Anais do Congresso Brasileiro de Patologia das Construções
CBPAT2016

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NA PONTE DO SAPUCAIA NO MUNICÍPIO DE BRAGANÇA/PA

F. R. F. SOUSA
Bolsista PET-Engenharia Civil
Nucleo de Modelagem Estrutural Aplicada – UFPA
Pará; Brasil
felipe.sousa@itec.ufpa.br

M. C. M. CORDEIRO
Bolsista PET-Engenharia Civil
UFPA
Pará; Brasil
michellemelocordeiro@gmail.com

C. M. AZEVEDO
Graduanda de Eng. Civil
UFPA
Pará; Brasil
carolinemenezes1@live.com

I. P. GOMES
Graduanda de Eng. Civil
UFPA
Pará; Brasil
irailcegomes@yahoo.com.br

C. P. CRUZ
Graduanda de Eng. Civil
UFPA
Pará; Brasil
camilavhcruz@hotmail.com

L. N. P. CORDEIRO
Professora Doutora do ITEC/FEC/GPMAC
UFPA
Pará; Brasil
lupcordeiroo@gmail.com

RESUMO

A inevitável degradação de estruturas em concreto localizadas em zonas costeiras remete à necessidade imperativa de manutenções preventivas, tendo em vista que a névoa salina que se apresenta como um elemento veicular operante e ativo de ataque por transportar cloretos, fundamentalmente, em peças de concreto armado aparente. Este estudo foi realizado em estrutura de concreto armado situados na orla marítima ou eflúvio marítima da cidade de Bragança-PA, a qual está localizada no litoral atlântico nordeste do Estado do Pará. Tem como objetivo geral analisar as manifestações patológicas de uma ponte de concreto, localizada sobre um rio com influência das marés oceânicas, da Região litorânea de Bragança-PA. A mesma tem como particularidade ter sido projetada e utilizada inicialmente como ponte férrea, mas atualmente está integrada à malha rodoviária da cidade. Foi realizada "in loco" uma ampla inspeção visual com acervo fotográfico, além da realização de ensaios de carbonatação, e esclerometria para verificar a resistência do concreto. Os resultados permitiram classificar seu desempenho, segundo a metodologia sugerida pelo Manual de Inspeção Rodoviário (DNIT) [8] e ABNT NBR 7584/2012 [12], respectivamente, a qualidade do concreto. Sendo assim, é possível apresentar neste artigo o estudo/diagnóstico capaz de classificar a qualidade da estrutura da Ponte do Sapucaia.
Palavras-chave: Concreto armado. Ponte. Carbonatação. Ensaios não destrutívos.

ABSTRACT

The inevitable degradation of concrete in structures located in coastal areas brings the imperative care for preventive maintenance in order that the salt smog that is presented as an active pathological agent that attack s by transporting chloride, being an menace for fundamentally reinforced concrete . This study was conducted in reinforced concrete structure situated on the waterfront or maritime effluvium of the city of Bragança-PA, that is located on the Atlantic coast north of Pará state. And has as main objective to analyze the pathological manifestations of a concrete bridge , located on a river with influence of ocean tides, the coastal region of Bragança-PA. The same has the particularity to have been designed and used primarily as support for railroad, but is currently integrated road network of the city. It was held "in loco" a comprehensive visual inspection with photographic collection, in addition to carrying out carbonation tests, and sclerometry to verify the strength of concrete. The results allowed to classify their performance, according to the methodology suggested by Brazilian National Department of Transports and NBR 7584/2012 respectively, the quality of concrete. Being so it is possible to present in this article the study / Diagnostic able to rank the quality of Sapucaia bridge structure.
Key words: Reinforced concrete, bridge, carbonation, non-destructive testing.

1. INTRODUÇÃO

É inegável a importância das pontes para o desenvolvimento econômico e social das comunidades e seu entorno, com relativa frequência é dado destaque às grandes pontes com complicados sistemas estruturais, sendo pouco consideradas

as pontes de pequeno e médio porte. No estado do Pará, devido a sua geografia e alta concentração de hidrovias, há dezenas de pequenas pontes, as quais ligam inúmeras localidades, muitas vezes como único acesso rodoviário, oferecendo a estas a oportunidade de acesso a recursos necessários e de escoamento da produção conforme Miranda (2009)[1]. Entretanto muitas destas apresentam manifestações patológicas comprometedoras, cuja presença poderá oferecer riscos à sociedade e implica em prejuízos financeiros conforme é demonstrado por Verly et al (20015)[2] .

Deste modo, esta pesquisa buscou avaliar e apresentar o estado de conservação de uma ponte de médio porte, localizada na zona urbana da cidade de Bragança, situada na região nordeste do Pará. Foi objeto de estudo a Ponte do Sapucaia, que transpõe o Rio Caeté, por apresentar uma série de especificidades relevantes ao estudo das manifestações patológicas como: influência flúvio marítima, pois sazonalmente o rio Caeté recebe a água marinha advinda do oceano Atlântico[3]; elevado tempo de construção, uma vez que data da década de 1950[4]; alteração na funcionalidade de projeto, já que foi originalmente projetada como suporte à ferrovia da Estrada de Ferro de Bragança e hoje encontra-se incorporada à malha rodoviária[5]; além das características próprias da região amazônica como grande variação diária de temperatura e elevada umidade[6].

O meio ambiente é um dos principais agentes causadores de danos nas construções, de tal forma que um ambiente agressivo pode acelerar, ou mesmo, desencadear um processo patológico conforme NBR 6118[7], introduzindo, pela porosidade e pela rede de capilares, gases e líquidos que contêm agentes químicos agressivos.

Uma vez conhecidas e estimadas as características de deterioração dos materiais e dos sistemas estruturais, é possível conceituar durabilidade como sendo a capacidade da estrutura resistir a estas características, sem deteriorar-se, apresentando um desempenho satisfatório, o qual determinará sua vida útil.

Com o intuito de avaliar a durabilidade da ponte em estudo, foi realizada “in loco” uma ampla inspeção visual com acervo fotográfico, além da realização dos ensaios não destrutivos de carbonatação e esclerometria para verificar a resistência do concreto. Os resultados destes, em conjunto com a inspeção visual, ao serem comparados com as dos parâmetros presentes em normas regulamentadoras permitiram obter uma síntese do nível patológico apresentado pela estrutura estudada.

2. METODOLOGIA

Utilizou-se como base para a inspeção visual a metodologia das inspeções rotineiras, descritas no Manual Inspeções em pontes e viadutos de concreto armado e protendido – Procedimento[8], a qual consiste em coleta de informações sobre os danos e insuficiências estruturais instalados nos diferentes elementos componentes da obra. Sendo assim registradas e quantificadas as necessidades da estrutura em termos de manutenção e recuperação, bem como, avaliar as condições de segurança das mesmas. Os danos devem ser amplamente fotografados e eventualmente representados em croquis, visando manter um padrão na apresentação dos dados, assim como foi feito por Sartorti (2008) [9] e Carvalho et al (2007)[10]

Aos elementos estruturais são atribuídas notas técnicas que variam de acordo com os danos existentes e as insuficiências estruturais eventualmente geradas pelos mesmos A estrutura como um todo também recebe uma nota técnica, que refletirá sua condição de estabilidade. A nota técnica da estrutura corresponde à nota técnica do elemento que receber a nota mais baixa. A Tabela 1 apresenta o quadro que relaciona as notas técnicas com as condições apresentadas pelo elemento estrutural

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

NOTA	DANOS NO ELEMENTO/INSUFICIÊNCIA ESTRUTURAL	AÇÃO CORRETIVA	CONDIÇÕES DE ESTABILIDADE	CLASSIFICAÇÃO DAS CONDIÇÕES DA PONTE
5	Não há danos e nem insuficiência estrutural	Nada a fazer, só manutenção preventiva	Boa	Obra sem problemas
4	Há alguns danos, mas sem sinais que estejam causando insuficiência estrutural	Nada a fazer, apenas serviços de manutenção preventiva e corretiva	Boa	Obra sem problemas sérios
3	Há danos, gerando alguma insuficiência estrutural, mas sem sinais de comprometimento da estabilidade da obra	A recuperação da obra pode ser postergada, devendo-se porém, colocar o problema em observação sistemática	Boa ou aparentemente boa	Obra potencialmente problemática. Recomenda-se monitorar os elementos danificados através de inspeções rotineiras; para detectar em tempo hábil, eventual agravamento da insuficiência da estrutura
2	Há danos, gerando significativa insuficiência estrutural, porém não há ainda, aparentemente, risco tangível de colapso da estrutura	A recuperação (e/ou reforço) estrutural deve ser feita em curto prazo	Sofrível	Obra problemática, postergar em demasia sua recuperação pode significar sério comprometimento da vida útil-ou mesmo eventual colapso- no futuro
1	Há danos, gerando grave insuficiência estrutural, o elemento em questão encontra-se em estado crítico. Havendo risco tangível de colapso estrutural	A recuperação (e/ou reforço) estrutural, ou mesmo a substituição da obra deve ser feita sem tardar	Precária	Obra crítica, podendo configurar situação de emergência, podendo a recuperação da obra ser acompanhada de medidas preventivas especiais, tais como : restrição de carga na ponte, interdição total ou parcial ao tráfego, instrumentação contínua de deslocamentos e deformações

Tabela 1- quadro de notas técnicas (adaptado de DNIT, [8])

Os ensaios não destrutivos foram realizados in loco, o teste de carbonatação visa detectar a reação do hidróxido de cálcio presente no concreto com o gás carbonico do ambiente causando perda da reserva alcalina, possilitando desta

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

forma a corrosão das armaduras. O teste baseia-se na observação do intervalo da mudança de cor da solução de fenolftaleína, situada numa faixa de pH entre 8,3 e 10, isto é, quando a cor encontrada é vermelho-carmim o concreto apresenta-se não carbonatado, entretanto, caso fique incolor, de fato, o concreto está carbonatado; utilizamos um procedimento semelhante ao descrito por Mota (2009) [11].

Esclerometria é o ensaio não destrutivo para avaliação da dureza superficial do concreto. Neste ensaio utiliza-se um aparelho denominado esclerômetro de reflexão (ou Martelo de Schmidt) comforme o mostra na figura 1. Com este aparelho obtém-se um valor da dureza do concreto, chamado Índice Esclerométrico. O uso do esclerômetro de reflexão tem seu uso normatizado no Brasil pela NBR 7584 (2012)[12]. A utilização do Esclerômetro é simples: posiciona-se o esclerômetro perpendicularmente à superfície a ser ensaiada, encostando-o e o pressionando-o em uma área determinada conforme a NBR 7584[12] mostrado na figura 2. Através de um mecanismo interno de mola, uma massa metálica de características conhecidas é arremessada contra a haste metálica, e esta se impacta no concreto. Ocorre um repique dessa massa tanto maior quanto mais duro (ou mais resistente) for o concreto. Faz-se a leitura desse repique, que através de uma curva de correlação conveniente, encontra-se a resistência estimada do concreto naquela região.



Figura 1: Esclerômetro similar ao utilizado no ensaio



Figura 2 : Área de aplicação de golpes do martelo

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Resultados de inspeção visual

As manifestações patológicas apresentaram-se abundantes em toda extensão da estrutura estudada, conforme dados sintetizados na Tabela 01.

Notou-se que, visualmente, os elementos estruturais mostravam-se deteriorados em sua maioria, indicando falta de manutenções preventivas e, ou, intervenções corretivas inoperantes. Deve-se salientar que é dever da engenharia

despertar a atenção da sociedade civil para a necessidade cívica de planejar a manutenção e a reabilitação de todo patrimônio edificado, individualmente e coletivamente Ripper (2005) [13].
Nas figuras de 1 a 6 são mostradas os principais danos passíveis de identificação visual.



Figura 3: Exposição e corrosão de armadura longidutinal



Figura 4 : Vista do tabuleiro

Abril de 2016
ISSN 2448-1459



Figura 5: Ausência de armadura devido à corrosão e degaste superficial devido à cavitação no pilar a esquerda.



Figura 6: Exposição e corrosão da armadura inferior do tabuleiro rodoviário.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459



Figura 7: Vista inferior do tabuleiro mostra sinais de oxidação de armaduras e de infiltração.



Figura 8: Detalhamento da desagregação de concreto

Utilizando metodologia semelhante a de Mota (2009)[11] em consonância às notas mostradas na Tabela 1, pode-se sintetizar as patologias encontradas na Tabela 2.

Aspectos identificados	Danos	Causas prováveis
Exposição,corrosão e ruína de armadura	Ruína Parcial	Cobrimento insuficiente e perda elevada de seção da armadura
Manchas avermelhadas	processo de corrosão	Cobrimento insuficiente, elevada porosidade do concreto, concreto com deficiência alcalina
Desagregação do concreto	Ruína Parcial	Cavitação devida à agua

Tabela 02 – Catalogação dos danos

3.2 Ensaios não destrutivos

3.2.1 Teste de carbonatação

A elevada alcalinidade, obtida principalmente pela presença de hidróxido de cálcio, ($Ca(OH)_2$), liberado das reações de hidratação pode ser reduzida com o tempo. Segundo Helene (1986) [14], essa redução ocorre, essencialmente, pela ação do gás carbônico (CO_2) presente na atmosfera e outros gases ácidos, tais como SO_2 e H_2S. Esse processo, denominado carbonatação do concreto, ocorre lentamente.

A espessura de carbonatação na sua forma de avanço em direção ao aço, considerando os concretos armados e protendidos, pode ser considerado como uma frente de carbonatação. Esta frente pode ser visualizada mediante a um indicador químico apropriado como é a fenolftaleína que se torna incolor na zona carbonatável e toma uma cor vermelho-carmim na região que permanece alcalina (não carbonatada) (ANDRADE, 1992) [15]. Uma vez que a frente de carbonatação atinja a armadura, a passividade do aço é perdida e o mesmo poderá iniciar a corrosão.

Verificou-se que o nível de carbonatação foi baixo, haja vista as análises investigatórias realizadas “in loco” com aplicação da fenolftaleína, onde as peças de concreto ficaram na cor vermelho-carmim. Em condições similares, esse resultado também foi atestado por Castro et al. (2000a) [16], uma vez que esses autores verificaram em pesquisa realizada no México uma limitada carbonatação em estrutura de concreto em Região do litoral, atribuindo a corrosão da armadura ao ataque de cloreto, sendo, no entanto, a carbonatação existente tanto maior, quanto maior fossem o tempo de operação (serviço), a altitude e a distância do mar (até 200 m aproximadamente). Nesta linha, Castro et al. (2000c) [17] através de ensaios realizados, concluíram como fatores prováveis na limitação da carbonatação, a proximidade do mar e uma elevada resistência à compressão da estrutura de concreto.



Figura 9: Peças de concreto durante a aplicação da solução de fenolftaleína

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

3.2.2 Ensaio de Esclerometria

As vantagens desse método são que ele não provoca danos estruturais, é rápido de ser executado (caso as superfícies já tenham sido preparadas) e sua operação é simples. Como principal desvantagem do ensaio é que ele avalia somente a superfície do concreto, a qual deve ser representativa de concreto em exame.

Através da seleção dos dados válidos, foi possível determinar o Índice Esclerométrico e consequentemente a resistência superficial do concreto constituinte dos pilares da ponte; ainda que estes valores sejam superficiais e não representem fielmente a resistência de um material homogêneo como o concreto, este ensaio pode ser utilizado como um dos parâmetros de aferição da integridade estrutural. Os resultados para o índice esclerométrico e resistência superficial são mostrados na tabela 02

Tabela 03 – Valores de Índice Esclerométrico

Ponte sobre o rio Sapucaia Índice Esclerométrico		**Resistencia em MPa**	
Pilar 1	Pilar 2	Pilar 1	Pilar 2
35	33	27	24

4. CONCLUSÃO

A inspeção visual, respeitando-se o quadro mostrado na Tabela 1, leva a concluir que o estado de preservação da ponte a colocaria entre as notas 2 ou 1, sendo assim classificada quanto à estabilidade como sofrível ou precária uma vez que a estrutura estudada apresentava níveis de deterioração elevados, indicando que a vida útil encontra-se seriamente comprometida. Com isso, necessita de reabilitações imediatas para se obter um controle confiável do estado de conservação e segurança desta obra.

Ao analisar o teste de carbonatação, verificou-se um índice de alcalinidade satisfatória, o que está de acordo com os resultados de Castro et al. (2000a) [16]. A corrosão em decorrência do ataque dos íons cloreto mostra-se como a causa principal da deterioração avançada das peças, tendo em vista que a ponte encontra-se em um ambiente de influência marinha, e por esta razão recebe diariamente a névoa carregada de íons cloreto, além de sazonalmente a própria maré ser parcialmente composta de água salgada, o que intensificaria o ataque de cloretos.

A dureza superficial aferida através do ensaio esclerométrico apresentou um resultado satisfatório, entretanto este fator por si só não é representativo de ausência de patologias.

As manifestações patológicas encontradas têm seus efeitos oriundos de diversas causas. Apresentam danos ainda reversíveis e com relativa facilidade para serem sanados e com baixo custo nas suas intervenções, tais como: no tratamento de fissuras e trincas que podem ser preenchidas com massa acrílica, problemas de carbonatação, perda de cobrimento e eflorescência que podem ser atenuados com uma camada de cobrimento mais densa, com baixa relação água/cimento e/ou com adição de pozolanas, buscando a redução da porosidade e consequentemente o dificultando a penetração de agentes agressivos; a utilização frequente de pinturas anticorrosivas e instalação de sistemas de drenagem da água da chuva, para evitar que a mesma acumule-se e aja com e infiltre-se no concreto.

Outras manifestações patológicas necessitariam de técnicas mais complexas e de custo mais elevado para serem resolvidas, como é o caso da perda de seção das armaduras.

O fato de Ponte do Sapucaia ser originalmente usada na malha ferroviária e posteriormente integrada à rodovia sem ter passado por reforço ou adequação estrutural, por si só torna-se fonte potencial de patologias. Somado ao ambiente agressivo e falta de manutenções preventivas levou a um estado preocupante no que tange à estabilidade e funcionalidade.

.

5. REFERÊNCIAS

[1]MIRANDA, Rogério Rego; UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ. "**Interfaces do rural e do urbano em áreas de colonização antiga na Amazônia: estudo de colônias agrícolas em Igarapé-Açu e Castanhal (Pa)**". 2009. 212 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Belém, 2009.

[2] VERLY et al. "**Comparação entre as metodologias de inspeção de pontes: GDE/UNB e DNIT".** Congresso Latino aAnericano de Patologia.Lisboa,2015.

[3] SILVA, Sérgio Brazão e; UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ**. Interações geoquímicas na superfície de gleissolos no Estuário Amazônico**.2012. xix, 99 f. : Tese (doutorado) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Belém, 2012.

[4] BRASIL Departamento Nacional de Estradas de Ferro**. Estrada de Ferro de Bragança: demonstração tempo-percurso dos trens P.B. 1/2 durante os anos de 1948 a 1956** . Belém: DNEF, 1956. 1 v.

[5] BRASIL Departamento Nacional de Estradas de Ferro**. Estrada de Ferro de Bragança: documentos diversos**. Belém: DNEF, [19--]. 1 v.

[6]CRUZ, ERNESTO; SUPERINTENDÊNCIA DO PLANO DE VALORIZAÇÃO ECONÔMICA DA AMAZÔNIA. **A Estrada de ferro de Bragança: visão social, econômica e política** . [Belém]: SPVEA, [1955]. 158 p.

[7] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: (2014) **Projeto de estruturas de concreto- Procedimento**.Rio de Janeiro.

[8] DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. DNIT 010/2004 – PRO, NORMA. "**Inspeções em pontes e viadutos de concreto armado e protendido – Procedimento"**. Rio de Janeiro, 2004a.

[9] SARTORTI, Artur Lenz. **"Identificação de patologias em pontes de vias urbanas e rurais no município de Campinas – SP".** Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil e Arquitetura.Campinas,2008.

[10]CARVALHO et al. "**Estudo não destrutivo das técnicas de ultrassom e Esclerometria na avaliação do desempenho mecânico de estruturas de concreto armado".** Congresso Latino Americano de Patologia.Comlombia,2007.

[11] MOTA et al. **"Análise das patologias em estruturas de concreto na zona litorânea da cidade de Recife-Pe"**. Congresso Latino Americano de Patologia.Valparaíso,2009.

[12] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7584: (2012) **Concreto endurecido – Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão**.Rio de Janeiro.

[13] RIPPER, T. – "**Sistemas Especiais para Reforço de Estruturas de Betão - O futuro em perspectiva segura**". Portugal, 2005.

[14] HELENE , Paulo R. L. "**Corrosão em Armaduras para Concreto Armado**". São Paulo: PINI, 1986, 46 P.

[15] ANDRADE, M. C. P. "**Manual para diagnóstico de obras deterioradas por corrosão de armaduras**". 1.ed. PINI. São Paulo,1992.

[16] CASTRO et al. "**Influence of marine micro-climates one carbonation of reinforced concrete buildings**". Cement and Concrete Research. Pergamo.

[17] CASTRO et al. "**Carbonation of concretes in the Mexican Gulf**"**.** Building and environment. Pergamo.