



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

Sara Dias de Paula

ESTUDO COMPARATIVO DE CUSTO DE SUPESTRUTURAS DE PONTES METÁLICAS E DE CONCRETO ARMADO

Palmas – TO

2019

Sara Dias de Paula

ESTUDO COMPARATIVO DE CUSTO DE SUPESTRUTURAS DE PONTES
METÁLICAS E DE CONCRETO ARMADO

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC II) elaborado e apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Msc. Daniel Iglesias de Carvalho

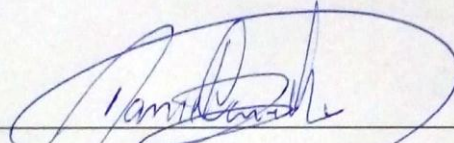
Sara Dias de Paula

**ESTUDO COMPARATIVO DE CUSTO DE ESTRUTURAS DE PONTES METÁLICAS E
DE CONCRETO ARMADO**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC II) elaborado e
apresentado como requisito parcial para obtenção do
título de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro
Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Msc. Daniel Iglesias de Carvalho

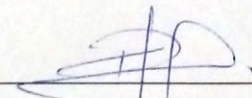
BANCA EXAMINADORA



Prof. Msc. Daniel Iglesias de Carvalho

Orientador

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



Prof. Msc. Roldão Pimentel de Araújo Junior

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



Prof. Msc. Edivaldo Alves dos Santos

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Palmas – TO

2019

A Deus e aos meus amados pais Rogério
Campelo e Jacirene Dias.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por tornar possível a realização de um sonho, me capacitar e cuidar de mim para que eu chegasse até aqui.

Aos meus pais Rogério Campelo e Jacirene Dias toda a minha gratidão e amor por sempre me incentivarem, me confortarem e por estar comigo em todo o tempo.

Muito obrigada ao meu orientador Daniel Iglesias por todo conhecimento transmitido, pelo empenho e dedicação a nós alunos.

Meus amados irmãos Gabriel e Ana Luisa e vó Luzinete muito obrigada pelos incentivos e por todo o carinho.

Sou muito grata também aos meus amigos Lorena, Nayara e Warlison por todo o apoio.

A todos vocês muito obrigada!

RESUMO

O presente trabalho objetiva-se em analisar dois tipos de estruturas de pontes, sendo elas de concreto armado e metálica, e fazer um orçamento de materiais da superestrutura de ambas no qual se localizam na cidade de Paraíso do Tocantins, tendo vão de 10m.

Realizou-se um projeto das estruturas em questão pelo software CSI Bridge onde foi obtida as dimensões, deformações, momento fletor, cortante, visualização de cargas, dentre outras informações relevantes da estrutura. Com isso, foi possível orçar as estruturas e compará-las.

Em geral as pontes de concreto armado são mais econômicas que as metálicas por serem mais comum e por ter mão de obra mais disponível. Já as estruturas metálicas podem ser mais rápidas de serem executadas, porém nem sempre é possível encontrar material tão facilmente e nem mão de obra especializada, tornando-se uma estrutura geralmente mais cara.

Porém este trabalho teve o propósito de orçar somente os materiais da superestrutura de cada uma delas e verificar a diferença de custo dos materiais de ambas as estruturas, onde percebeu-se que a estrutura metálica obteve um custo inferior ao da estrutura de concreto armado em R\$ 5.234,18.

Pelo projeto foi possível observar o quanto as estruturas metálicas deformam menos que as estruturas em concreto armado mesmo possuindo uma seção menor, e que neste projeto diferente do que geralmente acontece com pontes de vãos pequenos a estrutura metálica seria a melhor opção a ser adotada.

Palavras chave: Estrutura; Concreto armado; Estrutura metálica; Orçamento; Projeto; Ponte

ABSTRACT

The present work aims at analyzing two types of bridge structures, being from reinforced concrete and metallic structure, and to make a budget of materials of the superstructure of both in which they are located in the town of Paraíso do Tocantins, having a span of 10m.

A design of the structures in question was carried out by CSI Bridge software, where the dimensions, deformations, bending moment, shear, load visualization, and other relevant information of the structure were obtained. With this, it was possible to budget the structures and compare them.

In general, reinforced concrete bridges are more economical than metallic ones because they are more common and there are more available manpower. Metallic structures may be faster to execute, however, it is not always possible to find material as easily or as skilled labor, making it a generally more expensive structure.

However, this work had the purpose of only budding the materials of the superstructure of each one of them and to verify the difference of cost of the materials of both structures, where it was realized that the metallic structure obtained a lower cost than the structure of reinforced concrete in R\$ 5,234.18.

By the design it was possible to observe how much the metallic structures deform less than the structures in reinforced concrete even having a smaller section, and that in this project different from what usually happens with bridges of small spans the metallic structure would be the best option to be adopted.

Keywords: Structure; Reinforced Concrete; Metal structure; Budget; Project; bridge

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Relacionamento entre custo e possibilidade de influência no processo de projeto. .	18
Figura 2- Elementos constituintes das pontes	20
Figura 3- Solicitações na viga e o uso do aço no concreto	22
Figura 4- Perfis usados em treliças e pórticos.	24
Figura 5- Perfis usados em terças.	25
Figura 6- Perfis usados em vigas e colunas.	25
Figura 7- Perfis usados como montantes e travessas de paredes.	25
Figura 8- Localização do Estado do Tocantins e da cidade de Paraíso do Tocantins	30
Figura 9 - Localização da ponte	31
Figura 10- Atual estrutura da ponte	31
Figura 11- Atual estrutura da ponte	32
Figura 12- Longarinas e transversinas da ponte	36
Figura 13- Propriedades da estrutura de concreto armado	37
Figura 14- Dimensão e geometria da estrutura de concreto armado	38
Figura 15- Propriedades do aço CA 50	38
Figura 16- Longarinas e transversinas e laje da ponte.....	39
Figura 17- Carga de pavimentação e repavimentação.....	40
Figura 18- Carregamento guarda-rodas	41
Figura 19: Carregamento guarda-corpo de concreto	42
Figura 20: Carregamentos ao longo da estrutura de concreto armado	42
Figura 21: Pista de veículos.....	43
Figura 22- Lançamento do trem tipo	44
Figura 23- Valores do trem tipo	44
Figura 24- Aplicação do coeficiente de impacto	45
Figura 25- Fator de segurança da estrutura de concreto armado.....	47
Figura 26- Resultado das forças cortantes, momentos atuantes e deflexões da estrutura em concreto armado	48
Figura 27- Propriedades da estrutura metálica	49
Figura 28- Dimensão e geometria da estrutura metálica	50
Figura 29- Carregamento guarda-corpo metálico.....	50
Figura 30- Carregamentos ao longo da estrutura metálica	51
Figura 31- Coeficiente de impacto da estrutura metálica	52
Figura 32- Fator de segurança da estrutura metálica.....	52

Figura 33- Resultado das forças cortantes, momentos atuantes e deflexões da estrutura metálica
.....53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Relação Aço versus Concreto Armado	21
Tabela 2- Categorias dos aço utilizados no concreto armado	23
Tabela 3- Modelo de Planilha Orçamentária	33
Tabela 4- Cargas dos veículos	43
Tabela 5- Ações permanentes diretas consideradas separadamente.....	46
Tabela 6-Ações permanentes diretas agrupadas	46
Tabela 7- Ações variáveis consideradas separadamente	47

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Abcem	Associação Brasileira da Construção Metálica
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BDI	Benefícios e Despesas Indiretas
ELU	Estado Limite Ultimo
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
NBR	Norma Brasileira
SINAPI	Sistema Nacional de Preços e Índices para a Construção Civil
CIV	Coeficiente de impacto vertical
CNF	Coeficiente de número de faixas
CIA	Coeficiente de impacto adicional

LISTA DE SÍMBOLOS

KN	Quilonewton
L	Comprimento da ponte
A	Área
γ	Peso específico
Q	Carregamento
Fmáx	Flecha máxima

Sumário

1 INTRODUÇÃO	14
1.2 PROBLEMA DE PESQUISA	15
1.3 OBJETIVOS	15
1.3.1 Objetivo geral	15
1.3.2 Objetivo específico	15
1.4 JUSTIFICATIVA	16
2 REFERÊNCIAL TEÓRICO	17
2.1 PONTES	17
2.1.1. Processo de planejamento e concepção do projeto.....	17
2.1.2. Elementos Constituintes das Pontes	19
2.1.3. Tipos de Superestrutura	20
2.1.4. Materiais	21
2.1.5 Concreto Armado	21
2.1.6 Estruturas Metálicas	23
2.1.5.1 Aço	24
2.1.5.1.1 Perfis.....	24
2.1.5.1.2 Vantagens e desvantagens das estruturas metálicas	26
2.2 ANÁLISE ORÇAMENTÁRIA.....	26
2.2.1. Partes constituintes de um orçamento	27
2.2.1.1. Insumos.....	27
2.2.1.2. Composições unitárias de custos de serviços	28
2.2.1.3. Custo unitário básico	28
2.2.1.4. Custo direto	28
2.2.1.6. Benefícios e Despesas Indiretas (BDI).....	28
2.3 CSI BRIDGE	29
3 METODOLOGIA.....	30
3.1 IDENTIFICAÇÃO DA PONTE DE ESTUDO.....	30
3.2 PROJETO	32
3.3 ORÇAMENTO.....	33
3.3.1 Planilha	33
3.3.2 Item.....	33
3.3.2 Código	33
3.3.2 Materiais	34

3.3.2 Quantitativo	34
3.3.3 Valor Unitário.....	34
3.3.4 Total.....	34
3.4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	34
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	35
4.1. PROJETO	35
4.1.1 Projeto da estrutura de concreto armado	36
4.1.1.1 Propriedades e geometria das peças	36
4.1.1.2 Carregamentos	39
4.1.1.3 Combinações	45
4.1.1.4 Flecha máxima.....	48
4.1.2 Projeto da estrutura metálica	49
4.1.2.2 Carregamentos	50
4.1.2.3 Combinações	52
4.1.2.4 Flecha máxima.....	53
4.2. ORÇAMENTO.....	54
4.2.1 Orçamentos.....	54
5 CONCLUSÃO.....	57
REFERÊNCIAS	58

1 INTRODUÇÃO

As pontes são uma das estruturas mais importantes da engenharia e são muito utilizadas desde os tempos antes de Cristo possibilitando a união de maneira bem simplificada entre lugares que antes seriam de difícil acesso, superando obstáculos viabilizando o transporte de pessoas, cargas, animais e automóveis facilmente a lugares que antes seria impossível.

Segundo Bellei, Pinho e Pinho (2008) a primeira ponte metálica foi a Ironbridge ou ponte de Coalbrookdale, construída por Abraham Darby III em 1779, era feita de ferro fundido. Ela cruza o rio Severn em Shropshire na Inglaterra. No Brasil, as estruturas metálicas só chegaram no final do século XIX, não é a estrutura mais utilizada, mas segundo a Associação Brasileira da Construção Metálica (Abcem) as construções em estruturas metálicas vêm crescendo consideravelmente.

Pelos cálculos realizados pela Abcem os projetos desenvolvidos com estruturas metálicas têm uma redução no peso da estrutura que resulta na economia de até 30% nos custos de fundação e o tempo de execução pode ser minorado em até 40%. Além de serem estruturas leves, também possuem flexibilidade para alcançar diferentes formas e tamanhos, o que é de tamanha importância para a arquitetura e design da estrutura.

Já o concreto armado surgiu também no final do século XIX, porém já no século XX se tornou o material principal da construção de pontes. A primeira ponte de concreto armado foi construída por Monier em 1875, no castelo Chazelet, na França e existe até hoje. O concreto armado é formado por concreto que é resistente a compressão e esmagamento e pelas barras de aço que é posicionado onde há maior força de tração pois o aço possui boa resistência a tração.

Calcula-se que são utilizados cerca de 11 bilhões de toneladas de concreto por ano, que de acordo com a *Federación Iberoamericana de Hormigón Premesclado* (FIHP) obtém-se um consumo médio de 1,9 tonelada de concreto por habitante por ano, valor que é somente inferior ao consumo de água.

Um dos principais motivos que torna o concreto armado o material mais utilizado na construção civil é sua resistência à água, pois não se deteriora tão facilmente quando está em contato com a água quanto o aço e a madeira. O concreto armado permite também a construção da peça no formato e tamanho desejado pois é um material bem moldável quando ainda fresco e que depois do tempo de cura, quando já está na forma desejada se torna um material bem rígido, o que infere positivamente na resistência do material.

Outra vantagem do concreto armado, segundo *Concreto e Construções* (2009), é que por ter em abundância seus elementos constituintes seu custo é reduzido. Ele também consome

menos energia que outros materiais o que é um ponto positivo econômica e sustentavelmente. Por outro lado, ele consome mais água que os outros materiais o que é negativo do ponto de vista ambiental, que embora não seja o foco deste trabalho, é um assunto de grande relevância.

Cada tipo de material tem suas vantagens e desvantagens, por isso deve ser feito o estudo de viabilidade em cada projeto a ser realizado, levando em consideração muitas variáveis para a tomada de decisão sobre qual tipo de estrutura será utilizada, que levarão à escolha da melhor estrutura a ser executada. Nas construções de pontes, por exemplo, deve-se levar em consideração o tipo de utilização da ponte, as cargas exercidas, os impactos causados na natureza, logística dos recursos a serem utilizados, o tempo que levará para o fim da execução do projeto, dentre outras variáveis que vão influenciar na decisão do tipo de estrutura a ser adotada pelo projetista.

Para a realização de qualquer empreendimento são propostas 3 fases: a primeira fase engloba o planejamento e orçamento da obra; a segunda fase é a contratação e programação da obra; e por fim a terceira fase que é a operação e controle da obra.

1.2 PROBLEMA DE PESQUISA

Tendo em vista a possibilidade da construção de uma ponte de dois materiais diferentes surge a problemática; qual é a estrutura mais recomendável para o projeto levando em consideração o menor custo de construção?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo geral

Realizar um estudo na superestrutura das duas pontes, comparar o de custo delas e definir qual é a estrutura que melhor se adequa a necessidade imposta nesse trabalho para a ponte Parque das Águas, localizada na cidade de Paraíso do Tocantins, Tocantins.

1.3.2 Objetivo específico

- Elaborar projeto das duas estruturas das pontes por meio de software, de modo que se adote a mesma flecha máxima para ambas as estruturas;
- Quantificar os custos dos materiais da superestrutura de cada ponte através de planilhas orçamentárias;
- Comparar os resultados de cada ponte e definir a de menor custo.

1.4 JUSTIFICATIVA

Este trabalho justifica-se pela importância da análise estrutural e planejamento de obras prévio pois por meio dessas análises e estudos, obtém-se melhores resultados em todo o processo de construção antes de se iniciar a obra, pois a partir desses estudos é possível ter uma redução considerável financeiramente, no tempo de execução, melhor organização, dentre outros, sem diminuir a qualidade e resistência da ponte, o que é de grande importância na engenharia civil.

Pela realização do estudo comparativo das duas estruturas, as vantagens e desvantagens de cada processo, é possível ter maior firmeza na hora de tomar decisões, pois tem-se conhecimento total da obra, é possível prevenir possíveis incidentes e evitar certos acontecimentos que poderiam causar no aumento do tempo da obra ou no custo, que também pode ser uma consequência do tempo da obra.

Segundo Xavier (2008) nós precisamos ter em mente o que significa o projeto do produto e/ou empreendimento, como definir e especificar a maior quantidade de informações e detalhes possíveis para, posteriormente termos uma execução mais racional e simplificada, não se esquecendo da máxima: Atrás de uma boa OBRA, sempre existe um bom PROJETO e um bom ORÇAMENTO. Xavier (2008) afirma também que a orçamentação é uma das áreas mais importantes da engenharia podendo ser determinante para o sucesso do empreendimento ou em caso de erros, imperfeições, má qualidade orçamentária pode acarretar o fracasso do negócio.

2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

Por meio desta revisão bibliográfica objetiva-se incorporar o conhecimento de diversos autores que acrescentarão conhecimento na área de estudo em questão, mostrando a importância dos estudos orçamentários, trazendo definições e pontos de vista do assunto abordado.

2.1 PONTES

Segundo Pinho (2015) as pontes e viadutos são elementos indispensáveis para a disciplina do tráfego dos veículos e pessoas, pois proporciona a redução de distâncias e ultrapassagem de obstáculos.

2.1.1. Processo de planejamento e concepção do projeto

Stucchi (2006) descreve os projetos de pontes ou de qualquer grade estrutura como produto de um processo criativo que é constituído a partir de uma série de alternativas, no qual, procura-se sempre melhorar ideias anteriores até que se atinja uma solução suficientemente boa para ser construída.

O planejamento inclui muitas atividades e estas devem ser identificadas, analisadas, coordenadas e gerenciadas, sendo o resultado de um plano de ação, isto é, contém as definições antecipadas das decisões que deverão ser tomadas durante ao processo de realização da obra, incluindo organização, direção e controle (XAVIER, 2008).

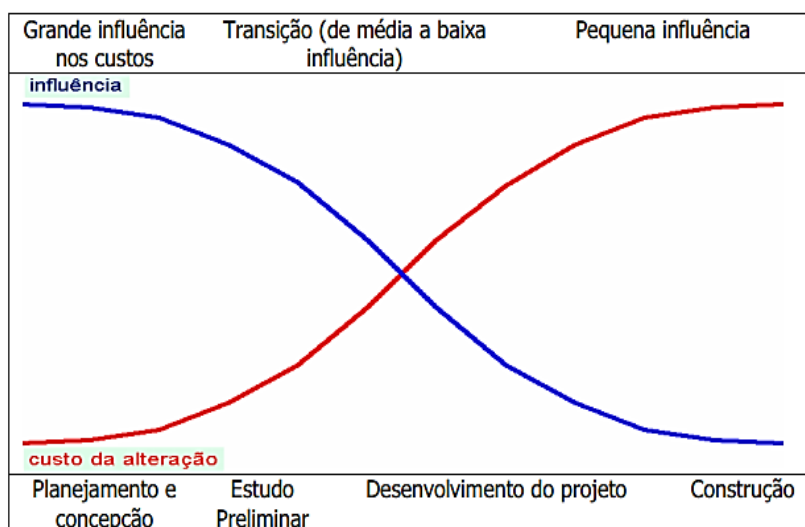
Antes de se iniciar a execução de uma obra é indispensável a elaboração de um projeto. Este projeto é constituído por um conjunto de documentos, formalizados em desenhos e texto, que descreve a obra, que aprova a contratação e a execução. A elaboração de um projeto é bem complexa pois exige bastante conhecimento daquilo de que se está planejando, tendo muitas informações envolvidas, assim como o considerável número de profissionais que trabalharão naquele determinado projeto, cada um em sua área de atuação. Um projeto geralmente é dividido em documentos gráficos, que incluem as plantas arquitetônicas, estruturais, dentre outras, e documentos escritos, que são formados por orçamento, memoriais, especificações técnicas, cronograma, contratos e outros (GONZÁLEZ, 2008).

De acordo com o STUCCHI (2006) é necessário que o engenheiro tenha boa informação ao nível dos materiais e técnicas construtivas, assim como das estruturas e suas teorias. Mas não apenas isso, segundo ele é preciso boa formação, isto é, todos os dados devem ser interiorizados, compreendidos na sua essência e interligados entre si de forma a dar ao engenheiro capacidade crítica e criativa.

Para que o projeto seja feito de forma a atender todas os requisitos necessários para obter segurança e estabilidade da estrutura deve-se realizar estudos, dos quais os principais são citados a seguir: Projeto geométrico, onde todas as dimensões serão definidas, estudos topográficos são feitos, declividades e cotas são obtidos; Estudo hidrológico, que é de fundamental importância para a obtenção de um bom desempenho da obra ao longo da sua vida útil; Estudo geotécnico que é importante para definir o tipo de fundação da ponte; E o estudo dos carregamentos. Outras informações importantes que implicarão no projeto são a disponibilidade de material no local, infraestrutura disponível e condições de acesso ao local da obra (VITÓRIO, 2002)

Conforme González (2008), por meio do projeto define-se significativamente parte dos custos, dos consumos de energia e água e da geração de resíduos que ocorrem durante o ciclo de vida da estrutura, com influência mais forte nas fases iniciais do projeto. Desta forma, é possível perceber que *o maior esforço deve ser dedicado nas fases de planejamento e estudos preliminares*, pois eventuais falhas dificilmente podem ser corrigidas posteriormente, como o indicado na figura 1.

Figura 1- Relacionamento entre custo e possibilidade de influência no processo de projeto.



Fonte: González (2008).

O planejamento da construção consiste na organização para a execução, e inclui o orçamento e a programação da obra. O orçamento contribui para a compreensão das questões econômicas e a programação é relacionada com a distribuição das atividades no tempo. (GONZÁLEZ, 2008).

Deve-se considerar diversos fatores para definir o modelo estrutural mais adequado para cada projeto. Os principais aspectos a serem considerados são: Projeto arquitetônico, que

incluem os aspectos funcionais e os aspectos estéticos; o carregamento atuante na estrutura, que são os carregamentos permanentes e variáveis; as condições de fabricação, transporte e montagem da estrutura; e por fim o material estrutural a ser utilizado. Com essas informações é possível identificar as possíveis opções de escolha, analisar e comparar as vantagens e desvantagens de cada opção para então selecionar a opção mais viável e adequada ao projeto em estudo (VALLE; LA ROVERE; PILLAR, 2009).

Uma das principais perspectivas do gerenciamento é o *planejamento* que está ligado a outras variáveis, como o orçamento, gestão de pessoas, compras, comunicação, e outras coisas. No planejamento o gestor/gerente/engenheiro ou qualquer que seja o profissional responsável pelo empreendimento ou serviço tem a obra como uma ferramenta importante para priorizar suas ações, pois ao acompanhar o decorrer do serviço, compara o que está em andamento com o que está previsto no projeto, o que possibilita a detecção e correção de desvios bem mais rapidamente. Quando há deficiência no planejamento é provável que haja consequências prejudiciais para uma obra e para a empresa que a executa. Qualquer pequeno descuido pode ocasionar atrasos, que conseqüentemente afetam os custos, podendo assim colocar em risco o êxito do empreendimento (MATTOS, 2010).

Segundo Concreto e Construções (2009) não se obtém a inserção de uma grande obra com qualidade, segurança e economia somente após o início da sua construção. Pelo contrário, a busca destes objetivos deve ser iniciada bem antes, começando pelo desenvolvimento apropriado dos estudos e dos projetos que antecedem a licitação, percorrendo desde as fases de detalhamento do projeto, investigações de campo, concepção dos documentos contratuais e contratação das obras.

2.1.2. Elementos Constituintes das Pontes

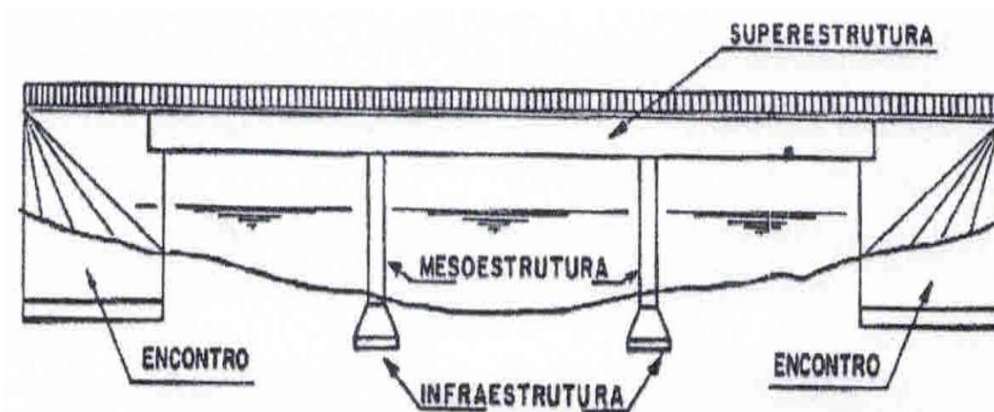
Gorges (2005) expõe as partes fundamentais constituintes de uma ponte que são descritas abaixo:

- Superestrutura: É a parte que está situada acima dos apoios. É constituída pelos tabuleiros (conjunto de elementos que recebem diretamente as cargas móveis da ponte), estrutura principal (parte destinada a vencer os vãos, recebendo as cargas da superestrutura), aparelhos de apoio (vinculam a superestrutura à mesoestrutura), enrijecimentos (concede rigidez à ponte), pendurais (aparecem nas pontes em arco trabalhando em tração), tímpanos (liga o arco ao tabuleiro superior), cortinas e abas laterais (elementos estruturais transversais), juntas de dilatação (previne interrupções

estruturais, usado em grandes vãos), dispositivos de proteção, placas de transição, elementos de captação e drenagem.

- Mesoestrutura: É composta pelos apoios no qual possuem a finalidade de encaminhar as reações até as fundações. A morfologia desses apoios podem ser em pilares-parede, pórticos, paliçadas, pilares únicos ou apoios em T, e torres.
- Infraestrutura: Também chamada de fundação, é formada por elementos estruturais que objetivam levar os esforços recebidos até solo, de forma segura e com as características do solo.
- Encontros: Elementos estruturais que proporcionam a transição entre a via de tráfego e a obra de arte especial. Podem ser classificados em encontros leves ou encontros de grande porte.

Figura 2- Elementos constituintes das pontes



Fonte: Gorges, (2005)

2.1.3. Tipos de Superestrutura

Pinho e Bellei (2007) dissertam sobre os se vários tipos de superestruturas que podem ser adotadas nas superestruturas dos projetos de pontes, nos quais podemos citar: As vigas mistas, vigas em caixão, vigas de Alma Cheia, pórticos, treliças, arcos e suspensas por cabos (estaíadas e pênseis). Essas estruturas são escolhidas de acordo com as características de cada projeto, considerando fatores, como: sua função, a topografia local, a natureza do solo, extensão e vão livre necessário, os gabaritos a serem obedecidos, a estética, os acessos, sua localização, o tempo de execução previsto e o custo da obra.

2.1.4. Materiais

Os materiais mais utilizados na construção de pontes e viadutos são o concreto e o aço. Outros materiais também são utilizados, porém para usos específicos, como: apoios, juntas de dilatação, revestimentos, dentre outros. O concreto é predominante nos tabuleiros, entretanto para grandes vãos por ser um material mais leve os tabuleiros em placa ortotrópica de aço é mais recomendável (PINHO; BELLEI, 2007)

Muito se discute na Engenharia Estrutural sobre o tipo de material a ser adotado para o projeto, já que ambos possuem vantagens e desvantagens. Segue na tabela 1 a relação do concreto armado e o aço.

Tabela 1- Relação Aço versus Concreto Armado

	<i>Aço</i>	<i>C.A.</i>
Leveza – relação peso/resistência	$\gamma_A = 7.850 \text{ kgf/m}^3$ $f_y = 300 \text{ MPa}$ $r = 2,61$ <i>Relação: baixa</i>	$\gamma_{CA} = 2.500 \text{ kgf/m}^3$ $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$ $r = 8,33$ <i>Relação: alta</i>
Módulo de Elasticidade Longitudinal	$E_A \sim 200.000 \text{ MPa}$	$E_{CA} \sim 25.000 \text{ MPa}$
Facilidade para fabricação e produção em massa (industrialização)	Sim	Pré-moldado: sim
Fácil montagem	Sim	Pré-moldado: sim
Velocidade de execução: dependência das condições meteorológicas	Sim	Pré-moldado: sim
Qualidade da execução: medidas, dimensões, prumadas e esquadros	Sim, a precisão é milimétrica	Não, a precisão é centimétrica
Retoques, reforços e manutenções	Sim	Sim, mas são difíceis e caros

Fonte: Carvalho, Grigoletti e Barbosa (2016)

2.1.5 Concreto Armado

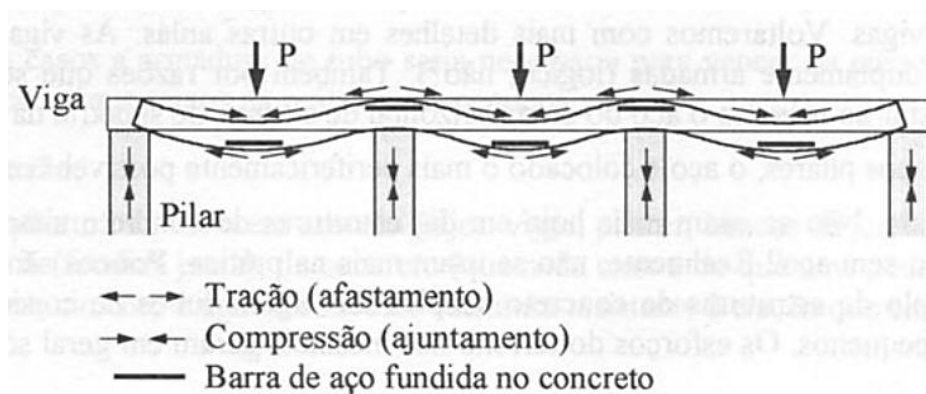
“O concreto é uma mistura homogênea de cimento, agregados miúdos e graúdos, com ou sem a incorporação de componentes minoritários (aditivos químicos e adições), que desenvolve suas propriedades pelo endurecimento da pasta de cimento”, define Inês Battagin, superintendente do CB-18 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

As estruturas de concreto armado devem possuir qualidade estrutural obtendo capacidade de resistência, como a ruptura. A estrutura deve também ter capacidade de manter-se em plenas condições de utilização, não podendo apresentar danos que comprometam seu uso

e tem a incumbência de resistir às ações ambientais que são previstas e estudadas pelo projetista estrutural (ABNT, 2003).

Quando deu-se o início do uso do concreto armado percebeu-se que as vigas de eixo reto eram restritas no seu vão devido ao esforço de tração máxima que a peça podia suportar, essa tração se localizava em baixo da viga, e como o concreto resiste em média dez vezes mais a compressão do que a tração surgiu uma ideia de adicionar na parte tracionada do concreto um material resistente à tração, no caso, o aço, como o mostrado na figura 3. Surgiu então o hoje conhecido concreto armado (BOTELHO; MARCHETTI, 2011).

Figura 3- Solicitações na viga e o uso do aço no concreto



Fonte: Botelho e Marchetti (2011).

De acordo com Concreto e Construções (2009) existem três classes básicas de classificação do concreto, decorrentes de suas massas específicas, adquirida pelas diversas dosagens da mistura, que chamamos de traço. Essas classes são:

- Concreto de densidade normal: possui massa específica no intervalo de 2000 a 2800kg/m³, sendo frequentemente encontrado em obras.
- Concreto leve: dispõe de densidade abaixo do intervalo determinado para o concreto normal, alcançada com o uso de agregados com menor massa específica.
- Concreto pesado: tem uma massa específica acima do intervalo para o concreto normal, em virtude do uso de agregados de alta densidade.

O concreto pode também ser classificado de acordo com sua resistência à compressão, de acordo com a ABNT NBR 8953. Concretos de baixa resistência possuem menos de 20 Mpa, não sendo apropriado para fins estruturais. O concreto com resistência normal tem resistências

de 20 a 50 Mpa e o concreto de alta resistência são aqueles que possuem resistência maior que 50Mpa.

Botelho e Marchetti (2011) explanam sobre os dois tipos de aço usados nas armaduras do concreto armado, que são do Tipo A e Tipo B. Os aços do tipo A são os laminados a quente, os do tipo B são os laminados a quente e depois encruados a frio por meio de compressão transversal, torção, dentre outros. Os aços são também divididos em categorias formadas de acordo com seus teores de carbono. Suas categorias são: CA 25, CA 32, CA 40, CA 50 e CA 60. As categorias se iniciam com CA indicando que é para concreto armado e o número indicativo de tensão de escoamento. Na tabela 2 podemos ver as características de cada categoria dos aços usados no concreto armado.

Tabela 2- Categorias dos aço utilizados no concreto armado

Categoria	Tensão de escoamento mínima ou, valor característico f_{yk} (kgf/cm ²)	Tensão para a qual ocorre a deformação de 0,2% σ_{sd} (kgf/cm ²)	Tensão de cálculo f_{vd} (kgf/cm ²)	Aderência com o concreto
CA 25	2500	2150	2150	1,0
CA 32	3200	2800	2800	1,0
CA 40 A	4000	3500	3478	1,2
CA 40 B	4000	3000	3478	1,2
CA 50 A	5000	4200	4350	1,5
CA 50 B	5000	3500	4350	1,5
CA 60 B	6000	4000	5217	0,8 (1)

Fonte: Botelho e Marchetti (2011).

2.1.6 Estruturas Metálicas

O bom custo de construção e manutenção associado à garantia de durabilidade e segurança tem impulsionado o uso de aço como solução estrutural para estruturas de pontes. Por este motivo é possível ver várias construções realizadas com este material (PONTES DE AÇO, 2015).

Como toda estrutura feita de aço, a construção pré fabricada com perfis formados a frio possui um tempo reduzido de execução. Sendo compostos por chapas finas, possui leveza, facilidade de fabricação, de manuseio e de transporte, facilitando e diminuindo o custo de sua montagem – menor gasto com transporte, além de não necessitar maquinários pesados para içamento (SILVA; SILVA, 2008).

2.1.5.1 Aço

Os aços estruturais são aqueles que, por sua resistência, ductilidade, e outras propriedades, são utilizados em elementos estruturais que suportam e transmitem esforços mecânicos. A sua classificação pode ser feita sob diversas formas, onde podemos citar suas propriedades mecânicas, quantidade de carbono, elementos de liga etc. (PINHEIRO, 2011).

O aço é uma liga de carbono, com outros elementos adicionais, como silício, manganês, fósforo, enxofre, etc. O teor de carbono pode variar desde 0% até 1,7 %. O carbono aumenta a resistência do aço, porém o torna mais duro e frágil. Os aços com baixo teor de carbono, têm menor resistência à tração, porém são mais dúcteis. As resistências à ruptura por tração ou compressão dos aços utilizados em estruturas são iguais, variando entre amplos limites, desde 300 MPa até valores acima 1200 MPa. (Rodrigues, 2009).

O aço mais utilizado na construção civil é o aço-carbono. Ele tem o acréscimo de resistência em sua maior parte a partir do acréscimo de carbono em relação ao ferro puro. Com este aumento, algumas modificações, causando a redução da sua ductilidade, dificultando a soldagem (Rodrigues, 2009).

Em uma concepção correta no projeto de pontes e viadutos, resultará em uma solução simples, elegante, segura para a montagem, e de baixo custo. Para chegar na escolha de abordagem mais apropriada de uma ponte de aço, é preciso passar por análise minuciosa que deve envolver quatro fatores principais: particularidades da obra, domínio do sistema construtivo, possibilidades oferecidas, os métodos de montagem (PONTES DE AÇO, 2015).

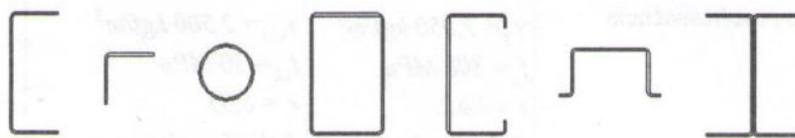
De acordo com Carvalho, Grigoletti e Barbosa (2016) existem três grandes grupos de perfis de estruturas metálicas, que são:

- Perfis laminados: são laminados a quente em usinas siderúrgicas;
- Perfis soldados: são perfis adquiridos por soldagem em tiras de chapas;
- Perfis formados a frio: são formados a partir da dobragem a frio das chapas, sendo um material mais leve que os citados anteriormente, por serem mais esbeltas.

2.1.5.1.1 Perfis

Na figura 4 encontra-se os perfis utilizados em treliças e pórticos:

Figura 4- Perfis usados em treliças e pórticos.



Fonte: Carvalho, Grigoletti e Barbosa (2016)

Nas terças e longarinas são usados os perfis abaixo (Figura 5) para fechamento de telhados e paredes:

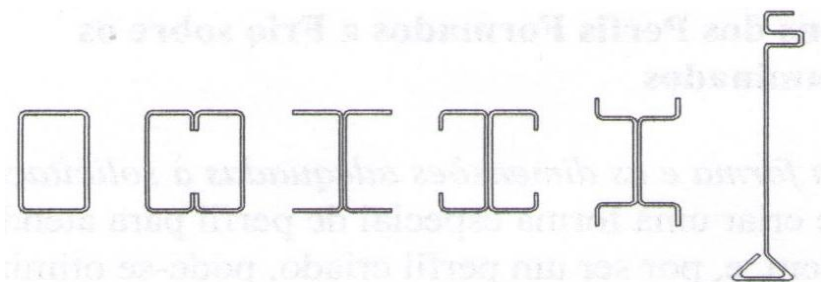
Figura 5- Perfis usados em terças.



Fonte: Carvalho, Grigoletti e Barbosa (2016)

As vigas e colunas possuem perfis como os da figura 6 usado para prédios de múltiplos andares:

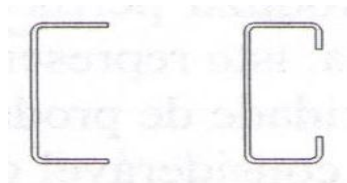
Figura 6- Perfis usados em vigas e colunas.



Fonte: Carvalho, Grigoletti e Barbosa (2016)

Nas paredes são usados perfis mais finos e galvanizados utilizados como montantes e travessas. Sua geometria é apresentada na figura 7.

Figura 7- Perfis usados como montantes e travessas de paredes.



Fonte: Carvalho, Grigoletti e Barbosa (2016)

2.1.5.1.2 Vantagens e desvantagens das estruturas metálicas

Para melhores resultados no uso de estruturas metálicas é importante que se aproveite da resistência do aço para criar estruturas mais esbeltas e menos impactantes à paisagem das cidades. Essa virtude do aço é muito importante e que tem sido cada dia mais valorizada, pois tem-se mais facilidade de integrar leveza às grandes estruturas (PONTES DE AÇO, 2015).

Segundo Pravia, Ficanha e Fabeane (2013) as estruturas em aço possuem algumas vantagens e desvantagens. Dentre as vantagens podemos citar a redução nas solicitações das fundações, o aumento da área útil, a redução do tempo de montagem, flexibilidade e agilidade. Já as desvantagens das estruturas de aço podem ser que podem custar mais caro que uma obra de concreto, dependendo do planejamento da obra, ela exige mão de obra altamente qualificada, Pode ocorrer dificuldade de encontrar o tipo de perfil desejado na região da obra, Em algumas regiões do Brasil ela não é uma estrutura comum e viabiliza apenas elementos lineares, pois para lajes necessita de associação com concreto.

2.2 ANÁLISE ORÇAMENTÁRIA

Xavier (2008) afirma que um orçamento é geralmente realizado considerando-se os custos diretos, que incluem os materiais, mão de obra dos operários e equipamentos. Considera-se também os custos indiretos, levando em consideração as equipes de supervisão e apoio, equipes de despesas gerais com o canteiro de obras, taxas, etc; e também é considerado o preço de venda, que incluirá os custos diretos e indiretos, somando-se aos impostos e lucro da operação.

É de grande responsabilidade profissional a preparação correta de um orçamento, uma vez que quanto mais competitiva se torna a área de engenharia civil, não só com a redução de mercado, como também com o surgimento de novas empresas, bem como, e principalmente, com a experiência que vem sendo obtida pelos contratantes na apropriação de custos e elaboração de suas bases de orçamento, mais importante se torna a aplicação consciente dos princípios da engenharia de custo. Pois, não basta saber elaborar o orçamento, e sim, desenvolvê-lo em período curto através de métodos atuais de execução, mas, prioritariamente, conseguir preço competitivo e mínimo. (DIAS, 2011)

Antes do início da orçamentação é necessário analisar alguns tópicos que influenciarão financeiramente no projeto, como qual é o tipo de obra, examinar o local da obra e verificar a necessidade de terraplanagem, se há água e energia no local. Caso esse estudo não seja feito pode implicar numa grande discrepância no valor final da orçamentação, gerando perturbações na obra (MARTINS, 2017).

Existe uma relação próxima entre o prazo de execução e o custo da obra, conforme as limitações dos clientes. Os recursos acessíveis mensalmente estabelecem um prazo mínimo

para a obra. Em contrapartida, o prazo da obra resulta em alguns custos fixos mensais, como aluguéis de equipamentos e mão de obra envolvida na organização (mestres, técnicos, engenheiros responsáveis pela execução). Por isso, é necessário explorar os condicionantes gerais, criando um plano geral para a obra, que em seguida será detalhado. Há diversos tipos de orçamento, como orçamentos paramétricos, pela NBR 12721, discriminados e operacionais. Deve ser realizado formalmente, implementando-se como documento fundamental para o gerenciamento da obra (GONZÁLEZ, 2008).

O bom orçamento tem que ser bom para ambas as partes; distorções no grau de confiabilidade do orçamento compromete a qualidade do produto em si, o que, de modo invariável, não é bom para o contratante e contratado (XAVIER, 2008).

De acordo com Martins (2017) a elaboração de um bom orçamento envolve o detalhamento minucioso das informações e um projeto bem definido, com isso o valor planejado estará bem próximo da realidade. Outro aspecto que contribui para a eficácia do orçamento é o bom relacionamento e diálogo entre o orçamentista e o engenheiro de campo, pois isso gerará mais informação que contribuirá para a diminuição de possíveis erros.

Para a elaboração de orçamentos temos diversos tipos no qual sua escolha dependerá do intuito da estimativa e da disponibilidade dos dados. Alguns dos tipos de orçamento são os paramétricos, os orçamentos para registro da incorporação em condomínio, e o orçamento discriminado. Para a obtenção de uma estimativa rápida o tipo de orçamento mais apropriado é o paramétrico, já no de incorporações em condomínio é seguido um procedimento padronizado, e o orçamento discriminado é mais preciso, entretanto ele exige mais informações que os outros tipos de orçamento (GONZÁLEZ, 2008).

Segundo Martins (2017) atribuir uma composição de preços para cada serviço levantado do projeto, levantar os custos indiretos e custos de acessórios, inserir os impostos e definir o lucro desejado, encontrar o preço de venda do serviço do engenheiro, calcular o BDI, aplicar o BDI linearmente em toda a planilha e realizar o fechamento da planilha com o preço de venda são as medidas essenciais a serem executadas numa orçamentação.

2.2.1. Partes constituintes de um orçamento

2.2.1.1. Insumos

Os insumos são os elementos importantes na obra considerados individualmente. A composição dos custos unitários de cada insumo resulta nas composições unitárias de custos

dos serviços. Os insumos são separados basicamente em três categorias, que são: os materiais, a mão-de-obra e os equipamentos (GONZÁLEZ, 2008).

2.2.1.2. Composições unitárias de custos de serviços

As composições são as fórmulas dos cálculos de custos unitários nos orçamentos discriminados. As quantidades individuais dos grupos de insumos formam as composições (GONZÁLEZ, 2008).

2.2.1.3. Custo unitário básico

O custo unitário básico é usado para estimativas iniciais e reajuste de valores monetários. Ele é calculado levando em consideração o grupo dos materiais, gerado a partir da análise de um conjunto de projetos típicos (GONZÁLEZ, 2008).

2.2.1.4. Custo direto

Dias (2011) apresenta os custos diretos como os custos obtidos pela junção dos insumos incorporados ao produto, tal como, concreto, armação, escavação, fôrmas, instalações hidrossanitárias e elétricas, dentre outros, através dos consumos dos itens de custo facilmente mensuráveis na unidade de medição e pagamento de cada um destes custos unitários dos serviços. Os custos diretos podem ser definidos também considerando todos os serviços constantes da planilha de quantidades e preços, no caso dela ser fornecida pelo cliente ou mesmo quando formulada pelo orçamentista.

2.2.1.6. Benefícios e Despesas Indiretas (BDI)

Os custos indiretos são obtidos pelos itens de custos como o dos serviços do engenheiro, mestre de obras, contas de água, energia, telefone, dentre outros gastos que a obra pode gerar. São geralmente contabilizados por mês ou aqueles calculados sobre o custo total ou sobre o preço final (faturamento), ou seja, administração central, impostos (ISS, COFINS, PIS, CPMF, CSLL e IR) ou juros sobre capital investido (DIAS, 2011).

A parte de “B” do BDI é pertinente aos benefícios, que incluem os lucros e pró-labore dos diretores da empresa. A outra parcela “DI” é referente às despesas indiretas, como custos administrativos da empresa, aluguel, conta de água, energia, telefone, funcionários, assessorias, veículos e tributação em geral. Porém o valor do BDI varia de acordo com as condições de cada empresa e das condições particulares de cada obra (GONZÁLEZ, 2008).

Dias (2011) afirma que de modo geral o valor final da obra, ou seja, o preço de venda é a soma do custo total da obra, impostos sobre o faturamento e o lucro estimado. Porém, convém

ressaltar que o custo da obra é regional, pois, variáveis como produção da mão de obra, salários e benefícios e materiais tem características regidas por região, assim como, os preços dos insumos podem apresentar características sazonais.

2.3 CSI BRIDGE

O CSI BRIDGE modela, faz análises e dimensiona parametricamente pontes de aço e concreto. Através dele é possível definir facilmente geometrias complexas, inserir as cargas e condições de contorno, é disponível também a inserção de contraventamentos e diafragmas, assim como os apoios intermediários, cabeceiras e tramos. Através do software pode-se criar shell na forma de ponte, ou modelos de objetos sólidos que são atualizadas automaticamente como os parâmetros de definição de ponte são alteradas. As pistas e veículos podem ser definidos de forma rápida e incluem os efeitos de largura (CSIBRIDGE, 2019).

CsiBridge (2019), explicita que por meio do Csi Bridge é possível calcular desde a fundação até a superestrutura da ponte. Nas fundações pode-se usar os apoios lineares ou não-lineares, possibilita a modelagem com splines, cascas e sólidos. Na superestrutura tem as opções de definições paramétricas das faixas de rolagem, os veículos podem ser usados conforme o programa ou conforme a necessidade do usuário, as cargas móveis são lançadas na faixa de rolamento, podendo ser vista no modo 3D.

3 METODOLOGIA

3.1 IDENTIFICAÇÃO DA PONTE DE ESTUDO

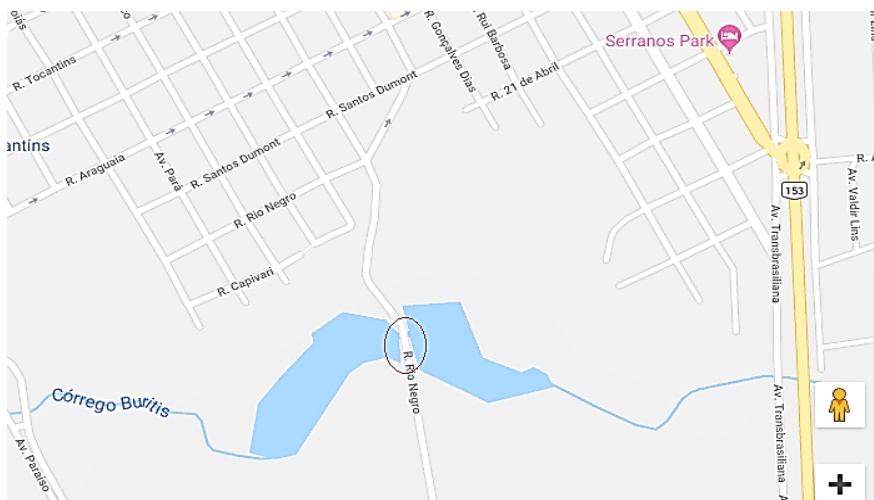
A ponte escolhida para o estudo em questão foi a ponte Parque das Águas. Ela é uma estrutura que se localiza em Paraíso do Tocantins, ligando dois setores na cidade de Paraíso do Tocantins, como mostrado nas imagens 8 e 9, no qual possui pista simples com dois sentidos de circulação (mão dupla). Sua extensão é de 10m com faixa de rolamento de 7m com passeio de pedestre de 1m, tendo largura total de 8,45m incluindo guarda-corpo e guarda-roda. O fluxo de pessoas e veículos que passa no local é médio. A ponte em questão situa-se sobre o córrego Buritis, que corta algumas avenidas importantes de Paraíso do Tocantins, implicando na construção de pontes e galerias.

Figura 8- Localização do Estado do Tocantins e da cidade de Paraíso do Tocantins



Fonte: Google maps

Figura 9 - Localização da ponte



Fonte: Mapas de Paraíso (2018)

A ponte que foi escolhida como objeto de estudo desse trabalho é feita de madeira como mostrado nas figuras 10 e 11, tendo sido recentemente revestida de pavimento asfáltico, devido ao recente aumento do tráfego de veículos, ciclistas e pedestres na região, que está em processo de crescimento populacional.

Toda a superestrutura e a mesoestrutura da ponte é de madeira, possuindo três transversinas e três longarinas.

Figura 10- Atual estrutura da ponte



Fonte: Próprio autor

Figura 11- Atual estrutura da ponte



Fonte: Próprio autor

Portanto, esse trabalho teve a finalidade quantificar o custo das duas estruturas propostas e analisar a viabilidade financeira de ambas.

3.2 PROJETO

Com o comprimento e largura da ponte já obtidos, foi elaborado um projeto estrutural dos dois tipos de estrutura em estudo através do software CSI BRIDGE, no qual foi pré-determinado a quantidade de longarinas e transversinas e suas respectivas dimensões, assim como sua geometria que é de grande importância estrutural para a peça. As propriedades adotadas nas peças estruturais foram estabelecidas de acordo com as normas de concreto armado e estruturas metálicas.

Ambas as estruturas possuem uma flecha máxima admissível, portanto para que as estruturas fossem projetadas nas mesmas condições foi adotada suas respectivas flechas máximas como parâmetro entre as pontes. Outro parâmetro que relacionou as duas estruturas foi a padronização da geometria das longarinas e transversinas das mesmas. Assim sendo, a geometria adotada para ambos os casos foi a retangular.

A NBR 7187/2003 estabelece que a espessura das lajes maciças destinadas a passagem de tráfego rodoviário seja de no mínimo 15 cm. Para a estrutura foi adotada espessura de laje h de 20 cm total.

Após a inserção das peças estruturais os carregamentos de trem tipo e multidão foi adicionado, assim como a carga permanente da estrutura. Em seguida a verificação da flecha foi feita, e para que a estrutura fosse admitida a flecha encontrada deveria estar próxima de sua flecha máxima.

3.3 ORÇAMENTO

Finalizado o projeto, elaborou-se uma planilha orçamentária quantitativa e de custo de material no Excel de ambas as estruturas para obter o valor final de cada superestrutura. Os custos utilizados na planilha foram obtidos pelo SINAPI (Sistema Nacional de Preços e Índices para a Construção Civil), uma tabela mantida pela Caixa Econômica Federal e pelo IBGE, e é encontrada através do site da Caixa Econômica Federal, onde todos os meses os valores dos serviços e materiais são atualizados. Portanto a data base dos valores da tabela SINAPI foi a do mês mais recente divulgada.

3.3.1 Planilha

A planilha utilizada para orçar a ponte em questão segue o modelo abaixo (Tabela 3), onde será melhor detalhada nos tópicos seguintes.

Tabela 3- Modelo de Planilha Orçamentária

ITEM	CÓDIGO	BANCO	DESCRIÇÃO	UND	QUANT.	VALOR UNIT.	TOTAL

Fonte: Próprio autor

3.3.2 Item

O item é o número de cada serviços ou material inserido na descrição. Ele gera melhor organização dos dados na planilha.

3.3.2 Código

É a identificação dos serviços e dos insumos. Cada composição ou insumo tem seu código específico.

3.3.2 Materiais

Todo o material utilizado na construção da superestrutura das pontes foi listado, ficando na coluna da descrição.

3.3.2 Quantitativo

Após a explicitação dos materiais utilizados, o calculado do quantitativo de material usado foi elaborado. O quantitativo foi dado em Kg, Un, m, m², m³, dependendo do material em questão.

3.3.3 Valor Unitário

O valor unitário de cada material das duas estruturas foi dado pela tabela SINAPI, que já inclui os valores dos materiais com impostos, os coeficientes de perdas, dentre outros.

3.3.4 Total

Por fim, após a obtenção dos quantitativos e do valor unitário o valor total de cada material foi calculado, fazendo a multiplicação de ambos. Após o cálculo do valor total de cada item realizou-se a somatória total, obtendo assim o valor final de cada estrutura.

3.4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

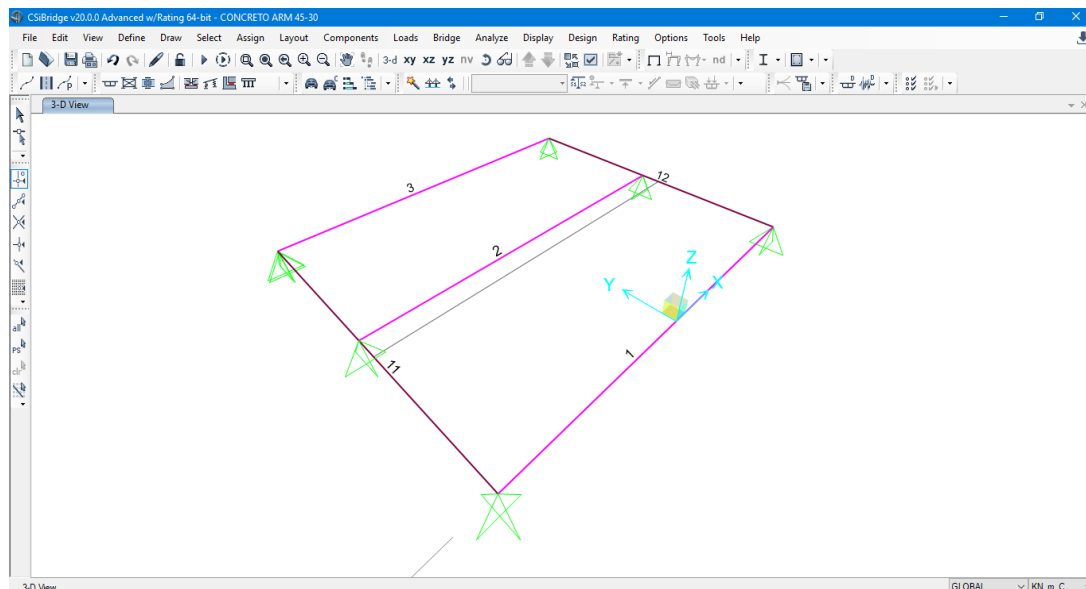
Após a confecção dos projetos das estruturas, e de todos os cálculos, e a obtenção dos valores de cada ponte por meio do orçamento, os resultados serão comparados e será então identificada o material da superestrutura mais econômica financeiramente, solucionando assim a problemática deste projeto.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. PROJETO

O projeto da superestrutura das duas pontes foi elaborado utilizando o programa CSI Bridge, com largura e comprimento da ponte já obtidos anteriormente, deu-se o início do projeto estabelecendo as informações do material da estrutura e posteriormente lançando as longarinas, transversinas e a laje com suas respectivas dimensões pré-estabelecidas. Adotou-se nos dois projetos três longarinas, que na imagem abaixo estão numeradas pelas barras 1, 2 e 3, e duas transversinas, uma em cada extremidade da ponte, que estão com a numeração 11 e 12 como mostrado na figura 12, e suas respectivas dimensões foram impostas de acordo com o tipo de estrutura, porém em ambas preservou-se a mesma geometria e quantidade de longarinas e transversinas. A laje de ambas as pontes é da mesma espessura, 20cm, como já citado anteriormente.

Figura 12- Longarinas e transversinas da ponte



Fonte: Próprio autor

4.1.1 Projeto da estrutura de concreto armado

4.1.1.1 Propriedades e geometria das peças

Na estrutura de concreto armado foi utilizado o concreto C40 nas longarinas, transversinas e laje. As informações foram lançadas no software como mostra mais detalhadamente na imagem abaixo (figura 13):

Figura 13- Propriedades da estrutura de concreto armado

Material Property Data

General Data

Material Name and Display Color: Concrete

Material Type: Concrete

Material Notes: Modify/Show Notes...

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 25,

Mass per Unit Volume: 2,5493

Units

KN, m, C

Isotropic Property Data

Modulus of Elasticity, E: 2868800,

Poisson, U: 0,2

Coefficient of Thermal Expansion, A: 9,900E-06

Shear Modulus, G: 1195333,3

Other Properties for Concrete Materials

Specified Concrete Compressive Strength, f_c : 40000,

Expected Concrete Compressive Strength: 40000,

Lightweight Concrete

Shear Strength Reduction Factor:

Switch To Advanced Property Display

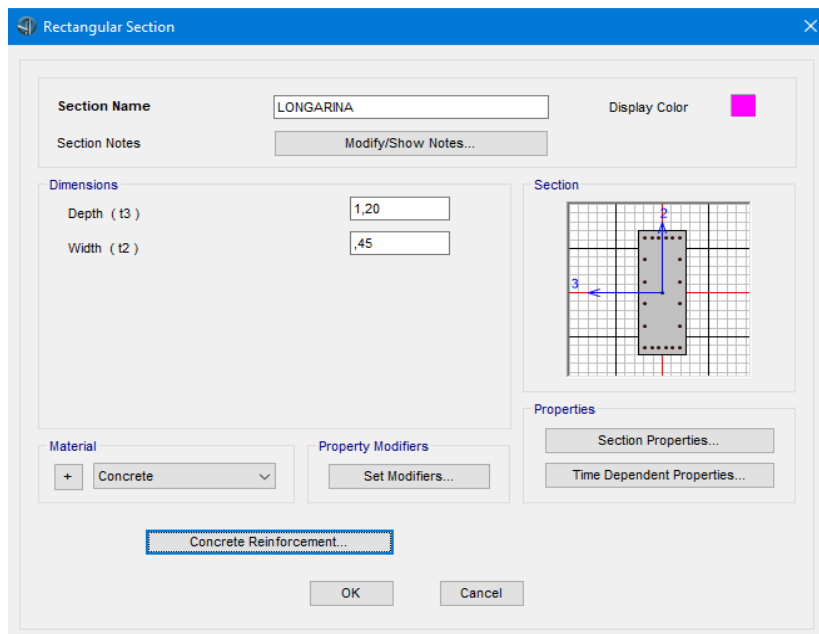
OK Cancel

Fonte: Próprio autor

Em seguida a geometria e as dimensões da peça foram definidas. A geometria escolhida foi a retangular como mencionado previamente, já as dimensões das longarinas e transversinas foram obtidas através de tentativas. Foram feitos alguns projetos com dimensões pré-estabelecidas, com isso foi analisada a flecha máxima de cada uma delas e a estrutura que mais se aproximou da sua flecha máxima foi a escolhida para o projeto.

Com isso a dimensão adotada tanto para as longarinas quanto para as transversinas de concreto armado foi de 45X120cm, como mostrado na figura 14:

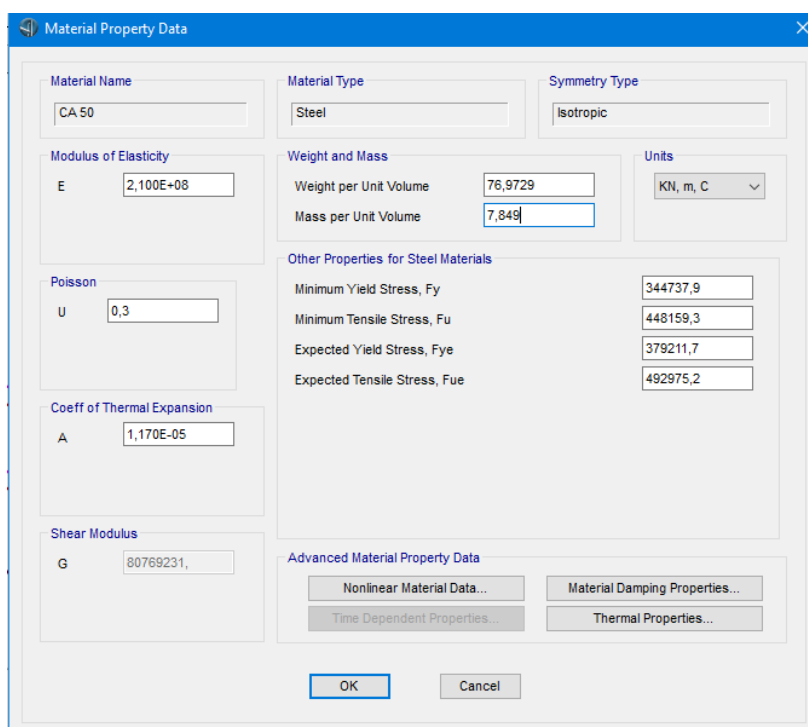
Figura 14- Dimensão e geometria da estrutura de concreto armado



Fonte: Próprio autor

O aço utilizado no concreto armado foi o CA 50, suas propriedades seguem abaixo na figura 15:

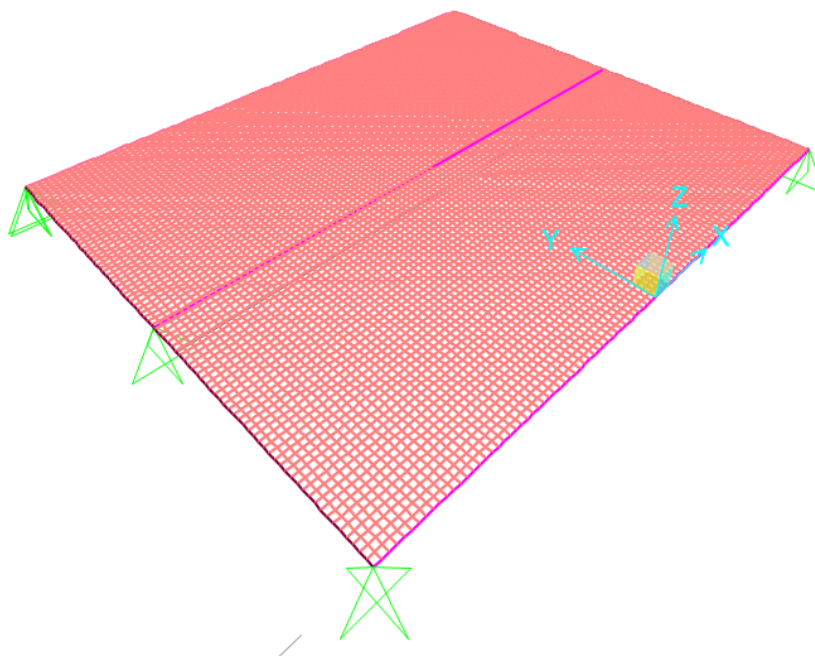
Figura 15- Propriedades do aço CA 50



Fonte: Próprio autor

Desta forma a primeira fase do projeto foi finalizada, obtendo-se a geometria e dimensões das peças da superestrutura. A visualização da ponte com a laje segue abaixo, na figura 16:

Figura 16- Longarinas e transversinas e laje da ponte



Fonte: Próprio autor

4.1.1.2 Carregamentos

Após a inserção das longarinas, transversinas, laje e aplicada as suas propriedades, foram calculados os carregamentos, como peso próprio, cargas pontuais e distribuídas. No cálculo do peso próprio da estrutura considerou-se o peso dos guarda-corpos, guarda-rodas e carga de pavimentação e repavimentação feita com base na NBR 7187/2003- Projeto de pontes de concreto armado e protendido- Procedimento.

No cálculo das cargas de pavimentação e repavimentação considerou-se o peso específico do concreto de 24 KN/m³ e carga de repavimentação de 2 KN/m². Com isso foi feita a multiplicação do peso específico pela espessura da laje, somando à carga de repavimentação, como mostrado abaixo:

$$Q_{pav} = (Y_{conc} * esp \ laje) + 2$$

Por meio desta equação obteve-se uma carga de 6,8 KN/m² que foi inserida no software, vista na figura 17. Esta carga foi aplicada em toda a seção da ponte:

Figura 17- Carga de pavimentação e repavimentação

Fonte: Próprio autor

Já a carga do guarda-rodas de concreto foi obtida pela multiplicação da área da peça pelo peso específico do concreto armado que é 25 KN/m³.

$$Q_{grodas} = A_{peça} * Y_{conc}$$

O resultado foi de 1,5 KN/m que foi dividido pelo comprimento da laje que é 10 cm (a laje total tem seção de 10X8,45m, mas foi dividida no software em blocos de 10X10cm para melhor precisão dos resultados) para obter um valor da carga por metro quadrado. Desta forma o carregamento do guarda-rodas foi de 15 KN/m², representado abaixo, que foi lançado somente no local em que o guarda-rodas foi locado.

Figura 18- Carregamento guarda-rodas

Assign Area Uniform Loads

General

Load Pattern: CPERMANENTE

Coordinate System: GLOBAL

Load Direction: Z

Uniform Load

Load: -15 kN/m²

Options

Add to Existing Loads

Replace Existing Loads

Delete Existing Loads

Reset Form to Default Values

OK Close Apply

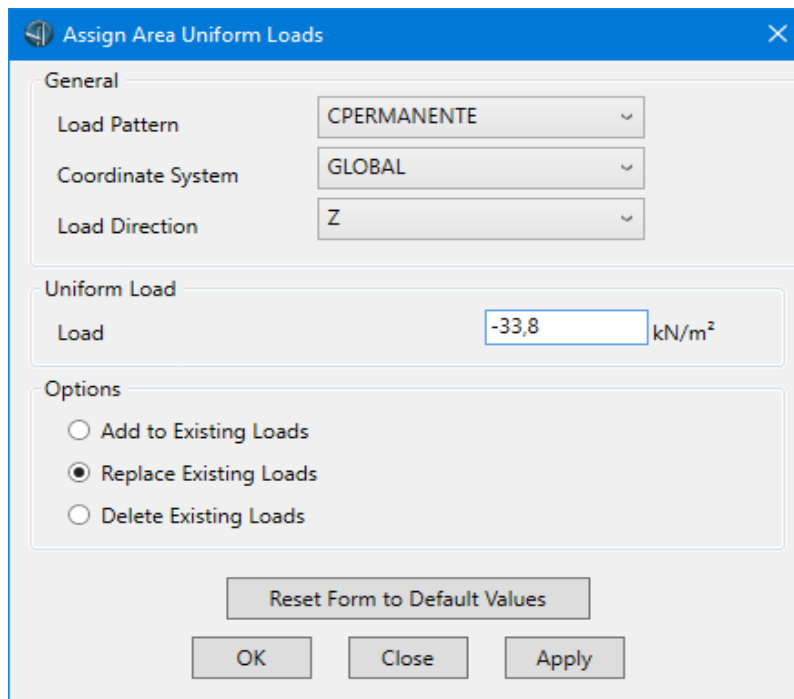
Fonte: Próprio autor

O carregamento dos guarda-corpos foi feito igualmente ao guarda-rodas. Multiplicou-se a área do guarda-corpo pelo peso específico do concreto e dividiu-se o resultado pela largura da laje, como mostrado no cálculo abaixo:

$$Q_{gcorpo} = \frac{(A_{peça} * \gamma_{conc})}{0,10}$$

O valor obtido foi de 33,8 KN/m², aplicado nos locais onde se encontram os guarda-corpos. O carregamento sendo lançado do software pode ser visto na figura 19:

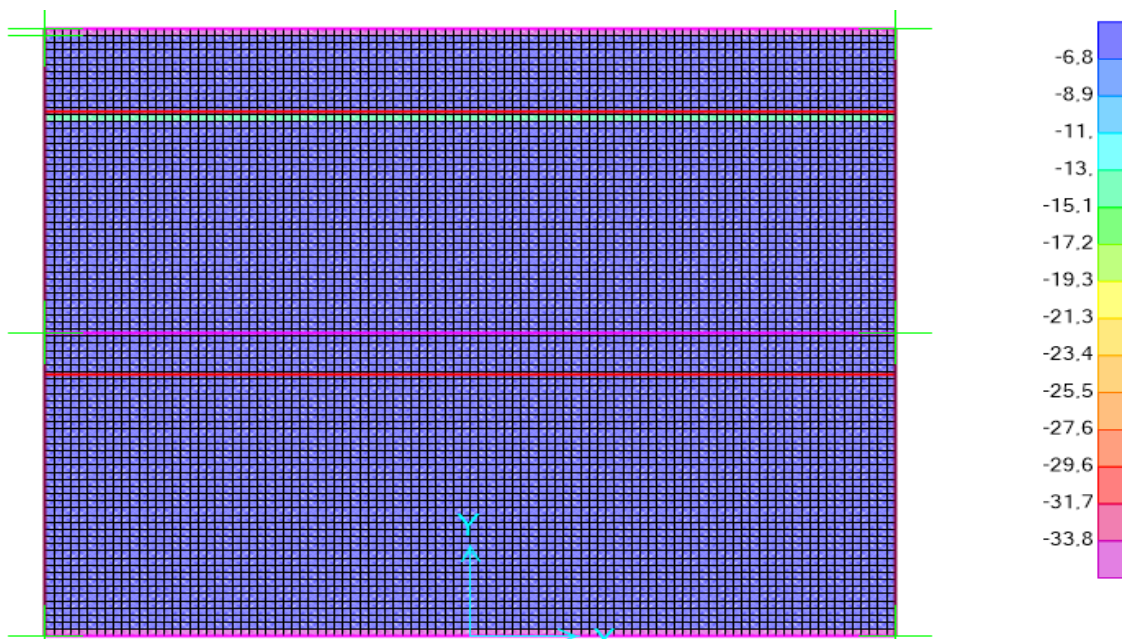
Figura 19: Carregamento guarda-corpo de concreto



Fonte: Próprio autor

Todos esses carregamentos, somados ao peso próprio da estrutura formam o carregamento permanente da estrutura. Essa distribuição das cargas pode ser vista abaixo na figura 20:

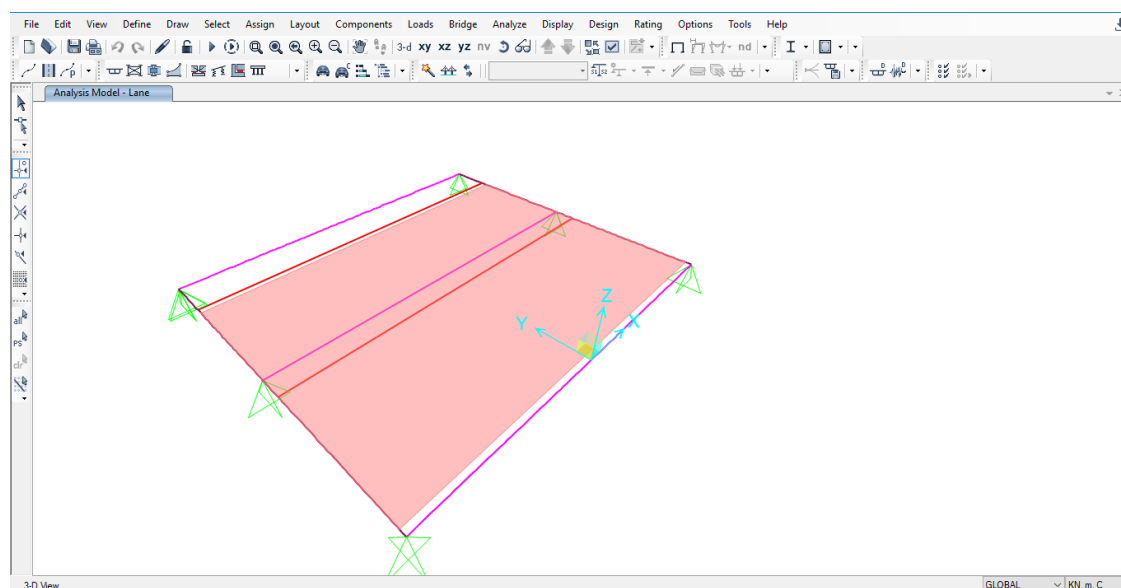
Figura 20: Carregamentos ao longo da estrutura de concreto armado



Fonte: Próprio autor

Logo depois da inserção das cargas permanentes foi criada a pista de veículos para que as cargas de trem tipo e multidão fossem lançados. A pista criada pode ser observada na imagem a seguir (figura 21) na coloração rosa:

Figura 21: Pista de veículos



Fonte: Próprio autor

Com a pista de veículo criada, pôde-se criar um trem tipo e multidão, que é o carregamento distribuído e o pontual. A determinação desses carregamentos foi feita com base na NBR 7188/2013- Carga móvel rodoviária e de pedestre em pontes, viadutos, passarelas e outras estruturas. A classe de veículo usada para o cálculo das cargas distribuídas e pontual foi a classe 45, que é a situação mais crítica em que a ponte poderia se encontrar, no qual o veículo possui 3 eixos e carregamento de 450 KN.

A NBR 7188/2013 determina uma carga de 5KN/m² que é aplicada em toda a pista e 3 KN/m² para passeio de pedestres, como mostra a tabela abaixo:

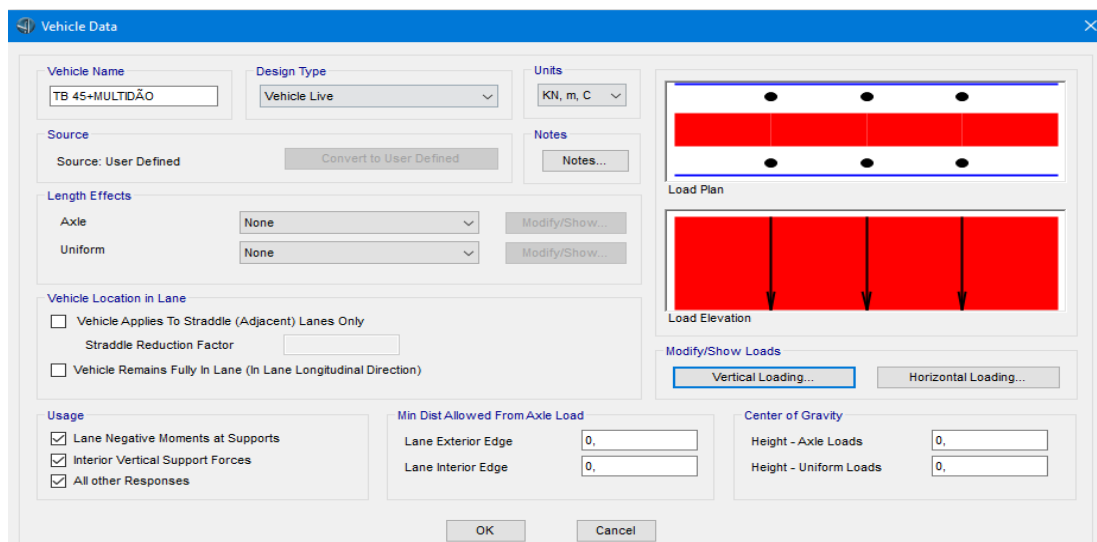
Tabela 4- Cargas dos veículos

Classe da ponte	Veículo			Carga uniformemente distribuída				Disposição da carga
	Tipo	Peso total		p		p'		
		kN	t _f	kN/m ²	kgf/m ²	kN/m ²	kgf/m ²	
45	45	450	45	5	500	3	300	Carga p em toda a pista
30	30	300	30	5	500	3	300	Carga p' nos passeios
12	12	120	12	4	400	3	300	

Fonte: NBR 7188/2013

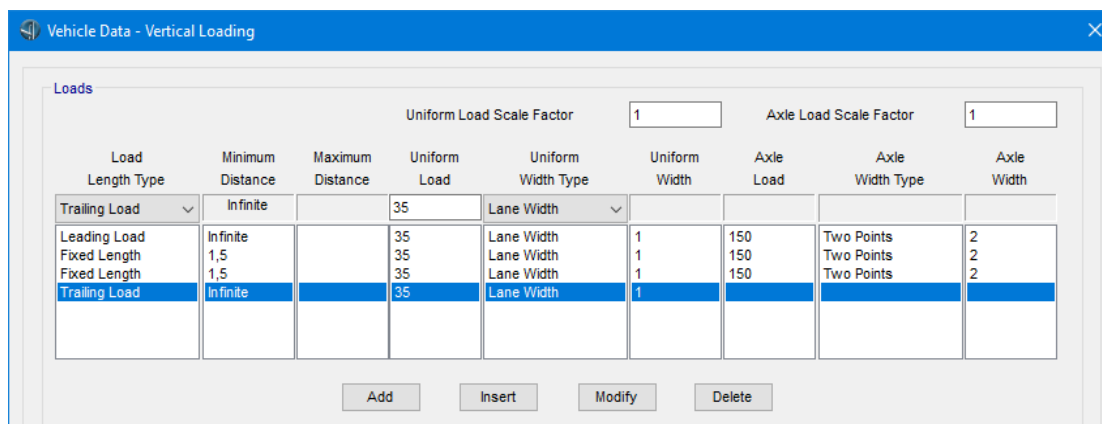
A carga de 5KN/m² foi multiplicada pela largura da pista, obtendo-se uma carga distribuída de 35 KN/m na pista de veículo e 3 KN/m no passeio de pedestre. A carga do veículo da classe 45 é 450 KN dividida em 3 eixos, desta forma obtém-se uma carga pontual de 150 KN, lançada em dois pontos com distância de 2 metros, como nas figuras 22 e 23:

Figura 22- Lançamento do trem tipo



Fonte: Próprio autor

Figura 23- Valores do trem tipo



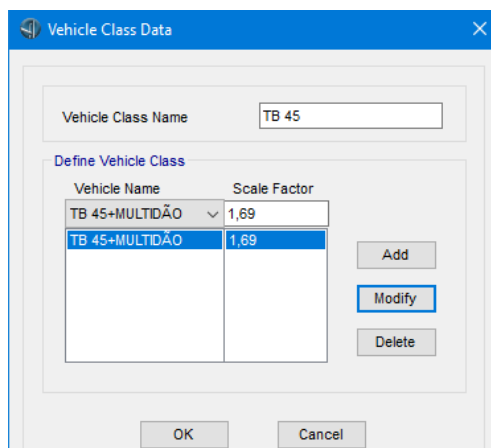
Fonte: Próprio autor

Segundo a NBR 7188/2013- Carga móvel rodoviária e de pedestre em pontes, viadutos, passarelas e outras estruturas, deve-se acrescentar um coeficiente de impacto nos carregamentos para majora-los. No item 5.1 da NBR 7188/2013 diz que a carga concentrada (Q), em kN, é resultado da carga vertical móvel que é aplicado no nível do pavimento, igual a multiplicação dos valores característicos majorados pelos Coeficientes de Impacto Vertical (CIV), do Número de Faixas (CNF) e de Impacto Adicional (CIA) abaixo apresentados.

$$Q = CIV \times CNF \times CIA$$

O CIV para pontes em concreto armado de até 10m, como é o caso da estrutura em estudo, usa-se um coeficiente de 1,35. O coeficiente CNF da ponte em questão é de 1,00 pois possui vias de 2 faixas. O CIA para obras em concreto ou mistas é de 1,25. Com isso na ponte de concreto armado obtivemos um coeficiente de impacto de 1,69, aplicados nos carregamentos de trem tipo de multidão (TB-45), como pode-se observar abaixo na figura 24.

Figura 24- Aplicação do coeficiente de impacto



Fonte: Próprio autor

4.1.1.3 Combinações

As combinações das ações são feitas para que nos cálculos sejam consideradas sempre as condições mais desfavoráveis para a estrutura. Neste caso foi feita uma única combinação que foi a verificação do estado limite ultimo (ELU) conforme a NBR 8681/2003- Ações e segurança nas estruturas- Procedimento, o qual fixa os requisitos exigíveis na verificação da segurança das estruturas usuais da construção civil e estabelece as definições e os critérios de quantificação das ações e das resistências a serem considerados no projeto das estruturas de edificações, quaisquer que sejam sua classe e destino.

Neste projeto foram considerados nos cálculos do ELU o peso próprio da superestrutura e carga móvel do trem-tipo, seus fatores de segurança foram extraídos da NBR 8681/2003, como visto abaixo. Na tabela 5 extraímos o valor do fator de segurança da carga permanente. Já nas tabelas 6 e 7 obtemos os valores do fator de segurança dos carregamentos distribuídos e pontuais (TB-45).

Tabela 5- Ações permanentes diretas consideradas separadamente

Combinação	Tipo de ação	Efeito	
		Desfavorável	Favorável
Normal	Peso próprio de estruturas metálicas	1,25	1,0
	Peso próprio de estruturas pré-moldadas	1,30	1,0
	Peso próprio de estruturas moldadas no local	1,35	1,0
	Elementos construtivos industrializados ¹⁾	1,35	1,0
	Elementos construtivos industrializados com adições <i>in loco</i>	1,40	1,0
	Elementos construtivos em geral e equipamentos ²⁾	1,50	1,0
Especial ou de construção	Peso próprio de estruturas metálicas	1,15	1,0
	Peso próprio de estruturas pré-moldadas	1,20	1,0
	Peso próprio de estruturas moldadas no local	1,25	1,0
	Elementos construtivos industrializados ¹⁾	1,25	1,0
	Elementos construtivos industrializados com adições <i>in loco</i>	1,30	1,0
	Elementos construtivos em geral e equipamentos ²⁾	1,40	1,0
Excepcional	Peso próprio de estruturas metálicas	1,10	1,0
	Peso próprio de estruturas pré-moldadas	1,15	1,0
	Peso próprio de estruturas moldadas no local	1,15	1,0
	Elementos construtivos industrializados ¹⁾	1,15	1,0
	Elementos construtivos industrializados com adições <i>in loco</i>	1,20	1,0
	Elementos construtivos em geral e equipamentos ²⁾	1,30	1,0

¹⁾ Por exemplo: paredes e fachadas pré-moldadas, gesso acartonado.
²⁾ Por exemplo: paredes de alvenaria e seus revestimentos, contrapisos.

Fonte: NBR 8681/2003.

Tabela 6-Ações permanentes diretas agrupadas

Combinação	Tipo de estrutura	Efeito	
		Desfavorável	Favorável
Normal	Grandes pontes ¹⁾	1,30	1,0
	Edificações tipo 1 e pontes em geral ²⁾	1,35	1,0
	Edificação tipo 2 ³⁾	1,40	1,0
Especial ou de construção	Grandes pontes ¹⁾	1,20	1,0
	Edificações tipo 1 e pontes em geral ²⁾	1,25	1,0
	Edificação tipo 2 ³⁾	1,30	1,0
Excepcional	Grandes pontes ¹⁾	1,10	1,0
	Edificações tipo 1 e pontes em geral ²⁾	1,15	1,0
	Edificação tipo 2 ³⁾	1,20	1,0

¹⁾ Grandes pontes são aquelas em que o peso próprio da estrutura supera 75% da totalidade das ações.
²⁾ Edificações tipo 1 são aquelas onde as cargas acidentais superam 5 kN/m².
³⁾ Edificações tipo 2 são aquelas onde as cargas acidentais não superam 5 kN/m².

Fonte: NBR 8681/2003.

Tabela 7- Ações variáveis consideradas separadamente

Combinação	Tipo de ação	Coefficiente de ponderação
Normal	Ações truncadas ¹⁾	1,2
	Efeito de temperatura	1,2
	Ação do vento	1,4
	Ações variáveis em geral	1,5
Especial ou de construção	Ações truncadas ¹⁾	1,1
	Efeito de temperatura	1,0
	Ação do vento	1,2
	Ações variáveis em geral	1,3
Excepcional	Ações variáveis em geral	1,0

¹⁾ Ações truncadas são consideradas ações variáveis cuja distribuição de máximos é truncada por um dispositivo físico de modo que o valor dessa ação não pode superar o limite correspondente. O coeficiente de ponderação mostrado na tabela 4 se aplica a esse valor limite.

Fonte: NBR 8681/2003.

Os valores do fator de segurança aplicados aos seus respectivos carregamentos explicitam-se na figura 25.

Figura 25- Fator de segurança da estrutura de concreto armado

Load Combination Data

Load Combination Name (User-Generated)

Notes

Load Combination Type

Options

Define Combination of Load Case Results

Load Case Name	Load Case Type	Scale Factor
CPERMANENTE	Linear Static	1,35
CPERMANENTE VEIC+DISTRIB(TB45)	Linear Static	1,35
VEIC+DISTRIB(TB45)	Moving Load	1,875

Fonte: Próprio autor

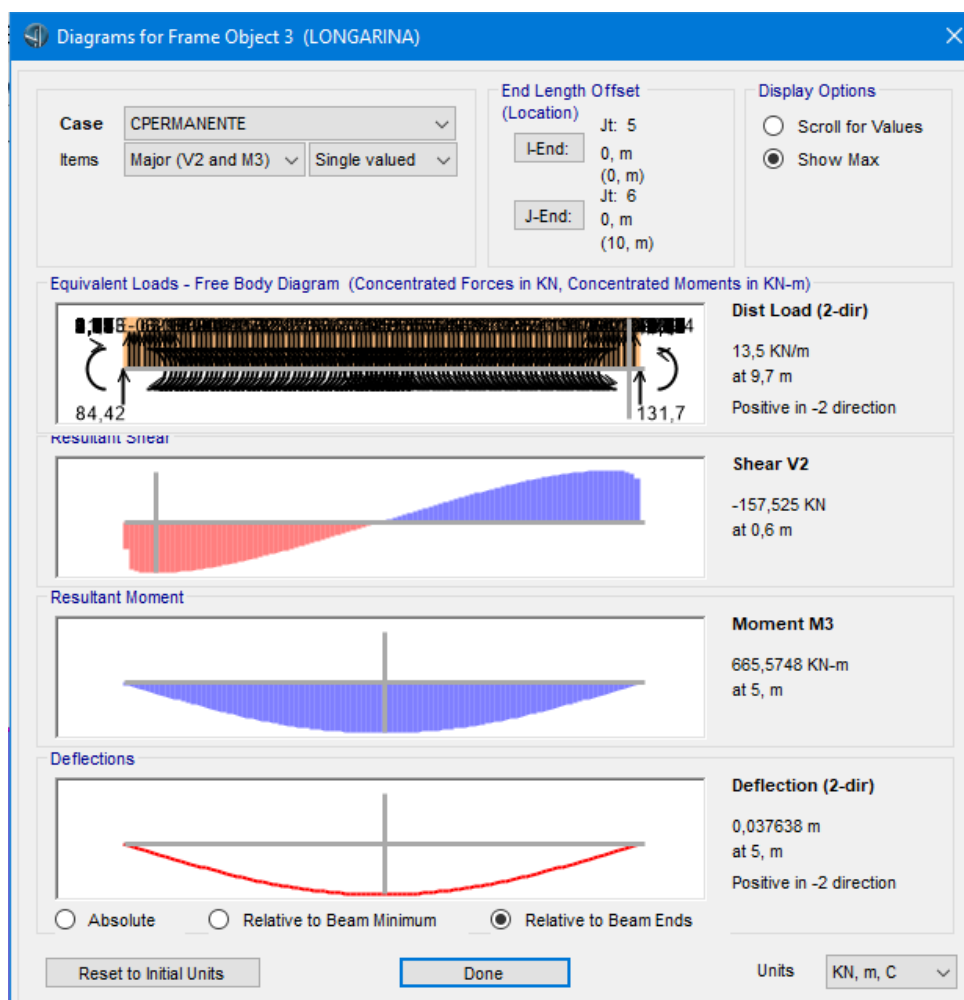
4.1.1.4 Flecha máxima

Depois do lançamento dos carregamentos na estrutura obteve-se os resultados dos momentos, esforço cortante e deflexões. Para certificar se a deformação da estrutura atende o limite permitido foi necessário a realização do cálculo da flecha máxima. Segundo a NBR 6118/2013 as estruturas em concreto armado tem sua flecha máxima calculada pela seguinte formula:

$$f_{m\acute{a}x} = \frac{l}{250}$$

A partir desta fórmula foi feito o cálculo da flecha máxima, para o comprimento $l=10\text{m}$ obteve-se $f_{m\acute{a}x}=0,04\text{m}$. A estrutura de concreto armado com longarinas e transversinas contendo as dimensões de $45 \times 120\text{cm}$ atingiu os valores apresentados na figura 26.

Figura 26- Resultado das forças cortantes, momentos atuantes e deflexões da estrutura em concreto armado



Fonte: Próprio autor

Portanto a maior flecha das longarinas obteve uma flecha de 0,038m. Portanto esta flecha se está dentro do limite permitido e bem próxima da flecha máxima.

4.1.2 Projeto da estrutura metálica

4.1.2.1 Propriedades e geometria das peças

Na estrutura metálica foi utilizado um perfil retangular contendo as seguintes propriedades:

Figura 27- Propriedades da estrutura metálica

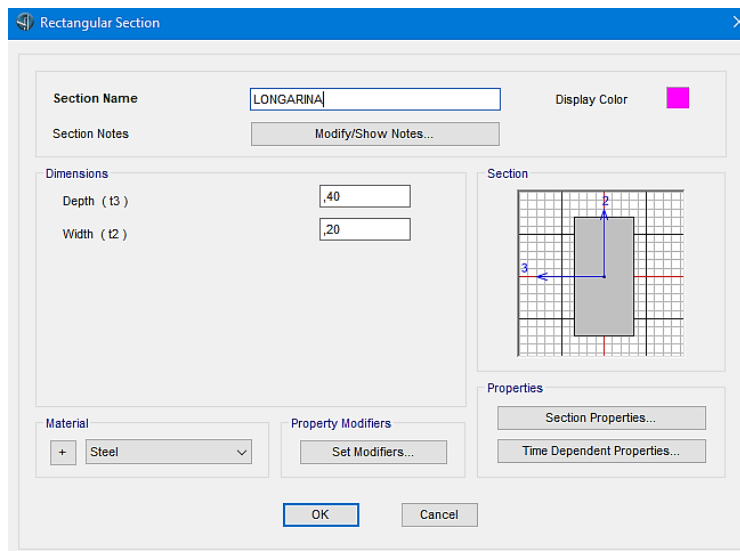
The screenshot shows the 'Material Property Data' dialog box with the following data:

Section	Property	Value
General Data	Material Name and Display Color	Steel
	Material Type	Steel
	Material Notes	Modify/Show Notes...
Weight and Mass	Weight per Unit Volume	78
	Mass per Unit Volume	7,9538
Isotropic Property Data	Modulus of Elasticity, E	2,100E+08
	Poisson, U	0,3
	Coefficient of Thermal Expansion, A	1,170E-05
	Shear Modulus, G	80769231
Other Properties for Steel Materials	Minimum Yield Stress, Fy	344737,9
	Minimum Tensile Stress, Fu	448159,3
	Expected Yield Stress, Fye	379211,7
	Expected Tensile Stress, Fue	492975,2

Fonte: Próprio autor

A escolha da dimensão da estrutura metálica foi realizada da mesma forma que a estrutura de concreto armado, tendo como parâmetro a flecha máxima. Com isso, depois de algumas tentativas obteve-se a dimensão de 20X40cm, mostrado na figura 28, que foi a que mais se aproximou da flecha máxima, porém estando com sua deformação dentro do permitido. A laje desta estrutura também possui espessura de 20cm como a estrutura projetada anteriormente.

Figura 28- Dimensão e geometria da estrutura metálica



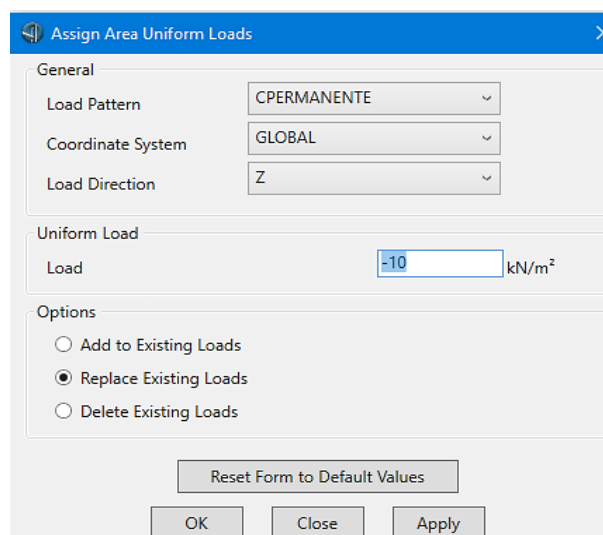
Fonte: Próprio autor

4.1.2.2 Carregamentos

Os carregamentos foram realizados do mesmo modo que a estrutura de concreto armado, possuindo carga de pavimentação e repavimentação de 6,8 KN/m, guarda-rodas com carga de 15 KN/m, porém na estrutura metálica foi utilizado um guarda-corpo metálico, diferente do utilizado na estrutura de concreto armado.

Como o guarda-corpo metálico possui peso de 1 KN/m, esse valor foi multiplicado pela largura da laje que é 0,10m, obtendo um carregamento de 10 KN/m². A inserção desta carga está representada na imagem abaixo (Figura 29):

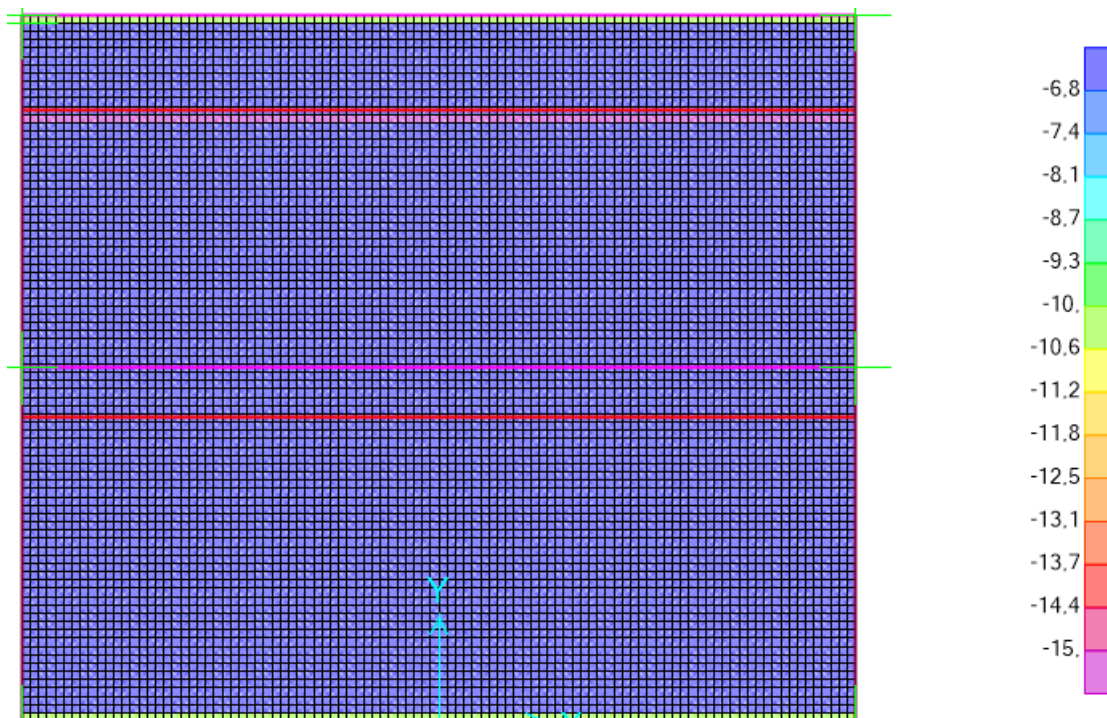
Figura 29- Carregamento guarda-corpo metálico



Fonte: Próprio autor

Os carregamentos distribuídos ao longo da ponte podem ser vistos na figura 30:

Figura 30- Carregamentos ao longo da estrutura metálica



Fonte: Próprio autor

Após a inserção das cargas permanentes, foi criada a pista de passagem de veículo e adicionada as cargas de trem tipo e multidão. A classe da ponte foi de 45 tendo carga de veículo de 450 KN, conseqüentemente possuindo três pontuais de 150 KN, e um carga distribuida de 5 KN/m² na pista que multiplicando pela largura de 7m, obteve-se o carregamento distribuido de 35 KN/m aplicado em toda a pista, como realizado anteriormente no projeto da estrutura de concreto armado, e apresentado na figura 23.

Na estrutura metálica também se adotou um coeficiente de impacto, realizando a mesma sequencia de cálculo realizado na estrutura de concreto armado. Para calcular o coeficiente de impacto fez-se o cálculo do CIV que é 1,35 para pontes de até 10m, o CIA de estruturas metálicas é 1,15 e o CNF é igual a 1. Pela multiplicação do CIV, VIA e CNF obtivemos o coeficiente de impacto que foi de 1,55. A inserção desse coeficiente no software pode ser visto na figura 31.

Figura 31- Coeficiente de impacto da estrutura metálica

Vehicle Class Name: TB 45

Define Vehicle Class

Vehicle Name	Scale Factor
TB 45+MULTIDÃO	1,55
TB 45+MULTIDÃO	1,55

Buttons: Add, Modify, Delete

Fonte: Próprio autor

4.1.2.3 Combinações

As combinações das ações pelo ELU foram inseridas da mesma forma que foi inserida na estrutura de concreto armado, porém o fator de segurança estabelecido pela NBR 8681/2003 alterou-se. O fator de segurança da carga permanente da estrutura metálica é de 1,25 conforme a tabela 5 deste trabalho. Abaixo na figura 32 encontra-se o lançamento desse fator de segurança no software.

Figura 32- Fator de segurança da estrutura metálica

Load Combination Name (User-Generated): ELU1

Notes: Modify/Show Notes...

Load Combination Type: Linear Add

Options: Convert to User Load Combo, Create Nonlinear Load Case from Load Combo

Define Combination of Load Case Results

Load Case Name	Load Case Type	Scale Factor
CPERMANENTE	Linear Static	1,25
CPERMANENTE	Linear Static	1,25
VEIC+DISTRIB(TB45)	Moving Load	1,875

Buttons: Add, Modify, Delete

Fonte: Próprio autor

4.1.2.4 Flecha máxima

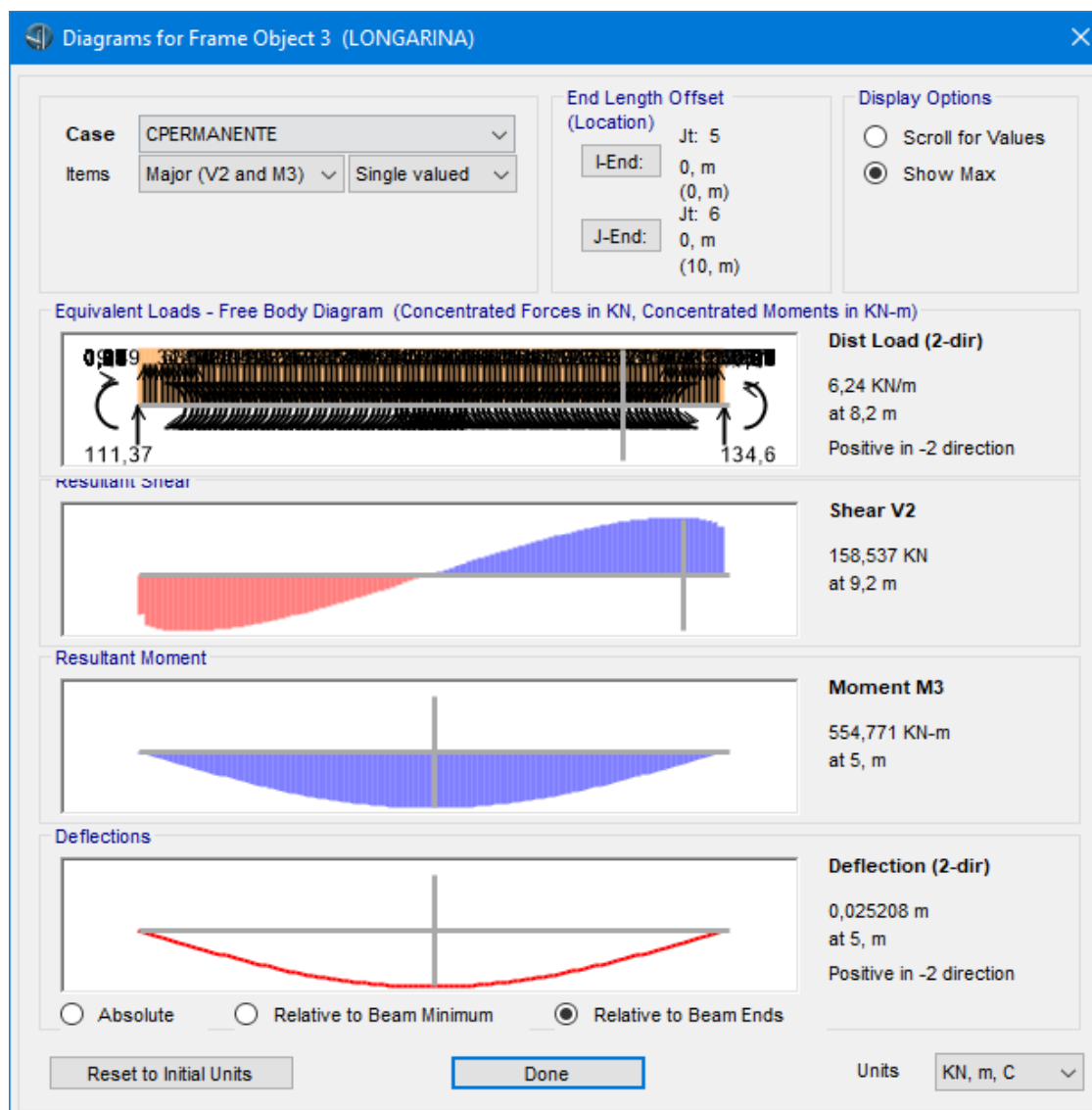
Os valores das flechas máximas das estruturas metálicas são obtidos pela fórmula a seguir:

$$f_{m\acute{a}x} = \frac{l}{350}$$

Usando o comprimento $l=10\text{m}$, como na estrutura anterior, obteve-se uma flecha máxima igual a $0,0285\text{m}$.

A estrutura metálica com geometria retangular de dimensão $20\text{X}40\text{cm}$ obteve-se uma flecha de aproximadamente $0,026\text{m}$, visto na imagem 34, que é menor que a sua flecha máxima, porém bem próxima.

Figura 33- Resultado das forças cortantes, momentos atuantes e deflexões da estrutura metálica



Fonte: Próprio autor

4.2. ORÇAMENTO

O orçamento de ambas as estruturas foi realizado usando a planilha SINAPI, encontrada no site da Caixa Econômica Federal. Utilizou-se os valores referentes ao mês de março de 2019, que foi o mês divulgado mais próximo do período de orçamentação dessas estruturas em estudo.

O objetivo desse orçamento foi quantificar o custo dos materiais da superestrutura das duas pontes, com isso, nas composições em que se encontram mão-de-obra foi realizada uma alteração, removendo esses itens da composição, deixando somente os materiais.

Na planilha SINAPI encontramos dois valores unitários, o desonerado e o não desonerado. O valor desonerado é o valor com possível recolhimento de aproximadamente 2% da receita bruta da empresa e o não desonerado visa recolher até 20% do salário dos empregados. Desta maneira como não visamos calcular custos com funcionários utilizamos os valores unitários desonerados na planilha orçamentaria deste trabalho.

O aço utilizado na estrutura metálica não consta no SINAPI então fez-se cotação nas lojas da região para obter o valor unitário da peça. A geometria das peças da ponte é retangulares, porém não há perfil metálico retangular. Desta forma o perfil adotado foi o perfil “U” enrijecido, onde é feito a solda de duas barras formando um perfil retangular.

Como a seção da peça é 20x40cm, a da peça metálica utilizada foi de 400x100x25mm #6,35, no qual quando soldada apresentará o perfil retangular desejada.

4.2.1 Orçamentos

A seguir é apresentado o orçamento de material da superestrutura em concreto armado:

ORÇAMENTO DA SUPERESTRUTURA DA PONTE EM CONCRETO ARMADO

ITEM	CÓDIGO	BANCO	DESCRIÇÃO	UND	QUANT.	VALOR UNIT.	TOTAL
1.0 LONGARINAS							R\$ 12.474,59
1.1	34496	SINAPI	CONCRETO USINADO BOMBEAVEL, CLASSE DE RESISTENCIA C40, COM BRITA 0 E 1, SLUMP = 100 +/- 20 MM, EXCLUI SERVICO DE BOMBEAMENTO (NBR 8953)	m³	3	345,36	R\$ 1.036,08
1.2	92270	SINAPI	FÔRMA PARA VIGAS, COM MADEIRA SERRADA, E = 25 MM. AF_12/2015	m²	85,5	45,7	R\$ 3.907,35
1.3	92781	SINAPI	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UMA EDIFICAÇÃO TÉRREA OU SOBRADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 20,0 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	kg	1479,6	5,09	R\$ 7.531,16
2.0 TRANSVERSINAS							R\$ 8.308,99
2.1	34496	SINAPI	CONCRETO USINADO BOMBEAVEL, CLASSE DE RESISTENCIA C40, COM BRITA 0 E 1, SLUMP = 100 +/- 20 MM, EXCLUI SERVICO DE BOMBEAMENTO (NBR 8953)	m³	2	345,36	R\$ 690,72
2.2	92270	SINAPI	FÔRMA PARA VIGAS, COM MADEIRA SERRADA, E = 25 MM. AF_12/2015	m²	57	45,57	R\$ 2.597,49
2.3	92781	SINAPI	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UMA EDIFICAÇÃO TÉRREA OU SOBRADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 20,0 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	kg	986,4	5,09	R\$ 5.020,78
3.0 LAJE							R\$ 10.076,96
3.1	92268	SINAPI	FÔRMA PARA LAJES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA PLASTIFICADA, E = 18 MM. AF_12/2015	m²	84,5	32,59	R\$ 2.753,86
3.2	34496	SINAPI	CONCRETO USINADO BOMBEAVEL, CLASSE DE RESISTENCIA C40, COM BRITA 0 E 1, SLUMP = 100 +/- 20 MM, EXCLUI SERVICO DE BOMBEAMENTO (NBR 8953)	m³	12	345,36	R\$ 4.144,32
3.3	92771	SINAPI	ARMAÇÃO DE LAJE DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UM EDIFÍCIO DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	kg	493,6	6,44	R\$ 3.178,78
4.0 ASSESSÓRIOS							R\$ 5.828,80
4.1	73770/001	SINAPI	BARREIRA PRE-MOLDADA EXTERNA CONCRETO ARMADO 0,15X0,40X1,14M FCK=25MPA AÇO CA-50 INCL VIGOTA HORIZONTAL MONTANTE A CADA 1,00M FERROS DE LIGACAO E MATERIAIS.	m	10	467,3	R\$ 4.673,00
4.2	97033	SINAPI	GUARDA-CORPO EM LAJE PÓS-DESFORMA, PARA ESTRUTURAS EM CONCRETO, COM ESCORAS METÁLICAS ESTRONCADAS NA ESTRUTURA, TRAVESSÕES DE MADEIRA E FECHAMENTO EM TELA DE POLIPROPILENO PARA EDIFICAÇÕES COM ALTURA ATÉ 4 PAVIMENTOS (1 MONTAGEM POR OBRA). AF_11/2017	m	20	57,79	R\$ 1.155,80
TOTAL							R\$ 36.689,34

A orçamentação da estrutura metálica pode ser observado abaixo:

ORÇAMENTO DA SUPERESTRUTURA DA PONTE METÁLICA

ITEM	CÓDIGO	BANCO	DESCRIÇÃO	UND	QUANT.	VALOR UNIT.	TOTAL
1.0	LONGARINAS						R\$ 5.690,08
1.1	40537	COMP	PERFIL "U" ENRIJECIDO DE ACO GALVANIZADO, DOBRADO, 400 X 100 X 25 MM, E =6,35 MM	und	10	553,6	R\$ 5.536,00
1.2	73865/001	SINAPI	FUNDO PREPARADOR PRIMER A BASE DE EPOXI, PARA ESTRUTURA METALICA, UMA DEMA0, ESPESSURA DE 25 MICRA.	m²	18	8,56	R\$ 154,08
2.0	TRANSVERSINAS						R\$ 3.977,92
2.1	40537	COMP	PERFIL "U" ENRIJECIDO DE ACO GALVANIZADO, DOBRADO, 400 X 100 X 25 MM, E =6,35 MM	und	7	553,6	R\$ 3.875,20
2.2	73865/001	SINAPI	FUNDO PREPARADOR PRIMER A BASE DE EPOXI, PARA ESTRUTURA METALICA, UMA DEMA0, ESPESSURA DE 25 MICRA.	m²	12	8,56	R\$ 102,72
3.0	LAJE						R\$ 10.076,96
3.1	92268	SINAPI	FÔRMA PARA LAJES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA PLASTIFICADA, E = 18 MM. AF_12/2015	m²	84,5	32,59	R\$ 2.753,86
3.2	34496	SINAPI	CONCRETO USINADO BOMBEAVEL, CLASSE DE RESISTENCIA C40, COM BRITA 0 E 1, SLUMP = 100 +/- 20 MM, EXCLUI SERVICO DE BOMBEAMENTO (NBR 8953)	m³	12	345,36	R\$ 4.144,32
3.3	92771	SINAPI	ARMAÇÃO DE LAJE DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UM EDIFÍCIO DE MÚLTIPLOS PAVIMENTOS UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	kg	493,6	6,44	R\$ 3.178,78
4.0	ASSESSÓRIOS						R\$ 11.710,20
4.1	73770/001	SINAPI	BARREIRA PRE-MOLDADA EXTERNA CONCRETO ARMADO 0,25X0,40X1,14M FCK=25MPA ACO CA-50 INCL VIGOTA HORIZONTAL MONTANTE A CADA 1,00M FERROS DE LIGACAO E MATERIAIS.	m	10	467,3	R\$ 4.673,00
4.2	74195/001	SINAPI	GUARDA-CORPO COM CORRIMAO EM FERRO BARRA CHATA 3/16"	m	20	351,86	R\$ 7.037,20
TOTAL						R\$ 31.455,16	

5 CONCLUSÃO

Portanto, este trabalho teve o objetivo de projetar duas pontes com as mesmas características, porém com materiais diferentes e com isso orçar ambas e comparar a diferença de custo dos materiais das duas.

Pôde-se observar que a diferença de tamanho das seções de ambas as estruturas foi significativa, onde a estrutura metálica obteve uma seção pequena de 20x40cm e a estrutura de concreto armado obteve uma seção considerada grande, sendo de 45x120cm, tendo em vista que a ponte apresenta um vão pequeno.

Nesse caso, uma boa solução que poderia levar a uma redução da seção seria mudar o tipo de apoio da estrutura colocando um engaste, ou seria também uma boa medida criar balanço nas extremidades, reduzindo assim o momento positivo atuante na estrutura.

As estruturas metálicas em geral são mais caras que as de concreto armado pois o material é mais difícil de encontrar e a mão de obra exige mais qualificação e experiência o que leva ao acréscimo do custo. Entretanto, neste orçamento o custo da metálica ficou mais barata que a de concreto armado, sendo a estrutura de concreto armado 14,27% mais cara que a metálica. Possíveis razões para tal pode ser o fato de desconsiderar a mão de obra, que é um fator significativo de custo; a grande discrepância de ambas as seções também pode ter ocasionado o custo maior da estrutura de concreto armado.

Podemos notar também o quanto a estrutura metálica consegue alcançar um bom desempenho com seções pequenas, o que é um grande benefício para a construção civil em geral.

Recomenda-se para trabalhos futuros realizar um estudo comparativo de custo e análise da discrepância das seções das peças de ambos os materiais considerando também a mesoestrutura em pontes de vãos maiores. Pode-se também comparar os valores das estruturas incluindo e excluindo a mão de obra para analisar a divergência de valor.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118-2003: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. 2 ed. Rio de Janeiro: Copyright, 2003. 170 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7188-1982: Carga Móvel em Ponte Rodoviária e Passarela de Pedestres. 1 ed. Rio de Janeiro: Copyright, 1982. 4 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7187-2003: Projeto de pontes de concreto armado e de concreto protendido. 1 ed. Rio de Janeiro: Copyright, 2003. 11 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8681/2003: Ações e segurança nas estruturas- Procedimento. 3 ed. Rio de Janeiro: Copyright, 2003. 15 p.

BOTELHO, Manoel Henrique Campos; MARCHETTI, Osvaldemar. **Concreto Armado Eu Te Amo: Concreto Armado Eu Te Amo**. 3. ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda, 2011. 422 p. Versão didática.

BRASIL. GOOGLE MAPS. Tocantins: Mapa do Tocantins. 2018. Elaborado por Google maps. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/place/Tocantins/@-9.1926837,-64.8908847,4z/data=!4m5!3m4!1s0x9323501f52b13997:0xe3d4866245cc396c!8m2!3d-10.17528!4d-48.2982474>>. Acesso em: 13 set. 2018.

CARVALHO, Paulo Roberto M. de; GRIGOLETTI, Gladimir; BARBOSA, Giovana Daltrozo. Curso Básico de Perfis de Aço Formados a Frio: Curso Básico de Perfis de Aço Formados a Frio. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016. 371 p. Edição Revisada.

CONCRETO E CONSTRUÇÕES: Concreto: material construtivo mais consumido no mundo. São Paulo: Copyright, 2009. Mensal. Revista Oficial do Ibracon.

CSIBRIDGE. Software para projetos de pontes. 2019. .. Disponível em: <<https://multiplus.com/software/csi-bridge/>> Acesso em: 13 abr. 2019.

DIAS, Paulo Roberto Vilela. Engenharia de custos: Uma metodologia de orçamentação para obras civis. 9. ed. Rio de Janeiro: Copyright, 2011. 221 p. Dados de Catalogação na Publicação (CIP) Internacional.

GONZÁLEZ, Marco Aurélio Stumpf. Noções de Orçamento e Planejamento de Obras: Noções de Orçamento e Planejamento de Obras. 2008. 49 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências Exatas e Tecnológicas, Centro Tecnológico, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2008.

GORGES, Wilson. Pontes: Pontes. 2005. 39 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, PUCPR, Paraná, 2005.

MARTINS, Gustavo. Como fazer orçamento de obra de maneira eficiente: O guia absolutamente completo. São Paulo: E-book, 2017. 32 p. ..

MATTOS, Aldo Dórea. Planejamento e Controle de Obras: Planejamento e Controle de Obras. São Paulo: Editora Pini, 2010. 426 p. Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

PONTES DE AÇO: Obras no Brasil, alternativas estruturais, aspectos de projeto, técnicas de montagem, evolução histórica. Rio de Janeiro: Roma Editora, set. 2015. Mensal. Autoria e Revisão Técnica: Fernando Ottoboni Pinho.

Pinheiro, A. C. F. B., Estruturas Metálicas, Ed. Edgard Blücher, São Paulo, 2001;

PINHO, Fernando Ottoboni; BELLEI, Ildony Hélio. Pontes e Viadutos em Vigas Mistas: Manual de Construção em Aço. Rio de Janeiro: Ibs/cbca, 2007. 138 p. Ficha catalográfica preparada pelo Centro de informações do IBS/CBCA.

PRAVIA, Zacarias Martin Chamberlain; FICANHA, Ricardo Argenton; FABEANE, Ricardo. Projeto e Cálculo de Estruturas de Aço: Edifício Industrial Detalhado. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013. 238 p. Edição Elsevier Campus.

SILVA, Edson Lubas; SILVA, Valdir Pignattae. **Manual de Construção em Aço**: Dimensionamento de Perfis Formados a Frio conforme NBR 14762 e NBR 6355. Rio de Janeiro: Ibs/cbca, 2008. 121 p. Ficha catalográfica preparada pelo Centro de Informações do IBS/CBCA.

STUCCHI, Fernando Rebouças. **PONTES E GRANDES ESTRUTURAS: PONTES E GRANDES ESTRUTURAS**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2006. 202 p. Editado pela Universidade.

TOCANTINS, Mapa del Município de Paraíso do. MAPA DE PARAÍSO DO TOCANTINS: MAPA DE PARAÍSO DO TOCANTINS. 2018. Informações de Paraíso. Disponível em: <<https://www.cidade-brasil.com.br/mapa-paraiso-do-tocantins.html>>. Acesso em: 09 set. 2018.

VALLE, Ângela do; LAROVERE, Henriette Lebre; PILLAR, Nora Maria de Patta. Apostila de Análise Estrutural I: Apostila de Análise Estrutural I. Santa Catarina: Grupo de Experimentação em Estruturas – Grupex, 2009. 188 p.

VÍTÓRIO, Afonso. Pontes rodoviárias: Fundamentos, conservação e gestão. Pernambuco: Mayra Melo, 2002. 140 p. Publicação CREA-PE.

XAVIER, Ivan. Orçamento, planejamento e custos de obras: Orçamento, planejamento e custos de obras. São Paulo: Fupam, 2008. 67 p. Diretor de cursos: Paulo Pellegrino.

Arquivo de entrada: TCC II- SARA DIAS DE PAULA (ultimo).docx (8162 termos)

Arquivo encontrado		Total de termos	Termos comuns	Similaridade (%)
scia.net/sites/default...	Visualizar	4167	192	1,58
repositorio.roca.utf...	Visualizar	5732	187	1,36
repositorio.roca.utf...	Visualizar	9674	212	1,2
deecc.ufc.br/Downloa...	Visualizar	2486	116	1,1
ebah.com.br/content/...	Visualizar	692	27	0,3
formatacaoabnt.blogs...	Visualizar	4348	36	0,28
passeidireto.com/arq...	Visualizar	1018	24	0,26
fdci.br/arquivos/13/...	Visualizar	639	22	0,25
guiadamonografia.com...	Visualizar	842	8	0,08
jpd09.files.wordpress...	Visualizar	92	6	0,07