

## **CUSTOS DAS LONGARINAS EM CONCRETO PROTENDIDO: ESTUDO DE CASO DA PONTE SOBRE O RIBEIRÃO BREJO COMPRIDO NA CIDADE DE PALMAS – TO**

GUILHERME ALMEIDA MARTINS<sup>1</sup>, DANIEL IGLESIAS DE CARVALHO<sup>2</sup>, BRUNO CARRILHO DE CASTRO<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Eng. Civil, Palmas – TO, almeidaguilherme.eng@outlook.com;

<sup>2</sup>Me. Prof., UFT, Palmas – TO, iglesias@uft.edu.br;

<sup>3</sup>Dr. Prof., UFT, Palmas – TO, brunocarrilho@uft.edu.br

Apresentado no  
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC  
Palmas/TO – Brasil  
17 a 19 de setembro de 2019

**RESUMO:** Nesta pesquisa foi analisado o uso do concreto protendido no lugar do concreto armado convencional para as longarinas da ponte sobre o Ribeirão Brejo Comprido da cidade de Palmas do Tocantins. O objetivo geral do estudo, foi comparar o custo direto das duas técnicas em um estudo de caso, para isso, o projeto original da ponte foi analisado, e depois, foi proposto um projeto básico para as longarinas em concreto protendido, assim como o levantamento dos quantitativos, dos insumos, e dos preços para a composição do orçamento, tendo como base os custos fornecidos pelo sistema de preço do DNIT. Para o vão da ponte em estudo, que é de 19,00 m, o concreto protendido ainda apresenta um maior custo frente ao concreto armado convencional, não obstante, o concreto protendido possui a vantagem de economizar nos quantitativos dos materiais, como: aço, concreto e fôrmas, diminuindo os possíveis impactos ambientais gerados pela cadeia da construção civil, desde o processamento dos insumos até a utilização destes na obra.

**PALAVRAS-CHAVE:** Custo, longarinas, concreto armado, concreto protendido.

### **COSTS OF PRESTRESSED CONCRETE STRINGER: A CASE STUDY OF THE BRIDGE OVER THE LONG BREJO CREEK IN THE CITY OF PALMAS – TO**

**ABSTRACT:** In This Research we analyzed the use of prestressed concrete in place of conventional reinforced concrete for the bridge stringer over the Ribeirão Brejo Comprido of the city of Palmas of Tocantins. The overall objective of the study was to compare the direct cost of the two techniques in a case study, for this reason, the original design of the bridge was analyzed, and then a basic project was proposed for the prestressed concrete stringer, as well as the lifting of quantities, inputs, and prices for the composition of the budget, based on the costs provided by the DNIT price system. For the span of the bridge under study, which is 19.00 m, the prestressed concrete still has a higher cost compared to conventional reinforced concrete, however, the prestressed concrete has the advantage of saving in the quantitative materials, such as: steel, concrete and Reducing the possible environmental impacts generated by the construction chain, from the processing of inputs to the construction.

**KEYWORDS:** Cost, stringer, reinforced concrete, prestressed concrete.

### **INTRODUÇÃO**

Na composição do custo de uma ponte, o comprimento do vão é um fator preponderante, haja vista que pontes com vãos maiores requerem um menor gasto com infraestrutura, e maior gasto com a superestrutura, por isso, é uma boa prática realizar um estudo comparativo dos custos e encontrar uma faixa de vão recomendado. O vão a ser vencido é um dos parâmetros para a análise do custo da obra,

mas só ele não é suficiente. O tipo de material e o sistema estrutural da ponte também devem ser estudados com a mesma importância, dado que essas características são interdependentes, ou seja, para um determinado vão, existem materiais e sistemas estruturais que geram um menor custo do empreendimento.

Sabendo disso, o concreto protendido tem-se mostrado uma excelente alternativa, visto que consegue vencer vãos maiores consumindo uma menor quantidade de concreto e aço, com um menor peso próprio, se comparado com o concreto armado. Na concepção estrutural de uma ponte, são levantados vários fatores, como: vão a ser vencido, tipo de material disponível, tipo de mão de obra, durabilidade, manutenção, regime hidrológico, tempo de execução, custos, possíveis impactos ambientais, etc. Como resultado, existem diversas formas de conceber qual o melhor sistema estrutural e o melhor material a ser utilizado na a ponte ou viaduto.

Logo, o presente estudo tem como objetivo comparar o uso do concreto protendido nas vigas principais da ponte sobre o Ribeirão Brejo Comprido, bem como analisar a influência desta técnica no custo da longarina em relação ao concreto armado convencional.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo compreende as pontes sobre o Ribeirão Brejo Comprido que compõe a Av NS 15 na cidade de Palmas – TO. Foi realizado um levantamento dos projetos junto a SEINFRA (Secretaria de Infraestrutura do Estado do Tocantins) com a devida autorização para o estudo em questão. A próxima etapa foi a proposição do projeto básico das longarinas em concreto protendido e das longarinas de concreto armado, para isso a viga foi modelada com seção transversal retangular, com as considerações do veículo tipo e as ações permanentes similares as do projeto original (veículo tipo TB-450); o comprimento das vigas principais, a quantidade e o posicionamento nos apoios foram mantidos.

A obra se trata de duas pontes em concreto armado localizadas na estaca 39+12,00 da AV NS 15 Norte, como mostra a figura 1. Suas dimensões são 66,00 m de comprimento por 13,95 m de largura, com vão de 19,00 m e dois balanços de 4,50 m. Nas longarinas de concreto armado, foi considerado a resistência característica do concreto de 25MPa com seção de 0,60m por 1,90 m, e do concreto protendido como 45Mpa com seção de 0,40m por 1,30m.

Figura 1. Localização da ponte sobre o ribeirão brejo comprido



(DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DO TOCANTINS, 2015)

Para o dimensionamento das longarinas em concreto armado, seguiu-se as orientações dada pela ABNT NBR 6118 (2014) e o roteiro de cálculo apresentado por Araújo (2014). Em relação as longarinas de concreto protendido, estas foram dimensionadas, segundo a equação 1, com uma tensão de protensão

igual à soma das tensões resultantes do peso próprio mais 30% das tensões resultantes da carga móvel, como recomenda Leonhardt (1979).

$$\sigma_p = \sigma_{pp} + 30\% \cdot \sigma_{cm} \quad (1)$$

- $\sigma_p$  - Tensão de protensão;
- $\sigma_{pp}$  - Tensão resultante do peso próprio da viga;
- $\sigma_{cm}$  - Tensão resultante da carga móvel.

No dimensionamento de vigas em concreto protendido, com excentricidade variável, foi possível determinar a força normal de protensão  $N_p$  e a excentricidade, logo, para isso utilizou-se das tensões geradas na seção transversal da peça, conforme a equação 2.

$$\sigma_p = \frac{N_p}{A} + \frac{N_p \cdot e \cdot y}{I} \quad (2)$$

- $N_p$  - Força normal de protensão;
- $e$  - Excentricidade;
- $y$  - Distância da linha neutra até a fibra mais comprimida;
- $I$  - Momento de inercia da seção;
- $A$  - Área da seção transversal.

Por conseguinte, foi realizado um levantamento dos quantitativos de material, da mão de obra e dos equipamentos envolvidos na construção das vigas principais, com seus respectivos custos. Tomou-se como base de dados para o orçamento, os preços do mês de março de 2017 pelo SICRO (Sistema de Custos Rodoviários).

A cerca dos critérios de medições, são apresentados alguns parâmetros utilizados nos levantamentos dos quantitativos. Assim, o volume de concreto, foi tomado o produto da área da seção da transversal da viga pelo comprimento da mesma, sem ser excluído a área da seção de aço. Quanto ao quantitativo da armadura passiva, esta foi medida pela sua massa, em quilogramas, sem distinguir entre si pelo diâmetro nominal dos vergalhões. Foi adotado a cordoalha de 15,2 mm, com e peso próprio de 1,126 Kgf/m, sendo que a força normal de protensão admissível igual a 196,1 KN já inclusos as perdas de 1%.

Os equipamentos envolvidos nos serviços foram medidos em horas, já inclusos em seus coeficientes, assim como os custos relativos a propriedade (depreciação), operação e manutenção, por isso seus valores serão suprimidos e não são computados no custo final da obra.

Destarte, cabe aqui alegar, que não foram passíveis de medidas as despesas relativas ao escoramento das longarinas em concreto armado, pois o mesmo é utilizado para escorar as lajes. Nas longarinas em concreto protendido, não foram medidos o custo de içamento das peças. O custo indireto das vigas também não foi passível de medição, por exemplo: manutenção do canteiro de obras, taxas, despesas administrativas, emolumentos, consultoria, viagens, etc.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

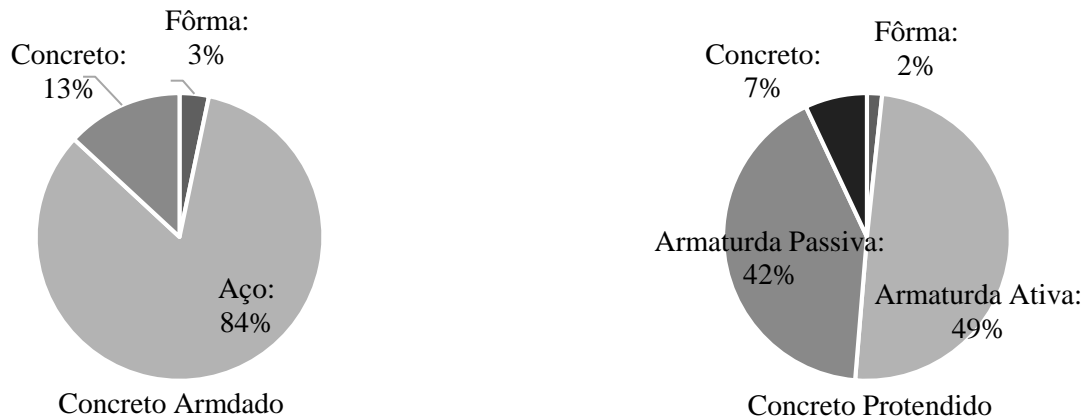
A composição de custos para uma obra de engenharia é uma tarefa tão complexa quanto o cálculo ou a execução desta, pois envolve uma grande quantidade de equipamentos, mão de obra, materiais, etc. Os resultados obtidos no estudo, estão apresentados nas figuras de 2 e 3, que proporciona um melhor entendimento de como foi distribuição dos custos da longarina para os dois tipos de materiais analisados no objeto de estudo.

Os valores no custo direto das longarinas mostram que o concreto armado tem um custo menor de execução se comparado com o concreto protendido – neste estudo de caso - o valor encontrado para as longarinas em concreto armado foi de R\$461 662,87, enquanto que as longarinas em concreto protendido foi de R\$522 282,77. Um aumento de aproximadamente R\$60 000,00 que corresponde à 13%.

A Figura 2 mostra como foi a distribuição da madeira (empregada nas fôrmas), do concreto e do aço para o concreto armado e o concreto protendido. Pode-se visualizar que o aço é o material que mais onera correspondendo a 84%, seguido do concreto 13% e das fôrmas 3% para o concreto armado.

Por consumir uma menor quantidade de materiais, o concreto protendido tem uma vantagem frente ao concreto armado, pois os impactos ambientais gerados na cadeia produtiva da construção civil são atenuados; exemplificando com números, foram cotados 54% a menos de concreto, 33% a menos de armadura passiva e 32% a menos de madeira para as fôrmas. Já o concreto protendido, além da armadura passiva, há também a armadura ativa - cordoalhas, ancoragem, bainhas – responsável por 42% do custo, enquanto que a armadura ativa corresponde à 49%. Os outros valores foram, concreto 7% e fôrma 2%.

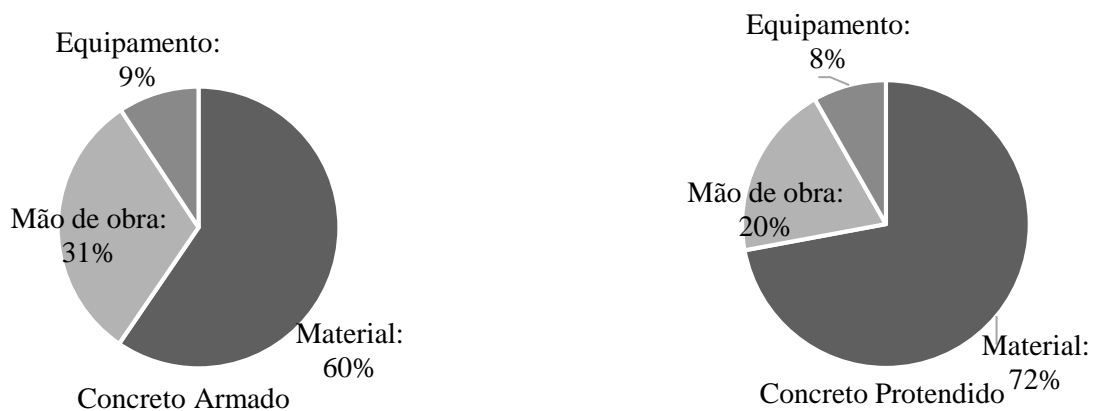
Figura 2. Custo - Concreto, Fôrma e Aço



Analisando a Figura 3, é destaque que no uso do concreto armado, 31% do custo é com mão de obra, enquanto que no concreto protendido esse valor cai para 20%, convém ressaltar que a execução concreto protendido requer uma mão de obra mais qualificada e um melhor controle de qualidade, tanto do concreto que exige uma maior resistência a compressão, como da aplicação das tensões de protensão nas cordoalhas.

Quanto aos valores previstos para os equipamentos, o concreto armado teve 9% e o concreto protendido 8% dos seus custos, respectivamente. Ademais, o preço dos materiais do concreto protendido, representou 72% de seu custo, o que prova que esse tipo de técnica se utiliza de materiais de maior qualidade, conquanto que o concreto protendido, esse valor é de 60%.

Figura 3. Custo - Equipamentos, Mão de Obra, Material



## CONCLUSÃO

Conforme o exposto acima, tendo em mente que o concreto protendido apresentou um aumento de 13% no custo das longarinas e sabendo das vantagens deste material frente ao concreto armado convencional, conclui-se que o uso do concreto armado se justifica, pois é um material mais barato, não necessita de mão de obra especializada e requer um menor controle de qualidade.

Em contrapartida, só o custo direto de uma obra ou serviço de engenharia não deve ser o único fator a ser considerado, e cabe ao engenheiro cidadão ter uma visão sistêmica da realidade que o cerca, e decidir qual a melhor técnica e o melhor material a ser empregado. Por isso, o uso do concreto protendido seria justificável, pois consome menos materiais, é mais durável (devido a um fck maior), apresenta menor deformabilidade (devido as tensões de protensão), tem menor peso próprio.

O presente trabalho deu ênfase no estudo dos custos diretos das longarinas para o concreto armado convencional e para o concreto protendido, baseando-se em um estudo de caso. Porém, é necessário que se aprofunde ainda mais, e seja analisado também os custos indiretos, por exemplo: custo dos escoramentos para as vigas moldadas in loco; custo de içamento para as vigas pré-moldadas; custo do BDI – Benefícios de Despesas Indiretas; Custo de manutenção da ponte; Custo necessário para reparar os possíveis impactos ambientais; Custo relativo ao tempo de execução; Dentre outros.

## REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, J. M. D. Curso de Concreto Armado. 4ª. ed. Rio Grande do Sul: Dunas, v. 1, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Cargas Para o Cálculo de Estruturas de Edificações. Rio de Janeiro: ABNT NBR, 1980.
- \_\_\_\_\_. NBR 7187 - Projeto de Pontes de Concreto Armado e de Concreto Protendido - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.
- \_\_\_\_\_. NBR 6118 - Projeto de Estruturas de Concreto - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.
- \_\_\_\_\_. NBR 8681 - Ações e Segurança nas Estruturas - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.
- \_\_\_\_\_. NBR 7188 - Carga Móvel Rodoviária e de Pedestre em Pontes, Viadutos, Passarelas e Outras Estruturas. Rio de Janeiro: ABNT, 2013. Brito Neto, J. F. de; Souza, K. S. de; Guedes Filho, D. H.; Lacerda, J. S. de; Costa, D. S.; Santos, D. P. dos; Sena, G. S. A. de. Avaliação dos componentes de produção da mamoneira em função de doses de calcário e fósforo. In: Reunião Brasileira de Manejo de Solo e Água, 2008. Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro, 2008.
- CHOLFE, L.; BONILHA, L. Concreto Protendido: Teoria e Prática. São Paulo: PINI, 2013.
- DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DO TOCANTINS. Projeto Executivo de Engenharia: Avenida NS-15 e LO -13. [S.l.]: SEINFRA, v. 1 - Relatório do Projeto, 2015.
- DNIT. Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes: Conteúdo 4 - Concretos, Agregados, Armações, Fôrmas e Escoramentos. Brasília: [s.n.], v. 10, 2017.
- DNIT. Sistema de Custo Referenciais de Obras - Março. [S.l.]: [s.n.], 2017.
- DUARTE, E. P. et al. Projeto e cálculo de uma viga isostática de concreto protendido - Parte II. Concreto e Construção, n. 80, Outubro - Dezembro 2015. ISSN 1809-7197.
- DUARTE, E. P.; REIS, A. L. P.; GUIMARÃES, B. R. P. Projeto e cálculo de uma viga isostática de concreto protendido. Concreto e Construção, n. 78, Abril-Junho 2015. ISSN 1809-7197.
- LEONHARDT, F. Construções de Concreto - Princípios Básicos da Construção de Pontes de Concreto. 1ª. ed. [S.l.]: Interciência, v. 6º, 1979.
- \_\_\_\_\_. Construções de Concreto - Concreto Protendido. 1ª. ed. Rio de Janeiro: Interciência, v. 5, 1983.
- MARCHETTI, O. Pontes de Concreto Armado. 1ª. ed. São Paulo: Blucher, 2007.
- MATTOS, A. D. Como Preparar Orçamentos de Obras. 1ª. ed. São Paulo: PINI, 2006.
- TISAKA, M. Orçamento na Construção Civil - Consultoria, Projeto e Execução. 1ª. ed. São Paulo: PINI, 2006.
- VITÓRIO, A. Pontes Rodoviárias - Fundamentos, Conservação e Gestão. Recife: CREA-PE, 2002.