REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 13/03/2026
Vol: 13.03
DOI: 10.66104/n5e5n877
Pages: 1-28

PROCESSOS DE IMPERMEABILIZAÇÃO DE PONTES EM CONCRETO ARMADO

WATERPROOFING PROCESSES FOR REINFORCED CONCRETE BRIDGES

PROCESOS DE IMPERMEABILIZACIÓN DE PUENTES DE HORMIGÓN ARMADO

Luiz Carlos Mendes
Doutor em Engenharia Civil, Universidade Federal Fluminense, Brasil
E-mail: lcarlos@predialnet.com.br

Resumo

Os processos de impermeabilização devem ser extensivos a todos os tipos de construções como as edificações urbanas, as pontes e os viadutos. Entretanto, eles não garantem a durabilidade se não houver os procedimentos contínuos de inspeção e manutenção. As pontes, em particular, devem receber aplicações de impermeabilização durante suas construções, manutenções ou recuperações. As impermeabilizações nestas estruturas não são reservadas apenas para aquelas dos países de clima frio, onde se efetua o degelo com uso de sais, grandes indutores de patologias no concreto. Elas são aplicadas também nos países de clima quente. No Brasil, como em qualquer parte do mundo, ocorre a susceptibilidade das estruturas de pontes ou viadutos sofrerem incidências de percolação de água através de suas estruturas, principalmente nas lajes de tabuleiros, juntas de dilatação e fissuras expostas. Tal anomalia já justifica a impermeabilização, visando a proteção contra outras anomalias no concreto e nas armaduras. Assim, promove-se uma maior durabilidade estrutural, com o objetivo de se obter menores custos sociais relacionados com as obras de recuperação estrutural. O artigo tem como objetivo abordar os processos de impermeabilização como procedimentos necessários a serem aplicados em pontes e viadutos, para os casos de estruturas novas ou estruturas recuperadas, possibilitando a garantia da durabilidade com economia de recursos.

Palavras-chave: processos de impermeabilização; pontes; recuperação estrutural; patologias estruturais; fissuras.

Abstract

Waterproofing processes should be applied to all types of constructions, such as urban buildings, bridges, and viaducts. However, they do not guarantee durability without continuous inspection and maintenance procedures. Bridges, in particular, should receive waterproofing applications during their construction, maintenance, or repairs. Waterproofing in these structures is not reserved only for those in cold climate countries, where de-icing is done using salts, which are major inducers of pathologies in concrete. It is also applied in hot climate countries. In Brazil, as in any part of the world, bridge or viaduct structures are susceptible to water percolation, mainly in deck slabs, expansion joints, and exposed cracks. This anomaly alone justifies waterproofing, aiming at protection against other anomalies in the concrete and reinforcement. Thus, greater structural durability is promoted, with the aim of achieving lower social costs related to structural rehabilitation works. This article aims to address waterproofing processes as necessary procedures to be applied

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 13/03/2026
Vol: 13.03
DOI: 10.66104/n5e5n877
Pages: 1-28

to bridges and viaducts, both for new and rehabilitated structures, ensuring durability while saving resources.

Keywords: Waterproofing processes; bridges; structural repair; structural pathologies; cracks.

Resumen

Los procesos de impermeabilización deben aplicarse a todo tipo de construcciones, como edificios urbanos, puentes y viaductos. Sin embargo, no garantizan la durabilidad sin procedimientos continuos de inspección y mantenimiento. Los puentes, en particular, deben recibir impermeabilización durante su construcción, mantenimiento o reparación. La impermeabilización en estas estructuras no se limita a países de clima frío, donde el deshielo se realiza con sales, importantes inductoras de patologías en el hormigón. También se aplica en países de clima cálido. En Brasil, como en cualquier parte del mundo, las estructuras de puentes y viaductos son susceptibles a la percolación de agua, principalmente en losas de tablero, juntas de dilatación y fisuras expuestas. Esta anomalía justifica la impermeabilización, con el objetivo de proteger contra otras anomalías en el hormigón y las armaduras. De esta forma, se promueve una mayor durabilidad estructural, con el objetivo de lograr menores costos sociales relacionados con las obras de rehabilitación estructural. Este artículo pretende abordar los procesos de impermeabilización como procedimientos necesarios para su aplicación en puentes y viaductos, tanto en estructuras nuevas como rehabilitadas, garantizando la durabilidad y ahorrando recursos.

Palabras clave: Procesos de impermeabilización; puentes; reparación estructural; patologías estructurales; grietas.

1. Introdução

As pavimentações em concreto asfáltico 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 projeto de impermeabilização, aliado à tecnologia de materiais impermeabilizantes e aplicação nas estruturas por empresas especializadas. O artigo tem por objetivo mostrar que são inúmeros os casos de estruturas de pontes ou de viadutos em cidades e na malha viária do Brasil que se encontram expostas às intempéries, em processos de deterioração, sem proteção impermeabilizante, muitas vezes com precariedade nas ações de manutenção. Torna-se importante aos engenheiros e gestores de estruturas enfocarem não só os efeitos das anomalias no concreto, mas, também, igualmente combaterem os agentes causadores de deteriorações, por meio de procedimentos adequados de impermeabilização.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 13/03/2026
Vol: 13.03
DOI: 10.66104/n5e5n877
Pages: 1-28

2. Revisão da literatura

Muitas normas americanas tem dado importância aos sistemas protetivos do concreto tanto na fase de construção quanto no aspecto da durabilidade.

O ACI. 515 trata do uso de sistemas de impermeabilização empregados ao concreto. Os ASTM C1471, ASTM C836, ASTM C957 e ASTM D5295 já especificam o uso de membranas elastoméricas nos processos de impermeabilização do concreto.

CARNEIRO (2005) fez um estudo sistemático da metodologia para inspeção de pontes e viadutos em estrutura metálica. Envolveu inspeções de tabuleiros, juntas de dilatação, aparelhos de apoio, vigas principais, pilares e tubulões de pontes metálicas brasileiras.

JORDY (2002) fez um estudo sobre o desempenho e avaliação dos serviços de impermeabilização aplicados em edificações. É uma análise voltada para lajes de edifícios, mas com muita descrição técnica dos materiais empregados nos serviços de impermeabilização.

LOURENÇO (2002), fez uma ampla análise de patologias em estruturas de pontes metálicas, de concreto armado e protendido em ecossistemas fechados, enfocando as patologias estruturais e os processos de deterioração das pontes.

3. Metodologia

A pesquisa foi desenvolvida na abordagem dos levantamentos das anomalias em pontes e viadutos e os agentes agressivos que mais aparecem no processo de envelhecimento estrutural.

Constituem a metodologia do artigo as descrições dos casos de estruturas metálicas e em concreto armado, referentes a pontes e viadutos, observadas por inspeções expeditas (de simples reconhecimento visual), as quais deveriam ter recebido intervenções de impermeabilização nas fases iniciais de construção ou recuperação.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 13/03/2026
Vol: 13.03
DOI: 10.66104/n5e5n877
Pages: 1-28

O objetivo da análise é dar um enfoque maior aos procedimentos das engenharias de projeto, construtivos e de manutenção, nas esferas públicas e privadas, para ressaltar a importância da necessidade da realização dos serviços de impermeabilizações nas chamadas obras de arte, além das intervenções de recuperação que possam sofrer de tempos em tempos.

Constituem também na metodologia os enfoques técnicos dos processos de impermeabilização das partes constituintes da estrutura de uma ponte levando-se em consideração as patologias encontradas.

4. Inspeção expedita da ponte sobre o rio Muriaé e ponte sobre a represa de Peti

Há alguns anos foi procedida a vistoria em uma ponte sobre o rio Muriaé, na localidade de Laje do Muriaé, noroeste do estado do Rio de Janeiro, Brasil, com o objetivo da liberação para o tráfego de veículos. Houve muitas chuvas e enchentes, 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 e 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 foram evidenciadas infiltrações 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, conforme ilustrados na Figura 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

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 13/03/2026
Vol: 13.03
DOI: 10.66104/n5e5n877
Pages: 1-28

apurada dos processos físicos de deterioração para que, em seguida, fossem propostos programas para reabilitação da estrutura.

Figura 1 - Infiltrações e anomalias como de lixiviação e eflorescências carbonáticas no concreto, com exposição das armaduras à corrosão, na ponte sobre o rio Muriaé, Rio de Janeiro, Brasil.



Fonte: O autor.

As vistorias para inspeções em pontes e viadutos de concreto são regidas pela norma brasileira NBR 9452 (2023) – Inspeção de pontes, viadutos e passarelas, a qual fixa as condições e parâmetros exigíveis nas inspeções e realização destes serviços técnicos.

Os objetivos das vistorias para inspeções em pontes e viadutos se constituem no próprio levantamento das anomalias, nas avaliações das situações observadas, nos diagnósticos conclusivos e nas indicações de providências necessárias.

Entre as possíveis providências, podem ser citadas a 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).

A Figura 2 mostra o estado de um conjunto viga-laje de ponte em concreto armado sobre a represa do Peti, Minas Gerais, no Brasil, com falhas no sistema de impermeabilização.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 13/03/2026
Vol: 13.03
DOI: 10.66104/n5e5n877
Pages: 1-28

Figura 2 - Ponte sobre a represa do Peti, Brasil.



Fonte: O autor.

A Figura 3 mostra os empoçamentos no topo do pilar na região do aparelho de apoio da mesma ponte sobre a represa do Peti, no km 12. Tais empoçamentos ocorrem por falhas no detalhamento do projeto da infraestrutura, que não levou em conta o acúmulo de águas pluviais.

Tais falhas de projeto deveriam ser corrigidas ainda na fase de execução da obra, para que se evitasse o surgimento de novas patologias estruturais.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 13/03/2026
Vol: 13.03
DOI: 10.66104/n5e5n877
Pages: 1-28

Figura 3 - Ponte sobre a represa do Peti, Minas Gerais, Brasil.



Fonte: O autor.

5. Inspeção expedita do viaduto do Joá

O elevado do Joá compõe uma série de importantes obras de arte do sistema viário da cidade do Rio de Janeiro, sendo um viaduto de função estratégica de ligação entre a zona sul aos bairros da Barra da Tijuca, Recreio dos Bandeirantes e Jacarepaguá, fazendo parte da via expressa Lagoa-Barra, Rio de Janeiro, Brasil.

Pode-se afirmar que o viaduto em seus níveis, superiores e inferiores, constitui um ponto de estrangulamento da via expressa, por não suportar mais o fluxo de veículos em momentos típicos.

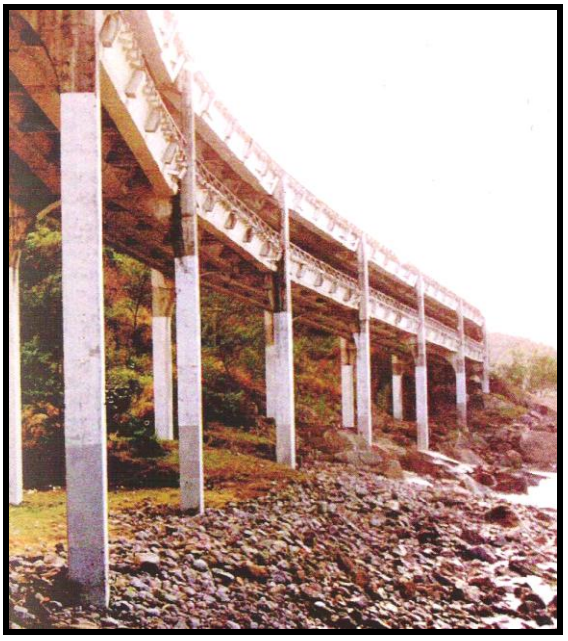
REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 13/03/2026
Vol: 13.03
DOI: 10.66104/n5e5n877
Pages: 1-28

Em frequentes casos de sua obstrução, o trânsito transforma-se em verdadeiro caos, elevando o carregamento móvel sobre os tabuleiros.

O elevado é composto por dois níveis de superestruturas em forma de viadutos, sendo seu frame estrutural em concreto armado, cujos pilares são engastados em rochas localizadas em zonas de respingos e de variação de marés, com exposição a um ambiente muito agressivo. Tal ambiente provoca a ação de desgaste e desagregação química do concreto armado das vigas e dos pilares pela ação da água do mar, conforme ilustrados na Figura 4.

Figura 4 - Elevado do Joá exposto à atmosfera marinha, agressiva.



Fonte: Bernardo (2005).

Trata-se de uma situação, no mínimo, curiosa a recorrência de serviços de recuperação das estruturas dessa obra de arte, de tempos em tempos.

Constata-se que suas estruturas (infraestrutura, mesoestrutura e supertestrutura) desde a construção, na década de 70, vêm recebendo intervenções de recuperação as quais terminam, sem que sejam feitas as obras complementares de impermeabilização, para atenuação das causas das manifestações patológicas.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 13/03/2026
Vol: 13.03
DOI: 10.66104/n5e5n877
Pages: 1-28

Não são implementados serviços especializados de impermeabilização das estruturas, contra as ações da atmosfera marinha, águas salinas agressivas e águas de precipitações ou lavagens.

Como consequência desses procedimentos incompletos de manutenção, os elementos estruturais do elevado do Joá continuam expostos às deteriorações causada por infiltrações de águas e outros agentes agressivos, tendo como efeito principal as manifestações patológicas de diversos tipos como o desgaste, carbonatação, desagregação (por lixiviação ou desplacamento), desagregação química, fissuração e corrosão das armaduras, conforme se ilustra na Figura 5.

Figura 5 - Interface tabuleiro e pilar do elevado do Joá apresentando infiltração pela junta estrutural e anomalias no concreto.



Fonte: Bernardo (2005).

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 13/03/2026
Vol: 13.03
DOI: 10.66104/n5e5n877
Pages: 1-28

6. Agentes agressivos atuantes e ambientais

Entre os agentes agressivos atuantes nas estruturas das pontes e viadutos tem-se os resultantes de ações ambientais ou atmosféricas, as agressões biológicas e aquelas agressões oriundas de vícios construtivos e de má utilização da estrutura.

O concreto, considerando suas microestruturas porosas, é suscetível à permeabilidade e percolação das águas, agentes agressivos sob as formas gasosas ou líquidas. A partir desse acesso, ocorrem as agressões no material. Quanto maior for a porosidade e quanto mais agressiva for a substância penetrante ou percolante, maior será o grau de deterioração do concreto.

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

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 devidas às mudanças de fase sob condições adversas de temperatura e pressão. Isto propicia variações volumétricas que tendem a desagregar e fatigar os materiais agindo na sua microestrutura.

Essas deteriorações são percebidas nos concretos e nos outros materiais de construção, quando expostos a ciclos de molhagem e secagem intensos, e sem tratamentos de impermeabilização adequados.

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 de águas contendo ácidos, reações de águas contendo cloretos, reações de águas contendo sais na forma de sulfatos e a presença de anidrido carbônico (CO_2) (JORDY, 2002).

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 13/03/2026
Vol: 13.03
DOI: 10.66104/n5e5n877
Pages: 1-28

As atmosferas urbanas e industriais possuem elevadas concentrações de dióxido de enxofre (SO_2), anidrido carbônico (CO_2) e ácido sulfídrico (H_2S), 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. Dessa forma eles vem a precipitar-se nas as estruturas de concreto, promovendo, então, ações de deteriorações.

As atmosferas poluídas dos centros industriais ou grandes centros urbanos possibilitam o surgimento de chuvas ácidas com pH entre 3,5 a 5,5.

Em atmosferas da orla marítima, a penetração de cloretos na presença de oxigênio e umidade do ar constituem a condição mais propícia para o surgimento da anomalia da corrosão do aço.

Os cloretos podem penetrar no aço pelo fenômeno da difusão no concreto, mesmo em concreto são e sem fissuras, dissolvidos na água de infiltração ou por difusão na umidade.

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, formam sais altamente expansivos, provocando fissuras no concreto.

Os agentes agressivos biológicos estão relacionados às ações de plantas e raízes impregnadas nas estruturas das pontes e dos viadutos, conforme se ilustra na Figura 6. Desta maneira surge a corrosão microbiológica nas armaduras das peças estruturais que compõem a infraestrutura (LOURENÇO, 2016).

Pode ocorrer de outra forma a ação dos microrganismos de tubulações de esgoto em contato com as peças da estrutura. Neste caso, ocorre a denominada biodeterioração do concreto.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 13/03/2026
Vol: 13.03
DOI: 10.66104/n5e5n877
Pages: 1-28

Figura 6 - Ação de plantas e raízes sobre bloco de coroamento de pilar que compõe a ponte do rio Tocantins, no Pará, Brasil.



Fonte: O autor.

7. Vícios construtivos e agressões por má utilização

No caso de pontes, os chamados 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.

Existem aqueles agentes agressivos que são oriundos da má utilização da estrutura ou da ação promovida por terceiros, influindo nas estruturas das pontes. É o caso de invasões de áreas de tabuleiros, pilares ou da mesoestrutura por favelas, muito comum em centros urbanos.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 13/03/2026
Vol: 13.03
DOI: 10.66104/n5e5n877
Pages: 1-28

Ambos, vícios construtivos e agressões por má utilização, são fatores que podem provocar ou aumentar ainda mais a ação dos agentes ambientais e biológicos.

8. Mecanismo da deterioração por agentes agressivos

Devido à inexistência de proteção por impermeabilizações, as estruturas de pontes 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. São analisadas algumas das substâncias que atuam como agentes agressivos ao concreto e os processos de deterioração que promovem às estruturas das de concreto armado.

8.1 Cloretos

O ataque por cloretos é um dos problemas mais sérios que podem ocorrer nas estruturas de concreto armado e protendido.

Os ânions de cloreto (Cl^-) possuem a capacidade de romper a camada passivadora de óxido que protege as armaduras. Por isso expõe o aço a processos corrosivos, na presença de água e oxigênio formando a 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 $Ca(OH)_2$.

A dissolução do hidróxido de cálcio gera a despassivação do meio alcalino com decréscimo de pH e formação de eflorescências. Os cloretos funcionam como eletrólitos nos processos de corrosão galvânica das barras e cordoalhas de aço na chamada corrosão generalizada.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 13/03/2026
Vol: 13.03
DOI: 10.66104/n5e5n877
Pages: 1-28

8.2 Ácidos

A presença de ácidos na porosidade do concreto propicia a dissolução química de compostos da pasta cimentícia endurecida, na medida em que eles migram através da porosidade do pseudosólido.

Tanto os ácidos inorgânicos quanto os orgânicos atacam o concreto, e sua ação é suficientemente intensa, capaz de desagrega-lo.

8.3 Sais na forma de sulfatos

Quanto aos sais na forma de sulfatos (SO_{4}^{--}) ou outros radicais salinos, no ataque aos 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 $Ca(OH)_2$, como outras substâncias resultantes da hidratação do cimento (NEVILLE, 1997). Exemplos de sais deletérios aos concretos são: o sulfato de magnésio ($MgSO_4$), sulfato de cálcio ($CaSO_4$), o sulfato de sódio (Na_2SO_4), o sulfato de amônia [$(NH_4)_2SO_4$].

8.4 Anidrido carbônico CO_2

O anidrido carbônico (CO_2), abundante na atmosfera, emanado pelos solos e liberado pelo esgoto, está presente nos interstícios de concretos. Ao penetrar nas porosidades e fissuras encontra umidade e água de infiltração retida e, daí, reage formando o ácido carbônico (H_2CO_3).

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 13/03/2026
Vol: 13.03
DOI: 10.66104/n5e5n877
Pages: 1-28

Este último, ataca os compostos da pasta de cimento hidratada, em especial o hidróxido de cálcio $Ca(OH)_2$ (altamente alcalino e passivador na massa de concreto), tendo como produto da reação o carbonato de cálcio $CaCO_3$ e água H_2O.

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%.

9. Anomalias em pontes e viadutos

As anomalias no concreto das estruturas de pontes ou viadutos podem ser denominadas de processos físicos de deterioração ou de manifestações patológicas e até mesmo, de forma genérica, patologias no concreto.

São conhecidos os principais processos físicos de deterioração das estruturas de concreto armado que são a fissuração, a desagregação, a carbonatação, e o desgaste do concreto, que se definem como:

- fissuração - é o processo físico que ocorre devido à oxidação das armaduras por diversos tipos de corrosão, incluindo a destruição da camada passivadora por ataque químico direto por cloretos;
- desagregação com aparecimento de eflorescências, aparece 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 desplacamento;
- carbonatação aparece devido à ação despassivante do anidrido carbônico, que é a perda de aderência do concreto, devido às deficiências na preparação das superfícies ou da corrosão do aço;

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 13/03/2026
Vol: 13.03
DOI: 10.66104/n5e5n877
Pages: 1-28

- desgaste ou erosão do concreto ocorre por abrasão, choques, ação das águas por partículas dispersas ou pelo fenômeno da cavitação onde todos os processos são geralmente acompanhados de infiltrações de água na massa do concreto.

10. Reabilitação das pontes e viadutos

No Brasil, as reabilitações de pontes e viadutos não têm enfocado os tratamentos das causas reais das anomalias e, sim os seus efeitos de aparência.

Assim sendo, em muitos casos, as reabilitações são realizadas apenas pelas intervenções de recuperação do concreto armado, sem a preocupação de promover a impermeabilização dos tabuleiros e dos outros elementos estruturais.

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 cimentícia e com argamassas poliméricas.

Existem também os serviços de tratamento do concreto como injeções de resinas poliméricas (rígidas ou flexíveis), sistemas de cristalização e endurecedores de superfície.

A escolha da metodologia mais adequada depende das condições de deterioração da estrutura, condições de exposição e grandeza da recuperação.

11. Processos de impermeabilização de pontes e viadutos

As impermeabilizações de pontes e viadutos devem ser feitas, respectivamente, na superestrutura, na mesoestrutura e na infraestrutura, de acordo com as suas especificidades.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 13/03/2026
Vol: 13.03
DOI: 10.66104/n5e5n877
Pages: 1-28

11.1. Impermeabilização da superestrutura

Na superestrutura, sobre os tabuleiros, as impermeabilizações podem ser efetuadas com a utilização de mantas asfálticas ou de membranas de polímeros elastoméricos, com sobreposição de proteção mecânica e, por fim, o pavimento de rolamento asfáltico ou de concreto.

Em quaisquer das opções, devem ser precedidas as regularizações do substrato da laje superior com argamassa cimentícia aditivada, contendo juntas perimetrais e transversais estrategicamente posicionadas. O preenchimento das juntas se faz com o asfalto polimérico, de espessuras mínima de 3 cm e máxima de 12 cm, com um caimento mínimo de 1%, direcionados aos ralos de drenagem, que são mostrados na Figura 8.

Figura 8 - Ralos de drenagem compondo o sistema de impermeabilização do tabuleiro da ponte sobre o rio Doce, Brasil.



Fonte: O autor.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 13/03/2026
Vol: 13.03
DOI: 10.66104/n5e5n877
Pages: 1-28

Como material impermeabilizante as mantas asfálticas podem ser de dois tipos: as não incorporadas ao pavimento de rolamento, ou aquelas incorporada ao mesmo.

No primeiro caso, das não incorporadas ao pavimento, após a imprimação asfáltica (Figura 9), a manta é aplicada e aderida ao substrato (Figura 11) e possui como sobreposição as seguintes camadas:

- a camada separadora em filme de polietileno de espessura de 100 micrômetros e não-tecido de poliéster de 200 g/m^2;
- a camada separadora em argamassa traço 1:6;
- a camada em geocomposto drenante formado por núcleo de filamentos de polipropileno, termosoldado entre dois geotêxteis não tecidos de poliéster nos pontos de contato, de espessura de 10mm, e gramatura de 750 g/m^2;
- a camada anti-punção em argamassa, traço 1:6 em volume, espessura 3 cm, armada com tela de aço galvanizado, com juntas perimetrais preenchidas a selante elastomérico, com juntas perimetrais e transversais preenchidas a selante plastomérico, sendo as juntas transversais com espaçamento máximo de 6 m.

Em seguida deve-se aplicar a pavimentação de rolamento, asfáltica ou de concreto.

No segundo caso, de manta incorporada ao pavimento de rolamento, após cura da emulsão de imprimação, a manta é aplicada imediatamente aderida ao substrato, conforme mostram as Figuras 9 e 10.

Entretanto, a camada de proteção mecânica é constituída pela própria camada de pavimentação asfáltica aplicada à quente, fundindo-se juntamente com a camada de impermeabilização, ou seja, formando a camada de rolamento impermeabilizada.

Cabe observar que deve ser sobreposto o tubo drenante no corpo da camada de pavimentação, sobre a manta, antes da fusão autógena das camadas.

Existe, também a opção de impermeabilização por sobre as camadas de pavimentação finais asfálticas ou de concreto, com uso de micro-revestimentos à

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 13/03/2026
Vol: 13.03
DOI: 10.66104/n5e5n877
Pages: 1-28

base de asfalto, acrilatos e adições de grãos de borracha moída, que é um acabamento antiderrapante.

Figura 9 - Tabuleiro de ponte na aplicação de imprimação da impermeabilização



Fonte: Nichireki, 2005.

Na superestrutura em concreto em vigas-caixão ou de vigas múltiplas, deve-se proceder as impermeabilizações por meio de aplicação de camada colmatadora e regularizadora de pequena espessura. Ela é composta de cimentos modificados com polímeros, seguida de aplicação de pintura impermeável à base de poliuretano em tonalidades claras como as de concreto claro, platina claro ou branco gelo.

O interior das vigas-caixão deve ser impermeabilizado, pois se forma uma atmosfera confinada que gera um microclima gerador de patologias.

Deve-se prever, nesses casos, a instalação de aberturas de acesso, para que as inspeções e manutenções sejam efetuadas. Essas aberturas são importantes também para as instalações de dispositivos de drenagem.

As superfícies de concreto, internamente, nas regiões confinadas de microclima, devem ser impermeabilizadas com cimentos modificados com polímeros. Isto aumenta a eficiência e a durabilidade da impermeabilização.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 13/03/2026
Vol: 13.03
DOI: 10.66104/n5e5n877
Pages: 1-28

Figura 10 - Tabuleiro de ponte durante o posicionamento da impermeabilização.



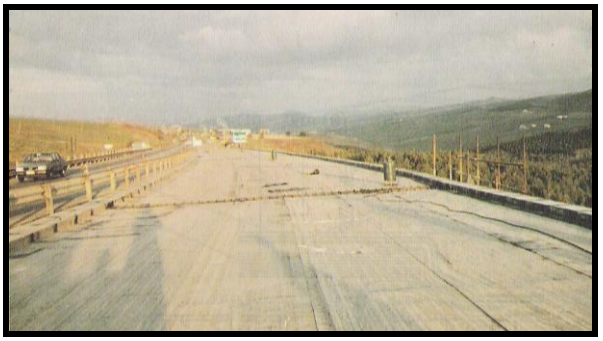
Fonte: Nichireki, 2005.

Figura 11 – Tabuleiro de ponte durante a aplicação da impermeabilização asfáltica.



Fonte: Nichirecki, 2005.

Figura 12 - Tabuleiro de ponte ao final da aplicação da manta impermeabilizante.



Fonte: O autor.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

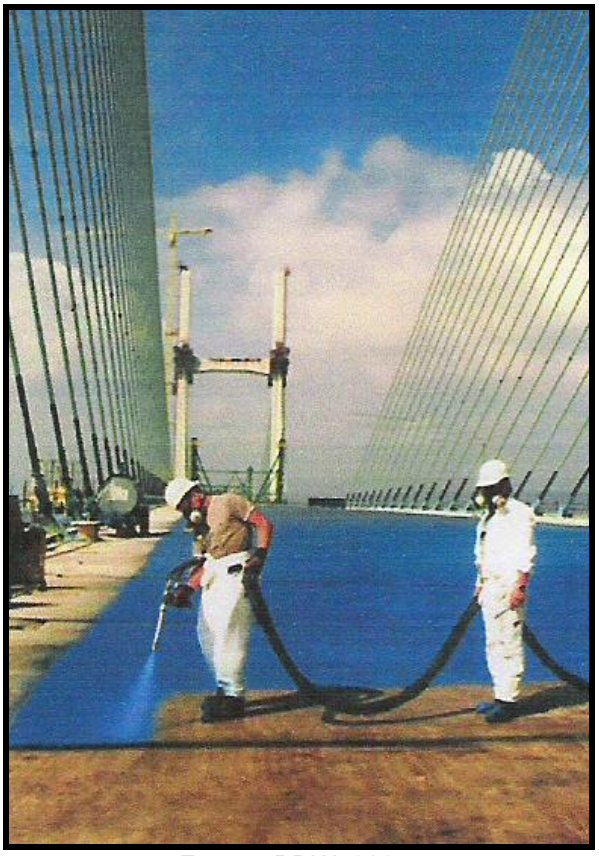
Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 13/03/2026
Vol: 13.03
DOI: 10.66104/n5e5n877
Pages: 1-28

Outro sistema para impermeabilização de tabuleiros de pontes é aquele formado por membranas de polímeros elastoméricos. Entre estes, podem ser citadas as membranas de poliuretano alifático e as membranas de poliuréia.

As Figuras 13,14 e 15 ilustram a aplicação de sistemas de membranas elastoméricas na impermeabilização de tabuleiros de pontes.

A aplicação das camadas de proteção, drenagem, separação antipunção e pavimentação seguem os mesmos procedimentos descritos no caso de mantas asfálticas não incorporadas ao pavimento de rolamento.

Figura 13 - Tabuleiro de ponte na aplicação da impermeabilização por membrana de poliuretano asfáltico.



Fonte: BDW, 2005.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 13/03/2026
Vol: 13.03
DOI: 10.66104/n5e5n877
Pages: 1-28

Figura 14 - Tabuleiro de ponte na aplicação da impermeabilização elastomérica.



Fonte: BDW, 2005.

Figura 15 - Tabuleiro de ponte durante impermeabilização com sistema airless.



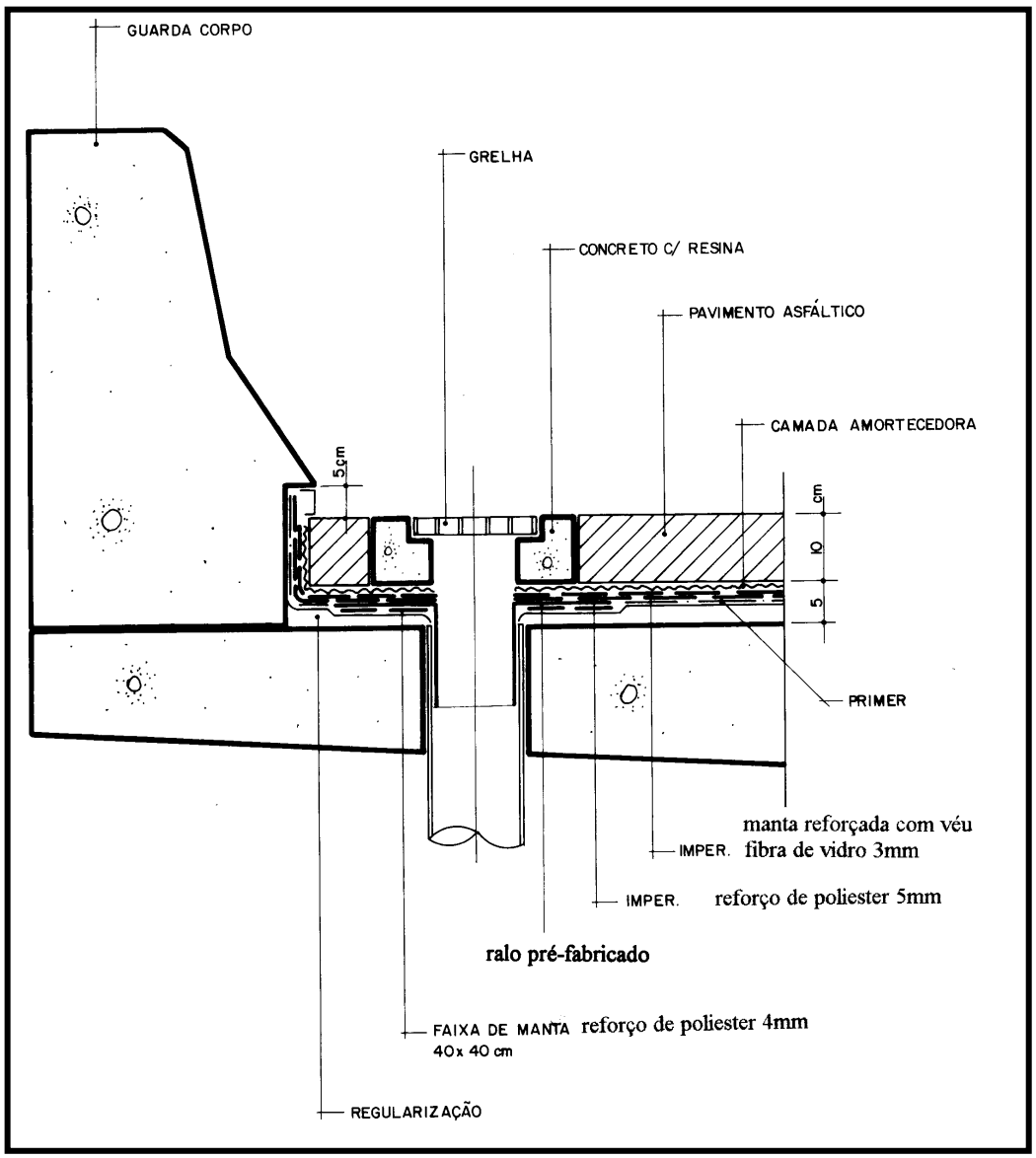
Fonte: BWD, 2005.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 13/03/2026
Vol: 13.03
DOI: 10.66104/n5e5n877
Pages: 1-28

Em qualquer dos casos de impermeabilização apresentados, são essenciais os procedimentos para implantação de sistema de drenagem, conforme mostrado na Figura 16.

Figura 16. Detalhe de ralo para drenagem em ponte impermeabilizada com manta.



Fonte: O autor.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 13/03/2026
Vol: 13.03
DOI: 10.66104/n5e5n877
Pages: 1-28

11.2. Impermeabilização da mesoestrutura

Os pilares devem receber os mesmos tratamentos impermeabilizantes empregados para as partes externas e internas das superestruturas em concreto.

Sobre os blocos de coroamento, que são os blocos de transição de cargas entre estacas e pilares, aplica-se uma 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 uma camada de colmatação e regularização, composta de polímeros modificados com cimentos.

Em seguida, deve receber a impermeabilização com membranas formadas por materiais que sejam capazes de serem aplicados igualmente fora d'água ou submersos, próximo às superfícies marinha, como produtos na base de polímeros plastoméricos flexibilizados (epóxi flexibilizado).

11.3. Impermeabilização da infraestrutura

Sobre as superfícies de sapatas, pode-se aplicar o mesmo procedimento empregado para os blocos de coroamento.

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. Este procedimento deve ser aprofundado ao máximo possível no terreno ou nas partes submersas do tubulão. Neste caso, devem ser utilizados produtos à base de polímeros plastoméricos flexibilizados como o epóxi flexibilizado, para aplicação submersa.

A Figura 17 ilustra um tubulão de fundação de ponte sobre a represa de Peti, em Minas Gerais, Brasil, com elevada corrosão metálica em zona de

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 13/03/2026
Vol: 13.03
DOI: 10.66104/n5e5n877
Pages: 1-28

variação de marés e intensos respingos, necessitando de produtos inibidores do processo de corrosão.

Figura 17 - Tubulão de ponte sobre a represa do Peti, Minas Gerais, Brasil.



Fonte: O autor.

12. Outros sistemas de proteção

Outros sistemas de proteção das estruturas de pontes e viadutos, além das impermeabilizações podem ser citados, como a realcalinização, dessalinização e instalação de proteção catódica.

A realcalinização e dessalinização são métodos eletroquímicos e não destutivos, os quais detêm a corrosão e reconstituem a passivação das armaduras, restaurando o desempenho ao longo da vida útil das estruturas.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 13/03/2026
Vol: 13.03
DOI: 10.66104/n5e5n877
Pages: 1-28

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).

Sobre as estruturas de tabuleiros metálicos deve-se aplicar a pavimentação com impermeabilização autoprotegida incorporada, composta por micro-revestimento asfáltico, antiderrapante, contendo polímeros metálicos, aplicada sob fusão, à temperatura de 220 °C, em camadas de 10 mm, recoberto por agregados minerais de bauxita sintetizada, e compactação do sistema de revestimento com uso rolo metálico e acabamento a rolo pneumático.

13. Discussões e análise comparativa dos diversos sistemas de impermeabilização

Em cada peça estrutural são aplicados processos diferentes de impermeabilização, uns mais onerosos, outros, menos, o que constitui uma dificuldade de comparação relativa aos custos e eficiência da durabilidade. Pela grande extensão do tabuleiro da ponte, os índices de custos mostram que estes serão os mais onerosos, em comparação com as peças estruturais mais discretas, como pilares e fundações.

Entretanto, deve-se levar em consideração também a natureza do custo do material impermeabilizante, a mão de obra, os equipamentos e do sistema empregado.

14. Conclusões

Nas pontes e viadutos do país, é recomendável que haja um processo de inspeção constante em suas estruturas, de forma detalhada, por equipes especializadas, utilizando-se procedimentos de inspeções visuais e instrumentais, incluindo ensaios não destrutivos.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 13/03/2026
Vol: 13.03
DOI: 10.66104/n5e5n877
Pages: 1-28

Diante das avaliações e propostas de intervenções, são recomendáveis que sejam escolhidos os procedimentos adequados de impermeabilização, em cada caso particular, para que as patologias de infiltrações não se propaguem de forma tão rápida.

É importante observar que a impermeabilização reduz riscos e prolonga a vida útil, mas não elimina completamente os processos de deterioração.

A pesquisa contribui com um valor significativo e original com as metodologias que foram utilizadas nos processos de impermeabilização das obras que sofreram intervenções. Elas podem permitir que tais estruturas fiquem com as manifestações patológicas futuras menos aceleradas, promovendo-se uma estabilidade estrutural por um certo tempo, retardando-se mais as necessidades de intervenções de recuperação. Aumenta-se assim a vida útil da estrutura, mas as deteriorações sempre vão existir.

Referências

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE ACI. 515.1 R-79. **Guide to the use of waterproofing, dampproofing, protective, and decorative barrier systems for concrete**. ACI Committee 515. 1985.

ANDREY, D. **Maintenance des ouvrages D'Art: Méthodologie de Sorveillance**. Tese de Doutorado, Ècole Polytechinique Féderale de Lausane. França. 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 9452/2023 **Vistorias de pontes e viadutos de concreto**. 2023.

ASTM C1471 - **Guide for Use of High Solids Content Cold Liquid-Applied Elastomeric Waterproofing Membrane on Vertical Surfaces**. EUA. 2022.

ASTM C836 - **Specification for High Solids Content, Cold Liquid-Applied Elastomeric Waterproofing Membrane for Use with Separate Wearing Course**. EUA. 2022.

ASTM C957 - **Specification for High-Solids Content, Cold Liquid-Applied Elastomeric Waterproofing Membrane with Integral Wearing Surface**. EUA. 2024.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/01/2026 - **Accepted:** 13/03/2026
Vol: 13.03
DOI: 10.66104/n5e5n877
Pages: 1-28

ASTM D5295 - **Guide for Preparation of Concrete Surfaces for Adhered (Bonded) Membrane Waterproofing Systems**. EUA. 2017.

BDW - BRIDGE DECK WATERPROOFING – **Current practice sheet nº 9. Concrete bridge development group**, CDBG. www.cbdg.org.uk. 2005.

CARNEIRO, B. S. **Metodologia para inspeção de pontes e viadutos em estrutura metálica**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal Fluminense. Niterói, 2005.

JORDY, J.C. **Desempenho e avaliação dos serviços de impermeabilização aplicados em edificações**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal Fluminense. Niterói. 2002.

KLEIN, D. L. **Critérios adotados na vistoria e avaliação de obras de arte**, XXV Jornadas Sul-Americanas de Engenharia Estrutural, Porto Alegre. 1991.

LOURENÇO, L. C. **Análise de patologias em estruturas de pontes metálicas, de concreto armado e protendido em ecossistemas fechados**. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal Fluminense, Niterói. 2016.

MONGE, C.A. **Como ver a corrosão em pontes e viadutos**. Recuperar/Thomastec, ano 6, nº 28, 22-28, março/abril. Rio de Janeiro. 1999.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto**. Editora Pini, São Paulo, 1997.

NICHIREKI PRODUCTS **Waterproofing materials for bridge decks**, www.nichireki.co.jp/english. 2005.

OLIVEIRA, V. V. – **Impermeabilização e memória histórica – Pontes e viadutos**. Impermeabilizar/Palanca, ano IV, nº 40, 24-30, São Paulo. 1991.

PERKINS, P. H. **Repair, protection and waterproofing of concrete structures**, Master eBook. ISBN: 0-203-47572-0. 1997.

ROCHA, C.C. **Resinas - Revolucionando a impermeabilização com MPI**. Recuperar/Thomastec, ano 5, nº 21, Rio de Janeiro. 1998.

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. EUA. 1990.