



ESTUDO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NAS FACHADAS DO EDIFÍCIO DO PORTO DIGITAL EM RECIFE –PE

OLIVEIRA JÚNIOR, Antonio Rinaldo de (1); SÁ, Ayrton Wagner dos Santos Gomes de (2); PRAZERES, Diogo Salgado dos (3); MORAIS FILHO, Alberes Dias de (4)

UPE, jodraomagnanimo@hotmail.com; UFPE, ayrton.wagner@hotmail.com
UPE, diogosalgado@hotmail.com.br; UPE, alberesdiaspe@hotmail.com;

RESUMO

O edifício do Porto Digital tem cerca de 40 anos de idade, situado em Recife – PE, e possui fachadas de brises de argamassa armada. O objetivo deste trabalho foi investigar as manifestações patológicas existentes nas fachadas norte, leste e sul, especificamente nas brises. A metodologia adotada foi a realização do levantamento histórico da edificação, seguido por visita ao local onde foram realizadas inspeção visual e ensaios de profundidade de carbonatação, esclerometria e potencial de corrosão. A falta de manutenção ao longo dos anos aliada ao cobrimento inadequado ao meio em que a estrutura está exposta (marinho) devido a ausência de espaçadores durante sua confecção foram responsáveis pela degradação das brises. O índice esclerométrico apresentou resultados elevados, maior que 30 MPa mas provavelmente são devidos a carbonatação. Devem ser realizados ensaios de compressão para confirmação dessa resistência. O potencial de corrosão foi menor que -350 mV, que indica 90 % de chance de corrosão. Essa corrosão foi constatada visualmente na forma de fissuras, manchas, deslocamentos e armaduras expostas e com suas seções reduzidas. Não foram constatadas diferenças significativas entre as fachadas analisadas. Propomos que sejam feitos intervenções nas fachadas e realização de manutenção periódica para aumento da vida útil da edificação.

Palavras-chave: Porto Digital. Fachada. Corrosão. Vida útil. Manutenção.

ABSTRACT

The Porto Digital building is about 40 years old, located in Recife - PE, and has bricks facades of reinforced mortar. The objective of this work was to investigate the pathological manifestations in the north, east and south facades, specifically in brises. The methodology adopted was the historical survey of the building, followed by a visit to the place where visual inspection and carbonation depth, sclerometry and corrosion potential tests were carried out. The lack of maintenance over the years coupled with inadequate covering to the environment in which the structure is exposed (marine) due to the absence of spacers during its manufacture were responsible for the degradation of brises. The sclerometric index presented high results, higher than 30 MPa but probably due to carbonation. Compression tests should be performed to confirm this resistance. Corrosion potential was less than -350 mV, indicating a 90% chance of corrosion. This corrosion was observed visually in the form of cracks, stains, displacements and exposed reinforcement and with its sections reduced. There were no significant differences between the facades analyzed. We propose to make interventions on the façades and carry out periodic maintenance to increase the useful life of the building.

Keywords: Digital Port. Facade. Corrosion. Lifespan. Maintenance.

1 INTRODUÇÃO

As manifestações patológicas são decorrentes de falhas na concepção, execução, especificação de matérias, uso inadequado ou falta de manutenção. Essas falhas tornam possível a ação de agentes deletérios (IBAPE, 2012).

A primeira parte da edificação a sofrer as manifestações patológicas são as fachadas. Pois estão expostas a ação de ventos, chuvas, insolação, gases, etc. A posição da fachada (norte, sul, leste, ou oeste) influenciará a ação destes agentes.

Este trabalho caracteriza-se pela inspeção predial como uma avaliação das fachadas norte, leste e sul do prédio do NGPD (Núcleo de Gestão do Porto Digital) em relação à corrosão, frente de carbonatação e a resistência à compressão medida de forma indireta em elementos estruturais.

O presente artigo é constituído de uma seção referente a conceitos fundamentais dentro do contexto das manifestações patologias encontradas na edificação. Em seguida, é feita a caracterização da edificação e é demonstrada a metodologia utilizada no estudo. Posteriormente, são expostos os resultados encontrados através dos ensaios realizados e uma breve discussão acerca destes. Numa seção final, foi feita a sugestão de diagnóstico e terapia para o problema.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Ensaios

Para identificação de manifestações patológicas, devem ser realizados ensaios que podem ser destrutivos ou não. Os ensaios destrutivos necessitam da retirada de amostras do material a ser analisado, o que pode danificar ou comprometer o desempenho da estrutura, como a retirada de testemunhos para medição da resistência à compressão. Os ensaios não destrutivos proporcionam pouco ou nenhum dano à estrutura, sendo comumente utilizados em manutenções preventivas. Dentre eles estão a esclerometria, profundidade de carbonatação com aspersão de fenolftaleína e medida do potencial de corrosão. Estes três ensaios foram utilizados para realização deste laudo, por isso abaixo segue uma explicação mais detalhada sobre cada um deles.

2.1.1 Profundidade de carbonatação

O ensaio de profundidade de carbonatação consiste identificação da profundidade de carbonatação através da aspersão de uma solução de fenolftaleína sobre o concreto recém-fraturado. Utiliza-se uma solução de fenolftaleína (1 g da fenolftaleína em 50 ml de álcool etílico e diluição desta mistura em água destilada até completar 100 ml). Em regiões com pH inferior a 8,3, a solução apresenta-se incolor. Entre 8,3 a 9,5 apresenta uma coloração entre o rosa e o vermelho-carmim. Para valores acima de 9,5 apresenta-se vermelho carmim. Através desse princípio pode-se identificar a profundidade de carbonatação, pois regiões carbonatadas apresentam redução do pH, despassivando o aço (ARAÚJO e PANOSSIAN, 2011).

A norma DIN EN 14630 (2007) recomenda a aspersão da solução de fenolftaleína perpendicularmente à área fraturada, até que o concreto esteja

saturado (o escorrimento da solução na superfície deve ser evitado). A frente de carbonatação é o valor médio da espessura da camada incolor. Quanto da obtenção de valores significativamente maior dos demais o mesmo não deve ser incluído no cálculo do valor médio, embora deva ser informado.

A aspersão da fenolftaleína deve ser logo após a realização da fratura para que a amostra não carbonate com a presença do gás carbônico presente na atmosfera. Durante o ensaio também devem ser verificados o cobrimento e o estado em que se encontra a armadura (ARAÚJO e PANOSSIAN, 2011).

2.1.2 Potencial de Corrosão

O potencial de corrosão pode ser determinado com uso de um eletrodo de referência e um voltímetro de alta impedância. A medida consiste na determinação da diferença de potencial elétrico entre a barra de aço e o eletrodo de referência que se coloca em contato com a superfície do concreto. Em campo, é mais adequado o uso de equipamentos específicos que também determinam resistividade elétrica do concreto e/ou taxa de corrosão (ARAÚJO e PANOSSIAN, 2011).

A medida do potencial indica a condição de um estado ativo de corrosão ou passivação da armadura. Há aproximadamente 90% de probabilidade de estado ativo de corrosão quando o valor de potencial obtido é mais negativo do que -350 mV (em relação ao eletrodo de cobre/sulfato de cobre, ECSC). Quando o valor do potencial obtido é mais positivo que -200 mV, a probabilidade de corrosão é inferior à 10%. Entre -350 mV e -200 mV, a corrosão é incerta (ASTM C 876, 2009).

Durante a realização do ensaio, o concreto deve estar saturado com água destilada para não gerar falsos valores. Além disso, a barra de aço deve ser escovada com escova de aço para permitir a perfeita aderência entre a armadura e o medidor do multímetro. Durante a realização da medição, também deve ser verificado o estado em que a armadura se encontra, identificando sinais de corrosão.

2.1.3 Esclerometria

O esclerômetro é um equipamento de medição da dureza superficial do concreto. Consiste fundamentalmente em uma massa-martelo que impulsionada por mola, se choca através de uma haste, com ponta em forma de calota esférica, com a área de ensaio. A energia do impacto é, em parte, utilizada na deformação permanente provocada pela área do ensaio e, em parte, conservada elasticamente, propiciando, ao fim do impacto, o retorno do martelo. Quanto maior a dureza da superfície ensaiada, menor a parcela da energia que se converte em deformação permanente e, por conseguinte, maior deve ser o recuo ou a reflexão do martelo. Este ensaio é preconizado pela NBR 7584:2012, descrito abaixo.

A superfície deve ser seca ao ar, limpa e preferencialmente plana. Evitar superfícies irregulares, ásperas, curvas ou talhadas, pois não fornecem resultados homogêneos. As superfícies confinadas por formas não-absorventes e lisas, verticais ou inclinadas, fornecem índices esclerométricos com boa correlação com a resistência do concreto. Superfícies úmidas ou carbonatadas

devem ser evitadas. Caso se deseje ensaiá-las, devem ser adequadamente preparadas e se necessário aplicados coeficientes de correção, os quais devem ser descritos nos resultados.

Em cada área de ensaio devem ser efetuadas no mínimo nove e no máximo 16 impactos. Os impactos devem estar uniformemente distribuídos na área de ensaio. Aconselha-se desenhar em reticulado e aplicar o esclerômetro nas áreas limitadas por ele, identificando a área ensaiada. A distância mínima entre os centros de 2 pontos de impacto deve ser de 30mm. Devem ser evitados impactos sobre agregados, armaduras, bolhas, etc. Não é permitido mais de um impacto sobre um mesmo ponto. Quando isso ocorrer, o segundo valor lido não deve ser considerado no cálculo dos resultados.

Calcular a média aritmética dos n (9 a 16) valores individuais dos índices esclerométricos correspondentes a uma única área de ensaio. Desprezar todo índice esclerométrico individual que esteja afastado em mais de 10% do valor médio obtido e calcular a média aritmética.

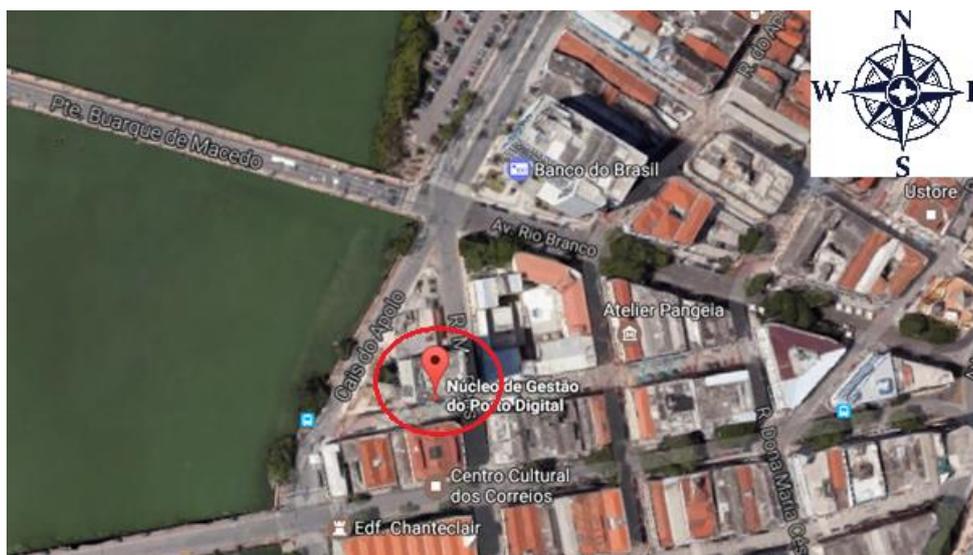
Os valores obtidos são analisados em curvas padrão para determinação da resistência. Para a obtenção de valores mais próximos aos reais, devem ser construídas curvas com os valores obtidos pela esclerometria e valores de resistência a compressão de testemunhos extraídos do local.

3 ESTUDO DE CASO

3.1 Caracterização do edifício

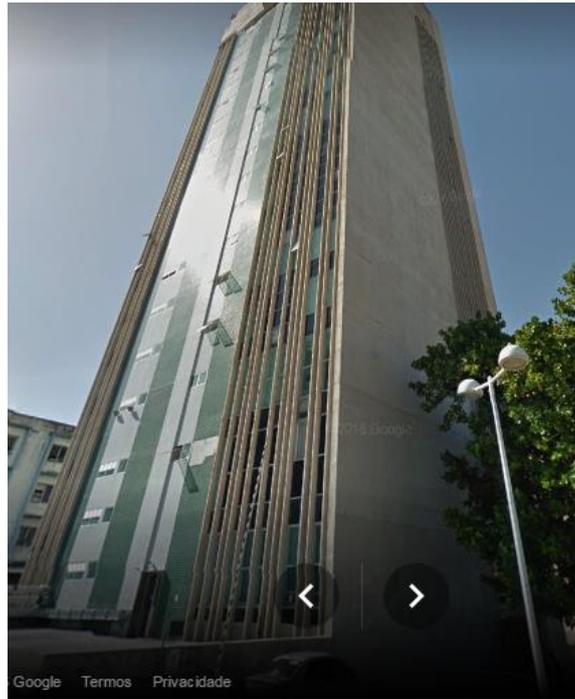
O edifício do Núcleo de Gestão do Porto Digital está localizado na Rua 210, Cais do Apolo, 222 - Recife - PE – CEP 50030-230 – “Figura 1”. Com cerca de 40 anos de idade, engloba uma área de 80 mil m², apresentando estruturas de concreto armado, elevações em alvenaria de tijolos rebocados e fachada de brises – “Figura 2”.

Figura 1 – Localização do prédio por satélite



Fonte: Google Maps (2016)

Figura 2 – Vista geral do edifício



Fonte: Google Maps (2016)

O prédio apresenta uma distância para o mar de 310m, como pode ser visto na “Figura 3”. De acordo com a NBR 6118, ele está numa zona de agressividade nível III, forte, com um grande risco de deterioração da estrutura.

Figura 3 – Distância prédio para o mar visualizada por satélite



Fonte: Google Maps (2016)

O edifício originalmente foi construído para abrigar a sede da bolsa de valores de Pernambuco. Deste concurso participaram grupos de arquitetos do Recife nos anos 60, dentre eles Delfim Amorim, Lúcio Estelita e Valdecir Pinto.

A obra foi iniciada, mas depois parou o motivo não ficou claro, mas deve ter sido por questões políticas da época. No momento em que surge no Brasil os bancos estaduais, a construção de novas sedes, o governo do estado de Pernambuco, adquire o prédio inacabado, ou seja, uma estrutura de concreto armado inacabada, e decide fazer a sede central do BANDEPE.

Para dar continuidade à obra contrata o arquiteto Gil Borsoi e o engenheiro calculista Joaquim Cardoso (também poeta) para fazer a verificação estrutural; verificar se a estrutura de concreto armado existente suportaria as cargas do novo projeto do arquiteto Borsoi. Feito isso, o prédio é construído como se encontra hoje.

Do ponto de vista da arquitetura, o edifício é um marco do modernismo na cidade do Recife, pelos seguintes motivos: o uso de brises de concreto armado (não é considerada argamassa armada) que ajudam o aumento da perspectiva da verticalidade; o uso do concreto aparente; o uso de vidro fume (azul como o da bandeira do estado de Pernambuco) e as esquadrias em alumínio escurecido e a não utilização de pilotis, ou seja, a estrutura vai até a calçada. Ao lado da torre deveria haver outro edifício, mais baixo (3 ou 4 pisos) para abrigar central de ar condicionado, subestação de energia elétrica e outros equipamentos para o bom funcionamento do edifício.

Com o fim do BANDEPE, anos 90, o Banco Real - ABN AMRO, adquire o prédio e faz intervenções na fachada, com a colocação de cerâmicas para a cor do banco real e outras que adulteraram o projeto arquitetônico inicial da fachada! Esse procedimento causou incomodo para o grupo de arquitetos do momento, que quer preservar a memória da arquitetura na cidade do Recife. Após o fim do uso do edifício pelo ABN AMRO, este foi cedido/comodato para o PORTO DIGITAL. O edifício ainda pertence ao governo do estado e tem usos diversos, sendo o principal o PORTO DIGITAL.

O prédio demonstra bastantes sinais de desgaste devido à ação de intempéries aliada à falta de manutenção.

3.2 Inspeção

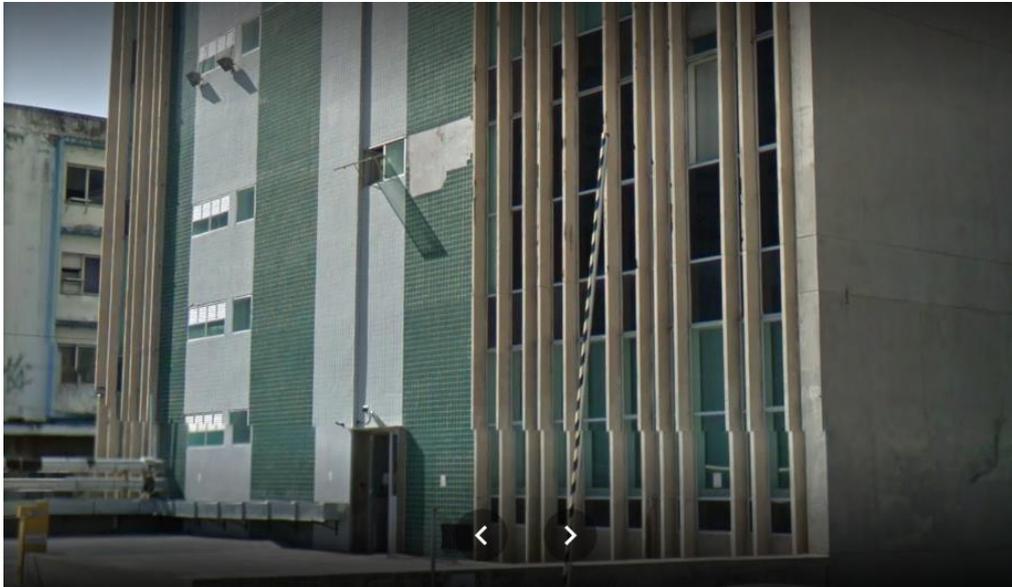
A inspeção realizada é classificada como Inspeção de Nível 2: "Vistoria para a identificação de anomalias e falhas aparentes eventualmente identificadas com o auxílio de equipamentos e/ou aparelhos, bem como análises de documentos técnicos específicos, consoante à complexidade dos sistemas construtivos existentes" conforme disposto na Norma de Inspeção Predial/2009 do IBAPE.

Foi feita uma análise dos fatos e dos sistemas construtivos inspecionados, identificando anomalias e falhas, de acordo com a Norma de Inspeção Predial do IBAPE.

A inspeção foi iniciada com a inspeção visual das anomalias construtivas e falhas de manutenção na fachada que influenciam ou prejudiquem o estado de utilização do prédio e suas instalações, objetivando verificar o desempenho, vida útil, utilização e segurança que tenham conexão direta com os usuários. As

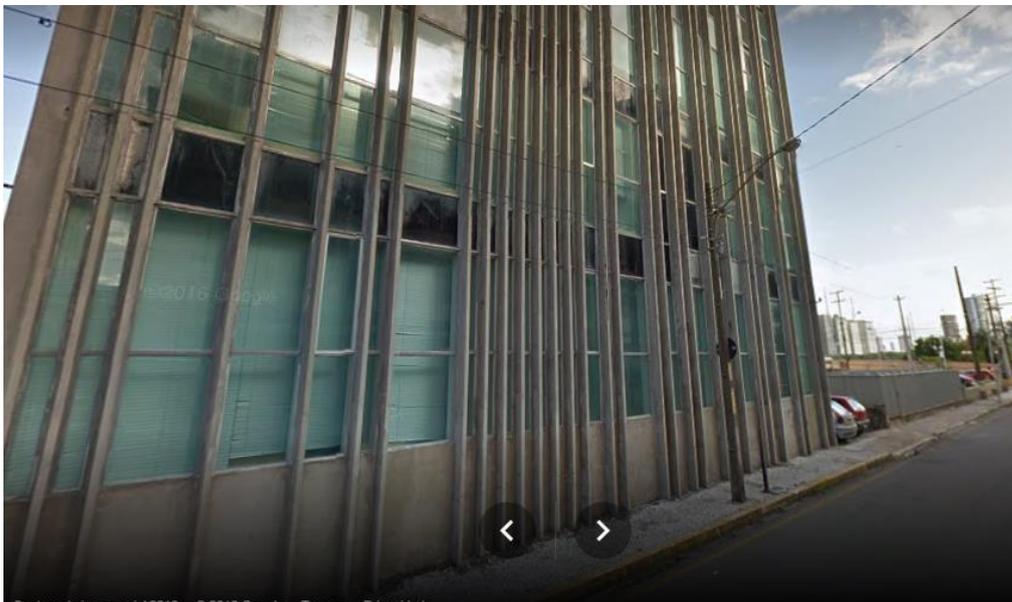
“Figuras 4, 5 e 6”, mostram as fachadas inspecionadas: norte, leste e sul. A fachada oeste não foi inspecionada porque as brises estavam a uma altura de difícil acesso.

Figura 4 – Vista frontal da fachada norte do edifício



Fonte: Google Maps (2016)

Figura 5 – Vista frontal da fachada leste do edifício



Fonte: Google Maps (2016)

Figura 6 – Vista frontal da fachada sul do edifício



Fonte: Google Maps (2016)

Em seguida, foram realizadas fraturas nas quinas arestas de três brises em cada fachada até alcançar a barra e, posteriormente, foi feita a aplicação de Solução de Álcool Etílico (C_2H_5OH) a 1% de fenolftaleína pura ($C_2H_{14}O_4$) para medição da profundidade de carbonatação ("Figura 7"). Nessa etapa também foram observados o cobrimento e o estado das armaduras.

Figura 7 – Sequência de medição da profundidade de carbonatação



Fonte: Autores (2016)

Posteriormente, procedeu-se a retirada de acabamento da camada superficial – pintura- e limpeza com uma espátula de uma região de uma brise em cada fachada para realização do ensaio de esclerometria, medido em uma malha de 9 pontos, como forma de medição indireta da resistência à compressão do concreto. Aproveitando a exposição das barras do ensaio de profundidade de carbonatação foi realizada a medida do potencial de corrosão – “Figura 8” – em três brises de cada fachada.

Figura 8 – Medida do potencial de corrosão



Fonte: Autores (2016)

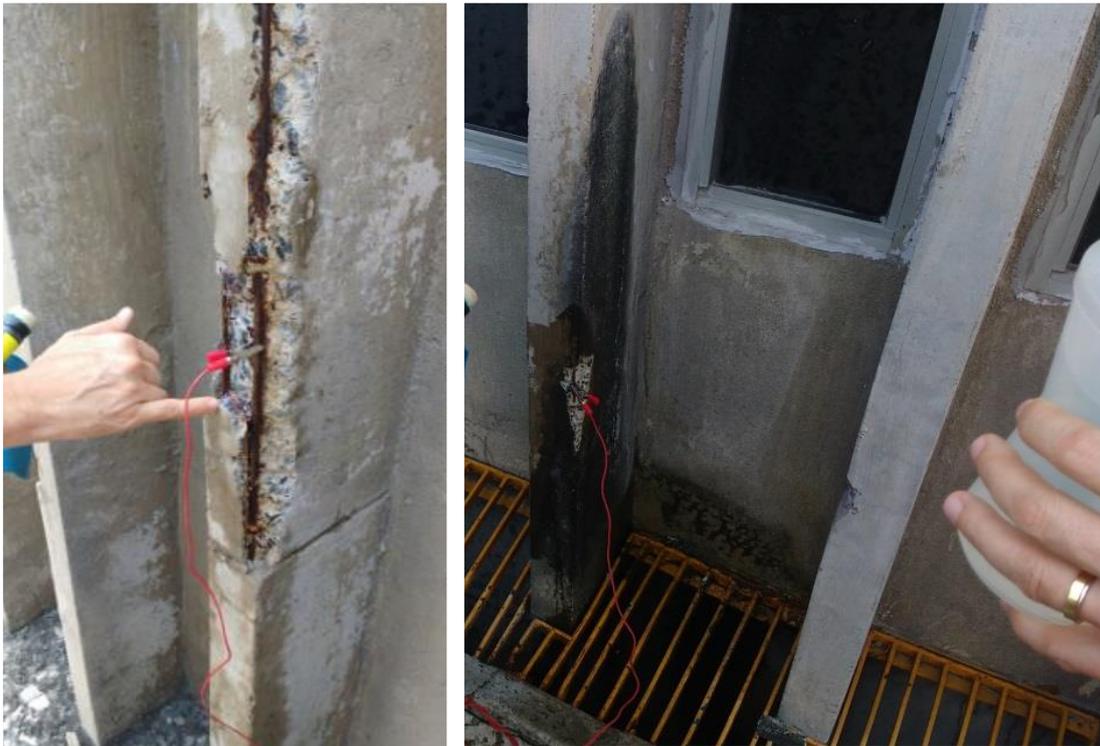
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Inspeção visual

Na inspeção visual foi constatado um elevado desgaste da fachada devido à ação das intempéries ao longo dos anos aliada a falta de manutenção. As brises de todas as fachadas analisadas apresentavam fissuras, manchas de produtos da corrosão, deslocamento da camada de cobrimento e armaduras expostas – Figura 9 .

Alguns reparos foram identificados, mas devido a terem sido feitos de maneira inadequada, estavam soltos, permitindo a continuação do processo de corrosão. Em alguns pontos foram encontradas umidade, bolores e fungos – Figura 9 - devido à água do dreno do ar condicionado estar escorrendo sobre a fachada. Além disso, foram visualizadas áreas com descolamento do revestimento de pastilhas.

Figura 9 – Armaduras expostas, umidade, bolores e fungos



Fonte: Autores (2016)

4.2 Profundidade de carbonatação

Os resultados obtidos no ensaio de profundidade de carbonatação com a aspersão de fenolftaleína estão sintetizadas no Tabela 1. A sigla T.C. significa totalmente carbonatado.

Tabela 1 – Profundidade de carbonatação

Fachada	Norte			Leste			Sul		
Amostra	01	02	03	01	02	03	01	02	03
Profundidade de carbonatação (cm)	T.C.	1.0	1.3	1.2	T.C.	0.5	T.C.	T.C.	0.7

Fonte: Autores (2016)

Os resultados mostram um grande avanço da frente de carbonatação nas peças, desprotegendo a armadura de agentes deletérios, provocando sua corrosão e demais manifestações patológicas.

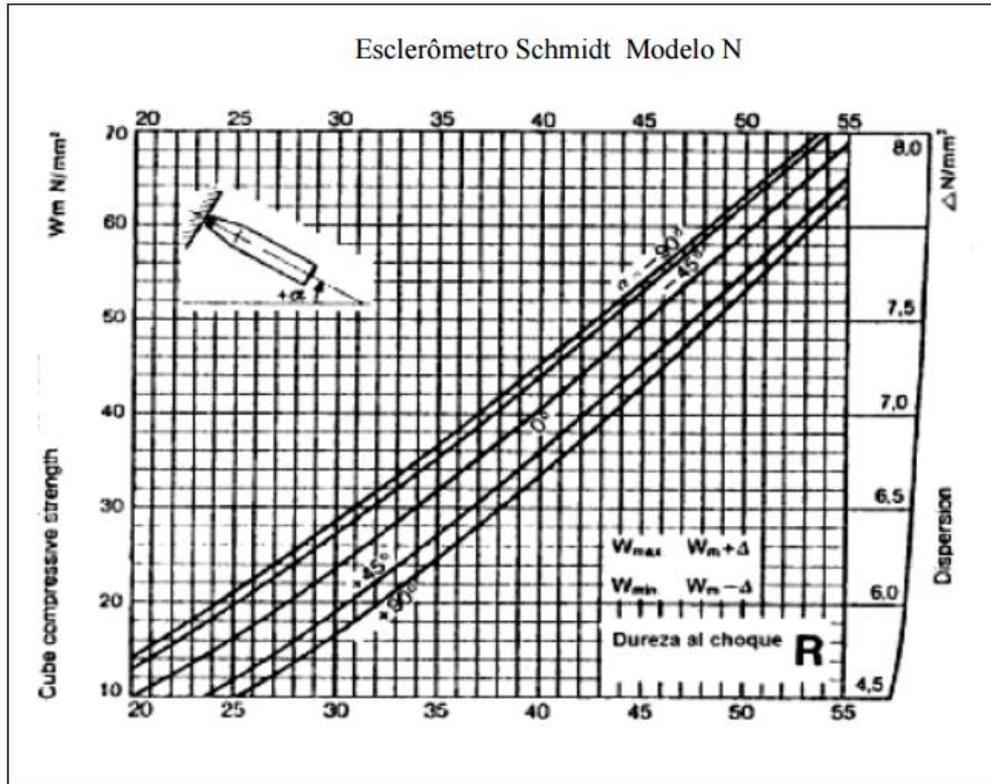
O revestimento também foi analisado durante a realização do ensaio. Ele apresentou uma grande variação, chegando à zero em algumas regiões. Isto se deve a forma construtiva das brises que não utilizam espaçadores.

4.3 Esclerometria

Os resultados obtidos no ensaio de esclerometria estão apresentados no “Tabela 2”. No cálculo da média aritmética foram desprezados os valores com uma discrepância maior que 10%.

A partir do ábaco disponibilizado pelo fabricante – “Figura 10” -, pode-se estimar a resistência da peça estrutural, lembrando que o ângulo feito com a perpendicular à superfície foi de 0°. Os resultados obtidos também encontram-se no “Tabela 2”.

Figura 10 – Ábaco do esclerômetro



Fonte: Fabricante

Tabela 2 – Esclerometria

Fachada	Norte			Leste			Sul		
Resultados obtidos na esclerometria	40	38	34	35	35	33	37	34	36
	44	40	34	36	36	35	39	36	38
	44	34	42	42	34	34	40	35	37
Média	38,89			34,75			36,89		

Resistência estimada (MPa)	40,25	31,50	35,75
-----------------------------------	--------------	--------------	--------------

Fonte: Autores (2016)

Apesar do ensaio esclerométrico apresentar resultados elevados, eles por si só não asseguram uma elevada resistência do concreto. A dureza provavelmente é devida a carbonatação do concreto. Para descobrir a verdadeira resistência do material devem ser retirados testemunhos e devem ser realizados ensaios de resistência à compressão.

4.4 Potencial de corrosão

Os resultados obtidos no ensaio de potencial de corrosão estão apresentados no “Tabela 3”. Além disso, estão classificados em 90% de probabilidade de estado ativo de corrosão quando o valor de potencial obtido é mais negativo do que -350 mV; probabilidade de corrosão é inferior à 10% quando o valor do potencial obtido é mais positivo que -200 mV; e corrosão incerta quando entre -350 mV e -200 mV, (ASTM C 876, 2009).

Tabela 3 – Potencial de corrosão

Fachada	Norte			Leste			Sul		
Amostra	01	02	03	01	02	03	01	02	03
Potencial de corrosão (mV)	-460	-390	-360	-404	-304	-367	-440	-480	-484
Probabilidade de corrosão	>90%	>90%	>90%	>90%	incerta	>90%	>90%	>90%	>90%

Fonte: Autores (2016)

Os resultados apontam com 90% de chance a existência do processo de corrosão nas peças da fachada. Este fato pode ser confirmado visualmente na forma de manchas de corrosão, deslocamentos de revestimento, armaduras expostas e seccionamento da armadura.

5 CONCLUSÕES

A inspeção visual das fachadas do edifício do Porto Digital em Recife-PE identificou um elevado desgaste das fachadas decorrente da ação dos mecanismos de deterioração ao longo dos anos aliada a falta de manutenção.

O ensaio de profundidade de carbonatação das brises de argamassa armada demonstrou um grande avanço da frente de carbonatação, deixando a armadura susceptível aos agentes deletérios. O revestimento da armadura possuía uma

elevada variação. Isto se deve ao método construtivo das brises que não utilizam espaçadores.

O ensaio esclerométrico apresentou valores de uma dureza superior a um concreto de 30MPa. Estes valores não indicam a resistência real da superfície porque a carbonatação eleva a dureza do material. Para determinar a verdadeira resistência é necessária a extração de testemunhos devem ser realizados ensaios de resistência à compressão.

O ensaio de potencial de corrosão apresentou uma probabilidade de corrosão maior que 90%. Isto foi constatado na forma de manchas de corrosão, armaduras expostas e deslocamentos do cobrimento.

As fachadas analisadas (Norte, Leste e Sul) apresentaram resultados semelhantes entre si. Isto pode ter decorrido do fato que os pontos coletados foram próximos ao solo, assemelhando suas condições.

Sugerimos que próximos trabalhos analisem a fachada Oeste e pontos mais altos das demais fachadas analisando as manifestações patológicas em função da altura.

O edifício necessita de intervenções e reparos nas fachadas para prolongar sua vida útil e promover um melhor aspecto visual aos seus usuários. As intervenções devem ser realizadas de acordo com os procedimentos preconizados pelas normas. Pois foram encontrados reparos na estrutura feitos de forma incorreta que em vez de retardar, aceleram os mecanismos de deterioração, pois provocam diferenças de potencial acelerando as reações de corrosão.

Além da manutenção corretiva, é necessária a realização de manutenções preventivas e preditivas para o aumento da vida útil da edificação.

REFERÊNCIAS

IBAPE/SP – Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia de São Paulo – **Norma de Inspeção Predial**, 2012.

Araujo, A.; Panossian, Z. **Inspeção Rotineira de Estruturas de Concreto Armado Expostas a Atmosferas Agressivas**. Revista Técnica. Edição 177. São Paulo: Pini, 2011.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG (DIN). **EN 14630** - Products and systems for the protection and repair of concrete, structures - test methods - determination of carbonation depth in hardened concrete by the phenolphthalein method. Berlin, 2007.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING & MATERIALS (ASTM). **C 876**: Standard method for half-cell potentials of uncoated reinforcing steel in concrete. Philadelphia, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7584**: Concreto Endurecido - Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2012. 9p.

_____. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2014. 238p.