

MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PONTES DE CONCRETO: análise prática de um sinistro em uma ponte de concreto armado

Guilherme Tavares Nunes¹

Professora Luana Dariva

RESUMO

Este trabalho descreve e analisa as patologias em pontes de concreto junto com uma análise prática de suas respectivas anomalias. Tal abordagem se faz necessária para que seja demonstrada a importância deste tipo de construção com objetivo de destrinchar os problemas construtivos que ela traz e suas respectivas consequências. Este intento foi conseguido através de um estudo técnico em uma obra conhecida como “Ponte caída” localizada no bairro rural de Freitas na cidade de Carmo de Minas.

Palavras-chave: Pontes. Patologias. Análise.

1 INTRODUÇÃO

É muito comum no nosso dia a dia a observação, nas mais diversas edificações, de rachaduras, sinais de mofo, armadura de aço exposta, enferrujada, etc. Sempre se é comentado que tais fatos são habituais e que nada daquilo poderia um dia vir a prejudicar a vida útil de uma construção. De certa forma este conhecimento popular não está errado, pois qualquer obra está sujeita a variantes, sejam elas causadas pela natureza ou pela má execução do serviço.

Entretanto, sabe-se que para os profissionais da área que tais fatos são anomalias e que, com o passar do tempo, podem causar prejuízos destrutivos ao empreendimento e, por mais que seja normal ele estar suscetível a danos, é anormal a apresentação destes distúrbios.

¹ Guilherme Tavares, apaixonado por pontes, desenhista, projetista e analista de projetos. Membro atuante do grupo de estudos voltados para Construção Civil do município de São Lourenço - MG entre 2019 e 2021. Qualificado em língua inglesa pela Universidade de Cambridge.

Existem tipos construtivos onde estas alterações são bastantes visíveis, como no caso de prédios ou as residências convencionais e também existem aqueles onde determinadas anomalias (patologias) ficam mais "escondidas" devido ao seu sistema construtivo e sua fisiologia. No caso das pontes, que serão o objeto de estudo deste projeto, “muitas das doenças estruturais não se manifestam claramente ou são encobertas por outras, podendo passar despercebidas”. Portanto, quanto mais criteriosa e aprofundada for a fase avaliativa, maiores serão os índices de acerto e eficiência da solução indicada” (VISOTTO, 2015):

Pontes são construções que permitem interligar dois pontos distintos separados e não acessíveis entre si, fazendo com que fiquem ao “ar livre” por toda sua vida. Além disso, são peças importantes de muitos sistemas rodoviários e podem ser feitas de uma grande variedade de materiais, como madeira, aço, concreto armado e concreto protendido. Chust de Carvalho (2014) enfatiza que hoje em dia a aplicabilidade de aço e madeira em pontes é basicamente estrutural, há muito tempo estes materiais não são utilizados como matéria base desse tipo de construção, principalmente pelo fato de serem susceptíveis a variações e com o tempo foram substituídos pelo concreto.

A presente pesquisa teve como objetivo realizar um estudo de um sinistro de uma ponte localizada na cidade de Carmo de Minas MG, a fim de analisar as possíveis causas do sinistro e discutir boas práticas de conservação desse tipo de construção. A ponte encontrava-se no bairro rural de Freitas e era o principal elo entre o bairro e a cidade.

2. ANÁLISE DAS ANOMALIAS EM PONTES DE CONCRETO

Segundo Nazário e Zancan (2011), o termo Patologia, tem origem grega "pathos" = *doença*, e "logos" = estudo, e, portanto, pode ser entendido como o estudo da doença. São conhecidas como manifestações patológicas ou anomalias as deteriorações que uma edificação sofre ao longo do tempo, como por exemplo, trincas, fissuras, rachaduras, infiltrações, mofo, carbonatação, desbotamento, etc. Fenômenos que, quando não cuidados, podem levar uma obra à ruína. Capello *et al.* (2010) relata que:

“A origem das patologias pode ocorrer: de projetos mal feitos, da má qualidade dos materiais empregados na construção, da falta de controle tecnológico, principalmente relacionado ao concreto, da falha na etapa de construção, equipe sem preparação para execução de projetos mais elaborados, falta de fiscalização por parte dos gestores ou responsáveis pela execução do empreendimento, edificações sendo utilizadas para outros propósitos do que o inicial (de projeto) ou mesmo pelo seu uso inadequado e a falta de manutenção.”

Com o entendimento do conceito e possíveis causas das patologias, é necessário refletirmos sobre as principais causas do sinistro da Ponte de Freitas e pontes de concreto armado de um modo geral.

Figueiredo Filho (2014) define concreto armado como uma estrutura que utiliza uma moldura de barras de aço. Ele resolve o impasse da baixa resistência do concreto à tração, pois as barras de aço presentes no material são bastante eficientes para combater este fenômeno. O sistema construtivo é regido pela NBR 6118/2014 - Projetos de Estruturas de Concreto. Referenciando as causas, temos os seguintes tópicos:

2.1 Planejamento e execução

De acordo com a NBR 12655 (2015), é necessário fazer não somente o controle do concreto, mas também dos agregados que o compõem. A NBR 12654 (2000) cita que o controle tecnológico deve ser elaborado em função do grau de responsabilidade dos encargos da estrutura, das condições agressivas existentes no local da edificação e do conhecimento prévio das características dos materiais disponíveis para a execução da obra.

Segundo Silva e Jonov (2011), a falta de controle tecnológico dos materiais corresponde a 7% das origens das manifestações patológicas no Brasil. A diligência de uma obra é um fator primordial, ter trabalhadores preparados faz um diferencial enorme no resultado final do empreendimento. Os autores afirmam, ainda, que uma equipe mal preparada e a falta de fiscalização correspondem a 51% das origens de manifestações patológicas em uma construção. Quanto a vistorias por parte de autoridades a norma que as rege é a NBR 9452/2016 - Inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto - Procedimento.

2.2 Dinâmica Estrutural

As construções estão suscetíveis a diversos fatores, um deles é a dinâmica estrutural. Segundo Jacobson (2017), a dinâmica estrutural “lida com a caracterização de propriedades estruturais, todas as estruturas estão sujeitas a forças físicas que afetam seu desempenho”. Ela uma das principais causas do fenômeno chamado de cargas dinâmicas, que seriam aquelas que variam ao longo do tempo de uma forma mais veloz do que a frequência natural da estrutura, estão nelas o peso de objetos, os ventos, pessoas, neve, ou algum outro tipo de eventualidade, como um terremoto, tremores do solo devido a uma movimentação tectônica ou até mesmo a uma explosão nas proximidades, etc.

2.3 Agentes Mecânicos

Outro fator que age são agentes mecânicos são aqueles relacionados à resistência dos materiais que segundo Hibbeler (2003) seria “um ramo da mecânica que estuda a relações entre cargas externas aplicadas a um corpo deformável e a intensidade das forças que atuam dentro do corpo”, na engenharia civil está muito relacionada às ferragens.

Esses agentes são regidos pela NBR 7480/2007 que relata as condições básicas para a utilização das barras de aço no concreto armado. Quanto a proteção deste componentes, é dito por Souza e Ripper (2009), que o concreto é um protetor para as armaduras, ele inibe a entrada de umidade e oxigênio na estrutura, mas para isso deve ser executado corretamente de forma em que haja total cobrimento das armaduras.

2.4 Fator Cronológico

Segundo a NBR 15575 (2013), as obras têm que ter uma vida útil de no mínimo 50 anos, objetivo este que a construção não conseguiu alcançar, a mesma foi inaugurada no começo dos anos 60 e com o decorrer dos anos a estrutura foi se fragilizando, não chegando no valor mínimo estipulado pela norma, não só pelos fatos citados anteriormente, mas também pela biodegradação do concreto.

O concreto armado foi considerado durante muitos anos um material eterno, que não necessitava de cuidados ao longo de sua vida útil, dispensando manutenções preventivas. Recentemente este conceito passou ser revisto, levando em consideração a grande quantidade de edificações com problemas de degradação em componentes estruturais (HELENE, 2003).

Segundo Aguiar (2006), a biodeterioração é:

“a mudança nas propriedades do material, devido à ação de microorganismos. O concreto é um material bioreceptivo, devido às condições de rugosidade, porosidade, umidade e composição química, as quais podem ser combinadas com as condições ambientais, como temperatura, umidade e luminosidade e outros agentes provedores da biodeterioração do concreto”.

A Norma Regulamentadora (NBR) nº 6118/2014, apresenta a vida útil de uma estrutura de concreto e também os devidos procedimentos para execução deste material.

É preciso considerar que o tempo está relacionado ao fator clima e as condições ambientais, fatores que influenciam diretamente todo o funcionamento de um sistema construtivo, seja com a localização, as chuvas e as variações climáticas.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Conforme salientado na introdução, a pretensão é demonstrar através de um estudo prático como os estudos sobre patologias são importantes para a vida útil de uma construção. Tal pesquisa foi realizada na Ponte de Freitas, conhecida na região como “Ponte caída”, localizada no bairro rural de Freitas na cidade de Carmo de Minas-MG.

A Ponte de Freitas foi construída no início dos anos 60, sobre o Rio Verde e permitia ligar duas cidades, Soledade de Minas e Carmo de Minas. O empreendimento possibilitou que a população do bairro rural pudesse transitar livremente pelo local, o que até o momento viabilizou o desenvolvimento da região. Todavia, em 2006 tudo mudou, pois a ponte acabou cedendo e não foi construída outra no lugar, dificultando em muito a vida da população, que sempre se arriscava atravessando de um lado para o outro em seus escombros, fator que fez com que o bairro aos poucos se tornasse esquecido, comércios foram fechando e pessoas se mudando. Hoje em dia, com a impossibilidade de transposição, para se atravessar de um lado pro outro, é necessário dar uma volta de mais de 30 quilômetros.

Figura 1 - Localização da ponte



Fonte: Google Earth

Para início da pesquisa, foi realizada uma vistoria técnica no local e feito um relatório fotográfico, pontos primordiais, pois são quesitos importantes para se entender o que aconteceu no local.

4. RESULTADOS

Falando de engenharia, após a visita do local puderam ser constatados vários fatores que levaram à construção a ruína, destacando-os:

4.1 Falha Humana

Antes de todos os fenômenos, é de fundamental importância salientar a ação humana no ocorrido, do projeto e de sua execução. A falta de planejamento pode ter sido uma das principais causas do ocorrido,

Segundo Silva e Jonov (2011), projetos mal elaborados correspondem a 18% das origens das manifestações patológicas no Brasil e como citado, falhas na execução correspondem a 51%. Os profissionais envolvidos não levaram vários quesitos importantes no momento do projeto. A ponte possuía um vão livre de mais de 50 metros, possuindo apenas dois pilares de apoio em suas laterais, a construção de um pilar central possivelmente não foi considerada, talvez pelo fato de os projetistas considerarem que isso seria complexo e não crerem no desenvolvimento da região. O tabuleiro possuía uma camada muito fina de concreto, bem como uma ferragem sem padrão de locação e muito fraca pela demanda que viria a ser necessário.

Um outro fator chave, pode ter sido a falta de fiscalização na região, pois não se teve um controle de tráfego na ponte, não houve interdições, nem vistorias periódicas para se avaliar a segurança da estrutura, ela acabou desmoronando em plena atividade. Vistorias estas que estão previstas na NBR 9452/2016, onde se é detalhado de como e quando devem ser realizadas estas inspeções, ela diz:

Inspeção de acompanhamento periódico, visual, sem utilização de equipamentos e/ou recursos especiais para análise ou acesso, realizada em prazo não superior a um ano. Na inspeção rotineira deve ser verificada a evolução de anomalias já observadas em inspeções anteriores, bem como novas ocorrências, tais como reparos e/ou recuperações efetuadas no período.

Então presumivelmente não ocorreram visitas por parte das autoridades no tempo que determina a norma.

4.2 Ferragens (agentes mecânicos) e agentes (produtos) químicos

O aço quando utilizado na construção de uma ponte tem como objetivo proporcionar o equilíbrio e o bom funcionamento do sistema construtivo, entretanto quando não é trabalhado de forma correta, se porventura não se segue as normas existentes, coloca-se em risco toda a conformação do processo. Foi provavelmente o que aconteceu no local, a falha no uso deste material foi um fator decisivo para a ineficiência do sistema. As principais patologias causadas por agentes mecânicos observadas foram as fissurações por esforços de flexão, esmagamento, flexo compressão, cisalhamento, torção e tração, anormalidades estas que possivelmente podem ter sido aceleradas pelo contato direto com produtos químicos

derramados por veículos ou pela população local. A figura 1 apresenta um detalhamento das nervuras de aço utilizadas no local.

Figura 2 - Detalhamento de ferragem



Fonte: o autor

Como é perceptível na imagem foi utilizado aço de fator CA-25, pois as bitolas ali presentes são lisas. Segundo a NBR 7480/2007: “a categoria CA-25 deve ter superfície obrigatoriamente lisa desprovida de qualquer tipo de nervuras ou entalhes”. Este material apresenta um grau de resistência menor do que realmente era necessário para o espaço em questão, deveriam ser utilizadas barra de aço de fator CA-50 e CA-60.

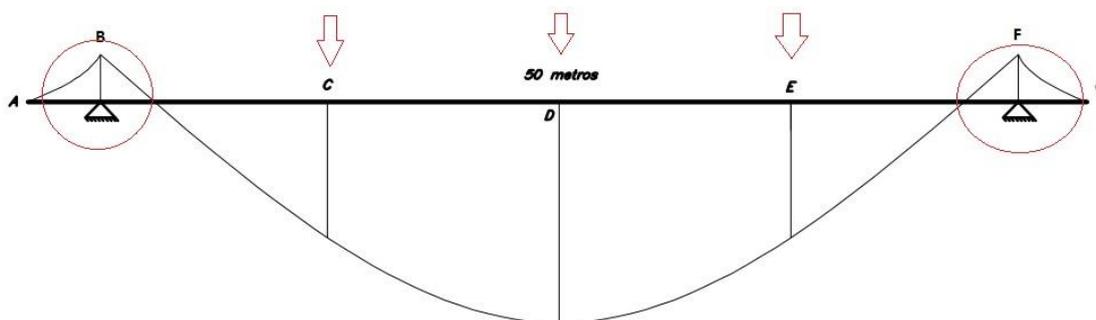
Em destaque do que foi supracitado, uma camada muito fina de concreto não conseguindo cumprir sua função de “proteger” as ferragens. As malhas de ferro não possuíam padrão de locação, sem a utilização adequada de barras no sentido transversal e também sem uma distância específica de uma nervura para outra, as bitolas também possuíam diâmetros diversos sem um padrão de milimetragem. A NBR 7480 é bem clara quanto a espaçamentos e seções transversais de aço, nela é aferido que “barras de aço da categoria CA 50 são obrigatoriamente providas de nervuras transversais oblíquas” e “os eixos das nervuras transversais oblíquas devem informar com a direção do eixo da barra um ângulo entre 45° e

75°". Todos estes fatores foram prejudiciais para o bom funcionamento do sistema, que acabou não suportando a demanda.

4.3 Sobrecarga

A dinâmica estrutural foi um dos grandes problemas ao longo do tempo, com o desenvolvimento da região, o sistema da ponte foi se sobrecarregando, não suportando a quantidade de cargas que sofrera ao longo de seu tabuleiro. Segundo Silva e Jonov (2011), a utilização inadequada de uma edificação corresponde a 13% das patologias no Brasil. Novamente é válido salientar que na parte de planejamento não houve esta previsão, nos esquemas a seguir será mais fácil de se entender a distribuição das cargas:

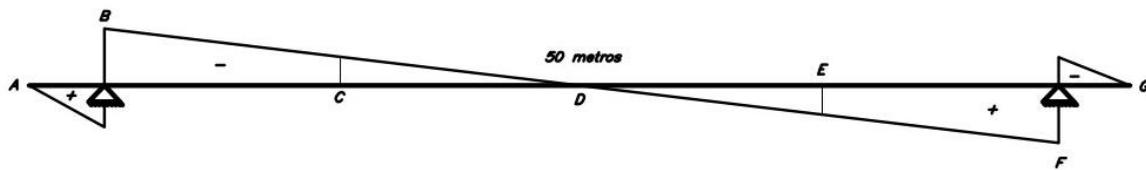
Figura 3 - Momento Fletor



Fonte: o autor

No esquema é destacado os momentos fletores da construção, o vão livre é muito grande, exigindo uma força muito grande do sistema principalmente no ponto “D”, que resistia sozinho aos esforços, ao contrário dos outros pontos que tinham apoio dos pilares. A falta de um pilar central foi um dos pontos chaves para o ocorrido, pois foi ali o primeiro ponto de ruptura da estrutura, verificando também o esforços cortantes:

Figura 4 - Esforço cortante



Fonte: o autor

Se analisarmos, é observável que o ponto “D” não tem onde distribuir a carga aplicada nele. Todos estes fatores contribuíram para o surgimento de patologias, neste com as primeiras trincas e rachaduras, seguindo com o raciocínio. Como houve sobrecarga no sistema, pode-se perceber também uma sobrecarga nos dois pilares, que além de tudo sofreram com dois fenômenos que serão detalhados a seguir.

4.4 Empuxo e recalque

Pelo princípio de Arquimedes é definido como empuxo a força exercida por um fluido sobre um objeto mergulhado total ou parcialmente nele, sempre apresentando direção vertical e sentido para cima.

Aplicando o conceito no caso, é possível dizer que os pilares da ponte não suportaram o empuxo do solo e da água, o que fez com que ele sofresse o fenômeno chamado recalque. Segundo Yopanan (2008), recalque é “a deformação que ocorre no solo quando submetido a cargas. Essa deformação provoca movimentação na fundação que, dependendo da intensidade, pode resultar em sérios danos à superestrutura”. Foi o caso do que ocorreu no local, como pode ser observado na figura a seguir:

Figura 5 - Análise de Empuxo e Recalque



Fonte: o autor

A estrutura sofre a força do empuxo feita pelo solo, seguido de um recalque muito forte influenciado por ele e pela movimentação do solo causada pela água do rio, provocando o deslocamento do alicerce da edificação. Isso fez com que os agentes mecânicos trabalhassem além de seu limite, criando assim diversos tipos de patologia e levando a pontos de ruptura e o desmembramento do tabuleiro de seu travamento, o mesmo aconteceu do outro lado.

4.5 Meio Ambiente e os Agentes Hídricos

O agente hídrico, mais precisamente a água, é um fator importante na vida útil de uma ponte, afinal elas são construídas para que fosse possível transpor terrenos separados por ela. Quando em contato direto com o material, a água pode penetrar nas estruturas e invadir todo o sistema construtivo, agindo na sua maioria com infiltrações causando um fenômeno chamado lixiviação, que seria a perda da resistência e agressões estéticas na estrutura, levando a corrosão das barras de aço e pôr um fim podendo levar a construção a ruína.

As condições ambientais, o rio e as recorrentes chuvas podem ter sido grandes fatores para o insucesso da obra, causando diversas patologias na sua infraestrutura e superestrutura, como infiltrações, desbotamento, carbonatação e processo de ferrugem das malhas de ferro, além de provocar o deslocamento do solo enfraquecendo o sistema por completo.

4.6 Tempo

O fator cronológico teoricamente também foi um fator determinante para o ocorrido, com o passar dos anos toda a estrutura foi se fragilizando, as diferentes causas ambientais e os materiais totalmente vulneráveis acabaram entrando em processo de degradação, como o concreto, a corrosão das malhas de aço e a movimentação do solo até fazer com que todo o sistema entrasse em colapso.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste momento é oportuno salientar a diferença que um bom profissional de engenharia pode fazer, aspectos como os que foram citados devem ser previstos antes de qualquer processo construtivo. Um estudo prático aprofundado como este a respeito das patologias pode ajudar profissionais recém formados a tomarem boas decisões no mercado de trabalho, pois saber lidar com elas é a chave do triunfo para qualquer trabalhador graduado da área.

Visitando a região e após um estudo, foi possível se encontrar algumas possibilidades de solução para o ocorrido. Apesar de tudo, o concreto ainda é o material ideal para este tipo construtivo.

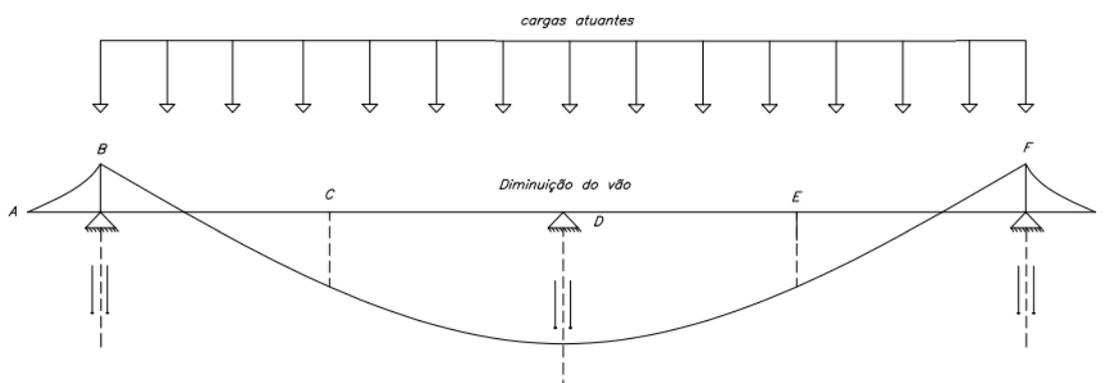
A ponte tinha sido construída com concreto armado e, apesar da grande versatilidade, ele apresenta algumas limitações, uma delas seria a abertura de grandes vãos que limita seu uso em pontes. Em uma hipótese de reconstrução da ponte, o cenário ideal seria fazer um projeto de “Ponte Classe 30” utilizando o concreto protendido, que é definido por Figueiredo Filho (2014) como um processo de aplicar pré tensões no concreto utilizando macacos hidráulicos, onde são aplicadas nas peças estruturais e nos materiais de construção, podendo talvez dispensar o pilar central. Seria o cenário ideal, pois é um método moderno, maximiza o potencial do aço, minimizando o trabalho dos agentes mecânicos e evitando o aparecimento de disfunções.

Outros dois quesitos são que na protensão não existe patamar de escoamento e nela seu fornecimento pode ser em grandes comprimentos, na forma de fios e cordoalhas, impedindo conflitos relacionados às emendas de armaduras.

Para finalizar vale destacar que na protensão é utilizado um FCK de valor alto, pois assim pode se obter seções protendidas capazes de resistir a momentos fletores em aplicação quatro vezes maiores que suas similares em concreto armado. Essa ideia vai na mesma direção no sentido de vencer grandes vãos, ou seja, com tais fatos fica claro que para construções do tipo ponte é melhor usar concreto protendido.

Entretanto, é sabido que um engenheiro civil na maioria das vezes não irá trabalhar com o que deveria ser o “exato”, mas sim com o que é possível, então se fosse para manter o concreto armado seria necessário a construção de 3 pilares, sendo um deles dentro do rio e os outros dois mais afastados de suas margens para aliviar o empuxo, diminuir o recalque causado pela água e também o momento fletor, como no exemplo a seguir:

Figura 6 - Momento Fletor



Fonte: o autor

Analisando o cenário dos dias de hoje, a solução rápida e precisa seria a construção de uma passarela de estrutura metálica. Como a região sofreu grande êxodo de pessoas e negócios, um empreendimento de grande porte se tornaria um “Elefante Branco” com o passar do tempo, então a passarela solucionaria grande parte do problema, além de ser bem mais barata que as outras duas opções.

Ainda que o projeto apresente uma gama de informações, estudos mais aprofundados são necessários, como estudos geológicos, ensaios geotécnicos, além dos cálculos, porém percebeu-se os caminhos que um profissional deve tomar ou não e que os estudos de

patologias é importantíssimo para o sucesso de qualquer empreendimento, sejam eles uma ponte de concreto ou não.

PATHOLOGIES IN CONCRETE BRIDGES: practical analysis of anomalies in concrete
bridges

ABSTRACT

This work describes and analyzes the pathologies in concrete bridges together with a practical analysis of their respective anomalies. Such an approach is necessary to demonstrate the importance of this type of construction in order to unravel the constructive problems it brings and their respective consequences. This intent was achieved through a case study in a work known here in the region where I live, the famous “Cascade Bridge” located in the rural neighborhood of Freitas in the city of Carmo de Minas. The research showed that the pathologies must be studied before the execution of a construction, the construction site must be very well mapped and also the project part must be very well planned and coherent with the planned building and its location.

Keywords: Bridges. Pathologies. Analysis.

REFERÊNCIAS

C. P. Rebello, Yopanan. **Fundações:** Guia prático de projeto, execução e dimensionamento. 1º Edição. São Paulo: Editora Zigurati, 2008.

Chust Carvalho, Roberto; Rodrigues de Figueiredo Filho, Jasson; **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado:** Segundo a NBR 6118:2014. 4º Edição. São Carlos, SP. Editora Edusfcar, 2014.

RIPPER, Ernesto. Como evitar erros na construção. 3º edição. São Paulo: Editora Pini, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NB 6: Cargas móveis em pontes rodoviárias. Rio de Janeiro: ABNT, 1960.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7188: Carga móvel rodoviária e de pedestres em pontes, viadutos, passarelas e outras estruturas. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

O que é concreto? Portal do Concreto, 2018. Disponível em: <https://www.portaldoconcreto.com.br/o-que-e-concreto#:~:text=Concreto%20%C3%A9%20basicamente%20o%20resultado,%2C%20formando%20um%20bloco%20monol%3%ADtico>.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7187: Pontes de concreto armado e concreto protendido. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

Blog Mapa da Obra. Votorantim. Concreto Protendido: Por que usá-lo em pontes?. 26 de Maio de 2016. Disponível em: <https://www.mapadaobra.com.br/concreto-protendido-por-que-usa-lo-em-pontes/>
Santelmo Camilo.

Protensão viabiliza pontes e viadutos com grandes vãos. AECweb. Ano desconhecido. disponível em: <https://www.aecweb.com.br/revista/materias/protensao-viabiliza-pontes-e-viadutos-com-grandes-vaos/14942>

NIELS JØRGEN JACOBSEN. Dinâmica estrutural. Brüel & Kjær. Disponível em: <https://www.bksv.com/pt/knowledge/applications/structural-dynamics>.

Júnior, Joab Silas da Silva. "O que é empuxo?" Brasil *Escola*. Disponível em: <https://brasile scola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-e-empuxo.htm>.

R.C. Hibbeler. Resistência dos materiais. 5º edição. Editora: Pearson, 2003.

CIPADOC, agentes químicos. Disponível em: www.fea.unicamp.br/sites/fea/files/cipa/CIPADOC-agentes-quimicos.pdf

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12655: Concreto de cimento Portland — Preparo, controle, recebimento e aceitação — Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9452: Inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12654: Controle tecnológico de materiais componentes do concreto - procedimento. ABNT, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575: Norma de desempenho. ABNT, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7480: Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado. ABNT, 2007.