

# IMPERMEABILIZAÇÃO DE PONTES E VIADUTOS

JOÃO CASSIM JORDY (1)

(1) Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), Rua São Bento n.º 1, 16º andar, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, e-mails: [jordy@inpi.gov.br](mailto:jordy@inpi.gov.br) e [jcjordy@gmail.com](mailto:jcjordy@gmail.com)

---

## RESUMO

O binômio recuperação-impermeabilização pode e deve ser extensivo à todos os tipos de construções, não sendo exclusividade para a garantia de durabilidade somente de edificações. Pontes e viadutos, especificamente, devem receber aplicações de impermeabilização durante suas construções ou recuperações. As impermeabilizações nestas estruturas não são privilégio dos países de clima frio onde se efetua o degelo com uso de sais, indutores de anomalias no concreto. No Brasil, como em qualquer parte do mundo, ocorre a susceptibilidade das estruturas de pontes ou viadutos sofrerem incidência e percolação de água através de suas estruturas, principalmente nas lajes de tabuleiros, o que já justifica a impermeabilização, visando a proteção contra anomalias no concreto e, assim, promover maior durabilidade, além de imputar menores custos sociais postergando a recorrência das obras para recuperação.

O trabalho aborda os processos de impermeabilização como procedimentos necessários a serem aplicados em pontes e viadutos, para os casos de estruturas novas ou recuperadas, objetivando a garantia da durabilidade com economia de recursos. Detalha, ainda, diretrizes para procedimentos de impermeabilização em pontes e viadutos baseado nas mais recentes tecnologias disponíveis.

## Palavras-chave

Impermeabilização; pontes; viadutos; recuperação; manutenção

## **1 INTRODUÇÃO**

As pavimentações em concreto asfáltico ou em concreto armado não são por si só suficientes para a garantia da impermeabilidade das estruturas de pontes ou viadutos. A perfeita estanqueidade à passagem da água só pode ser garantida por meio de criterioso sistema de impermeabilização, aliado à tecnologia de materiais impermeabilizantes e aplicação nas estruturas por empresas especializadas. São inúmeros os casos de estruturas de pontes ou de viadutos em cidades e na malha viária do Brasil que se encontram expostos às intempéries, em processos de deterioração, sem proteção impermeabilizante, muitas vezes com precariedade nas ações de manutenção. Já é hora de engenheiros e gestores de estruturas enfocarem não só os efeitos das anomalias no concreto, mas, também, combaterem os agentes causadores de deteriorações, por meio de impermeabilização.

## **2 MANUTENÇÃO EM PONTES E VIADUTOS**

A manutenção em pontes e viadutos representa importância econômica e papel estratégico, devido aos altos custos de investimentos envolvidos na implantação ou recuperação destas estruturas. Como exemplo, nos Estados Unidos foram levantadas por meio de pesquisa que cerca de 200.000 tabuleiros de pontes apresentam anomalias de corrosão das armaduras, representando um custo direto de 2 bilhões de dólares para reabilitação (BDWA, 2015). Existem diversas metodologias para abordagem dos sistemas para manutenção de pontes, como aqueles desenvolvidos por ANDREY (1987), KLEIN (1981) e WEISSMAM et al. (1990). O primeiro método baseia-se na sistematização por inspeções e indica procedimentos de monitoração e controle das anomalias. Os dois outros métodos abordam o tema manutenção de forma comparativa, conforme índices de priorização de investimentos, estes baseados em parâmetros gerenciais e estatísticos (apud MARQUES, 1991).

## **3 VISTORIAS EM PONTES E VIADUTOS**

Vistorias para inspeções em pontes e viadutos de concreto são regidas pela ABNT NBR 9452 (2012), a qual fixa condições e parâmetros exigíveis na realização e na apresentação destes serviços técnicos. O objetivo das vistorias para inspeções em pontes e viadutos é o levantamento das anomalias, avaliação das situações observadas, diagnóstico conclusivo e indicações de providências necessárias (urgentes ou não). Entre as possíveis providências, podem ser elencadas: alteração de limite de velocidade, controle de tráfego, limitação de sobrecarga, observação com monitoração permanente, monitoração emergencial, interdição, demolição, reforço emergencial, ou reabilitação (por reparo ou recuperação). Na seção seguinte é apresentado caso de estrutura em concreto armado, referente a ponte, observado por inspeções expeditas (de simples reconhecimento visual), a qual deveria ter recebido intervenção de impermeabilização nas fases de construção ou recuperação. O intuito da abordagem é tão somente chamar atenção dos segmentos das engenharias de projeto, construtiva e de manutenção, nas esferas públicas e privadas, para a importância e necessidade da realização dos serviços de impermeabilização nas chamadas “obras de arte”, além das intervenções de recuperação que possam sofrer de tempos em tempos.

### **3.1 Inspeção expedita da ponte sobre o rio Muriaé**

Em janeiro de 1997, foi procedida vistoria em ponte sobre o rio Muriaé, na localidade de Laje do Muriaé, noroeste do estado do Rio de Janeiro, com o objetivo da liberação para o tráfego de veículos, após chuvas e enchente as quais causaram transbordamento da lâmina d'água sobre o tabuleiro da ponte. Na inspeção expedita, notou-se que a estrutura do tabuleiro, composto por vão biapoiado e balanços extremos, não apresentava deflexões excessivas e sequer foram notados recalques nos elementos estruturais de apoio ou nas fundações. Percebeu-se, após avaliação expedita, a inexistência de riscos estruturais e, então, foi indicada a liberação do tráfego, até que o órgão gestor da ponte pudesse efetuar vistoria instrumentada. Todavia, durante a inspeção expedita foram evidenciadas infiltrações de águas e manifestações patológicas instauradas na estrutura de concreto armado, como eflorescências geradas por processos de desagregação por lixiviação do concreto e fissuras causadas

por processos de corrosão das armaduras (Foto 1). As manifestações patológicas deflagradas nas estruturas da ponte sobre o rio Muriaé, na ocasião, não representavam riscos importantes ou sequer iminentes. Todavia, à época já se tornava necessária uma avaliação mais apurada dos processos físicos de deterioração para que, em seguida, fossem propostos programas para reabilitação de sua estrutura.



**Foto 1 – Infiltrações e anomalias de lixiviação e eflorescências carbonáticas no concreto, com exposição das armaduras à corrosão.**

## **4 AGENTES AGRESSIVOS ATUANTES**

Entre os agentes agressivos atuantes nas estruturas das pontes e viadutos tem-se: os resultantes de ações ambientais ou atmosféricas, outros causados por agressões biológicas, agressões oriundas de vícios construtivos e má utilização. O concreto, considerando suas microestruturas porosas e fissuras, é suscetível à permeabilidade e percolação de águas e agentes agressivos sob as formas gasosas, vapor ou líquidas. A partir desse acesso, ocorrem as agressões no material. Quanto maior for a porosidade e grau de fissuração, e quanto mais agressiva for a substância penetrante (ou percolante), maior será o grau de deterioração do concreto (JORDY, 2002).

### **4.1 Agentes agressivos ambientais**

As pontes e viadutos estão sujeitos a processos de deterioração por agentes atmosféricos naturais (ambientais), tanto de origem física quanto química.

As ações físicas estão ligadas às variações de temperatura, movimentos nas interfaces de materiais diferentes, efeitos de fotodegradação e a própria ação deletéria da água de infiltração. A presença de água permeando os interstícios e porosidades dos materiais de construção proporciona ações físicas devido a mudanças de fase sob condições adversas de temperatura e pressão, propiciando variações volumétricas que tendem a desagregar e fatigar os materiais agindo na sua microestrutura. Essas deteriorações são atestadas no concreto e outros materiais de construção quando expostos a ciclos de molhagem e secagem intensos e sem tratamentos de impermeabilização adequados (JORDY, 2002).

As ações químicas promovem a dissolução química e lixiviação, sendo instauradas no concreto devido à penetração ou presença de ar e gases, águas agressivas, águas puras, reações com águas contendo ácidos, reações contendo cloretos, reações com águas contendo sais na forma de sulfatos e a presença de anidrido carbônico ( $\text{CO}_2$ ) (ibid).

As atmosferas urbanas e industriais possuem elevadas concentrações de dióxido de enxofre ( $\text{SO}_2$ ), anidrido carbônico ( $\text{CO}_2$ ) e ácido sulfídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ), resultantes de motores a combustão, queima de

carvão e gases do esgoto. Esses gases poluem a atmosfera e estão sujeitos a reagirem com a umidade e oxigênio ambientais, transformando-se em gotículas de ácido sulfúrico e ácido carbônico, vindo a precipitar-se nas estruturas de concreto, promovendo, então, ações de deteriorações. As atmosferas poluídas de centros industriais ou grandes centros urbanos possibilitam o surgimento de chuvas ácidas com pH entre 3,5 a 5,5 (GRANATO, 2001). Em atmosferas da orla marítima, a penetração de cloretos na presença de oxigênio e umidade do ar constitui-se na condição mais propícia para o surgimento da anomalia de corrosão do aço. Os cloretos podem penetrar pelo fenômeno da difusão, mesmo em concreto sã e sem fissuras, dissolvido na água de infiltração ou por difusão na umidade (ibid). A ação de sais na forma de sulfatos, presentes na água do mar, possuem ação agressiva sobre a pasta de cimento que, pela reação com o aluminato de tricálcio, forma sais altamente expansivos, provocando fissuras no concreto (ibid).

## **4.2 Agentes agressivos biológicos**

Os agentes agressivos biológicos estão relacionados às ações agressivas de plantas e raízes impregnadas nas estruturas de pontes e viadutos, ou à ação dos microrganismos do esgoto (de tubulações ou lâminas d'água contaminadas com esgoto) ou de fezes em contato com as estruturas, este último caso denominado biodeterioração do concreto (JORDY, 2009).

## **4.3 Vícios construtivos e agressões por má utilização**

No caso de pontes, os vícios construtivos são, principalmente, os defeitos induzidos por falhas de concepção, como: equívocos de detalhamentos em juntas estruturais, inexistência ou deficiência de pingadeiras, inexistência ou falta de indicações de drenos, inexistência de acessos para inspeções ou manutenção etc. conforme descrito por MARQUES (1991). Outros agentes agressivos são aqueles oriundos da má utilização ou da ação por terceiros, influenciando nas estruturas das pontes, como no caso de invasões de áreas de tabuleiros ou da mesoestrutura por favelas, muito comum em centros urbanos. Ambos, vícios construtivos e agressões por má utilização são fatores que podem provocar ou aumentar a ação dos agentes ambientais e biológicos mencionados nos itens 4.1 e 4.2, anteriores.

# **5 MECANISMO DA DETERIORAÇÃO POR AGENTES AGRESSIVOS**

Devido à inexistência de proteção por impermeabilizações, as estruturas estão expostas aos agentes agressivos. As substâncias agressivas atuam de forma deletéria no concreto armado das pontes e viadutos, causando anomalias que por sua vez levam à deterioração precoce das estruturas. Nos itens seguintes são descritas algumas das substâncias que atuam como agentes agressivos ao concreto e os processos de deterioração que os mesmos promovem nas estruturas de concreto armado.

## **5.1 Cloretos**

O ataque por cloretos é um dos problemas mais sérios que podem ocorrer nas estruturas de concreto armado. Os ânions de cloreto ( $\text{Cl}^-$ ) possuem a capacidade de romper a camada passivadora de óxido que protege as armaduras. Por isso expõem o aço a processos corrosivos, na presença de água e oxigênio (corrosão localizada, por "pite"). Ao mesmo tempo, os íons cloreto promovem a dissolução química de compostos da pasta de cimento endurecida, como o hidróxido de cálcio  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . A dissolução do hidróxido de cálcio gera a despassivação do meio alcalino (com decréscimo de pH) e formação de eflorescências. E ainda, os cloretos funcionam como eletrólitos nos processos de corrosão galvânica das barras/fios e cordoalhas de aço (na chamada corrosão generalizada).

## 5.2 Ácidos

A presença de ácidos na porosidade e fissuras do concreto propicia a dissolução química de compostos constituintes da pasta cimentícia endurecida, na medida em que eles migram através do pseudo-sólido. Tanto os ácidos inorgânicos quanto os orgânicos atacam o concreto e sua ação é suficientemente intensa, capaz de destruí-lo.

## 5.3 Sais na forma de sulfatos

Quanto aos sais na forma de sulfatos ( $\text{SO}_4^{--}$ ) ou outros radicais salinos, referidos ao ataque a concretos, pode-se dizer que eles possuem ação semelhante a dos ácidos. Promovem ações de dissolução química dos compostos cimentícios e produzem substâncias expansivas (por exemplo, o sal de Candlot, ou “bacilo do concreto”). Os sais em formação sólida não atacam o concreto. Todavia, quando dissolvidos, são capazes de reagir com compostos da pasta de cimento. Os sulfatos atuam dissolvendo tanto o hidróxido de cálcio  $\text{Ca(OH)}_2$ , como outras substâncias resultantes da hidratação do cimento (NEVILLE, 1997). Exemplos de sais deletérios aos concretos são: o sulfato de magnésio ( $\text{MgSO}_4$ ), sulfato de cálcio ( $\text{CaSO}_4$ ), o sulfato de sódio ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) e o sulfato de amônia  $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$ .

## 5.4 Anidrido carbônico, $\text{CO}_2$

O anidrido carbônico ( $\text{CO}_2$ ), abundante na atmosfera, emanado pelos solos e liberado pelo esgoto está presente nos interstícios de concretos. Ao penetrar na porosidade e fissuras encontra umidade e água de infiltração retida e, daí, reage formando o ácido carbônico ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ). Este último, ataca os compostos da pasta de cimento hidratada, em especial o hidróxido de cálcio  $\text{Ca(OH)}_2$  (altamente alcalino e passivador na massa de concreto), tendo como produto da reação o carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e água ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Na reação ocorre uma diminuição do meio alcalino do concreto, com diminuição de pH. O pH decresce desde um valor próximo de 13 (básico) para uma graduação em torno de pH inferior a 9,5. Isto representa risco para as armaduras existentes no interior da massa, expondo-as a possíveis processos de corrosão galvânica, devido a diferença de pH entre regiões da massa de concreto. Esse processo caracteriza o fenômeno da carbonatação, que é mais intensa em atmosferas onde a umidade relativa do ar varia entre 60% a 80%.

## 6 ANOMALIAS EM PONTES E VIADUTOS

As anomalias no concreto das estruturas de pontes ou viadutos podem ser denominadas de processos físicos de deterioração ou patologias no concreto. É fato conhecido que os principais processos físicos de deterioração das estruturas de concreto armado são, entre outras: fissuração devido à retração do concreto ou à corrosão das armaduras (por diversos tipos de corrosão, incluindo a destruição da camada passivadora por ataque químico direto por cloretos); desagregação (com aparecimento de eflorescências) devido à corrosão do concreto (por lixiviação ou por reação iônica, motivados pela ação da água, cloretos, sais na forma de sulfatos e ácidos) ou devido a fissuras com deslocamento; carbonatação devido à ação despассивante do anidrido carbônico; perda de aderência do concreto devido a deficiências na preparação das superfícies ou à corrosão do aço; desgaste ou erosão do concreto por abrasão, choques, fresamento ou pela ação de águas (pela própria água, por partículas dispersas, ou pelo fenômeno da cavitação); todas geralmente acompanhadas de infiltrações de água.

## 7 REABILITAÇÃO DE PONTES E VIADUTOS

No Brasil, as reabilitações de pontes e viadutos não têm focado os tratamentos das causas reais das anomalias e, sim, os seus efeitos. Assim, em muitos casos, nas reabilitações somente são especificadas as intervenções de recuperação do concreto, sem a preocupação de promover a impermeabilização dos tabuleiros e outros elementos estruturais.

## 8 RECUPERAÇÃO DO CONCRETO

Os serviços de recuperação do concreto possuem metodologia própria. Existem diversos métodos para recuperação com recomposição do concreto. Entre eles podem ser citados: recomposições com concreto convencional, com concreto contendo adesivos, com concreto jateado, com graute, com argamassas cimentícias, com argamassas poliméricas. Existem também os serviços de tratamento do concreto como injeções de resinas poliméricas (rígidas ou flexíveis), sistemas de cristalização, endurecedores de superfície etc. A escolha da metodologia mais adequada para a recuperação do concreto depende das condições de deterioração da estrutura, condições de exposição e porte da recuperação, ou seja, se de pequena ou de grande monta.

## 9 IMPERMEABILIZAÇÃO DE PONTES E VIADUTOS

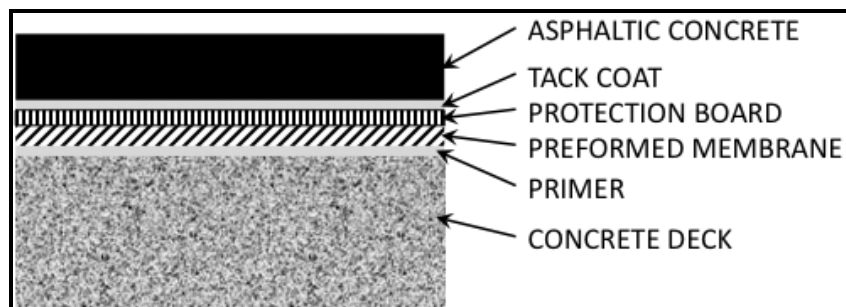
Na pesquisa para este trabalho ficou evidente que a prática da impermeabilização dos tabuleiros das pontes (na superestrutura) é mandatória em países como os Estados Unidos da América (EUA) com a publicação da norma “*ASTM D6153/15 – Standard Specification for Materials for Bridge Deck Waterproofing Membrane Systems*”, o Reino Unido com a publicação da norma “*BD47/99 – Waterproofing and Surfacing of Concrete Bridge Decks*”, o Canadá com a publicação da norma “*OPSS 914, Construction Specifications for Waterproofing Bridge Decks with Hot Applied Asphalt Membranes*” além de outros países como Alemanha e China.

Ademais, em busca realizada a bancos de dados patentários verificou-se a existência de documentos que tratam das impermeabilizações de tabuleiros de pontes, como o “U.S. Patent N.º. 4.233.356/Material for waterproofing bridge decks and the like” publicado em 11/11/1980 e o “U.S. Pat. N.º. 4.855.185/Polyurethane coatings for bridge deckings and the like” publicado em 08/08/1989. Entretanto, as impermeabilizações de pontes e viadutos devem ser feitas não somente no tabuleiro da superestrutura mas, também, devem ser realizadas impermeabilizações na mesoestrutura e na infraestrutura visando a completa proteção.

### 9.1 Impermeabilização da superestrutura de pontes e viadutos

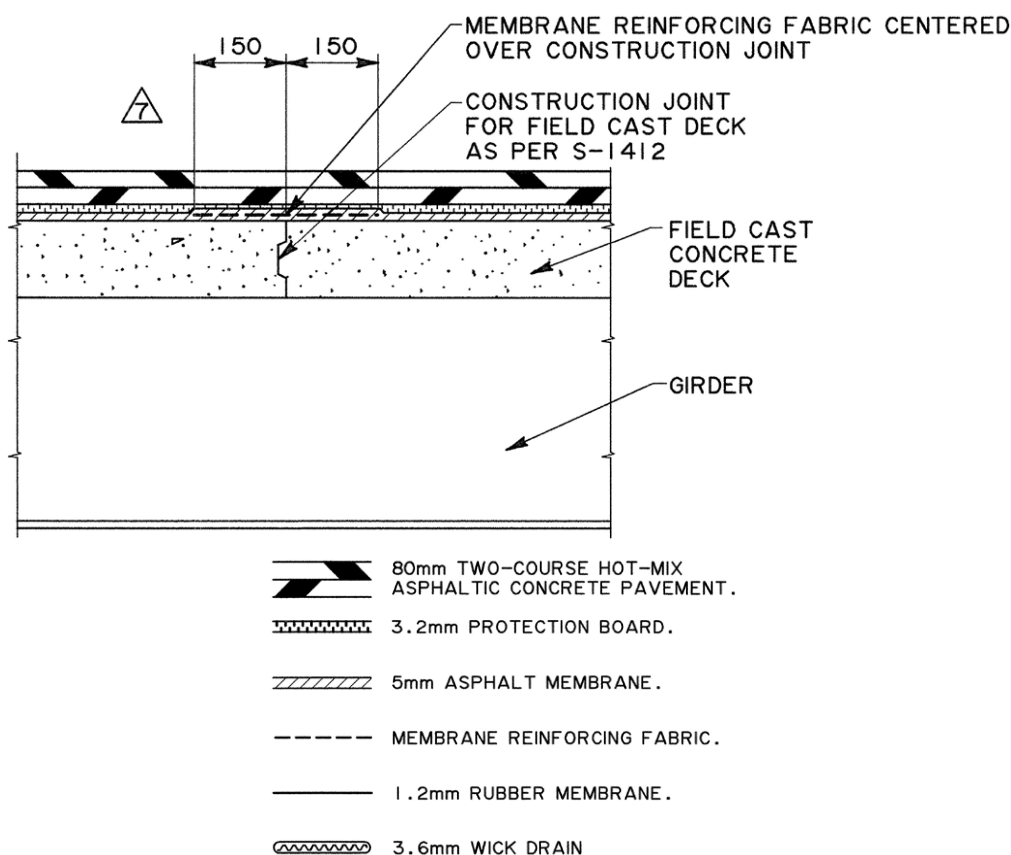
Foi verificado neste estudo que existe uma infinidade de sistemas impermeabilizantes e revestimentos multicamadas utilizados para aplicação nos tabuleiros das superestruturas de pontes e viadutos preconizados por diversas entidades do setor, especificamente, nos Estados Unidos (EUA), Canadá e Alemanha, como mencionado a seguir. Sendo que, de forma geral, nesses países são utilizados sistemas impermeabilizantes formados por mantas pré-fabricadas (podendo ser de asfalto polimérico, asfalto modificado, betume elastomerizado, betume modificado, elastômeros, plastômeros; conforme o tipo podendo ou não conter tecido estruturante) ou formados por membranas moldadas no local (podendo ser de asfalto polimérico, asfalto modificado, polímeros bicomponentes, poliuretano, poliureia, metil-metacrilato, borracha polimerizada, betume elastomerizado; conforme o tipo podendo ou não conter tecido estruturante), seguidos de sobreposição por camada de proteção mecânica sobre a impermeabilização e, por fim, as camadas do pavimento de rolamento (em concreto asfáltico CBUQ ou concreto armado) (NCHRP Synthesis 425, 2012).

A Figura 1 a seguir mostra opção de detalhe descrito no documento americano NCHRP Synthesis 425 (2012) para as camadas de impermeabilização e revestimento sobre tabuleiros de superestruturas de pontes. No caso, a estratificação sequencial das camadas contendo de baixo para cima: tabuleiro em concreto, imprimação, impermeabilização com manta pré-fabricada, proteção mecânica, pintura de ligação e concreto asfáltico (CBUQ – concreto betuminoso usinado a quente). Como opção à impermeabilização com manta pré-fabricada pode-se utilizar membranas moldadas no local como já mencionado.



**Figura 1 – Opção de detalhe descrito em NCHRP Synthesis 425 (2012) para as camadas de impermeabilização e revestimento sobre tabuleiros de superestruturas de pontes.**

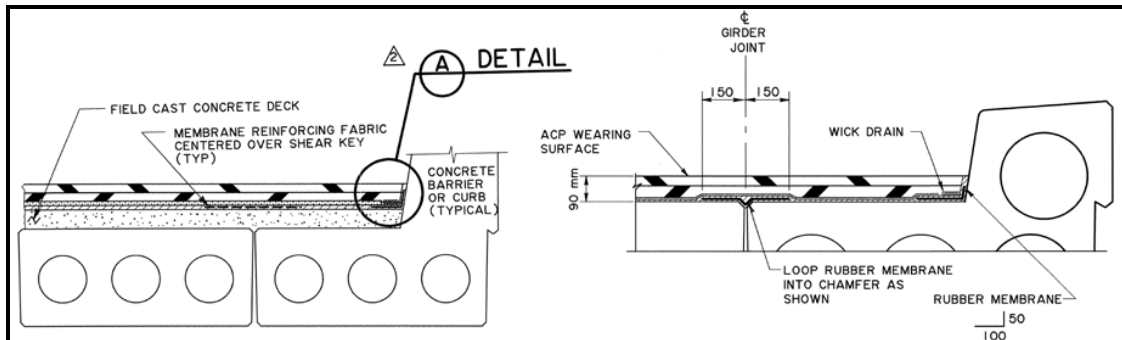
Sendo que, a Figura 2 a seguir mostra opção de detalhe descrito no documento canadense OPSS 914 (2014) apud NCHRP Synthesis 425 (2012) para as camadas de impermeabilização e revestimento sobre tabuleiros de superestruturas de pontes. No caso, a estratificação sequencial das camadas contendo de baixo para cima: viga de apoio, tabuleiro em concreto moldado no local contendo junta de construção, imprimação, impermeabilização com membrana moldada no local formada por asfalto polimérico aplicado a quente, proteção mecânica, tecido estruturante entremeadado na membrana sobre a junta de construção, pintura de ligação e concreto asfáltico (CBUQ – concreto betuminoso usinado a quente, duas camadas, espessura de 80 mm).



**Figura 2 – Detalhe descrito em OPSS 914 (2014) apud NCHRP Synthesis 425 (2012) para as camadas de impermeabilização e revestimento sobre tabuleiros de superestruturas de pontes.**

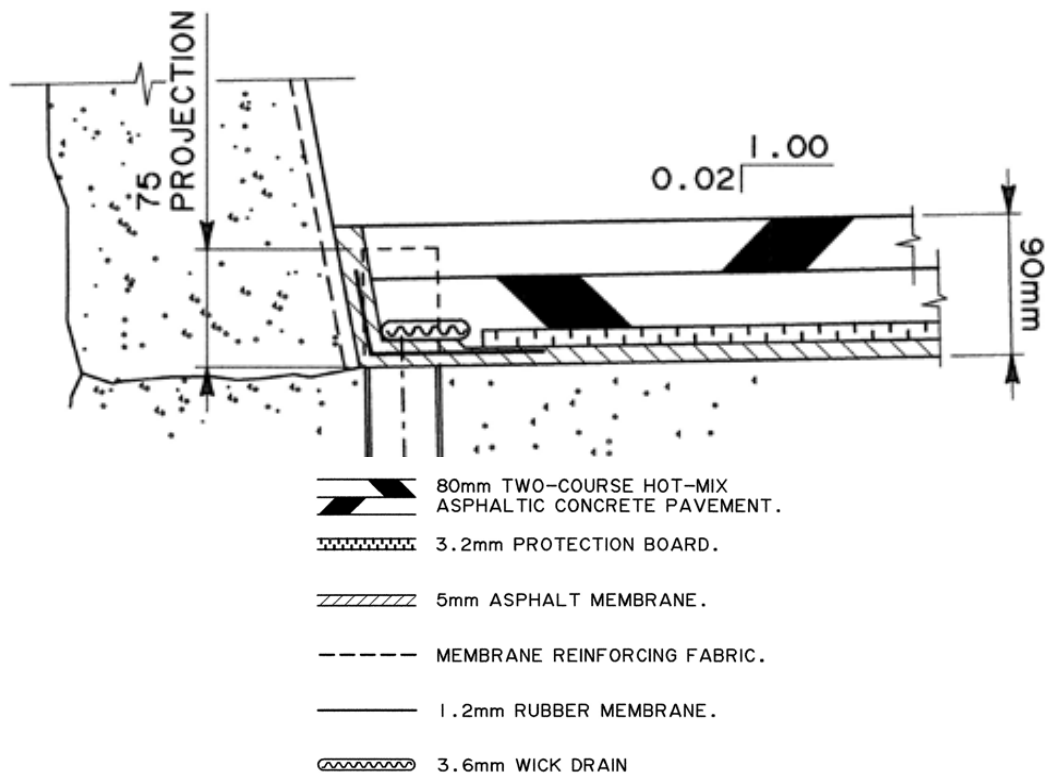
A Figura 3 a seguir mostra outros detalhes descritos no documento canadense OPSS 914 (2014) apud NCHRP Synthesis 425 (2012) para a impermeabilização e revestimento sobre tabuleiros de superestruturas de pontes. No caso, o desenho à esquerda mostra um tabuleiro formado por peças pré-moldadas em concreto contendo camada regularização em concreto sobreposta, sendo mostrada junta formada entre as ditas peças e, ainda, a instalação do tecido estruturante como reforço da membrana

impermeabilizante na direção sobre a junta. Também, na figura à esquerda encontra-se o detalhe A, relativo ao sistema de drenagem de canto formado por geotextil drenante como mostrado na Figura 4 seguinte. Já o desenho à direita mostra o mesmo detalhe de tabuleiro formado por peças pré-moldadas, entretanto, sem camada de regularização sobreposta e mostrando o tratamento na junta entre as peças pré-moldadas com uso de manta pré-moldada de borracha (elastomérica).



**Figura 3 – Detalhes descritos em OPSS 914 (2014) apud NCHRP Synthesis 425 (2012) para a impermeabilização e revestimento sobre tabuleiros de superestruturas de pontes, em especial, para tratamento de juntas entre peças pré-moldadas.**

A Figura 4 a seguir mostra mais um detalhe mencionado no documento canadense OPSS 914 (2014) apud NCHRP Synthesis 425 (2012) para a impermeabilização de tabuleiro de ponte. No caso, relativo ao sistema de drenagem de canto formado por geotextil drenante e tubo coletor de AP.

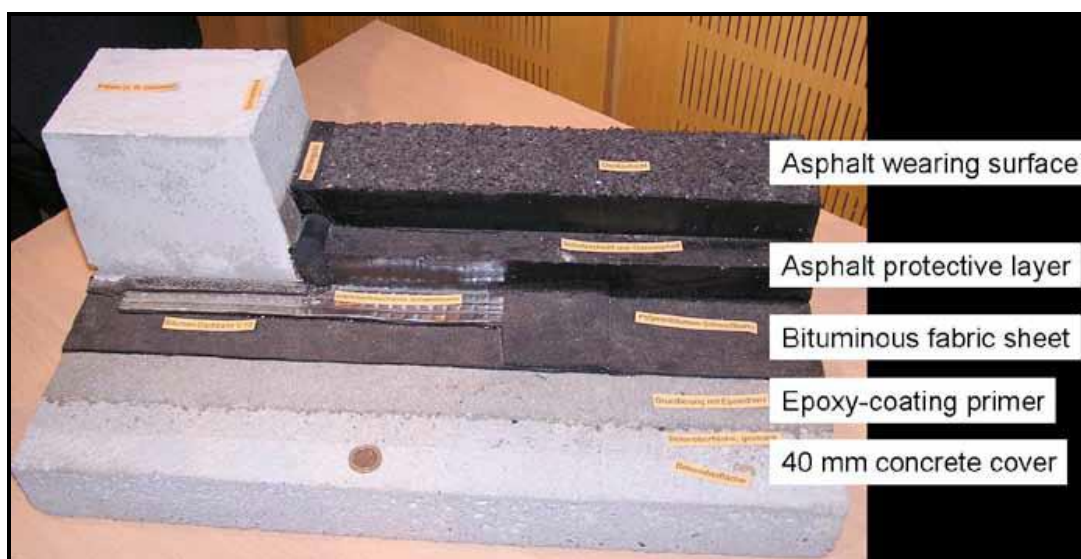


**Figura 4 – Detalhe descrito em OPSS 914 (2014) apud NCHRP Synthesis 425 (2012) para as camadas de impermeabilização e revestimento sobre tabuleiros de superestruturas de pontes, em particular, relativo ao sistema de drenagem de canto formado por geotextil drenante e tubo coletor de AP.**

A Foto 2 a seguir mostra um detalhe utilizado na Alemanha para a impermeabilização e revestimento de tabuleiros de pontes como descrito em RALLS (2005) apud NCHRP Synthesis 425 (2012). No caso, a estratificação das camadas de baixo para cima, como a seguir: cobertura em concreto sobre



armaduras (esp. = 40 mm), imprimação a base de epóxi, manta pré-fabricada betuminosa estruturada com tecido e soldada ao substrato com calor e sob pressão (esp. = 4,5 mm a 8 mm), proteção mecânica em concreto asfáltico CBUQ (esp. = 35 mm a 40 mm), camada de rolamento em concreto asfáltico CBUQ (esp. = 35 mm a 40 mm).



**Foto 2 – Detalhe utilizado na Alemanha para a impermeabilização e revestimento de tabuleiros de pontes como descrito em RALLS (2005) apud NCHRP Synthesis 425 (2012).**

A Foto 3 a seguir extraída de NCHRP Synthesis 425 (2012) mostra a instalação da impermeabilização sobre o tabuleiro da superestrutura de ponte. No caso, visualiza-se a imprimação com rolo sobre o substrato preparado, junta de dilatação transversal tratada e verificação de faixa de manta asfáltica pré-fabricada já colada junto ao guarda-rodas.



**Foto 3 – Instalação da impermeabilização sobre o tabuleiro da superestrutura de ponte (NCHRP Synthesis 425, 2012).**

A Foto 4 a seguir extraída de NCHRP Synthesis 425 (2012) mostra a colagem de faixa da manta asfáltica pré-fabricada sobre a superfície previamente imprimada do tabuleiro da superestrutura de ponte, com utilização de maçarico a gás.



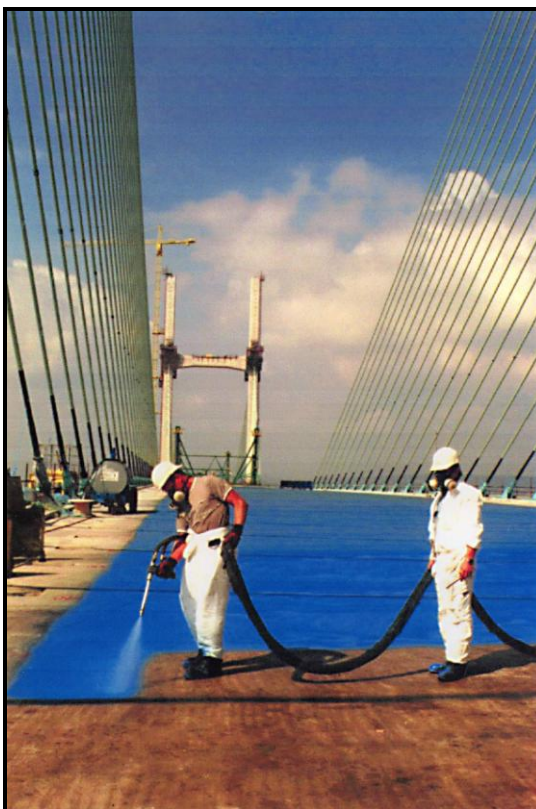
**Foto 4 – Colagem de faixa da manta asfáltica pré-fabricada sobre a superfície imprimada com utilização de maçarico a gás (NCHRP Synthesis 425, 2012).**

A Foto 5 a seguir extraída de NCHRP Synthesis 425 (2012) mostra o tabuleiro da superestrutura de ponte impermeabilizado com manta asfáltica pré-fabricada.



**Foto 5 – Tabuleiro da superestrutura de ponte impermeabilizado com manta asfáltica pré-fabricada (NCHRP Synthesis 425, 2012).**

A Foto 6 a seguir extraída de BDWA (2015) mostra o tabuleiro da superestrutura de ponte durante a aplicação de camada de impermeabilização a base de membrana de polímero moldada no local sobre substrato previamente imprimado, incluindo utilização de equipamento “spray”.



**Foto 6 – Tabuleiro de ponte durante impermeabilização por membrana de polímero moldada no local, com aplicação de camada via “spray” (BDWA, 2015).**

A Foto 7 a seguir extraída de SIKA N° 38.12 (2012) mostra o tabuleiro da superestrutura de ponte durante a aplicação da segunda camada de impermeabilização a base de membrana de poliureia moldada no local, incluindo utilização de equipamento “spray”.



**Foto 7 – Membrana de poliureia aplicada com “spray” sobre tabuleiro de ponte (SIKA N° 38.12, 2012).**

### **9.1.1 Procedimentos para a impermeabilização da superestrutura de pontes e viadutos**

Assim sendo, a partir de pesquisa bibliográfica, em especial nas referências ASTM D 6153 (2015), BDWA (2015), GRANATO (2001), NCHRP SYNTHESIS 425 (2012), OPSS 914 (2014), RALLS et al. (2005), SOTECNISOL DTA 07 (2012) e UKDOT BD47 (1999), foram reunidos os procedimentos sequenciais de aplicação considerados os mais criteriosos e segundo as tecnologias mais atuais do estado da técnica para impermeabilização dos tabuleiros referentes às superestruturas de pontes e viadutos, conforme elencados nos itens a seguir, visando elucidar os profissionais da engenharia de impermeabilização e, ainda, com objetivo de nortear a criação de norma brasileira para impermeabilização de pontes e viadutos.

#### **a) Preparação das superfícies**

**a.1) Caso tabuleiros em concreto:** jateamento de areia, limpeza superficial, tratamento do concreto conforme o caso, regularização com argamassa (espessura mínima 3 cm, com inclinação aos coletores, juntas de dissolidarização perimetrais e juntas transversais convenientemente posicionadas) ou regularização com concreto (espessura mínima 4 cm, com inclinação aos coletores) ou regularização no próprio concreto (com inclinação aos coletores), sendo o acabamento superficial sarrafeado e desempenado da camada de regularização, tratamento das fissuras com selantes e faixas de membrana moldada no local entremeada com tecido estruturante (em detalhe típico) ou com faixas de manta asfáltica pré-fabricada, tratamento de juntas estruturais com faixas duplas de manta asfáltica pré-fabricada entremeadas com cordão espuma compressível (em detalhe típico), tratamento de demais juntas (de dissolidarização perimetrais e juntas transversais) com faixas simples de manta asfáltica pré-fabricada sobrepostas sendo as ditas juntas previamente preenchidas com limitador de profundidade e selantes (em detalhe típico), aplicação de imprimação compatível com a impermeabilização a utilizar.

**a.2) Caso tabuleiros metálicos:** regularização no próprio painel metálico (com inclinação aos coletores), jateamento de areia, limpeza superficial, tratamento de juntas estruturais com faixas duplas de manta asfáltica pré-fabricada entremeadas com cordão espuma compressível/selante (típico), aplicação de imprimação compatível com a impermeabilização a utilizar.

#### **b) Impermeabilização**

**b.1) Impermeabilização com mantas asfálticas polimerizadas, estruturadas e pré-fabricadas:** aplicação da manta sobre a imprimação, dita manta em asfalto polimérico, espessura da manta 5 mm, manta estruturada com véu não-tecido de poliéster + estrutura de fibra de vidro (em situações específicas, pode-se sobrepor à primeira manta uma segunda manta adicional, espessura de 3 mm e estruturada com de fibra de vidro), a manta única ou a segunda manta sobreposta preferencialmente com acabamento superficial superior em não-tecido de poliéster para melhor aderência às camadas sobrepostas, sobre juntas estruturais efetuar detalhe típico do sistema impermeabilizante, reforçar a impermeabilização com camada/faixa adicional de reforço além do transpasse/emendas nos cantos junto aos guarda-rodas, sobre a impermeabilização nos extremos longitudinais junto aos guarda-rodas e junto aos coletores de AP de cotas inferiores providenciar instalação de faixas estreitas longitudinais ou pequenos painéis de geotecido composto drenante espessura 3 mm; sendo a proteção mecânica como a seguir: aplicação de pintura de ligação, aplicação de camada de proteção/amortecimento/transição em argamassa asfáltica a frio na espessura de 30 mm sendo a granulometria máxima de 4 mm para o agregado, aplicação de nova pintura de ligação, aplicação de primeira camada de concreto asfáltico (CBUQ) na espessura de 40 mm, aplicação de outra pintura de ligação, aplicação de segunda camada de concreto asfáltico (CBUQ) na espessura de 40 mm, acabamento superficial sobre o CBUQ com lama asfáltica ou microrrevestimento asfáltico com carga de borracha moída.

**b.2) Impermeabilização com membranas líquidas moldadas no local:** aplicação da primeira camada do produto formador da membrana sobre a imprimação, se a membrana for estruturada deitar o tecido estruturante sobre a primeira camada do produto, aplicar a segunda camada do produto, espessura total da membrana pronta 5 mm, sobre a segunda camada do produto molhado aspergir areia de granulometria fina ( $0,42 \text{ mm} > \text{Ø} > 0,074 \text{ mm}$ ), sobre juntas estruturais efetuar detalhe típico do sistema impermeabilizante, reforçar a membrana com camada/faixa adicional de reforço além do transpasse/emendas nos cantos junto aos guarda-rodas, sobre a impermeabilização nos extremos longitudinais junto aos guarda-rodas e junto aos coletores de AP de cotas inferiores instalação de faixas estreitas longitudinais ou pequenos painéis de geotecido composto drenante espessura 3 mm; sendo a proteção mecânica como a seguir: aplicação de pintura de ligação, aplicação de camada de proteção/amortecimento/transição em argamassa asfáltica a frio na espessura de 30 mm sendo a granulometria máxima de 4 mm para o agregado, aplicação de nova pintura de ligação, aplicação de primeira camada de concreto asfáltico (CBUQ) na espessura de 40 mm, aplicação de outra pintura de ligação, aplicação de segunda camada de concreto asfáltico (CBUQ) na espessura de 40 mm, acabamento superficial sobre o CBUQ com lama asfáltica ou microrrevestimento asfáltico com carga de borracha moída.

### **c) Observações a respeito do item 9.1.1 “Impermeabilização da superestrutura”**

- O caimento mínimo das camadas de regularização e de rolamento aos coletores de AP é de 2 %;
- Todas as camadas dos sistemas impermeabilizantes/rolamento de pontes e viadutos propostos devem ser aderidas umas às outras;
- Camadas não aderidas ou camadas aeradas não são permitidas nos sistemas impermeabilizantes de pontes e viadutos propostos. Apenas são permitidas as faixas estreitas de geotêxtil de drenagem junto aos grada-rodas e pequenos painéis de geotêxtil de drenagem junto aos coletores de AP;
- Para tabuleiros com inclinações maiores de 12% devem ser previstos projetos específicos;
- No caso de camada de rolamento ser projetada em pavimento de concreto (armado e/ou com armadura de ligação) aplicá-lo sobre a camada de proteção/amortecimento/transição em argamassa asfáltica a frio na espessura de 30 mm, incluindo substituição da pintura de ligação por pasta de cimento aditivada com adesivo apropriado.

## **9.2 Impermeabilização da mesoestrutura de pontes e viadutos**

Os pilares e faces externas das superestruturas em concreto externamente (fundo e laterais, excluindo o tabuleiro) devem receber pinturas e/ou vernizes a base de epóxi ou poliuretano após tratamento e preparação de superfícies. Sobre os blocos de coroamento (bloco de transição de carga estacas/pilares) e pilares, aplicar camada colmatadora e regularizadora de pequena espessura, composta de cimentos modificados com polímeros, seguida de aplicação de pintura impermeável à base de poliuretano. Os blocos de coroamento, parcialmente expostos a zonas de variações de marés e a intenso respingos (“splash”) devem receber aplicação de camada de colmatação e regularização composta de polímeros modificados com cimentos. Em seguida, impermeabilização com membranas formadas por materiais que sejam capazes de ser aplicadas igualmente fora d’água ou submersos, próximo à superfícies marinha, como produtos a base de polímeros plastoméricos flexibilizados.

## **9.3 Impermeabilização da infraestrutura de pontes e viadutos**

Sobre as superfícies de sapatas, aplicar o mesmo procedimento dos blocos de coroamento, descrito no item 9.2, anterior. No caso de estacas e tubulões metálicos ou de concreto, quando submersos, sob lâmina d’água, as suas superfícies podem receber aplicação de sistema impermeabilizante à base de produto inibidor de corrosão e promotor de estanqueidade ao longo do fuste da fundação, procedendo ao aprofundamento da aplicação o máximo possível no terreno ou fundo.

## 9.4 Outros sistemas de proteção

Outros sistemas de proteção das estruturas de pontes e viadutos, além das impermeabilizações podem ser aplicados, como a realcalinização, dessalinização e instalação de proteção catódica. A realcalinização e dessalinização são métodos eletroquímicos e não destrutivos, os quais detêm a corrosão e reconstituem a passivação das armaduras, restaurando o desempenho ao longo da vida útil das estruturas. A proteção catódica tem como princípio a instalação de anodos de sacrifício, constituídos por metais menos nobres do que o aço (ex.: zinco) para sofrerem degradação por corrosão galvânica em detrimento do aço (que funciona como catodo, sem sofrer degradação por corrosão).

## 10 CONCLUSÕES

Este trabalho abordou os agentes agressivos e os seus mecanismos de deterioração sobre as estruturas de pontes e viadutos.

Em adicional o trabalho fez menção a procedimentos para vistorias e inspeções nas estruturas de pontes e viadutos e, ademais, citou a existência de norma brasileira específica para vistorias de pontes e viadutos de concreto, precisamente, a ABNT NBR 9452 (2012).

Apesar disso, as pontes e viadutos novos ou pré-existentes em nosso país encontram-se à mercê dos agentes agressivos e os seus mecanismos de deterioração, pois não são realizadas as suas proteções por meio da aplicação de sistemas adequados de impermeabilização. Quando muito, são aplicados tratamentos de cristalizações superficiais e/ou profundas nos tabuleiros das superestruturas das pontes e viadutos, assim como tratamentos de superfícies em verniz ou pinturas nas faces visíveis da superestrutura e mesoestrutura, tratamentos estes que não são suficientes para garantir a completa proteção destas estruturas especiais.

Pior ainda, não há até então norma brasileira específica relacionada à impermeabilização de pontes e viadutos, apesar da norma ABNT NBR 6118 (2014) preconizar a necessidade de proteção das estruturas de concreto. Tal situação constitui-se em atraso tecnológico, expõe as populações a riscos por possíveis sinistros nas estruturas e cria custos elevados para as cidades, estados e ao país devido a recorrente necessidade para reabilitação das citadas estruturas.

Em contrapartida, foi constatado neste trabalho que outros países como EUA, Canadá, Reino Unido e Alemanha há muito tempo perceberam a necessidade das pontes e viadutos serem protegidas por sistemas de impermeabilização, principalmente, nos seus tabuleiros referentes às superestruturas. Sendo que, nos citados países os principais sistemas de impermeabilização adotados, de forma geral, são baseados em mantas asfálticas estruturadas pré-fabricadas e em membranas poliméricas moldadas no local. Além do que, tais países possuem normas e diretrizes que caracterizam os materiais, sistemas, detalhes, ensaios, fiscalização e demais procedimentos para as impermeabilizações dos tabuleiros de pontes.

Em adicional, baseado nas observações de referências bibliográficas compulsadas para a elaboração deste trabalho, foi possível apresentar diretrizes gerais para a impermeabilização do tabuleiro ref. à superestrutura de pontes e viadutos, formados por arcabouço em concreto ou por arcabouço metálico, incluindo indicações de procedimentos sequenciais da estratificação de camadas e descrição das mesmas, relacionadas às preparações, sistemas de impermeabilização, drenagem, proteção mecânica, pavimento de rolamento e interfaces entre camadas. Ainda, foram apresentadas diretrizes gerais para a impermeabilização da mesoestrutura e infraestrutura de pontes e viadutos.

Assim sendo, urge a mobilização do setor de impermeabilização do Brasil, incluindo fabricantes, revendedores, projetistas, aplicadores, profissionais do setor em geral, além de entidades como o Instituto Brasileiro de Impermeabilização (IBI), Associação de Empresas de Impermeabilização do Rio de Janeiro (AEI), Comitê de Impermeabilização (CB – 22) da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), Conselhos Regionais de Engenharia e Agronomia (CREAs), Conselhos de Arquitetura e Urbanismo (CAUs) etc. visando ampla discussão, seguido de imediata criação da norma brasileira de procedimentos para impermeabilização de pontes e viadutos e, ao mesmo tempo, exigirem como mandatária a impermeabilização de todas as pontes e viadutos do Brasil.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT NBR 6118. Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. 2014. 238 p.
- ABNT NBR 9452. Vistorias de pontes e viadutos de concreto – Procedimento. 2012. 11 p.
- ANDREY, D. – Maintenance des ouvrages D’Art: Méthodologie de Surveillance. Tese de Doutorado, École Polytechnique Fédérale de Lausane, 1987.
- ASTM D 6153 – 15. Standard Specification for Materials for Bridge Deck Waterproofing Membrane Systems. American Society for testing and materials. 2015. 2 p.
- BDWA. Bridge Deck Waterproofing. 2015. <http://www.bridgedeckwaterproofing.org.uk/CPS.pdf>
- GRANATO. Pontes e viadutos – Impermeabilização e proteção das estruturas. VIAPOL. 2001. 9 p.
- JORDY, J.C. – Desempenho e avaliação dos serviços de impermeabilização aplicados em edificações. Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal Fluminense - UFF. “Dissertação de Mestrado”. Niterói. 2002. 488 p.
- JORDY, J.C. Avaliação do desempenho dos revestimentos protetores para estruturas de estações de tratamento de esgoto. Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal Fluminense – UFF. “Tese de Doutorado”. Niterói. 2009. 370 p.
- KLEIN, D. L. – Critérios adotados na vistoria e avaliação de obras de arte, XXV Jornadas Sul-Americanas de Engenharia Estrutural, Porto Alegre, 1991.
- MARQUES, S.F. – Metodologia de avaliação de capacidade portante de estruturas. Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal Fluminense – UFF. “Dissertação de Mestrado”. Niterói. 1995. 177 p.
- NCHRP SYNTHESIS 425. Waterproofing Membranes for Concrete Bridge Decks. 2012. 67 p.
- OPSS 914. Construction Specifications for Waterproofing Bridge Decks with Hot Applied Asphalt Membranes. Ontario provincial standard specification. 2014. 16 p.
- RALLS, M.L., et al. – Prefabricated Bridge Elements and Systems in Japan and Europe, FHWA, U.S. Department of Transportation, Report No. FHWA-PL-05-003, Mar. 2005, 64 p.
- SIKA N°38.12. Bridge Deck Waterproofing on Sydney Harbour Bridge, Australia. September. 2012. [file:///C:/Users/Jo%C3%A3o/Downloads/saw\\_Sydney%20Harbour%20Bridge\\_Australia\\_web%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Jo%C3%A3o/Downloads/saw_Sydney%20Harbour%20Bridge_Australia_web%20(1).pdf).
- SOTECNISOL DTA 07. Impermeabilização de tabuleiros de pontes e viadutos. Fev 2012. 4 p. <http://www.sotecnisol.pt/coberturas-e-fachadas/sistemas/impermeabilizacoes/telas-betuminosas/tabuleiros-de-pontes-e-viadutos/sem-isolamento-termico/betao-armado/betao-armado-sem-isolamento-termico/>
- UKDOT BD47/99. Waterproofing and Surfacing of Concrete Bridge Decks”. United Kingdom Department for Transport. 1999. 39 p.
- WEISSMAM, J; HARRISON, R; Burns, N. I.; HUDSON, W. R. – A bridge management system module for ranking of rehabilitation and replacement projects, Research report n.º 439F. Center for transportation research. Texas University of Texas at Austin. 1990.