REVISTA DA
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA

SITIENTIBUS

TECNOLOGIAS SOCIAIS E ECONOMIA SOLIDÁRIA EDIÇÃO ESPECIAL SEMANA DE ENGENHARIA

ARTIGO

INSPEÇÃO ESTRUTURAL UTILIZANDO O MÉTODO GDE/UNB NA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA – UEFS

STRUCTURAL INSPECTION USING THE GDE/UNB METHOD AT THE STATE UNIVERSITY DE FEIRA DE SANTANA – UEFS

LUCAS PEREIRA ARAUJO

Engenheiro Civil, Aluno Especial do Programa de Pós-Graduação em Eng. Civil e Ambiental (PPGECEA), Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS). E-mail: lparaujo.eng@gmail.com

MÉRCURIE JANEAI MATEUS ARAUJO ROCHA

Mestre em Engenharia Civil e Ambiental. Professor do Departamento de Tecnologia (DTEC), Universidade Estadual de Feira de Santana. E-mail: mjmarocha@uefs.br

RESUMO

A Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS) é um polo acadêmico de grande importância para o centro-norte baiano. A conservação de suas instalações é imprescindível para a garantia da qualidade de seus serviços. Neste sentido, este trabalho avalia de modo quantitativo o estado de deterioração da estrutura de concreto armado do Módulo III na UEFS. Para a análise, fez-se a divisão da estrutura em seções e aplicou-se o método GDE/UnB, procedimento referência na inspeção de estruturas convencionais em concreto armado. Com os dados coletados, foram feitos o levantamento das manifestações patológicas, a identificação do estado de deterioração das seções e elementos estruturais. Assim, tornou-se possível definir prazos para a realização de intervenções.

Palavras-chave: Concreto, Durabilidade, Deterioração.

ABSTRACT

The State University of Feira de Santana (UEFS) is an academic hub of great importance for the Bahia's center-north. The conservation of your facilities is essential to guarantee the quality of your services. In this sense, this work quantitatively evaluates the state of deterioration of the reinforced concrete structure of Module III at UEFS. For the analysis, the structure was divided into sections and the GDE/UnB method was applied, a reference procedure in the inspection of conventional structures in reinforced concrete. With the collected data, pathological manifestations were surveyed, the sections and structural elements' state of degradation were identified. Thus, it became possible to define deadlines for carrying out interventions.

Keywords: Concrete, Durability, Deterioration.



INTRODUÇÃO

O concreto armado era considerado um material de construção com propriedades extremamente duráveis, mesmo quando sujeito a ambientes agressivos. Entretanto, no século XX, este pensamento mudou devido ao surgimento de casos de deterioração estrutural que apresentaram risco à segurança e elevados custos de manutenção (BERTOLINI, 2010). Este fenômeno destaca a necessidade em se prevenir ou monitorar o processo de deterioração do concreto armado de modo a conservar sua usabilidade.

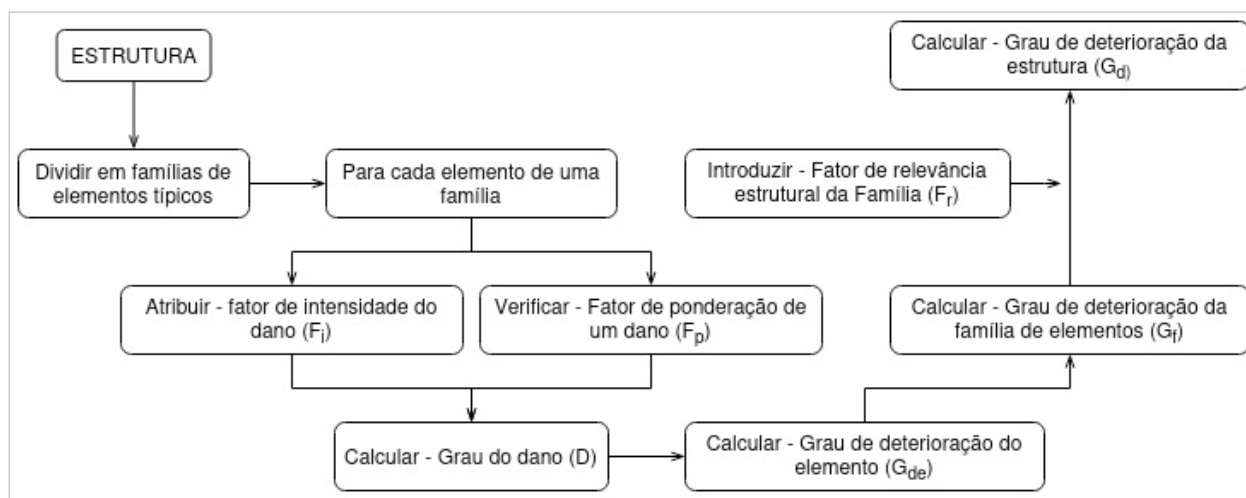
Tendo este princípio como ponto de partida, buscou-se uma resposta fundamentada em uma análise quantitativa para identificar qual é o estado de deterioração da estrutura em concreto armado do Módulo III da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS). A justificativa pela escolha deste módulo dentre os sete presentes na instituição foi por este ser gerenciado pelo Departamento de Tecnologia (DTEC), ao qual o curso de Engenharia Civil está vinculado, o que auxiliaria em questões administrativas.

A realização de inspeções prediais de modo visual, apesar de ser fundamental para compreensão das manifestações patológicas em uma edificação, são caracterizadas por sua subjetividade. De modo a reduzir

esta influência, optou-se pela utilização do método GDE/UnB, que foi desenvolvido por Castro (1994), baseando-se no método elaborado por Klein et al. (1991) e o modelo de iniciação e propagação dos danos proposto por Tuutti (1982). O método GDE/UnB tem como objetivo aferir o desempenho de estruturas usuais de concreto armado através da análise dos aspectos de segurança, funcionalidade e estética. Assim, é realizada a quantificação do nível de deterioração a partir do processamento de dados coletados em um caderno de inspeção. Na Figura 1 é apresentado o fluxograma do processo de aplicação do método.

Após sua formulação, o método GDE/UnB foi aplicado por outros trabalhos, nos quais passou por adaptações. A primeira delas foi realizada por Lopes (1998), que trouxe alterações em conceitos e na formulação do grau de deterioração do elemento. Em seguida, Boldo (2002) implementou ajustes no caderno de inspeções, no grau de deterioração da família e sugeriu níveis de referência para a deterioração da estrutura. Por fim, Fonseca (2007) propôs modificações nos conceitos de algumas manifestações patológicas, em fórmulas e nos níveis de deterioração. No que se refere aos outros tipos de estruturas, como as Obras de Arte Especiais (OAEs), foram feitas propostas de adaptação deste método por Euqueres (2011) e Verly (2015).

Figura 1 - Fluxograma do Método GDE/UnB



Fonte: Castro, 1994.

No método GDE/UnB, com base nas características físicas e funcionalidade estrutural, os elementos componentes de uma estrutura são divididos em grupos chamados de famílias de elementos. Para quantificar o impacto que uma determinada manifestação patológica exerce sobre uma peça estrutural, utiliza-se o fator de ponderação do dano (). Em uma estrutura, um fator de ponderação pode variar entre famílias, já que este depende da gravidade que a sua presença traz para aquele grupo específico. A determinação do estado atual de desenvolvimento da manifestação patológica em

um elemento é realizada através da atribuição do fator de intensidade do dano (). Este possibilita representar as situações onde não há lesões ou se apresentam em estado leve, tolerável, grave ou crítico (CASTRO, 1994).

O grau do dano () depende diretamente do fator de ponderação do dano e do fator de intensidade do dano. Seu objetivo é quantificar o dano que cada manifestação patológica acrescenta a um elemento e pode ser determinado pelas Equações (1) ou (2), conforme proposto por Fonseca (2007).

Através do grau do dano calculado para as lesões encontradas em um elemento, obtém-se o grau de deterioração de um elemento (). Este é determinado através da Equação (3), que se apresenta em sua versão adaptada por Fonseca (2007). Nela, é o máximo dano encontrado

naquele elemento, é o número total de danos e é o dano de número para aquele elemento. Na Tabela 1 encontram-se descritos os níveis de deterioração que uma peça estrutural pode estar sujeita e as recomendações de intervenção para que sejam restauradas as suas condições de serviço.

Tabela 1 - Classificação do grau de deterioração do elemento proposta por Fonseca (2007)

Nível de Deterioração	Grau de Deterioração do Elemento	Recomendações
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.

Feita a determinação do grau de deterioração dos elementos, obtém-se o grau de deterioração de uma família () através da Equação (4), conforme postulado por Fonseca (2007). Nesta, apenas os termos de maior expressividade são considerados. Estes são os elementos que se encontram com

nível de deterioração igual ou superior a médio e, portanto, apresentam danos significativos. Na equação apresentada, é o máximo grau de deterioração de um elemento da família, é o número total de elementos e é o grau de deterioração do elemento .

De maneira a considerar a importância relativa das famílias de elementos na determinação do estado de deterioração de uma estrutura, utiliza-se do fator de relevância estrutural da família de elementos (). Este, em conjunto com grau de deterioração de cada família permite a determinação do grau de deterioração da estrutura ()

através da Equação (5) (CASTRO, 1994). Nela, é o número total de famílias, é o fator de relevância estrutural da família e é o grau de deterioração da família . Na Tabela 2 estão distribuídos os níveis de deterioração que uma estrutura pode assumir, bem como as recomendações para que sejam restauradas as suas condições de serviço.

Tabela 2 - Classificação do grau de deterioração da estrutura proposta por Fonseca (2007)

Nível de Deterioração	Grau de Deterioração da Estrutura	Recomendações
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.

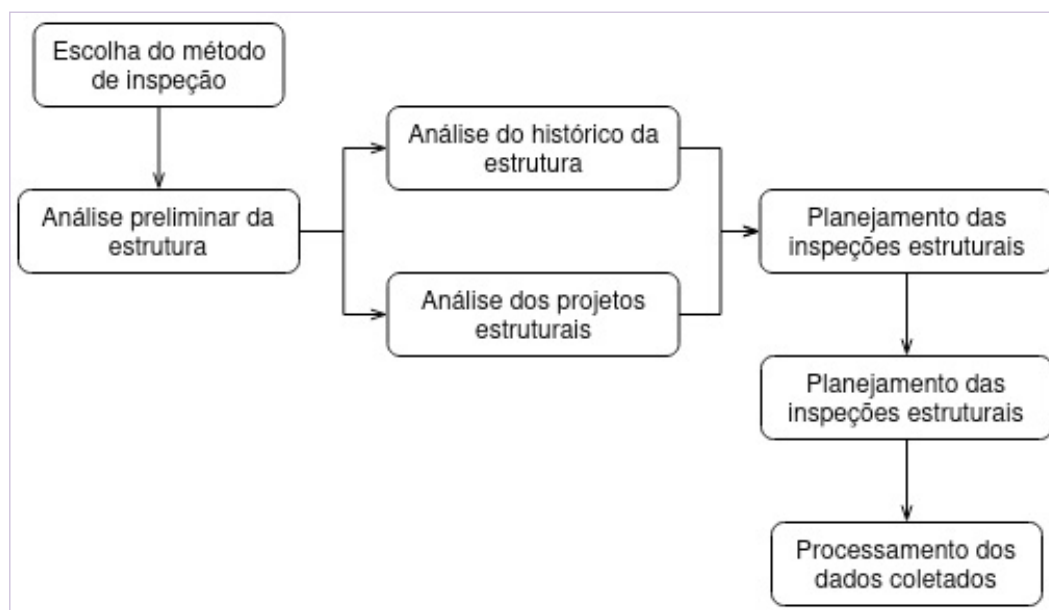
Fonte: Fonseca, 2007.

METODOLOGIA

As atividades realizadas para a execução desta pesquisa estão ilustradas no fluxograma da Figura 2. Estas envolvem tarefas relacionadas ao planejamento e coleta das informações da estrutura do Módulo III, à visita e realização da inspeção do objeto de estudo, além de demais atividades de campo, e ao processamento e análise dos dados.

Primeiramente, foi escolhido para a inspeção da estrutura o método GDE/UnB em sua versão adaptada por Fonseca (2007), pois este se caracteriza por avaliar quantitativamente a segurança, funcionalidade e estética de obras convencionais de concreto armado. Além disso, apesar de ser uma comparação direcionada às OAEs, é considerado mais preciso e rico em detalhes que a Norma de Inspeção do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) (MEDEIROS, 2015).

Figura 2 - Fluxograma da metodologia



Fonte: Os autores, 2023.

Em seguida, verificou-se a pertinência da aplicação do método e foram coletadas informações sobre a estrutura a ser investigada. Para atestar a necessidade de uma inspeção estrutural, optou-se por realizar uma vistoria rápida e pontual nos Módulos III, IV e V. Nesta apuração foram identificadas fissuras, danos causados por corrosão da armadura e deslocamento, bem como por infiltração de água pluvial, conforme Figura 3.

Traçando um breve histórico, o Módulo III foi inaugurado em outubro de 1976, por Roberto Santos, então Governador da Bahia, como consta em sua pedra fundamental. Anos depois, em abril de 1998, pelo Governador Paulo Souto, foi inaugurado o Pavilhão de Aulas Teóricas (PAT), servindo como extensão da estrutura original. Hoje, este é utilizado por cursos como Agronomia, Engenharia de Alimentos, Engenharia Civil e Engenharia da Computação para realização das atividades acadêmicas.

Por ser uma edificação de extensão significativa e com elementos construídos em períodos diferentes, optou-se por dividir o objeto de estudo em quatro seções. Estas também foram separadas em subseções, usando como critério a utilização do ambiente. Seguindo a ordem cronológica de inauguração, a primeira seção inclui o Módulo Administrativo (MA), Anexo e Passarela I, como descrito na Figura 4; na

Figura 3 - Manifestações patológicas encontradas nos Módulos III, VI e V

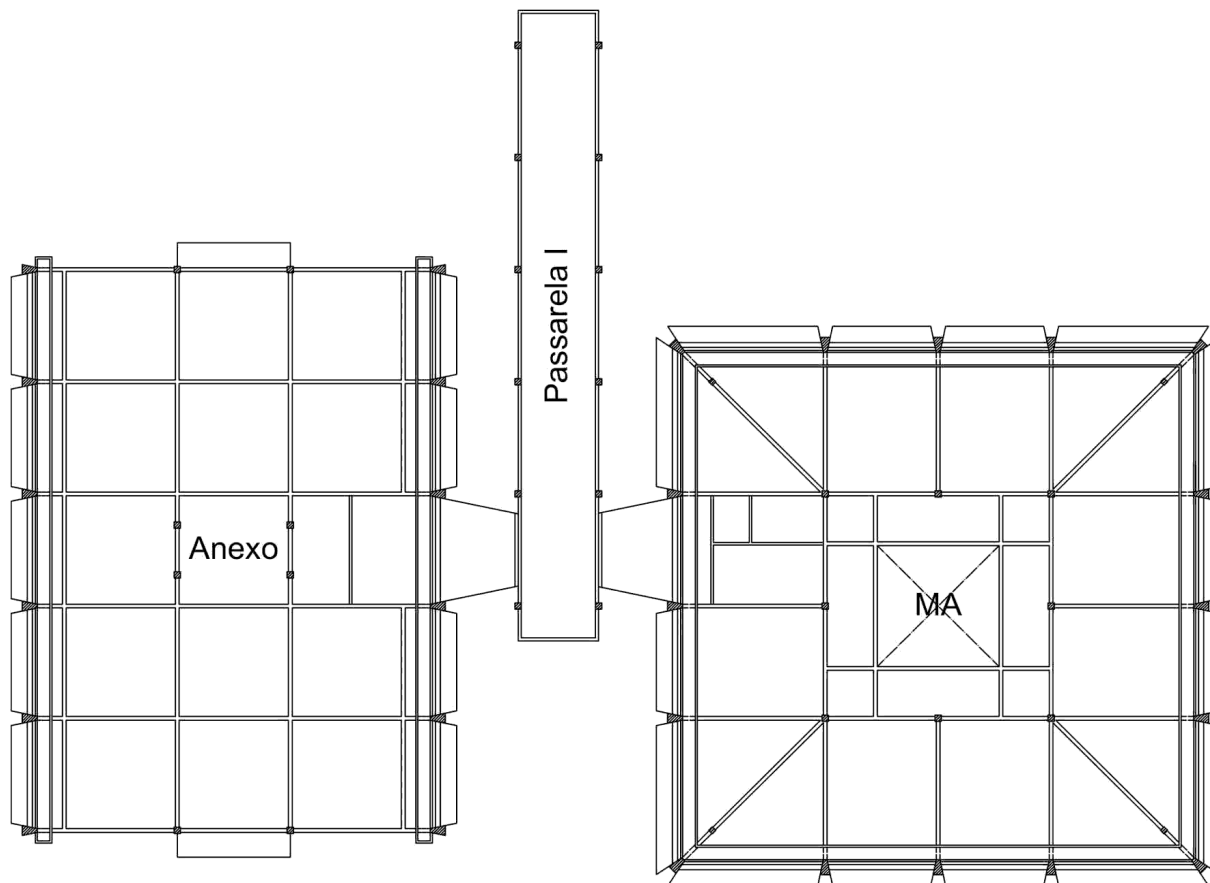


Fonte: Os autores, 2023.

segunda têm-se o Módulo Teórico (MT) e Cantina, conforme a Figura 5; na terceira o Módulo Prático (MP) e Passarela II, conforme a Figura 6 e por último têm-se o Pavilhão de Aulas Teóricas (PAT) e Passarela III, ilustrados na Figura 7, sem

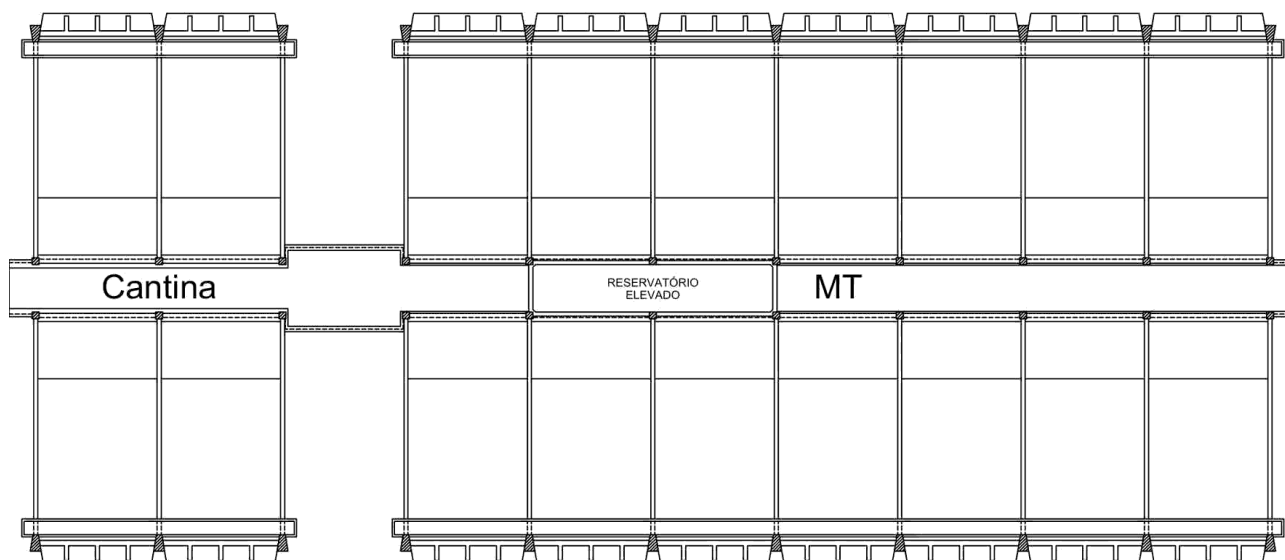
escala definida. Estas ilustrações foram elaboradas através dos projetos estruturais em formato físico disponibilizados pela Gerência de Projetos (GEPRO) da UEFS.

Figura 4 - Planta de Cobertura da Seção I contendo o MA, Anexo e Passarela I



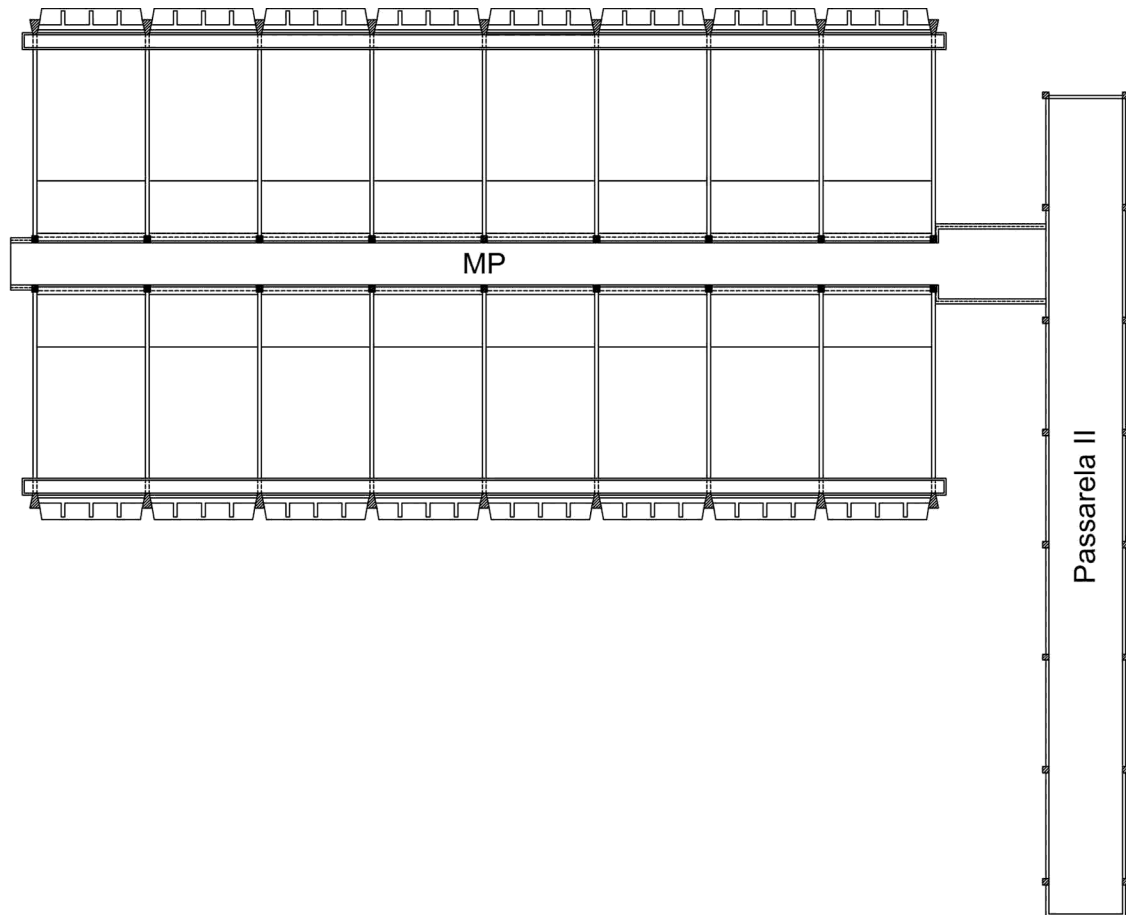
Fonte: Os autores, 2023.

Figura 5 - Planta de Cobertura da Seção II contendo o MT e Cantina



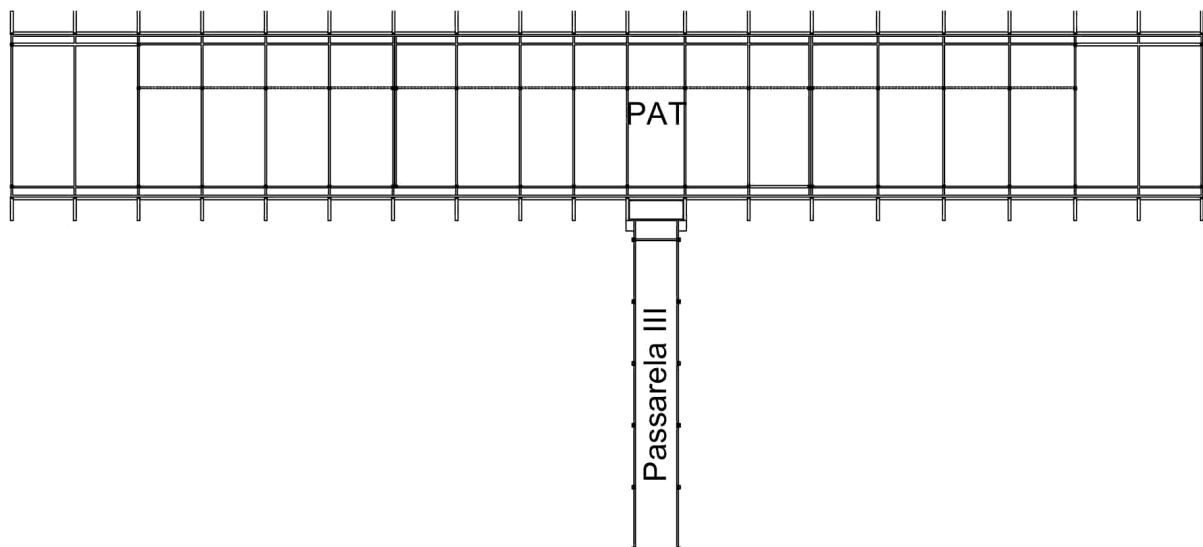
Fonte: Os autores, 2023.

Figura 6 - Planta de Cobertura da Seção III contendo o MP e Passarela II



Fonte: Os autores, 2023.

Figura 7 - Planta de Cobertura da Seção IV contendo o PAT e Passarela III



Fonte: Os autores, 2023.

Para definição das famílias de elementos estruturais e seus componentes, foram utilizados como critérios de seleção a função estrutural do elemento, a ausência de obstrução visual, ou de acesso, e a garantia da segurança do inspetor. Assim, foram definidos as famílias listadas a seguir e os fatores de relevância estrutural (Tabela 3):

- Calhas, caracterizadas como elemento arquitetônico;
- Juntas de dilatação, presentes apenas na quarta seção;
- Lajes, que tiveram apenas a sua superfície inferior inspecionada;
- Pilares, cuja inspeção teve como limite o campo visual a partir do solo;

- Vigas, que em sua maioria se apresentam como invertidas;
- Vigas baldrame, incluindo apenas aquelas não cobertas pelo solo.

A inspeção do Módulo III foi iniciada na primeira seção, percorrendo as demais. Em campo, foi utilizado o Roteiro de Inspeção de Estruturas de Concreto Armado adaptado por Fonseca (2007) e planilhas a serem preenchidas com os dados coletados. Durante a visita, foi feita a atribuição dos fatores de intensidade associados às manifestações patológicas e foram registradas observações sobre o que foi encontrado. Para os fatores de ponderação, foram utilizados os presentes nas tabelas de cada família no roteiro, exceto para a categoria de fissuras. Nesta, o valor de ponderação depende do processo causador, sendo adotado aquele que fosse mais adequado ao contexto.

Tabela 3 - Fatores de relevância estrutural aplicados para cada família

Família de Elementos	Fator de Relevância Estrutural
Calhas	1,0
Juntas de dilatação	3,0
Lajes	4,0
Pilares, vigas e vigas baldrame	5,0

Fonte: Os autores, 2023.

Algumas considerações foram tomadas para certos danos. Para a carbonatação, não foram realizados ensaios para a determinação de sua profundidade e, assim, não foram incluídos nas inspeções. Para o cobrimento deficiente, levou-se em conta apenas as situações em que elementos da armadura se encontravam expostos na superfície não danificada de concreto, não sendo feitas medições. E, para a contaminação por cloretos, não foram realizados ensaios, mas sua análise levou em conta o contato recorrente do elemento inspecionado com produtos de limpeza.

No processamento dos dados coletados nas planilhas de inspeção, foi determinado o grau de dano das manifestações, o grau de deterioração dos elementos, o grau de deterioração das famílias de elementos e o grau de deterioração das estruturas (seções). Foram definidos também os níveis de degradação associados a cada parâmetro classificável pelo método GDE/UnB. Devido ao volume de dados a serem processados, optou-se por elaborar rotinas de programação escritas na linguagem *Python*, em sua versão 3.9.2, com o auxílio da biblioteca *openpyxl*, na versão 3.1.2.

As ferramentas desenvolvidas foram aplicadas na criação, leitura e escrita de planilhas no formato do *Microsoft Excel* 2010, sendo os arquivos de entrada as produzidas na etapa de inspeção e o de saída um resumo com as informações de cada elemento, família e seção. Para auxiliar na visualização de informações e elaboração de relatórios, também foi utilizada a biblioteca *SQLite*, na versão 3.41.2, a qual segue o padrão *Structured Query Language* (SQL) para gerenciamento de banco de dados.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ao fim da inspeção das seções utilizadas para o Módulo III, o total de elementos detectados através dos projetos foi de 514, porém só foi possível estudar 316 destes. Isto ocorreu devido à dificuldade de acesso visual a elementos cobertos por vegetação, revestidos por materiais cerâmicos, enterrados ou em altura que impedia a sua inspeção a partir do solo, uma vez que não era possível o trabalho em altura por questões de segurança. Houve também aqueles com bloqueio de acesso por estarem localizados nos vãos entre lajes e telhados.

Do total de elementos identificados nos projetos, 8 se encontram na família de calhas, 4 pertencem à família de juntas de dilatação, 20 estão na família de lajes, 258 compõem a família de pilares, 142 integram a família de vigas e 82 constam na família de vigas baldrame. Já para os elementos examinados, todas as calhas, juntas de dilatação e lajes foram investigadas, para os pilares o total foi de 219, entre as vigas foram avaliadas 39, e para vigas baldrame 26 elementos foram inspecionados. Mais detalhes sobre a distribuição por seção dos componentes estruturais no Módulo III constam na Tabela 4.

Tabela 4 - Distribuição de elementos inspecionados por famílias e seção

Seção	Calha	Junta	Laje	Pilar	Viga	Viga Baldrame
Seção I	2	-	7	72	13	18
Seção II	4	-	5	43	7	-
Seção III	2	-	4	52	9	3
Seção IV	-	4	4	52	10	5

Fonte: Os autores, 2023.

Ao longo da inspeção realizada no Módulo III, foram encontradas manifestações patológicas em variados estados de desenvolvimento. As frequências destes danos se encontram distribuídas na Tabela 5, da maior para menor, considerando todos os elementos inspecionados, independente de sua origem.

Tabela 5 - Distribuição geral das manifestações patológicas encontradas

Dano	Frequência (%)
Mancha	66,77
Desplacamento	65,82
Corrosão de armadura	44,30
Cobrimento deficiente	13,92
Contaminação por cloretos	12,03
Falha de concretagem	10,44
Umidade	9,49
Fissura	8,54
Eflorescência	2,85
Umidade na base	1,58

Fonte: Os autores, 2023.

A Seção I é, dentre as definidas, a que possui o maior número de elementos examinados. Nesta foi possível inspecionar calhas, lajes, pilares, vigas e vigas baldrame. Na Tabela 6 pode ser vista a distribuição do nível de deterioração dos elementos para cada uma destas famílias. Esta análise não inclui juntas de dilatação, pois o MA, Anexo e Passarela I não possuem elementos desta família.

Tabela 6 - Distribuição do nível de deterioração do elemento na Seção I

Família	Nível de Deterioração (%)				
	Baixo	Médio	Alto	Sofrível	Crítico
Calha	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Laje	42,86	57,14	0,00	0,00	0,00
Pilar	55,56	25,00	19,44	0,00	0,00
Viga	61,54	0,00	38,46	0,00	0,00
Viga Baldrame	38,89	33,33	27,78	0,00	0,00

Fonte: Os autores, 2023.

As manifestações patológicas mais recorrentes na família de calhas da Seção I foram as manchas, umidade, corrosão de armadura e deslocamento. Para as lajes, os danos se apresentaram bem distribuídos entre os níveis baixo e médio de deterioração. Entre os danos identificados para este grupo, foram encontrados umidade, manchas e fissuras provocadas por flexão e momentos volventes. Já os pilares, se apresentam corrosão de armadura, deslocamento, manchas, falha de concretagem, contaminação por cloretos, fissuras e umidade na base (Figura 8). Na família de vigas, apenas dois tipos de manifestações patológicas foram observadas: manchas e umidade. Por fim, as vigas baldrame tiveram como manifestações mais recorrentes a corrosão de armadura, cobrimento deficiente, deslocamento, fissuras, manchas e umidade.

Figura 8 - Manifestações patológicas encontradas nos pilares da Seção I



Fonte: Os autores, 2023.

A Seção II é a que possui o menor número de elementos inspecionados. Nesta foram examinadas calhas, lajes, pilares e vigas. Na Tabela 7 está a distribuição do nível de deterioração dos elementos para cada uma destas famílias. Esta análise, assim como a anterior, não inclui juntas de dilatação, pois a MT e Cantina não possuem representantes deste grupo. Além disso, não foram inspecionadas vigas baldrames pois estas se encontravam abaixo do nível do solo.

Tabela 7 - Distribuição do nível de deterioração do elemento na Seção II

Família	Nível de Deterioração (%)				
	Baixo	Médio	Alto	Sofrível	Crítico
Calha	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Laje	60,00	40,00	0,00	0,00	0,00
Pilar	88,37	6,98	4,65	0,00	0,00
Viga	57,14	28,57	14,29	0,00	0,00

Fonte: Os autores, 2023.

Para a família de calhas da Seção II, as manifestações patológicas mais recorrentes neste foram manchas, corrosão de armadura e deslocamento. As lajes apresentam danos como manchas, eflorescência, fissuras por flexão e momentos volventes, e umidade. Já a família de pilares encontra-se afetada por deslocamento, manchas, contaminação por cloretos, corrosão de armadura, cobrimento deficiente, falha de concretagem e umidade na base. Com relação às manifestações patológicas na família de vigas, as manchas, fissuras mapeadas, deslocamento e corrosão de armadura foram os danos identificados. Na Figura 9 encontram-se ilustradas algumas destas.

A Seção III, que é formada pelo MP e a Passarela II, teve como famílias examinadas a de calhas, lajes, pilares, vigas e, diferente da anterior, vigas baldrames. Também não foram inspecionadas as juntas de dilatação pois a estrutura não possui elementos deste tipo. Na Tabela 8 encontra-se a distribuição do seu nível de deterioração.

Tabela 8 - Distribuição do nível de deterioração do elemento na Seção III

Família	Nível de Deterioração (%)				
	Baixo	Médio	Alto	Sofrível	Crítico
Calha	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Laje	50,00	50,00	0,00	0,00	0,00
Pilar	65,38	28,85	5,77	0,00	0,00
Viga	11,11	88,89	0,00	0,00	0,00
Viga Baldrame	0,00	33,33	66,67	0,00	0,00

Fonte: Os autores, 2023.

As calhas da Seção III apresentam como manifestações patológicas identificadas as manchas, cobrimento deficiente e corrosão de armadura. A distribuição de danos na família de lajes se manifesta através de manchas, umidade e fissuras por flexão e por momento volventes. Os pilares apresentaram

Figura 9 - Manifestações patológicas encontradas em vigas, lajes e calhas da Seção II



Fonte: Os autores, 2023.

deslocamento, corrosão de armadura, manchas e contaminação por cloretos. Na família de vigas, os principais danos encontrados foram manchas e fissuras mapeadas. Para as vigas baldrame, os danos encontrados foram cobertura deficiente, eflorescência, corrosão de armadura e umidade. Na Figura 10 encontram-se algumas das manifestações patológicas. A Seção IV inclui as estruturas com data de construção mais recente e nesta foram inspecionadas juntas de dilatação, lajes, pilares, vigas e vigas baldrame. Na Tabela 9 pode ser observada a distribuição do nível de deterioração dos elementos para estas famílias. A análise não inclui calhas,

Figura 10 - Manifestações patológicas encontradas na Seção III



Fonte: Os autores, 2023.

mas juntas de dilatação, sendo o PAT e Passarela III as únicas estruturas que seguem esta composição. Todas as juntas de dilatação da Seção IV se apresentam com nível de deterioração médio e apenas uma manifestação patológica: umidade, a qual proporcionou o surgimento de microorganismos e eflorescência. As lajes tiveram como manifestações patológicas observadas as manchas. O grupo de pilares apresenta os danos: deslocamento, manchas, corrosão de armadura, falha de concretagem, cobertura deficiente, eflorescência e fissuras. Os elementos inspecionados na família de vigas apresentaram manchas, cobertura deficiente, corrosão de armadura, deslocamento, eflorescência, fissuras e falha de concretagem. Já a família de vigas baldrame foi a única que apresentou elementos nos estados crítico e sofrível de degradação. As manifestações patológicas registradas foram: corrosão de armadura e deslocamento, porém havendo perda significativa de seção de concreto e aço (Figura 11).

Tabela 9 - Distribuição do nível de deterioração do elemento na Seção IV

Família	Nível de Deterioração (%)				
	Baixo	Médio	Alto	Sofrível	Crítico
Junta	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00
Laje	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pilar	55,77	25,00	19,23	0,00	0,00
Viga	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00
Viga Baldrame	0,00	0,00	40,00	20,00	40,00

Fonte: Os autores, 2023.

Figura 11 - Manifestações patológicas encontradas na Seção IV



Fonte: Os autores, 2023.

Na Tabela 10 estão dispostos os valores encontrados para o grau de deterioração das famílias em cada seção. Os campos que não apresentam valores são aqueles nos quais o conjunto não foi identificado (calhas ou juntas de dilatação) ou não inspecionado (vigas baldrame) para a seção indicada.

Observa-se que as calhas e lajes não impactam no grau de deterioração da estrutura ao qual estão vinculadas. Isto ocorre porque os elementos nestas famílias apresentam baixo nível de deterioração do elemento e, portanto, seu dano está em uma faixa aceitável. No método GDE/UnB, o grau de deterioração da família não possui uma classificação para o estado de degradação, assim não é possível correlacionar os valores obtidos com com uma escala de referência. Na Tabela 11 é apresentado o grau de deterioração de cada uma das seções.

Tabela 10 - Distribuição do grau de deterioração das famílias por seção

Seção	Grau de Deterioração da Família					
	Calha	Junta	Laje	Pilar	Viga	Viga Baldrame
Seção I	0	-	61	92	83	87
Seção II	0	-	54	68	72	-
Seção III	0	-	46	90	46	72
Seção IV	-	52	0	80	62	179

Fonte: Os autores, 2023.

Com base nos valores obtidos para o grau de deterioração da estrutura de cada seção e na classificação proposta por Fonseca (2007), é possível definir ações a serem adotadas em cada caso. Para as Seção I, Seção II e Seção III, a recomendação é uma inspeção detalhada para investigar os problemas encontrados. Esta deve ser planejada para ocorrer a médio prazo, não demorando mais que 1 ano. Para a Seção IV, a mesma recomendação se aplica, mas a intervenção deve ser dentro do limite de 6 meses.

Tabela 11 - Distribuição do grau de deterioração da estrutura por seção

Seção	Grau de Deterioração da Estrutura	Nível de Deterioração
Seção I	78	Alto
Seção II	61	Alto
Seção III	61	Alto
Seção IV	80	Sofrível

Fonte: Os autores, 2023.

CONCLUSÃO

O objetivo principal deste artigo foi avaliar, de forma quantitativa, o grau de deterioração da estrutura em concreto armado do Módulo III da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS) utilizando o método GDE/UnB.

Com base nos resultados obtidos, é possível afirmar que este foi atingido. O grau de deterioração da estrutura apresentou-se distribuído no nível de dano alto, exceto para a Seção IV, a qual se encontra em estado sofrível. Estes resultados correspondem à realidade encontrada durante a realização da inspeção. Nela, foram identificados problemas como corrosão de armadura, inclusive em pontos que já haviam passado por reparos, manchas, cobrindo grandes superfícies, e fissuras com variadas configurações.

Conforme o exposto e as recomendações do método GDE/UnB, são necessárias intervenções para a realização de reparos nas estruturas das Seções I, II e III no prazo máximo de 1 ano, ou de 6 meses para a Seção IV. É importante destacar que estas indicações são feitas com o objetivo de reduzir os custos com a realização de manutenções corretivas e não de definir o fim da vida útil da estrutura. Os possíveis benefícios adquiridos com adoção destas recomendações seriam o controle da propagação dos danos, a restauração da vida útil das estruturas e a redução do custo de reparo, comparando-o com o necessário caso estas intervenções sejam adiadas.

Os resultados obtidos foram coerentes para o estado de degradação dos elementos inspecionados, com apenas uma ressalva. O PAT, na Seção IV, é a única estrutura a apresentar os níveis de degradação sofrível e crítico. Observando os elementos em estado crítico, verifica-se que os graus de deterioração destoam dos encontrados para os demais componentes da família de vigas baldrame. O valor encontrado foi 137, enquanto o segundo maior valor na família foi 84. A justificativa para isto é que estes elementos apresentam perda de seção de concreto e aço significativas. Entretanto, o seu estado atual não implicou na perda de estabilidade da estrutura.

Realizando a determinação do grau de deterioração da Seção IV desconsiderando as vigas baldrame em estado crítico e sofrível, o valor obtido é 63. Para este, o método GDE/UnB indica nível alto de degradação e recomenda intervenção em até 1 ano, colocando esta seção em condições próximas às demais. Este fato contrasta com o nível sofrível e intervenção em até 6 meses da análise anterior, porém a realização de reparos para restaurar as condições de serviço destes elementos ainda é necessária.

REFERÊNCIAS

- BERTOLINI, L. **Materiais de construção: patologia, reabilitação, prevenção**. Tradução: Leda Maria Marques Dias Beck. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 414 p. Título Original: Materiali da costruzione: degrado, prevenzione, diagnoze, restauro. ISBN 978-85-7975-010-6.
- BOLDO, P. **Avaliação quantitativa de estruturas de concreto armado de edificações no âmbito do Exército Brasileiro**. 2002. 312 f. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) – Universidade de Brasília, Brasília, 2002. Disponível em: www.pecc.unb.br/wp-content/uploads/dissertacoes/M02-1A-Plínio-Boldo.pdf. Acesso em: 17 set. 2023.
- CASTRO, E. K. **Desenvolvimento de metodologia para manutenção de estruturas de concreto armado**. 1994. 139 f. Dissertação (Mestrado em Estruturas) – Universidade de Brasília, Brasília, 1994. Disponível em: <http://www.pecc.unb.br/wp-content/uploads/dissertacoes/M94-4A-Eliane-de-Castro.pdf>. Acesso em: 17 set. 2023.
- EUQUERES, P. **Metodologia de inspeção em estruturas de pontes de concreto armado**. 2011. 170 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2011. Disponível em: <https://repositorio.bc.ufg.br/teseserver/api/core/bitstreams/46291ea3-a6e5-41b0-9af9-cfee76161e7d/content>. Acesso em: 17 set. 2023.
- FONSECA, R. P. **A estrutura do Instituto Central de Ciências: aspectos históricos, científicos e tecnológicos de projeto, execução, intervenções e proposta de manutenção**. 2007. 231 f. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) – Universidade de Brasília, Brasília, 2007. Disponível em: https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/3062/1/2007_RegisPamponetdaFonseca.pdf. Acesso em: 06 jun. 2023.
- KLEIN, D. L.; GASTAL, F. P. S. L.; CAMPAGNOLO, J. L.; SILVA FILHO, L. C. P. Critérios adotados na vistoria e avaliação de obras de arte. In: JORNADAS SUL-AMERICANAS DE ENGENHARIA ESTRUTURAL, 25., 1991, Porto Alegre. **Anais [...]**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1991. p. 185-196.
- LOPES, B. A. R. **Sistema de manutenção predial para grandes estoques de edifícios: estudo para inclusão do componente “estrutura de concreto”**. 1998. 158 f. Dissertação (Mestrado em Estruturas) – Universidade de Brasília, Brasília, 1998. Disponível em: <http://www.pecc.unb.br/wp-content/uploads/dissertacoes/M98-11A-Benedito-Lopes.pdf>. Acesso em: 17 set. 2023.
- MEDEIROS, A. G. **Análise de durabilidade da ponte de Rio do Carmo utilizando ensaios não destrutivos, norma DNIT e a metodologia GDE/UnB**. 2015. 165 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015. Disponível em: https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/20496/1/AlissonGadelhaDeMedeiros_DISSERT.pdf. Acesso em: 17 set. 2023.
- TUUTTI, K. **Corrosion of steel in concrete**. 1982. 473 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Department of Building Materials, Swedish Cement and Concrete Research Institute, Stockholm, 1982. Disponível em: <https://lup.lub.lu.se/search/ws/files/4709458/3173290.pdf>. Acesso em: 17 set. 2023.
- VERLY, R. C. **Avaliação de metodologias de inspeção como instrumento de priorização de intervenções em obras de arte especiais**. 2015. 198 f. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) – Universidade de Brasília, Brasília, 2015. Disponível em: <http://www.pecc.unb.br/wp-content/uploads/dissertacoes/M15-15B-Rog%C3%A9rio-Verly.pdf>. Acesso em: 17 set. 2023.