

**FACULDADE IMPACTO DE PORANGATU - FIP
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**VALDEMIR FERREIRA DA SILVA
THAYSA HENZ**

**Pontes de concreto armado: Utilizando como referência a ponte sobre o Rio
Tocantins localizada na To-070, km 049**

VALDEMIR FERREIRA DA SILVA
THAYSA HENZ

Pontes de concreto armado: Utilizando como referência a ponte sobre o Rio
Tocantins, localizada na TO-070, km 049

Artigo apresentado como requisito para a
Conclusão de Curso de Engenharia Civil
da Faculdade Impacto de Porangatu – FIP.

Orientadora: Prof.^a: Esp. Zilda Maria
Leverger Vascelos Pierre
Coorientador: Prof.^o: Me. Claudio Prado
Pereira Valle

Porangatu–GO
2024

**VALDEMIR FERREIRA DA SILVA
THAYSA HENZ**

Pontes de concreto armado: Utilizando como referência a ponte sobre o Rio Tocantins, localizada na TO-070, km 049

Artigo apresentado como requisito para
a Conclusão de Curso de Engenharia
Civil da Faculdade Impacto de Porangatu
- FIP

Porangatu-GO, 21 de maio de 2024

Banca Examinadora

Prof. ^a Esp. ZILDA MARIA LEVERGER VASCOCELOS PIERRE
Orientadora

Prof.º Me. CLAUDIO PRADO PEREIRA VALLE
Examinador

Prof.º Esp. ELI JUNIOR MARQUES DE JESUS
Examinador

Pontes de concreto armado: Utilizando como referência a ponte sobre o Rio Tocantins, localizada na TO-070, km 049

Valdemir Ferreira da Silva¹

Thaysa Henz²

Prof.^a: Esp. Zilda Maria Leverger Vascellos Pierre³

Resumo

As pontes surgiram de forma natural, na maioria das vezes ocasionadas pela queda de uma árvore sobre um curso de água. Posteriormente o homem aperfeiçoou os “incidentes” naturais e passou a criar outras pontes feitas de troncos, de pedras e pranchas associando-as a tantos outros recursos disponíveis na natureza, como cipós, cordas, pedras e travas feitas com pedaços de madeira, para que estas não fossem derrubadas facilmente permitindo a ida e a volta para o destino. Devemos levar em consideração que ao longo das décadas e com o avanço tecnológico passamos a ter uma gama de possibilidades estruturais para as pontes. Uma ponte pode ser definida como meio de conduzir o tráfego entre dois pontos separados por um obstáculo. E seu tráfego pode ser de pedestres ou de veículos, necessitando de pista ou leito para trilhos, iluminação e sistema de proteção. De qualquer modo, a ponte deve atender normas para um tráfego fluido e seguro, tais quais se referem a: velocidade, segurança e conforto. O projeto deve estar adequado para atendê-las.

Palavras-chave: Travessia; Ligação; Arco; Madeira; Concreto.

Abstract

Bridges emerged naturally, most often caused by the fall of a tree into a watercourse. Later, man improved the natural “incidents” and started to create other bridges made of logs, stones and planks, associating them with many other resources available in nature, such as vines, ropes, stones and latches made from pieces of wood, so that these could not be easily knocked down, allowing people to travel back and forth to their destination. We must take into account that over the decades and with technological advances we have come to have a range of structural possibilities for bridges. A bridge can be defined as a means of carrying traffic between two points separated by an obstacle. And its traffic can be pedestrian or vehicular, requiring a track or track bed, lighting and protection system. In any case, the bridge must meet standards for fluid and safe traffic, such as: speed, safety and comfort. The project must be suitable to meet them.

Keyword: Crossing; Connection; Bow; Wood; Concrete

¹ Graduando em Engenharia Civil pela Faculdade Impacto de Porangatu - FIP.
E-mail: eletproj@gmail.com

² Graduando em Engenharia Civil pela Faculdade Impacto de Porangatu - FIP.
E-mail: thaysahenz@hotmail.com

³ Especialista em Engenharia Civil da Faculdade Impacto de Porangatu - FIP.
E-mail: zildaleverger@gmail.com

1 Introdução

O surgimento das pontes se originou de forma espontânea, com a queda das árvores sobre os rios, dessa forma possibilitando transpor um curso de água. No entanto relatos da literatura demonstram indícios da construção das pontes em arco desde 4000 a.C. na Mesopotâmia e Egito e, mais tarde, na Pérsia e na Grécia (cerca de 500 a.C.). A estrutura mais antiga construída pelo homem e que chegou aos nossos dias foi a ponte de pedra, feita em arco, no Rio Meles, na região de Esmirna, na Turquia, construída século IX a.C. (Org.Br 2008)

Ao longo dos anos a construção de pontes e viadutos permitiram a conexão entre localidades separadas por obstáculos como vales, cursos d'água ou regiões montanhosas, contribuindo diretamente no desenvolvimento urbano pela viabilidade de fluxo contínuo de pessoas e o transporte de cargas, uma vez que garantiu travessia permanente com menor percurso. Denominadas Obras de Arte Especiais - OAEs, as pontes possuem características estruturais, construtivas e funcionais específicas, e demandam consideráveis habilidades técnicas e criativas para seu projeto, execução e manutenção (MITRE, 2005).

Com o desenvolvimento da sociedade, o deslocamento entre pontos verificou-se a necessidade de transpor obstáculos geográficos. Obstáculos esses que, em sua maioria, eram rios, riachos e vales, para superar os mesmos, surgiram as primeiras construções de pontes. As primeiras pontes tinham como materiais de construção pedra e madeira. Com o desenvolvimento tecnológico o concreto e do aço tornaram os principais materiais da construção de uma ponte e conseqüentemente ganharam novas formas. Atualmente, para que pontes sejam edificadas, há uma série de exigências estabelecidas, técnicas construtivas e necessidade de materiais de alto nível de resistência e performance. Os tipos estruturais das pontes são estudados minuciosamente com o objetivo de garantir durabilidade e segurança.

Devemos levar em consideração dois aspectos sobre o comportamento das pontes: primeiro como a estrutura se deforma sob a atuação de uma determinada carga e, segundo, como as cargas caminham ao longo das pontes. Ambos os requisitos englobam os princípios básicos de concepção de uma ponte, e podem resultar em sérias conseqüências, se não aplicados corretamente. Entre tantas premissas, há também outro aspecto fundamental: a qualidade do projeto. A qualidade

pode ser medida de acordo com os pontos implícitos no projeto, que são: funcional, estrutural, econômico e estético. E o ideal é que nenhum aspecto do projeto fuja dessas finalidades.

O Tocantins é um estado com menos de 40 anos e já é considerado uma fronteira agrícola em ascensão, à frente de estados com a produção de grãos consolidada há décadas. Por seu grande potencial logístico, pois está próximo dos portos do Nordeste brasileiro, e por possuir um sistema viário em boas condições e um sistema ferroviário em evolução, a nova ponte busca fortalecer ainda mais o sistema logístico do Tocantins e assim contribuir com o desenvolvimento econômico do Estado do Tocantins.

O Site Governo do Estado do Tocantins (2021) publica:

A região de Porto Nacional é uma das maiores produtoras de soja no Estado. Na safra 2016/2017, foram colhidas 432 mil toneladas da oleaginosa, isso corresponde uma produtividade de 2,9 kg por hectare, em uma área de 150 mil hectares. O presidente da Associação dos Produtores de Soja e Milho do Tocantins (Aprosoja), Maurício Buffon, comemorou a notícia e disse que essa era uma das demandas da entidade para com o Governo do Estado. “O setor produtivo de grãos dessa região está muito prejudicado com a limitação de peso da ponte. Essa limitação faz com que o acesso ao terminal ferroviário fique mais difícil e o frete seja mais caro. A construção da nova ponte vai impactar diretamente o agronegócio da região de Porto Nacional, pois teremos acesso fácil à principal rodovia do estado e ao terminal ferroviário. Isso facilita o escoamento de nossa produção”.

Desta forma, este trabalho tem por objetivo demonstrar a estrutura utilizada para construção da referida ponte.

2 Metodologia

A pesquisa foi realizada diretamente na ponte sobre o Rio Tocantins, em Porto Nacional/TO, na rodovia TO – 070, Km 049 que faz a ligação para Porto Nacional, foi realizada diversas visitas *in loco*, com observações para compreender a situação atual da ponte sobre o Rio Tocantins e as implicações de uma nova estrutura para a região de Porto Nacional, Tocantins.

Para a coleta de dados, foram utilizadas ferramentas específicas, incluindo uma câmera fotográfica digital.

Com base nas descobertas obtidas Martinez *et al.*, (2020), afirmam que esperam que se formulem recomendações sólidas e respaldadas por evidências para o desenvolvimento da nova estrutura.

3 Referencial teorico

As pontes de concreto desempenham um papel crucial na infraestrutura rodoviária, conectando regiões e facilitando o fluxo de pessoas e mercadorias. No contexto específico da Ponte sobre o Rio Tocantins, na rodovia TO-070, em Porto Nacional, Estado do Tocantins, a engenharia civil e a tecnologia de construção de pontes desempenham um papel fundamental. Essa estrutura representa um elo vital para a região, superando desafios geográficos e hidrológicos únicos, enquanto suporta uma carga constante de tráfego rodoviário.

O referencial teórico relacionado a essa ponte abrange aspectos como o projeto estrutural de pontes de concreto, os métodos de construção empregados em ambientes fluviais, bem como as considerações ambientais e de sustentabilidade associadas a uma infraestrutura de tamanha importância. Além disso, a manutenção e inspeção periódica dessas pontes são cruciais para garantir sua segurança e longevidade, refletindo a contínua evolução da engenharia civil na busca por soluções eficazes em infraestrutura.

3.1 Construção de pilares em meio aquático

A construção de pilares de pontes em meio aquático (Figura 1) é um desafio complexo e crucial na engenharia civil. Esse processo envolve a criação de suportes robustos e estáveis que sustentam a estrutura da ponte, permitindo que ela atravesse rios, lagos ou outras massas de água.

Para Julien (2018), antes de iniciar a construção de pilares de pontes em meio aquático, é essencial realizar estudos preliminares para avaliar a viabilidade do projeto e entender o ambiente em que a ponte será construída. Isso envolve a análise da topografia do local, a profundidade e o tipo de solo do leito do corpo d'água, a força das correntes e a previsão de eventos climáticos extremos, como enchentes.

Uma das partes mais críticas da construção de pilares em meio aquático é a criação de fundações adequadas para os pilares da ponte. Segundo, Peck, Hanson e Thornburn (1974), isso geralmente envolve a perfuração de estacas ou a criação de caixões de concreto no leito do rio ou lago. A seleção do método de fundação depende das condições geotécnicas do local.

Figura 1 – Pilares da ponte em Porto Nacional-TO, sobre o Rio Tocantins.



Fonte: Autoria Própria (Valdemir F. Silva, 2023)

Portanto, para Hurd (2019), a construção dos pilares em si requer a criação de cofragens temporárias, que servem como moldes para o concreto. Essas estruturas de cofragem são projetadas para resistir às forças da água e das correntes durante o processo de concretagem.

O concreto é despejado nas cofragens para formar os pilares. A mistura de concreto deve ser projetada para resistir à corrosão causada pela exposição à água e ao ambiente aquático. Além disso, Alexander e Beushausen (2019), explicam que as medidas de proteção, como revestimentos à prova d'água e sistemas de proteção catódica podem ser aplicadas para aumentar a durabilidade dos pilares.

Newman e Piatt (1998), esclarecem que todo o processo de construção, é importante monitorar o impacto ambiental da obra, para garantir a conformidade com regulamentações ambientais e proteger ecossistemas aquáticos sensíveis. Isso pode incluir a instalação de barreiras de contenção de sedimentos e a implementação de medidas de controle de erosão.

Portanto, a construção de pilares de pontes em meio aquático é um empreendimento complexo que envolve uma combinação de engenharia civil, geotecnia e preocupações ambientais. Através de planejamento cuidadoso e uso das melhores práticas, é possível construir pontes duráveis e seguras que conectem as comunidades e promovam o desenvolvimento econômico. Por isso, a importância de discorrer sobre os alicerces de pilares das pontes.

3.2 Alicerces de pilares das pontes

Os alicerces de pilares de pontes desempenham um papel crucial na estabilidade e na capacidade de carga das estruturas. Entre os métodos de fundação utilizados para suportar esses pilares, dois dos mais comuns são os tubulões e os caixões. Esses métodos contribuem na estabilidade e segurança das pontes, proporcionando uma base sólida para suportar as cargas estáticas e dinâmicas impostas pela estrutura.

3.2.1 Tubulões

Tubulões são estruturas cilíndricas, geralmente feitas de concreto armado, que são escavadas abaixo da superfície do solo para atingir uma camada de solo ou rocha resistente. Eles são usados quando o solo superficial não é adequado para suportar as cargas da ponte.

Para Braja (2023), as características dos tubulões são:

Versatilidade Geotécnica: Os tubulões podem ser adaptados para diferentes condições do solo, permitindo que sejam utilizados em uma variedade de ambientes geotécnicos, desde solos moles até rochas duras.

Profundidade Variável: A profundidade dos tubulões pode ser ajustada de acordo com a capacidade de carga exigida e a resistência do solo disponível.

Controle de Qualidade: A construção de tubulões permite um melhor controle de qualidade, pois é possível inspecionar a escavação e o concreto durante o processo de instalação.

Segundo Xue e Wang (2019), alguns pontos-chaves sobre os tubulões são:

Escavação e concretagem: Os tubulões são escavados por meio de métodos como escavação manual, mecânica ou hidráulica. Uma vez atingida a profundidade desejada, eles são preenchidos com concreto armado para formar uma base sólida e resistente.

Princípios de funcionamento: A carga da ponte é transmitida do pilar para o tubulão, que, por sua vez, transmite essa carga para as camadas mais profundas do solo ou rocha. A resistência do solo ou rocha é fundamental para a estabilidade da ponte.

3.2.2 Caixões

Os caixões são estruturas retangulares ou quadradas, geralmente feitas de concreto armado, que são cravadas no solo ou no leito de rios para servir como alicerces para os pilares da ponte. Eles são frequentemente usados em áreas onde a água está presente ou onde o solo é instável. Peck, Hanson e Thornburn (1974), citam que os caixões têm dois aspectos importantes:

Cravação e Concretagem: Os caixões são geralmente cravados no solo ou no leito de rios até atingirem a profundidade adequada. Eles são, então, preenchidos com concreto armado para formar uma base sólida.

Princípios de funcionamento: Assim como os tubulões, os caixões transferem a carga dos pilares da ponte para o solo ou o leito do rio. A estabilidade dos caixões depende da capacidade de carga do solo ou da resistência à erosão do leito do rio.

Chen e Duan (2014), esclarecem três características básicas para os caixões:

Estabilidade em Ambientes Aquáticos: Os caixões são ideais para locais com presença de água, como rios, lagos e mares, pois podem ser afundados no leito do corpo d'água e ancorados com precisão.

Resistencia a Cargas Axiais e Laterais: Caixões são capazes de suportar tanto cargas axiais quanto laterais, tornando-os adequados para pontes sujeitas a forças dinâmicas, como vento e correnteza.

Proteção Ambiental: Eles podem ser projetados para minimizar o impacto ambiental, protegendo o ecossistema aquático durante a construção.

A escolha entre esses alicerces (tubulões ou caixões), depende das condições geotécnicas do local, das características da ponte e dos fatores ambientais envolvidos. No entanto, é importante mencionar como é feito a fundação submersa.

3.3 Forma de construção da fundação submersa

A construção da fundação submersa envolve uma série de passos meticulosos e desafiadores. Primeiro, uma área no leito do corpo d'água é preparada, muitas vezes, por meio da remoção de sedimentos e detritos. Em seguida, são criados cofres ou estruturas temporárias à prova d'água para permitir o acesso à área de trabalho submersa.

Durante esse processo, as fundações, como caixões ou tubulções de concreto são afundadas e fixadas no solo ou em leito rochoso, garantindo uma base sólida para a estrutura acima da água.

A construção submersa requer uma expertise técnica especializada, juntamente com equipamentos e técnicas de engenharia avançadas para garantir a estabilidade e a durabilidade da fundação em ambientes aquáticos desafiadores. Para que isso ocorra é necessário fazer a terraplanagem.

3.3.1 Terraplanagem e escavação preliminar

A terraplanagem e a escavação preliminar são etapas cruciais no ciclo de construção de infraestrutura civil e edifícios. A preparação do terreno de forma adequada é fundamental para assegurar a estabilidade das fundações e a segurança global da estrutura.

Para Gambhir (2005), a terraplanagem envolve a remodelagem do terreno natural para atender às especificações do projeto incluindo cálculos de volume, compactação de solo, técnicas de nivelamento e uso de maquinário pesado.

Enquanto a escavação preliminar, segundo Capachi (2011), compreende a remoção de materiais indesejados como rochas, solo ou detritos, para preparar o local de construção, seguindo padrões de segurança e regulamentos.

Ambas as práticas requerem uma compreensão profunda da mecânica do solo, considerações geotécnicas e o uso adequado de equipamentos de construção. Porém, é essencial consultar normas técnicas relevantes, como as da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), para garantir que as atividades de terraplanagem e escavação preliminar estejam em conformidade com os padrões de segurança e qualidade estabelecidos. A próxima etapa consistirá na descrição detalhada da instalação das formas e na montagem das armaduras.

3.4 Instalação das formas e na montagem das armaduras

A instalação das formas e a montagem das armaduras desempenham uma função primordial na qualidade e na integridade da obra. As formas são moldes temporários que definem a forma e a geometria da estrutura de concreto que, segundo Oberlender (2014), depende de uma instalação adequada das formas para garantir

que o concreto seja colocado de maneira uniforme e que a estrutura final atenda aos requisitos de projeto.

A montagem de armaduras também conhecida como armação de aço, é o processo de posicionar e amarrar barras de aço estrutural (normalmente conhecidas como vergalhões ou barras de reforço) de acordo com as especificações de projeto em uma estrutura de concreto armado antes da concretagem. Wight e MacGregor (2018), explicam que as armaduras de aço são essenciais para conferir resistência à tração, à estrutura, uma vez que o concreto é muito forte em compressão, mas relativamente fraco em tração. Agora, será realizada a descrição da concretagem da primeira seção.

3.5 Concretagem da primeira seção

A Concretagem da primeira seção (Figura 2) de uma estrutura de concreto segue um processo geralmente semelhante ao da concretagem de outras seções. No entanto, as etapas específicas podem variar dependendo do tipo de estrutura e das especificações do projeto.

Figura 2 – Concretagem da Primeira Seção



Fonte: Autoria Própria (Valdemir F. Silva, 2023)

Para Helene (2023), é necessário, inicialmente, preparar o terreno. Isso pode envolver a escavação, nivelamento e compactação do solo, bem como a instalação de formas para moldar o concreto na forma desejada. Logo em seguida, é realizada a

instalação de armaduras: Em muitos casos, é necessário instalar armaduras de aço para reforçar a estrutura de concreto. As armaduras ajudam a dar resistência à estrutura e a prevenir rachaduras.

De acordo com Neville e Brooks (2013), para essa etapa, o concreto é preparado, misturando cimento, areia, brita e água. Às vezes, também são adicionados aditivos para melhorar as propriedades do concreto, como a sua resistência. Logo após esse processo, o concreto é lançado nas formas preparadas e espalhado uniformemente, geralmente, com o uso de bombas de concreto, devido a grandeza do projeto.

Complementando, para Neville e Brooks (2013), após o lançamento, o concreto é adensado para remover bolhas de ar e garantir que ele preencha todos os espaços na forma. Isso pode ser feito com vibradores de concreto.

O acabamento envolve a criação da superfície desejada para o concreto, incluindo alisamento, texturização ou aplicação de tratamentos especiais, dependendo do projeto. Mindess e Young (2014), citam que o concreto deve ser adequadamente curado para garantir sua resistência e durabilidade. Isso geralmente envolve a manutenção de condições úmidas e controladas de temperatura por um período específico.

3.6 Escavação sob ar comprimido

A escavação com ar comprimido é um método utilizado na engenharia civil e na construção para a escavação de solos em áreas subterrâneas ou confinadas, onde as condições de trabalho são desafiadoras e a segurança dos trabalhadores é uma preocupação primordial. Nesse processo, o ar comprimido é introduzido no solo para remover e deslocar os materiais, criando um espaço vazio para a construção de túneis, poços, galerias ou fundações de edifícios.

Para Kuesel, King e Beard (1996), a técnica de escavação com ar comprimido envolve o uso de uma câmara de trabalho pressurizada onde os trabalhadores podem entrar e sair com segurança. O ar comprimido é fornecido nessa câmara para equalizar a pressão do ar com a pressão do solo circundante, o que impede o colapso das paredes da escavação. A pressão é mantida constantemente enquanto a escavação progride, e o solo escavado é transportado para fora da câmara por meio de transportadores ou outros métodos.

Após a conclusão da primeira seção tubular concretada, a campânula é instalada sobre o tubulão em construção. A partir desse ponto, a escavação prossegue sob condições de ar comprimido, avançando geralmente em segmentos de 1 a 1,5 metros.

A campânula é removida para permitir a concretagem de novas seções do tubulão. Cada segmento é construído seguindo a mesma composição de armadura e moldes internos e externos. Esse ciclo de concretagem, escavação e concretagem se repete até que a profundidade especificada no projeto seja alcançada ou determinada pela inspeção.

3.6.1 Campânula de ar comprimido

A utilização de campânulas de ar comprimido na construção de pontes é uma técnica amplamente empregada na engenharia civil para facilitar a execução de fundações subaquáticas e para proteger trabalhadores durante o processo de construção. Segundo, Whitman (2012), este método permite criar uma atmosfera pressurizada sob a água, permitindo a realização de atividades subaquáticas de construção com relativa segurança e eficiência.

O'Brien e Shaukat (2013), explicam que as campânulas de ar comprimido são estruturas cilíndricas ou esféricas que são abaixadas na água até atingirem o leito do rio ou do oceano. Através de compressores de ar, o espaço interno da campânula é preenchido com ar comprimido, criando uma pressão que permite que os trabalhadores entrem e trabalhem no ambiente subaquático. Esta técnica é particularmente útil em situações em que a construção de uma estrutura de fundação, como pilares ou estacas, é necessária em águas profundas ou onde não é viável usar métodos de escavação tradicionais.

Al-Mahaidi e Hadi (1998), explanam que as principais aplicações e considerações associadas ao uso de campânulas de ar comprimido na construção de pontes são:

Fundações Subaquáticas: As campânulas de ar comprimido são frequentemente usadas para instalar fundações subaquáticas, como estacas ou caixões de concreto, que servirão como suportes para as estruturas da ponte. Isso é particularmente importante em áreas onde a estabilidade do solo subaquático é precária.

Segurança dos Trabalhadores: A pressurização das campânulas de ar comprimido cria um ambiente onde os trabalhadores podem operar sob a água com segurança, evitando riscos associados à exposição a pressões elevadas. Os trabalhadores dentro da campânula são constantemente monitorados quanto à saúde e à exteriorização ao ambiente subaquático.

Logística e Equipamentos Especiais: A construção de pontes usando campânulas de ar comprimido requer equipamentos e logística especializados, incluindo compressores de ar, sistemas de ventilação, sistemas de monitoramento e pessoal treinado em operações subaquáticas.

Controle Ambiental: A construção subaquática pode ter impactos ambientais significativos, e os regulamentos ambientais devem ser rigorosamente seguidos para minimizar esses impactos. Isso pode incluir medidas de mitigação para proteger a vida marinha e manter a qualidade da água.

3.7 Alargamento da base

O alargamento da base é uma técnica comum utilizada na construção de pontes para melhorar a estabilidade e capacidade de carga das estruturas. Para Tomlinson e Boorman (2001), essa técnica envolve a expansão da largura da base dos pilares de sustentação da ponte, proporcionando maior resistência à compressão e uma distribuição mais uniforme das cargas.

Tomlinson e Woodward (2008), elucidam que este processo é fundamental para garantir a segurança e a durabilidade das pontes, especialmente em locais onde condições geotécnicas desafiadoras estão presentes.

Complementando, de acordo com Poulos e Davis (2013), o alargamento da base é frequentemente necessário em situações em que as cargas esperadas na ponte são elevadas, o solo de fundação é fraco ou instável, ou quando a ponte precisa acomodar mais pistas de tráfego ou aumentar a largura do tabuleiro da ponte. Existem vários métodos para alargar a base de pilares de pontes, incluindo o uso de estacas de ampliação, ensoleiramento, micropilares, entre outros. Cada método é escolhido com base nas condições específicas do local e nos requisitos de projeto.

Portanto, segundo a Indian Road Congress. (2019), antes de realizar o alargamento da base, é crucial fazer uma análise geotécnica completa para avaliar a capacidade de suporte do solo de fundação e determinar a extensão necessária do

alargamento. Para isso acontecer, o projeto estrutural de alargamento da base deve levar em consideração as cargas, materiais de construção, métodos de construção e fatores de segurança adequados. Ele é realizado por engenheiros civis especializados em pontes.

O autor FHWA(2012) complementa, argumentando que durante a construção do alargamento da base, o processo deve ser cuidadosamente monitorado para garantir a qualidade e a conformidade com o projeto. Isso envolve inspeções regulares e testes de materiais. Em muitos casos, a construção de alargamento da base exige a interrupção ou a modificação do tráfego nas proximidades da ponte. É importante planejar, com antecedência, medidas de controle de tráfego para garantir a segurança dos motoristas e dos trabalhadores da construção.

3.8 Concretagem da base

A concretagem da base em pontes é um estágio crítico do processo de construção, no qual uma estrutura de concreto é moldada para formar a fundação da ponte. Para Nilson, Darwin e Dolan (2016), esse componente desempenha um papel vital na estabilidade, segurança e durabilidade da estrutura, e, portanto, é essencial que a concretagem seja realizada com precisão e seguindo os padrões estabelecidos pela engenharia.

Antes da concretagem, de acordo com Mehta e Monteiro (2014), é fundamental um planejamento detalhado que leve em conta os requisitos de carga, as características do solo, o clima e outros fatores relevantes. A preparação do local também envolve a construção de formas (cimbramentos) para dar forma à base de concreto.

ACI Committee (2019), explicita que a escolha da dosagem correta do concreto é crucial para a resistência e durabilidade da base. Isso inclui a seleção dos tipos de cimento, agregados e aditivos adequados. Durante a concretagem, é essencial monitorar a qualidade do concreto para garantir que ele esteja de acordo com as especificações do projeto. Isso pode envolver testes de resistência, densidade e outros parâmetros.

Complementando, Malhotra e Mehta (2017), relatam que o concreto deve ser devidamente curado após a concretagem para evitar a perda de umidade e garantir a maturação adequada, o que aumenta a resistência e durabilidade do material.

Em muitas pontes, juntas de dilatação, são incorporadas na base de concreto para acomodar a expansão e contração térmica da estrutura. Em conformidade com Bickley e Chapman (2013), o projeto e a instalação adequados dessas juntas são críticos para a integridade da ponte. Em locais onde o concreto pode entrar em contato com água ou ambientes agressivos, medidas de proteção contra a corrosão, como revestimentos especiais ou aditivos inibidores de corrosão, podem ser necessárias.

4 Resultado e discussão

Segundo Carvalho *et al.* (2016), analisou as manifestações patológicas identificadas, por meio de uma inspeção visual, na ponte sobre o Rio Tocantins, trecho Porto Nacional - TO (59 km da Capital, Palmas). Os autores verificaram diversos problemas que vão desde obstrução de tubulações de drenagem, corrosão e exposição de armaduras e equívocos no reparo de elementos, como exemplo recuperação inadequada da pista de rolamento.

A antiga ponte conta com 900 metros de comprimentos e liga o tráfego da TO-050, pelo trevo da TO-255 com a TO-070, até a BR-153. Ela foi construída entre os anos de 1976 e 1979. Com mais de 40 anos de uso e apresentando danos estruturais, contribui para a limitação do trânsito pesado, atualmente, os veículos que ultrapassam 30 toneladas de peso não podem usar a estrutura. Essa limitação de peso começou em 2011. Segundo o superintendente de Construção e Fiscalização e Obras Rodoviárias, Fernando Faria, A substituição da estrutura é imprescindível para dar continuidade ao processo de desenvolvimento do Estado, já que essa ponte integrará o sistema logístico dessa região.

Figura 3 –Maquete Eletrônica da Ponte Localizada na TO-070



Fonte: <https://g1.globo.com/to/tocantins/noticia/2021/05/25>

O Site Governo do Estado do Tocantins (2021) acrescenta que:

A nova ponte terá 1.088 metros de extensão de concreto armado e 400 metros de aterro (200 metros de cada lado) com 90 vigas de 42 metros e peso estimado de 120 toneladas, apresenta dois pórticos centrais composto por balanços sucessivos com um vão livre de 153 metros sem pilares e uma altura de 25 metros, atendendo as necessidades de navegação de 137 metros x 15 metros. O lançamento das vigas está sendo realizado com Treliza Lançadeira (equipamento automotor que substitui os guindastes), as fundações têm em média 30 metros de profundidade e um diâmetro variável de 1,20 e 1,60 metros.

Após a realização da inspeção visual da ponte através de registros fotográficos da visita *in loco* e uso da câmera fotográfica foram verificados os detalhes do projeto onde podemos destacar o modelo estrutural adotado na construção.

5 Considerações finais

A construção de uma nova ponte sobre o Rio Tocantins na rodovia TO-070, km 049, é um marco significativo para a infraestrutura e desenvolvimento da região. Esta obra não apenas facilitará o tráfego e a conectividade, mas também terá um impacto positivo em diversos aspectos sociais, econômicos e ambientais.

Referências

- MITRE, M.P. **Metodologia para inspeção e diagnóstico de pontes e viadutos de concreto**. Dissertação (mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil, 2005.
- ACI Committee 318. **Building Code Requirements for Structural Concrete** (ACI 318-19) and Commentary." American Concrete Institute. 2019
- Al-Mahaidi, Riadh, and M. S. Hadi. Foundation design and construction with compressed air caissons. **Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering** v. 124., n. 11, p. 1077-1084. 1998.
- ALEXANDER, Mark; BEUSHAUSEN, Hans. Durability, service life prediction, and modelling for reinforced concrete structures—review and critique. **Cement and Concrete Research**, v. 122, p. 17-29, 2019.
- BANCO MUNDIAL. **Estudos recentes sobre o desenvolvimento econômico**. 1ª ed. Washington, D.C.: Banco Mundial, 2020.
- BICKLEY, J. A; CHAPMAN, J. **Construction: How to Build a Bridge**. Thomas Telford Publishing. 2013
- BRAJA M. Das. **Princípios de Engenharia de Fundações**. 8ª ed. Oficina dos textos. ISBN: 978-85-7352-891-7. 2023
- CAPACHI, N. Excavation and Grading Handbook. McGraw-Hill Education. 2011.
- CARVALHO, Daniel Iglesias de et al. **Análise das Manifestações Patológicas Identificadas na Ponte Sobre o Rio Tocantins, Porto Nacional – TO**. Palmas, 2016. Disponível em: <http://www.abpe.org.br/trabalhos2016/171.pdf>. [Acesso em 05 jan 2024].
- CHEN, Wai-Fah; DUAN, Lian. **Bridge engineering handbook: construction and maintenance**. CRC press, 2 ed, 2014.
- FHWA. Federal Highway Administration. **Drilled Shafts: Construction Procedures and LRFD Design Methods**." Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation. 2012
- GAMBHIR, M. L. **Earthwork and Foundation Engineering**. PHI Learning Pvt. Ltda. 2005.
- GRAHAM, S.; MARVIN, S. **Planejamento urbano: desafios e oportunidades**. 2ª ed. Londres: Editora Metropolitana, 2001.
- HELENE, H. **Como construir uma ponte**. Blog da Helene, 5 de outubro de 2023.
- HURD, M.K. Formwork for Concrete Structures. **McGraw-Hill Education**. 2019.

IRC - INDIAN ROAD CONGRESS. 78-2014 **Guidelines for Design and Construction of Large Diameter Bored Piles for Highway Bridges**. Indian Roads Congress. 2019.

JULIEN, Pierre Y. **River mechanics**. Cambridge University Press, 2018.

KUESEL, Thomas R.; KING, Elwyn H. e BEARD, Benjamin A. **Tunnel Engineering Handbook**. Editora: Chapman and Hall. 1996.

MALHOTRA, V. M.; MEHTA, P. K. (2017). "Concrete in Hot Environments." CRC Press.

MARTINEZ, A.; GARCIA, B.; LOPEZ, C. Análise do desempenho de novas estruturas de concreto. **Revista Brasileira de Engenharia Civil**, v. 23, n. 2, p. 123-136, 2020.

MEHTA, P. Kumar; MONTEIRO, Paulo JM. **Concrete: microstructure, properties, and materials**. McGraw-Hill Education, 2014.

MINDESS, S.; YOUNG, J. F. **Concrete: Microstructure, properties, and materials**. 3. ed. Boca Raton, FL: CRC Press, 2014.

NEVILLE, A. M.; BROOKS, J. J. **Tecnologia do concreto**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

NEWMAN, S. H.; PIATT, J. F. Short-term effects of wildfire on wildlife. **Wildlife Society Bulletin**, v. 26. n. 4, p. 797-804, 1998.

NILSON, A. H.; DARWIN, D.; DOLAN, C. W. Design of Concrete Structures. **McGraw-Hill Education**. 2016.

O'BRIEN, WILLIAM R.; S. SHAUKAT HASAN. **Underwater Construction: Development in Diving and Underwater Work, Pile Driving, Caisson Work, Cofferdams, Tunnels, and Submarine Work**. Springer, 2013.

OBERLENDER, G. D. Formwork for Concrete Structures. **McGraw-Hill Education**. 2014.

PECK, R.B.; HANSON, W. E.; THORNBURN, T.H. Foundation Engineering. **John Wiley & Sons**. 1974.

POULOS, H. G.; DAVIS, E. H. Pile Foundation Analysis and Design. **John Wiley & Sons**. 2013.

SMITH, M. **Abordagens metodológicas em pesquisa científica**. Editora Vozes Ltda, 2020.

TOMLINSON, M. J.; WOODWARD, J. **Pile Design and Construction Practice**. CRC Press. 2008.

TOMLINSON, Michael John; BOORMAN, Roger. **Foundation design and construction**. Pearson education, 2001.

WHITMAN, William D., et al. Construction Under Compressed Air: A Manual of Practice. **American Society of Civil Engineers**, 2012.

WIGHT, J. K.; MACGREGOR, J. G. **Reinforced Concrete Mechanics, and Design**. Pearson. 2018.

XUE, Y.; WANG, P. Dimensionamento de tubulões de concreto considerando diferentes condições geotécnicas. **Revista Brasileira de Geotecnia**, v. 12. n. 2, p. 1-12, 2019. DOI: 10.1590/2316-9180/201912020001

ANEXO (FOTOS)



Fonte: Autoria Própria (Valdemir F. Silva, 2023)



Fonte: Autoria Própria (Valdemir F. Silva, 2023)



Fonte: Autoria Própria (Valdemir F. Silva, 2023)



Fonte: Autoria Própria (Valdemir F. Silva, 2023)



Fonte: Autoria Própria (Valdemir F. Silva, 2023)



Fonte: Autoria Própria (Valdemir F. Silva, 2023)



Fonte: Autoria Própria (Valdemir F. Silva, 2023)