escola politécnica da universidade de são paulo
pcc 5836 – corrosão e proteção de armaduras para estruturas de concreto

influência da corrosão na estética e no efeito psicológico dos usuários: estudo de caso da laje do edifício Vilanova Artigas FAUUSP

ricardo alencar
prof. paulo helene

novembro, 2005

sumário

1. alguns efeitos da corrosão que prejudicam a estética e o ponto de vista psicológicos dos usuários
2. concepção, projeto e contextualização: estudo de caso da laje co edifício da FAUUSP
3. metodologia
4. inspeção preliminar
5. inspeção detalhada
6. resultados
7. proposta de reabilitação

alguns efeitos da corrosão que prejudicam a estética e o ponto de vista psicológico dos usuários

manchas típicas de corrosão de armaduras

armaduras expostas

destacamento de pedaços de concreto ("*spalling*")

fissuras longitudinais típicas de expansão de produtos de corrosão

estudo de caso da laje do edifício Vilanova Artigas FAUUSP

para efeito desse estudo foi abordado o trabalho de inspeção, diagnóstico, prognóstico e reabilitação da laje de cobertura do edifício Vilanova Artigas, FAUUSP, localizado na Cidade Universitária, São Paulo

elaborado pela empresa PhD^{esign} , foi cedido para a apresentação desse seminário, que por se tratar de uma obra de grande importância para a arquitetura e em si tratando de "estética" não poderia ter melhor exemplo

projeto, concepção e contextualização

Segundo PEREIRA; ALENCAR (2005), o prédio da FAUUSP é certamente o mais conhecido dos edifícios projetados pelo arquiteto João Batista Vilanova Artigas (1915-1985). Conceitualmente, o prédio representa as influências do chamado "brutalismo", vertente paulista do movimento moderno e do qual o autor é idealizador e um dos expoentes.

ARTIGAS (1961) apud FERRAZ (1997, p.101) pensou na FAU: "como a espacialização da democracia, em espaços dignos, sem portas de entrada, porque o queria como um templo, onde todas as atividades são líricas".

A estrutura do edifício é composta por elementos de concreto armado e protendido foi projetada pelo engenheiro Figueiredo Ferraz.

edifício logo após sua construção

metodologia

a inspeção divide-se em duas partes principais, a saber: inspeção preliminar, baseada em exame visual, levantamentos de antecedentes, seleção de áreas de estudo, registro fotográfico de anomalias, entre outros; e

inspeção detalhada, com ensaios "in loco", retiradas de amostras e realização de ensaios laboratoriais.

inspeção preliminar

manifestações patológicas encontradas na laje de cobertura

eflorescência e estalactites esbranquiçadas

principais causas desta patologia

falha no caimento de alguns trechos

deficiência da impermeabilização

conseqüências

redução do pH do concreto, ocasionando a **despassivação das armaduras**.

manifestações patológicas encontradas nas vigas de suspensão da laje

corrosão inicial de armaduras dos estribos

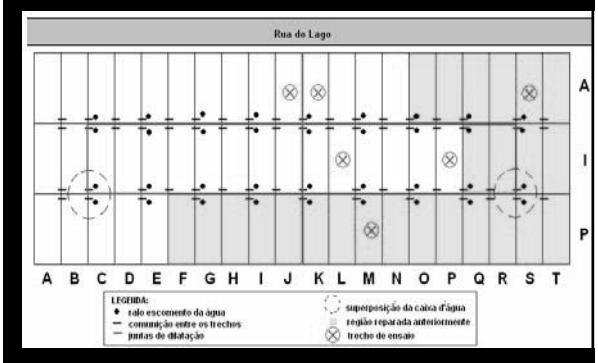
ausência de cobrimento em alguns pontos onde foi encontrado até estribos rompidos

seleção das áreas de estudo

foram selecionados 6 pontos de estudo para verificação do estado de deterioração. Sendo que, 2 nas áreas reparadas anteriormente e 4 nas áreas sem intervenção,

o critério para a amostragem foi à escolha dos pontos de ocorrência mais críticos de lixiviação e onde o gotejamento de água é constante.

localização dos pontos de amonstragem



seleção dos métodos de ensaio

foi necessária a abertura de janelas de inspeção, pois se suspeitava de acúmulo de água no interior das lajes nas regiões ocas.

- extração de testemunhos para verificação do perfil de camadas da laje;
- resistência a compressão de testemunho extraídos;
- localização das armaduras;
- profundidade de carbonatação;
- cobrimento das armaduras;
- potencial de corrosão;
- velocidade de carbonatação;e
- nível dos trechos da laje.

inspeção detalhada

procedimentos realizados em campo

extraídos testemunhos cilíndricos (diâmetros de 75 mm) conforme recomendação da norma NBR 7680

é importante para caracterizar a resistência à compressão e absorção de água.

além disso, este procedimento fez possível a verificação das camadas que compõem a laje, já que algumas intervenções paleativas no sentido de minimizar o problema foram adotadas no passado.

vai viabilizar uma estimativa da sobrecarga não prevista em projeto existente na laje.

o mapeamento das armaduras é utilizado como auxiliar da extração de testemunho, para evitar o corte de armação da estrutura, e do ensaio de potencial de corrosão, que precisa ser conduzido na região do concreto sobre a armadura.

referência adotada para esse procedimento é a BS 1881 Part 204.

equipamento eletromagnético-pacômetro.

a medida da profundidade carbonatada foi feita "in loco" em superfície recém-fraturada do concreto com o indicador químico fenolftaleína (pH de viragem entre 8,3 e 9,3) e com paquímetro e têm precisão de 1mm

baseado nas recomendações do CPC-18 da RILEM.

a medida do potencial de corrosão determina a possibilidade de uma estrutura estar com o processo de corrosão instalado.

foi medido por método eletroquímico não destrutivo e para tal, utilizou-se como eletrodo de referência (eletrodo de $Cu/CuSO_4$) ligado a um voltímetro.

ASTM C 876-87: 1990

a velocidade de corrosão é o parâmetro que caracteriza a cinética do processo de corrosão, define a taxa de deterioração das armaduras e, portanto, da própria estrutura afetada pela corrosão

GECORR 8 Corrosion Rate Meter , desenvolvido por Carmen Andrade

a verificação de nível é realizada com uma mangueira de nível

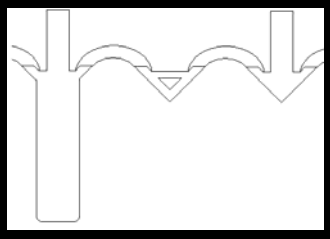
procedimentos realizados em laboratório

resistência a compressão de testemunhos extraídos – NBR 7680 e NBR 5739

índice de vazio, absorção deágua e massa específica – NBR 9778

resultados

informações obtidas em campo



a abertura dos pontos de estudo detalhada juntamente com a análise das plantas disponibilizadas pelo contratante permitiu verificar que cada trecho de laje é composto por um "A" invertido entre vigas

perfil da laje

Localização: trecho KA
- Espessura da laje: 5,4 cm
- Espessura das camadas adicionais: 4,1 cm (primeira camada; 3,5 cm (segunda camada); 1,0 cm (terceira camada)

- Localização: JA
- Espessura da laje: 7,2 cm
- Espessura das camadas adicionais: 4,0 cm (primeira camada; 2,5 cm (segunda camada); 2,3 cm (terceira camada); 1,3 cm (quarta camada)

as regiões vazadas da laje encontram-se completamente cheias de água

não havia ocorrência de locais com patologias de corrosão de armaduras nas faces internas à região vazada da laje de cobertura

profundidade de carbonatação e cobrimento da armadura

		profundidade (mm) max e min		cobrimento (mm) max e min	
KA	B	4	1	17	10
	D	6	2	18	11
	F	3	1	18	10
	H	5	2	16	14
JA	B	7	2	16	11
	D	4	2	14	12
	F	3	1	19	14
	H	4	1	21	17

potencial de corrosão (E_{corr})

RISCO DE CORROSÃO

Desprezível (> -200 mV)

Moderado (entre –350 mV e –200 mV)

Alto (< -350 mV)

KA	A	-267	JA	A	-110
	B			B	-137
	C	-166		C	-206
	D	-185		D	
	E	-274		E	-166
	F			F	-198
	G	-202		G	-78
	H			H	-214

velocidade de corrosão (I_{corr})

Velocidade de corrosão

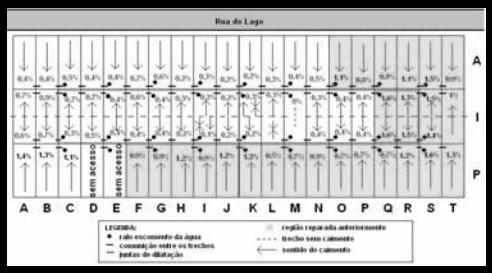
Baixa (< 0,2 μA/cm²)

Moderada (entre 0,2 μA/cm² e 0,5 μA/cm²)

Alta (> 0,5 μA/cm²)

PI	A	0,06	LI	A	0,04
	C	0,06		C	0,14
	E	0,11		E	0,01
	G			G	0,03

verificou-se que existem vários trechos com deficiência de caimento.



informações obtidas em laboratório

resistência a compressão

	MPa
KA	-
PI	34,1
JÁ	26,3
LI	-

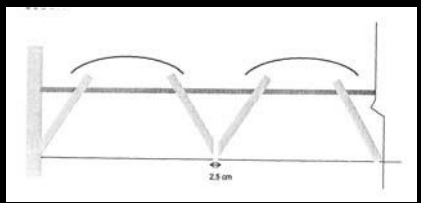
absorção de água

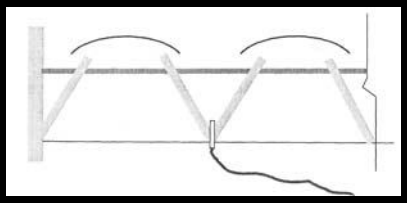
		Absorção (%)
KA	camada 1 (concreto)	6,3
	camada 2	9,5
	camada 3 e 4	8,8
PI	camada 1 (concreto)	5,7
	camada 2	8,9
	camada 3	7,8

alternativa de reabilitação

foi previstos furos nas arestas inferiores das vigas (grelhas) da laje de cobertura.

nas lajes onde houver muita percolação de água deve ser previsto um furo no vértice de encontro das quatro arestas com furadeira com delimitador de curso com broca de grande espessura até atingir um diâmetro de aproximadamente 25mm



deve ser fixado um pino com adaptador para engaste de mangueira de pressão de pelo menos 25mm de diâmetro.

deve-se, então, proceder a insuflação de ar quente para secagem, insuflação de veneno químico em pó para preservação da madeira e redução do risco de insetos. E, posteriormente, fazer a vedação dos pontos.