

RELATÓRIO FINAL – IFSP (PIVICT)

Título do projeto: Pré-dimensionamento e estimativa de custos de mesoestruturas de pontes

Dados do(a) pesquisador voluntário:

Nome: Glória Beatriz Aguiar de Barros

Telefone: (17) 99117-1728

e-mail: g.beatriz@aluno.ifsp.edu.br

Dados da Instituição de vínculo da bolsa:

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, Campus Votuporanga – IFSP

Av. Jerônimo Figueira da Costa, 3014 – Pozzobon, Votuporanga – SP

CEP: 15503-110

Telefone: (17) 3426-6990

e-mail: cpi.vtp.@ifsp.edu.br

Dados do professor orientador:

Nome: Gustavo Cabrelli Nirschl

Telefone: (17) 99153-2885

e-mail: nirschl@ifsp.edu.br

RESUMO

As pontes, como toda obra de engenharia, requerem um orçamento estimativo para fornecer subsídios para as tomadas de decisões no âmbito da escolha dos materiais, processos construtivos e modelo estrutural adotado. No Brasil, existe atualmente pelo menos um balizador público que fornece um simulador de custos médios gerenciais para uma obra de ponte, disponível em *website*, de autoria da FGV, IBRE e DNIT. O simulador necessita que o usuário escolha, entre outros, a região da obra, seu porte, seu tipo e sua área construída exibindo como resultado o custo estimativo total da obra. Os tipos disponíveis são: ponte ou viaduto em longarinas de concreto armado; em balanços sucessivos; e passagem inferior em concreto armado. Não há estimativas para outros tipos de pontes como estaiada, pênsil, em estrutura metálica. Não há divisão dos custos estimativos da estrutura entre suas partes, como encontros, pilares, fundações

e superestrutura. Buscando, no futuro, criar um simulador mais abrangente, neste trabalho, estudaram-se as mesoestruturas (aqui consideradas como pilares e possíveis travamentos) de dez pontes, na forma de seu pré-dimensionamento e custo estimativo.

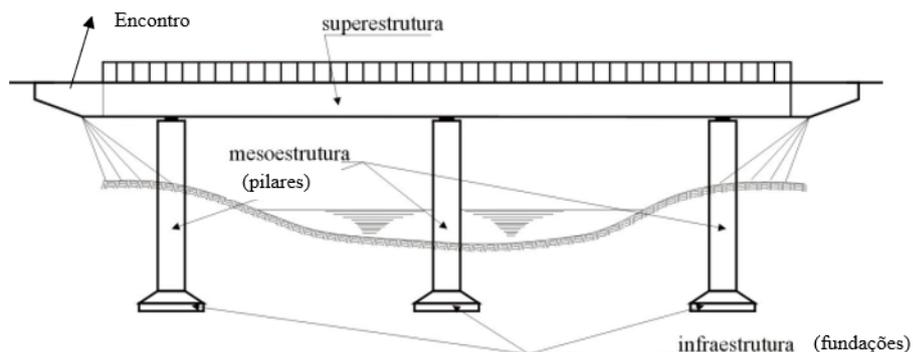
APRESENTAÇÃO (INTRODUÇÃO, JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS)

INTRODUÇÃO

Conforme a NBR 7187:2021, ponte é a obra destinada a permitir a transposição de um obstáculo natural (como rio, córrego, vale etc.) e viaduto é a obra destinada a permitir a transposição de um obstáculo artificial (como avenida, rodovia, etc.). Porém, Mendes (2017) cita que o viaduto é um tipo de ponte. Seguindo este último autor, neste trabalho, o termo ponte está sendo aplicado às pontes e viadutos.

Conforme Vitório (2002), ilustrado na figura 1, as partes integrantes de uma ponte, em geral, são a superestrutura (ex: lajes, vigas), a mesoestrutura (pilares e possíveis travamentos), a infraestrutura (fundações) e os encontros. Note-se que os encontros são considerados por alguns autores como constituintes da mesoestrutura e por outros como fazendo parte da infraestrutura. Neste trabalho, considera-se o encontro como uma estrutura à parte, portanto não fazendo parte da mesoestrutura.

Figura 1: Partes integrantes de uma ponte



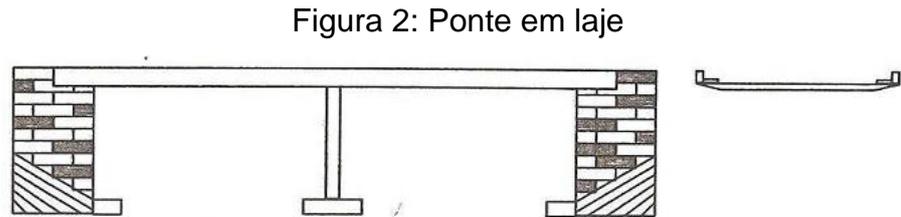
Fonte: Adaptado de Vitório (2002).

1. Tipos de superestrutura de pontes

Há várias formas de conceber a superestrutura de uma ponte, sendo algumas ilustradas a seguir.

1.1. Ponte em laje

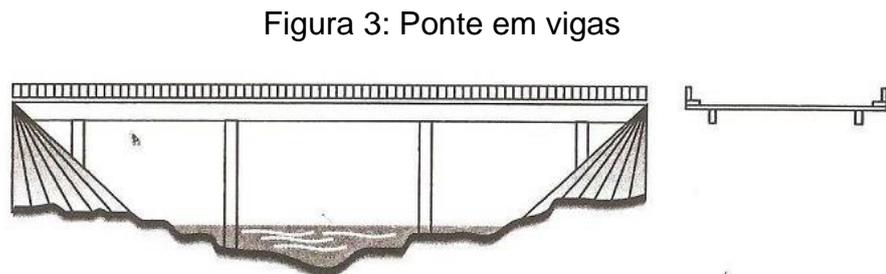
O DNER (1996) cita que pontes em laje são comumente utilizadas em concreto armado, vencendo vãos de até 15 metros ou em concreto protendido, vencendo vãos de até 24 metros, quando se tem espessura constante da laje, ou de 30 a 36 metros quando se tem mísulas nos apoios. Esse tipo de ponte é ilustrada na figura 2.



Fonte: Marchetti (2008).

1.2. Ponte em vigas

De acordo com o DNER (1996), pontes em vigas vencem vãos de 10 metros, em concreto armado, a 100 metros, em concreto protendido. Além disso o autor cita que esse tipo de ponte, ilustrada na figura 3, é normalmente utilizada em vãos de até 50 metros para vigas moldadas in loco e de até 40 metros para vigas pré-moldadas.



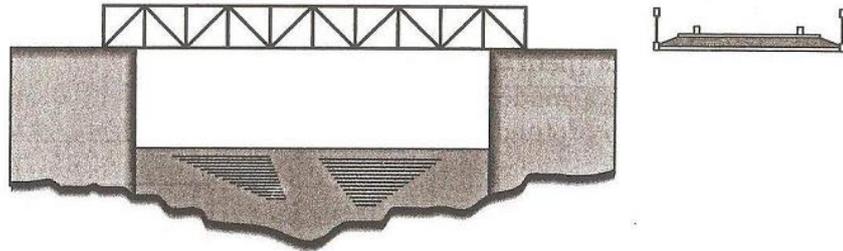
Fonte: Marchetti (2008).

1.3. Ponte treliçada

Gomes (2006) cita que existem duas principais vantagens para construção de ponte treliçada que resultam numa economia de material, fabricação e manutenção e redução de carga permanente. Uma das vantagens é que as solicitações resultantes são apenas forças axiais, e a segunda principal vantagem é que a treliça, por ser vazada (como mostra na

figura 4) permite o uso de uma altura maior comparada com outros tipos de pontes.

Figura 4: Ponte treliçada



Fonte: Marchetti (2008).

1.4. Ponte estaiada

Como cita Gomes (2006), a ponte estaiada um dos melhores tipos de pontes para grandes vãos. É composta por cabos, chamados estais, que partem dos acessos de vigamento e ancoram na torre para sustentar o tabuleiro. Esse tipo de ponte, mostrada na figura 5, pode ser projetada com torres esbeltas, pois os estais ajudam no efeito de flambagem e transmitem apenas pequenos esforços gerados pelo vento. As pontes estaiadas podem ser de concreto armado ou protendido e apresentam pequenas flechas.

Figura 5: Ponte estaiada



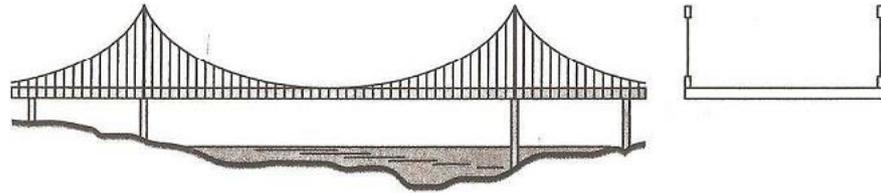
Fonte: Pinho e Bellei (2007).

1.5. Ponte pênsil

É o segundo tipo de ponte mais indicada para grandes vãos, como cita Gomes (2006). Além disso, o autor cita que o tabuleiro é sustentado por muitos cabos atirantados que se ligam em dois cabos maiores e assim ligam nas torres. Os esforços gerados nos cabos passam para as torres gerando

compressão, que passam para as fundações. O esquema da ponte pênsil é mostrado na figura 6.

Figura 6: Ponte pênsil

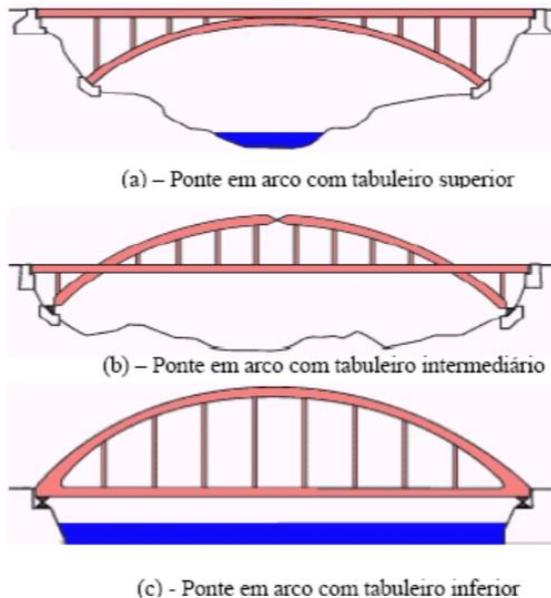


Fonte: Marchetti (2008).

1.6. Ponte em arco

Segundo Gomes (2006), pontes em arco são econômicas para serem construídas a grandes vãos. Este tipo de ponte pode ser projetada com o tabuleiro superior, constituído por montantes, intermediário, constituído por montantes na lateral e por pendurais ao centro, e com o tabuleiro inferior, constituído apenas por pendurais, ilustradas na figura 7. O tabuleiro superior é indicado para grandes vãos e o inferior para pequenos vãos.

Figura 7: Ponte em arco

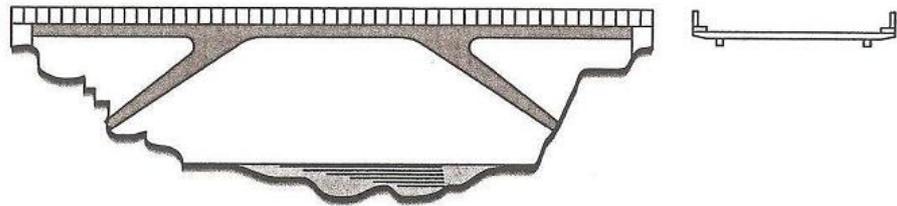


Fonte: Gomes (2006).

1.7. Ponte em quadro rígido

Segundo Gomes (2006), neste tipo de ponte, a superestrutura e a mesoestrutura estão ligadas, o que dispensa o uso de aparelhos de apoios, colaborando em situações que necessitem de uma redução no comprimento de flambagem dos pilares. Outra vantagem neste tipo de ponte é a manutenção mínima, já que esta não depende de aparelhos de apoio ou articulações, como mostra a figura 8.

Figura 8: Ponte em quadro rígido



Fonte: Marchetti (2008).

2. Tipos de pilares de pontes

Pfeil (1979) comenta que a função dos pilares é receber as cargas horizontais e verticais da superestrutura e transmiti-las para as fundações, que transmitem para o terreno. Sendo as cargas verticais provocadas pelo peso próprio da estrutura e pelas cargas úteis, que são as cargas geradas pelos veículos. As cargas horizontais são predominantemente provocadas pelo vento, que tem grande importância principalmente em pilares altos (de 50 a 100 m, como cita o autor), e, portanto, devem ser consideradas no seu dimensionamento. Outro tipo de carga horizontal, por exemplo, é a pressão da água nos pilares em rios sujeitos a grandes enchentes, que podem também trazer troncos de árvores pela enxurrada.

Além disso, a norma NBR 7188: 2013 — Carga móvel rodoviária e de pedestres em pontes, viadutos, passarelas e outras estruturas cita cargas especiais para certos elementos, sendo, no caso dos pilares, cargas horizontais por estarem sujeitos a choques acidentais de veículos.

Gomes (2006) comenta que a mesoestrutura das pontes pode ser feita com pilares de concreto moldados *in-loco* e pré-moldados, pilares metálicos ou paredes de concreto (pilar-parede), cuja escolha depende da solução estrutural

da superestrutura, da economia de material e de mão-de-obra. Sendo os pilares de concreto, sejam moldados *in-loco* ou pré-moldados, o tipo mais comum de pilar usado em pontes e viadutos. Já os pilares metálicos são mais utilizados em pontes treliçadas, estaiadas ou pontes pênséis. Os pilares-parede são geralmente usados em pequenos vãos que transpõem galerias ou passagem de pedestre, cita o autor.

No caso de pilares metálicos e de concreto pré-moldado, geralmente são necessárias estruturas auxiliares para içamento das peças. Estas estruturas geralmente se tratam de guindastes (ou guias; mesmo significado), cuja escolha do tamanho e capacidade depende, segundo Gomes (2006), da capacidade de carga do solo, do espaço do canteiro de obras e outros.

No caso de pilares-parede ou pilares moldados *in-loco*, são utilizadas formas de madeira ou metálicas, variando a forma de acordo com a seção do pilar. Além disso, a concretagem deve obedecer às etapas definidas conforme a resistência da forma à pressão do concreto no decorrer do pilar.

Gomes (2006) mostra a execução de um pilar-parede em concreto armado de uma ponte (figura 9), cujas fôrmas são metálicas para moldagem *in-loco*.

Figura 9: Execução de pilar-parede de ponte



Fonte: Gomes (2006).

França (2016) apresenta solução de ponte em vigas em pilares de seção retangular com vigas pré-moldadas de travamento transversal, formando um pórtico (figura 10). As vigas, ilustradas na figura, são lançadas com o auxílio de treliças, sendo a mais conhecida a treliça lançadeira SICET. Esta funciona com um auto-motor e auxilia na inserção das vigas pré-moldadas.

Figura 10: Execução de pilares e travamento transversal de ponte em vigas pré-moldadas



Fonte: França (2016).

Lobato [s.d.] mostra uma ponte com eixo único longitudinal de pilares, de seção circular com grande rigidez (figura 11).

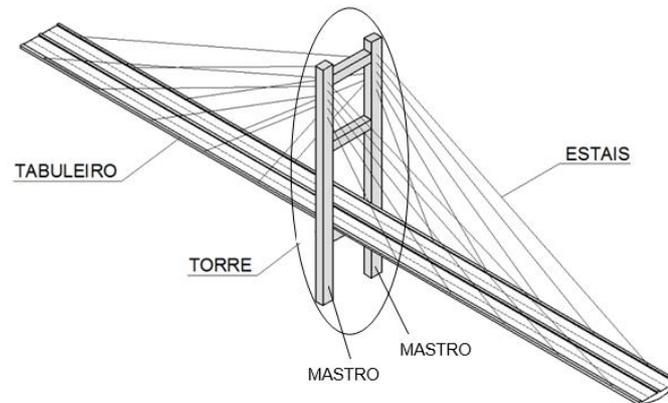
Figura 11: Ponte com eixo único longitudinal de pilares, de seção circular com grande rigidez



Fonte: Lobato [s.d.].

No caso de pontes estaiadas, Mazarim (2011) explica (ilustração na figura 12) que os pilares são chamados de MASTROS e compõem as TORRES (ou PILONES).

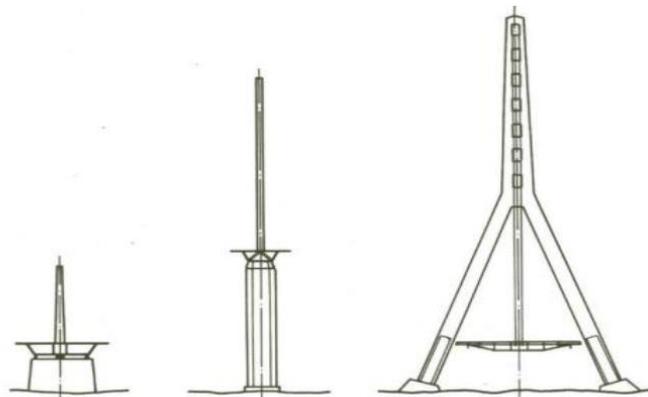
Figura 12: Torre e mastros de pontes estaiadas



Fonte: Adaptado de Mazarim (2011).

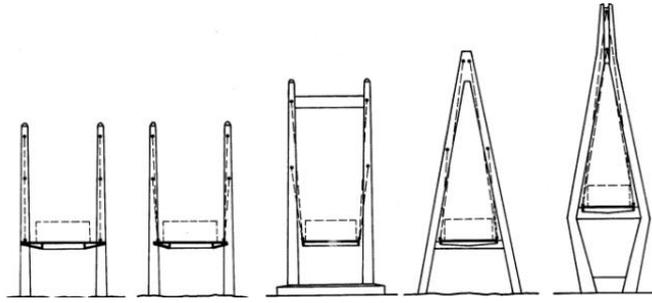
Ainda no caso de pontes estaiadas, há outras possibilidades para a mesoestrutura (figuras 13 a 15).

Figura 13: Torres com mastro único (ou parcialmente único) e um plano de estais (corte transversal da ponte)



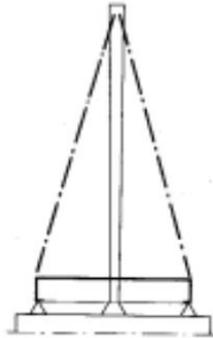
Fonte: Walther et al (1985).

Figura 14: Torres com dois mastros e dois plano de estais (corte transversal da ponte)



Fonte: Walther et al (1985).

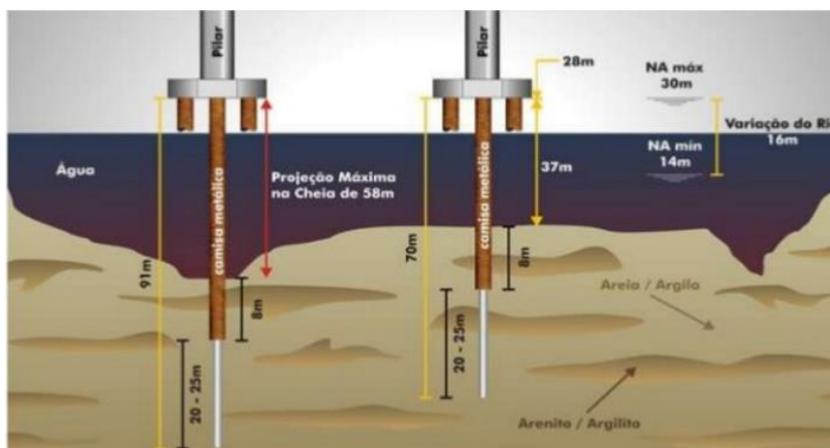
Figura 15: Torres com mastro único e dois planos de estais (corte transversal da ponte)



Fonte: Walther et al (1985).

No caso de execução de apoio sob água, Camargo Correa (2010) mostra um exemplo, nas figuras 16 e 17, sendo que se percebe que as fundações têm a execução submersa e os pilares são projetados para execução acima do nível d'água.

Figura 16: Esquema construtivo da fundação e pilares da Ponte Rio Negro, em Manaus (AM)



Fonte: Camargo Correa (2010).

Figura 17: Foto da execução dos pilares da Ponte Rio Negro, em Manaus (AM)



Fonte: Camargo Correa (2010).

3. Orçamento de pontes

Conforme Conforto e Spranger (2008), citados por Lopes (2017), a elaboração de estimativas de custos consiste no emprego de metodologias de avaliação que permitem prever o valor e a composição de custo total a ser incorrido na realização de determinado empreendimento, ainda que, a partir de dados de Engenharia, apenas preliminares ou pouco detalhados sobre o projeto.

Conforme Brasil (2020), o Custo Médio Gerencial (custo estimativo total da obra) estabelece referências de custos para tomadas de decisões, na fase de planejamento, e que normalmente precedem os projetos e os orçamentos dos empreendimentos de infraestrutura de transportes.

OBJETIVOS E JUSTIFICATIVA

Este estudo visa a contribuir na criação de índices de pré-dimensionamento e estimativa de custos para mesoestrutura (pilares e travamentos) de pontes, para que tais referências sejam utilizadas em um futuro *software* de pré-dimensionamento e estimativa de custos de pontes.

Objetivos específicos:

1) Estudo bibliográfico sobre os tipos de mesoestrutura (pilares e travamentos) de pontes, correlacionados a tipos de solo e tipos de superestrutura de pontes;

2) Estudo bibliográfico e/ou em projetos e obras realizados buscando valores práticos de pré-dimensionamento de mesoestrutura (pilares e travamentos) de pontes, correlacionados a tipos de solo e tipos de superestrutura de pontes; e

3) Estudo bibliográfico e/ou em projetos e obras realizados e/ou a partir de composições unitárias e orçamento aplicado a pré-dimensionamentos realizados, buscando valores práticos de estimativa de custos de mesoestrutura (pilares e travamentos) de pontes, correlacionados a tipos de solo e tipos de superestrutura de pontes.

DESENVOLVIMENTO (METODOLOGIA E ANÁLISE)

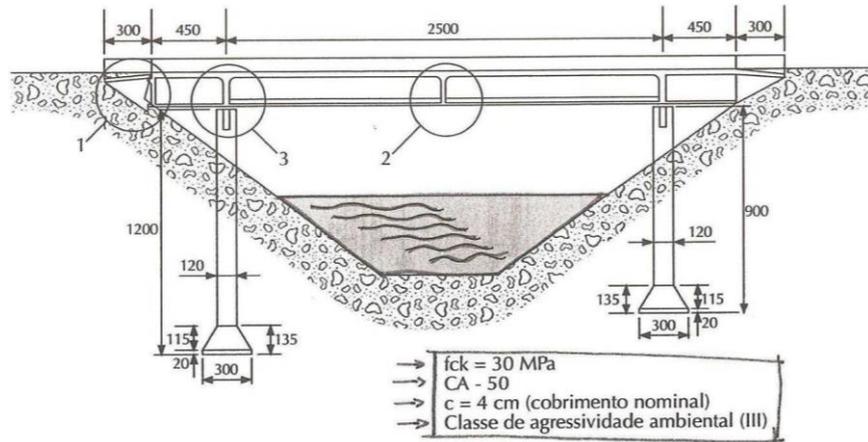
O trabalho constitui-se do estudo de dez casos de pontes, em termos da superestrutura e mesoestrutura, sobre dados como largura, altura e inter eixos, de acordo com cada tipo de ponte. Estas informações foram procuradas em bibliografias e/ou em projetos de pontes já realizados.

Também foi feita a busca por estimativas de custo dos pilares em bibliografias e/ou em projetos e obras realizados. A partir das pesquisas em projetos e obras de construções de pontes, foram obtidos os dados apresentados na sequência.

OBRA 1: Ponte em Marchetti (2008).

A figura 18 apresenta o projeto de ponte descrito em Marchetti (2008). A ponte é em vigas com inter eixo de pilares de 25 m, sendo 2 pilares por eixo, com diâmetro de 120 cm e alturas entre 12 e 9 m. A ponte tem 40 m de comprimento e 8,60 m de largura.

Figura 18: Ponte em vigas (cotas em cm).

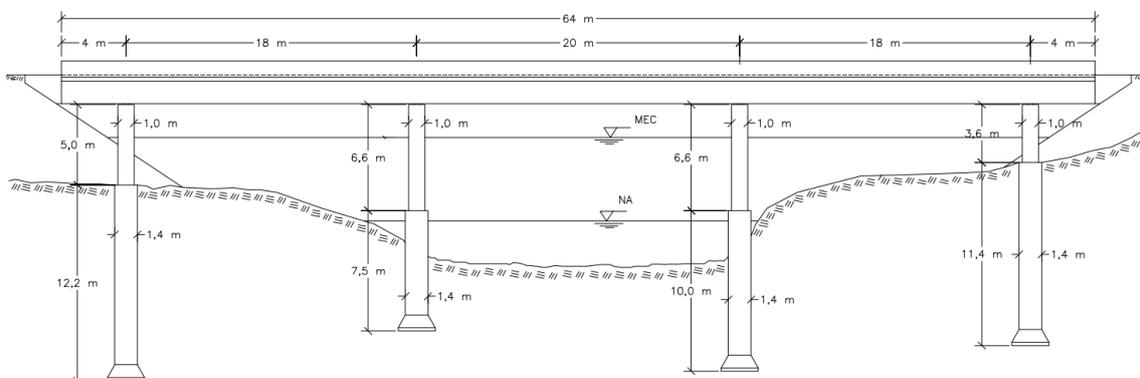


Fonte: adaptado de Marchetti (2008).

OBRA 2: Ponte sobre o rio Pau Seco (1999).

A figura 19 apresenta o projeto de ponte descrito em Araújo (1999). A ponte é em vigas com inter eixo de pilares de 18 e 20 m, sendo 2 pilares por eixo, com diâmetro de 100 cm e altura entre 3,6 e 6,6 m (desconsiderando os tubulões). A ponte tem 64 m de comprimento e 9,00 m de largura.

Figura 19: Ponte em vigas sobre o rio Pau Seco

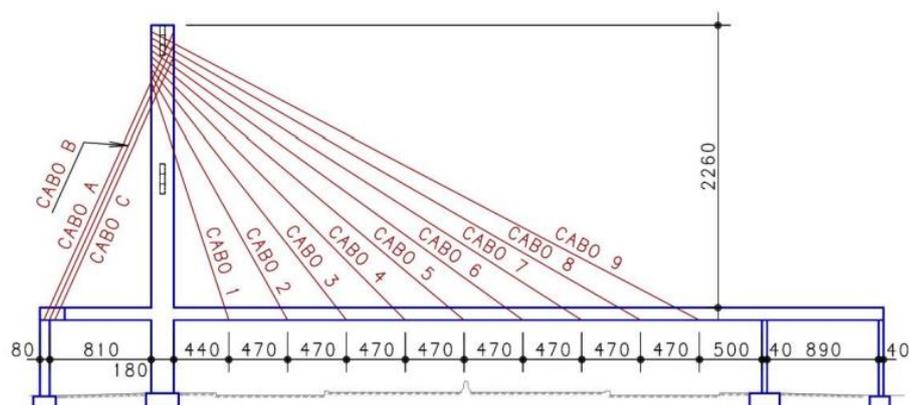


Fonte: Araújo (1999).

OBRA 3: Passarela estaiada no Rio Grande do Sul (2014).

A figura 20 apresenta o projeto de ponte pedonal descrito em Ruschel (2014). A ponte é estaiada com inter eixo de pilares de 9,3 m, 48,1 m e 9,4 m, respectivamente, sendo dois pilares por eixo, com dimensões de 40x40 a 80x40 nos pilares das extremidades e 180x50 m nos pilares da torre. A ponte tem 67,40 m de comprimento e 3,60 m de largura.

Figura 20: Ponte estaiada (cotas em cm).

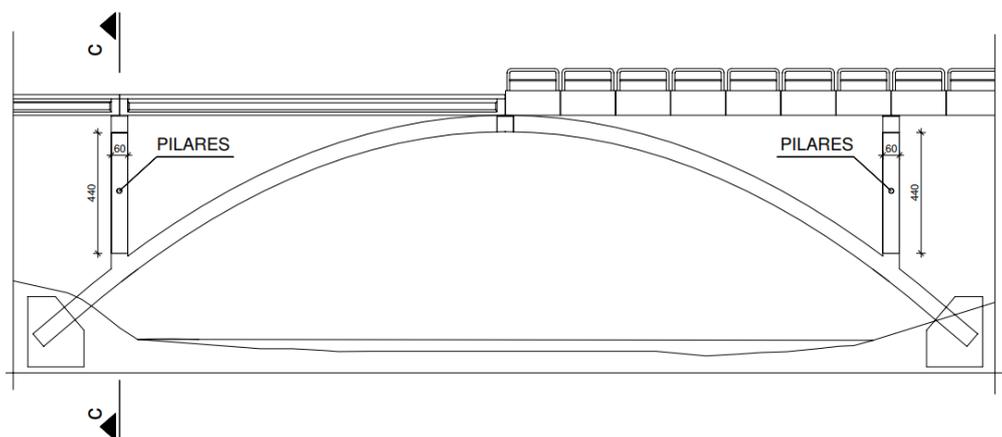


Fonte: Ruschel (2014).

OBRA 4: Ponte rodoviária em Santa Catarina (2008).

A figura 21 apresenta o projeto de ponte descrito em Lazzari (2008). A ponte é em arco inferior em concreto armado com inter eixos de pilares de 28 m, sendo três pilares por eixo, com dimensões de 60x60 cm e alturas de 4,4 m. A ponte tem 56 m de comprimento e 10 m de largura.

Figura 21: Ponte em arco inferior (cotas em cm).

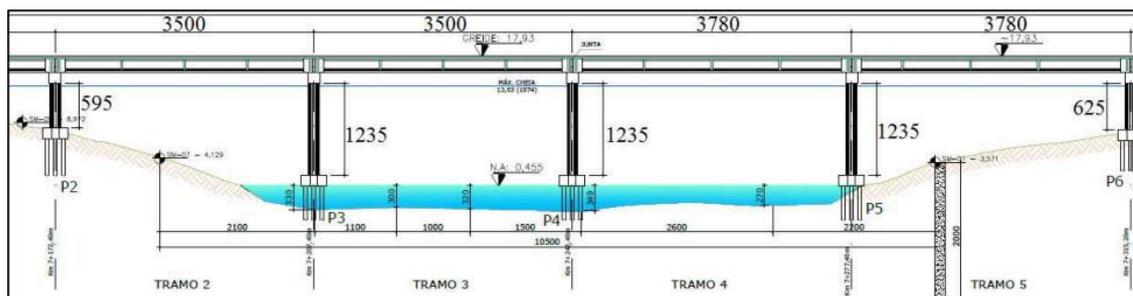


Fonte: Lazzari (2008)

OBRA 5: Ponte em Santa Catarina (2017).

A figura 22 apresenta o projeto de ponte descrito em Osmarini (2017). A ponte é em vigas com inter eixo de pilares de 35 e 37,8 m, sendo dois pilares por eixo, com diâmetro de 140 cm e altura de 5,95 a 12,35 m. A ponte tem 145,60 m de comprimento e 12,10 m de largura.

Figura 22: Ponte em vigas (cotas em cm).

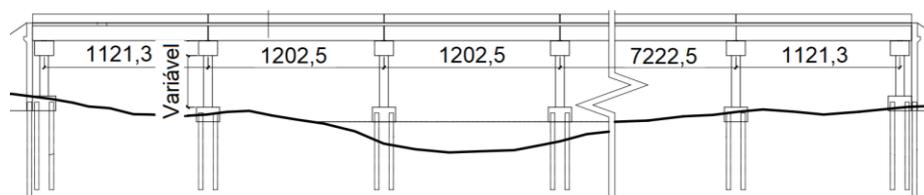


Fonte: Osmarini (2017).

OBRA 6: Ponte em vigas sobre o rio Trairão – figura 23

Cumaru do Norte (2020) apresenta uma ponte sobre o rio Trairão, sendo em vigas com inter eixo de pilares de até 12,025 m, sendo 3 pilares por eixo, com dimensões de 0,80x0,80 cm e altura de até 4,76 m. Total de 33 pilares. A ponte tem 120 m de comprimento e 8,60 m de largura.

Figura 23: Ponte em vigas sobre o rio Trairão



Fonte: adaptado de Cumaru do Norte (2020).

A tabela 1 apresenta o orçamento da ponte sobre o rio Trairão referente à sua mesoestrutura.

Tabela 1: Orçamento da mesoestrutura da ponte sobre o rio Trairão

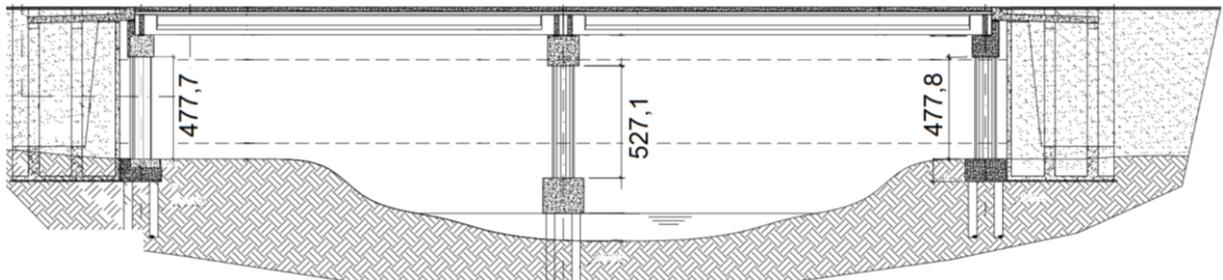
DESCRIÇÃO	UNID.	QTD.	PREÇO UNITÁRIO	PREÇO TOTAL
Formas para concreto em chapa de madeira compensada resinada e=15 mm (REAP 1x) – Pilares e Transversinas	m ²	517,7	R\$ 85,66	R\$ 44.346,18
Concreto c/ seixo FCK=35 MPA (incl. preparo e lançamento)	m ³	84,27	R\$ 839,76	R\$ 70.766,58
Armação p/ concreto – Pilares e Transversinas	kg	16.853,76	R\$ 13,46	R\$ 226.851,61
TOTAL				R\$ 341.964,37

Fonte: Cumaru do Norte (2020).

OBRA 7: Ponte sobre o córrego Jaguaribe – figura 24

Mato Grosso (2023) apresenta a ponte sobre o córrego Jaguaribe, sendo em vigas com inter eixo de pilares de 20 m, com 2 pilares por eixo, de 1,0 m de diâmetro e altura máxima de 5,271 m. Total de 6 pilares. A ponte tem 40 m de comprimento e 8,80 m de largura.

Figura 24: Ponte em vigas sobre o córrego Jaguaribe



Fonte: adaptado de Mato Grosso (2023).

A tabela 2 apresenta o orçamento da mesoestrutura da ponte sobre o córrego Jaguaribe.

Tabela 2: Orçamento da mesoestrutura da ponte sobre o córrego Jaguaribe

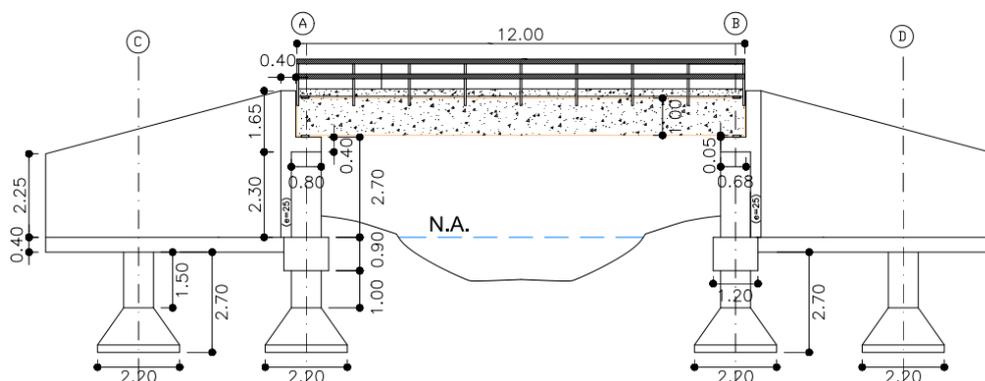
DESCRIÇÃO	UNID.	QTD.	PREÇO UNITÁRIO	PREÇO TOTAL
Adensamento de concreto por vibrador de imersão	m ³	60,78	R\$ 3,27	R\$ 198,75
Armação em aço CA-50 – fornecimento, preparo e colocação	kg	7.158,00	R\$ 13,88	R\$ 99.353,04
Concreto para bombeamento fck = 30 Mpa – confecção em central dosadora de 30 m ³ /h – areia e brita comerciais	m ³	60,78	R\$ 462,52	R\$ 28.111,97
Escoramento com pontaletes D = 15 cm – utilização 1 vez – confecção e instalação	m ³	191,86	R\$ 53,44	R\$ 10.253,00
Fôrmas curvas de compensado plastificado 10 mm – uso geral – utilização de 2 vezes – confecção, instalação e retirada	m ²	93,15	R\$ 122,63	R\$ 11.422,98
Fôrmas curvas de compensado plastificado 14 mm – uso geral – utilização de 3 vezes – confecção, instalação e retirada	m ²	108,17	R\$ 87,36	R\$ 9.449,73
Lançamento livre de concreto usinado por meio de caminhão betoneira – confecção em central dosadora de 30 m ³ /h	m ³	60,78	R\$ 48,30	R\$ 2.935,67
Plataforma de trabalho em madeira apoiada no solo- altura de até 6 m – utilização de 5 vezes – confecção, instalação e retirada	m ³	508,15	R\$ 61,84	R\$ 31.424,00
TOTAL				R\$ 193.149,14

Fonte: adaptado de Mato Grosso (2023).

OBRA 8: Ponte em vigas sobre o córrego do Veado – FIGURA 25

Lavrinhas (2020) apresenta a ponte sobre o córrego do Veado, sendo em vigas com inter eixo de pilares de 11,44 m, com 2 pilares por eixo, de 0,80 m de diâmetro e altura máxima de 2,30 m. Total de 4 pilares. A ponte tem 12 m de comprimento e 4,60 m de largura.

Figura 25: Ponte em vigas sobre o córrego do Veado



Fonte: Lavrinhas (2020).

Lavrinhas (2020) apresenta planilha de custos da mesoestrutura considerando os pilares e os encontros. Porém, neste trabalho, deve ser

considerado somente o custo dos pilares. Sendo assim, tal planilha foi adaptada considerando o volume de concreto dos 4 pilares e uma estimativa de 50 kg de aço por m³ de concreto. Feitas estas adaptações, a tabela 3 apresenta o orçamento da ponte sobre o córrego do Veado referente à sua mesoestrutura (pilares).

Tabela 3: Orçamento da mesoestrutura da ponte sobre o córrego do Veado.

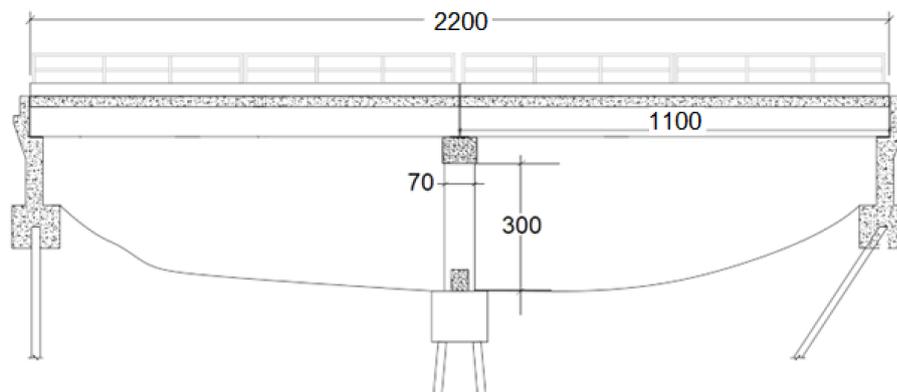
DESCRIÇÃO	UNID.	QTD.	PREÇO UNITÁRIO	PREÇO TOTAL
Forma curva para concreto aparente	m ²	23,12	R\$ 143,79	R\$ 3.324,42
Concreto FCK 25 MPa	m ³	4,6	R\$ 554,57	R\$ 2.564,57
Barras de aço CA-50	kg	231,2	R\$ 10,63	R\$ 2.457,88
TOTAL				R\$ 8.346,87

Fonte: adaptado de Lavrinhas (2020).

OBRA 9: Ponte em vigas na vicinal Jabutizinho – figura 26

Jacundá (2022) apresenta a ponte na vicinal Jabuzinho, sendo em vigas com inter eixo de pilares de 11,00 m (considerando o inter eixo entre o pilar central e o início do encontro) com 2 pilares por eixo, 4 m de largura, dimensões de 0,70x0,70 m e altura máxima de 3,00 m. Total de 2 pilares no eixo.

Figura 26: Ponte em vigas na vicinal Jabutizinho



Fonte: adaptado de Jacundá (2022).

A tabela 4 apresenta o orçamento do custo da ponte na vicinal Jabutizinho referente à sua mesoestrutura.

Tabela 4: Orçamento da mesoestrutura da ponte na vicinal Jabutizinho.

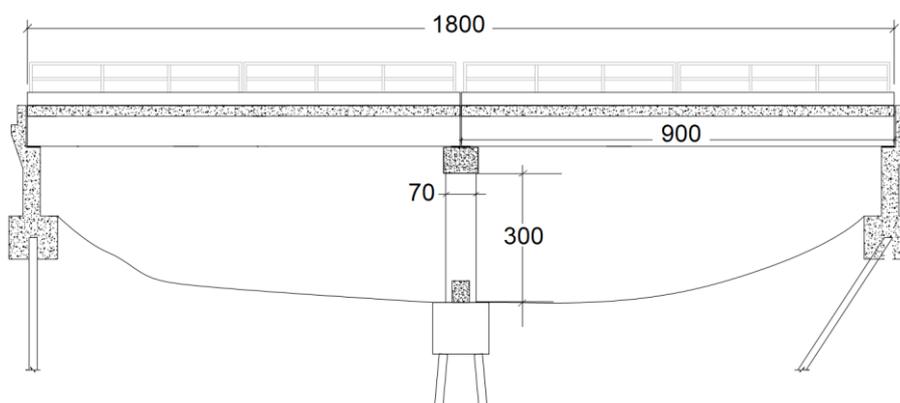
DESCRIÇÃO	UNID.	QTD.	PREÇO UNITÁRIO	PREÇO TOTAL
Armação de pilar ou viga de uma estrutura convencional de concreto armado em uma edificação térrea ou sobrado utilizando aço CA-50 de 16,0 mm - montagem.	kg	212,02	R\$ 10,05	R\$ 2.130,80
Armação de pilar ou viga de uma estrutura convencional de concreto armado em uma edificação térrea ou sobrado utilizando aço CA-50 de 8,0 mm - montagem.	kg	658,00	R\$ 14,19	R\$ 9.337,02
Fabricação, montagem e desmontagem de fôrma para bloco de coroamento, em chapa de madeira compensada resinada, e=17 mm, 2 utilizações.	m ²	38,40	R\$ 114,07	R\$ 4.380,29
Concreto c/ seixo FCK=30 MPA (incl. lançamento e adensamento)	m ³	7,68	R\$ 748,83	R\$ 5.751,01
TOTAL				R\$ 21.599,12

Fonte: adaptado de Jacundá (2022).

OBRA 10: Ponte em vigas em Alto Paraíso – figura 27

Jacundá (2022) apresenta a ponte na rua Pitinga, sendo em vigas com inter eixo de pilares de 9,00 m (considerando o inter eixo entre o pilar central e o início do encontro) com 2 pilares por eixo, 8 m de largura, dimensões de 0,70x0,70 m e altura máxima de 3,00 m. Total de 2 pilares no eixo.

Figura 27: Ponte em vigas na rua Pitinga



Fonte: adaptado de Jacundá (2022).

A tabela 5 apresenta o orçamento do custo da ponte na Rua Pitinga referente à sua mesoestrutura.

Tabela 5: Orçamento da mesoestrutura da ponte na Rua Pitinga

DESCRIÇÃO	UNID.	QTD.	PREÇO UNITÁRIO	PREÇO TOTAL
Armação de pilar ou viga de uma estrutura convencional de concreto armado em uma edificação térrea ou sobrado utilizando aço CA-50 de 16,0 mm - montagem.	kg	424,04	R\$ 10,05	R\$ 4.261,60
Armação de pilar ou viga de uma estrutura convencional de concreto armado em uma edificação térrea ou sobrado utilizando aço CA-50 de 8,0 mm - montagem.	kg	1316,00	R\$ 14,19	R\$ 18.674,04
Fabricação, montagem e desmontagem de fôrma para bloco de coroamento, em chapa de madeira compensada resinada, e=17 mm, 2 utilizações.	m ²	38,40	R\$ 114,07	R\$ 4.380,29
Concreto c/ seixo FCK=30 MPA (incl. lançamento e adensamento)	m ³	7,68	R\$ 748,83	R\$ 5.751,01
TOTAL				R\$ 33.066,94

Fonte: adaptado de Jacundá (2022).

CONCLUSÃO (RESULTADOS DA PESQUISA)

Os dados obtidos das dez obras apresentadas estão resumidos, com os custos atualizados pelo DrCalc.net (Cálculo, 2023) e ampliados na tabela 6.

Tabela 6: Tabela resumo dos resultados obtidos pela revisão bibliográfica

Obra	Inter eixo pilares (m)	Dimensões dos pilares (m)	Altura dos pilares (m)	Custo total mesoestrutura	R\$/m ³ de pilar	R\$/m ² de ponte	Área pilar/área ponte (%)	Custo mesoestrutura/total (%)
Ponte em vigas								
1	25	Ø 1,20	12 e 9	-	-	-	1,315	-
2	18 e 20	Ø 1,00	3,6 a 6,60	-	-	-	1,091	-
5	35 a 37,80	Ø 1,40	5,95 a	-	-	-	0,874	-

			12,3 5					
6	11,21 a 12,02	0,80x0,80	até 4,76	464.805, 38	4.623,4 9	450, 39	2,047	7,694
7	20	Ø 1,00	4,78 a 5,30	193.149, 14	7.733,4 9	548, 72	1,339	4,375
8	11,44	Ø 0,80	2,3	11.262,9 5	2.435,5 4	204, 04	3,642	2,348
9	11	0,70x0,70	3	23.734,9 3	8.073,1 1	269, 72	1,114	3,246
10	9	0,70x0,70	3	36.336,7 3	12.359, 43	252, 34	0,681	4,324
MÉDIAS							1,513	4,397
Passarela estaiada								
3	9,3 a 48,10	0,40x0,40 a 1,80x0,50	-	-	-	-	1,269	-
Ponte em arco inferior								
4	28	0,60x0,60	4,40	-	-	-	0,386	-

Fonte: descritas anteriormente.

O estudo, portanto, cumpriu com os objetivos propostos inicialmente (dados de pré-dimensionamento e estimativa de custos) e trouxe resultados semelhantes entre si. Observa-se que os índices estão na mesma ordem de grandeza, demonstrando, por exemplo, que o custo da mesoestrutura em obras de pontes em vigas correspondem, em média, a 4,397% do custo total.

Já a área dos pilares corresponde, em média, a 1,513% da área da ponte em vigas. Na ponte estaiada essa área corresponde a 1,269% da área da ponte e na ponte em arco inferior corresponde a 0,386% da área da ponte.

Os dados coletados serão utilizados no futuro *software* de pré-dimensionamento e estimativa de custos de pontes, em que o usuário poderá

escolher o tipo de superestrutura da ponte e terá a divisão dos custos estimativos por parte integrante da ponte.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, Daniel de Lima. **Projeto de ponte em concreto armado com duas longarinas**. Goiânia: UFG, 1999. Disponível em:

<https://ctec.ufal.br/ees/disciplinas/ec2/PontePauSeco.pdf>. Acesso em: 8 jul. 2023.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7187**: Projeto de pontes, viadutos e passarelas de concreto: ABNT, 2021.

BANCO CENTRAL (BRASIL). **Calculadora do cidadão**. [S. l.], 2022.

Disponível em:

<https://www3.bcb.gov.br/CALCIDADA0/publico/exibirFormCorrecaoValores.do?method=exibirFormCorrecaoValores>. Acesso em: 10 ago. 2022.

BRASIL. Ministério da Infraestrutura. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). **Custo Médio Gerencial**. [S. l.], 2020.

Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/custos-e-pagamentos/custos-e-pagamentos-dnit/custo-medio-gerencial>. Acesso em: 17 ago. 2022.

CÁLCULO de atualização monetária. 2023. Disponível em:

<https://drcalc.net/correcao.asp?it=3&ml=Calc>. Acesso em: 29 ago. 2023.

CAMARGO CORREA (CONSTRUTORA). **Ponte estaiada sobre o rio negro**.

[S. l.], 2010. Disponível em: http://pt.slideshare.net/Cel_mc/ponte-rio-negro.

Acesso em: 15 maio 2016.

CUMARU DO NORTE. **Concorrência Pública N° 003/2020**. 2020. Disponível em: <https://pmcn.pa.gov.br/concorrenca-publica-n-003-2020/>. Acesso em: 21 ago. 2023.

DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. **Manual de Projeto Obras-de-artes Especiais**. Rio de Janeiro, 1996. Disponível em: http://www.deecc.ufc.br/Download/TB820_Pontes%20II/MPDNIT.pdf. Acesso em: 27 mar. 2023.

FRANÇA, Alda Luisa Veiga Ferreira. **Métodos executivos de obras de arte especiais: estudo de caso em construção em meio urbano**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2011. Disponível em: <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10006962.pdf>. Acesso em: 27 maio 2023.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS (Rio de Janeiro/RJ). Instituto Brasileiro de Economia - IBRE. **SIMULADOR DE CUSTOS MÉDIOS GERENCIAIS**. [S. l.], 2019. Disponível em: <https://simuladorcmg-ibre.fgv.br/>. Acesso em: 11 ago. 2022.

GOMES, Izak da Silva. **Sistemas construtivos de pontes e viadutos com ênfase em lançamento de vigas com treliças lançadeiras**. São Paulo: Universidade Anhebi-Morumbi, 2006. Disponível em: <http://engenharia.anhembibr/tcc-06/civil-51.pdf>. Acesso em: 2 abr. 2023.

JACUNDÁ. **Tomada de preços N° 002/2022-001-PMJ**. 2022. Disponível em: <https://jacunda.pa.gov.br/tomada-de-precos-no-2-2022-001-pmj/>. Acesso em: 23 ago. 2023.

LAVRINHAS. **Tomada de preços N° 002/2020**. 2020. Disponível em: <http://lavrinhas.sp.gov.br/site/index.php/2020/08/13/4245/>. Acesso em: 22 ago. 2023.

LAZZARI, Paula Manica. **Estudo de projeto estrutural de ponte rodoviária em arco inferior em concreto armado no município de Saudades/SC**. Porto Alegre: UFRGS, 2008. Disponível em:

<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/28542/000769467.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 15 ago. 2023.

LOBATO, Raul. **Sistemas estruturais: pontes em viga, treliça e em laje**.

Sinop: UNEMAT, [s.d.]. Disponível em:

http://sinop.unemat.br/site_antigo/prof/foto_p_downloads/fot_12061aula_02_pdf_Aula_02.pdf. Acesso em: 9 maio de 2023.

LOPES, Rafael Azevedo Cançado. **Estimativa de custo para o pré-projeto de pontes rodoviárias mistas de aço e concreto**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2017.

Disponível em:

https://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/10165/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O_EstimativaCustoPR%C3%A9.pdf. Acesso em: 17 ago. 2022.

MARCHETTI, Osvaldemar. **Pontes de concreto armado**. São Paulo: Edgard Blucher, 2008.

MATO GROSSO. Secretaria de Estado de Infraestrutura e Logística.

Concorrência Pública Eletrônica no 16/2023 (Comissão Permanente de Licitação - CPL). 2023. Disponível em: <https://www.sinfra.mt.gov.br/-/22446975-31>. Acesso em: 21 ago. 2023.

MAZARIM, Diego Montagnini. **Histórico das pontes estaiadas e sua aplicação no Brasil**. São Paulo: USP, 2011. Disponível em:

https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3144/tde-04112011-144914/publico/Dissertacao_Diego_M_Mazarim.pdf. Acesso em: 7 maio de 2023.

MENDES, Luiz Carlos. **Pontes**. Editora da Universidade Federal Fluminense (EDUFF). 2ª ed. Rio de Janeiro, 2017.

OSMARINI, Mariana Baratti. **Análise da concepção estrutural de uma ponte em concreto armado no município de Tubarão/SC**. Joinville: UFSC, 2017.

Disponível em:

https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/181769/VERSAO_FINAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 20 ago. 2023.

PFEIL, Walter. **Pontes em concreto armado**. Rio de Janeiro, 1979.

PINHO, Fernando Ottoboni; BELLEI, Ildony Hélio. **Pontes e viadutos em vigas mistas**. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2007. Disponível em:

<http://www.cbca-acobrasil.org.br/publicacoes-manuais.php>. Acesso em: 19 nov. 2015.

RUSCHEL, Augusto. **Projeto de uma passarela estaiada: determinação da geometria dos elementos, dimensionamento e detalhamento**. Porto Alegre: UFRGS, 2014. Disponível em:

<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/107508/000940529.pdf?sequence=>. Acesso em: 18 jul. 2023.

VITÓRIO, Afonso. **Pontes rodoviárias: fundamentos, conservação e gestão**. Recife, CREA-PE, 2002. Acesso em 15 jun. 2016. Disponível em:

http://vitorioemelo.com.br/publicacoes/Pontes_Rodoviaras_Fundamentos_Conservacao_Gestao.pdf. Acesso em: 15 jun. 2016.

WALTHER, R. et al. **Ponts haubanés**. Lausanne: Presses Polytechniques Romandes, 1985. 202 p. Disponível em:

<https://books.google.com.br/books?id=Q81LGziDeTsC&printsec=frontcover&dq=Ponts+hauban%C3%A9s&hl=ptBR&sa=X&ved=0ahUKEwir19zImKLoAhU1LLkGHWGidNIQ6AEIKDAA#v=onepage&q=m%C3%A2t&f=false>. Acesso em: 29 mar. 2020.

Assinatura do orientador: _____

Assinatura do bolsista: 