Anais do Congresso Brasileiro de Patologia das Construções
CBPAT2016

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

DIAGNÓSTICO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NA ESTRUTURA DE UMA CONSTRUÇÃO PÚBLICA: ANEXO A E B

B. PANTOJA
Graduanda de Engenharia Civil
UFPA
Pará, Brasil
beatrizpantoja20@hotmail.com

L. CORDEIRO
Prof. Dra. FEC/ITEC/UFPA
UFPA
Pará, Brasil
lucianapc@ufpa.br

D. COSTA
Graduanda de Engenharia Civil
UFPA
Pará, Brasil
Danielaa.baia07@gmail.com

M. P. FERREIRA
Prof. Dr. FEC/ITEC/UFPA
UFPA
Pará, Brasil
mpinaf@gmail.com

M. MEDEIROS
Graduando de Engenharia Civil
UFPA
Pará, Brasil
Matheus_96h@hotmail.com
e-mail

RESUMO
A elaboração de um projeto de qualidade requer recursos financeiros, tempo adequado e demanda cuidados acentuados para evitar a deterioração estrutural a curto e/ou longo prazo, onde as causas podem ser desde o envelhecimento "natural" da estrutura até o abandono da construção e acidentes. A edificação pública – anexo A e anexo B, produto desta pesquisa, iniciou sua construção no ano de 2013 e, por razões econômicas e burocráticas, sua obra foi paralisada no ano de 2014, estando desde então exposta a intempéries e ações de deterioração. Este artigo tem como objetivo analisar a integridade estrutural destas edificações catalogando e diagnosticando as principais manifestações patológicas em concreto armado. Para isso, foram recolhidos e analisados todos os dados obtidos sobre as edificações e realizou-se uma série de inspeções, que foram documentadas em registros fotográficos, onde o microclima e as normas de construção também foram estudadas. Os resultados obtidos permitiram contabilizar a corrosão de armadura como principal manifestação patológica encontrada em ambas as obras. O fatores para esta ocorrência são o alto índice pluviométrico da região com a elevada temperatura e umidade, o que torna o ambiente altamente agressivo à estruturas de concreto armado desprotegidas e possuidoras de defeitos de execução. Para um prazo longo ou curto, essa anomalia irá comprometer a estabilidade da estrutura, é necessário medidas de reparo para sua contenção. Após tomadas essas medidas deve ser executada ações que aumentem a vida útil do prédio.
Palavras-chaves: Edificação pública; patologias; análise qualitativa.

ABSTRACT
The elaboration of a quality project requires financial resources, adequate time and care accented to prevent structural deterioration in the short and / or long term, where the causes can range from the "natural" aging structure to the abandonment of construction and accidents. The public building - Annex A and B, is the product of this research, it began its construction in 2013, for economic and bureaucratic reasons, his construction was stopped in 2014 and is since then exposed to weathering and deterioration actions. This article aims to analyze the structural integrity of buildings, by cataloging and diagnosis of the main pathological manifestations of reinforced concrete. For this, were collected and analyzed all data on buildings and carried out a series of inspections that were documented in photographic records, the microclimate and standards of construction were studied. The results obtained allowed to accounting for the reinforcement corrosion as a principal pathological manifestation found in both buildings. The factors for this occurrence are the high rainfall in the area with high temperature and humidity, which makes environment the highly aggressive to the exposed concrete structures and with implementation defects. For a long or short term, this anomaly will compromise the stability of the structure, corrective measures are necessary to contain it. After taken these measures should be implemented actions to increase the useful life of the building.
Keywords: Public Building; pathologies; qualitative analysis.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

1. INTRODUÇÃO

A Universidade Federal do Pará (UFPA), criada em 1957, é a maior universidade do norte brasileiro, nela se encontra diversas faculdades, entre estas a Faculdade de Engenharia Civil (LEC). Com o passar dos anos a infraestrutura da instituição teve que se adaptar, tanto aos novos métodos construtivos, quanto a ampliação de salas e laboratórios. Com isso, houve a necessidade de construir um novo Laboratório de Engenharia Civil (LEC), localizados nos fundos do atual laboratório.

O projeto do novo LEC consiste em dois edifícios em concreto armado convencional, dividido em dois anexos, anexo A e B. O anexo A será um laboratório de ensaios em escala real com salas de aulas e para professores, e o anexo B será composto por salas, laboratórios experimentais e auditório. Esta obra teve início em 2013, no entanto, como qualquer edificação pública está sujeita a problemas burocráticos, desde natureza financeira até problemas com as empresas responsáveis. Assim, levando a interrupção na construção dos edifícios. Atualmente, essas edificações já estão paradas há quase 2 anos e sujeitas a diversos intemperes, entre eles a ação do meio ambiente.

A maioria dos danos apresentados em elementos estruturais, são do tipo evolutivos, ou seja, em um prazo mais ou menos curto, poderão comprometer sua estabilidade. A deterioração de uma estrutura, poderá estar relacionada com as seguintes causas: erros de projeto estrutural, emprego de materiais inadequados, erros de execução e agressividade do meio ambiente [1]. Erros na execução da obra e no projeto levam, consequentemente, a gastos extra orçamentais para reparo de danos e medidas de adaptação do projeto. Em certos casos, tais erros são irreparáveis o que leva a condenação da obra.

Esse trabalho visa diagnosticar a situação destes edifícios, através da catalogação das manifestações patológicas, tornando possível verificar o grau de incidência das manifestações patológicas, que surgiram durante o período de interrupção da obra, e avaliar o estado da obra. Para isso, foi usado de mecanismos como vistorias e analise fotográfica da obra, também foi estudado o microclima.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Microclima da região

Belém apresenta temperaturas sempre altas, forte convecção, ar instável e alta umidade do ar favorecendo a formação de nuvens convectivas. As temperaturas altas estão associadas ao elevado potencial de radiação solar incidente, embora grande parte da energia seja convertida em calor latente de evaporação e outra parte convertida em calor sensível que é destinado ao aquecimento do ar. A forte convecção, a instabilidade e a alta umidade do ar favorecem a formação de nuvens convectivas, dando origem a uma grande incidência de precipitação na forma de pancadas, principalmente à tarde, situação característica de regime de chuva do tipo continental [2].

2.2. Manifestações Patológicas

2.2.1. Fissuração

As trincas e fissuras são fenômenos próprios e inevitáveis do concreto armado. Mudanças de volume nos elementos de concreto, causadas por gradientes de temperatura e umidade, provocam tensões de tração; sobrecargas excessivas; impactos não previstos e cargas cíclicas podem provocar solicitações que ultrapassam as solicitações de fissuração, provocando o aparecimento destas patologias[2].

Referente a fissuração a NBR- 6118 (Projeto de estruturas de concreto: procedimentos) considera a sua ocorrência como fator de risco para aparição da corrosão no aço esse fato está diretamente relacionado a qualidade e espessura do cobrimento. A abertura máxima característica das fissuras, desde que não exceda valores da ordem de 0,2 mm a 0,4 mm sob ação das combinações frequentes, não tem importância significativa na corrosão das armaduras passivas.

2.2.2. Corrosão de Armadura

O concreto proporciona ao aço uma barreira alcalina que o separa e o protege do meio ambiente, e permite formar uma película fina de óxido de ferro na superfície do aço, camada de passivação, mantendo-o inalterado por um tempo indeterminado, desde que o concreto seja de boa qualidade, e que suas propriedades físico-químicas não se alterem devido às ações externas [5].
Os óxidos expansivos, gerados na corrosão, ocupam volumes maiores que o volume do aço original, causando fissuras e

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

destacamento da camada de cobrimento, facilitando o ingresso de outros agentes agressivos. Durante a corrosão o aço diminui sua seção ao converte-se em óxido, causando redução da aderência aço/concreto, por conseguinte uma perda da capacidade estrutural do elemento de concreto.

Essencialmente, são duas as causas que podem dar lugar a destruição da capa passivante. A presença de uma quantidade suficiente de cloretos, adicionada durante o amassamento do concreto ou penetrada do exterior, ou outros íons despassivantes em contato com a armadura, e a diminuição da alcalinidade do concreto por reação com substâncias ácidas do meio [6].

Em um concreto com uma umidade relativa abaixo de 60%, provavelmente não haverá corrosão. O mesmo acontece quando o concreto estiver saturado com água. A umidade ótima para ocorrer o processo encontra- se entre 70 a 80%, sendo que, acima deste nível, a difusão de oxigênio é reduzida consideravelmente [7].

A qualidade do concreto e a espessura da camada de cobrimento são fatores fundamentais na proteção das armaduras. A qualidade do concreto e a espessura do cobrimento estão, diretamente, relacionado ao intervalo de tempo necessário para que a frente de carbonatação e os íons cloretos atinjam a superfície das armaduras.

2.2.3. Lixiviação de compostos hidratados

Quando em contato com agua com pouca concentração de íons de cálcio ou pura a pasta de cimento que constitui o concreto pode hidrolisar ou dissolver os produtos da hidratação do mesmo, o hidróxido de cálcio. A lixiviação deste composto resulta no aumento da porosidade e permeabilidade do concreto, tornando-o mais suscetível ao ataque de agentes agressivos e levando a sua corrosão. Além do dano estético, o hidróxido interage com o dióxido de carbono presente no ar e o produto desta reação é carbonato de cálcio, que precipita formando crostas brancas na superfície do concreto.

Quanto mais poroso o concreto, maior a intensidade da corrosão. A dissolução, o transporte e a deposição do hidróxido de cálcio Ca(OH)2 (com formação de estalactites e de estalagmites) dão lugar à decomposição de outros hidratos, com o consequente aumento da porosidade do concreto que, com o tempo, se desintegra. Este fenômeno que ocorre no concreto é similar à osteoporose do esqueleto humano, e pode levar, em um espaço de tempo relativamente curto, o elemento estrutural atacado à ruína. É o processo de corrosão que ocorre com mais frequência.[8].

2.2.4. Vazios de concretagem

Manifestação causada por falhas no processo de concretagem, lançamento e adensamento, formas mal executadas e por retenção de agregado graúdo entre os espaçamentos da armadura por erro na especificação de seu tamanho máximo. Juntas frias são mais suscetíveis ao aparecimento dos vazios de concretagem[9].

2.3. Normalização

Segundo a NBR - 6118 as estruturas devem ser construídas de maneira que mesmo sob as condições ambientais previstas no projeto e quando em uso, se utilizadas como fora previsto, mantenham sua segurança, estabilidade e com eficiência em serviço em sua vida útil - nisto consiste a durabilidade.

Deve-se evitar a presença ou acumulação de água da chuva ou decorrente de limpeza e lavagem, sobre as superfícies das estruturas de concreto; As superfícies horizontais expostas devem ser convenientemente drenadas, com disposição de ralos e condutores; as juntas de dilatação, quando em superfícies sujeitas à ação de água, devem ser convenientemente seladas, tornando-as estanques à passagem de água; os topos de platibandas e paredes devem ser protegidos por chapins; os beirais devem ter pingadeiras e os encontros a diferentes níveis devem ser protegidos por rufos; disposições arquitetônicas ou construtivas que possam reduzir a durabilidade da estrutura devem ser evitada; o acesso para inspeção e manutenção de partes da estrutura com vida útil inferior ao todo devem ser previstas em projeto. Sendo cumprida essas exigências a durabilidade das estruturas é altamente dependente das características do concreto e da espessura e qualidade do concreto do cobrimento da armadura [4].

Os mecanismos de deterioração relativos ao concreto armado são a lixiviação dos compostos hidratados, expansão do concreto por ação de agentes químicos agressivos, rompimento da camada de passivação da armadura. Aqueles relativos a estrutura como um todo são às ações mecânicas, movimentações de origem térmica, impactos, ações cíclicas, retração, fluência e relaxação.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

Quanto ao cobrimento a norma declara que para se ter um cobrimento garantido deve-se acrescentar a ele uma tolerância de execução, estabelecidos pela norma de acordo com a situação, esta soma é chamada de cobrimento nominal. Esse cobrimento nominal é calculado com base na superfície da armadura externa, de maneira que deve ser igual ou maior que o diâmetro da barra da armadura, que o diâmetro do feixe de barras, metade do diâmetro da bainha e 120% do diâmetro máximo do agregado.

2.4. Durabilidade

A durabilidade de uma estrutura é função de vários parâmetros, como as características das diversas etapas construtivas (projetos, especificações, materiais, manutenção), da agressividade do meio ambiente em que a estrutura está inserida, da forma de utilização da estrutura e da vida útil requerida [10].

Algumas das principais causas da baixa durabilidade dos concretos estruturais existentes são a inconsciência dos projetistas e construtores em relação aos processos de degradação - sua origem, mecanismos e evolução e por parte daqueles que são os responsáveis pela manutenção e conservação das estruturas.

Para se executar um projeto estrutural de durabilidade é preciso que o projetista disponha de modelos com previsão da durabilidade da estrutura e dos materiais, incluindo parâmetros de projeto como dimensões das peças, características dos materiais, agressividades ambientais, etc [11].

A agressividade do meio ambiente está relacionada com as ações físicas e químicas que atuam sobre a estrutura de concreto, independente das ações mecânicas, das variações volumétricas de origem térmica e da retração hidráulica. Em relação ao caso estudado está, segundo a NBR-6118, na classe II de agrssividade ambiental onde o risco de deteriorização é pequeno.

3. DESCRIÇÃO DOS OBJETOS DE ESTUDO

As construções tiveram suas obras paralisadas a cerca de dois anos, assim sendo expostas a diversos intempéries. são edifícios de concreto com armadura passiva e lajes pré-moldadas preenchidas com isopor com vigotas de concreto, sendo apenas no anexo B utilizado vigas em aço, blocos de cerâmica como alvenaria de vedação e revestimento interno e externo em argamassa. No anexo A (Figura 1- (a)), a interrupção em sua concepção ocorreu antes das etapas de vedação e revestimento, ou seja, os seus elementos estruturais estão expostos ao meio ambiente. No anexo B (Figura 1- (b)), a alvenaria e o revestimento em argamassa foram praticamente concluídos, entretanto, este não dispõe de cobertura. Ambos sofrem com o acúmulo de água proveniente de chuva em suas lajes, que percolam por outros de seus elementos estruturais. Foram identificados um total de 31 pilares e 23 vigas no anexo A, 33 pilares e 43 vigas no anexo B.

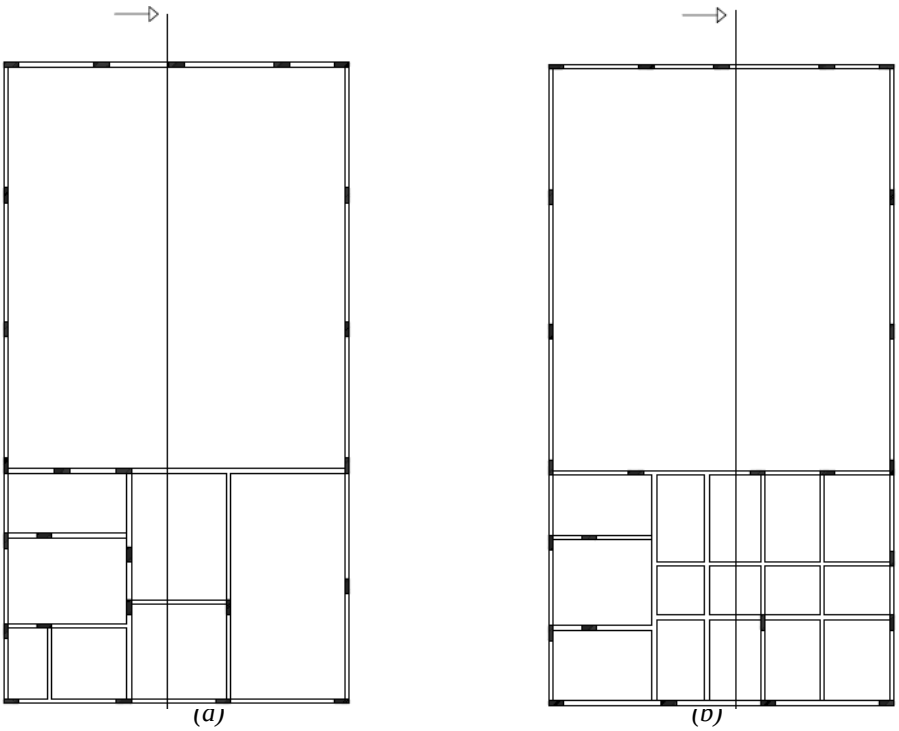


(a) *(b)*

Figura 1 –Edificios do novo LEC: (a) anexo A e (b)anexo B

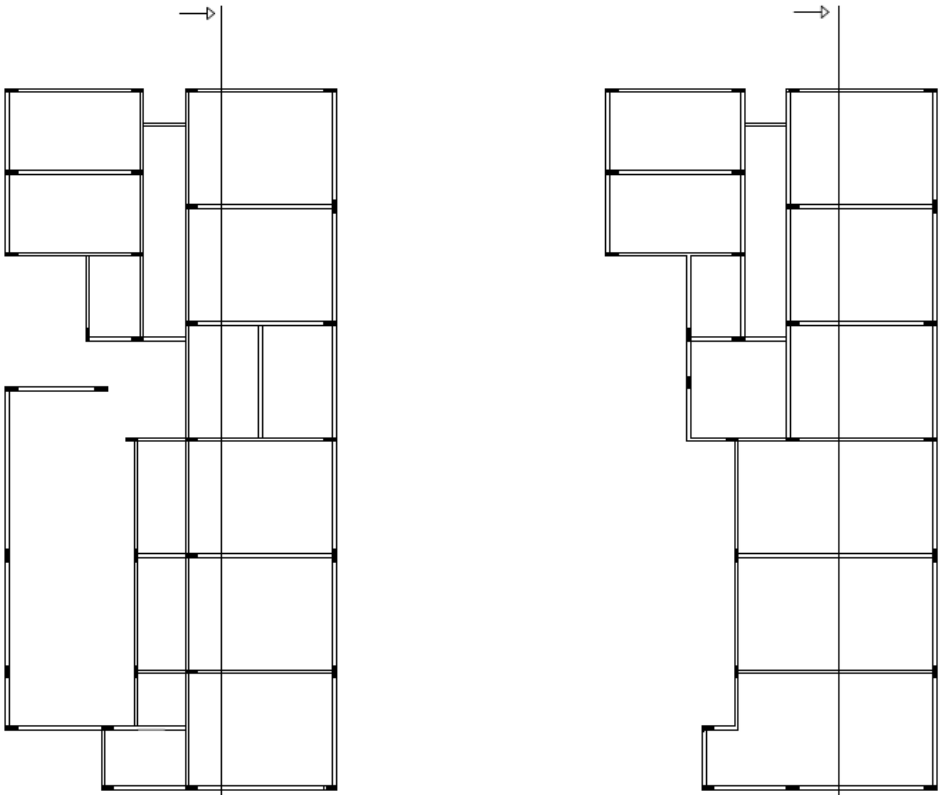
3.1. Esboço das estruturas:

Esboçou-se as estruturas dos anexos visando a representação do objeto de estudo.



(a) (b)

Figura 2 – Esboço da estrutura do anexo A (a) 1º pavimento (b) 2º pavimento



(a) *(b)*

Figura 3 – Esboço da estrutura do anexo A (a) 1º pavimento (b) 2º pavimento

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

4. METODOLOGIA

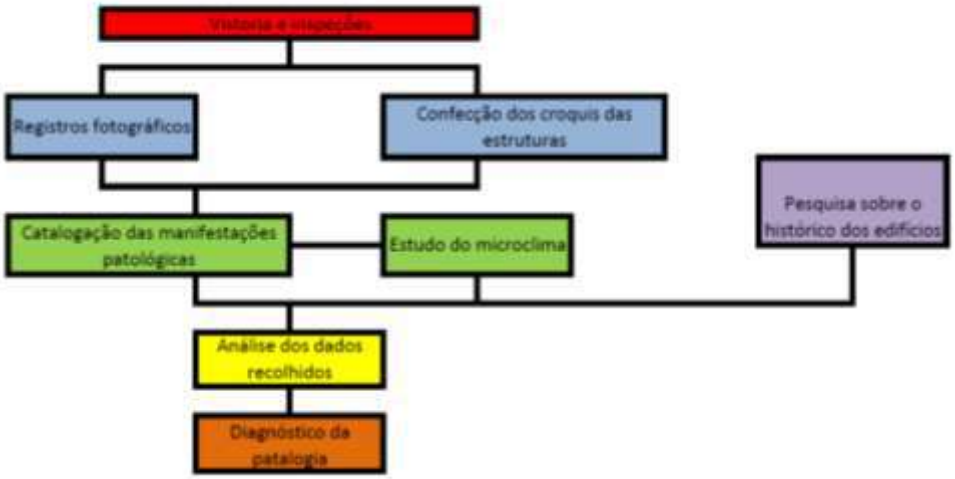


Figura 4 – Fluxograma da metodologia.

Para avaliar e catalogar as manifestações patológicas presentes nas estruturas das construções, anexo A e B, pesquisou-se sobre o histórico dos edifícios tanto por via oral como através de documentação, com o intuito de averiguar os motivos da interrupção das obras e possíveis causas para a patologia existente. Logo após, foi feita a coleta de dados presenciais, por meio de vistoria e inspeções, que foram documentadas por registros fotográficos. Durante as visitas esboçou-se as estruturas, com o intuito representar o objeto de estudo.

Para o estudo dos dados, a patologia de cada anexo foi catalogada separadamente, de tal maneira que as manifestações identificadas nas inspeções foram divididas em grupos, de acordo com o tipo de elemento estrutural de concreto armado analisado (vigas e pilares). Adaptou-se o Método da Incidência empregado no trabalho de STURIÃO,2014, ao caso de maneira que cada tipologia da manifestação é contabilizada, apenas uma vez, por elemento estrutural de concreto, independente do seu grau de deterioração e de sua quantidade no mesmo.

Em seguida, foram criados gráficos que correlacionam o grau de incidência das manifestações identificadas em cada um dos anexos, a partir da análise de tais gráficos junto com os dados fotográficos será diagnosticado e avaliado o estado do laboratório.

5. ANÁLISE DE DADOS

5.1. Incidência de manifestações patologias no anexo A



Figura 5 - Gráfico 1: Incidência total de patologia no anexo A por elemento estrutural

De um total de 75 incidências de manifestações patologicas identificadas por elemento estrutural do anexo A, 26 em pilares e 49 em vigas, o valor de 85% é referente a corrosão de armadura e lixiviação de compostos hidratados. A possível causa para estas manifestações são a alta umidade e a grande ocorrência de precipitações na região, sendo este efeito agravado no anexo A pela falta de vedação e revestimento.

5.2. Incidência de manifestações patologias no anexo B



Figura 6 - Gráfico 2: Incidência total de patologia no anexo B por elemento estrutural

No anexo B foram contabilizadas um total de 46 incidências de manifestações patologicas identificadas por elemento estrutural, 11 em pilares e 35 em vigas. Em relação a este anexo, além do acúmulo da água oriunda da chuva,outro fator agravante para a alta porcentagem da corrosão de armadura é a ocorrência de erros durantes a fase de execusão da obra, como os vazios de concretagem (*Figura 9*) que dexam a armadura exposta, trechos com pequenos cobrimentos (*Figura 10*) e a utilização de ferragem que já possui corrosão superficial, erro comum em obras.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

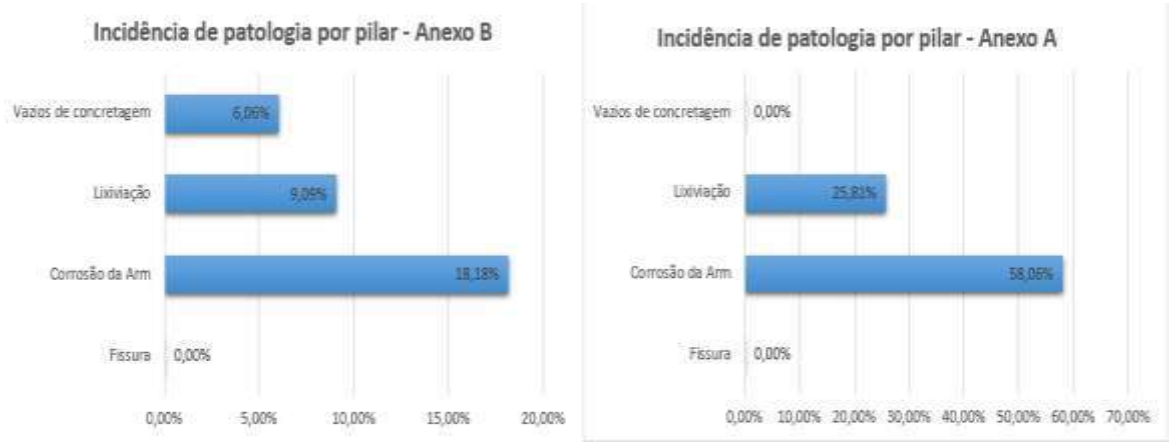


Figura 7 – Vazios de concretagem em viga do anexo B..



Figura 8 – Trechos em que o pilar do anexo B está coma a armadura exposta por falta de cobrimento.

5.3. Incidência de manifestações patologias por pilar



(3) *(4)*

Figura 9 - Gráficos 3 e 4: Porcetagem da incidência de patologia por pilares no anexo B e A, respectivamente.

Ao observar os gráficos 3 e 4 percebe-se que, em ambos os anexos, a patologia por pilar mais incidente é a corrosão de armadura seguida pela lixiviação de compostos hidratados. Mais de 50% e 25,81% dos pilares do anexo A possuem corrosão na armadura e lixiviação, respectivamente, enquanto no anexo B as porcentagens são apenas 18,18% e 9,09%.

A corrosão da armadura em ambos os casos provoca destacamento da camada de cobrimento em alguns pilares(*Figura 12*). Além da ação da água da chuva, em algumas situações, a corrosão iniciou-se possivelmente por dois fatores: pequena camada de cobrimento em alguns trechos(*Figura 13*) e vazios de concretagem– no caso no anexo A não existe esse último fator. A lixiviação também pode provocar a corrosão por deixar a o concreto suscetível ao ataque de agentes agressivos.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

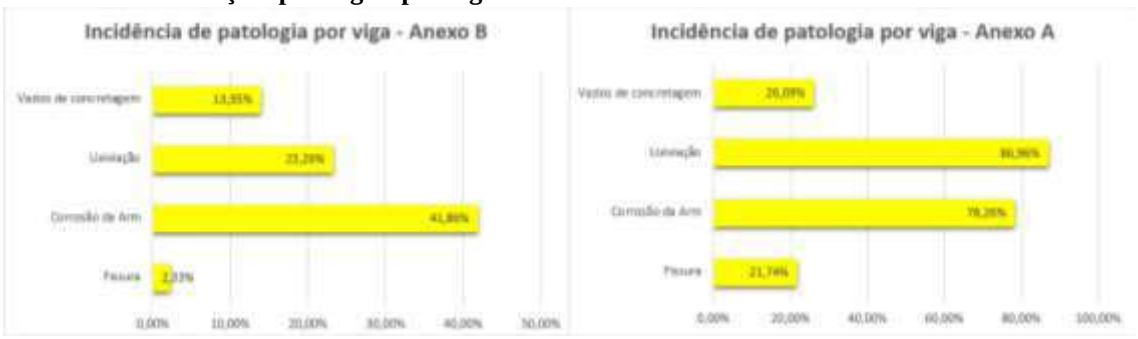


Figura 10 - Destacamento da camada de cobrimento em pilar do anexo B



Figura 11 - Trechos em que a viga do anexo A está coma a armadura exposta por falta de cobrimento.

5.4. Incidência de manifestações patologias por viga



(5) *(6)*

Figura 12 - Gráficos 5 e 6: Porcetagem da incidência de patologia por vigas no anexo B e A, respectivamente.

No gráfico 5 do anexo B as manifestações patologicas com maior incidêcia são a corrosão de armadura e a lixiviação de compostos hidratados. Como dito anteriormente a corrosão da armadura pode ser uma consequencia das outras manifestações identificadas, pela presença de água e por falha de cobrimento em alguns trechos. Sendo a lixiviação possivelmente provocada pelo acumulo de água da chuvas nas lajes que escorre pela vigas e pilares (*Figura 15*). A porcentagens de fissuras é referente apenas a uma ocorrência, aparenta ter sido provocada por retração do concreto.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459



(a) *(b)*

Figura 13 – Manchas de musgos causadas pela percolação de água em (a) pilar e (b) viga no anexo B

Em relação ao anexo A a lixiviação é a anomalia com a maioria das ocorrências, superior a 80% das vigas. Isto sucede, pois a estrutura está exposta ao ambiente. Algumas eflorescências encontradas nas áreas de contato pilar-viga e foram consideradas apenas nas vigas (*Figura 16*). As fontes de corrosão de armadura aparentam ser as mesma que no anexo B porém a circunstância do anexo A agrava a sua condição, isto é refletido no fato que a porcentagem sua incidencia no gráfico ser maior para este anexo. A ocorrência de fissuras (*Figura 17*) no anexo aparenta ser causadas pela retração do concreto, são defeitos derivados de uma cura mal executada, porém sem a posse do projeto não é possível afirmar isto.



Figura 14 – Lixiviação de compostos hidratados nas áreas de contato pilar-viga do anexo A



Figura 15 – Fissuras em vigas do anexo A

6. CONCLUSÃO

Após várias inspeções e vistorias da obra, juntos com o estudo de todos os registros fotográficos, notou-se que a patologia mais incidente foi a corrosão nas armaduras de concreto armado. O principal motivo desta ocorrência é a união do alto índice pluviométrico da região com a elevada temperatura e umidade, o que torna o ambiente altamente agressivo a estrutura de concreto armado desprotegidas, tal problema afeta mais o anexo A devido à falta de revestimento e vedação. A corrosão que ocorre na armadura diminui sua seção, o que leva a uma redução na aderência do concreto com o aço, assim perdendo parte da sua capacidade portante.

A maioria das manifestações patológicas encontradas nos anexos são do tipo evolutivo, principalmente, a corrosão do concreto armado e a lixiviação, pois são causadas devido a ação do clima e acúmulo de água. Ou seja, em um prazo longo ou curto, elas irão comprometer a estabilidade da estrutura. Desta forma, se faz necessário a elaboração de medidas de reparo ou contenção de tal patologia.

É importante frisar que os resultados obtidos neste estudo, não pode ser tratado como um diagnóstico absoluto dos problemas que acometem as edificações, pois se faz necessário ser feitos testes os quais podem, de uma forma mais precisa, comprovar o nível de degradação da estrutura.Frisando que deterioração do concreto é composta por processos complexos que alteram a capacidade de o material desempenhar as suas funções, e nem sempre se manifestam visualmente. Logo após, deve ser executada ações que aumentem a vida útil do prédio, assim melhorando sua estabilidade.

7. BIBLIOGRAFIA

[1] BAUER, L.A. Falcão**. Materiais de Construção: Novos Materiais para a construção civil**. Vol.1 5° edição,2000. 471p.
[2] NECHET. D. **Variabilidade diurna de precipitação em Belém-PA: aplicação em planejamento a médio e longo prazo**. Boletim Climatológico. Presidente Prudente, SP, v.2, n.3, p.223-227, jul. 1997.
[3] LAPA, José Silva. **Patologia, recuperação e reparo das estruturas de concreto**. Dissertação (Especialização em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.2008. 56p.
[4] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto: procedimentos.** Rio de Janeiro, 2004. 221 p
[5] FERREIRA, Rui Miguel. **Avaliação dos ensaios de durabilidade do betão**. 2000. 246 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade do Minho, Braga, 2000.
[6] ANDRADE, Maria del Carmem**. Manual para diagnóstico de obras deterioradas por corrosão de armaduras.** Tradução e adaptação de Antônio Carmona e Paulo Helene. 1. ed. São Paulo: Pini, 1992. 104 p. ISBN 85- 7266011- 9
[7] ARANHA, P. M. F**. Contribuição ao estudo das manifestações patológicas nas estruturas de concreto armado da região da Amazônia.** Porto Alegre: UFRGS, 1994. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1994, 144p.
[8] SOUZA, V. C., RIPPER, T**. Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto.** 1 ed. São Paulo: Ed. Pini, 1998. 255p.
[9] FIGUEROLA, Valentina. **Vazios de concretagem**.TECHNE 109, Abril 2006, 4p
[10] METHA, P. K. Point of view durability – critical issues for the future. Concrete International. American Concrete Institute. Detroit. v.19, n.7, p. 27-33, 1997
[11] SARJA, A. & VERSIKARI, E. Durability design of concrete structures. Report of RILEM Technical Committee 130 – CLS, RILEM Report p4. London ; E & FN SPON., 1994
[12]STURIÃO,Brunella Volpato. et al. **Levantamento e análise das manifestações patológicas no campus goiabeiras da UFES.** In: Congresso Brasileiro de Patologia das Construções, 2014, Foz do Iguaçu. Anais. 2014. 12p.