8	
Desagregação	3	3	24	
desplacamento	3	3	24	
Eflorescência	2	0	0	
falhas de concretagem	2	1	1,6	
Fissuras	2	4	40	
Flechas	5	0	0	
Manchas	3	0	0	
Umidade	3	0	0	
Grau de Deterioração do Elemento (Gde)	64,37			Nível de deterioração Alto: Definir prazo/natureza para inspeção especializada detalhada. Planejar intervenção em curto prazo (máx. 6 meses).

Fonte: Autora, (2017).

Com a utilização das equações propostas pela metodologia no Açougue Municipal de Pau dos Ferros – RN, obteve-se um grau de deterioração para a família de Lajes de 199,33, para Pilares de 161,05, totalizando um Grau de Deterioração de 182,31, considerado um nível de deterioração crítico, onde das ações propostas tem-se: Inspeção especial emergencial. Planejar intervenção imediata.

Nas vistorias ao Açougue pode-se observar início de corrosão e de desgaste da cobertura, por ser de aço, a área em que se localiza a edificação é propícia a intempéries, deixando a cobertura receber chuvas, raios solares e agentes agressivos, facilitando o desgaste da cobertura e ocasionando a sua corrosão. Na Figura 15 mostra o desgaste dessa cobertura, que necessitou de fazer algumas soldas para suportar o que lhe é imposto.

Figura 15 - Desgaste da cobertura de aço.



Fonte: Autora, (2017).

Os Blocos de sustentação dos pilares de aço que há na parte externa, é aparente, e há inícios de desgaste, deixando a ver os blocos cerâmicos, com apresentação de fissuras e eflorescências, além da corrosão presente nos pilares, deixando-os totalmente desgastados, como mostra na Figura 16.

Figura 16 - Desgaste nos blocos de sustentação e no pilar de aço.



Fonte: Autora, (2017).

4.3 Avaliação das Estruturas dos Quiosques da Praça da Matriz

Os Quiosques da Praça da Matriz, fica localizado no Centro do município, são três quiosques, onde abrigava uma feirinha de artesanatos, para artesões do município de Pau dos Ferros-RN. A edificação é recente, tem apenas 9 anos, devido está em um estado alto de deterioração, pela caída dos pilares de aço que sustentam e por grandes fissuras nas vigas houve a necessidade da retirada dos artesãos que o abrigavam para outro local, para sua possível reparação.

Para a aplicação da Metodologia Gde/UnB, optou-se por pegar para o estudo as áreas interna e externa, onde podia-se ver uma grande deterioração das estruturas, sendo classificado as famílias dos elementos, as quais possuem semelhança entre si, as famílias são:

- Blocos de Fundação;
- Pilares;
- Vigas;
- Laje.

Os Blocos de Fundação foram vistas manifestações patológicas como fissuras, que pode ter ocorrido devido a recalques nas fundações, pois no local havia um poço, que poderia ter recalcado esses blocos levando a caída dos pilares, e as fissuras presentes também podem ser decorrente a esse recalque nas fundações, ou devido a sua má execução. As demais avaliações das estruturas dessa edificação encontra-se no Apêndice C.

A Tabela 15 mostra o Grau de Dano e de Deterioração de um Bloco de Fundação.

Tabela 15 - Grau de Dano (D) e Grau de Deterioração (Gde) de um Bloco de Fundação.

Identificação do Elemento	Bloco de Fundação	Data da Vistoria: 10/03/2017		
Local	Quiosques da Praça da Matriz	Realizada por Beatriz Barra		
Danos	Fp	Fi	D	Foto
Carbonatação	3	0	0	
Cobrimento Deficiente	3	0	0	
Contaminação por Cloretos	4	0	0	
Corrosão de Armaduras	5	0	0	
Desagregação	3	2	0	
Desplacamento	3	0	0	
Eflorescência	2	0	0	

Falhas de concretagem	3	0	0
Fissuras	2	1	1,6
Recalque	5	3	40
Sinais de esmagamento	5	0	0
Umidade na base	3	3	24
Grau Deterioração do Elemento (Gde)	55,6		

Nível de deterioração Alto: Definir prazo/natureza para inspeção especializada detalhada. Planejar intervenção em curto prazo (máx. 6 meses).

Fonte: Autor, (2017).

Os quiosques abrange também um banheiro para uso dos artesões e de outras pessoas que circulam a praça da Matriz, nele foi observado a laje de concreto armado, onde notou-se contaminação por cloretos, eflorescências, fissuras, manchas e umidade, isso deve-se a falta de impermeabilização na laje, que os respingos advindos do reservatório ocasionam os danos observados, além de uma tubulação ligada a laje pode ter ocasionado-os.

A Tabela 16 mostra o Grau de Dano e de Deterioração de uma laje no banheiro dos quiosques da praça da Matriz.

Tabela 16 - Grau de Dano (D) e Grau de Deterioração (Gde) de uma laje.

Identificação do Elemento	Laje	Data da Vistoria: 10/03/2017		
Local	Quiosques da Praça da Matriz	Realizada por Beatriz Barra		
Danos	Fp	Fi	D	Foto
Carbonatação	3	0	0	
Cobrimento Deficiente	3	0	0	
Contaminação por Cloretos	3	4	60	
Corrosão de Armaduras	5	0	0	
Desagregação	3	0	0	
Desplacamento	3	0	0	
Eflorescência	2	4	40	
Falhas de concretagem	2	0	0	
Fissuras	2	1	1,6	
Flechas	5	0	0	
Manchas	3	2	4,8	
Umidade	3	2	4,8	
Grau de Deterioração do Elemento (Gde)	87,62			Nível de Deterioração Sofrível: Definir prazo/natureza para inspeção especializada detalhada. Planejar intervenção em curto prazo (máx. 6 meses).

Fonte: Autor. (2017).

Os pilares dos quiosques foi possível localizar, pois estavam expostos, com rachaduras bastante visível, com a exposição da armadura também visível e com sinais de esmagamento, isso se deve ao mal dimensionamento da estrutura, além do cobrimento mínimo menor que a

norma, e ainda pode ser devido a má execução da estrutura, que não suportou a carga que era submetida.

A Tabela 17 mostra o alto nível de deterioração de um pilar dos quiosques, além do seu Grau de Dano decorrentes dos danos observados.

Tabela 17 - Grau de Dano (D) e Grau de Deterioração (Gde) de um pilar.

Identificação do Elemento	Pilar	Data da Vistoria: 10/03/2017		
Local	Quiosques da Praça da Matriz	Realizada por Beatriz Barra		
Danos	Fp	Fi	D	Foto
Carbonatação	3	0	0	
Cobrimento Deficiente	3	2	4,8	
Contaminação por Cloretos	4	0	0	
Corrosão de Armaduras	5	0	0	
Desagregação	3	3	24	
desplacamento	3	0	0	
Eflorescência	4	0	0	
Falhas de concretagem	2	2	0	
Fissuras	2	4	40	
Manchas	3	0	0	
Recalque	5	0	0	
Sinais de esmagamento	5	3	40	
Umidade na base	5	0	0	
Grau de Dterioração do Elemento (Gde)	65,29			Nível de deterioração Alto: Definir prazo/natureza para inspeção especializada detalhada. Planejar intervenção em curto prazo (máx. 6 meses).

Nível de deterioração Alto: Definir prazo/natureza para inspeção especializada detalhada. Planejar intervenção em curto prazo (máx. 6 meses).

Fonte: Autor, (2017).

Na viga observada pode-se ver início da desagregação do concreto, eflorescências, fissuras, umidade, devido ao seu má dimensionamento, e pode ter sido ocasionado pela má qualidade do agregado utilizado, levando a existência de vazios que acarreta a entrada de água advindas de chuvas, levando a aparência das manifestações expostas devido a umidade.

Na tabela 18 mostra os danos encontrados na viga, assim como seu Grau de Dano e o Grau de Deterioração.

Tabela 18 - Grau de Dano (D) e Grau de Deterioração (Gde) de uma Viga.

Identificação do Elemento	Viga	Data da Vistoria: 10/03/2017		
Local	Quiosques da Praça da Matriz	Realizada por Beatriz Barra		
Danos	Fp	Fi	D	Foto
Carbonatação	3	0	0	
Cobrimento Deficiente	3	0	0	
Contaminação por Cloretos	4	0	0	
Corrosão de Armaduras	5	0	0	
Desagregação	3	3	24	
Desplacamento	3	0	0	
Eflorescência	2	2	3,2	
Fissuras	2	4	40	
Falhas de concretagem	2	2	3,2	
Flechas	5	0	0	
Manchas	3	0	0	
Sinais de esmagamento	4	0	0	
Umidade	3	2	4,8	Nível de deterioração Alto: Definir prazo/natureza para inspeção especializada detalhada. Planejar intervenção em curto prazo (máx. 6 meses).
Grau de Deterioração do elemento (Gde)	58,72			

Nível de deterioração Alto: Definir prazo/natureza para inspeção especializada detalhada. Planejar intervenção em curto prazo (máx. 6 meses).

Fonte: Autora, (2017).

Com a utilização das equações propostas pela metodologia nos Quiosques da Praça da Matriz obteve-se um grau de deterioração para a família de Laje de 87,62, para Pilares de 88,32, para a família de Blocos de Fundação de 76,13, e para a família de Viga de 58,72, totalizando um Grau de Deterioração de 77,23, considerado um nível de deterioração Alto, onde das ações propostas tem-se: Definir prazo/natureza para inspeção especializada detalhada. Planejar intervenção em médio prazo (máx. 1 ano).

Nos quiosques pode-se observar a presença de fissuras no piso, decorrente de recalques que puderam ter ocorrido na edificação devido a presença de um poço no local, ou pela má execução do piso que pode ter cedido e ocasionado essas fissuras, como mostra a figura 17.

Figura 17 – Fissuras no Piso da edificação.

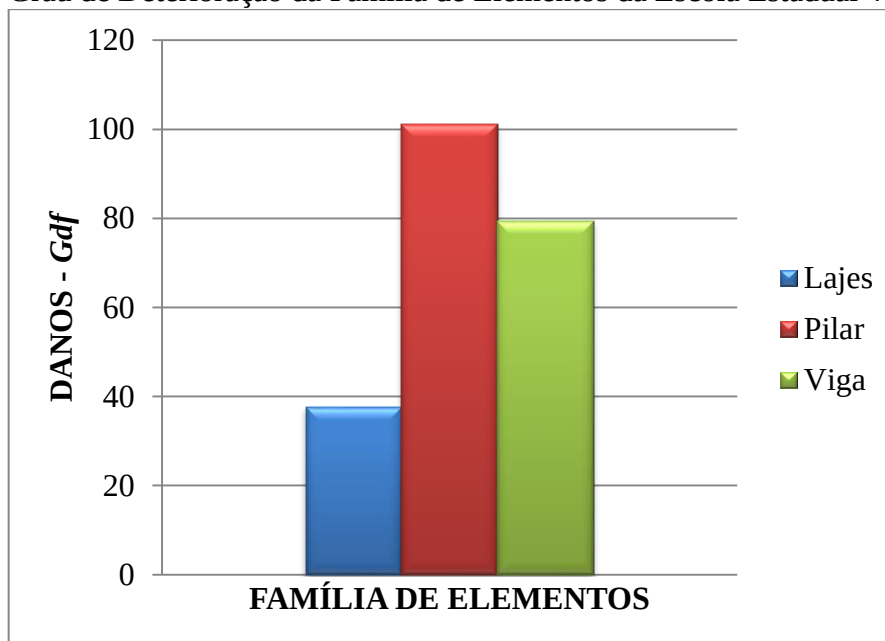


Fonte: Autora, (2017).

4.4 Análise do Grau de Deterioração das Famílias das edificações estudadas

Para cada família analisada, para obter o (*Gdf*) pela metodologia GDE/UnB de Fonseca (2007) há um fator de relevância estrutural (*Fr*), assim, nas Figuras 18, 19 e 20 mostra o (*Gdf*) para cada edificação estudada.

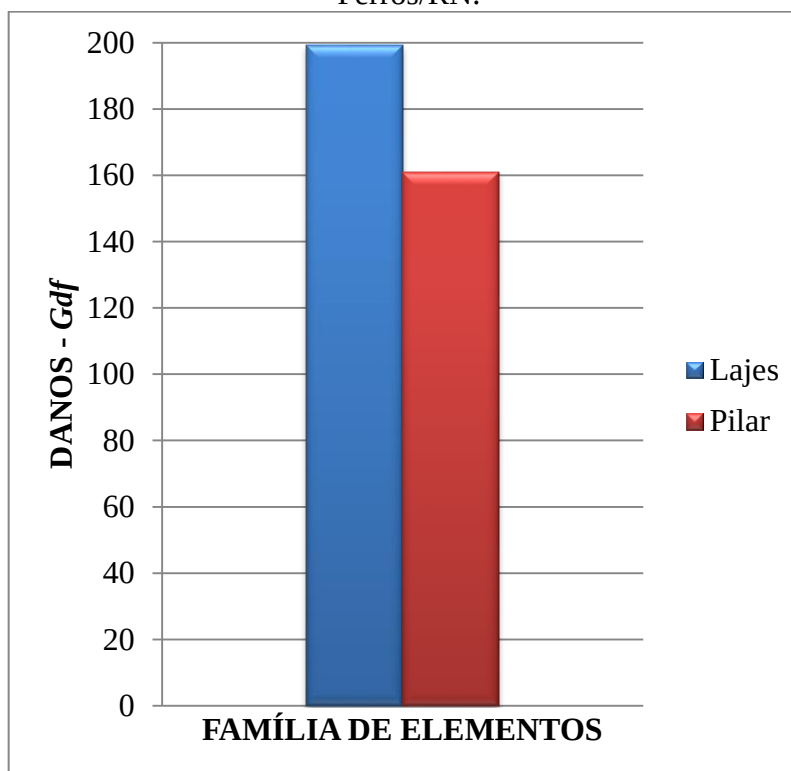
Figura 18 - Grau de Deterioração da Família de Elementos da Escola Estadual 4 de Setembro.



Fonte: Autora, (2017).

Na Figura 18, pode-se verificar que a família de Pilar obteve o maior Grau de deterioração com *Gdf* de 101,13, seguido por vigas com 79,38 e laje com 37,7, isso pode ser consequência do tempo de execução da escola, pois tem mais de 50 anos de existência, que pode ter desgastado com o tempo. Já as Lajes o valor foi bem menor, pois na escola não havia um grande número de lajes, pois a cobertura das salas era com telha e tinha algumas com forro de gesso.

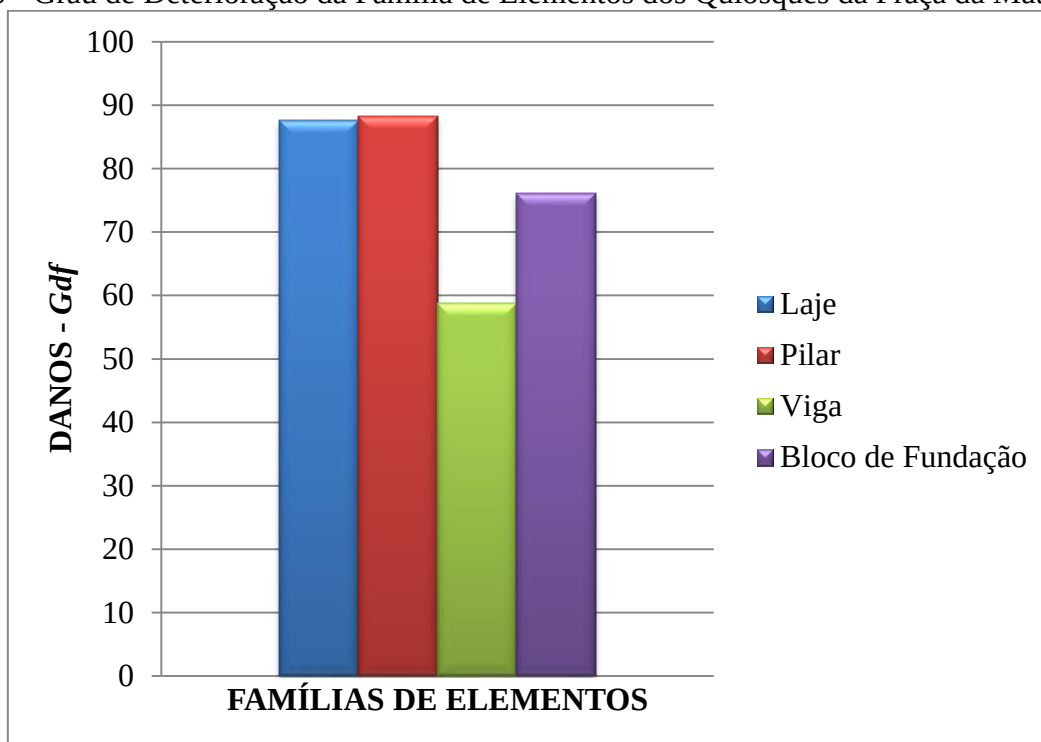
Figura 19 - Grau de Deterioração da Família de Elementos do Açougue Municipal de Pau dos Ferros/RN.



Fonte: Autora, (2017).

Na Figura 19 mostra o Grau de Deterioração das famílias analisadas que forma lajes e pilares, as vigas não deu para ser visualizadas pois não se tinha mais os projetos estruturais, assim, pode-se observar que os Pilares é a família mais deteriorada obtendo um *Gdf* de 199,33, que pela Metodologia utilizada, essa família já se encontra em estado Crítico de deterioração, isso deve-se a falta de manutenção de uma edificação bastante antiga, além das condições que é exposta, já as Lajes obteve um *Gdf* de 161,02, também se encontra em nível crítico de deterioração, onde é evidente a desagregação do concreto e das armaduras, pelo má uso da estrutura e pela falta de manutenção.

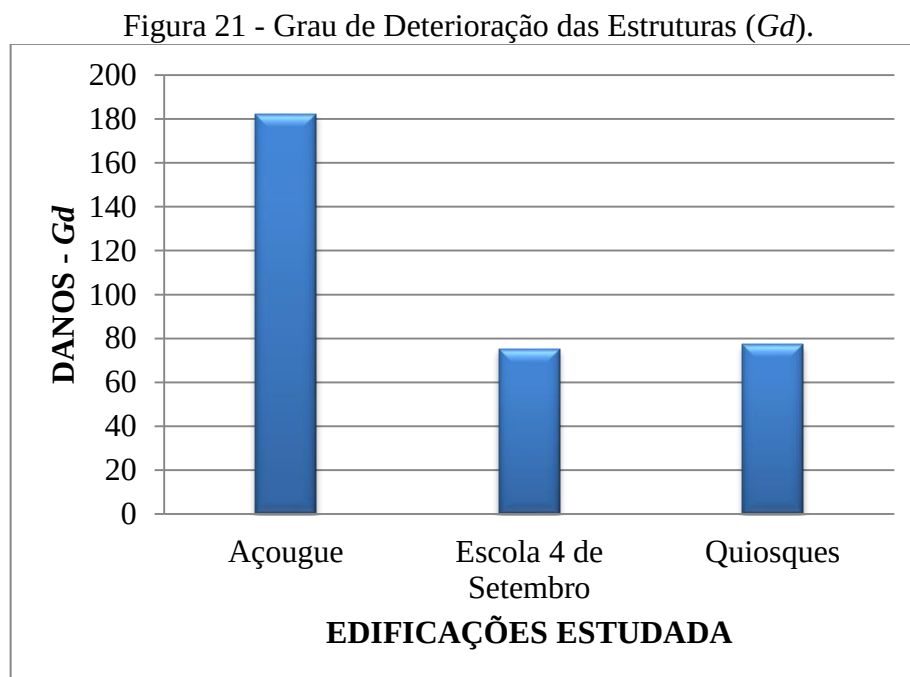
Figura 20 - Grau de Deterioração da Família de Elementos dos Quiosques da Praça da Matriz.



Fonte: Autora, (2017).

A Figura 20 faz referência as famílias dos Quiosques da Praça da Matriz, onde foi analisado quatro famílias, sendo o maior *Gdf* dos Pilares com 88, 32, seguido das Lajes com 87,62, Blocos de Fundação com 76,13 e as Vigas com 58,72. Essa edificação é a mais nova, mas tem um alto nível de deterioração, que deve-se a recalques que ocorreram na edificação pela presença de um poço, além de falhas de execução, onde é evidente a desagregação do concreto e um grande número de fissuras tanto nas vigas como nos pilares, já nos blocos e nas lajes deve-se a falta de impermeabilização pela presença de grandes manchas na estrutura.

Após a obtenção do Gdf , obteve o Grau de Deterioração da Estrutura (Gd), onde cada edificação estudada teve um determinado nível de deterioração, como mostra a Figura 21:



Fonte: Autora, (2017).

Na Figura 21 faz analogia ao Grau de Deterioração das Estruturas de cada edificação, onde pode-se observar que a edificação com maior nível de deterioração foi o Açougue Municipal de Pau dos Ferros/RN com um Gd de 182,31, seguido dos Quiosques da Praça da Matriz com 77,23 e da Escola 4 de Setembro com 75,23, isso se deve ao fato da idade da estrutura do Açougue, possui cerca de mais de 100 anos, que passou apenas por algumas reformas, mas que atualmente se encontra com um grande número de manifestações patológicas e com um nível crítico de deterioração, as demais quando comparada apresentam um bom estado de conservação, mas com um alto nível de deterioração.

4.5 Ações para reparo das manifestações patológicas

De acordo com a pesquisa realizada, foi verificado as principais manifestações patológicas presentes nas edificações, como fissuras, manchas, deslocamentos, recalques, desagregação do concreto e eflorescências, assim, deve-se haver uma intervenção nas edificações, para identificar a melhor opção a ser feita, sendo necessários reparos nas patologias ou até mesmo a demolição da edificação para sua posterior execução novamente, pois são prédios antigos, onde não é mais possível a identificação dos projetos, que dificultará as possíveis intervenções futuras.

Para a Escola Estadual 4 de Setembro a intervenção deve ser iniciada pelos pilares, que foram os elementos com maior grau de deterioração, analisando sua desagregação, para posterior reparo das fissuras e dos deslocamentos, além da impermeabilização das lajes e das vigas, que mostram um grande número de manchas e eflorescências.

Para o Açougue Municipal de Pau dos Ferros/RN deve haver uma restauração completa de toda estrutura, pois os elementos estudados apresentam um estado crítico de deterioração.

Para os Quiosques da Praça da Matriz a intervenção deve começar com a análise dos blocos de fundação, que provavelmente apresentam recalques, para posterior reparo das grandes aberturas de fissuras nas vigas e nos pilares, além da análise da desagregação do concreto nas estruturas. Além disso deve ser realizada impermeabilização das lajes e dos blocos de fundação que apresentam manchas e eflorescências.

5. CONCLUSÕES

Pelo estudo realizado nos três prédios públicos do município de Pau dos Ferros/RN, tem-se as seguintes conclusões:

- Verificou-se a importância dos prédios: Escola estadual 4 de Setembro, Açougue Municipal de Pau dos Ferros/RN e dos Quiosques da praça da Matriz, desde a utilização dos mesmos até a função que cada um desempenha, além da idade de suas estruturas, e a suas contribuições para o município em que estão instalados.
- Observou-se o grande número de manifestações patológicas presentes nas alvenarias das edificações, sendo as principais: fissuras, eflorescências e manchas de umidade, devido a situação em que as edificações estavam expostas.
- Na Escola Estadual 4 de Setembro e nos Quiosques da Praça da Matriz a família de elementos com maior grau de deterioração (*Gdf*) foram a dos pilares apresentando graus de sofrível a crítico, no Açougue Municipal de Pau dos Ferros/RN a família de elementos com maior grau de deterioração (*Gdf*) foi as lajes, decorrentes da desagregação do concreto e corrosão das armaduras, devido possíveis falhas de concretagem.
- A edificação com maior nível de deterioração (*Gd*) foi o Açougue Municipal de Pau dos Ferros/RN com *Gd* de 182,31, devido a presença de cobrimento deficiente, corrosão das armaduras, desagregação e fissuras, evidenciado por ser a edificação mais antiga dentre as três estudadas, seguido dos Quiosques da Praça da Matriz e da Escola Estadual 4 de Setembro.
- As principais manifestações patológicas identificadas nas estruturas de concreto armado foram: fissuras, manchas, deslocamentos e eflorescências, além de ter sido observada um grande número de patologias nas alvenarias das edificações e também nas coberturas.
- Tendo em vista a deterioração das edificações estudadas, foi verificado que as ações a serem tomadas devem ser de acordo com os níveis determinados pela metodologia GDE/UnB, por exemplo, o Açougue possui nível crítico e como principais manifestações patológicas cobrimento deficiente e corrosão das armaduras, respectivamente, devendo haver uma inspeção especial emergencial e, planejar uma intervenção imediata.

6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Com intenção de dar continuidade a linha de pesquisa estudada, é sugerido alguns trabalhos futuros:

- Quantificar os empreendimentos por completo, buscando verificar todos os elementos estruturais das edificações;
- Analisar os resultados dessas edificações utilizando as outras metodologias existentes, além da de Fonseca (2007), como a de Castro (1994), Lopes (1998) e Boldo (2002), fazendo uma análise comparativa dos resultados obtidos;
- Realizar um estudo mais detalhado das manifestações patológicas, com a utilização de ensaios destrutivos e não-destrutivos;
- Estender essa pesquisa para outros prédios públicos do município de Pau dos Ferros/RN, e de outros municípios.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, C.(1992). **Manual para diagnóstico de Obras deterioradas por corrosão de armaduras**. 1º ed. São Paulo: Pini.

AZEVEDO, Sérgio Lund; GUERRA, Fernanda Lamego. **Considerações sobre Patologias e Restauração de Edifícios**. Artigo – Revista Técnica. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/144/consideracoes-sobre-patologias-e-restauracao-de-edificios-285758-1.aspx>> Acessado em 06/02/2017.

CORSINI, Rodnei. **Considerações sobre Patologias e Restauração de Edifícios**. Artigo – Revista Técnica. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/144/consideracoes-sobre-patologias-e-restauracao-de-edificios-285758-1.aspx>> Acessado em 06/02/2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 6118, 2014. Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro.

AECweb. E-Construmarket. **Patologias do concreto**. Disponível em: <http://www.aecweb.com.br/cont/n/patologias-do-concreto_6160>. Acessado em 05/01/2017.

BOLDO, Plinio (2002). **Avaliação quantitativa de estruturas de concreto armado de edificações no âmbito do exército brasileiro**. Dissertação (Mestrado). Universidade de Brasília.

CASCUDO, O. **Inspeção e Diagnóstico de Estruturas de Concreto com Problemas de Corrosão da Armadura**. IBRACON, 2005.

CASTRO, E. K. (1994). **Desenvolvimento de metodologia para manutenção de estruturas de concreto armado**. Dissertação (Mestrado), Universidade de Brasília, Brasília, 1994.

CORSINI, Rodnei. **Trinca ou Fissura?**. Artigo – Revista Técnica. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/160/trinca-ou-fissura-como-se-originam-quais-os-tipos-285488-1.aspx>> Acessado em 05/03/2017.

FIGUEIREDO, E. P. **Mecanismo de Transporte de Fluidos no Concreto**. São Paulo: IBRACON, 2005.

FONSECA, R. P. (2007). **A estrutura do Instituto Central de Ciências: Aspectos históricos, científicos e tecnológicos de projeto, execução, intervenções e propostas de manutenção**. Dissertação (Mestrado), Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

GONÇALVES, Eduardo Albuquerque Buys (2015). **Estudo de patologias e suas causas nas estruturas de concreto armado de obras de edificações**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio de Janeiro.

GRANATO, J. E. **Patologia das fachadas revestidas de cerâmica e granito**. Patologia das construções. 2005. Notas de aula.

HELENE, P., (2001). **Introdução da vida útil no projeto das estruturas de concreto NB/2001**. WORKSHOP SOBRE DURABILIDADE DAS CONSTRUÇÕES. Novembro. São José dos Campos.

IANTAS, Lauren Cristina. **Estudo de Caso: Análise de Patologias Estruturais em edificação de Gestão Pública**. Especialização (Pós-Graduação), Universidade Federal do Paraná, 2010.

LOPES, B. A. R. (1998) **Sistema de manutenção predial para grandes estoques de edifícios: estudo para inclusão do componente “Estrutura de Concreto”**. Dissertação (Mestrado), Universidade de Brasília, Brasília, 150 p.

MARCELLI, M. **Sinistros na construção civil: causas e soluções para danos e prejuízos em obras** - São Paulo: Pini, 2007.

MEDEIROS, Alisson Gadelha (2015). **Análise de durabilidade da ponte do rio do carmo utilizando ensaios não destrutivos, norma DNIT e a metodologia GDE/UnB**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

MEHTA P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto – Microestrutura, propriedades e materiais**. São Paulo: Instituto Brasileiro do Concreto, 2008.

MOREIRA, André Luís Andrade. **A estrutura do palácio da justiça em Brasília: Aspectos históricos, projeto, execução, intervenções e proposta de estratégias para manutenção**. 2007. 98 164 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

NEVES, Ítalo Bruno Fernandes. **Avaliação da Carbonatação em Argamassas de cimento com Adições de cinza de casca de arroz amorfa e cristalina**. 2005. Dissertação (Mestrado) – Curso Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília.

QUEIROZ, et al. (2014). **Patologias do concreto: estudo de caso das estruturas de concreto da ponte rio calhau na avenida litorânea em são luís – MA**. Anais do 56º Congresso Brasileiro do Concreto – IBRACON. Natal.

RIBEIRO, Daniel Verás et al. **Corrosão em Estruturas de Concreto Armado: Teoria, Controle e Métodos de Análise**. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

RIPPER, Thomaz; SOUZA, V. C.M. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. 1 ed. São Paulo: Pini, 1998.

Silva, L. K. **Levantamento de manifestações patológicas em estruturas de concreto armado no estado do ceará**. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

SILVA, Valdirene Maria. **Ação da Carbonatação em vigas de concreto armado em serviço, construídas em escala natural e reduzida**. 2007. Dissertação (Doutorado) – Curso Engenharia Civil, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

SOBRINHO, Mario Marques Beato. **Estudo da ocorrência de fungos e da permeabilidade em revestimentos de argamassa em habitações de interesse social – Estudo de Caso na cidade de Pitangueira/SP.** 2008. Dissertação (Mestrado) – Curso Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Tabelas de Avaliação do *Gde* dos elementos da Escola Estadual 4 de Setembro

Tabela 19 - Grau de Dano (D) e Grau de Deterioração (*Gde*) de uma Viga.

Identificação do Elemento	Viga	Data da Vistoria: 06/03/2017		
Local	Escola Estadual 4 de Setembro	Realizada por Beatriz Barra		
Danos	Fp	Fi	D	Foto
Carbonatação	3	0	0	
Cobrimento Deficiente	3	0	0	
Contaminação por Cloretos	4	0	0	
Corrosão de Armaduras	5	0	0	
Desagregação	3	0	0	
desplacamento	3	0	0	
Eflorescência	2	4	40	
falhas de concretagem	2	4	40	
Fissuras	2	1	1,6	
Flechas	5	0	0	
Manchas	3	0	0	
Sinais de Esmagamento	4	0	0	
Umidade	3	3	24	
Grau de Deterioração do Elemento (Gde)	64,84			Nível de deterioração Alto: Definir prazo/natureza para inspeção especializada detalhada. Planejar intervenção em curto prazo (máx. 6 meses).

Tabela 20 - Grau de Dano (D) e Grau de Deterioração (*Gde*) de uma Viga.

Identificação do Elemento	Viga	Data da Vistoria: 06/03/2017		
Local	Escola Estadual 4 de Setembro	Realizada por Beatriz Barra		
Danos	Fp	Fi	D	Foto
Carbonatação	3	0	0	
Cobrimento Deficiente	3	0	0	
Contaminação por Cloretos	4	0	0	
Corrosão de Armaduras	5	0	0	
Desagregação	3	0	0	
desplacamento	3	0	0	
eflorescencia	2	4	40	
falhas de concretagem	2	4	40	
Fissuras	2	0	0	

Flechas	5	0	0	Nível de deterioração Alto: Definir prazo/natureza para inspeção especializada detalhada. Planejar intervenção em curto prazo (máx. 6 meses).
Manchas	3	3	24	
Sinais de Esmagamento	4	0	0	
Umidade	3	0	0	
Grau de Deterioração do Elemento (Gde)	64,61			

Tabela 21 - Grau de Dano (D) e Grau de Deterioração (Gde) de um Pilar.

Identificação do Elemento	Pilar	Data da Vistoria: 06/03/2017		
Local	Escola Estadual 4 de Setembro	Realizada por Beatriz Barra		
Danos	Fp	Fi	D	Foto
Carbonatação	3	0	0	
Cobrimento Deficiente	3	0	0	
Contaminação por Cloretos	4	0	0	
Corrosão de Armaduras	5	0	0	
Desagregação	3	0	0	
desplacamento	3	0	0	
Desvio de Geometria	4	0	0	
Eflorêscencia	2	2	3,2	
falhas de concretagem	3	1	2,4	
Fissuras	2	4	40	
Manchas	3	0	0	
Recalque	5	0	0	
Sinais de Esmagamento	5	0	0	
Umidade na Base	3	0	0	
Grau de Deterioração do Elemento (Gde)	44,91			Nível médio de deterioração: Definir prazo/natureza para nova inspeção. Planejar intervenção em longo prazo (máx. 2 anos).

Tabela 22 - Grau de Dano (D) e Grau de Deterioração (Gde) de um Pilar.

Identificação do Elemento	Pilar	Data da Vistoria: 06/03/2017		
Local	Escola Estadual 4 de Setembro	Realizada por Beatriz Barra		
Danos	Fp	Fi	D	Foto
Carbonatação	3	0	0	
Cobrimento Deficiente	3	0	0	
Contaminação por Cloretos	4	0	0	
Corrosão de Armaduras	5	0	0	
Desagregação	3	0	2,4	
desplacamento	3	2	4,8	

Desvio de Geometria	4	0	0
Eflorêscencia	2	0	0
falhas de concretagem	3	0	0
Fissuras	2	0	0
Manchas	3	0	0
Recalque	5	0	0
Sinais de Esmagamento	5	0	0
Umidade na Base	3	0	0
Grau de Deterioração do Elemento (Gde)	6,4		

Nível Baixo de Deterioração: Estado aceitável. Manutenção preventiva.

APÊNDICE B – Tabelas de Avaliação do *Gde* dos elementos do Açogue Municipal de Pau dos Ferros - RN

Tabela 23 - Grau de Dano (*D*) e Grau de Deterioração (*Gde*) de uma Laje.

Identificação do Elemento	Laje	Data da Vistoria: 10/03/2017		
Local	Escola Estadual 4 de Setembro	Realizada por Beatriz Barra		
Danos	Fp	Fi	D	Foto
Carbonatação	3	0	0	
Cobrimento Deficiente	3	3	24	
Contaminação por Cloretos	3	0	0	
Corrosão de Armaduras	5	4	100	
Desagregação	3	4	60	
desplacamento	3	0	0	
eflorescencia	2	0	0	
falhas de concretagem	2	4	0	
Fissuras	2	4	40	
Flechas	5	0	0	
Manchas	3	0	0	
Umidade	3	0	0	
Grau de Deterioração	155,35			Nível de Deterioração Crítico: Inspeção especial emergencial. Planejar intervenção imediata.

Tabela 24 - Grau de Dano (D) e Grau de Deterioração (Gde) de uma Laje.

Identificação do Elemento	Laje	Data da Vistoria: 10/03/2017		
Local	Escola Estadual 4 de Setembro	Realizada por Beatriz Barra		
Danos	Fp	Fi	D	Foto
Carbonatação	3	0	0	
Cobrimento Deficiente	3	2	4,8	
Contaminação por Cloretos	3	0	0	
Corrosão de Armaduras	5	2	8	
Desagregação	3	3	24	
desplacamento	3	3	24	
eflorescencia	2	0	0	
falhas de concretagem	2	1	1,6	
Fissuras	2	4	40	
Flechas	5	0	0	
Manchas	3	0	0	
Umidade	3	0	0	
Grau de Deterioração do Elemento (Gde)	64,37			

Tabela 25 - Grau de Dano (D) e Grau de Deterioração (Gde) de uma Laje.

Identificação do Elemento	Laje	Data da Vistoria: 10/03/2017		
Local	Escola Estadual 4 de Setembro	Realizada por Beatriz Barra		
Danos	Fp	Fi	D	Foto
Carbonatação	3	0	0	
Cobrimento Deficiente	3	2	4,8	
Contaminação por Cloretos	3	0	0	
Corrosão de Armaduras	5	2	8	
Desagregação	3	3	24	
desplacamento	3	3	24	
eflorescencia	2	0	0	
falhas de concretagem	2	1	1,6	
Fissuras	2	4	40	
Flechas	5	0	0	
Manchas	3	0	0	
Umidade	3	0	0	
Grau de Deterioração do Elemento (Gde)	64,37			Nível de deterioração Alto: Definir prazo/natureza para inspeção especializada detalhada. Planejar intervenção em curto prazo (máx. 6 meses).

APÊNDICE C – Tabelas de Avaliação do *Gde* dos elementos dos Quiosques da Praça da Matriz

Tabela 26 - Grau de Dano (*D*) e Grau de Deterioração (*Gde*) de Blocos de Fundação.

Identificação do Elemento	Bloco de Fundação – B2 a B8	Data da Vistoria: 10/03/2017		
Local	Quiosques da Praça da Matriz	Realizada por Beatriz Barra		
Danos	Fp	Fi	D	Foto
Carbonatação	3	0	0	
Cobrimento Deficiente	3	0	0	
Contaminação por Cloretos	4	0	0	
Corrosão de Armaduras	5	0	0	
Desagregação	3	2	0	
desplacamento	3	0	0	
eflorescencia	2	0	0	
falhas de concretagem	3	0	0	
Fissuras	2	1	1,6	
Recalque	5	3	40	
Sinais de esmagamento	5	0	0	
Umidade na base	3	3	24	
Grau Deterioração do Elemento (Gde)	55,6			

Nível de deterioração Alto: Definir prazo/natureza para inspeção especializada detalhada. Planejar intervenção em curto prazo (máx. 6 meses).

Tabela 27 - Grau de Dano (*D*) e Grau de Deterioração (*Gde*) de Pilares.

Identificação do Elemento	Pilar – P1 a P6	Data da Vistoria: 10/03/2017		
Local	Quiosques da Praça da Matriz	Realizada por Beatriz Barra		
Danos	Fp	Fi	D	Foto
Carbonatação	3	0	0	
Cobrimento Deficiente	3	2	4,8	
Contaminação por Cloretos	4	0	0	
Corrosão de Armaduras	5	0	0	
Desagregação	3	3	24	
desplacamento	3	0	0	
eflorescencia	4	0	0	
falhas de concretagem	2	2	0	
Fissuras	2	4	40	
Manchas	3	0	0	
Recalque	5	0	0	

Sinais de esmagamento	5	3	40	Nível de deterioração Alto: Definir prazo/natureza para inspeção especializada detalhada. Planejar intervenção em curto prazo (máx. 6 meses).
Umidade na base	5	0	0	
Grau de Deterioração do Elemento (Gde)	65,29			

Tabela 28 - Grau de Dano (*D*) e Grau de Deterioração (*Gde*) de Pilares.

Identificação do Elemento	Pilar – P7 a P10	Data da Vistoria: 10/03/2017		
Local	Quiosques da Praça da Matriz	Realizada por Beatriz Barra		
Danos	Fp	Fi	D	Foto
Carbonatação	3	0	0	
Cobrimento Deficiente	3	0	0	
Contaminação por Cloretos	4	0	0	
Corrosão de Armaduras	5	0	0	
Desagregação	3	0	0	
desplacamento	3	0	0	
eflorescência	4	0	0	
falhas de concretagem	2	0	0	
Fissuras	2 a 5*	0	0	
Manchas	3	0	0	
Recalque	5	0	0	
Sinais de esmagamento	5	0	0	
Umidade na base	5	0	0	
Grau de Deterioração do Elemento (Gde)	0			Nível Baixo de Deterioração: Estado aceitável. Manutenção preventiva.