

PATOLOGIAS NAS ESTRUTURAS DE PONTES RODOVIÁRIAS DE CONCRETO ARMADO: ESTUDO DE CASO PONTE DEPUTADO WILSON MENDES E PONTE SOBRE O CANAL PALMER LOCALIZADAS NA RJ-140, DIVISA DOS MUNICÍPIOS DE SÃO PEDRO DA ALDEIA E CABO FRIO, RJ

[\[ver artigo online\]](#)

Micherlane da Silva Almeida SIQUEIRA¹

RESUMO

Patologias em pontes rodoviárias de concreto armado podem ser causadas por falhas no projeto, má execução e o mais comum a falta de manutenção. A Região dos Lagos possui grande importância para o turismo do Estado do Rio de Janeiro, na RJ-140 duas pontes foram construídas entre os anos de 2005 a 2007, a Ponte Wilson Mendes e a ponte sobre o Canal Palmer, integram a paisagem da Lagoa de Araruama. Objetivo deste trabalho foi verificar as patologias manifestadas em pontes relativamente novas. A metodologia consistiu no levantamento bibliográfico realizado a partir de revisão de literatura em publicações acadêmicas e técnicas na base de dados da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), normas e manuais técnicos. O Levantamento das patologias da ponte foi realizado através de inspeção visual. Elaborou-se um cadastro fotográfico das patologias nos anos de 2019 e 2021 e listou-se as patologias manifestadas, como: problema nas pingadeiras, ausência e deterioração de juntas de dilatação, corrosão e exposição de armaduras, abatimento de cabeceiras e encontro, e deslocamento da placas pré-moldadas com fuga do material do aterro sobre as cortinas.

Palavras-chave: Patologias em Pontes. Pontes de concreto armado. Lagoa de Araruama. RJ-140. Ponte Wilson Mendes.

PATHOLOGIES IN REINFORCED CONCRETE ROAD BRIDGE STRUCTURES: CASE STUDY DEPUTY WILSON MENDES BRIDGE AND BRIDGE OVER THE PALMER CHANNEL LOCATED AT RJ-140, SÃO PEDRO DA ALDEIA AND CABO FRIO, RJ

ABSTRACT

Pathologies in reinforced concrete road bridges can be caused by design failures, poor execution and the most common is lack of maintenance. The Region of the Lagoon is of great importance for tourism in the State of Rio de Janeiro, on RJ-140, two bridges were built between the years 2005 to 2007, the Wilson Mendes Bridge and the bridge over the Palmer Channel, integrating the landscape of the Araruama Lagoon. The objective of this work was to verify the pathologies manifested in relatively new bridges. The methodology consisted of a literature review carried out from literature review in academic and technical publications in the database of the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (CAPES), standards and technical manuals. The survey of bridge pathologies was carried out through visual inspection. A photographic record of the pathologies in the years 2019 and 2021 was prepared and the manifested pathologies were listed, such as: problem in drippings, absence and deterioration of expansion joints, corrosion and exposure of reinforcement, lowering of headboards and encounters, and displacement of the pre-molded boards with leakage of backfill material on the curtains.

Keywords: Pathologies in Bridges. Reinforced concrete bridges. Lagoon of Araruama. RJ-140. Wilson Mendes Bridge

¹ Mestre em Engenharia Ambiental, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense (IFFluminense). Especialista em Estruturas de Concreto e Fundações, Universidade Paulista (UNIP). Graduação em Engenharia Civil, Universidade Estácio de Sá (UNESA). São Pedro da Aldeia, RJ - eng.micherlanesiqueira@gmail.com.



1 INTRODUÇÃO

Pontes são obras destinadas a permitir transposição de obstáculos à continuidade de uma via, quando construídas para transpor obstáculos naturais, de natureza hídrica, denomina-se ponte, quando o obstáculo for um vale ou outra via, denomina-se viaduto. O grande avanço tecnológico e o desenvolvimento de novos métodos na área do cálculo estrutural, cada vez mais precisos, têm permitido superar as limitações e dificuldades inerentes à concepção e execução dessas obras fundamentais da engenharia civil (VITÓRIO, 2002). A ausência de políticas e estratégias governamentais voltadas para a manutenção das obras públicas, faz com que os órgãos responsáveis por estas obras preocupem-se apenas com a execução, não havendo qualquer prioridade para as questões relacionadas à conservação de tais obras. Essa ausência de políticas e estratégias voltadas para a conservação, resulta em graves consequências, principalmente nos riscos causados aos usuários pelos acidentes estruturais ocorridos com Obras de Artes Especiais (OEAs) ocorridos no Brasil, tornando os reparos mais trabalhosos e onerosos (VITÓRIO, 2002).

A Região dos Lagos possui grande destaque no turismo estadual recebendo milhares de turistas em feriados prolongados, férias e verão, devido suas belezas naturais. As Pontes, objetos deste estudo, estão localizadas na RJ-140, que recebe o fluxo de duas rodovias, as RJ- 106 e RJ-124, em direção à Região dos Lagos (SIQUEIRA, 2017).

A Ponte Wilson Mendes, anteriormente chamada de “Nova Ponte do Ambrósio”, e a ponte sobre o Canal Palmer, construídas entre os anos de 2005 a 2007, foram projetadas para atender ao tráfego rodoviário da RJ-140. A Ponte Wilson Mendes possui 350 m de comprimento, dispostos em três vãos, dois com 90m e um com 170m. Seu método construtivo foi de balanços sucessivos, sendo a ponte com maior vão livre construída na época no Brasil. A Ponte sobre o Canal Palmer, construída com vigas longarinas, possui 80m de extensão. Suas obras fizeram parte do projeto de despoluição da Lagoa de Araruama, que na verdade é uma laguna, criando condições de devolver terras antes ocupada por salinas abrindo o canal para renovação da água e a despoluição da Laguna.

A técnica de construção de pontes em balanços sucessivos foi desenvolvida pelo engenheiro civil brasileiro Emílio Baugarten é muito utilizada quando se deseja construir pontes ou viadutos com grandes vãos sem o uso de escoramento. Ela consiste em “lançar” em vez de trechos da estrutura longitudinal, ou seja, as longarinas, lançar trechos (fatias) de toda a seção transversal, as aduelas (CHUST, 2018).

Para garantir a maior vida útil com satisfatório desempenho das estruturas é necessário que se façam manutenções preventivas e corretivas, periodicamente, a fim de garantir sua funcionalidade.

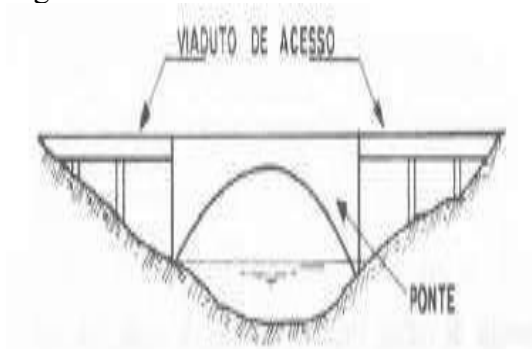
2 PONTES DE CONCRETO ARMADO

Na rede rodoviária brasileira existem pontes de diferentes idades, projetadas e dimensionadas segundo diferentes critérios e solicitadas a suportar o tráfego de cargas móveis sempre crescentes (DNIT, 2004).

Denomina-se ponte quando o obstáculo transposto é um rio. Denomina-se Viaduto quando o obstáculo transposto é um vale ou outra via. Quando se tem um curso d'água de grande dimensão, a ponte necessita de uma parte extensa, em seco, antes de atravessar o curso d'água, denominada de Viaduto de acesso (Fig.1) (MARCHETTI, 2008).

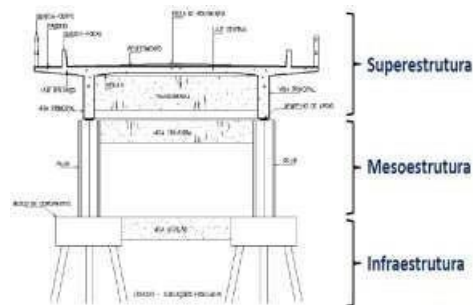
Segundo Pfeil (1979), as pontes podem ser divididas em três partes (fig.2): Infraestrutura, Mesoestrutura e Superestrutura. A infraestrutura (fundação) é a parte da ponte por meio da qual são transmitidos os esforços, ao solo ou rocha, recebidos da Mesoestrutura. São caracterizadas como infraestruturas os blocos, as sapatas, as estacas, os tubulões e as peças de ligação de seus elementos com a mesoestrutura (ex. blocos de coramento). A Mesoestrutura (pilares) recebe os esforços da superestrutura, verticais e horizontais, e os transmite para a infraestrutura, seus principais componentes são o aparelho de apoio, pilares, vigas de ligação e vigas travessas e estruturas de contenção do solo. Já a superestrutura (lajes, vigas) é o elemento de suporte imediato do estrado, é ela que recebe diretamente as cargas de uso normal e funcional. Fazem parte da superestrutura a pista de rolamento, os passeios de pedestres, guarda-corpo, guarda-rodas e gradil (CHUST, 2018).

Figura 1: Viaduto de acesso



Fonte: PFEIL (1979)

Figura 2: Elementos constituintes de uma ponte



Fonte: PFEIL (1979)

Segundo Marchetti (2008), os requisitos principais de uma ponte são:

- 1) Funcionalidade: Deverá a ponte satisfazer de forma perfeita as exigências de tráfego, vazão, etc;
- 2) Segurança: A ponte deve ter seus materiais constituintes solicitados por esforços que neles provoquem tensões menores que as admissíveis ou que possam provocar ruptura;
- 3) Estética: A ponte deve apresentar aspecto agradável e se harmonizar com o ambiente em que se situa;
- 4) Economia: Deve-se fazer sempre um estudo comparativo de várias soluções, escolhendo-se a mais econômica, desde que atendidos os itens 1, 2, 3, 4 e 5;
- 5) Durabilidade: A ponte deve atender às exigências de uso durante um certo período previsto.

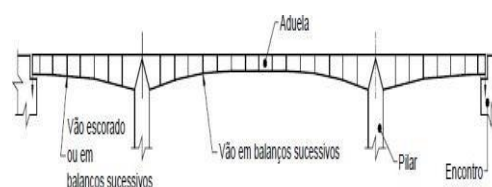
Quando se pretende atingir grandes vãos, o método construtivo de pontes muito utilizado é o de balanços sucessivos (fig. 3), onde a ponte tem sua superestrutura executada progressivamente a partir dos pilares já construídos. Cada parte nova da superestrutura apoiando-se em balanço na parte já executada (fig. 4). Nesse processo construtivo, obtém-se a vantagem da eliminação dos escoramentos intermediários, isto é, eliminando-se os cimbramentos, treliças etc. Trata-se de uma execução “In loco”, porém, com características especiais (MARCHETTI, 2008). Podem ser pré-moldadas no local ou pré-fabricadas. As aduelas que são concretadas in-loco, tem a vantagem de que a estrutura pode ser considerada monolítica, pois o tempo decorrido entre a concretagem de uma aduela e outra é relativamente pequeno e pode-se fazer um tratamento adequado de superfície para que o concreto mais novo se torne aderente ao mais antigo (LIMA, 2011).

Figura 3: Método de Balanços sucessivos



Fonte: PAIXÃO (2015)

Figura 4: Seção longitudinal da estrutura da



ponte em balanços sucessivos

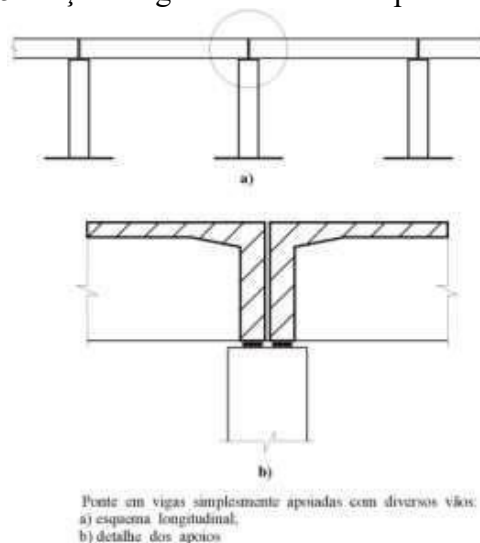
Fonte: DNIT (2004)

Os pilares destes tipos de pontes são geralmente engastados, assim devem possuir grande rigidez, com capacidade de suportar os esforços tanto na fase de construção quanto depois de concluída a obra (LIMA, 2011). Portanto, quando o projeto exige obter agilidade na

execução, economia e não se tem um vão muito grande, as pontes em vigas longarinas pré-moldadas são mais simplesmente vantajosas. Segundo Vitório (2002), pontes em vigas:

São formadas por um sistema estrutural estaticamente determinado. As vigas apoiadas podem ter seção constante ou variável e são muito utilizadas para vencer um vão com um único tramo ou em pontes onde o vão pode ser vencido através de uma série de vigas assentes sobre apoios sucessivos (Fig. 05)

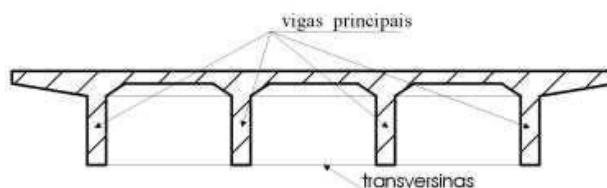
Figura 5: Seção longitudinal estrutura ponte em vigas



Fonte: VITÓRIO (2002)

Além disso, outro método construtivo que possui grande vantagem em rapidez em execução e economia, conferindo mais rigidez a ponte, é em grelha. Segundo Vitório (2002), ponte em grelha é o sistema estrutural constituído por três ou mais vigas longitudinais, com transversinas intermediárias e de apoio (Fig. 06). As transversinas fazem com que as vigas longitudinais trabalhem em conjunto, regulando a distribuição dos carregamentos entre as vigas.

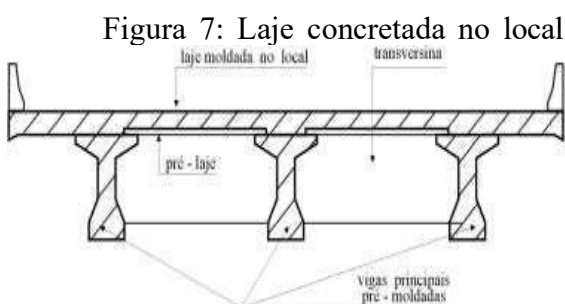
Figura 6: Seção Transversal de tabuleiro em grelha



Fonte: VITÓRIO (2002)

Nas pontes rodoviárias, as lajes do tabuleiro, segundo Vitório (2002), são os elementos que suportam diretamente as pistas de rolamento e os passeios de pedestres. Utiliza-se também o sistema de pré-laje (fig. 07), que constitui-se de lajetas pré-moldadas que apoiam-se sobre as

vigas e funcionam como forma, sem necessidade de escoramento para as lajes concretadas in loco. O vigamento do tabuleiro é constituído pelas vigas longitudinais (vigas principais ou longarinas) e pelas vigas transversais (transversinas). As vigas principais suportam as cargas atuantes sobre a superestrutura, transferindo-as para os pilares ou encontros. As transversinas podem ser ligadas ou separadas da laje e têm a função de contraventamento, além de colaborar na distribuição das cargas do tabuleiro para o vigamento principal, utilizado nas pontes em grelha (VITÓRIO, 2002).



sobre pré-lajes apoiadas em vigas pré-moldadas

Fonte: VITÓRIO (2002)

Figura 8: Encontro de Pontes



Fonte: DNER(1996)

As extremidades das pontes são geralmente dotadas de alas laterais com a função de melhorar as condições de contenção lateral dos aterros. As pontes com vigas em balanço também são dotadas de cortinas extremas (Fig. 09). Para amenizar a diferença de nível entre o aterro das cabeceiras e o estrado da ponte, provocada por recalques do terrapleno ao longo do tempo utiliza-se a placa de transição, segundo VITÓRIO (2002):

É constituída de uma laje de concreto armado apoiada, de um lado, numa extremidade da ponte, e do outro lado, apoiada no terrapleno. A finalidade da placa de transição é amenizar a diferença de nível entre o aterro das cabeceiras e o estrado da ponte, provocada por recalques do terrapleno ao longo do tempo.

Figura 9: Cortina extrema



Fonte: VITÓRIO (2002)

Segundo DNIT (2006) A transição entre obra-de-arte e rodovia é um ponto crítico, não só sob o aspecto estrutural, como também sob o aspecto da drenagem. As possibilidades de transição segundo DNIT (2006) são:

- a) ponte com extremos em balanço, sem placas de transição;
- b) ponte com extremos em balanço, com placas de transição;
- c) ponte com extremidades apoiadas em encontros.

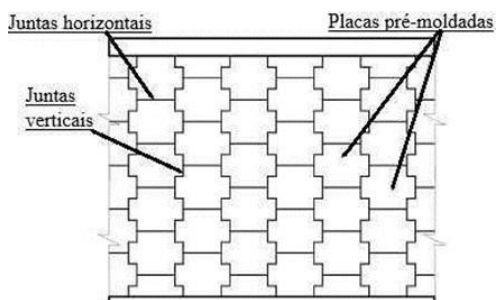
Segundo DNIT (2003), a terra armada é um tipo de contenção de aterros que tem sido muito utilizada, proporcionando uma otimização do espaço onde ela é feita e trazendo custos competitivos quando comparados com outros sistemas de contenção. A terra armada tem sido aplicada na construção de acessos de pontes.

Para Barbosa e Vitória (2019):

Essa técnica de reforço de solos vem se apresentando como uma das alternativas técnico econômicas mais viáveis, devido à grande capacidade de suportar carregamentos e a viabilidade de ser construída com elevadas alturas (da ordem de 20 metros), por isso vem sendo cada vez mais utilizada em diversos tipos de obras de engenharia civil tendo seu uso crescente em obras viárias desenvolvidas no Brasil.

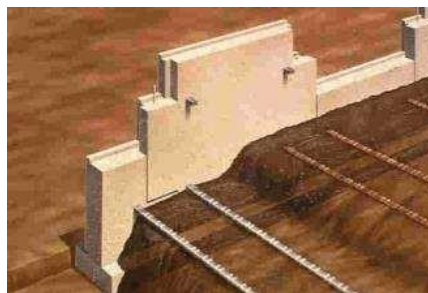
Segundo DNIT (2010a), o sistema de terra armada consiste em placas de concreto pré-moldado em forma de cruz (escamas) (figs. 10, 11 e 12) onde são deixadas, durante a fabricação, chapas metálicas dobradas e com orifícios em suas extremidades (fig. 13). A função destas chapas é ancorar os tirantes na fase de execução do aterro. A armação tem a função de combater os esforços de tração do sistema, visto que o solo tem pouca resistência à tração (BARBOSA E VITÓRIO, 2019).

Figura 10: Placas pré-moldadas
(escamas)



Fonte: VITÓRIO (2002)

Figura 11: Terra Armada

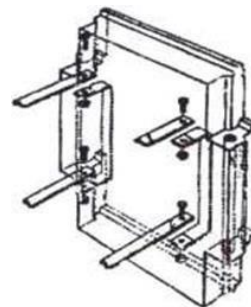


Fonte: <http://www.terraarmada.com.br>

Figura 12: Terra Armada – Aterro

Fonte: <http://www.terraarmada.com.br>

Figura 13: Placa pré-moldada para terra armada



Fonte: DNIT (2002a)

Os encontros de pontes e viadutos, contudo, apresentaram particularidades devido ao fato de as fundações profundas das estruturas já estarem construídas na oportunidade da construção dos aterros. Cada sobrecarga aplicada diretamente sobre o solo induz tensões e deslocamentos no interior da massa de solo, tanto na direção vertical quanto na direção horizontal. Caso haja uma estrutura sobre estacas próximas, e a sobrecarga for desigual a ela, as estacas terão impedimento à deformação do solo e estarão sujeitas a empuxo horizontal (PIRES, 2013). A carga exercida pelo aterro resulta em deslocamentos verticais no terreno que podem implicar em recalques diferenciais muito acentuados, afetando a integridade do conjunto aterro-ponte-pavimento, sendo comum, a manifestação de trincas e/ou superfícies abauladas (PERBONI, 2003). Segundo o DNIT (2006) é indispensável à existência de juntas de dilatação transversais, estanques, para impedir o escoamento das águas pluviais entre a ponte e os aterros de acesso.

Existem casos em que há movimentação excessiva entre encontros de pontes. Os movimentos horizontais dos encontros são definidos pelo aumento (ou diminuição) da distância inicial entre o tabuleiro e o encontro. Os movimentos são considerados positivos quando se referem a um afastamento do encontro em relação ao tabuleiro da ponte e negativos caso contrário.

Segundo Marche e Lacroix (1972, apud PIRES, 2013) ocorrem de três tipos de movimento em encontros:

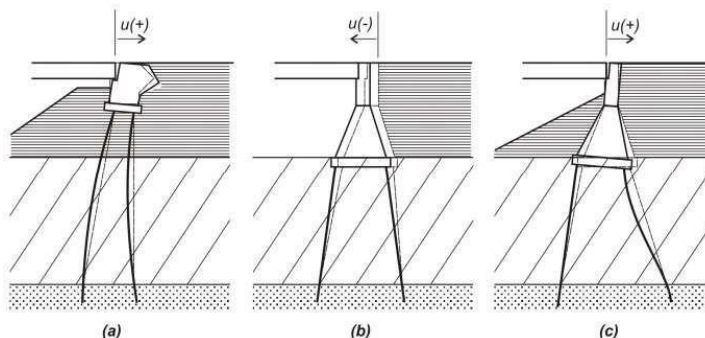
No primeiro caso (fig. 14a), movimentos positivos foram observados em encontros que se situavam à meia altura do aterro. O trecho inferior do aterro mobiliza um empuxo que restringe a movimentação do trecho superior das estacas e o encontro gira na direção do aterro.

No segundo caso, (fig. 14b), os movimentos observados são

negativos. Os encontros, nestes casos, apresentam a mesma altura do aterro e a camada de argila mole não mobilizava o empuxo necessário para restringir a translação do encontro no sentido do tabuleiro da ponte.

No terceiro caso (fig. 14c), os encontros observados são positivos. As cabeças das estacas se deslocam contra o aterro. A presença do aterro sob a região do tabuleiro mobiliza um empuxo suficiente.

Figura 14: Movimentos horizontais dos encontros



Fonte: Marche e Lacroix (1972, apud PIRES, 2013)

Segundo DNIT (2004) o comportamento de uma ponte, sujeita a cargas móveis, à agressividade do meio ambiente e à deterioração, é influenciado pelas propriedades físicas e mecânicas dos materiais usados em sua construção. Assim como os seres humanos, podem sofrer os efeitos de males congênitos e adquiridos, são vulneráveis a acidentes e também se deterioram e debilitam-se com o passar do tempo (VITÓRIO, 2002). É necessária manutenção adequada ao longo do tempo e vistorias periódicas para garantir sua maior vida útil, com satisfatório desempenho funcional e estrutural. As falhas estruturais tendem a causar os danos nas estruturas das pontes de concreto armado ou protendido. As principais falhas estruturais nas pontes, segundo Vitório (2002), são classificadas em:

- I.) Falhas congênitas
 - a) decorrentes da concepção do projeto;
 - b) devidas a inadequado estudo das condições do local onde a obra foi executada;
 - c) devidas à inobservância das normas técnicas vigentes.
- II.) Falhas adquiridas durante a construção
 - a) devidas ao uso de materiais impróprios ou com características diferentes daquelas especificadas no projeto;
 - b) decorrentes da adoção de equipamentos e métodos construtivos inadequados;
 - c) devidas à utilização de mão-de-obra não especializada;
 - d) causadas pela falta de entrosamento nos diversos níveis, envolvendo projetista, construtora, fornecedores, fiscalização e proprietário.
- III.) Falhas motivadas por causas acidentais
 - a) carregamento excessivo;

- b) utilização inadequada da estrutura;
- c) mudanças repentinas das condições originais do leito do rio, como é o caso das enchentes e erosões.

IV.) Falhas adquiridas devido às condições de exposição

- a) obras situadas em meio-ambiente agressivo.

Com isso, diversas patologias podem se manifestar nas estruturas de pontes de concreto armado e protendido, segundo DNIT (2004), como:

Fissuração: Fratura linear no concreto que pode se estender parcial ou completamente através do elemento. As principais causas são a cura deficiente; retração; expansão; variações de temperatura; ataques químicos; excesso de carga; erros de projeto; erros de execução; recalques diferenciais. Já as fissuras de origem estrutural, causadas pelas tensões provocadas pela carga permanente e pela carga móvel são fissuras de Flexão (verticais), Fissuras de Força Cortante (inclinação pronunciada que ocorrem nas almas das vigas, nas proximidades dos apoios) e Fissuras de Torção (são semelhantes às da força cortante, mas com direções contrárias nas faces opostas).

Corrosão das armaduras do concreto: Os efeitos degenerativos da corrosão das armaduras manifestam-se na forma de manchas superficiais causadas pelos produtos de corrosão, fissuras, destacamento do concreto de cobrimento, redução da seção resistente das armaduras e até rompimento de estribos, e redução e eventual perda de aderência das armaduras principais.

Desagregações: É um dos sintomas mais característicos da existência de um ataque químico; quando acontece, o cimento perde seu caráter aglomerante, deixando os agregados livres. A causa principal das desagregações é, quase sempre, a presença dos sulfatos e dos cloretos; concreto com cimento inadequado ao meio ambiente, ou preparado com aditivo acelerador de pega com excesso de cloreto ou, ainda, imperfeitamente adensado, pode dar origem ao fenômeno da desagregação.

Disgregações: é consequência de fenômenos físicos, tais como solicitações internas que provocam fortes trações localizadas e sobrecargas anormais, provocando substanciais deformações nos elementos estruturais; entretanto, um dos motivos mais freqüentes de disgregações é a corrosão de armaduras, onde a grande pressão exercida pela camada expansiva do óxido de ferro provoca um forte estado de tensões no concreto. Ela se caracteriza por rupturas do mesmo, especialmente em zonas salientes das peças; o concreto disgregado é um concreto sã, que conserva suas boas características de origem, mas que foi incapaz de suportar as solicitações anormais a que foi submetido.

Carbonatação: É a transformação dos compostos do cimento hidratado em carbonatos, por ação do gás carbônico, provocando uma redução de alcalinidade da solução presente nos poros ao redor das armaduras: o pH do carbonato de cálcio, CaCO_3 , em torno de 8 a 9, reduz a estabilidade química da capa passivadora do aço, em torno de 13 a 14, facilitando o início da corrosão da armadura e o surgimento de fissuras.

Reação alcali-agregado ou alcali-silica: A reação química entre os íons alcalinos do cimento Portland, íons hidroxila e certos constituintes silicosos, que podem estar presentes nos agregados, denomina-se reação álcali-agregado ou reação álcali-sílica; esta reação, que provoca expansão e fissuração no concreto, ocasionando perda de resistência, de elasticidade e de durabilidade, pode manifestar-se também através de pipocamentos e exsudação de um fluido viscoso álcali-silicoso.

Lixiviação: Os compostos hidratados da pasta de cimento podem ser dissolvidos e carreados pela ação de águas puras, de águas carbônicas agressivas ou de águas

ácidas; inicialmente, toda a areia do cobrimento é carregada, dando uma aparência peculiar e bastante conhecida ao elemento estrutural, caracterizando a lixiviação.

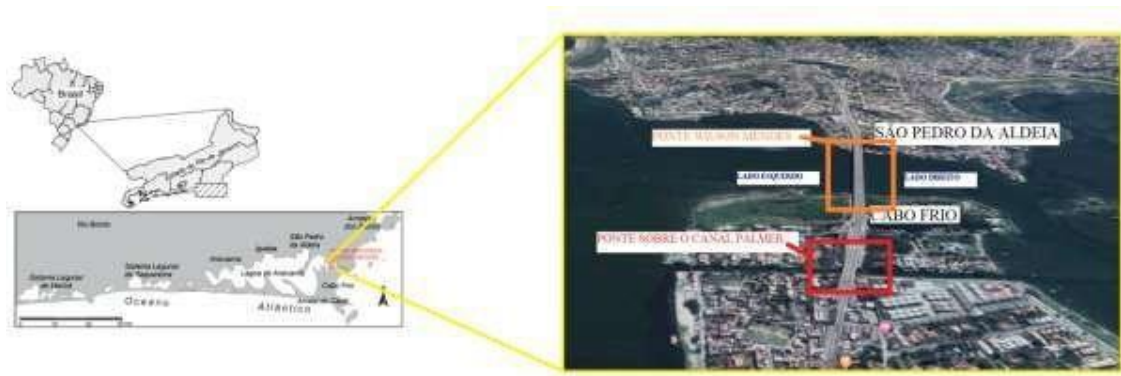
Vazios de concretagem: Os vazios de concretagem, ou “ninhos”, são espaços vazios que podem estar presentes dentro da massa de concreto; são causados por inadequada vibração e adensamento durante a construção, resultando na segregação do agregado graúdo, que se separa do agregado miúdo e da pasta de cimento.

Perda de aderência: A perda de aderência pode se verificar entre dois concretos de idades diferentes ou entre o concreto e as armaduras.

Existem defeitos pontuais e de pouca importância que não afetam o resto da estrutura. Portanto, os reparos não são difíceis e podem ser realizados imediatamente, sem depender de maiores estudos e de resultados de ensaios de laboratório. Outros defeitos, porém, são de tal ordem que necessitam, antes da reparação, de um conhecimento global da obra, envolvendo ainda todo o histórico da estrutura, a análise do projeto e todas as informações que possam identificar as causas que motivaram a sua patologia (VITÓRIO, 2002).

3 PONTE DEPUTADO WILSON MENDES E A PONTE SOBRE O CANAL PALMER

Figura 15: Localização da Ponte Deputado Wilson Mendes e da Ponte sobre o Canal Palmer



Fonte: Adaptado de ALVES et al(2005) e GOOGLE(2019)

A Ponte Deputado Wilson Mendes, anteriormente chamada de “Nova Ponte do Ambrósio”, foi construída entre os anos de 2005 a 2007. Ela está localizada na divisa dos municípios de São Pedro da Aldeia e Cabo Frio, no estado do Rio de Janeiro. Em Novembro de 2007 foi inaugurada a Ponte Deputado Wilson Mendes, em seção celular, moldada no local, com 350m de extensão, com 3 vãos, sendo dois de 90m e um vão livre de 170m de extensão, o maior construído na época no Brasil, pelo método construtivo de balanço sucessivo.

Sua construção fez parte do Programa de Revitalização da Lagoa de Araruama, realizado pelo governo do estado do Rio de Janeiro. Além da construção da ponte Wilson Mendes, o programa previu a duplicação das rodovias RJ-140 e RJ-106, no município de São Pedro da Aldeia, ampliação do canal do Itajuru, de 50 metros de largura para 300 metros (a fim de conter o assoreamento da Lagoa de Araruama) e a construção de uma segunda ponte, sobre o canal Palmer na RJ-140 em cabo Frio, que também é objeto deste estudo. Projetadas para atenderem ao tráfego rodoviário da região, as pontes apresentam algumas patologias após 14 anos de utilização.

Figura 16: Construção da Ponte Wilson Mendes



Fonte: Souza JR (2005)

Figura 17: Construção da Ponte Dep. Wilson Mendes



Fonte: Souza JR (2005)

Figura 18: Construção da Ponte Dep. Wilson Mendes



Fonte: Gomes (2009)

Figura 19: Vão central da Ponte Dep. Wilson Mendes



Fonte: Gomes (2009)

Figura 20: obras da Ponte Dep. Wilson Mendes



Fonte: Souza JR (2005)

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estudo foi realizado nas Pontes Dep. Wilson Mendes e Ponte sobre o canal Palmer, localizadas na RJ-140, a primeira na divisa dos municípios de São Pedro da Aldeia e Cabo Frio (km14), e a segunda no município de Cabo Frio (km 13). A Ponte Wilson Mendes foi construída pelo método de balanços sucessivos. A ponte possui três vãos sendo dois de 90m, e um vão livre de 170m de extensão e um viaduto. Já a Ponte sobre o canal Palmer é uma ponte em vigas longarinas e laje pré-moldadas, a ponte possui 80m de extensão sobre o canal Palmer no município de Cabo Frio. Ambas as pontes possuem duas pistas de tráfego e em cada pista, duas faixas de rolamento com 3,6m cada; acostamento de 2,5m e ciclovia com passagem de pedestre de 2,27m. A rampa de acesso a Ponte é de terra armada com placas pré-moldadas de concreto (escamas).

4.1 Ponte Wilson Mendes – km 14 RJ-140

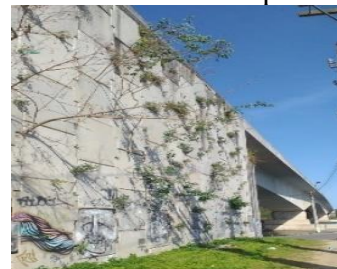
4.1.1 Cadastro fotográfico Ponte Wilson Mendes – km 14 RJ-140

Figura 21a: Vista lateral esquerda km 14,1 – encontro do aterro com a ponte (2019)



Presença de vegetação no aterro da rampa
Fonte: Autora (2019)

Figura 21b -Lateral esquerda km 14,1 – encontro do aterro com a ponte (2021)



Presença de vegetação em maior número no aterro da rampa.
Fonte: Autora (2021)

Figura 22a: Vista lateral esquerda km 14,1 – Pilar da ponte (2019)



Presença de árvore no pilar esquerdo
Fonte: Autora(2019)

Figura 22b: Vista lateral esquerda km 14,1 – Pilar da ponte(2021)



Árvore desenvolvida no pilar esquerdo
Fonte: Autora(2021)

Figura 23a: Vista lateral direita km 14,1 –
Pilar da ponte(2019)



Presença de árvore desenvolvida no pilar
direito
Fonte: Autora(2019)

Figura 23b: Vista lateral direita km 14,1 –
Pilar da ponte (2021)



Presença de árvore desenvolvida no pilar
direito
Fonte: Autora(2021)

Figura 24a: Juntas de dilatação - km 14,15
(2019)



Ausência da junta de dilatação
Fonte: Autora (2019)

Figura 24b: Juntas de dilatação - km 14,15
(2021)



Ausência da junta de dilatação
Fonte: Autora (2021)

Figura 25a: Junta de dilatação - km 14,15
Pista Sentido São Pedro da Aldeia - Cabo
Frio(2019)



Afastamento dos elementos de 9 cm, já
sem a presença da junta de dilatação
Fonte: Autora (2019)

Figura 25b: Junta de dilatação - km 14,15
Pista Sentido São Pedro da Aldeia - Cabo
Frio (2021)



Afastamento dos elementos de 11 cm, já
sem a presença da junta de dilatação
Fonte: Autora (2021)

Figura 26a: Junta de dilatação - km 14,15
Pista Sentido Cabo Frio – São Pedro da
Aldeia(2019)



Afastamento de 11 cm e ausência da Junta
de dilatação
Fonte: Autora (2019)

Figura 26b: Junta de dilatação - km 14,15
Pista Sentido Cabo Frio – São Pedro da
Aldeia (2021)



Afastamento de 12,5 cm e ausência da
Junta de dilatação
Fonte: Autora (2019)

4.2 Ponte Sobre o canal Plamer – km 13 RJ-140

4.2.1 Cadastro fotográfico Ponte sobre o canal Palmer – km 13,4 RJ-140

Figura 27a: Junta de dilatação - km 14,15
Pista Sentido Cabo Frio – São Pedro da
Aldeia(2019)



Desgaste da junta de dilatação no encontro
da ponte com o aterro provocando
infiltração nos apoios
Fonte: Autora (2019)

Figura 27b: Junta de dilatação - km 14,15
Pista Sentido Cabo Frio – São Pedro da
Aldeia(2021)



Desgaste da junta de dilatação no encontro
da ponte com o aterro provocando
infiltração nos apoios
Fonte: Autora (2021)

Figura 28a: Infiltração nos apoios do
encontro com o aterro(2019)



Pista sentido cabo frio- São Pedro da
Aldeia. Infiltração através da junta do
tabuleiro.
Fonte: Autora (2019)

Figura 28b: Infiltração nos apoios do
encontro com o aterro (2021)



Pista sentido cabo frio- São Pedro da
Aldeia. Infiltração através da junta do
tabuleiro.
Fonte: Autora (2021)

Figura 29a: Abatimento no passeio (2019)



Recalque no pavimento devido a erosão do aterro. Margem direita do canal Palmer, lado direito da Ponte.

Fonte: Autora (2019)

Figura 29b: Abatimento no passeio (2021)



Aumento no recalque no pavimento devido a erosão do aterro. Margem direita do canal Palmer, lado direito da Ponte.

Fonte: Autora (2021)

Figura 30: Laje de transição no encontro



Laje de transição 3,6m

Margem direita do canal Palmer, lado esquerdo da Ponte.

Fonte: Autora (2019)

Figura 31a:Deslocamento da laje de transição(2019)



Deslocamento dos elementos na laje de transição Margem direita do canal Palmer, lado esquerdo da Ponte.

Fonte: Autora (2019)

Figura 31b:Deslocamento da laje de transição(2021)



Deslocamento dos elementos na laje de transição Margem direita do canal Palmer, lado esquerdo da Ponte.

Fonte: Autora (2021)

Figura 32a: Trinca barreira(2019)



Trinca na barreira do passeio

Fonte: Autora (2019)

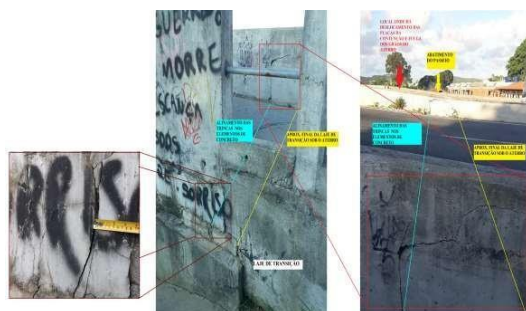
Figura 32b: Trinca barreira(2021)



Trinca na barreira do passeio

Fonte: Autora (2021)

Figura 33a: Margem esquerda do canal - Lado esquerdo da Ponte sobre o canal Palmer(2019)



Trinca de compressão acima da laje de transição e rachadura na barreira

Fonte: Autora (2019)

Figura 33b: Margem esquerda do canal - Lado esquerdo da Ponte sobre o canal Palmer(2021)



Rachadura na barreira. Local onde há deslocamento das placas de concreto do aterro.

Fonte: Autora (2019)

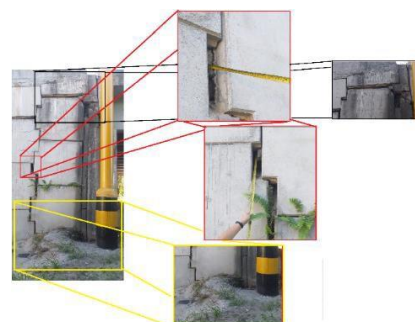
Figura 34a: Margem esquerda do canal, lado direito da Ponte(2019)



Deslocamento de 9cm das placas de concreto do aterro, fuga de grãos do aterro, com vazio na horizontal de 27cm e vertical de 2 metros.

Fonte: Autora (2019)

Figura 34b: Margem esquerda do canal, lado direito da Ponte(2021)



Fuga de grãos do aterro, com vazio na horizontal de 50cm e vertical de 4,20 metros.

Fonte: Autora (2021)

Figura 35a: Deslocamento da placa de concreto (2019)



Deslocamento da placa de concreto (escamas) com fuga do material de aterro

Fonte: Autora (2019)

Figura 35b: Deslocamento da placa de concreto (2021)



Deslocamento da placa de concreto (escamas) com fuga do material de aterro

Fonte: Autora (2021)

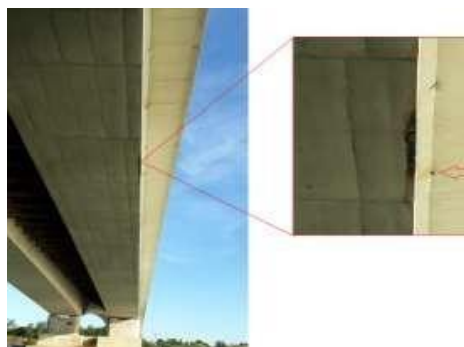
Figura 36a: Pingadeira no vão da ponte



Eflorescências devido a Lixiviação

Fonte: Autora (2019)

Figura 36b: Lateral Esquerda km 14,1



Pingadeira com infiltração

Fonte: Autora (2019)

Figura 37a: Guarda-Corpo (2019)



Exposição e corrosão nas armaduras no guarda-corpo direito

Fonte: Autora (2019)

Figura 37b: Guarda-Corpo (2021)



Exposição e aumento da corrosão nas armaduras no guarda-corpo direito

Fonte: Autora (2021)

Figura 38a: Bloco de coroamento Pilar da Ponte Dep. Wilson Mendes (2019)



Bloco do pilar danificados com exposição de armaduras. Lado direito da Ponte.

Fonte: Autora (2019)

Figura 38b: Bloco de coroamento da Ponte Dep. Wilson Mendes (2021)



Bloco do pilar danificados com maior exposição de armaduras. Lado direito da Ponte.

Fonte: Autora (2021)

Figura 39: Margem Direita do Canal Palmer, lado direito da ponte



Fonte: GOOGLE (2012)

Figura 40: Trinca na barreira do Canal Palmer – 2017



Trinca já estava presente em 2017

Fonte: GOOGLE (2017)

4.3 Descrição das patologias encontradas

Verificou-se na Ponte Deputado Wilson Mendes uma grande quantidade de vegetação no aterro da rampa de acesso da ponte em 2019 (fig. 21a) e ainda em 2021 (fig 21b). No encontro da ponte com o aterro de acesso, em ambos os lados da estrutura já é possível verificar a presença de árvores na estrutura (figs 22a a 23b). Conforme, Souza e Ripper (1998) alguns agentes causadores da deterioração da desagregação do concreto são o crescimento de vegetação nas estruturas - cujas raízes penetram principalmente através de pequenas falhas de concretagem, ou pelas fissuras e juntas de dilatação.

Verificou-se a ausência da junta de dilatação nos encontros (figs. 24a e b). Os populares que passaram no local, no momento da vistoria na ponte, se mostraram apreensivos com o aumento da separação dos elembrs na junta de dilatação, 11cm em 2019(fig 26a) e atualmente está 12,5cm(fig 26b), principalmente mães com crianças que passam pelo local a pé. Na pista sentido São Pedro da Aldeia – Cabo Frio, o afastamento, em 2019, medido na junta foi de 9 cm (fig. 25a) e em 2021 foi de 11cm, um aumento em 2 anos de 1,5 cm na pista sentido Cabo Frio-São Pedro da Aldeia e 2 cm no sentido São Pedro da Aldeia-Cabo Frio. Ambas possuem ausência da junta de dilatação, ocasionando a infiltração no local. Justificando a presença das ásvores se desenvolvendo rapidamente. nesses encontros.

Verificou-se também a presença de eflorescências devido à lixiviação nas pingadeiras (fig. 28). A lixiviação do hidróxido de cálcio do concreto, além da perda de resistência, provoca agressões estéticas, já que o produto lixiviado interage com o CO₂ presente no ar, daí resultando a precipitação de crostas brancas de carbonato de cálcio na superfície (DNIT, 2006). Segundo DNIT (2016) O tempo de vida útil de uma junta de dilatação e sua correta funcionalidade, irá depender das ações de manutenção periódica.

Se as juntas apresentarem qualquer tipo de dano ou perda do material de selagem, necessitarão ser reparadas ou substituídas para manter o funcionamento original da ponte. Deixar sem reparo os danos aumenta a exposição dos elementos estruturais de pontes sob o tabuleiro, e a inclusão de detritos e materiais contaminantes provenientes da superfície de rolamento(DNIT, 2016)

As Pingadeiras necessitam de manutenção, pois não estão cumprindo sua missão de escoar a água para longe de estrutura, há presença de infiltrações (figs 28), onde com o tempo poderá agredir a estrutura da ponte. Segundo DNIT (2006) pingadeiras, em pontes, são:

Saliências ou sulcos longitudinais existentes nas suas extremidades laterais, para impedir o escoamento natural das águas pluviais e forçar sua queda ou disciplinar sua coleta; elas são responsáveis apenas pelas águas pluviais residuais que incidem vertical ou lateralmente e que não são captadas pelos drenos.

Como observa o Manual de implantação básica de rodovia do DNIT (2016) o sistema de drenagem é o conjunto de elementos projetados para coletar água pluvial do tabuleiro, tem por objetivo garantir a rápida evacuação e condução da água aos sistemas de coleção, além de

evitar a infiltração nos elementos de concreto, o que constitui o principal motivo de diminuição da vida útil das OAE.

No encontro da ponte do lado do município de Cabo Frio, ocorrem infiltrações na estrutura de dilatação deterioradas (fig. 27 a e b), causando infiltração no encontro da ponte e nos apoios (fig. 28a e b).

Acima da laje de transição na lateral esquerda da ponte (fig 30a e b), se verificam fissuras de compressão, em 2019 e 2021. Em toda ponte verifica-se trincas no mesmo alinhamento, entre o alinhamento do local onde está havendo a fuga do aterro e o final da laje de transição. O recalque nas lajes de transição ocasionou rachadura na barreira New Jersey e o rebatimento do passeio (figs 32a, 32b e 33), local onde ocorre a fuga de grãos do aterro ao lado, nas placas de concreto que se deslocaram (fig 34a), verifica-se que o deslocamento é ativo e é agravado com aumento da fuga do aterro (fig34b). Em 2019 conseguiu-se inserir a trena 27cm, horizontalmente, e 2,00m, verticalmente; em 2021 conseguiu-se inserir a trena 60 cm, horizontalmente, e 4,20m, verticalmente, deixando evidente o acelerado aumento na fulga de material da terra armada.

Na Figura 35a, também há deslocamento da placa de concreto, com fulga de material, porém o local é próximo a laje de transição, não sendo possível neste trabalho medir o quanto a trena entraria na terra armada, já que está localizado no alto da ponte. Na Imagem do google, de 2012 (fig 39), quando a ponte tinha apenas 5 anos de utilização, é possível ver que o local já apresentava o deslocamento das placas, mostrando que os problemas surgiram nos primeiros anos de utilização da ponte.

Na imagem do google do ano de 2017 (Fig. 40), da margem esquerda, quando a ponte tinha 10 anos, é possível verificar a presença da trinca na barreira entre as pistas, o que evidencia a ausência de manutenção preventiva e corretiva na estrutura dos elementos de concreto da ponte. Este local é o mesmo alinhamento onde há fulga de material na terra armada do lado direito da ponte sobre o canal palmer, no seu lado esquerdo do canal palmer, como mostra as figuras 35a e 35b, em 2019 e 2021.

Na Figura 37a é possível verificar, no guarda corpo, armaduras expostas e seu aumento em 2021(fig 37b). Nota-se que há uma árvore bem desenvolvida pressionando o guarda-corpo.

Os blocos de fundações estão sem proteção, o bloco P1 está com a armadura exposta (fig.38a), possivelmente devido a uma colisão de embarcação, na figura 38b,verificou-se o aumento na exposição das armaduras após 2 anos.

Nos encontros da Ponte sobre o Canal Palmer apresentam a mesma patologia em ambos os encontros e do mesmo lado da ponte, lado direito. Em lados dos encontros é possível verificar o abatimento da laje de transição, infiltração no encontro, recalque no passeio e deslocamento das placas de concreto gerando fuga dos grãos do aterro como vemos nas figuras 34a e b, que são do lado direito do Canal Palmer e do lado esquerdo do Canal Palmer(figuras de 35a e b). No encontro do lado esquerdo do Canal Palmer, a fim de verificar o volume do vazio no aterro, foi possível enfiar a trena 27 cm na horizontal (fig. 48) e 2,00 metros na vertical para cima. É possível observar que a fuga dos grãos é constante, pois tem um volume considerável de areia no local e é possível verificar por onde ela está escoando como vemos na figura 35a. Na mesma figura, é possível verificar o deslocamento das placas de concreto do aterro de acesso, de 9cm, enquanto medias as placas com encaixe normal são de 1,5 a 2cm. Verifica-se também na figura 35a e b, a ruptura dos elementos e também falta de partes dessa estrutura. O mesmo se observa nas figuras 34 a e b, que é do lado direito do Canal Palmer,verifica-se esse deslocamento, é possível verificar em ambas figuras a rotação da primeira placa, superior do aterro de acesso. A fim de verificar o tempo que está ocorrendo essa problema na estrutura do aceso da ponte, verificou-se na imagem do google , ano de 2012 (fig. 39), do local, verificando-se a estrutura, quando tinha 5 anos de construção,ela ainda não apresentava esse problema.

Do lado esquerdo da ponte sobre o Canal Palmer, na margem esquerda do Canal, verificou-se que o assentamento da laje de aproximação está gerando afastamento das placas de concreto do aterro de aproximação, e a falta de manutenção das juntas tem gerado infiltração que agrava a patologia, causando a fuga dos grãos pelos vãos causados pelo afastamento das placas de concreto (escamas) a terra armada que é um material compactado está perdendo sua compactação e com a presença da água pode já estar atingindo as armaduras que mantêm a pressão no aterro. A infiltração nas juntas de dilatação também causa infiltração nos pilares, fazendo com que o concreto nesses locais tão solicitados, seja atacado, o que pode gerar em alguns anos a corrosão das armaduras dos pilares. Outro problema, verificado no abatimento da laje de transição dos encontros, é o efeito dinâmico que causa na estrutura quando, principalmente um veículo pesado passa, a estrutura vibra quando um caminhão passa pelo

local, o que gera ainda mais esforços na estrutura. Segundo Souza e Ripper (1998), em pontes, é necessário o simples nivelamento do aterro nos encontros, para que assim se elimine o choque das rodas dos veículos contra a estrutura, na entrada da ponte, e seu consequente efeito dinâmico.

Na Ponte Wilson Mendes, verificou-se que a estrutura da ponte, está íntegra, e que a falta de manutenção tem gerado as patologias manifestadas na ponte como plantas nos aterros de acesso da ponte (figs, 23), gerando fissuras no pavimento dos passeios, e infiltração no aterro. Problemas nas pingadeiras gerando infiltração na estrutura (fig. 36^a e b). Conforme DNIT (2006), sobrecargas excessivas, impactos não previstos e cargas cíclicas podem provocar solicitações que ultrapassam as solicitações de fissuração, provocando o aparecimento destas patologias.

Na ponte sobre o canal Palmer, verificou-se que o assentamento da laje de transição e está gerando afastamento das placas de concreto do aterro de aproximação, e a falta de manutenção das juntas tem gerado infiltração que piora a patologia, causando a fuga dos grãos pelos vãos causados pelo afastamento das placas de concreto (escamas), o que geram novo abatimento da placa entrando em um ciclo. A terra armada é um material compactado está perdendo sua compactação e com a presença da água pode já estar atingindo as armaduras que mantêm a pressão no aterro. A infiltração nas juntas de dilatação também causa infiltração nos pilares, fazendo com que o concreto nesses locais tão solicitados, sejam atacados, o que pode gerar em alguns anos a corrosão das armaduras dos pilares (figs 28a e 28b).

5 CONCLUSÃO

A Ponte Deputado Wilson Mendes, possui patologias de baixo custo de recuperação, onde se forem realizadas as devidas medidas de recuperação não afetará a estrutura da ponte. Verificou-se que no local onde há ausência da junta de dilatação, houve um aumento nesta junta de 1,5cm no sentido Cabo Frio – São Pedro, considerando 2019 e 2021, quando a medida atual foi de 12,5cm e no sentido São Pedro da Aldeia- Cabo Frio, o aumento foi de 2 cm, sendo medido em 2021 11 cm, diferente dos 9cm de 2019. Porém, a ponte sobre o Canal Palmer, já apresenta problemas nos encontros de acesso da ponte, as patologias não tratadas geraram problemas estruturais, necessitando de urgente reparo a fim de não comprometer ainda mais a estrutura da ponte e seu acesso. Considerando que a Rodovia RJ-140 é uma rodovia de classe I, com alto volume de tráfego, o agravamento dessa patologia gera perigo para os usuários da via em caso de um colapso da rampa de acesso. Verificou-se uma acentuada fulga de material do aterro da rampa de acesso, com rápida evolução em 2 anos de estudo. A água infiltrada nos encontros pode gerar corrosão nas armaduras que sustentam o maciço. As pontes estão sobre os canais que ligam à Lagoa de Araruama que é maior laguna hipersalina do mundo, sendo 1,5 vezes mais salgada que a água do oceano, o que demonstra a agressividade do local sendo um fator de maior preocupação quanto ao reparo das patologias atuais.

REFERÊNCIAS

ALVES, A.R. WASSERMAN, J. C. BÉRENGER, R. ACHETE, F. M. F.M. Modelagem Numérica do Transporte Litorâneo na Lagoa de Araruama. In X Congresso da Associação Brasileira de Estudos Quaternários. 2005. p.791-796.

BARBOSA, D. J. C. VITÓRIO, A. A. P. **Análise das Manifestações Patológicas em Contensões de Terra Armada de Viadutos da Região Metropolitana do Recife – PE.** Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada Vol.4 No.1. 2019.

CHUST, R. C. **INTRODUÇÃO AO ESTUDO DE PONTES.** Nota de Aula. 2018.168p.

DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. **MANUAL DE PROJETO DE OBRAS-DE-ARTE ESPECIAIS** – Rio de Janeiro, 1996.225p.

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **MANUAL DE CUSTOS RODOVIÁRIOS**. 3. ed. - Rio de Janeiro, 2003. 7 v.

DNIT - Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. **MANUAL DE INSPEÇÃO DE PONTES RODOVIÁRIAS**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2004. 253p. (IPR, Publicação 709.)

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **RECUPERAÇÃO DO SISTEMA DE DRENAGEM** – Especificação de Serviço. NORMA DNIT 086/2006 – ES. 2006.

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **MANUAL DE IMPLANTAÇÃO BÁSICA DE RODOVIA**. – 3. ed. - Rio de Janeiro, 2010. 617p.

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria Geral. Diretoria de

Planejamento e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **MANUAL DE MANUTENÇÃO DE OBRAS DE ARTE ESPECIAIS – OAES**. 1. Ed. Brasília D.F. – 2016. 102 p.

GOMES, N. F. **ANÁLISES DE CIRCULAÇÃO HIDRODINÂMICA E DE TRANSPORTE DE SAL EM UM ESTUÁRIO HIPERSALINO: LAGOA DE ARARUAMA – RJ**. Dissertação de Mestrado. Engenharia Oceânica. COPPE-UFRJ. 2009.
LIMA, V. S. Projeto de superestruturas de pontes de concreto protendido aplicando a técnica de balanços progressivos. São Carlos : UFSCar, 2011. 135 p.

MARCHE, R., LACROIX, Y., 1972, “*Stabilité des culées de ponts établies sur des pieux traversant une couche molle*“, Canadian Geotechnical Journal, vol. 9, no.1, pp. 1-24.

MARCHETTI, O. **Pontes de concreto armado**. São Paulo: Editora Blucher. 2008

PAIXÃO, R. O. **Análise Mecânica e Estrutural de Balanços Sucessivos Aplicados à Construção de Pontes**. Monografia. Departamento de Engenharia Mecânica. Pontifícia Universidade Católica. Rio de Janeiro, 2015. 80p.

PIRES, F. E. C. **Empuxo de Sobrecargas Assimétricas em Estacas: Estudo de Casos de Pontes**– Dissertação (mestrado) Programa de Engenharia Civil. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2013.

PFEIL, W. **Pontes de Concreto armado: elementos de projetos, solicitações, dimensionamento**. Rio de Janeiro. 1979.

SIQUEIRA, M. S. A. **ESTUDOS DE PONTOS CRÍTICOS E FATORES CONTRIBUINTES PARA ACIDENTES DE TRÁFEGO NAS RODOVIAS ESTADUAIS DENTRO DO MUNICÍPIO DE SÃO PEDRO DA ALDEIA – RJ**. In: XV Congresso Rio de Transportes. Rio de Janeiro: XV Rio de Transportes, 2017. Disponível em: <<http://www.riodetransportes.org.br/wp-content/uploads/AnaisRDT2017.pdf>>. Acessado em: 20/04/2019

SOUZA JR Topografia. 2005. Disponível em <https://souzajrtopografia.com.br/>.

VITÓRIO, José Afonso Pereira. **Pontes rodoviárias: fundamentos, conservação e gestão**. Recife, CREA-PE, 2002. 140p