

ENSAIO DE POTENCIAL DE CORROSÃO E METODOLOGIA GDE/UnB PARA ANÁLISE DA ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO: ESTUDO DE CASO EM LAURO DE FREITAS – BA

Corrosion potential test and GDE/ Unb methodology for analysis of the armed concrete structure: Case study in Lauro de Freitas – BA

Jurandir Ferreira Araújo Filho ¹, Moises Ferreira Eleutério Silva ², Bruna Bueno Mariani ³



PALAVRAS CHAVE:

Patologias em edificações;
Concreto armado;
Método GDE/UnB;
Ensaio de Potencial de corrosão;
Manutenção de estruturas de concreto.

KEYWORDS:

Building pathologies;
Reinforced concrete;
GDE/UnB Method;
Corrosion Potential Test;
Maintenance of concrete structures.

RESUMO: É evidente que o número de edificações com problemas associados às manifestações patológicas tem crescido nos últimos anos, seja devido às falhas congênitas, construtivas ou adquiridas. Acontece que, por vezes, o diagnóstico e prognóstico envolvem diferentes graus de incerteza e subjetividade. A metodologia GDE/UnB, complementada com ensaios de potencial de corrosão, pode ser uma alternativa interessante para uma análise mais assertiva quanto ao nível de deterioração, facilitando ações de manutenção e recuperação das estruturas de concreto. O procedimento metodológico consistiu na seleção de uma edificação e a realização de ensaio de potencial de corrosão com aplicação da metodologia GDE/UnB para quali-quantificar o nível de deterioração da estrutura. Como resultado, pôde-se identificar pontos de maior criticidade na edificação, além de zonas de maior probabilidade de corrosão dos elementos estruturais indicados pelo mapa de contorno equipotencial.

ABSTRACT: It is evident that the number of buildings with problems associated with pathological manifestations has grown in recent years, either due to congenital, constructive or acquired failures. It turns out that sometimes the diagnosis and prognosis involve different degrees of uncertainty and subjectivity. The GDE / UnB methodology, complemented with corrosion potential tests, can be an interesting alternative for a more assertive analysis regarding the level of deterioration, facilitating actions for the maintenance and recovery of concrete structures. The methodological procedure consisted of selecting a building and conducting a corrosion potential test using the GDE / UnB methodology to qualify the level of deterioration of the structure. As a result, it was possible to identify points of greatest criticality in the building, in addition to areas of greater probability of corrosion of the structural elements indicated by the equipotential contour map.

* Contato com os autores:

Publicado em 29 de dezembro de 2022

¹ e-mail: jurandirprojetos@hotmail.com (J. F. Araújo Filho)

Arquitetura e Urbanismo, Pós-Graduado em Tecnologia e Gerenciamento de Obras, Centro Universitário SENAI CIMATEC.

² e-mail: moises.silva@fieb.org.br (M. F. E. Silva)

Engenheiro Civil e Eng. Sanitarista e Ambiental, Mestre em Engenharia Civil, Prof. Assistente, Centro Universitário SENAI CIMATEC.

³ e-mail: bruna.mariani@fieb.org.br (B. B. Mariani)

Engenheira Civil, Mestre em Engenharia Civil e Professora Assistente do SENAI CIMATEC.

1. INTRODUÇÃO

A corrosão é um dos problemas mais complexos e recorrentes nas estruturas de concreto armado e tem preocupado empresas e a comunidade científica internacional. Segundo o NACE, através do *International Measures of Prevention Application, and Economics of Corrosion Technology Study - IMPACT* (2013), o custo global da corrosão é estimado em U\$ 2,5 trilhões de dólares, equivalente a 3,4 % do PIB dos EUA. O estudo destaca que adoção de medidas de controle podem economizar de 15 a 35% do custo com reparos, representando um montante que pode variar entre U\$ 375 bilhões e U\$ 875 bilhões de dólares.

Os ensaios e medições de campo, por meio de técnicas eletroquímicas, têm sido utilizados com frequência em edificações para auxiliar na avaliação do potencial de corrosão da estrutura de concreto. A ASTM C 876 é a norma que estabelece os procedimentos de execução do ensaio e que permite obter uma estimativa da probabilidade de corrosão das armaduras, podendo ser executados em ambientes laboratoriais ou “*in loco*”. Verma et al. (2014) relatam alguns dispositivos que podem ser utilizados para avaliar o potencial de corrosão de armaduras em concreto, com destaque para o potencial de meia-célula, sendo mais utilizado devido à praticidade e simplicidade de execução, além de conferir bons resultados. Medeiros et al. (2017) corroboram com estudos dentro da mesma temática, pontuando alguns fatores de influência relacionados ao concreto, ao ambiente e aos procedimentos adotados no momento da realização das leituras. No trabalho foi possível observar uma sensibilidade nas medições de potencial de meia-célula, principalmente nas primeiras fases do experimento (70 dias de cura úmida), justificado pelo processo de formação de uma camada de óxido de ferro da camada passivadora do aço. Os autores concluem a variabilidade de características que se podem ter do concreto e do ambiente de exposição e a necessidade de novos trabalhos para subsidiar uma generalização das conclusões acerca do tema.

Outro importante método de inspeções em edificações para aferir a qualidade das estruturas de concreto é a metodologia GDE/UnB, cujo objetivo é a quantificação de danos para estimar o comportamento isolado ou global das estruturas. Vilas Boas et al.(2018) aplicaram o método para uma edificação residencial com intuito de avaliar globalmente os danos e o comportamento da estrutura do concreto. Os resultados obtidos constataram que a estrutura apresenta um nível de degradação entre crítico e sofrível o que permite extrair informações quanto a intervenção, seja curto, médio ou longo prazo e, em algumas situações, uma intervenção imediata. Medeiros (2020) utilizou as metodologias GDE/UnB adaptado e a Norma DNIT 010, para avaliar o grau de dano e deterioração de uma ponte situada no nordeste brasileiro. Os autores obtiveram resultados coerentes entre ambos os métodos, indicando nível de deterioração alto, sobretudo, um refinamento de resultados que permitiu classificar o estado de conservação e medidas de intervenção.

2. OBJETIVO

O presente estudo visa aplicar o método GDE/UnB e calibrar com informações a respeito do ensaio de potencial de corrosão adaptado para aferição quali-quantitativa do comportamento da integridade das estruturas de concreto.

3. METODOLOGIA

A estrutura metodológica foi subdividida em etapas preliminares, com a definição e entendimento do problema patológico, perpassando pelo levantamento de subsídios até o estabelecimento de proposições e alternativas de intervenção. A Figura 1 representa uma descrição sumária das etapas relevantes tratadas ao longo do trabalho.

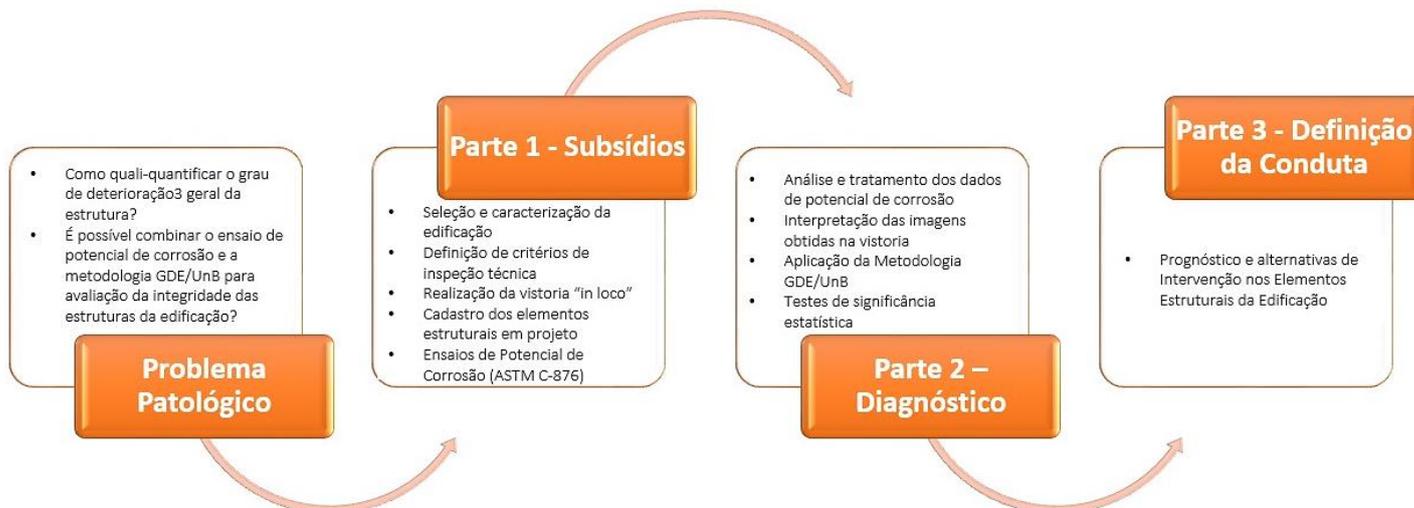


FIGURA 1: Estrutura esquemática dos procedimentos metodológicos.
FONTE: Autoria própria.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA EDIFICAÇÃO

A seleção e definição da edificação do estudo de caso deu-se a partir da análise de dois critérios. O primeiro estava relacionado a uma unidade com padrão de pequeno porte que apresentasse um grau de deterioração com exposição das armaduras dos principais elementos estruturais. O segundo fator relacionava-se à localização de uma região com agressividade ambiental moderada a forte, segundo a NBR 6118 (2014), cujo enquadramento de classe encontra-se entre a zona urbana e marinha.

O edifício é de natureza residencial, localizado na Rua do Sabiá, nº 176, cidade de Lauro de Freitas-BA. A edificação é considerada de pequeno porte e constituída por um pavimento térreo e pavimento superior, como demonstrado na Figura 2. As estruturas foram executadas em concreto armado, com alvenaria de vedação em bloco cerâmico, sendo em parte em revestimento cerâmico, pintura e reboco. Além disso, apresenta uma área construída de 235,75m², com idade de construção aproximada de 27 anos.

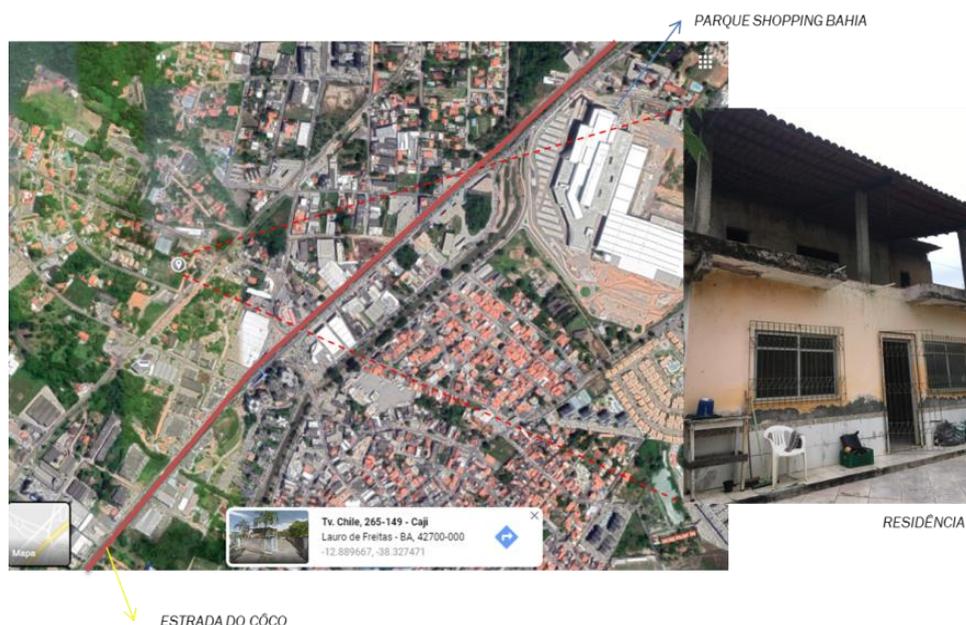


FIGURA 2: Planta de situação e imagem da fachada da edificação.
FONTE: Imagem Google Maps (2020) e registro fotográfico (2020).

Em razão da inexistência de documentações gráficas e memoriais descritivos da edificação foram feitos cadastros, a partir de uma identificação visual das posições dos elementos estruturais, como vigas e pilares, conforme pode ser visualizado na Figura 3.

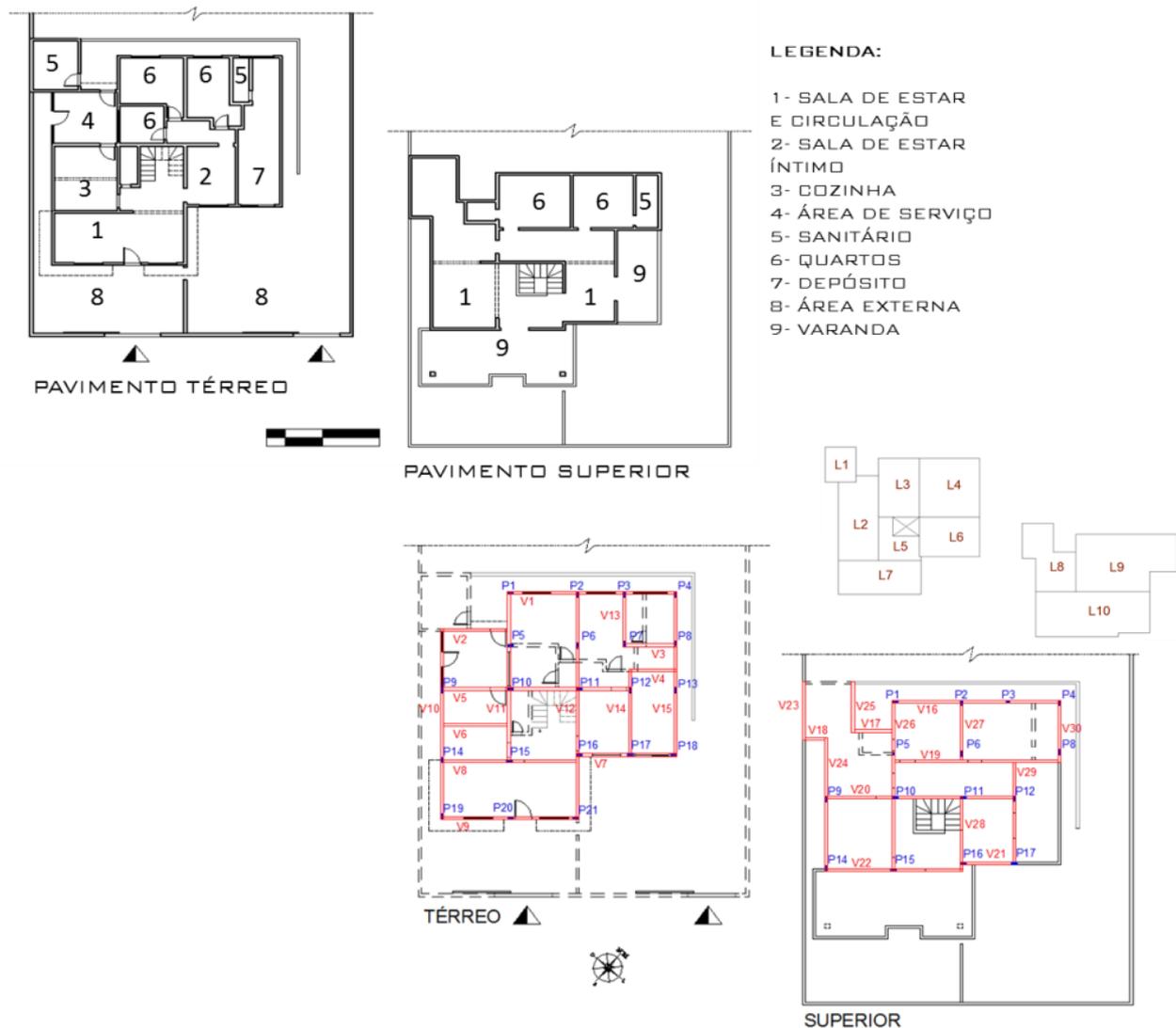


FIGURA 3: Planta baixa do pavimento térreo e pavimento superior.

FONTE: Autoria própria.

3.2 MÉTODO PRATICADO PARA OBTENÇÃO DOS RESULTADOS GDE/UnB e POTENCIAL DE CORROSÃO

3.2.1 GDE/UnB

A aplicação do método GDE/UnB foi realizada mediante avaliações e inspeções “in loco”, através de um roteiro técnico. Foi feita análise de toda a estrutura por elementos, registrando as manifestações patológicas e atribuindo para cada não conformidade os respectivos valores de Fator de Ponderação e Intensidade. Em seguida, foi calculado o valor do dano e depois o grau de deterioração dos elementos e das famílias de elementos de mesma natureza. Por fim, foi possível obter o grau de deterioração da estrutura. Para cada resultado obtido identificou-se o nível de deterioração da estrutura e ações de intervenção a serem adotadas, através da tabela de informação criada por Castro (1994) e adaptada por Fonseca (2007).

A metodologia é apresentada na Figura 4, que mostra os procedimentos a serem seguidos, de forma sistemática, para o desenvolvimento das inspeções estruturais e avaliação dos resultados. As inspeções estruturais foram realizadas com base no roteiro de inspeção para estrutura de concreto,

desenvolvida por Castro (1994) e adaptado por Fonseca (2007) para ser preenchido, onde constam, além das informações básicas sobre a estrutura, diversas matrizes que reúnem os dados necessários ao desenvolvimento do fluxograma.

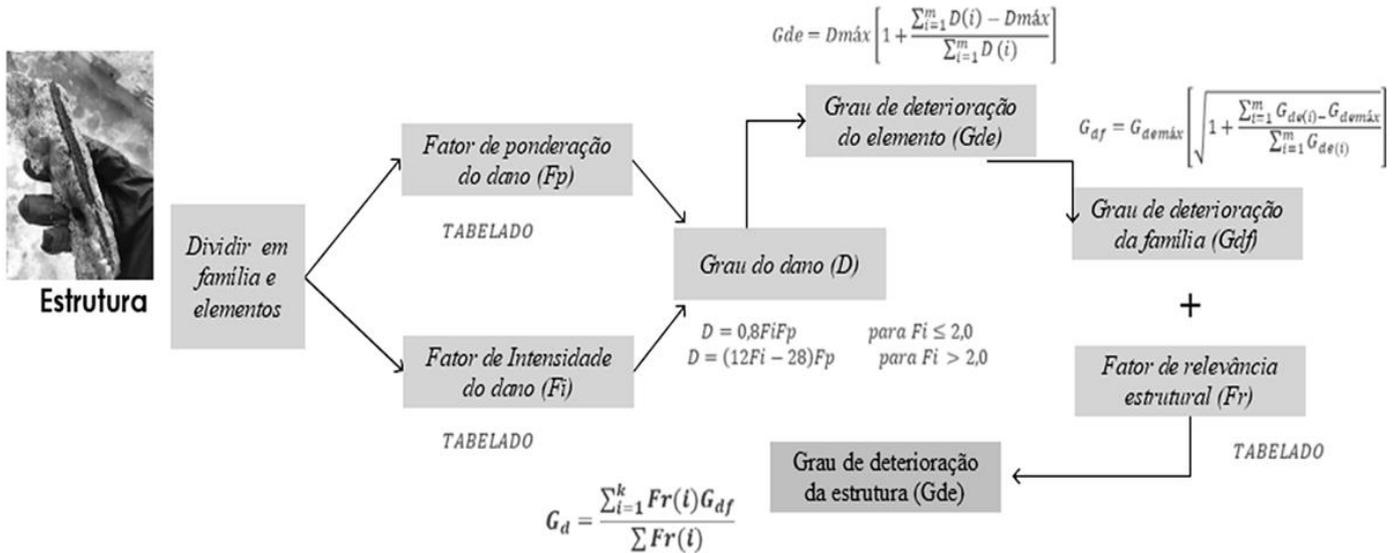


FIGURA 4: Fluxograma com fórmulas das etapas da Metodologia GDE/UnB

FONTE: Fonseca (2007).

3.2.2 Potencial de corrosão

Seguindo os procedimentos estabelecidos pela norma ASTM C 876 – Método padrão para potenciais de meia célula, foi feita a adaptação dos materiais com o uso de multímetro, eletrodos de sulfato de cobre, esponja e cabo tipo “garra jacaré”, conforme ilustrado na Figura 5.

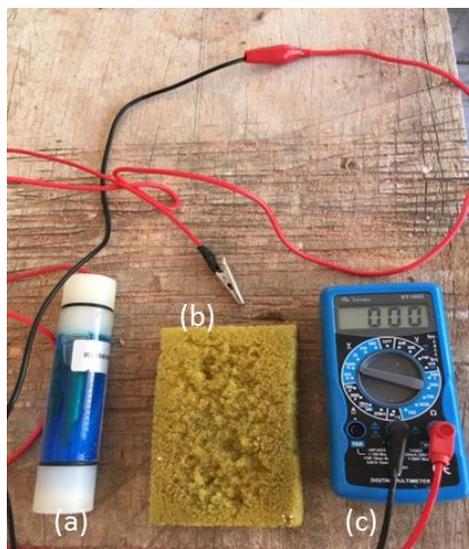


FIGURA 5. Apresentação dos materiais: [a] imagem do eletrodo de sulfato de cobre; [b] esponja e [c] multímetro.

FONTE: Autoria própria.

Para o ensaio de potencial de corrosão foram avaliadas vigas e pilares com ferragem exposta, em estágio aparentemente mais avançado de deterioração. Na Figura 6 estão indicados, em planta baixa da edificação, as vigas e pilares submetidos ao ensaio de potencial de corrosão através do eletrodo de referência de Meia célula de Sulfato de Cobre. Foram feitas as medições de potencial nas vigas do pavimento superior V20 e V26 e os pilares selecionados foram P9 e P17.

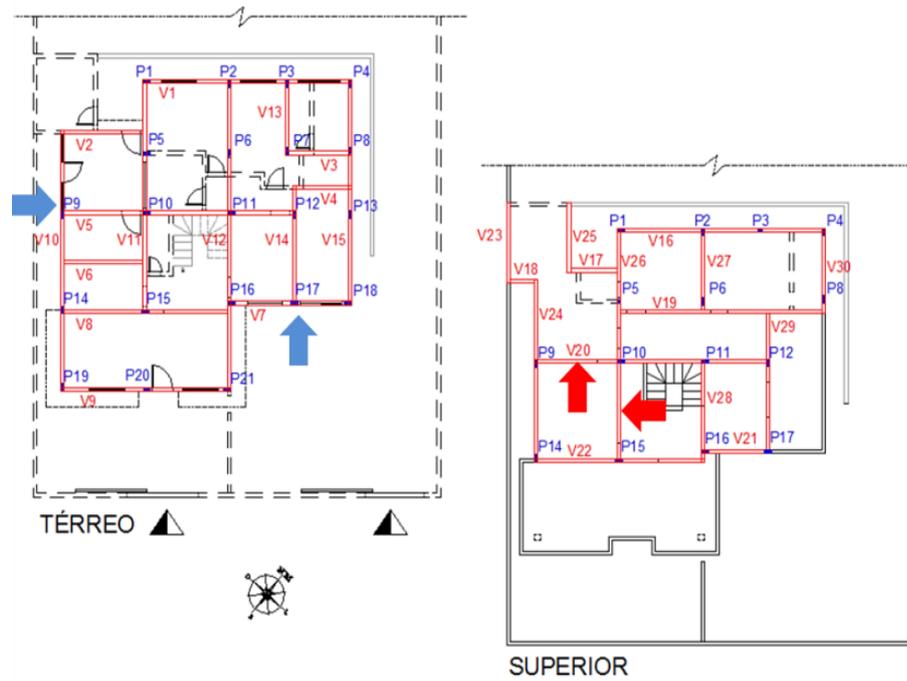


FIGURA 6. Planta baixa do pavimento térreo e superior com indicação das vigas e pilares que serão analisados.
FONTE: Autoria própria.

Para as vigas foram feitas leituras a cada vinte centímetros de distância. A quantidade de pontos para a leitura do potencial de corrosão depende do comprimento da viga. Para a medição no pilar, as leituras foram realizadas também a cada vinte centímetros de distância como demonstrado na Figura 7.

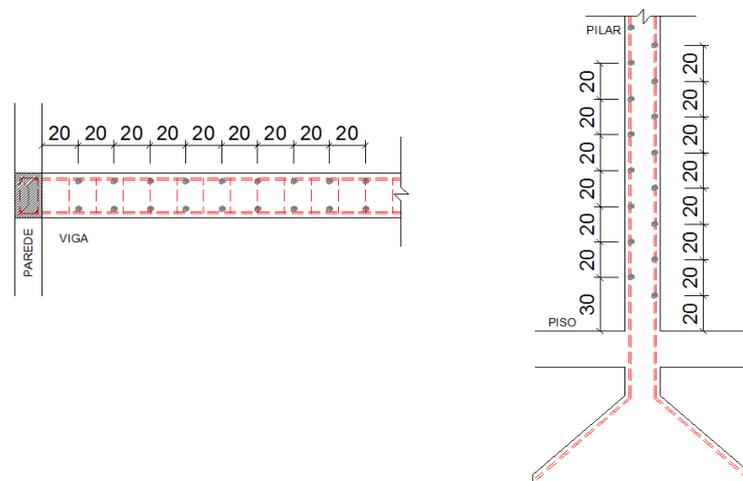


FIGURA 7. Representação esquemática da viga e pilar com a marcação para leitura do potencial de corrosão a ser seguido.
FONTE: Autoria própria.

O fluxograma do processo envolvendo as etapas de preparação e ensaio encontra-se representado na Figura 8 de acordo com a norma ASTM C 876.



FIGURA 8. Diagrama de fluxo do processo.
FONTE: Adaptado de Rincon *et al.* (1998).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 POTENCIAL DE CORROSÃO (E_{corr})

A seguir serão apresentados os valores de potencial de corrosão das vigas e pilares que foram escolhidos para análise. Segundo a norma ASTM C-876, nos valores mais positivos de -200mV a probabilidade de corrosão é de 10%, de -200 à -350mV a probabilidade é incerta e nos valores mais negativos que 350mV a probabilidade é de 90%.

A avaliação das vigas deu-se ao longo de todo comprimento de extensão e a cada 20 cm, conforme já apresentado na Figura 7. Nos pilares as medições foram feitas desde a base até uma altura de 3 metros, seguindo o mesmo procedimento adotado para as vigas. Com os resultados foi possível traçar um mapa de contorno equipotencial, contribuindo para delimitar as principais regiões comprometidas pelo efeito da corrosão nas peças estruturais. As curvas de nível separam os pontos de potenciais iguais ou iguais interpolados.

4.1.1 Elemento estrutural Viga

4.1.1.1 Viga V20 e Viga V26

Na viga V20 foram observadas regiões com um alto nível de probabilidade de corrosão da estrutura, apresentando gradientes de potenciais de corrosão que variavam desde -228 mV a -512 mV (Figura 9). Por outro lado, na viga V26 os valores de potenciais de corrosão tiveram um intervalo entre -315 mV a -563 mV (Figura 10). Importante destacar que para a V20, o mapa equipotencial destaca zonas de maior intensidade na região central, conforme constatado em fotos pela exposição direta dos estribos e armaduras positivas. Por outro lado, na V26 a diferença de potencial foi maior na zona mais distante da parede interna, próximo ao pilar 15, além de pontos isolados de alta intensidade em regiões aleatórias.

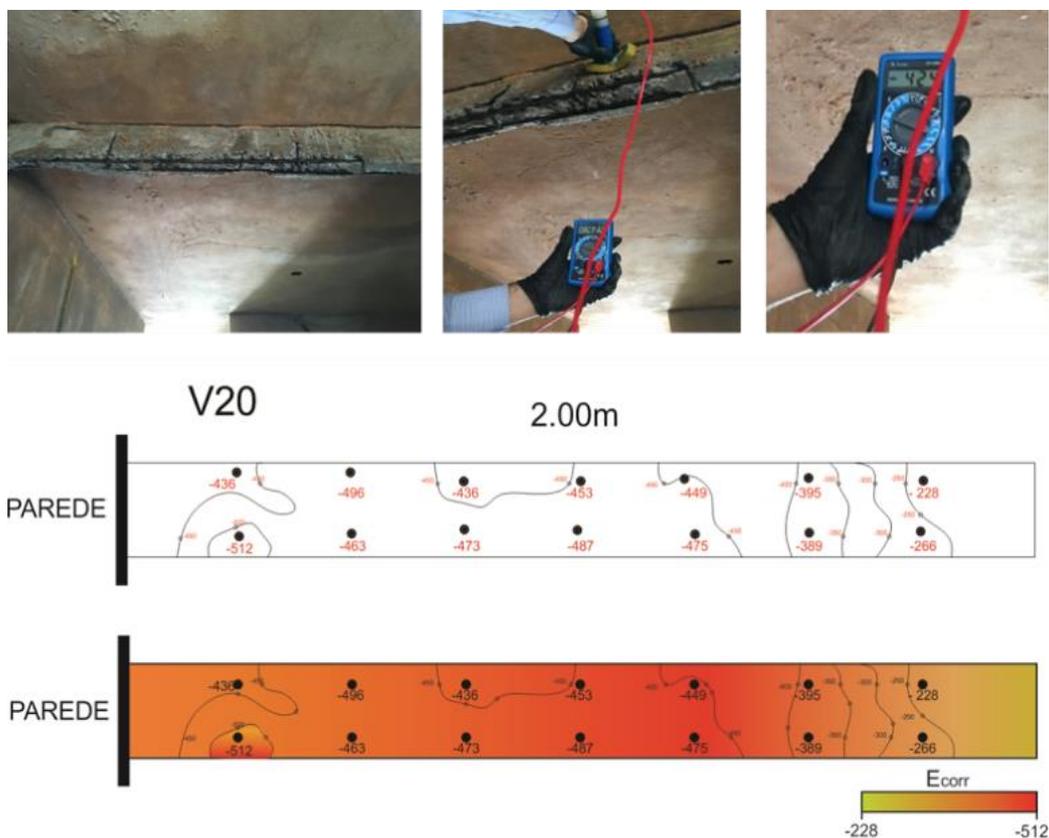


FIGURA 9: Representação da viga (V20) com os valores de E_{corr} (mV) e o mapa de contorno.

FONTE: Autoria própria.

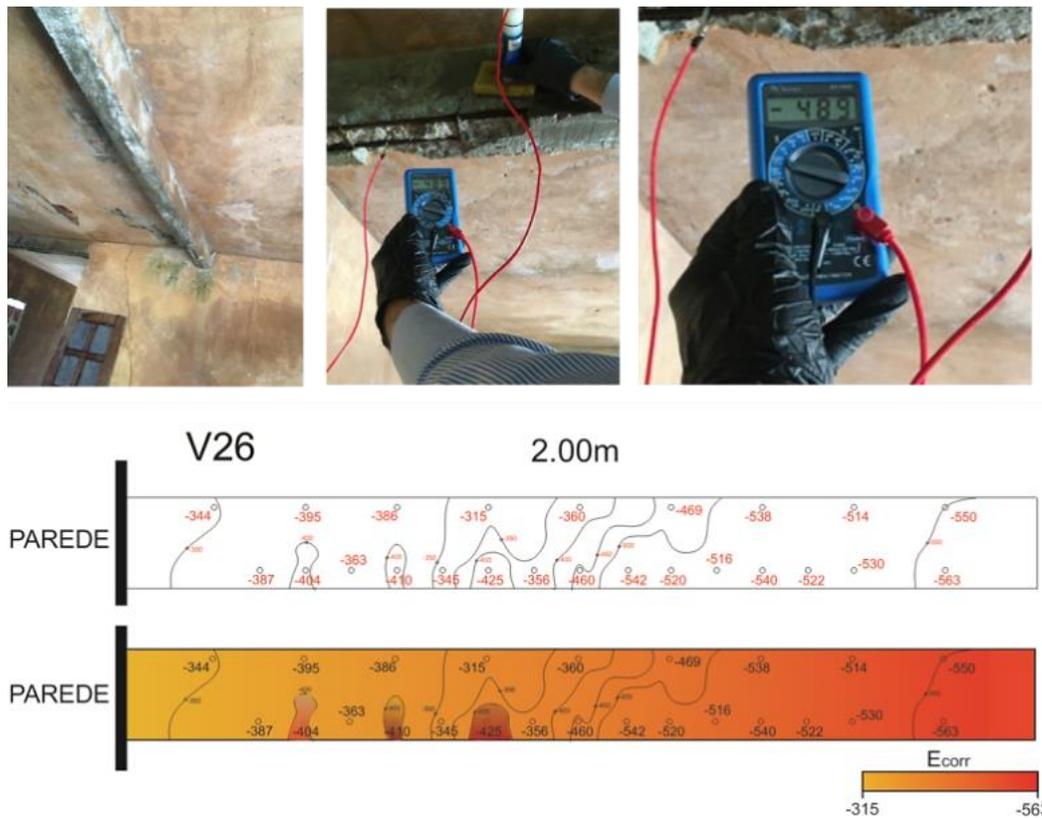


FIGURA 10: Representação da viga (V26) com os valores de Ecorr (mV) e o mapa de contorno.

FONTE: Autoria própria.

Verifica-se nas duas situações que os valores mais eletronegativos estão na medida em que se aproxima da área externa da edificação e na parte central. Prontamente, percebe-se que a corrosão desencadeou para o lado mais exposto às intempéries, onde a concentração de umidade é mais intensa e a probabilidade do processo de corrosão eletroquímica é maior. Alguns fatores, de acordo com Helene (1993), podem interferir nos resultados, como: qualidade, estado e espessura do revestimento do concreto apresentando elevada resistividade; frente de carbonatação e de cloretos; correntes erráticas eventuais; temperatura; elevada concentração do eletrólito. Medeiros et al. (2017) aplicaram o método do potencial de corrosão em ensaios laboratoriais, a fim de fornecer informações ao uso correto deste tipo de método e constataram possíveis fatores de influências nas medidas de potencial de corrosão como: teor de umidade do concreto, relação água/cimento, espessura do revestimento das armaduras e grau de contaminação por cloretos. Desse modo, não anula a hipótese dos resultados obtidos terem sido motivados por algum dos fatores descrito acima.

4.1.1.2 Teste de hipótese para as duas amostras V20 e V26.

Para melhor entendimento das relações entre variáveis e significância estatística foi aplicado o teste de hipóteses para amostras para identificar se há diferença significativa estatística entre as médias dos valores de potencial de corrosão em cada elemento estrutural. Têm-se as hipóteses: hipótese nula ($H_0: \mu_1 = \mu_2$), que pressupõe que não existe diferença significativa das médias (μ) dos valores do Ecorr das vigas e a hipótese alternativa ($H_1: \mu_1 \neq \mu_2$), que pressupõe que existe sim uma diferença significativa das médias (μ) dos valores.

Com base nos dados coletados, tem-se representado na Figura 11, o resumo dos valores do potencial de corrosão de cada viga e o resumo do cálculo feito no programa Excel para a conclusão da hipótese garantida segundo a estatística com o percentual de confiabilidade de 95%.

a)		b)	
VIGA	v20	v26	
	436	395	
	512	404	
	496	386	
	463	410	
	436	315	
	473	425	
<i>Ecorr</i>	453	360	
	487	460	
	449	538	
	475	540	
	395	514	
	389	530	
	228	550	
	266	563	

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias equivalentes		
	v26	v20
Média	456,4285714	425,5714286
Variância	6647,494505	6968,10989
Observações	14	14
Variância agrupada	6807,802198	
Hipótese da diferença de média	0	
gl	26	
Stat t	0,989466891	
P(T<=t) uni-caudal	0,16577715	
t crítico uni-caudal	1,70561792	
P(T<=t) bi-caudal	0,3315543	
t crítico bi-caudal	2,055529439	

FIGURA 11: Representação [a] dos valores de Ecorr da viga V20 e V26 e [b] teste estatístico.

FONTE: Autoria própria.

Confrontando os resultados t crítico bi-caudal com Stat t, observa-se que o valor da Stat t é menor que o valor t crítico bi-caudal. Entende-se então que a hipótese nula (H0) é aceitável, presumindo então que a média dos valores do potencial de corrosão coletadas das duas vigas não apresenta diferença estatística significativa entre elas, portanto, vale afirmar que o processo de corrosão das duas vigas apresenta a mesma intensidade.

4.1.2 Elemento estrutural pilar

4.1.2.1 Pilar P9 e Pilar P17

A análise dos pilares também seguiu o mesmo processo adotado pelas vigas, conforme pode ser verificado nas Figuras 12 e 13. Com os valores obtidos pelo potencial de corrosão foi construído o mapa equipotencial de cada elemento.



FIGURA 12: Representação do pilar (P9) com os valores de Ecorr (mV) e o mapa de contorno.

FONTE: Autoria própria.

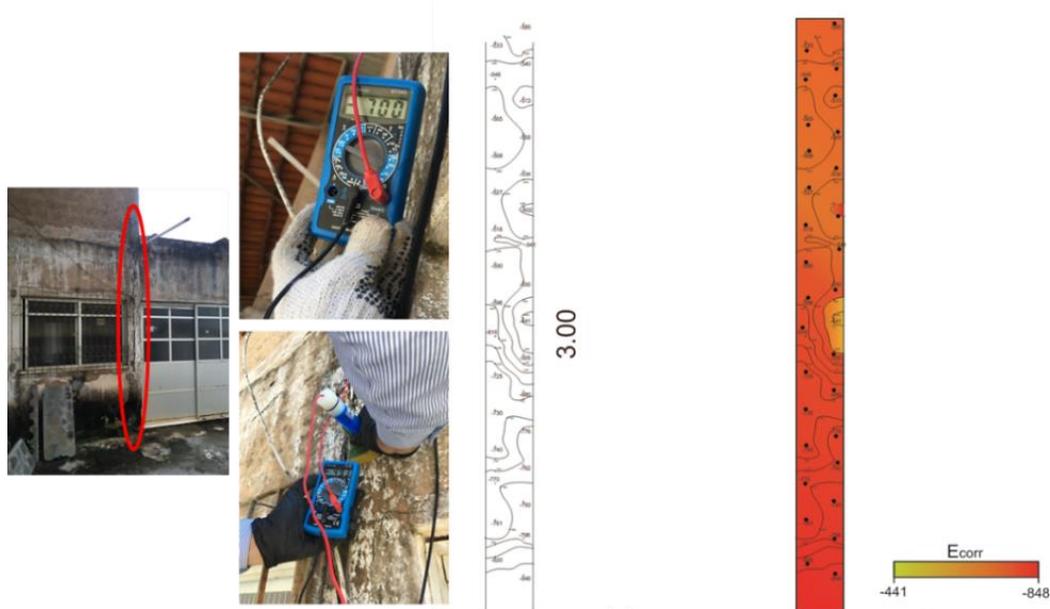


FIGURA 13: Representação do pilar (P17) com os valores de E_{corr} (mV) e o mapa de contorno.

FONTE: Autoria própria.

Para a estrutura do pilar P9, os resultados de medida de potencial de corrosão (E_{corr}) obtidos variaram de -460 mV a -809 mV, valores maiores do que encontrados para as vigas. No pilar 17 constatou-se situação análoga, com alta probabilidade de corrosão com valores entre -441 mV a -848 mV. O mapa equipotencial representado nas figuras demonstra a ocorrência de uma corrosão generalizada na peça estrutural. Em resumo, observam-se falhas de execução que são visíveis como nichos de concretagem e cobertura deficiente, o que pode ter acelerado o processo de deterioração do concreto. Os valores encontrados de medida do potencial de corrosão foram os mais elevados e ocorreram próximos à base do pilar, com valores de -809 mV para o pilar P9 e -848 mV para o pilar P17, o que pode ter uma relação com maior exposição aos agentes agressivos e presença de umidade nesta região.

Oliveira et al (2018) testaram o método de ensaio do potencial de corrosão “in loco” para estrutura de um pilar e obtiveram resultados que variaram de -345 mV a -531 mV, valores mais baixos comparados ao encontrado neste trabalho, o que pode ter relação com a variabilidade de características do próprio concreto e a condição de exposição. Em outro trabalho, Medeiros et. al (2010) obtiveram valores de potencial de corrosão entre -50 mV e -425 mV, com maior tendência de potenciais mais negativos na base dos pilares, o que é corroborado pelos resultados obtidos experimentalmente no estudo em destaque.

4.1.2.2 Teste de hipótese para as duas amostras P9 e P17.

Como feito para as mostras dos resultados encontrados no elemento estrutural viga, assim também foi feito para os pilares. Com base nos dados coletados tem-se representado na Figura 14 o resumo dos valores do potencial de corrosão de cada pilar e do cálculo feito no programa Excel para o teste da hipótese garantida, segundo a estatística, com o percentual de confiabilidade de 95%.

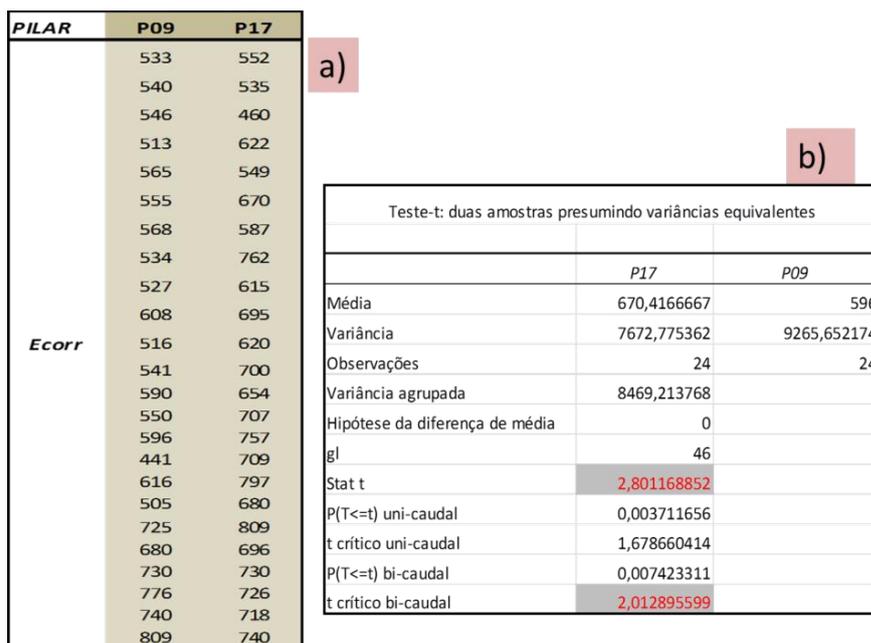


FIGURA 14: Representação [a] dos valores de Ecorr da Pilar P09 e P17 e [b] teste estatístico.

FONTE: Autoria própria.

Confrontando os resultados t crítico bi-caudal com Stat t, observa-se que o valor da Stat t é maior que o valor t crítico bi-caudal. Entende-se então que a hipótese nula (H0) é rejeitada, presumindo assim que a média dos valores do potencial de corrosão coletada dos pilares apresenta diferença estatística significativa. Nesse sentido, pode-se afirmar que, embora os valores do potencial de corrosão analisados estejam próximos, não se pode afirmar que estão na mesma intensidade. Uma hipótese pode estar relacionada à qualidade do concreto e ao local de exposição que interferem no processo de intensificação da corrosão.

4.2 METODOLOGIA GDE/UnB

4.2.1 Principais danos observados

Na família dos pilares, em um total de 21, cerca de 40% (nove pilares) apresentam algum tipo de deterioração e a maioria sendo pilares externos que sofrem com as influências climáticas. As principais ocorrências detectadas foram por cobrimento deficiente, corrosão das armaduras, desagregação, deslocamento, falha de concretagem, fissuras e umidade na base. Isso se deve ao caráter de falhas congênicas, construtivas e adquiridas da edificação, com destaque para os materiais empregados; cobrimento deficiente das armaduras e falta de manutenção. A Figura 15 mostra, proporcionalmente, a incidência dos principais danos.



FIGURA 15: Gráfico dos danos com maior frequência nos pilares.

FONTE: Autoria própria.

Na família das vigas, no total de 30, cerca de 97% (vinte e nove vigas) apresentam algum tipo de deterioração (Figura 16). As vigas externas foram afetadas pelo mesmo motivo dos pilares e as vigas internas no pavimento superior e, por sofrerem também influência das intempéries, foram as mais afetadas com maior número de danos nas estruturas. As principais ocorrências foram por corrosão das armaduras, deslocamento, eflorescência, fissuras, cobertura deficiente, manchas e umidade.

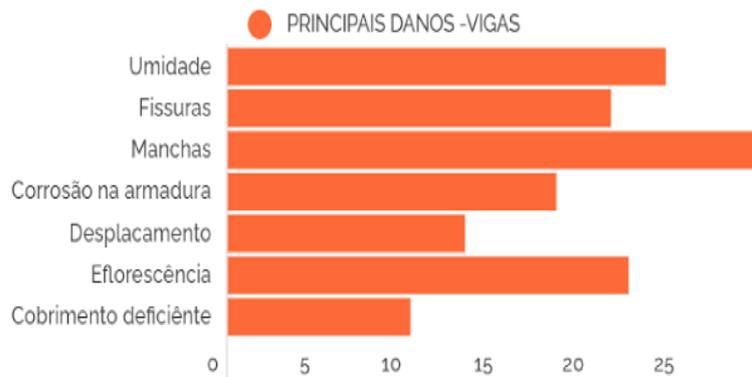


FIGURA 16: Gráfico dos danos com maior frequência nas vigas.

FONTE: Autoria própria.

Na família das lajes, no total de 10, 100% apresentam algum tipo de manifestação patológica, o que tem relação com as falhas construtivas, congênitas e adquiridas da edificação. A Figura 17 mostra, proporcionalmente, a incidência descrita.

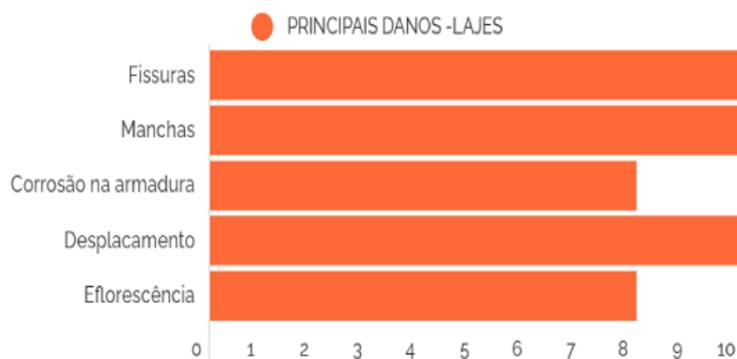


FIGURA 17: Gráfico dos danos com maior frequência nas lajes.

FONTE: Autoria própria.

4.2.2 Grau de deterioração do elemento

Nos pilares constatou-se que o nível de deterioração esteve entre baixo (22%) e crítico (78%). Isso significa que a maioria dos pilares que apresentam manifestações patológicas precisam passar por uma intervenção para reparos, segundo a tabela de classificação dos níveis de deterioração do elemento.

Para as vigas, constataram-se situações do nível de deterioração entre baixo a crítico. Foram obtidos resultados variáveis entre baixo (43%), médio (13%), sofrível (4%) e crítico (40%). Neste caso, a medida a ser tomada envolve desde manutenção preventiva à inspeção especial.

Quanto à situação das lajes não foram obtidos resultados diferentes dos pilares e vigas, com níveis de deterioração entre médio a crítico. Os resultados foram de médio (20%), sofrível (10%) e crítico (70%). Como o nível de deterioração da laje é considerado como crítico, existe uma necessidade por intervenção imediata.

4.2.3 Grau de deterioração da estrutura

Com os resultados do grau de degradação de cada elemento, logo em seguida foi calculado o grau de degradação de cada família de elementos para chegar ao resultado do grau de deterioração da estrutura (Gd). Na Tabela 1 têm-se os resultados encontrados para cada família de elementos e o resultado do grau de deterioração da estrutura.

TABELA 1: Resultados obtidos de Gdf e Gd.

Família	Gdf	Fr	K
Pilares	239,59	5	1.197,95
Vigas	234,88	5	1.174,40
Lajes	224,64	4	898,56
Elementos de composição arquitetônica	117,17	1	117,17
Grau de deterioração da estrutura (Gd)			225,87

FONTE: Autoria própria.

A partir da aplicação do método GDE/UnB, o resultado obtido de Gd indica o grau de deterioração da estrutura classificado como crítico, como mostra o Quadro 1, adaptado de Fonseca (2007). Nesse sentido, é indispensável a intervenção imediata com ações de recuperação e reabilitação dos elementos degradados.

Quadro 1: Classificação do nível de deterioração da estrutura.

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

FONTE: Adaptado de FONSECA (2007).

5. CONCLUSÃO

Na edificação avaliada foi possível observar diferentes manifestações patológicas, com destaque para: corrosão das armaduras, deslocamentos, fissuras e manchas associadas à umidade. A maioria dessas manifestações encontram-se nas estruturas dos pilares, vigas e lajes. A partir do método GDE/UnB pôde-se concluir que existe uma necessidade imediata de intervenção com ações de recuperação e reabilitação dos elementos degradados, evidenciado pelo valor encontrado no grau de dano da estrutura da edificação.

A utilização do ensaio de potencial da corrosão indicou uma probabilidade corrosão alta e de forma generalizada nas peças analisadas, que variaram de -228 mV a -523 mV nas vigas e -441 mV a -848 mV nos pilares, o que pôde ser constatado na inspeção “*in loco*” com a exposição das armaduras. Certos cuidados devem ser tomados para o máximo proveito desta técnica quando utilizada em campo como: condição da superfície, idade da estrutura, umidade do concreto, entre outros. Com relação aos critérios de julgamento, deve-se ressaltar que os valores apresentados não devem ser tomados como absolutos, sendo aceitável apenas como referência, observados pela variabilidade dos valores medidos e a sensibilidade quanto ao tipo de concreto e meio de exposição. Essa relatividade, no entanto, não desmerece o método, ao contrário, pode fornecer uma grandeza de medidas capaz de estabelecer um quadro “clínico”

probabilístico da corrosão do aço no concreto. O teste de hipótese corroborou com os resultados dos ensaios realizados, indicando níveis de deterioração similares entre vigas, porém diferenças significativas entre pilares.

O método GDE oferece resultados confiáveis e vem sendo amplamente utilizado no meio científico e profissional, e mostrou ser de utilidade prática para um melhor diagnóstico da estrutura, contudo, recomenda-se a calibração do modelo com a realização de outros ensaios não destrutivos como forma complementar de análise. Portanto, a combinação da metodologia GDE e o ensaio de potencial de corrosão permitiu uma avaliação quali-quantitativa da integridade da estrutura de concreto armado, auxiliando em um prognóstico mais assertivo dos problemas evidenciados na edificação.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, NBR 6118: **Projeto de estruturas de concreto – Procedimentos**. Rio de Janeiro, 2014, 238 p.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - ASTM C 876 - **Método de Teste Padrão para potenciais de meia célula de não revestidos reforço de aço no concreto**. Site de pesquisa SCRIBD. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/document/326821060/ASTM-C-876-Portugues>>. Acesso em: 21 jul. 2020.

CASTRO, E. K. , **Desenvolvimento de Metodologia para Manutenção de Estruturas de Concreto Armado**. Dissertação de Mestrado, Publicação Nº: E.DM-004A/94, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 1994, 129 p.

FONSECA, R.P., **A estrutura do Instituto Central de Ciências: Aspectos históricos, científicos e tecnológicos de projeto, execução, intervenções e propostas de manutenção**. Dissertação de Mestrado em Estruturas e Construção Civil, Publicação E.DM – 006 A/07, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília. Brasília, DF. 2007, 213 p.

HELENE, P. **Contribuição ao estudo da corrosão em armadura de concreto**. Tese apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 1993. 248 p.

MEDEIROS, M.H.F.; ROCHA, F.G; MEDEIROS-JUNIOR, R.A.; HELENE, P. Potencial de corrosão: **Influência da umidade, relação água/ cimento, teor de cloretos e cobrimento**. Revista IBRACON DE ESTRUTURA E MATERIAIS, São Paulo, n.04, p. 864 – 885. Agosto. 2017.

MEDEIROS, M.H.F.; BALBINOT, G. B.; HELENE, P. **Inspeção em prédios no Rio de Janeiro: corrosão em pilares**. Concreto & Construções. n. 57, p. 58-66, 2010.

MEDEIROS, A.G.; ALMEIDA, M. V. V.; FILHO, J. N. S.; ANJOS, M. A. S. **Aplicação de metodologias de inspeção em ponte de concreto armado**. Revista Ambiente Construído, Porto Alegre, v.20 n° 3, 2020.

NACE IMPACT and Study, 2016 – **International Measures of Prevention, Application, and Economics of Corrosion Technologies Study**. Disponível em: <http://impact.nace.org/documents/Nace-International-Report.pdf>. Acesso em: 11 maio 2021.

OLIVEIRA, V. H.; MEDEIROS, D. A. B.; BORBA JUNIOR, J. E. F.; MARQUES, L. R.; NAZARÉ S. L. T. **Estudo de caso em pilares de uma edificação com presença de fissuras e indícios de corrosão**. 6ª Conferência sobre patologias e reabilitações de edifícios. 2018.

RÍNCON, O. T.; CARRUYO, A. R.; ANDRADE. C.; HELENE, P.R. L.; DÍAZ, I.; **Manual de Inspeccion, evaluacion y diagnostico de corrosion em estructuras de hormigon armado**. RED IBEROAMERICANA XV. B., Rio de Janeiro, 1998.

VERMA, S. K.; BHADAURIA, S. S.; AKHTAR, S. **Monitoring Corrosion of Steel Bars in Reinforced Concrete Structures**. 2014.

VILAS BOAS, E. L.; B, SILVA, R. C.; ALVES, T.A.S.; SILVA, V.P.; COSTA, Y. R.; NASCIMENTO, M. L. M.; FERREIRA, S.G. Aplicação de Metodologia GDE/UnB em uma edificação habitacional: **Estudo de caso em Águas Lindas de Goiás- GO**. Anais do 60º Congresso Brasileiro do Concreto – CBC, 2018.