

Análise da evolução de manifestações patológicas em túneis da cidade do Recife-PE

Analysis of the evolution of defects in tunnels in the city of Recife-PE

Análisis de la evolución de defectos en túneles en la ciudad de Recife-PE

Recebido: 23/06/2022 | Revisado: 30/06/2022 | Aceito: 04/07/2022 | Publicado: 14/07/2022

Arthur de Moura Dourado Guerra

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1111-0259>
Universidade de Pernambuco, Brasil
E-mail: amdg@poli.br

Eduardo José Melo Lins

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8347-6183>
Universidade Federal de Pernambuco, Brasil
E-mail: ejml@poli.br

José Maria de Moura Júnior

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1571-3401>
Universidade de Pernambuco, Brasil
E-mail: jmmj@poli.br

Lucas Rodrigues Cavalcanti

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4828-7672>
Universidade de Pernambuco, Brasil
E-mail: lrc@poli.br

José Mickael Silvestre dos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4074-9027>
Universidade de Pernambuco, Brasil
E-mail: jose_mickael@hotmail.com

Resumo

As manutenções preventivas são fundamentais para o bom desempenho de qualquer obra de engenharia, principalmente em se tratando obras de arte especiais (OAEs). Os túneis mais recentes da cidade do Recife têm apresentado manifestações patológicas intensas, em mesmo grau de risco dos seus semelhantes mais antigos e providências devem ser tomadas. O objetivo do trabalho consiste em inspecionar visualmente os túneis e transmitir a evolução, entre os anos 2017 e 2021, dos problemas decorrentes de falta de manutenção e manifestações patológicas dos Túneis da Abolição e Felipe Camarão. Através de pesquisas bibliográficas foi possível obter dados referentes aos níveis de conservação de quatro anos antes e, assim, realizar análise comparativa. Das inspeções, ficou notório que as passagens inferiores em questão seguem apresentando falhas de manutenção e manifestações patológicas: pichações, percolação de água com carreamento de aterro, eflorescências e criptoflorescências, vegetação e bolor, lixiviação do concreto com produto de corrosão, alagamentos por falha do sistema de drenagem, além de fissuras de tipologia variada. A piora do estado de conservação é sensível, por isso, a realização de inspeções é essencial para revelar os problemas existentes nestas obras de arte especiais. Estudos como este devem ser reproduzidos nos demais túneis urbanos da cidade do Recife, acrescentando a realização de ensaios ao escopo dos trabalhos a fim de contribuir com o fornecimento de subsídios que possibilitem o planejamento e execução de ações de manutenção eficientes capazes de garantir a devida funcionalidade destas obras ao longo de suas vidas úteis.

Palavras-chave: Túneis; Manifestações patológicas; Manutenção.

Abstract

Preventive maintenance is essential for the good performance of any engineering work, especially when it comes to special works of art (OAEs). The most recent tunnels in the city of Recife have shown intense defects, with the same degree of risk as their older counterparts, and measures must be taken care of. The objective of the work is to visually inspect the tunnels and transmit the evolution, between 2017 and 2021, of the problems arising from lack of maintenance and defects of the Abolition and Felipe Camarão Tunnels. Through bibliographical research, it was possible to obtain data on the levels of conservation from four years before and, thus, carry out a comparative analysis. From the inspections, it was evident that the underpasses in question related to maintenance failures and defects: vandalism and graffiti, water percolation with landfill material carrying, efflorescence and cryptoflorescence, vegetation and mold, concrete leaching with corrosion product from reinforcement, flooding due to failure of the drainage system, in addition to cracks of varied typology. The deterioration of the state of conservation is sensitive, therefore, carrying out inspections is essential to reveal problems that exist in these special works of art. Studies like this should be reproduced in other urban tunnels in the city of Recife, adding testing to the scope of work in order to

contribute to the provision of subsidies that enable the planning and execution of efficient maintenance actions capable of ensuring proper functionality of these works throughout their useful lives.

Keywords: Tunnels; Defects; Maintenance.

Resumen

El mantenimiento preventivo es fundamental para el buen desempeño de cualquier obra de ingeniería, especialmente cuando se trata de obras de arte especiales (OAE). Los túneles más recientes de la ciudad de Recife han presentado fallas intensas, con el mismo grado de riesgo que sus homólogos más antiguos, y se deben cuidar las medidas. El objetivo del trabajo es inspeccionar visualmente los túneles y transmitir la evolución, entre 2017 y 2021, de los problemas derivados de la falta de mantenimiento y defectos de los Túneles de la Abolição y Felipe Camarão. A través de la investigación bibliográfica fue posible obtener datos sobre los niveles de conservación de cuatro años antes y, así, realizar un análisis comparativo. De las inspecciones se evidenció que los pasos inferiores en cuestión se relacionaban con fallas de mantenimiento y defectos: vandalismo y grafitis, percolación de agua con acarreo de material de vertedero, eflorescencia y criptoflorescencia, vegetación y moho, lixiviación de concreto con producto de corrosión del refuerzo, inundación por falla del sistema de drenaje, además de grietas de variada tipología. El deterioro del estado de conservación es sensible, por lo que la realización de inspecciones es fundamental para poner de manifiesto los problemas que existen en estas especiales obras de arte. Estudios como este deben ser reproducidos en otros túneles urbanos de la ciudad de Recife, agregando pruebas al alcance de las obras para contribuir a la provisión de subsidios que posibiliten la planificación y ejecución de acciones de mantenimiento eficientes capaces de garantizar el correcto funcionamiento de estas obras. a lo largo de su vida útil.

Palabras clave: Túneles; Defectos; Mantenimiento.

1. Introdução

Para qualquer obra, desenvolver atividades de inspeção trata-se de uma ação fundamental quando se objetiva garantir a vida útil e funcionamento adequado (Morais *et al.*, 2020; Moura Júnior *et al.*, 2022). As inspeções podem ser preventivas, quando estas antevêm falhas e demandam manutenções preventivas, significando menores investimentos, ou corretivas, implicando em investimentos bem mais onerosos, demandando manutenções corretivas (Caetano, 2015).

Túneis, pontes e viadutos configuram obras que apresentam esforços e solicitações diferenciados de estruturas convencionais e, por isso, são chamadas de Obras de Artes Especiais (OAEs). No entanto, assim como outras estruturas, são projetadas para que atentam aos critérios mínimos de durabilidade e funcionalidade ao longo de sua vida útil. Nesta perspectiva, para que exista o bom desempenho destas construções, é necessário que haja um eficiente plano de manutenção, visto que a ausência de medidas de ações de intervenção em tempo hábil é responsável pelo surgimento de manifestações patológicas (Lima, 2018; Silva JR. *et al.*, 2020).

Há cinco túneis urbanos que compõem o sistema viário da cidade do Recife, são eles o Túnel Chico Science, Túnel Augusto Lucena, Túnel Josué de Castro, Túnel Felipe Camarão e Túnel da Abolição. Todos são considerados de pequena extensão e totalizam 1456 metros, sendo o menor deles o Túnel Chico Science, com 93 metros de comprimento, e o maior, o Túnel Augusto Lucena, que apresenta 315 metros de extensão (Lins *et al.*, 2017).

Os túneis da Abolição e Felipe Camarão são os dois mais recentes da capital pernambucana. No entanto, de acordo com Lins, Burgos e Monteiro (2017), estes já apresentavam manifestações patológicas de intensidade semelhante aos demais, ainda que fossem 15 anos mais novos que o Túnel Augusto Lucena, o mais antigo da cidade. Ainda segundo Lins, Burgos e Monteiro (2017), a manutenção preventiva é capaz de evitar que os túneis da cidade entrem em estado crítico de utilização e que os custos relacionados à recuperação destas estruturas possam ser 50 vezes maiores que os da manutenção. Entretanto, não há, por parte dos órgãos responsáveis por estas OAEs do Recife, iniciativas relacionadas a planos de manutenção preventiva e/ou inspeções periódicas a fim de avaliar as condições de uso destas estruturas tão importantes para o funcionamento da mobilidade urbana da cidade.

É importante discutir acerca da precoce deterioração dos túneis da cidade do Recife, principalmente, porque assim como a grande maioria das obras públicas, estas passagens inferiores não apresentam plano de manutenção nem histórico de intervenções eficientes, isto é, são esquecidas pelas autoridades públicas, ainda que sejam fundamentais para o funcionamento

do sistema viário do Recife.

No Brasil, os túneis contidos em trechos públicos de rodovia são marcados pela falta de manutenção, muito devido à cultura do foco na realização novas obras aliada à escassez de recursos para este fim. Além disto, não existe, em nosso país, normas específicas para execução de manutenção de túneis (Da Fonte & Vitória, 2011).

Apesar da usual intitulação de túneis para as obras de arte especiais em discussão nesta pesquisa, é válido ressaltar que a denominação mais adequada é a de passagem inferior. Segundo Van Viegen (2015), uma passagem inferior pode ser entendida como uma estrada ou caminho que passa por baixo de algo, como uma estrada movimentada, permitindo que veículos e/ou pessoas passem de um lado para o outro.

Segundo Timerman (2015), existem no Brasil aproximadamente 137.000 Obras de Arte Especiais. De acordo com Lima (2018), a ausência crônica de manutenção neste tipo de obras associada ao aumento do sistema viário tem causado vários prejuízos nos âmbitos econômicos e de segurança à população brasileira. Neste contexto, fica perceptível que é devido destacar a importância e necessidade da realização de inspeções periódicas e em paralelo, ações de manutenção preventiva, esta que é entendida como sendo aquela que é realizada a partir de informações provenientes de inspeções realizadas com certa regularidade, visando extensão da vida útil das obras em análise, evitando o surgimento de manifestações patológicas. (Souza & Ripper, 2009).

As manifestações patológicas se referem à área da construção civil que estuda as edificações e os componentes que, por alguma razão, exibem um problema, verificando-se por métodos de análises das irregularidades (Cordeiro et al., 2021). As manifestações patológicas podem ser adquiridas por causa da agressividade do meio ambiente. Entretanto, elas também podem ser causadas na fase de projeto, fase de execução ou até mesmo por fenômenos atípicos, isto é, por causas acidentais. Tais manifestações, quanto mais cedo forem identificadas e tratadas, mais fácil será seu tratamento e menos oneroso (Barreto, 2020). Com isso, é necessário que os empreendimentos apresentem vida útil satisfatória.

Conforme verificado na NBR 5674 (ABNT, 2012), entende-se por vida útil o período de tempo em que a construção e seus componentes conseguem atender às premissas funcionais para as quais foram concebidos, seguindo os planos de operação, utilização e manutenção determinados previamente. De maneira similar, A NBR 6118 (ABNT, 2014) define Vida Útil de Projeto como sendo o intervalo de tempo durante o qual, respeitados os requisitos de uso e manutenção indicados pelo projetista e executor, as características do concreto estrutural permanecem mantidas dispensando ações de manutenção relevantes. Desta forma, A vida útil de uma estrutura depende não apenas do desempenho dos elementos e componentes estruturais, como também dos demais elementos de menor complexidade que compõem a obra, principalmente aqueles incorporados às peças estruturais, a exemplo de aparelhos de apoio, sistema de drenagem, impermeabilização e juntas de movimentação. Estes componentes geralmente apresentam menor vida útil que a do concreto armado, demandando manutenção em seus diversos tipos, tendo em vista que a maior parte da função destes elementos é de proteger a estrutura (Helene, 2004).

Nesse contexto, as construções e suas manifestações patológicas demandam de manutenção. Nesta perspectiva, Salgado (2008) definiu a manutenção como as medidas adotadas para recuperar e/ou prevenir situações de falhas no sistema. De acordo com a NBR 5674 (ABNT, 2012), a manutenção se refere às medidas e ações implementadas visando a conservação ou recuperação da capacidade funcional da construção e de seus componentes de atender as demandas dos usuários.

Por outro lado, Cabral (2006) apresenta a manutenção como as ações que objetivam garantir o funcionamento dos equipamentos e instalações, minimizando as possibilidades de ocorrência de perda de rendimento e/ou funcionalidade, assegurando que, em situações adversas, respostas serão ágeis e garantirão as boas condições de operação. Vários são os tipos de manutenção, sendo dois os principais a manutenção preventiva e a corretiva. Coimbra (2015) afirma que a manutenção preventiva ocorre segundo critérios prévios e compreende a execução de inspeções, seguidas de diagnóstico e intervenções

rotineiras, objetivando minimizar as probabilidades de surgimento de problemas. Já a manutenção corretiva, de acordo com Costa e Silva (2022), consiste no reparo de falhas e quaisquer problemas de mau funcionamento, visando, portanto, reestabelecer o pleno funcionamento do elemento defeituoso.

Dito isto, o objetivo desta pesquisa foi inspecionar e analisar a evolução, entre os anos de 2017 e 2021, das manifestações patológicas e problemas de manutenção dos dois mais recentes túneis urbanos da cidade do Recife: Túnel da Abolição e Túnel Felipe Camarão.

2. Metodologia

Para o desenvolvimento do trabalho, a metodologia da pesquisa consistiu em uma revisão bibliográfica através dos portais Google Scholar e Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES/MEC) afim de entender melhor sobre inspeção e manifestações patológicas em túneis; seleção dos túneis; e realização de inspeções visuais e posterior elaboração de relatório técnico, com base em registros fotográficos, capaz de transmitir o atual estado de conservação das passagens inferiores.

Os critérios para seleção das obras a serem estudadas na presente pesquisa foram as idades das construções, em foram selecionados os dois mais recentes túneis da cidade do Recife, que apesar do pouco tempo da inauguração, já apresentam nível de deterioração considerável. Logo realizou-se um estudo de caso nessas construções, afim de atualizar os resultados obtidos em inspeções visuais realizadas há alguns anos, segundo Lins, Burgos e Monteiro (2017).

As inspeções principais em ambos os túneis ocorreram no mês de janeiro de 2021 com auxílio de câmera digital, o que permitiu registrar o estado de deterioração das obras através de fotografias. Posteriormente, em maio de 2021, ocorreu nova visita aos túneis, este que passaram por obras de requalificação sob responsabilidade da Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Habitação de Pernambuco, iniciadas em meados de fevereiro de 2021. A partir das inspeções e registros fotográficos, conforme o proposto por Da Fonte e Vitório (2011), as avaliações foram divididas em dois itens: “Problemas identificados por falta de manutenção” e “Manifestações patológicas” e quadros foram desenvolvidos a fim de comparar os níveis de conservação atuais aos dos resultados obtidos quatro anos antes, segundo Lins, Burgos e Monteiro (2017).

3. Resultados e Discussão

3.1 Túnel da Abolição

O Túnel da Abolição é o mais recente da capital pernambucana. Inaugurado no ano de 2015 sob responsabilidade da Prefeitura do Recife, trata-se de um túnel urbano situado no bairro da Madalena, zona oeste do Recife, seu início está localizado na Rua Real da Torre, ao lado do Museu da Abolição, passando por baixo de uma praça que foi construída posteriormente e do encontro da Avenida Caxangá com a Rua Benfica, e com saída para a Rua João Ivo da Silva. Foi projetado visando a melhoria do escoamento do trânsito que, segundo o Governo do Estado de Pernambuco (2013), o ponto era considerado um dos piores pontos de congestionamento da cidade do Recife. De acordo com o Diário de Pernambuco (2015), a implantação aumentou a capacidade viária do entorno de 4620 para 8250 veículos por hora.

A obra possui 287 metros de extensão e 8,40 metros de largura, quando esta, pelo projeto inicial, deveria medir 9,0 metros. A concepção inicial da passagem inferior previa três faixas de rolamento, sendo uma exclusiva para transporte público. No entanto, para que isto fosse possível, a largura total deveria ser de, no mínimo, 8,90 metros, pois, conforme o Código de Trânsito Brasileiro (CTB), a faixa exclusiva de ônibus contaria com 3,50 metros e as demais destinadas a veículos de passeio, 2,70 metros. Tal incompatibilidade de medidas com relação às normas inviabilizou tecnicamente a execução de três faixas, podendo ocasionar colisões e ameaçar a segurança viária naquele trecho. Por este motivo, a passagem inferior que deveria conter três faixas, sendo uma voltada apenas para o transporte público, teve suas dimensões reduzidas com relação à concepção

inicial e depois da execução, passou a contar com apenas duas faixas de rolamento em sentido único. A figura 1 exibe uma vista geral do Túnel da Abolição.

O material predominante que compõe a passagem inferior é o concreto armado. Na região central existe um conjunto de lajes de vigas apoiado sobre uma cinta de coroamento da contenção lateral do túnel, esta que é composta por uma cortina de estacas secantes em concreto com 600mm de diâmetro, além de vigas longitudinais, conforme Figura 1.

Figura 1 - Visão geral do Túnel da Abolição.



Fonte: Autores (2021).

Em relação aos problemas identificados por falta de manutenção, foi verificado que havia placas fixadas ao longo de um dos lados da contenção, estas que, aparentemente, tinham apenas função estética, ocultando os problemas decorrentes de falta de manutenção e manifestações patológicas ali presentes. Estes elementos apresentavam sujidade, pichações e além de um trecho não revestido.

Integrando a obra de arte especial, a praça que fica apoiada na estrutura convencional de lajes e vigas da área central do túnel apresentou obstrução em seus ralos, ocorrência que já havia sido percebida quatro anos antes. Percebeu-se também, um considerável acúmulo de água com alta presença de lodo no piso, vegetação, além de novos sinais de vandalismo, notados pela presença de dejetos humanos e recorrentes pichações que, juntamente ao bolor, comprometem a estética dos canteiros elevados que compõem a praça, conforme mostra a Figura 2.

Figura 2 - Acúmulo de água com presença de musgos e lodo, vegetação e pichações.



Fonte: Autores (2021).

Através do Quadro 1 é possível analisar de maneira resumida a evolução referente aos problemas identificados por

falta de manutenção no período de 2017 à 2021.

Quadro 1 - Evolução dos problemas identificados por falta de manutenção no Túnel da Abolição.

	Ano 2017 (LINS; BURGOS; MONTEIRO, 2017)	Ano 2021
1	Drenos e ralos obstruídos.	Permanece inalterado.
2	Escoamento de água da praça sobre faixade rolamento.	Não foi possível identificar devido a falta de chuvas nos dias das inspeções.
3	-	Revestimento em placas das estacas de contenção danificado.
4	-	Pichações e sinais de vandalismo.
5	-	Acúmulo de água com presença de musgos, vegetação e dejetos humanos na praça.

Fonte: Adaptado de Lins, Burgos e Monteiro (2017).

Com relação às manifestações patológicas, foi possível verificar várias fissuras transversais e lineares do tipo mapa ao longo do guarda-corpo de concreto. As fissuras transversais apresentavam certa regularidade em termos de espaçamento e semelhança em forma e espessura, acometendo todo o guarda-corpo, tendo como causa a falta de mecanismo de dilatação da peça de concreto, isto é, não há juntas de movimentação capazes de permitir que as peças de concreto não fissurem com as grandes variações de temperatura as quais estas estão sujeitas diariamente. As fissuras mapeadas também estavam presentes ao longo de todo o guarda-corpo da passagem inferior, tendo como prováveis causas a má aderência do revestimento ao substrato, que no futuro poderá causar deslocamento do reboco, e retração deste revestimento argamassado. Foram encontradas também as fissuras longitudinais que existem simultaneamente com as mapeadas e até se confundem, no entanto apresentam maior calibre e continuidade, podendo indicar não apenas a perda de aderência do revestimento argamassado, como também, possível corrosão da armadura que atua nesta direção, este processo que ocasiona o surgimento de fissuras ao longo das barras de aço corroídas que, conseqüentemente, estariam em processo expansivo. No entanto, é importante ressaltar que esta última hipótese só poderia ser comprovada através da realização de ensaios destrutivos a fim de possibilitar a análise do aspecto visual do aço. A Figura 3 mostra um ponto com fissuras.

Figura 3 - Fissuras longitudinais no guarda-corpo.



Fonte: Autores (2021).

Ainda no guarda-corpo do Túnel da Abolição, desta vez apenas em sua face externa do lado direito na Rua João Ivo da Silva, foi registrada a presença de forte coloração alaranjada, indicativo de produto de corrosão de armaduras neste trecho, sugerindo processo de lixiviação do concreto, esta que também exibia novas fissuras longitudinais e elemento de drenagem da rua lateral bem deteriorado.

Adentrando a passagem inferior, foi possível visualizar, no conjunto de lajes e vigas de concreto localizados na área central do túnel, vários pontos de infiltração, evidenciados pela ocorrência de bolor e forte lixiviação que ocasiona eflorescências ao longo das peças estruturais, estas caracterizadas pela incrustação e deposição de cristalinóis de coloração branca, gerados pela dissolução dos sais do concreto pela água que percola, já o bolor é percebido através da coloração escura como é possível verificar na Figura 4.

Figura 4 - Bolor, eflorescência e pichações.



Fonte: Autores (2021).

Ainda diretamente relacionado à lixiviação, também foi possível observar estalactites, que também são resultado deste processo e se formam ao longo da constante ocorrência desse fenômeno. Este conjunto de manifestações patológicas no conjunto de vigas e lajes é preocupante no longo prazo, visto que a constante lixiviação indica que existe um meio para entrada de agentes agressivos que tenderão a deteriorar e comprometer a vida útil da estrutura, principalmente através da despassivação do aço e conseqüente corrosão das armaduras.

Além disto, como já visto em 2017, a tubulação que compõe o sistema de recalque e drenagem do túnel continua apresentando consideráveis sinais de corrosão, fato evidenciado pela coloração alaranjada, que denuncia a presença de óxido de ferro, como é possível verificar através da Figura 5, que também exhibe novos pontos de pichação, fissuras tipo mapa em uma estaca de contenção, denunciando possível retração do concreto, além de bolor.

Figura 5 - Corrosão de tubulação, fissuras de retração, pichações, bolor e sujeidade.



Fonte: Autores (2021).

Foram percebidos, também, vários pontos de infiltração laterais nas estacas secantes, indicando que o problema persiste ao longo dos anos. A forte presença de umidade é denunciada através de considerável camada de musgos, bolor e da vegetação que é encontrada ao longo da contenção.

Associada à infiltração que acomete as estacas, a percolação do material que compõe o aterro lateral também segue ocorrendo. O processo é contínuo e o material desce à medida que a água passa. A coloração do material encontrada denuncia que, assim como constatado por Lins et al., (2017), trata-se de solo argiloso, este que acaba sendo carregado junto à água a medida em que há percolação através das estacas.

Apresentados os problemas verificados na primeira inspeção, é importante ressaltar que, mais recentemente, novas placas de revestimento foram aplicadas, retirando a ampla visibilidade da estrutura de contenção que existia na visita inicial. Apesar da intervenção, foi possível observar que os problemas verificados na primeira inspeção persistem. Não havia evidência de ações de manutenção de pintura e das condições da praça elevada. Também não houve execução de tratamento para quaisquer fissuras e o conjunto de lajes e vigas segue apresentando as mesmas manifestações patológicas, além de tubulações do sistema de drenagem com os mesmos sinais de corrosão.

Ainda foi possível verificar que, mesmo com as placas aplicadas, a percolação de água com material de aterro segue ocorrendo mesmo que as infiltrações laterais com carregamento de material. Este cenário sugere que a obra foi, na verdade, apenas uma intervenção arquitetônica que reduziu a visibilidade dos defeitos que existem no Túnel da Abolição.

O Quadro 2 apresenta o comparativo das manifestações patológicas encontradas no Túnel da Abolição entre os anos 2017 e 2021.

Quadro 2 - Evolução das manifestações patológicas - Túnel da Abolição.

Ano 2017 (*)		Ano 2021
1	Fissuras mapeadas em guarda corpo com presença de eflorescências e em cinta de coroamento da contenção.	Permanece sem sinais de intervenção.
2	Lodo e bolor ao longo da contenção lateral.	Musgos, bolor e lodo seguem presentes sem sinais de intervenção.
3	Percolação de água com carregamento de solo argiloso do aterro lateral.	Processo intensificado por meio de mais pontos de infiltração nas estacas secantes.

4	Infiltrações e eflorescências nas lajes evigas centrais da passagem inferior.	Manifestação intensificada percebida pelacoloração esbranquiçada mais intensa e espalhada.
5	Fissura na interface entre lajes e vigascentrais e guarda corpo.	Permanece sem sinais de intervenção.
6	Nichos de concretagem na cinta inferior da contenção com ocorrência de armadura exposta.	Não foi possível verificar devido às placas derevestimento que estavam aplicadas.
7	Drenagem ineficiente sobre o túnel, com acúmulo de água em canteiros e calçadas.	Não foi possível avaliar devido à falta dechuvas no período em que ocorreu a inspeção.
8	-	Estalactites e coloração que denuncia corrosão em laje central, demonstrandointensificação do processo de lixiviação.

* Resultados obtidos por Lins, Burgos e Monteiro (2017). Fonte: Autores (2021).

3.2 Túnel Felipe Camarão

O Túnel Felipe Camarão foi inaugurado em 2012 e surgiu das obras de requalificação da rodovia estadual PE-008, mais conhecida na região como Estrada da Batalha, esta que é a principal saída do Recife para o Complexo Industrial Portuário de Suape e praias do Litoral Sul de Pernambuco. Além do túnel, a intervenção incluiu a execução de duplicação do trecho que parte do cruzamento entre a Avenida Mascarenhas de Moraes e Avenida Maria Irene, no bairro do Jordão e vai até a rodovia federal BR-101, no bairro de Prazeres, município de Jaboatão dos Guararapes. Também fazia parte do escopo da obra a execução de dois viadutos, um centro cultural e uma praça.

A passagem inferior passa por baixo da Avenida Marechal Mascarenhas de Moraes (PE-008) e fica localizada no bairro do Jordão, este que compõe a zona sul do município do Recife, capital pernambucana. O elemento viário faz a transição entre a Avenida Centenário Alberto Santos Dummont e a Rua Remígio e opera em dois sentidos, separados por um canteiro central e conta com duas faixas de rolamento por sentido e calçadas laterais.

O túnel foi inaugurado em agosto de 2012, custando cerca de 50 milhões de reais. Foi executado visando ampliar a capacidade viária e, com isso, otimizar o tráfego de veículos que circulavam nesta área diariamente em sentido das praias do Litoral Sul e Suape e que cruzavam as avenidas para acessar bairros vizinhos. Trata-se de um túnel urbano sob responsabilidade do Governo do Estado de Pernambuco com aproximadamente 300 metros de extensão e 20 metros de largura total. As paredes de contenção laterais são compostas de cortinas atirantadas em concreto armado, também conta com um conjunto de vigas centrais de mesmo material. Já o pavimento é flexível de concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ).

Em relação aos problemas identificados por falta de manutenção, foi possível observar sinais de vandalismo, evidenciados pela grande incidência de pichações ao longo do túnel, comprometendo a estética da obra, como mostra a Figura 6, esta que também ilustra a visão geral do Túnel Felipe Camarão.

Figura 6 - Visão geral e pichações ao longo do Túnel Felipe Camarão.



Fonte: Autores (2021).

Como já visto quatro anos antes, as grades fixadas acima das contenções laterais do túnel, apesar do bom aspecto visual de pintura, apresentaram-se danificadas em alguns pontos, sugerindo atos de vandalismo. Também verificado no ano de 2017, o forte alagamento segue existindo no ponto mais baixo do túnel (Figura 7). Entretanto, é importante ressaltar que a inspeção ocorreu fora de período de chuvas e não houve precipitações nas últimas 72 horas que antecederam a visita, sugerindo que ali existe falha crônica do sistema de drenagem e, principalmente, de manutenção do conjunto. Apesar deste fato relevante, é necessário ressaltar que o verdadeiro agente causador do alagamento é o elevado nível do lençol freático. Sendo, portanto, a falha do sistema de drenagem, apenas o agente que permite que o acúmulo de água seja perene.

Figura 7 - Alagamento no sentido oeste-leste.



Fonte: Autores (2021).

Com relação ao canteiro central, este segue deteriorado e até, mais intensamente. Segundo Lins, Burgos e Monteiro (2017), a intervenção destrutiva no canteiro teve como objetivo auxiliar no escoamento transferindo a água à faixa oposta, no entanto não obteve sucesso, visto que a umidade trazida ocasionou bolor, musgos e vegetação, dificultou o trânsito de pedestres nesta área e, principalmente, não evitou a ocorrência de acúmulo de água. Associado a este problema, também foi possível perceber a obstrução nos elementos de drenagem que existem no túnel, além de forte presença de musgos nas calçadas.

As infiltrações na laje superior seguem ocorrendo e entrando em contato direto com as instalações elétricas que

compõem o sistema de iluminação da passagem inferior. Além disso, vários refletores não funcionavam no momento da inspeção, denunciando a ausência de manutenção que afeta diretamente os usuários do túnel. Devido a isto, o nível de luminosidade era insuficiente, contribuindo para uma maior probabilidade de ocorrência de acidentes, agravada pelo mau estado de conservação do pavimento, que também apresenta sinais consideráveis de deterioração. A Figura 8 ilustra o descrito.

Figura 8 - Iluminação em contato com águas de infiltração.



Fonte: Autores (2021).

O Quadro 3 fornece comparativo entre os problemas decorrentes de manutenção identificados em 2017 e 2021.

Quadro 3 - Evolução dos problemas identificados por falta de manutenção do Túnel Felipe Camarão.

	Ano 2017 (*)	Ano 2021
1	Grade do sistema de recalque danificadas	Não identificado (aparentemente corrigido)
2	Alagamentos no ponto baixo do túnel	O sistema de drenagem segue com problemas e ineficiente
3	Canteiro central destruído próximo à área de alagamento	Processo intensificado: canteiro mais deteriorado
4	Grades da contenção lateral danificadas	Permanecem com sinais de vandalismo
5	Acúmulo de água pluvial nas ruas laterais	Não foi possível verificar devido a falta de chuvas
6	Lixo acumulado na boca dos bueiros	Permanece
7	Sinais de umidade em contato com instalações de iluminação	Permanece
8	-	Vários refletores fora de funcionamento
9	-	Pichações ao longo de todo o túnel

* Resultados obtidos por Lins, Burgos e Monteiro (2017). Fonte: Autores (2021).

Para as manifestações patológicas, assim como em 2017, associado ao grave acúmulo de água nas faixas de rolamento, sinais de deterioração do pavimento em CBUQ que compõe estas. O desgaste é percebido através de buracos que representam a desintegração da camada de revestimento do pavimento flexível. Este tipo de ocorrência compromete a qualidade da via e reduz a segurança da mesma ao elevar os riscos de acidentes.

Inicialmente, foi avistado, ao longo da contenção lateral a grande quantidade de fissuras mapeadas e verticais (Figura 9), essas que provavelmente foram desencadeadas pela retração do material argamassado que reveste as paredes, enquanto

estas, de acordo com Lins, Burgos e Monteiro (2017), indicam fissuras de alívio devido ao espaçamento bem definido e ausência de juntas de movimentação.

Figura 9 - Fissuras verticais de alívio.



Fonte: Autores (2021).

Assim como em 2017, fissuras verticais e em 45° foram novamente identificadas ao longo do conjunto de vigas longitudinais e transversais. As aberturas verticais sugerem fissuras decorrentes de flexão, já as inclinadas em 45°, fissuras de cisalhamento, indicando provável subdimensionamento de armadura transversal, isto é, estribos. Aliado às fissuras, existem vários pontos de infiltração lateral ao longo da contenção que, assim como ocorre no Túnel da Abolição, trazem consigo, material do aterro na água de percolação. Esta manifestação patológica intensifica a presença de vegetação, bolor e musgos, bem característicos na passagem inferior, além de contribuir para a ocorrência de eflorescências e criptoflorescências, estas que também estão presentes ao longo de todo o túnel.

Destacam-se também a presença de musgos e vegetação nas paredes, evidenciando mais pontos de infiltração ao longo da contenção. Nesta imagem também pode ser observado considerável quantidade de resíduos descartada de maneira inadequada no túnel. As eflorescências e criptoflorescências também foram identificadas, sendo manifestações de mesmo mecanismo de formação que a eflorescência, no entanto, acaba por apresentar formação de cristais com expressivo volume, diferentemente da eflorescência, que basicamente, resume-se à ocorrência de manchas de coloração esbranquiçada. É importante destacar que, juntamente às criptoflorescências, o produto de corrosão de processo de lixiviação também foi identificado pela coloração que sugere a presença de óxido de ferro, indicando processo de corrosão na peça onde está evidenciada.

Não foi possível identificar com fidúcia o material aparente presente no teto e que compõe a laje central da passagem inferior. É válido ressaltar que, com relação aos estudos desenvolvidos quatro anos antes, percebe-se que houve a remoção do revestimento do tipo steel deck que estava aplicado à época. Este, aparentemente, apenas ocultava os problemas existentes do elemento superior, visto que, de acordo com Lins, Burgos e Monteiro (2017), foram verificados indícios de manifestações patológicas, a exemplo de prováveis manchas de corrosão nas paredes abaixo do referido revestimento. A Figura 10 ilustra o comparativo entre as realidades nos diferentes períodos.

Figura 10 – Comparativo entre laje central do Túnel Felipe Camarão nos diferentes períodos.



Fonte: Adaptado de Lins, Burgo e Monteiro (2017).

O Quadro 4 apresenta o comparativo das manifestações patológicas encontradas no Túnel Felipe Camarão entre os anos 2017 e 2021.

Quadro 4 - Evolução das manifestações patológicas – Túnel Felipe Camarão.

Ano 2017 (*)		Ano 2021
1	Revestimento do pavimento em CBUQ deteriorado.	Permanece com presença de buracos que prejudicam a segurança da via.
2	Fissuras tipo mapa e de alívio nas contenções laterais.	Permanece sem sinais de intervenção.
3	Fissuras verticais e a 45° em vigas longitudinais e transversais.	Permanece sem sinais de intervenção.
4	Eflorescências e criptoflorescências nas cortinas de contenção.	As grandes incrustações nos pontos de criptoflorescências sugerem a intensificação da lixiviação do concreto.
5	Manchas de percolação de água nas contenções laterais.	Percolação lateral intensificada com registros de carreamento de material de aterro.
6	Presença de lodo e bolor em calçadas e cortina de contenção	Forte presença de vegetação, bolor e musgos ao longo do túnel.
7	-	Vários pontos com produto de corrosão associado à lixiviação do concreto ao longo da contenção lateral.
8	-	Oxidação dos parafusos que compõem tubulação do sistema de drenagem do túnel.
9	-	Deterioração avançada (corrosão intensa) de elementos aparentemente metálicos que compõem a laje superior.

* Resultados obtidos por Lins, Burgos e Monteiro (2017). Fonte: Autores (2022)

4. Considerações Finais

É notório, portanto, que as passagens inferiores seguem apresentando problemas e que não há evidência de realização de ações de manutenções preventivas e/ou corretivas eficientes no período analisado, comprometendo, desta forma, a vida útil dos equipamentos viários. Contudo, é importante ressaltar que, conforme verificado quatro anos antes, o grau de deterioração

ainda pode ser classificado como primário, apesar da piora do estado de conservação ao longo dos anos.

As ocorrências relacionadas à lixiviação, um dos principais mecanismos de deterioração do concreto, se intensificaram e, por trazerem consigo produtos de corrosão, servem de alerta e sugerem que verdadeiras ações de manutenção devem ser adotadas a fim de preservar a funcionalidade e garantir boas condições de uso destes elementos viários tão importantes ao longo do tempo.

O Túnel da Abolição sofreu modificações que otimizaram o aspecto visual da passagem inferior, no entanto, as placas aplicadas, por terem apenas função estética, trazem como grande efeito negativo a ocultação dos sinais de deterioração presentes no túnel.

As principais falhas de manutenção estão relacionadas à problemas de escoamento de água devido a ralos obstruídos, ocasionando vegetações, musgos e bolor. Esta ocorrência sugere a falta de cuidados do poder público para com o elemento viário, no entanto, pichações ao longo de todo o túnel, além de forte presença de dejetos humanos na praça situada acima da passagem inferior denunciam, em paralelo, uma problemática de cunho social que ali se manifesta.

As principais manifestações patológicas do Túnel da Abolição foram as fissuras ao longo do guarda-corpo de concreto e estacas de contenção, além de eflorescências no conjunto lajes-vigas centrais denunciando a intensificação de processos de lixiviação do concreto, atestada pelo registro de estalactites e coloração alaranjada que sugere princípios de corrosão de armadura da laje. Diante deste quadro, é fundamental destacar a necessidade de intervenções corretivas a fim de garantir maior vida útil para este elemento viário tão importante para o Recife, visto que fissuras e lixiviação do concreto são a porta de entrada para agentes agressivos e, conseqüentemente, surgimento de manifestações patológicas de maior potencial de deterioração, como a corrosão das armaduras. Também são importantes as ocorrências de percolação de água com carreamento de argila que estão presentes ao longo de toda a contenção, podendo gerar futuros afundamentos laterais e conseqüentes prejuízos pela constante remoção de material de aterro que ali existe.

O Túnel Felipe Camarão, por sua vez, é marcado por um problema crônico de drenagem, onde a pista de rolamento no sentido oeste-leste frequentemente apresenta fortes alagamentos, ainda que não haja chuva, como foi o caso quando das inspeções visuais. Além disso, o canteiro central do elemento viário permanece destruído visando reduzir os alagamentos, no entanto, não há sucesso. As instalações elétricas de iluminação permanecem sofrendo contato direto com águas de infiltração e vários refletores não funcionam, comprometendo a visibilidade na parte interna do túnel. As grades fixadas nas paredes laterais de contenção seguem parcialmente danificadas com sinais de vandalismo, igualmente percebidos pela forte incidência de pichações ao longo de toda a passagem inferior., sugerindo, também, problemas de origem social.

As principais manifestações patológicas verificadas neste túnel foram a deterioração do pavimento flexível, forte incidência de fissuras que variavam em tipologia desde as do tipo mapa e verticais de alívio, até as de 45° nas vigas longitudinais e transversais. A percolação de água com carreamento de material, assim como acontece no Túnel da Abolição, também foi registrada no Túnel Felipe Camarão. A infiltração lateral acaba ocasionando a presença de musgos, vegetação e bolor na passagem inferior, esta que também apresentou vários pontos de eflorescências e criptoflorescências bem pronunciados, alguns deles, inclusive, com coloração alaranjada, sugerindo processo de corrosão das armaduras presentes.

A partir do presente trabalho, é possível perceber a necessidade da frequente realização de inspeções neste tipo de obra de arte especial, muitas vezes esquecidas pelos agentes públicos responsáveis, a fim de fornecer dados capazes de atualizar o estado em que se encontram estes elementos. É válido acrescentar a realização de ensaios destrutivos aos escopos de futuras inspeções a fim de fornecer maior quantidade e qualidade de subsídios e possibilitar a adoção de ações de manutenção verdadeiramente eficientes, contribuindo, desta forma, com a extensão da vida útil das passagens inferiores. É importante que também sejam realizadas novas inspeções nos demais túneis que compõem o sistema viário da cidade do Recife a fim de atualizar os conhecimentos referentes ao atual estado de conservação destas obras tão importantes para o

funcionamento do modal rodoviário do município.

Referências

- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2012). *ABNT NBR 5674: Manutenção de edifícios – Procedimento*.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2014). *ABNT NBR 6118: Projetos de estruturas de concreto – Procedimento*.
- Barreto, L. M. (2020). *Manifestações patológicas em fachadas de edificações religiosas: Um estudo de caso na cidade de Recife-PE*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco. Recife.
- Cabral, J. P. (2006). *Organização e Gestão da Manutenção - dos conceitos à prática*. Lisboa.
- Caetano, A. M. (2015) *Inspecção de Túneis Ferroviários e as Limitações Impostas pela Operação*. Monografia, Pós-Graduação em Engenharia de Transportes, IME, Rio de Janeiro, Brasil.
- Coimbra, D.S.C. (2015). *A importância da manutenção preventiva e corretiva na gestão de energia em grandes edifícios de serviços*. Dissertação de Mestrado (Departamento de Engenharia da Energia e Ambiente), Universidade de Lisboa, 2015.
- Costa, L. S.; & Silva, W. A. (2022). Pathological manifestations on the facades of historic buildings: a case study of the Igreja de Nossa Senhora do Carmo in São Luís – MA. *Research, Society and Development*. 11(2).
- Cordeiro, J. T. L.; Barbosa, V. M.; & Vilas Boas, D. C. C. (2021). Survey of pathological manifestations of civil construction: a study in home residence in the City of São Luís, Maranhão. *Research, Society and Development*. 10(12).
- Da Fonte, F.J.M.; & Vitório, J.A.F. (2011) Proposta para um Sistema de Inspecção e Manutenção dos Túneis da Cidade do Recife, *Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação das Construções*, Fortaleza, Brasil.
- Diário de Pernambuco. (2015). *Túnel da Abolição será inaugurado em 15 de março*. Diário de Pernambuco, Recife, 27 de jan. <https://www.diariodepernambuco.com.br/noticia/vidaurbana/2015/01/tunel-da-abolicao- sera-inaugurado-em-15-de-marco.html>
- Governo do Estado de Pernambuco. (2013). *Trânsito na Madalena é alterado para cravação das estacas do Túnel da Abolição*. Secretariade Desenvolvimento Urbano e Habitação, Recife, 12 de jul. http://www2.cidades.pe.gov.br/web/secid/exibir_noticia?groupId=12855&articleId=754492_5&templateId=15537
- Lima, L. L. (2018). *Avaliação Patológica em Obras de Artes Especiais Utilizando a Metodologia GDE/UNB*. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil), UniCEUB, Brasília.
- Lins, E. J. M; Burgos, & R. D. F; Monteiro, E. C. B. (2017). Os Novos Túneis Urbanos da Cidade do Recife: Casos de Degradação Prematura de Estruturas de Concreto. *Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada*. 2(3), 157-166.
- Morais, J. M. P. de, Silva, A. M. da, Barboza, E. N., Silva, E. M. da, & Oliveira, B. B. de. (2020). Análise de manifestações patológicas em estruturas de concreto armado: uma revisão. *Research, Society and Development*, 9(7), e759974964. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i7.4964>
- Moura Júnior, J. M. de, Barreto, L. M., Soares, W. de A., Monteiro, E. C. B., & Nascimento, T. R. S. do. (2022). Pathological manifestations and damage map in historical heritage: a case study of the Basílica e Convento de Nossa Senhora do Carmo in Recife-PE. *Research, Society and Development*, 11(8), e53511831484. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i8.31484>
- Salgado, M. F. P. (2008). *Aplicação de Técnicas de Otimização à Engenharia de Confiabilidade*. Dissertação de Mestrado (Departamento de Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- Silva Júnior, L. A. da, Ribeiro, I. V. P. de L., & Medeiros, S. D. (2020). Levantamento técnico dos problemas patológicos dos edifícios da UEMG - Unidade de João Monlevade: efeitos e condutas de intervenções. *Research, Society and Development*, 9(8), e87984889. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i8.4889>
- Souza, V.C.M. de; & Ripper, T. (2009). *Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto*. Ed. PINI.
- Timerman, J. (2015). *Inspecção de pontes: o estágio atual da normalização*. http://www.abcic.org.br/Seminario_brazil_road_2015/Palestras/InspecaoPontes_Estagio_Atual_Normalizacao.pdf
- Van Vieggen, B. C. (2015). *Underpasses For Railways: Standardization of the Design*. Delft, Países Baixos.