



## ESTUDO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PONTES DE CONCRETO ARMADO NA REGIÃO DO CURIMATAÚ ORIENTAL PARAIBANO

FREITAS, Bruno Andrade de (1); SOUSA, Anderson Oliveira de (2); SANTOS, Alfredo Gomes Francisco da Silva (3); FARIAS, Manoel Leandro Araújo (4)

Universidade Federal de Pernambuco, brunoandraderc@hotmail.com; Universidade Estadual da Paraíba, anderson121671771@hotmail.com; Universidade Estadual da Paraíba, alfredo.fla@hotmail.com; Universidade Estadual da Paraíba, mlaf@hotmail.com

### RESUMO

As obras de arte especiais da engenharia (pontes), para garantia de vida útil adequada, necessitam de inspeções que avaliem seu estado ao longo do tempo. Diante disso, este trabalho visa avaliar 4 pontes de concreto armado, localizadas na rodovia PB-073 entre os municípios de Belém e Tacima, de acordo com a NORMA DNIT 010/2004 – PRO, no intuito de classificar as pontes de acordo com seu estado atual, em termos de manutenção, estado das peças estruturais, alertar em caso de emergência, abordar a importância das vias rodoviárias frisando o conforto e a segurança e mostrando os métodos para avaliação da sua trafegabilidade, onde para esse estudo foi usado como objeto de análise o pavimento que recobre as pontes já citadas. Além dos fatores mencionados, são estudados fatores como a temperatura, onde a partir da obtenção dos dados meteorológicos (temperatura, longitude, altitude e elevação da estação meteorológica), podemos avaliar o gradiente de temperatura pelo método de estimativa Estima<sub>T</sub>, e assim explicitar a influência da mesma sobre as pontes que ligam esses municípios, logo que, segundo bibliografia em estudo, essa variação exerce ação direta e indireta nos tipos de manifestações patológicas no concreto, causando fissuras através da retração do concreto por exemplo. Por fim, deve-se analisar a influência dos índices químicos do solo, através de vistorias nos locais, seguidas de coletas de amostras de solo da região que abrange as quatro pontes, com intuito de avaliar a relação dessas manifestações observadas com as substâncias químicas presentes no solo. As pontes sofreram processo de recapeamento do asfalto, porém a falta de manutenção nas estruturas das mesmas causa perda de resistência do seu concreto armado e facilita a propagação das manifestações.

**Palavras chave:** Pontes. Inspeções. Manutenção.

### ABSTRACT

*Special engineering works of art (bridges), in order to guarantee an adequate useful life, require inspections that assess their state over time. Therefore, this work aims to evaluate 4 reinforced concrete bridges, located on the PB-073 highway between the municipalities of Belém and Tacima, according to NORMA DNIT 010/2004 - PRO, in order to classify the bridges according to their state Current in terms of maintenance, condition of structural parts, alert in case of emergency, address the importance of roadways stressing comfort and safety and showing the methods for assessing its trafficability, where for this study was used as the object of analysis The floor covering the bridges already mentioned. In addition to the factors mentioned, factors such as temperature are studied, from which the meteorological data (temperature, longitude, altitude and elevation of the meteorological station) can be evaluated, and the temperature gradient can be evaluated by estimating Estima T method, thus explaining the influence Of the same one on the bridges that connect these municipalities, as soon as, according to bibliography in study, this variation exerts direct and indirect action in the types of pathological manifestations in the concrete, causing cracks through the retraction of the concrete for example. Finally, the influence of soil chemical indices should be analyzed through surveys at the sites, followed by soil sample collections from the region covering the four bridges, in order to evaluate the relationship of these manifestations with the chemical substances present Not alone. The bridges have undergone a process of asphalt recapping, but the lack of maintenance in the structures of the asphalt causes loss of resistance of its reinforced concrete and facilitates the propagation of the manifestations.*

**Keywords:** Bridges. Inspections. Maintenance.

## 1 INTRODUÇÃO

O projeto de uma ponte ou grande estrutura é o produto de um processo criativo constituído de uma sequência de alternativas, onde cada uma procura melhorar a anterior, até que se atinja uma solução suficientemente boa para ser construída (STUCCHI, 2006). Após a fase de projeto, a execução das obras de arte da engenharia deve ser feita de acordo com o que pede o projeto, a fim de que sua vida útil corresponda ao esperado, desde que sejam realizadas manutenções preventivas, com intervalos de tempo regulares.

As obras de concreto, sem exceção prezam por uma boa durabilidade, a qual é definida pela ABNT: NBR-6118 (2014) como a capacidade de a estrutura resistir às influências ambientais previstas e definidas em conjunto pelo autor do projeto estrutural e pelo contratante, no início dos trabalhos de elaboração do projeto.

De acordo com a pesquisa da CNT publicada em 2004, a malha rodoviária brasileira encontra-se em condições insatisfatórias aos usuários tanto quanto em desempenho, quanto à segurança e à economia. Em 2014, os acidentes rodoviários geraram um prejuízo econômico de 12 bilhões de reais em acidentes e resultou na morte de 6.742 indivíduos.

Em se tratando dos pavimentos que recobrem as obras de arte especiais de engenharia, a fim de se promover uma melhor manutenção às vias rodoviárias tentando assim minimizar as perdas, o Governo Federal em parceria com o DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura e de Transito) criaram o CREMA, Contrato de Reparo e Manutenção de rodovias, onde nesse estipula-se várias técnicas de vistoria e reparo para as vias, sendo uma delas a classificação através do IGG (Índice de Gravidade Global).

Também se pode citar a temperatura como um dos fatores para surgimento de manifestações patológicas nas pontes. Variações de temperatura tendem a provocar danos nas estruturas, uma vez que a temperatura da superfície se ajusta rapidamente, enquanto a do interior se ajusta lentamente. Os efeitos são destacamentos do concreto causados pelos choques térmicos. Os efeitos da temperatura no concreto podem ter origem tanto externa como interna. Do ponto de vista externo, as condições climáticas, como o frio e calor, juntos com a umidade do ar e ventos, podem provocar problemas no concreto (ABRAMS, 1971), ratificando a influência da variação de temperatura como, principalmente, causa de fissuras decorrentes da retração do concreto.

Além da temperatura, a influência dos índices químicos é de fundamental importância. Das características fisiológicas mais notáveis da solução do solo é a sua reação, isto é, se ácida, alcalina ou neutra. Como os microrganismos e os vegetais superiores são demasiadamente sensíveis aos seus ambientes químicos, há muito tempo se concede grande realce à reação do solo e aos fatores a ela associados. O ataque químico ocorre pela decomposição de produtos da hidratação do cimento e formação de outros produtos. Se estes novos produtos forem solúveis podem ser lixiviados; e se forem insolúveis, podem se expandir no próprio local onde se formam (NETO, 2009).

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo Geral

Determinar a classificação das condições das pontes em estudo, assim como suas condições de estabilidade conforme a norma “DNIT 010/2004-PRO” e atribuir a cada elemento da ponte uma nota de avaliação variável de 1 a 5, a qual refletirá maior ou menor gravidade dos problemas existentes nos elementos segundo a norma já citada.

### 2.2 Objetivos específicos

- Calcular o índice de Gravidade Global-IGG, dos pavimentos flexíveis que recobrem quatro pontes ao longo do trecho Belém-PB e Tacima-PB na rodovia PB-073;
- Avaliar a variável temperatura na região onde se encontram as pontes, através do software Estima\_T, e sua influência nas deformações que ocorrem ao longo das estruturas de concreto em estudo;
- Analisar a influência dos índices químicos do solo nas manifestações patológicas encontradas nas estruturas das pontes, com intuito de avaliar a relação dessas manifestações observadas com as substâncias químicas presentes no solo.

## 3 METODOLOGIA

As inspeções nas pontes foram realizadas de acordo com as normas DINIT 010/2004 – PRO, NORMA DNIT 006/2003 e seguem as seguintes etapas:

- Verificação do alinhamento da obra, observando deformações ou vibrações consideradas excessivas, se o tráfego flui livremente e em segurança e se há passeios para trânsito de pedestres;
- Verificação do estado da pavimentação dos acessos para avaliar a existência de irregularidades, tais como assentamentos ou asperezas incomuns;
- Avaliação da seção de vazão disponível, se é suficiente, verificando se detritos e materiais escoam livremente nos períodos de cheia e se há manifestações ou indícios de erosão, assoreamento ou retenção de materiais por apoios intermediários;
- Verificação quanto à evidência de erosões ou descalçamentos nas fundações diretas ou superficiais;
- Verificação da existência de sinais de degradação do concreto e corrosão de armaduras nos apoios intermediários (pilares, maciços, paredes ou isolados);
- Verificação de anomalias no concreto nas superestruturas (vigas, lajes maciças) tais como fissuras, trincas, deslocamentos, desagregações, disgregações, infiltrações e eflorescências, identificando suas causas prováveis, tais como drenagem deficiente, ausência de pingadeiras e trincas na laje, de cobrimentos deficientes, de armaduras expostas e de armaduras corroídas;
- Verificação sobre a existência de drenos em número suficiente e localizados em pontos baixos da laje inferior;

- Verificação na pista de rolamento, observando itens como: tráfego fluente e seguro, integridade da mesa, declividades, drenagem e aderência pneu-pavimento;
- Verificação das juntas de dilatação, observando sua integridade e capacidade de vedação e se está funcionando livremente;
- Verificação das barreiras e guarda-corpos, observando se estão padronizadas, tipo New Jersey, ou se são similares e oferecem proteção suficiente, além de anomalias no alinhamento, no estado do concreto e no cobrimento e estado das armaduras;
- Verificação da sinalização, observando a existência ou não de placas de sinalização na entrada da ponte e de sinalização da pista;
- Demarcação das estações consideradas;
- As áreas de estudo são delimitadas pelas bordas da faixa de tráfego e por duas seções transversais situadas a 3,0 (três) metros antes e após a estação considerada;
- Com o auxílio de uma trelça de alumínio padronizada pela norma, dotada de uma régua milimétrica instalada no seu ponto médio, mede-se, as deformações permanentes (flecha) no ponto máximo de depressão nos sucos formados nas trilhas de roda interna (TRI) e externa (TER);
- Averiguaram-se quais patologias apresentadas e tomou-se nota das mesmas observando suas particularidades.

Para utilizar o software Estima\_T, foi necessário a aquisição e coleta dos dados como: temperatura, longitude, latitude e a elevação de cada estação meteorológica analisada nas quatro pontes.

Nesse estudo foram utilizadas as médias mensais da temperatura do ar (média diária, máxima e mínima) na região do Curimataú oriental paraibano, mais especificamente entre as cidades de Tacima – PB e pelo município de Belém-PB. Os dados de temperatura do ar foram referentes ao período de agosto de 2015 a janeiro de 2016. As séries temporais das médias mensais de temperatura do ar (média diária, mínima e máxima) da região em estudo, foram construídas em função das coordenadas geográficas (i.e., latitude, longitude e elevação). O modelo empírico de estimativa da temperatura do ar é uma superfície quadrática, dada por:

$$T_{ij} = a_0 + a_1\lambda + a_2\phi + a_3h + a_4\lambda^2 + a_5\phi^2 + a_6h^2 + a_7\lambda\phi + a_8\lambda h + a_9\phi h \quad (1)$$

Em que  $\lambda$  é longitude,  $\phi$  é a latitude, em graus,  $h$  é a elevação de cada estação meteorológica analisada, em metros, e  $a_0, a_1, \dots, a_9$  são os coeficientes de regressão. Os índices  $i$  e  $j$  indicam, respectivamente, o mês e o ano para o qual se está calculando a temperatura do ar ( $T_{ij}$ ).

Cavalcanti et. al, (1994) também utilizaram uma superfície quadrática para determinar as temperaturas médias e extremas em cidades do Nordeste do Brasil expressa apenas em função das coordenadas geográficas. O modelo Estima\_T foi desenvolvido em linguagem computacional Visual Basic, para ambiente Windows, podendo ser operado em Pentium PC, com 150 MHz ou superior e 32 Mb de memória RAM.

O processo metodológico para utilização do software encontra-se na seguinte sequência:

- Coleta de dados nos postos pluviométricos nas quatro pontes;
- Determinar o coeficiente de correlação de Pearson, coeficiente de determinação, coeficiente de eficiência, erro médio quadrático e a raiz do erro médio quadrático a fim de avaliar o ajuste entre as séries temporais de temperatura do ar, observadas e obtidas pelo modelo de estimativa da temperatura do ar (Estima\_T);
- De posse dos dados obtidos, foi possível avaliar o gradiente de temperatura e sua possível influência direta, que seria responsável pela expansão do concreto causando retração e expansão da estrutura gerando fissuras ao longo da ponte de concreto, ou provocando reabertura de fendas já existentes.

#### 4 RESULTADOS

Após visitação nas pontes de estudo, foi possível realizar identificações de vários danos, bem como evidenciar a correção de algumas irregularidades que as pontes apresentavam até o ano de 2015. Abaixo seguem tabelas que sintetizam o estado das 4 pontes estudadas nesta pesquisa.

Tabela 1 - Informações das condições gerais das pontes

-	Ponte 1 (P1)	Ponte 2 (P2)	Ponte 3 (P3)	Ponte 4 (P4)
Juntas de Dilatação	Interrompidas por misturas asfálticas	Não apresenta	Não apresenta	Não apresenta
Guarda Corpos	Reformado de maneira inadequada	Reformado de maneira inadequada	Reformado de maneira inadequada	Reformado de maneira inadequada
Sinalização	Boa	Boa	Boa	Boa
Fissuras no Pavimento Flexível	Transversais no encontro da ponte com a estrada	Transversais no encontro da ponte com a estrada	Transversais no encontro da ponte com a estrada	Transversais no encontro da ponte com a estrada
Longarinas do Tabuleiro	Pouco acesso, portanto, não se obteve dados	Degradadas, com armadura exposta e corroída	Degradadas, com armadura exposta e corroída	Degradadas, com armadura exposta e corroída
Transversinas do Tabuleiro	Local pouco acessível, portanto, não se obteve dados	Bem conservadas	Bem conservadas	-
Drenagem	Boas condições	Obstruída	Boas condições	Boas condições
Vibração da Ponte	Apresenta vibração significativa	Vibração Excessiva	Apresenta vibração significativa	Vibração excessiva

Fonte: Autores (2017)

Em relação à estrutura da laje, a Tabela 2 representa as informações a respeito do estado de cada ponte.

Tabela 2 - Informações da laje das pontes

-	Ponte 1 (P1)	Ponte 2 (P2)	Ponte 3 (P3)	Ponte 4 (P4)
Presença de Aberturas	Existe	Existe	Existe	Existe
Armadura Exposta	Muito oxidada	Muito oxidada	Muito oxidada	Muito oxidada
Concreto Desagregado	Incidente	Incidente	Incidente	Incidente
Aspecto do Concreto	Degradado	Degradado	Degradado	Degradado
Cobrimento	Pouco em partes	Pouco em partes	Pouco em partes	Pouco em partes

Fonte: Autores (2017)

Quanto ao vigamento principal, a Tabela 3 mostra informações em relação ao seu estado.

Tabela 3 - Informações sobre o vigamento principal das pontes

-	Ponte 1 (P1)	Ponte 2 (P2)	Ponte 3 (P3)	Ponte 4 (P4)
Fissuras	Algumas	Algumas	Muitas	Muitas
Armadura Principal	Exposta e oxidada	Exposta e oxidada	Exposta e oxidada	Exposta e oxidada
Deformação (Flecha)	Não é visível a olho nu	Não é visível a olho nu	Não é visível a olho nu	Não é visível a olho nu
Aspecto do Concreto	Degradado	Degradado	Degradado	Degradado
Cobrimento	Pouco em partes	Pouco em partes	Pouco em partes	Pouco em partes

Fonte: Autores (2017)

Quanto à mesoestrutura, a Tabela 4 evidencia as seguintes informações.

Tabela 4 - Informações da mesoestrutura

-	Ponte 1 (P1)	Ponte 2 (P2)	Ponte 3 (P3)	Ponte 4 (P4)
Fissuras	Algumas	Algumas	Muitas	Muitas
Armadura	Exposta e oxidada	Exposta e oxidada	Exposta e oxidada	Exposta e oxidada
Aspectos do Concreto	Degradado	Degradado	Degradado	Degradado
Cobrimento	Pouco em partes	Pouco em partes	Pouco em partes	Pouco em partes

Fonte: Autores (2017)

Merece uma observação especial a reforma do pavimento flexível que recobre as pontes e as restaurações dos guarda-corpos, os quais estavam deteriorados, bem como uma recuperação dos guarda-corpos, visto que na reforma da ponte que apresenta junta de dilatação no pavimento (P1), as juntas não foram respeitadas. Com isso, o revestimento asfáltico foi aplicado sobre a junta, favorecendo o surgimento de trinca, por consequência, naquele local, de acordo com as Figuras 1 e 2.

Figura 1 - Pavimento antes da recuperação



Fonte: Autores (2017)

Figura 2 - Pavimento após a recuperação



Fonte: Autores (2017)

Os guarda-corpos foram restaurados de maneira incorreta, pois nas partes que estavam deterioradas, a equipe de trabalho apenas aplicou argamassa sobre alvenaria para cobrir as partes danificadas, o que facilmente permite concluir que brevemente, a corrosão daquela armadura interna será novamente evidenciada. A Figura 3 trata desta situação.

Figura 1 - Evidências de má restauração no guarda-corpo da Ponte 3 (P3)



Fonte: Autores (2017)

De acordo com o anexo C da NORMA DNIT 010/2004 – PRO, atribuiu-se a nota “2” (numa escala de 1 a 5, onde o número 1 representa a pior condição e o número 5 representa a melhor condição em termos gerais) para as pontes em questão, de acordo com uma análise geral dos seus elementos, ilustrada na Figura 4.

Figura 4 - Nota referente às condições gerais das pontes

NOTA	DANOS NO ELEMENTO / INSUFICIÊNCIA ESTRUTURAL	AÇÃO CORRETIVA	CONDIÇÕES DE ESTABILIDADE	CLASSIFICAÇÃO DAS CONDIÇÕES DA PONTE
2	Há danos gerando significativa insuficiência estrutural na ponte, porém não há ainda, aparentemente, um risco tangível de colapso estrutural.	A recuperação (geralmente com reforço estrutural) da obra deve ser feita no curto prazo.	Sofrível	<b>Obra problemática</b> Postergar demais a recuperação da obra pode levá-la a um estado crítico, implicando também sério comprometimento da vida útil da estrutura. Inspeções intermediárias <sup>1</sup> são recomendáveis para monitorar os problemas.

Fonte: NORMA DNIT 010/2004 – PRO

Figura 5 – Início de exsudação no pavimento da ponte 1



Fonte: Autores (2017)

Figura 6 – Início do desgaste no pavimento da ponte 3



Fonte: Autores (2017)

Com relação à análise do pavimento, estes apresentaram indícios de possíveis defeitos, tendo como os mais presentes a exsudação e o desgaste, conforme mostrado nas Figuras 6 e 7, respectivamente.

Quanto às deformações permanentes, obtiveram-se os seguintes resultados de flecha:

Tabela 5 – Medidas das flechas nas estações no pavimento sob as pontes

Nas pontes	
<b>TRI</b>	Média (mm) 3,08
	Variância (mm) 2,75
<b>TER</b>	Média (mm) 2,58
	Variância (mm) 1,78

Fonte: Autores (2017)

Tabela 6 – Medidas das flechas nas estações no pavimento fora das pontes

Fora das pontes	
<b>TRI</b>	Média (mm) 1,50
	Variância (mm) 1,46
<b>TER</b>	Média (mm) 1,50
	Variância (mm) 1,51

Fonte: Autores (2017)

Com relação à análise das temperaturas, com a ajuda do Google Earth foi possível viabilizar e adquirir os dados referentes às localizações dos pontos juntamente com suas respectivas medidas de latitude, longitude e altitude, e assim, pode-se obter, a



partir do software Estima\_T, os valores das medidas das temperaturas entre o período de agosto de 2015 a julho de 2016.

As tabelas 7, 8, 9 e 10 representam os resultados obtidos pelo software Estima\_T:

Tabela 7 - Dados de temperatura da ponte 1

Área 2: Ceará, R. G. do Norte, Paraíba e Pernambuco				
Localidade: Ponte 1- próximo a Belém				
Longitude: -35,5307°				
Latitude: -6,675'				
Altitude: 128m				
Temperaturas (°C) Média, Máxima e Mínima				
Ano	Mês	T-Med	T-Max	T-Min
2015	05	25,66	30,75	21,75
2015	06	24,73	29,86	20,91
2015	07	24,25	29,52	20,30
2015	08	24,45	30,13	20,03
2015	09	25,29	31,19	20,82
2015	10	26,16	32,13	21,46
2015	11	26,86	32,92	22,00
2015	12	27,32	33,09	22,55
2016	01	27,39	32,99	22,90
2016	02	27,12	32,62	22,74
2016	03	26,95	32,18	22,75
2016	04	26,36	31,51	22,32

Fonte: Autores (2017)

Tabela 8 - Dados de temperatura da ponte 2

Área 2: Ceará, R. G. do Norte, Paraíba e Pernambuco				
Localidade: Ponte 2				
Longitude: -35,531°				
Latitude: -6,646°				
Altitude: 125m				
Temperaturas (°C) Média, Máxima e Mínima				
Ano	Mês	T-Med	T-Max	T-Min
2015	05	25,68	30,77	21,77
2015	06	24,75	29,89	20,93
2015	07	24,27	29,55	20,32
2015	08	24,48	30,15	20,05
2015	09	25,31	31,21	20,84
2015	10	26,17	32,13	21,48
2015	11	26,87	32,91	22,01
2015	12	27,33	33,08	22,57
2016	01	27,41	32,98	22,92
2016	02	27,14	32,62	22,76
2016	03	26,96	32,18	22,77
2016	04	26,37	31,52	22,34

Fonte: Autores (2017)

Tabela 9 - Dados de temperatura da ponte 3

Área 2: Ceará, R. G. do Norte, Paraíba e Pernambuco				
Localidade: Ponte 3				
Longitude: -35,5575°				
Latitude: -6,545838°				
Altitude: 135m				
Temperaturas (°C) Média, Máxima e Mínima				
Ano	Mês	T-Med T-Min	T-Max	T-
2015	05	25,65	30,76	21,74
2015	06	24,71	29,87	20,91
2015	07	24,23	29,54	20,28
2015	08	24,42	30,15	20,05
2015	09	25,24	31,19	20,84
2015	10	26,10	32,11	21,48
2015	11	26,79	32,86	22,02
2015	12	27,24	33,04	22,57
2016	01	27,34	32,97	22,90
2016	02	27,09	32,61	22,76
2016	03	26,92	32,18	22,75
2016	04	26,33	31,51	22,31

Fonte: Autores (2017)

Tabela 10 - Dados de temperatura da ponte 4

Área 2: Ceará, R. G. do Norte, Paraíba e Pernambuco				
Localidade: Próx. A Tacima				
Longitude: -35,5937°				
Latitude: - 6,514°				
Altitude: 123 m				
Temperaturas (°C) Média, Máxima e Mínima				
Ano	Mês	T-Med	T-Max	T-Min
2015	05	25,70	30,82	21,77
2015	06	24,77	29,93	20,94
2015	07	24,30	29,62	20,31
2015	08	24,50	30,25	20,09
2015	09	25,32	31,28	20,88
2015	10	26,17	32,19	21,52
2015	11	26,86	32,92	22,05
2015	12	27,30	33,10	22,61
2016	01	27,40	33,03	22,93
2016	02	27,13	32,65	22,79
2016	03	26,96	32,21	22,77
2016	04	26,37	31,55	22,33

Fonte: Autores (2017)

Na parte de análise das coletas de amostras de solos, foram realizadas visitas em todas as pontes e coletadas amostras para realização de ensaios adequados, no objetivo de determinar a influência dos agentes químicos presentes no solo que possam deteriorar a estruturas das mesmas.

As amostras foram estudadas no laboratório de análises químicas da Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, Campus VIII, no município de Araruna/PB.

O estudo focou principalmente na determinação dos valores de pH das amostras do solo correspondentes as quatro pontes, com o objetivo de realizar um comparativo entre tais valores e mostrar como esse índice pode influenciar para o surgimento de patologias nas pontes de concreto armado estudadas. O pH da água indica o seu caráter ácido ou básico. A água é classificada como ácida quando apresentar  $\text{pH} < 7$ , ou seja, se contiver dióxido de carbono livre, ácidos minerais ou orgânicos (ácidos húmicos), ou ainda sais de ácidos fortes e bases fracas. A água é classificada como básica quando apresentar  $\text{pH} > 7$ , ou seja, se contiver carbonatos, bicarbonatos ou íons hidroxila OH.

Para os ensaios, foi realizado o peneiramento das amostras de cada ponte com o auxílio da peneira nº 40 ( $\phi = 0,425 \text{ mm}$ ) e, após isso, realizado o processo de quarteamento manual. Posteriormente, foi retirada 10 ml (aproximadamente 13 g) de cada amostra de solo e misturada, em um Becker, com 25 ml água destilada com pH estabilizado.

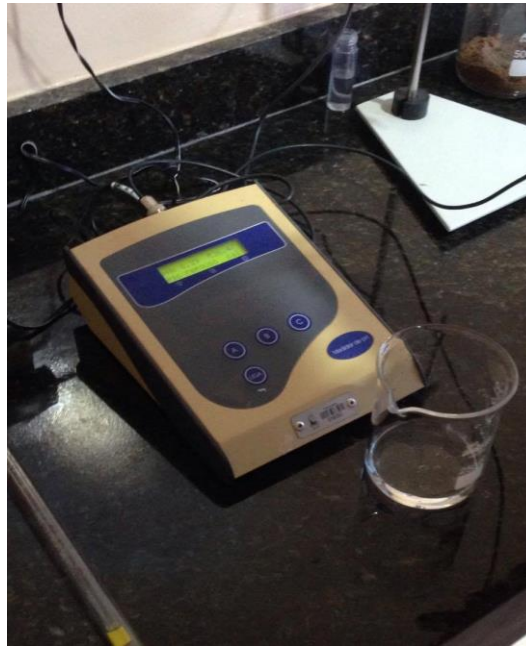
Figura 7 - Amostras de solo das quatro pontes estudadas



Fonte: Autores (2017)

Reservadas as amostras (Figura 7), tais foram deixadas em repouso em período de tempo de 10 a 15 minutos e, por fim, realizado o processo de mensuração do pH com o equipamento medidor de pH (Figura 8), sendo o mesmo limpo a cada procedimento.

Figura 8 - Equipamento medidor de pH de bancada



Fonte: Autores (2017)

Finalmente, com o ensaio sendo feito em duplicata, foram obtidos os seguintes dados:

Tabela 11 - pH das quatro pontes

PONTE	pH			
	1°	2°	Média	Desvio Padrão
P1	7,94	7,91	7,925	0,02121
P2	5,93	5,85	5,89	0,05657
P3	7,21	7,25	7,23	0,02828
P4	6,75	6,82	6,785	0,04950

Fonte: Autores (2017)

Águas com pH próximo de 5,5 atacam significativamente o concreto, mas a taxa de ataque é extremamente lenta. Isso ocorre geralmente quando os ácidos são de origem orgânica, como os húmicos, cujos produtos da reação na superfície do concreto são insolúveis, formando uma camada que dificulta o prosseguimento do ataque.

A partir disso, vê-se que o pH das amostras de solo das pontes se encontram em torno de 7, o que se leva a concluir que estão com pH neutro. Entretanto, no caso da ponte P2, que possui pH 5,89, próximo de 5,5, a condição de agressividade é severa, podendo gerar problemas patológicos para a estrutura da ponte.

## 5 CONCLUSÕES

Por meio deste trabalho foi possível realizar vistorias em pontes de concreto armado e observar que as manifestações patológicas continuam frequentes, principalmente na meso e infraestrutura, pois, as mesmas não passaram por processo de reforma, como foi feito nos pavimentos flexíveis. A metodologia foi seguida de maneira adequada facilitando a identificação dos problemas das obras de arte da engenharia. Por hora o pavimento dos trechos se encontra em ótima qualidade, o que indica que a obra de recuperação foi feita corretamente, porém isso também pode ser momentâneo, tendo em vista que a execução da obra foi feita recentemente e não tenha dado tempo dos defeitos se desenvolverem mais nitidamente. Diante de todos os fatores que apresentam riscos de deterioração das estruturas de concreto armado, verificou-se o quão imprescindível é o estudo do gradiente de temperatura em tais estruturas, como também o trabalho de análise previa, para evitar que a estrutura possa sofrer deterioração ao longo dos anos pela variação de temperatura no local da construção. Foi possível verificar um aumento na média, ao decorrer dos anos, das temperaturas sobre as pontes citadas, constatando que esse aumento pode representar riscos as estruturas situadas ao longo do trecho que interliga as cidades de Belém/PB e Tacima/PB na rodovia PB-073, devendo ainda estar sobre constantes vistorias a fim de garantir a segurança das mesmas.

## REFERÊNCIAS

STUCCHI, F. R. **PEF – 2404 Pontes e Grandes Estruturas**. São Paulo, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118/2014 – **Projeto de Estruturas de Concreto-Procedimento**. Rio de Janeiro, 2014.

CNT. **Boletim Estatístico**. Disponível em: < <http://www.cnt.org.br/Boletim/boletim-estatistico-cnt> >. Acessado em: 17. Mar. 2016

CNT. **Boletim Informativo – Acidentes no Brasil no período de 2007 a 2014**. Disponível em: < <http://www.cnt.org.br/Boletim/boletim-acidentes-cnt> >. Acessado em: 17. Março. 2016

ABRAMS, M. S. **Compressive Strength of concrete at temperature to 16000 F**. American Concrete Institute SP 25 Temperature and Concrete. Detroit, Michigan, 1971.

NETO, S. P. M. **Acidez, alcalinidade e efeitos da calagem no solo**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2009. Disponível em: <<http://www.cpac.embrapa.br/noticias/artigosmidia/publicados/112/>>. Acesso em: 24 ago. 2016

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. PRO 010/2004-PRO: **Avaliação subjetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirígidos– Procedimento**. Rio de Janeiro, 2004.

E. P. CAVALCANTI, V. P. R. SILVA, F. A. S. SOUSA. **Programa computacional para a estimativa da temperatura do ar para a região Nordeste do Brasil**. Campina Grande, PB: Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 2006. Disponível em: <<http://www.cpac.embrapa.br/noticias/artigosmidia/publicados/112/>>. Acesso em: 27 ago. 2016.