



# O USO DO CONCRETO PROTENDIDO EM FLORIANÓPOLIS

## *The use of prestressed concrete in Florianópolis*

Andressa Anis Lahoud (1); Victor Hugo Colmanet Pajzos Pereira (2)

(1) *Estudante de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Presbiteriana Mackenzie*

(2) *Estudante de Engenharia Civil, Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, São Paulo*

## Resumo

O uso da protensão em recuperação estrutural em Obras de Arte Especiais, como nas pontes Pedro Ivo Campos e Colombo Salles, situadas em Florianópolis, é considerado um método eficaz, visto que com os aços e concretos de altas resistências e a força de tração exercida, a estrutura apresenta poucas fissuras, impedindo a entrada de sais da água do mar, ambiente de alta agressividade. A protensão de estruturas de concreto consiste na compressão do concreto por meio de uma armadura de aço pré-alongada que cria uma carga de aperto na estrutura, compensando a tensão que o concreto exibiria com os esforços de carregamento. As Obras de Artes Especiais em estudo, foram submetidas a uma análise técnica em 2020, a qual apontava a necessidade de reforço imediato em seis blocos, três em cada ponte. Foi recomendado e aceito, também no laudo técnico, o método de protensão de barras especiais Dywidag como modo de reforço dos blocos de coroamento. O reforço consistiu na perfuração dos blocos para a passagem das barras e, posteriormente a ancoragem e o tensionamento dos elementos para aplicar a carga de compressão no concreto. O reforço dessas barras especiais de aço mostra-se benéfico visto que apresentam uma maior capacidade de resistência ao serem comparadas às barras convencionais. Além disso, as construções podem ser reprotendidas e as cargas ajustadas ao longo da vida útil. Portanto, esse trabalho tem como objetivo estudar as aplicações de protensão nas pontes dos estudos de caso, as quais estão em ambientes agressivos.

*Palavra-Chave: Protensão; Corrosão; Obras de Artes Especiais; Reforço.*

## Abstract

The use of prestressing in structural recovery of bridges, such as in the Pedro Ivo Campos and Colombo Salles bridges, located in Florianópolis, is considered an effective reinforcement method, since with the high resistance steel and concrete, and the traction force exerted, the structure shows few cracks, preventing the entry of seawater salts, an extremely aggressive environment. The prestressing of concrete structures consists of compressing the concrete through a pre-elongated steel reinforcement that creates a clamping load on the structure, compensating for the tension that the concrete would exhibit with the loading efforts. The bridges under study were submitted to a technical analysis in 2020, which indicated the need for immediate reinforcement in six blocks, three on each bridge. The prestressing method of special Dywidag bars was recommended and accepted in the technical report as a way of reinforcing the crowning blocks. The reinforcement consisted of drilling the blocks for the passage of the bars and, subsequently, anchoring and tensioning the elements to apply the compression load to the concrete. The reinforcement of these special steel bars proves to be beneficial since they have a greater resistance capacity when compared to conventional bars. In addition, buildings can be restressed, and loads adjusted throughout their service life. Therefore, this work aims to study the applications of prestressing in the bridges of the case studies, which are in aggressive environments.

*Keywords: Prestressing; Corrosion; Bridges; Reinforcement.*



## 1 Introdução

A ideia de protensão do concreto começou a ser discutida no final do século XIX, com propostas de Jackson, nos Estados Unidos (1886) e Döring, na Alemanha (1888). Houve algumas experimentações com o intuito de evoluir a qualidade estrutural dos elementos de construção como vigas e lajes, porém apenas em 1925 foi possível compreender que seria necessário o uso de aço mais forte para que as grandes deformações desse material metálico fossem transferidas como esforços ao concreto. Essas experimentações foram feitas inicialmente pelo espanhol Eduard Torroja, porém é consenso entre os pesquisadores que o pioneiro da aplicação de aço de alta resistência foi o francês Eugène Freyssinet, utilizando o método em uma série de edifícios na França (BENNETT, 1984).

O concreto e o aço são os materiais mais utilizados na construção civil devido às suas resistências mecânicas. O concreto é um elemento que apresenta uma elevada resistência à compressão, porém com baixa resistência à tração e ruptura frágil. Já o aço se caracteriza por ser um material resistente à tração, à compressão e uma ruptura dúctil. Assim, uma peça de concreto simples, sem armadura, resistiria apenas aos esforços de compressão, como acontece em alguns blocos de fundação (MEHTA & MONTEIRO, 2008).

Por outro lado, as vigas como elementos estruturais, que tem como função transferir cargas aos seus apoios, sofrem flexão, as quais podem ser um fator limitante na escolha dos materiais e nas seções transversais. Dessa forma, deve ser dimensionada para a peça uma armadura de aço, com o intuito de aumentar a resistência à tração do compósito. Portanto, o concreto armado é o concreto reforçado com armaduras em posições corretas e dimensionadas de forma adequada (SCHMID, 2022).

Além disso, o concreto é frágil, rompe subitamente apresentando sutil deformação. No caso do aço seu rompimento é dúctil, apresenta deformação e constrição considerável na peça. Assim, a combinação dos dois materiais garante maior segurança à estrutura, que irá herdar a ductilidade do aço. A partir do momento em que o concreto armado chega ao limite da capacidade de suportar deformações, o uso do concreto protendido passa a ser uma alternativa. A ideia da protensão é diminuir as tensões de tração finais na peça. Para isso são introduzidas, na seção transversal do concreto, tensões por meio da compressão da peça, que é aplicada pelo esticamento do aço dentro do concreto (BASTOS, 2018).

Dentre os benefícios da utilização do concreto protendido em substituição ao armado. Deve-se citar alguns pontos. Primeiro, a estrutura livre de fissuras e com flechas mais controladas, que acompanham diversas vantagens para a durabilidade, como por exemplo a utilização de aços e concretos de altas resistências. Segundo, toda a sua seção transversal, que resiste às tensões, permitindo a estrutura ser mais leve, esbelta e esteticamente bonita. E por fim, a segurança do aço, pois durante o estiramento, a sua resistência já é pré-testada; e o metal é um elemento versátil, já que permite produzir peças pré-fabricada, *in loco* ou peças de reforço de estruturas já existentes. (BASTOS, 2018).

A partir do entendimento das vantagens do uso do concreto protendido na construção civil, foram escolhidas duas Obras de Arte Especiais de Florianópolis como estudos de caso, a ponte Pedro Ivo Campos (1991) e a ponte Colombo Machado Salles (1975), as quais são importantes estruturas da mobilidade da cidade, já que conectam o continente à ilha. É de conhecimento que ambas as pontes passaram por recuperação emergencial em 2021, em especial a Pedro Ivo Campos, a qual foi construída em concreto armado, mas recebeu reforço por concreto protendido.



Dessa forma, espera-se contribuir com o tema analisando o uso do concreto protendido como um bom método construtivo dentro do sistema de infraestrutura urbana compreendida em Florianópolis. Além disso, também espera-se analisar a utilização do método de protensão não só no momento de concepção das peças, mas também na manutenção, com o objetivo de mostrar que a protensão pode ser usada em casos extremos de deterioração para reabilitar as estruturas.

## **2 Protensão**

Na protensão são posicionados cabos de aço dentro da estrutura, os quais são tracionados por meio de macacos hidráulicos até atingir a força determinada em projeto e, assim, fixados na ancoragem. Quando esses cabos são soltos, eles tendem a voltar ao estado de relaxamento, portanto, aplicam tensões internas na peça de concreto.

Os aços do concreto protendido podem sofrer três tipos de perda de força de protensão que devem ser considerados em fase de projeto. O primeiro são perdas iniciais, na pré-tração, as quais acontecem devido ao atrito no desvio da armadura, ao relaxamento da armadura e à retração do concreto. O segundo tipo são as perdas imediatas, em que o concreto recebe a força de protensão, por conta do atrito, da acomodação das armaduras ao encurtamento do concreto. Por último, ocorrem as perdas progressivas durante a vida útil da estrutura, devido à retração e a fluência do concreto e ao relaxamento do aço (ALVES; SANTOS, 2020).

A técnica de aplicar tensões nos cabos de aço pode ser feita por pré-tração e pós-tração.

### **2.1 Pré-tração**

O prefixo “pré” refere-se ao aço que é posto em tensão previamente ao endurecimento do concreto. Essa forma é mais utilizada em peças pré-fabricadas, visto que a armadura é distendida em uma pista de protensão, onde há em uma das extremidades ancoragens passivas e em outra ancoragens ativas. Com o uso de macacos hidráulicos, acontece a distensão de cada um dos cabos na extremidade das ancoragens ativas, até a tensão determinada em projeto, de acordo com a NBR 6118:2014. Após o endurecimento do concreto, as ancoragens de cabeceira são retiradas, ou seja, os cabos são cortados por meio de um disco de corte, transferindo, assim, as forças de compressão sobre o concreto, porém, não há o relaxamento dos cabos devido a ancoragem e encunhamento do aço (SCHIMD, 2007; SCHIMD, 2022).

### **2.2 Pós-tração**

O prefixo “pós” refere-se ao aço que é tensionado após o concreto ter atingido a resistência suficiente, cerca de 28 dias depois da concretagem. Neste tipo de sistema de protensão, o cabo de aço é colocado dentro da peça de concreto em um tubo que o mantém isolado do elemento a base de cimento, a bainha. Após o posicionamento desse conjunto, são colocadas as ancoragens nas extremidades do aço e, em seguida, com o auxílio de macacos hidráulicos, a liga metálica é tracionada até obter a tensão determinada em projeto (SCHIMD, 2007; SCHIMD, 2022).

A pós-tração é dividida em aderente e não aderente:

#### **2.2.1 Aderente**



No caso da pós-tração aderente, a armadura e o concreto trabalham em conjunto. Esse conjunto é fixado na fôrma antes da concretagem e dada a estanqueidade da bainha, a armadura alojada não entra em contato com o concreto durante o processo da concretagem, podendo ser esticada após a cura. A bainha é metálica e provida de ancoragem em suas extremidades. Depois da concretagem e a cura do material, os cabos são protendidos pelos macacos hidráulicos o comprimento excedente da armadura é cortado e a bainha é preenchida por nata de cimento, para evitar vazios e permitir a movimentação das cordoalhas, promovendo, então, a aderência entre o concreto e a armadura. Além disso, o uso da nata de cimento protege a armadura da corrosão (SCHIMD, 2007; SCHIMD, 2022).

Nesse tipo de pós-tração, são criadas tensões internas na estrutura, que melhoram o desempenho do conjunto e combatem os esforços resultantes dos carregamentos. Além disso, as cordoalhas ficam constantemente esticadas, durante toda a vida-útil da estrutura, mesmo que haja a ruptura de algum cabo, a estrutura incorpora as tensões de rompimento. As tensões aplicadas sobre a armadura devem ser absorvidas pelo sistema de protensão, de forma a proteger a estrutura e os usuários. Porém, atrito existente entre a bainha e a armadura, resulta em perdas de força, que são somadas as perdas de cravação nas ancoragens. Dessa forma, depois da tensão provocada, a peça de concreto protendido perde esforços, que varia de 6% a 12% (SCHIMD, 2022).

### 2.2.2 Não aderente

Pelo fato de as cordoalhas serem envolvidas por dutos plásticos de polietileno de alta densidade preenchidos por graxa, a armadura e o concreto não trabalham em conjunto. Por isso que nesse tipo de pós-tração as deformações acontecem de maneira independente ao concreto, a fim de garantir a preservação das ancoragens por um tempo indeterminado. Pelo fato de não ter aderência, toda a ancoragem é feita pelas extremidades das peças e por isso que é necessário um cuidado especial no dimensionamento dos esforços aplicados nas regiões de ancoragem (SCHIMD, 2007; SCHIMD, 2022).

Nesse tipo de pós-tração, também há a perda de forças por causa do atrito entre o duto de plástico e a armadura, que são somadas as perdas de cravação nas ancoragens. Dessa forma, é necessária a preservação das cravações nas ancoragens, visto que não existe aderência nesse método. Além disso, a não aderente tem uma carga menor de ruptura que a aderente, é considerada mais econômica e fácil de executar. Ela é mais usada quando as cargas que precisam ser superadas são menores, comparadas às suportadas pela aderente (SCHIMD, 2022).

## 3 Manifestações patológicas

As manifestações patológicas são as degradações adquiridas ao longo do tempo de uso, pela falta de manutenção e ação dos agentes agressivos, que influenciam na durabilidade e, conseqüentemente, na segurança das estruturas. A maior causa das manifestações patológicas em estruturas de concreto está relacionada à execução da obra, seguida por utilização, projeto e qualidade de materiais. Por isso, o controle de qualidade e inspeção abordam todos os materiais utilizados na execução dos elementos, como as armaduras, sendo elas ativas e passivas, a fôrma, o concreto, a concretagem, a cura, o produto acabado e o transporte (ALVES; SANTOS, 2020).



A durabilidade, como definida na norma NBR 6118-2014, é a capacidade da estrutura resistir às influências ambientais previstas e definidas em conjunto pelo autor do projeto estrutural e pelo contratante, no início dos trabalhos de elaboração do projeto. De acordo com a Tabela 1, os estudos de caso se categorizam com o valor de 100 anos de vida útil.

Tabela 1 – Valores indicativos do tempo de vida útil de projeto da Norma Portuguesa.

Categoria do tempo de vida útil de projeto	Valor indicativo do tempo de vida útil de projetos (anos)	Exemplos
1	10	Estruturas provisórias <sup>1</sup>
2	10 a 25	Componentes estruturais substituíveis, por exemplo, vigas-carril, apoios
3	15 a 30	Estruturas agrícolas e semelhantes
4	50	Estruturas de edifícios e outras estruturas correntes
5	100	Estruturas de edifícios monumentais, pontes e outras estruturas de engenharia civil

<sup>1</sup>As estruturas ou componentes estruturais que podem ser desmontados, tendo em vista a sua reutilização, não deverão ser considerados como provisórios.

Fonte: adaptado da NP EM 1990 - 2009

Portanto, para que possam tomar decisões de projeto a fim de garantir a durabilidade e vida útil de uma estrutura, é fundamental o conhecimento do ambiente em que a obra está inserida, visto que pode ser degradada por agentes físicos, químicos e mecânicos. Nesse sentido a NBR 6118-2014 define as ambiências em uma tabela de classes de agressividade ambiental (CAA) (Tabela 2):

Tabela 2 – Classes de agressividade ambiental (CAA).

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana <sup>a, b</sup>	Pequeno
III	Forte	Marinha <sup>a</sup>	Grande
		Industrial <sup>a, b</sup>	
		Industrial <sup>a, c</sup>	
IV	Muito forte	Respingos de maré	Elevado

<sup>a</sup> Pode-se admitir uma microclima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviços de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

<sup>b</sup> Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade média relativa do ar menor ou igual a 65%, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos ou regiões onde raramente chove.

<sup>c</sup> Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

Fonte: adaptado da NBR 6118-2014

As pontes estão inseridas, portanto, em uma ambiência de classificação IV, ou seja, agressividade muito forte, por conectar o continente à ilha e, por isso o risco de deterioração é elevado e ela pode acontecer de diversas formas. A carbonatação é definida pela diminuição gradual do pH do concreto pela reação dos produtos da hidratação do cimento com o CO<sub>2</sub> presente no ar, conseqüentemente, em contato com o aço, faz com que a armadura perca sua camada protetora, provocando a corrosão (SCHROEDER, 1999). Há, também, o transporte de cloreto no cobrimento da armadura, processo em que os íons de cloreto, presentes na água do mar, salobra ou em aditivos,



reagem com a camada protetora do aço, formando, então, o  $\text{FeCl}_2$ , que reage com a água, provocando a ferrugem. (RAMANATHAN, 1988).

A corrosão do aço das estruturas protendidas é perigosa, pois com esse fenômeno provoca a diminuição de seção da liga metálica e, conseqüentemente, o patamar de escoamento do material desaparece, fazendo com que a ruptura se torne frágil, diminuindo a segurança dessas estruturas. As estruturas protendidas bem projetadas e construídas adequadamente podem comportar-se sem sérios problemas de corrosão por um longo período. No entanto, erros durante a construção, na execução e em um meio agressivo, podem causar falhas prematuras nas armaduras de concreto. (SCHROEDER, 1999).

## **4 Análise detalhada das obras e suas recuperações**

Como já foi apresentado no artigo, as obras escolhidas para serem analisadas foram as pontes Colombo Machado Salles e Pedro Ivo Campos, os principais meios de locomoção entre o continente e a ilha de Florianópolis, ou seja, obras de arte especiais usadas com grande intensidade diariamente. Essas OAEs passaram por restauração emergencial em 2021.

### **4.1 Ponte Colombo Machado Salles**

Inaugurada em 1975, a ponte Colombo Machado Salles foi construída em concreto armado e protendido, cujo comprimento de 1.226,20 metros e seção transversal em viga caixão propiciou a transposição de tubulações de água, cabos de energia elétrica e cabos telefônicos.

Os viadutos de acesso sobre os aterros, em seção celular protendida, constituem em caixões separados por junta longitudinal. Os viadutos sobre o mar, com vãos de 75 metros, estão localizados juntos à parte central principal da obra de arte, e constituem em duas seções celulares transversalmente independentes, separadas por junta longitudinal. As vigas principais, protendidas, possuem 4,5 metros de altura.

De acordo com o Relatório de Inspeções Visuais e Laudo técnico dos blocos de coroamento das Pontes (2020) foram inspecionados os blocos dos eixos 4, 6 e 10, os quais são considerados críticos devido ao estado patológico da ponte.

#### **4.1.1 Eixo 4**

Foram identificadas manchas de corrosão, armaduras expostas e fissuras nas faces laterais. Na face inferior com deslocamento do concreto de cobertura, manchas de corrosão, armaduras expostas e em processo acentuado de corrosão, e armaduras longitudinais rompidas.

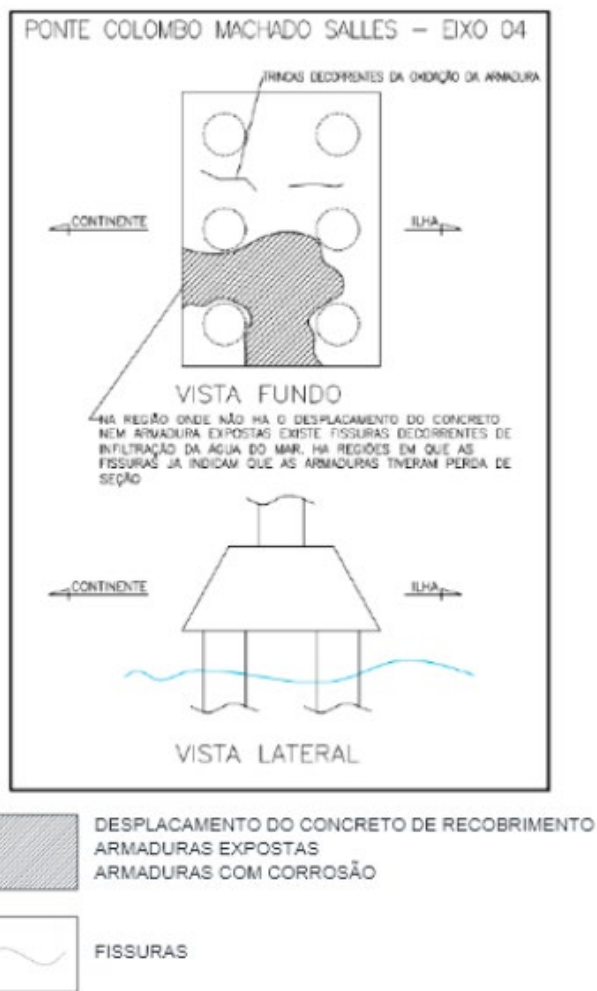


Figura 1 – Identificação das patologias no Eixo 4 da Ponte Colombo Machado Salles (RGM Engenharia (2020)).



Figura 2 – Patologias no Eixo 4 da Ponte Colombo Machado Salles (Relatório de Inspeções Visuais e Laudo técnico dos blocos de coroamento das Pontes (2020)).

#### 4.1.2 Eixo 6

Foram encontrados deslocamentos do concreto de cobertura, manchas de corrosão, armaduras expostas e em processo acentuado de corrosão, e armaduras longitudinais rompidas. Além disso, foram encontradas áreas com vazios de concreto devido a falhas de concretagem, resultando em brocas no concreto.

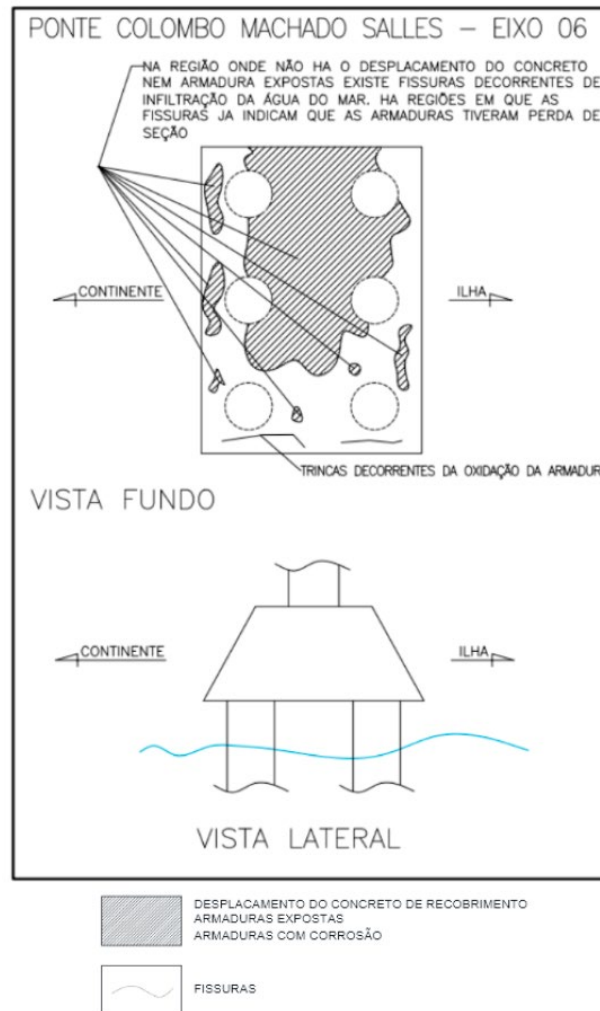


Figura 3 – Identificação das patologias no Eixo 6 da Ponte Colombo Machado Salles (RGM Engenharia (2020)).



Figura 4 – Patologias no Eixo 6 da Ponte Colombo Machado Salles (RGM Engenharia (2020)).

#### 4.1.3 Eixo 10

Foram verificadas fissuras nas faces laterais e deslocamento do concreto de cobrimento, armaduras expostas e em processo avançado de corrosão, além de armaduras longitudinais rompidas.



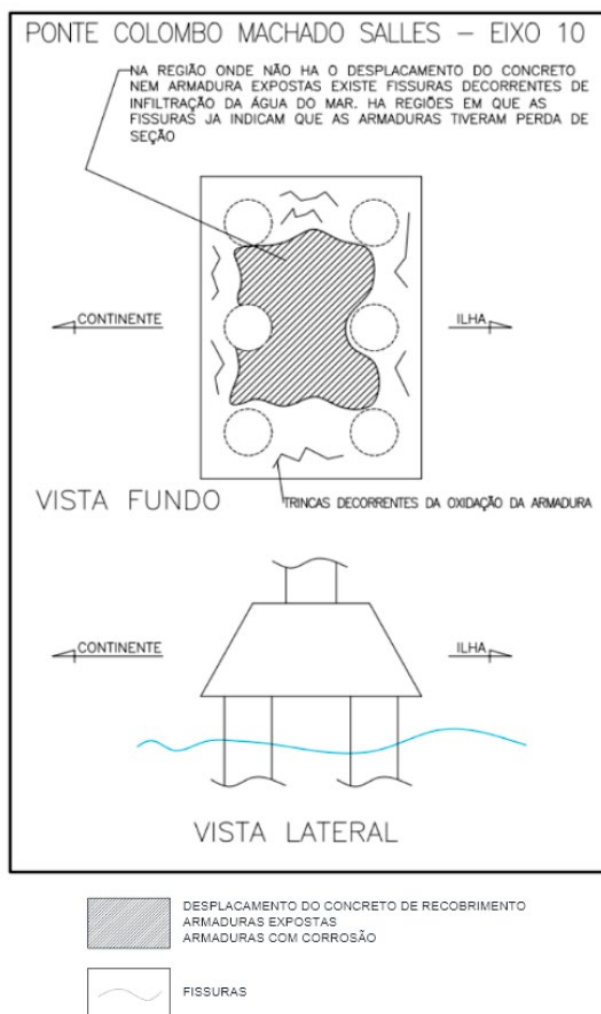


Figura 5 – Identificação das patologias no Eixo 6 da Ponte Colombo Machado Salles (RGM Engenharia (2020)).



Figura 6 – Patologias no Eixo 6 da Ponte Colombo Machado Salles (RGM Engenharia (2020)).

## 4.2 Ponte Pedro Ivo Campos

Inaugurada em 1991, a ponte Pedro Ivo Campos foi construída em concreto armado, com comprimento de 1.251,91 metros. Porém, essa obra de arte contemplou em sua concepção estrutural na superestrutura mista, composta por vigas de aço e tabuleiro de concreto armado.

Os viadutos de acesso sobre os aterros projetos e executados no formato de seção mista, em caixões metálicos unidos por uma laje modular de concreto de vãos bi apoiados. A vigas principais têm altura média de 2,55 metros. Os viadutos sobre o mar, com vãos

de 75 metros, são constituídos por dois caixões metálicos mistos interligados através de tabuleiros de concreto. As vigas metálicas principais possuem altura de 4,76 metros.

De acordo com o Relatório e com os Laudos da RGM Engenharia (2020), foram inspecionados os blocos dos eixos 7, 7N e 9, os quais são considerados críticos devido ao estado patológico da ponte.

#### 4.2.1 Eixo 7

Foram identificados na face inferior com deslocamento do concreto de cobrimento, armadura expostas e em processo de corrosão, além de armadura rompidas.

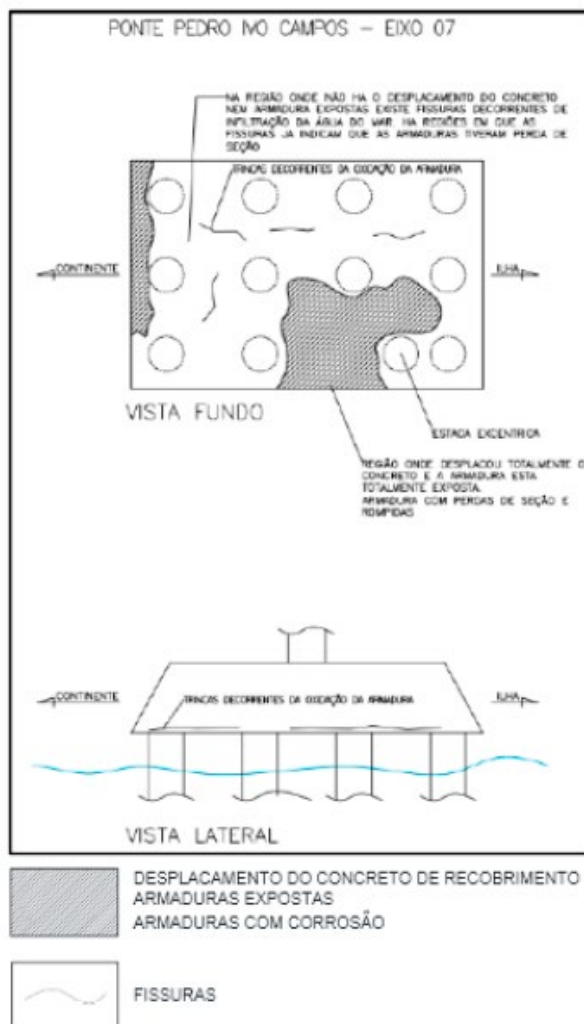


Figura 7 – Identificação das patologias no Eixo 7 da Ponte Pedro Ivo Campos (RGM Engenharia (2020)).



Figura 8 – Patologias no Eixo 7 da Ponte Pedro Ivo Campos (RGM Engenharia (2020)).

#### 4.2.2 Eixo 7N

Foram encontrados na face inferior deslocamento do concreto de cobertura, armadura expostas e em processo avançado de corrosão, além de armaduras rompidas. Ademais, foram identificadas áreas com vazios no concreto, por conta de falhas do processo de concretagem, resultando, então, em brocas no concreto.

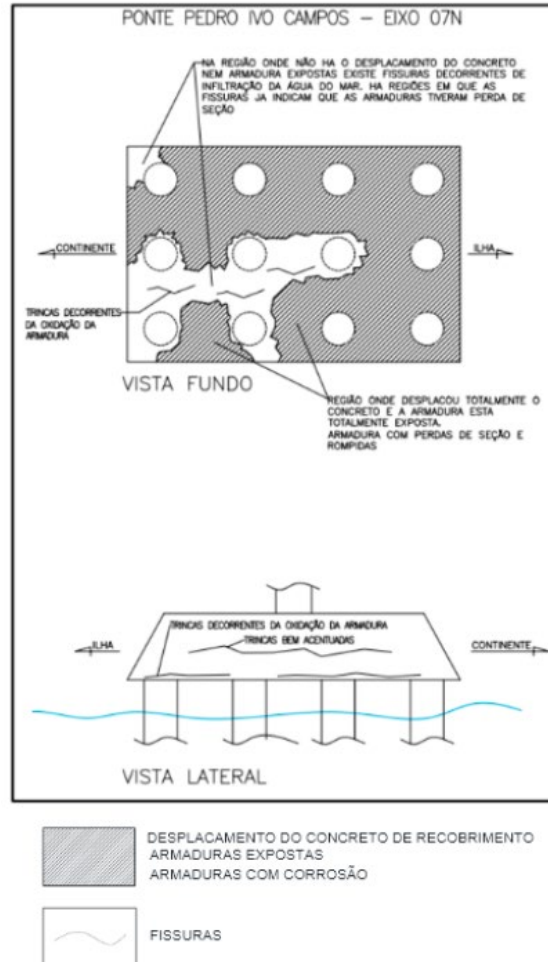


Figura 9 – Identificação das patologias no Eixo 7N da Ponte Pedro Ivo Campos (RGM Engenharia (2020)).



Figura 10 – Patologias no Eixo 7N da Ponte Pedro Ivo Campos (RGM Engenharia (2020)).

#### 4.2.3 Eixo 9

Foram verificados na face inferior desse bloco de coroamento o deslocamento do concreto de cobertura, machas de corrosão, armaduras expostas e em processo de corrosão, e armadura longitudinais rompidas.

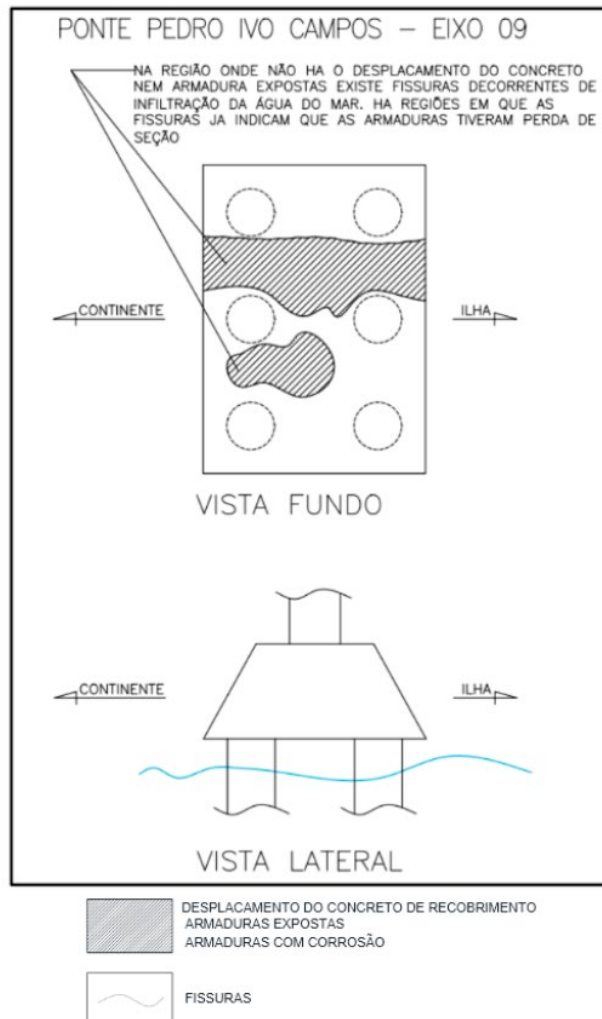


Figura 11 – Identificação das patologias no Eixo 9 da Ponte Pedro Ivo Campos (RGM Engenharia (2020)).



Figura 12 – Patologias no Eixo 9 da Ponte Pedro Ivo Campos (RGM Engenharia (2020)).

## 5 Discussão

Ao analisar o laudo dos estudos de caso deste artigo, finalizado em fevereiro de 2020, foi identificado que em ambas as pontes houve falhas no processo de concretagem dos blocos de coroagem durante as obras devido à densa armação, ao uso de agregado graúdo com dimensões incompatíveis e aos prováveis erros na execução do



adensamento. Todos esses aspectos dificultaram a penetração do concreto nas formas das peças estruturais das pontes, os quais proporcionaram uma camada de revestimento de pouca espessura, heterogênea e bastante porosa.

A porosidade é uma característica importante, visto que a sua presença em elevado teor na peça de concreto permite a passagem facilitada dos cloretos oriundos da água do mar. As estruturas das pontes que sofreram com a corrosão estão parcialmente submersas, ou seja, padecem pelo transporte de íons de cloreto pela água, a qual proporciona a penetração despassiva de íons de cloreto e, conseqüentemente, corrói a armadura.

Além disso, o concreto poroso exposto ao ambiente marinho pode deteriorar-se e sofrer deslocamento da camada de revestimento e proporcionar como resultado de efeitos combinados entre a ação química dos constituintes da água do mar sobre os produtos da hidratação do cimento, da expansão álcali-agregado, da pressão da cristalização dos sais dentro do concreto quando estão em condições de molhagem e secagem nas zonas de variação de maré, da corrosão da armadura e da erosão física por conta das ondas e objetos flutuantes.

Portanto, é possível observar a partir do laudo que diversos itens não foram levados em consideração no momento de projeto, já que é durante essa fase que são determinados os tipos de agregados, o tipo de armadura e a execução que será utilizado no momento da obra.

Com o passar dos anos e com o aumento da utilização das obras de arte, visto que são meios de mobilidade da cidade de Florianópolis, o risco estrutural intensificou. Os erros das fases de projeto e execução foram somados ao aumento da carga que as pontes deveriam suportar. A proposta de fazer a recuperação das pontes foi aprovada e executada de julho de 2020 até setembro de 2021 pela construtora Teixeira Duarte, mas desta vez com uma tecnologia recomendada pela RMG Engenharia, a qual fez o laudo dos estados estruturais das pontes, o uso de barras de aço protendidas Dywidag, o qual é comum no cenário de reforços estruturais.

Esse sistema consiste na utilização de barras ou de cordoalhas de aço especiais como elemento resistente à tração, com porcas e placas de ancoragem que distribuem as cargas aplicadas sobre a estrutura ancorada. Os tirantes Dywidag são normalmente aplicados em ambientes agressivos, ou seja, precisam de uma proteção anticorrosiva, como pintura epóxi, calda de cimento e uso da bainha. Além disso, o aço usado na fabricação dessas barras possui um patamar de escoamento superior ao do aço comum, portanto, torna esse sistema ideal para a execução de tirantes protendidos. Nas aplicações estruturais, as dimensões dessas barras usadas tanto para construção, quanto para reforço e recuperação de obras existentes, são determinadas a partir da sua carga máxima (DYWIDAG, 2022).

## 6 Conclusão

Dessa forma, como foi apresentado, o sistema da protensão é de grande utilidade quanto ao processo de construção e recuperação de Obras de Arte Especiais visto que além de serem mais seguras que as estruturas armadas, permitem que as estruturas sejam mais leves, esbeltas e com maiores vãos; menor utilização de materiais, que resulta em redução de custos; maior durabilidade e manutenção, já que reduzem ou evitam fissuras no concreto, o que protege as armaduras que estão no interior da peça; e permite formas mais complexas, devido ao uso intensivo de aço, porque esse material possibilita maior liberdade de linguagem arquitetônica.



Quanto à utilização da protensão nos ambientes mais agressivos, deve-se ater aos cuidados necessários para garantir a integridade da estrutura, pois o ataque de corrosão em um aço protendido apresenta risco enorme quanto a sua segurança, fator de extrema importância, visto que os estudos de caso são conexões de infraestrutura importantes e muito utilizadas e, conseqüentemente, sobrecarregadas da cidade de Florianópolis.



## Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR - 6118**: Projeto de estruturas de concreto - procedimento. 3 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 2014. 238 p.

ALVES, C. R. M. B.; SANTOS, A. F. C dos.. Estruturas pré-moldadas de concreto protendido - comportamento da estrutura e manifestações patológicas. **Revista Boletim do Gerenciamento**: Núcleo de Pesquisa em Planejamento e Gestão, Rio de Janeiro, v. 17, n. 17, p. 61-72, ago. 2020.

BASTOS, P. S.. dos Santos. **Concreto Protendido**. Bauru: Notas de aula. Unesp, 2018. 100 p.

BENNETT, E. W.. Partial Prestressing: a historical overview. **Pci Journal**. Leeds, p. 104-117. set/out. 1984.

CARVALHO, R. C.. **Estruturas em Concreto Protendido**: cálculo e detalhamento. São Paulo: Pini, 2012. 217 p

COMITÉ EUROPEU DE NORMALIZAÇÃO. **EN 1990**: Eurocódigo – Bases para o projecto de estruturas. 1 ed. Bruxelas: Secretariado Central, 2009. 88 p.

DYWIDAG (Brasil). **Sistema de Protensão**. Guarulhos: Dywidag, 2022. 10 p.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M.. **Concreto: microestrutura, propriedades e materiais**. São Paulo: IBRACON, 2008.

RAMANATHAN, L. V.. **Corrosão e seu controle**. São Paulo: Hemus, 1988. 360 p.

RMG ENGENHARIA (Santa Catarina). **Relatório de Inspeções visuais e laudo técnico dos blocos de coroamento críticos**: pontes colombo machado Salles e Pedro Ivo Campos. Florianópolis. 2020. 67 p.

SCHMID, M. T.. **A Protensão Parcial do Concreto**. São Paulo: Edgard Brucher, 2022. 178 p.

SCHMID, M. R. L.. **Concreto Protendido**: orientações básicas para a execução de obras em concreto protendido. **Concreto e Construções**, São Paulo, v. 33, n. 41, p. 56-62, dez/jan/fev. 2006.

SCHMID, M. R. L.. **Concreto Protendido**: por que protender uma estrutura de concreto?. **Concreto e Construções**, São Paulo, v. 34, n. 45, p. 33-36, jan/fev/mar. 2007.

SCHROEDER, R. M.. **Comportamento Eletroquímico e Susceptibilidade à corrosão sob tensão do aço ABNT 1080 utilizado em armaduras de concreto protendido**. 1999. 162 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Minas, Metalurgia e Materiais, Ciência dos Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

VERÍSSIMO, G. de S.; CÉSAR JUNIOR, K. M. L.. **Concreto Protendido**: fundamentos básicos. v.1. 4. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1998. 78 p.



VERÍSSIMO, G. de S.; PAES, J. L. R.; SILVA, R. C. da.; CÉSAR JUNIOR, K. M. L..  
**Concreto Protendido**: estados limites. v.3. 4. ed. Viçosa: Universidade Federal de  
Viçosa, 1999. 40 p.