

RELATÓRIO FINAL – IFSP

Título do Projeto: Pré-dimensionamento e estimativa de custos de fundações de pontes

Dados do(a) bolsista:

Nome: Adriele Trindade Lemes

Telefone: (17) 99267-5683

e-mail: a.lemes@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 decisão 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 divisão dos custos estimativos da estrutura entre suas partes, como encontros, pilares, fundações e superestrutura. Neste trabalho, foi feito um estudo sobre as fundações de oito pontes, na forma de seu pré-dimensionamento e custo estimativo, buscando, no futuro, criar um simulador mais abrangente. A análise realizada apontou diferenças consideráveis nos custos relativos das fundações entre os projetos. Os custos de infraestrutura em relação ao valor total da obra representaram 40,62%, 32,81%, 14,44%, 39,54%, 11,96% e 36,63 % para as pontes estudadas.

APRESENTAÇÃO (INTRODUÇÃO, JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS)

Ao planejar a construção de uma ponte, é fundamental estimar os custos antecipadamente. Isso proporciona a base necessária para tomar decisões informadas sobre os materiais a serem utilizados, os métodos de construção a serem empregados e o modelo estrutural a ser adotado. Neste trabalho estudaram-se as fundações das pontes buscando criar índices de pré-dimensionamento e estimativa de custos, para que tais referências sejam utilizadas em um futuro *software* de pré-dimensionamento e estimativa de custos de pontes.

Para posteriormente discorrer sobre diferentes fundações para diferentes tipos de superestrutura de pontes, foi feita uma breve revisão sobre este último e apresentada no relatório parcial desta iniciação científica. Não está novamente apresentado aqui por causa da limitação do número de páginas.

DESENVOLVIMENTO (METODOLOGIA E ANÁLISE)

O trabalho teve início pela revisão bibliográfica sobre os tipos de fundações de pontes, correlacionados a tipos de solo e tipos de superestrutura de pontes. Para que fosse possível estabelecer relações entre pré-dimensionamento e estimativa de custo total para cada tipo de fundação, também foi realizado o estudo de 8 casos de pontes, em termos de superestrutura e fundação.

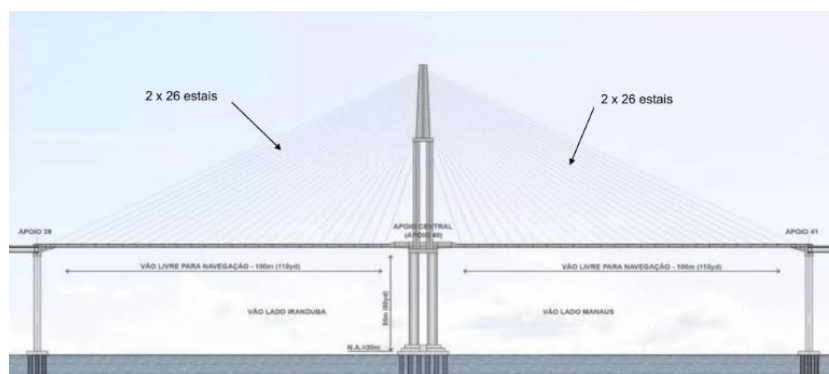
Apresentam-se a seguir os dados das 8 pontes estudadas.

1. PONTE RIO-NEGRO (obra 1)

O seguinte projeto apresentado por Camargo Correa (2010) é referente a obra da Ponte Rio Negro, em Manaus (AM). A mesma consta de uma superestrutura estaiada (figura 1), com comprimento total de 3.595 m e uma quantidade de 246 estacas escavadas, sendo 3 estacas por bloco no trecho em vigas e 36 estacas no bloco do apoio central (trecho estaiado).

O trecho estaiado possui dois vãos de 200 m e largura de 22,60 m. Já o trecho em vigas, possui 71 vãos totalizando uma extensão de 3.195 m com largura de 20,70 m. A altura das camisas metálicas utilizadas no projeto da ponte Rio Negro, AM, variou entre 45 e 75 m, seu diâmetro interno possuía 2,20 m e interno 2,50 m.

Figura 1: Vista longitudinal do trecho estaiado da Ponte Rio Negro, AM.



Fonte: Camargo Correa (2010).

2. PONTE RIO-NITERÓI (obra 2)

De acordo com Celere (2021), a ponte Rio-Niterói (figura 2), que liga a cidade do Rio de Janeiro à Niterói, é a maior ponte sobre águas da América Latina e tem cerca de 13 km de comprimento. Além disso, a ponte Rio-Niterói é reconhecida como a maior ponte com viga reta contínua no mundo, com seu vão principal de 300 m de comprimento feito de viga metálica soldada e vãos laterais de 200 m.

Figura 2: Montagem das aduelas da ponte Rio-Niterói.



Fonte: Celere (2021).

Algumas de suas informações técnicas são:

- Extensão total: 13.290 metros;
- Extensão sobre água: 8.836 metros;
- Altura do maior pilar: 72 metros;
- Largura total: 26,60 metros
- Peso total: 1,3 milhão de toneladas;

Segundo Celere (2021) a ponte possui 1152 vigas, 43 mil cabos, 3250 aduelas, 1138 tubulões e 103 conjuntos blocos-pilares dentro do mar. Destaca-se como o principal desafio de construção da ponte a concretagem submersa dos tubulões, possuindo 1,8 m de diâmetro. De acordo com Silva (2021), dos 1138 tubulões, 462 foram do tipo a ar comprimido, 199 do tipo misto tubulão-estaca e 477 do tipo Bade-Wirth. Os tubulões possuem profundidades da ordem de 25 a 30 m.

Para iniciar a fundação da ponte, foram utilizadas ilhas flutuantes e camisas metálicas. A água do interior da camisa era removida por meio de um sistema de ar comprimido, podendo assim introduzir um tubo metálico em seu interior. No total foram, no mínimo, 10 tubulões para cada bloco.

Em relação à sua infraestrutura, o memorial de cálculo fornecido pela Prefeitura Municipal de Cumarú do Norte (2020) divide as fundações em duas categorias distintas: a zona dos encontros e a área do tabuleiro. No que concerne à infraestrutura dos encontros, foi adotada a aplicação de estacas-trilho (confeccionadas em material metálico), cujo comprimento médio atingiu 23,25 m. Estas estacas foram quantificadas em 2 unidades para 2 blocos situados em cada ala do encontro, resultando em um total de 8 estacas empregadas para esse processo. A figura 4 mostra parte do memorial, onde consta as informações descritas acima.

Figura 4: Parte do memorial de cálculo referente à fundação utilizada nos encontros.

2.2.4 - Estacas trilho TR 68 - com emenda - fornecimento e cravação			
Quantidade de Estacas por ala =	2,00	und	
Quantidade de alas =	4,00	und	
Comprimento médio das estacas =	23,25	m	
Quantidade Total =	186,00	m	
2.2.5 - Arrasamento de estacas trilho TR 68			
Quantidade de Estacas por ala =	2,00	Und.	
Quantidade de alas =	4,00	Und.	
Quantidade Total =	8,00	und	
2.2.6 - Escavação Manual Blocos das alas			
Largura Escavação do Bloco dos Encontros (Lbe) =	0,60	m	
Comprimento Escavação do Bloco dos Encontros (Cbe) =	0,60	m	
Altura Escavação do Bloco dos Encontros (Hbe) =	0,70	m	
Quantidade de blocos por ala =	2,00	Und.	
Quantidade de alas =	4,00	Und.	
Quantidade Total =	2,02	m³	

Fonte: Prefeitura Municipal de Cumarú do Norte (2020).

No contexto da infraestrutura relativa ao tabuleiro, conforme documentação fornecida pela Prefeitura Municipal de Cumarú do Norte (2020), constata-se a utilização de 110 estacas do tipo raiz. As estacas, que são caracterizadas por um diâmetro de 40 cm e um comprimento médio de 25 m, encontram-se distribuídas em grupos de 10 estacas por bloco nos encontros (2 blocos) e 10 estacas por bloco intermediário (9 blocos), como representado na figura 5.

Figura 5: Parte do memorial de cálculo referente à fundação utilizada no tabuleiro.

2.3 - Infraestrutura do Tabuleiro			
2.3.1 - Estaca raiz perfurada no solo com D = 40 cm - confecção			
Comprimento da Ponte =	120,00	m	
Tamanho do Vão =	12,00	m	
Quantidade de Vãos =	10,00	und	
Número de Linhas de estacas =	11,00	und	
Quantidade de Estacas apoio intermediário =	10,00	und	
Quantidade de apoio intermediário =	9,00	und	
Quantidade de Estacas apoio encontros =	10,00	und	
Quantidade de apoio encontros =	2,00	und	
Total de estacas =	110,00	und	
Comprimento médio de uma estaca =	25,00	m	
Quantidade Total =	2.750,00	m	

Fonte: Prefeitura Municipal de Cumarú do Norte (2020).

Além do memorial de cálculo referente à ponte em consideração, a Prefeitura Municipal de Cumarú do Norte (2020), também disponibilizou a planilha orçamentária referente a todos os procedimentos até então discutidos, que pode ser visualizada nas figuras 6 e 7.

Figura 6: Parte dos custos referente à infraestrutura dos encontros.

ITEM	DESCRIÇÃO	UNID.	QTD	PREÇO UNIT	PREÇO TOTAL
2.2	INFRAESTRUTURA DOS ENCONTROS				96.850,82
2.2.1	Escavação mecanizada	M3	481,34	10,61	5.107,02
2.2.2	Reaterro compactado	M3	361,60	39,99	14.460,38
2.2.3	Esgotamento com moto-bomba autoescovante	h	720,00	7,36	5.299,20
2.2.4	Estacas trilho TR 68 - com emenda - fornecimento e cravação	m	186,00	342,08	63.626,88
2.2.5	Arrasamento de estacas trilho TR 68	un	8,00	30,37	242,96
2.2.6	Escavação manual ate 1.50m de profundidade	M3	2,02	35,84	72,40
2.2.7	Lastro de concreto magro, aplicado em blocos de coroamento ou sapatas. af_08/2017 - Bloco das alas	m3	1,83	593,19	1.085,54
2.2.8	Formas para concreto em chapa de madeira compensada resinada e=15mm (REAP 1x) - Bloco das alas	M2	13,89	85,66	1.189,82
2.2.9	Concreto c/ seixo FCK=35 MPA (incl. preparo e lançamento)	m3	2,02	839,76	1.696,32
2.2.10	Armação p/ concreto - Bloco das alas	KG	302,40	13,46	4.070,30

Fonte: Prefeitura Municipal de Cumarú do Norte (2020).

Figura 7: Parte dos custos referentes à infraestrutura do tabuleiro.

ITEM	DESCRIÇÃO	UNID.	QTD	PREÇO UNIT	PREÇO TOTAL
2.3	INFRAESTRUTURA DO TABULEIRO				1.708.425,53
2.3.1	Estaca raiz perfurada no solo com D = 40 cm - confecção	m	2.750,00	441,01	1.212.777,50
2.3.2	Formas para concreto em chapa de madeira compensada resinada e=15mm (REAP 1x) - Blocos do tabuleiro	M2	340,78	85,66	29.191,21
2.3.3	Concreto c/ seixo FCK=35 MPA (incl. preparo e lançamento)	m3	122,98	839,76	103.273,68
2.3.4	Armação p/ concreto - Blocos do tabuleiro	KG	22.136,40	13,46	297.955,94
2.3.5	Aparelho apoio neoprene fretado	dm3	480,00	135,89	65.227,20

Fonte: Adaptado de Prefeitura Municipal de Cumarú do Norte (2020).

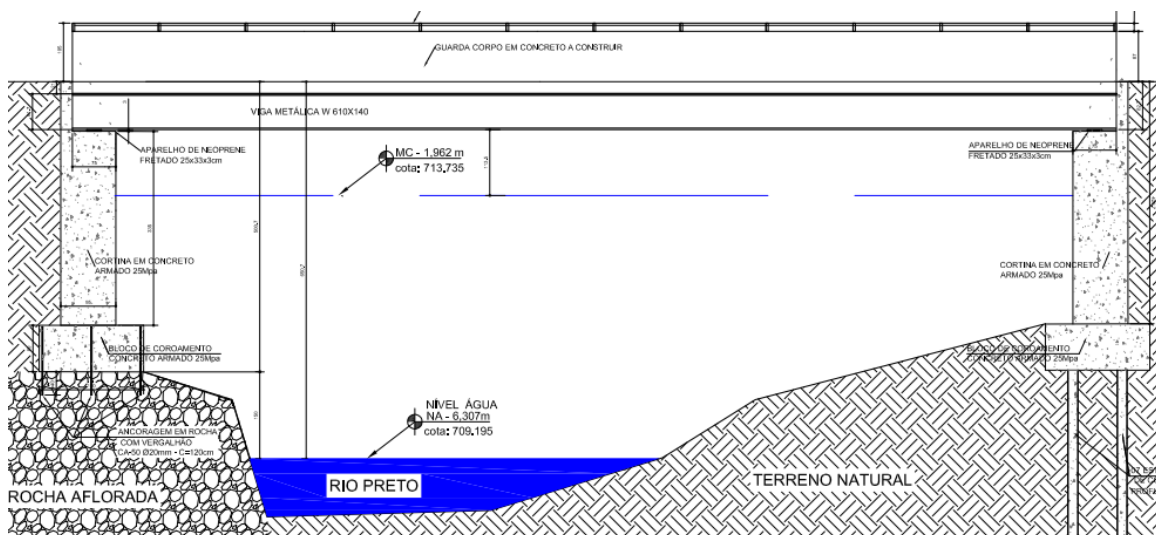
Segundo a Prefeitura Municipal de Cumarú do Norte (2020), o orçamento final da ponte do rio Trairão, com todos os gastos já contabilizados, foi em torno de R\$ 4.444.536,89. Sendo assim a infraestrutura dos encontros equivale à 2,2% do custo final. Já a infraestrutura do tabuleiro equivale à 38,4% do valor final da obra. Assim, o total de fundações equivale a 40,6% da obra.

4. PONTE RIO PRETO (obra 4)

Os dados fornecidos a seguir correspondem a um projeto de ponte elaborado em concreto armado e vigas metálicas. Essa estrutura encontra-se situada no município de Abadia dos Dourados, no estado de Minas Gerais e as informações pertinentes a esse projeto são acessíveis por meio de *website*, divulgado pela Prefeitura Municipal de Abadia dos Dourados (2020). A extensão

da ponte abrange 18 m, com uma largura de 4,20 m. A característica distintiva dessa ponte é sua composição com somente dois apoios nas margens, resultando em um único vão estrutural, assim como pode ser visualizado na figura 8.

Figura 8: Corte longitudinal da ponte sobre o rio Preto.



Fonte: Prefeitura Municipal de Abadia dos Dourados (2020).

Através do memorial descritivo, fornecido pela Prefeitura Municipal de Abadia dos Dourados (2020), obtém-se a informação de que a fundação utilizada na margem esquerda desta obra, foram estacas cravadas de concreto armado, pré-moldadas e de seção quadrada (0,17 x 0,17 m). O relatório de sondagem feito no local, determinou que as estacas deveriam possuir comprimento de 9,45 m. Já para a margem direita, foram executados furos em rocha sã para que fosse possível realizar a ancoragem do bloco de fundação.

Por meio do corte longitudinal e da planta baixa da estrutura, também disponível em edital pela Prefeitura Municipal de Abadia dos Dourados (2020), é possível identificar que, para a margem esquerda, onde cita-se a utilização de estacas cravadas, se faz a utilização de apenas um bloco composto por 7 estacas.

O custo geral da obra foi de R\$ 270.192,80 e R\$ 88.643,94 para a etapa de infraestrutura, como mostra a figura 9:

Figura 9: Planilha orçamentária referente à infraestrutura da ponte do rio Preto.

PLANILHA ORÇAMENTÁRIA DE CUSTOS					
PREFEITURA: ABADIA DOS DOURADOS - ISS=3%					
OBRA: CONSTRUÇÃO DE PONTE EM CONCRETO ARMADO E VIGAS METÁLICAS - VÃO 18,00 m - LARGURA 4,20m.					
LOCAL: RIO PRETO - ACESSO A COMUNIDADE RURAL RIO PRETO E PALMITO			FORMA DE EXECUÇÃO:		
PRAZO DE EXECUÇÃO: 03 MESES			() DIRETA (X) INDIRETA		
ITEM	DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO S/ LDI	PREÇO TOTAL
5	FUNDAÇÃO (INFRAESTRUTURA)				
5.1	MOBILIZ./DESMOB. DE EQUIPAMENTO PARA ESTACA CRAVADA ATÉ 100km	unid.	1,00	9.000,00	11.613,60
5.2	ESTACA PRÉ-MOLDADA DE CONCRETO ARMADO CRAVADA 17X17CM/35T	m	66,15	93,92	8.016,72
5.3	COMPRESSOR DE AR REBOCAVEL, DESCARGA LIVRE EFETIVA 180PCM	CHP	100,00	35,58	4.591,00
5.4	MARTELETE OU ROMPEDOR PNEUMÁTICO MANUAL 28KG	CHP	100,00	17,71	2.285,00
5.5	ADESIVO ESTRUTURAL A BASE DE RESINA EPÓXI	kg	8,78	37,80	428,29
5.6	CORTE, DOBRA E ARMAÇÃO DE AÇO CA-50 D>12,50mm (20mm - peso 2,466kg/m)	kg	328,47	6,86	2.906,96
5.7	ENSECADEIRA DE ESTACAS PRANCHA COM ESGOTAMENTO	m²	52,00	229,66	15.410,20
5.8	FORMA E DESFORMA DE TÁBUA E SARRAFO, REAPROVEITAMENTO(3X) (FUNDAÇÃO)	m²	41,60	39,02	2.094,56
5.9	CORTE, DOBRA E ARMAÇÃO DE AÇO CA-50 D<=12,50mm	kg	2.598,90	7,44	24.949,44
5.10	FORNECIMENTO DE CONCRETO ESTRUTURAL, PREPARADO EM OBRA COM BETONEIRA, COM FCK 25 MPA, INCLUSIVE LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO (FUNDAÇÃO)	m³	32,25	392,84	16.348,17
TOTAL DO ITEM 05					88.643,94

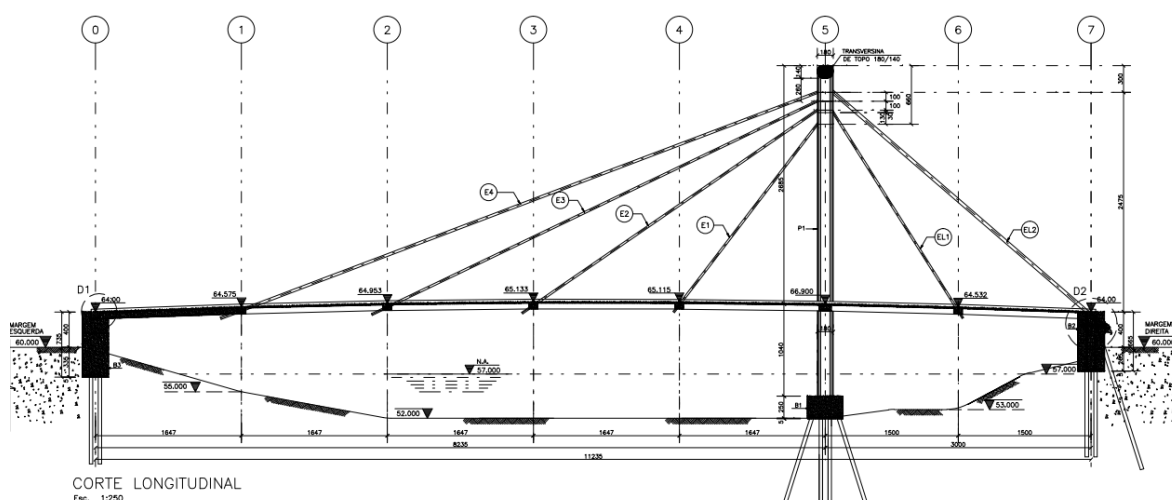
Fonte: Adaptado de Prefeitura Municipal de Abadia dos Dourados (2020).

Sendo assim, o custo final da infraestrutura da ponte do rio Preto equivale à 32,8% do valor final orçado para o projeto.

5. PONTE RIO ACARAÚ (obra 5)

O seguinte projeto em anexo pela Prefeitura de Sobral (2020) traz dados referentes à uma obra de uma ponte estaiada (figura 10) no município de Sobral, CE, responsável pela ligação entre as margens esquerda e direita do rio Acaraú. O projeto consta de uma estrutura com 112 m de extensão e 3,60 m de largura com tabuleiro em concreto armado apoiado em longarinas metálicas. Seus estais principais foram dimensionados com diâmetro de 15,7 mm e fundação através de estaqueamento por estacas raiz com 0,41 m de diâmetro e capacidade de carga de 125 ton.

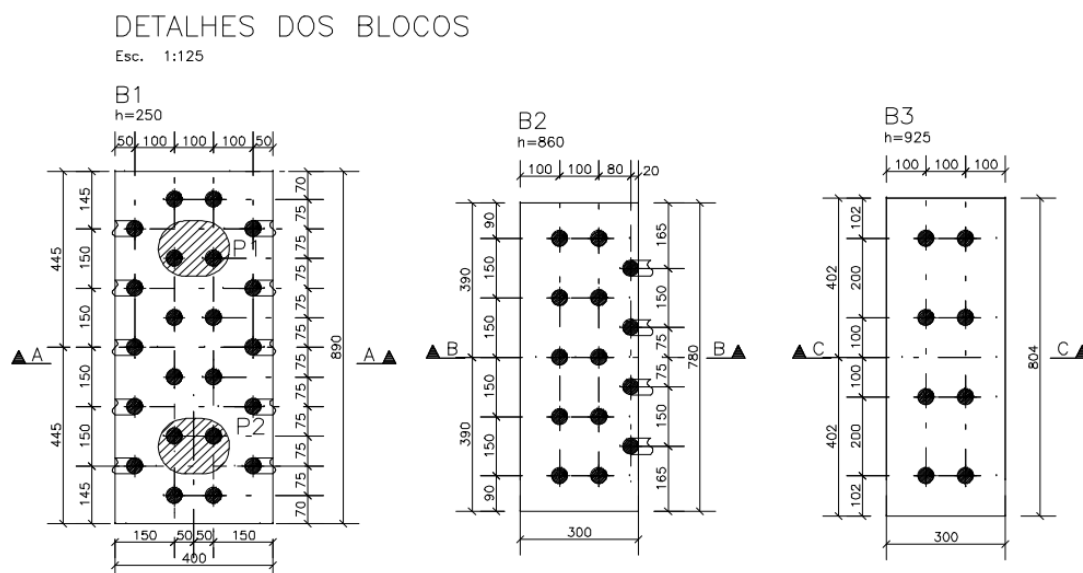
Figura 10: Corte longitudinal da ponte sobre o rio Acaraú.



Fonte: Prefeitura de Sobral (2020).

Através da planta de locação das fundações disponibilizada pela Prefeitura de Sobral (2020), é possível identificar 3 blocos, sendo denominados como B1, B2 e B3, cada um respectivamente com 22, 14 e 8 estacas, com estas variando seu comprimento entre 10 e 15 m, como mostra a figura 11:

Figura 11: Detalhe dos blocos das fundações da ponte rio Acaraú.



Fonte: Prefeitura de Sobral (2020).

A configuração da estrutura revela a presença de dois vãos distintos. O primeiro se estende desde a margem esquerda até o mastro central, abrangendo uma extensão aproximada de 82 m. O segundo vão, por sua vez, estende-se do

mastro central até a margem direita, com uma dimensão aproximada de 30 m.

Segundo os registros de custos fornecidos pela Prefeitura de Sobral (2020), o gasto total da obra atingiu a quantia de R\$ 6.308.949,10. Além disso, os investimentos destinados à infraestrutura representaram 14,4% do valor estimado para o projeto inteiro, equivalendo a R\$ 911.284,92, conforme ilustrado na figura 12.

Figura 12: Planilha orçamentária referente à infraestrutura da ponte do rio Acaraú.

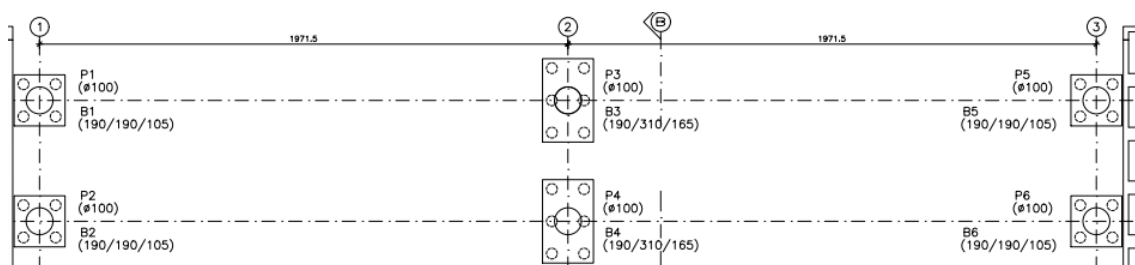
DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS	UND	QUANTIDADE	VALOR UNITÁRIO S/ BDI	TOTAL (R\$)
FUNDAÇÕES				911.284,92
ESCAVAÇÃO MECÂNICA CAMPO ABERTO EM SOLO EXCETO ROCHA ATÉ 2,00M DE PROFUNDIDADE	M³	25,47	2,02	62,15
LASTRO DE CONCRETO MAGRO, APLICADO EM BLOCOS DE COROAMENTO OU SAPATAS, ESPESSURA DE 5CM.	M²	83,12	22,12	2.219,30
ESTACA RAIZ DIÂMETRO 410mm ATÉ 125 Tf	M	460,00	409,81	227.534,40
LANÇAMENTO COM USO DE BOMBA, ADENSAMENTO E ACABAMENTO DE CONCRETO EM ESTRUTURAS.	M³	421,89	26,64	13.563,76
CONCRETO PRÉ-MISTURADO FCK 30 Mpa	M³	421,89	283,56	144.396,07
SISTEMA DE PROTENSÃO COM BARRA DE 36MMX8,00M EM BLOCO DE CONCRETO (FORNECIMENTO E MONTAGEM), CONFORME PROJETO	UNID	12,00	1.973,66	28.586,52
FORMA PARA CONCRETO "IN LOCO", INCLUSIVE DESFORMA	M²	370,43	116,41	52.049,12
ARMAÇÃO DE BLOCO, VIGA BALDRAME OU SAPATA UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10MM - MONTAGEM	KG	649,00	8,72	6.833,97
ARMAÇÃO DE BLOCO, VIGA BALDRAME OU SAPATA UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 12,5MM - MONTAGEM	KG	2184,24	7,26	19.133,90
ARMAÇÃO DE BLOCO, VIGA BALDRAME OU SAPATA UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 16MM - MONTAGEM	KG	1022,00	6,69	8.247,50
ARMAÇÃO DE BLOCO, VIGA BALDRAME OU SAPATA UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 20MM - MONTAGEM	KG	7845,64	7,27	68.806,20
ARMAÇÃO DE BLOCO, VIGA BALDRAME OU SAPATA UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 25MM - MONTAGEM	KG	14080,02	6,98	118.553,70
TRANSPORTE COMERCIAL COM CAMINHÃO CARROCERIA 9 T, RODOVIA PAVIMENTADA	T X KM	795,76	0,54	517,20
REBAIXAMENTO DE LENÇOL FREÁTICO EM ÁREAS	PT X DIA	10500,00	15,90	201.495,00
CONTROLE TECNOLÓGICO DE CONCRETO C/ ROMPIMENTO DE CORPO-DE-PROVA À COMPRESSÃO	UNID	157,00	101,77	19.285,80

Fonte: Adaptado de Prefeitura de Sobral (2020).

6. PONTE CÓRREGO JAGUARIBE (obra 6)

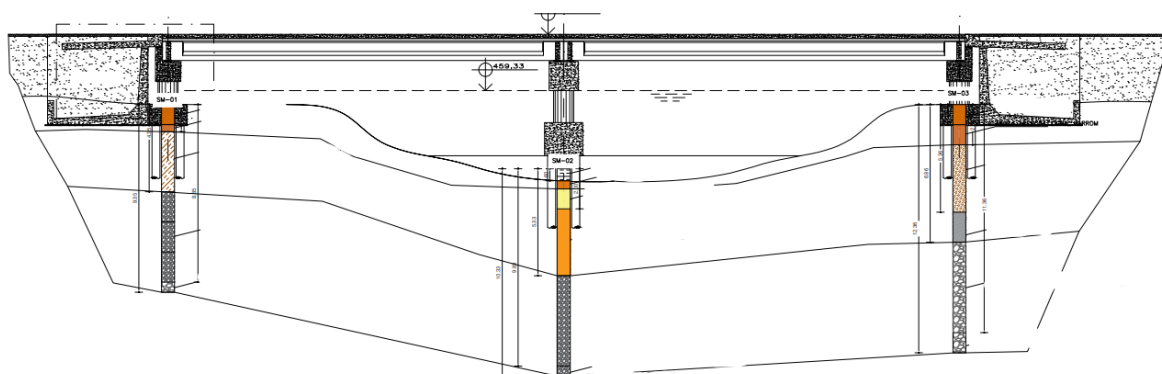
A SINFRA (2023) do estado do Mato Grosso, apresenta um projeto para a implantação de uma ponte sobre o córrego Jaguaribe, na rodovia MT-020, município de Paranatinga. A estrutura feita em concreto protendido possui comprimento total de 40 m e largura de 8,80 m e, no que diz respeito à sua fundação, a ponte demanda a implantação de estacas raiz com um diâmetro de 0,40 m cravadas em solo e 0,31 m cravadas em rocha. Dessa maneira, cada pilar será ancorado por um bloco contendo quatro estacas nos extremos da ponte ou seis estacas no ponto de apoio central (figura 13). Outras informações como comprimento da fundação e vão entre pilares foram retiradas por meio da análise de plantas e cortes também fornecidos por SINFRA (2023). A seguir (figura 14), tem-se também o perfil longitudinal da ponte em questão.

Figura 13: Vista superior das estacas.



Fonte: SINFRA (2023).

Figura 14: Perfil longitudinal da ponte sobre o córrego Jaguaribe.



Fonte: SINFRA (2023).

Os dados que concernem ao custo da fundação desta obra foram obtidos por meio de sua planilha orçamentária, como mostra a figura 15:

Figura 15: Planilha orçamentária da ponte córrego Jaguaribe.

DEMONSTRATIVOS DE CUSTOS DE SERVIÇOS				
ITEM	DISCRIMINAÇÃO		R\$	%
ORÇAMENTO				
1	ADMINISTRAÇÃO LOCAL	R\$	438.291,98	9,93%
2	CANTEIRO DE OBRAS	R\$	491.341,26	11,13%
3	MOBILIZAÇÃO	R\$	88.973,51	2,02%
4	DESMOBILIZAÇÃO	R\$	88.973,51	2,02%
5	INFRAESTRUTURA	R\$	1.745.421,46	39,54%
6	MESOESTRUTURA	R\$	257.076,90	5,82%
7	SUPERESTRUTURA	R\$	1.269.286,74	28,75%
8	SERVIÇOS DIVERSOS	R\$	35.435,73	0,80%
TOTAL ORÇAMENTO			R\$ 4.414.801,09	100,00%

Fonte: SINFRA (2023).

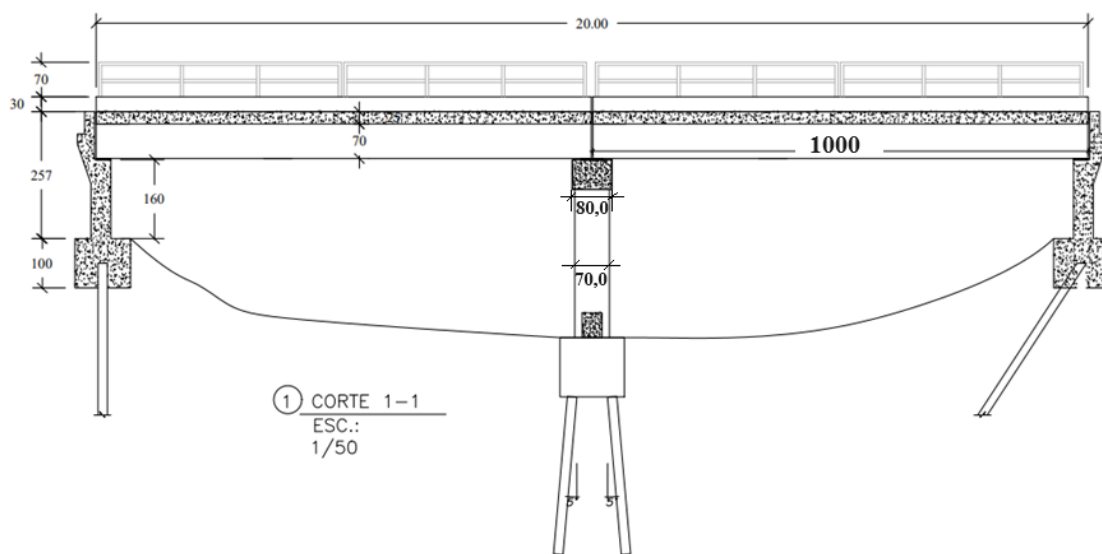
De acordo com a figura 15, o gasto para infraestrutura representou 39,54% do custo total da obra.

7. PONTE AREIA BRANCA (obra 7)

O próximo projeto se encontra disponível através de uma licitação realizada pela Prefeitura de Jacundá (2022) e é referente a uma obra de ponte em vigas de concreto armado na vicinal Areia Branca, zona rural do município de Jacundá, PA. A ponte consta de uma estrutura com 20 m de comprimento e 4,80 m de largura, e pelo seu memorial de cálculo é possível identificar a utilização de estacas trilho, de perfil TR 68.

Para a cabeceira foram utilizados trilhos com comprimento de 6 m. Já para o bloco de coroamento central foram utilizados trilhos de 12 m. Ainda em termos de pré-dimensionamento, os vãos entre pilares possuem aproximadamente 10 m, assim como pode-se visualizar na figura 16.

Figura 16: Vista longitudinal da ponte.



Fonte: Adaptado de Prefeitura de Jacundá (2022).

Pelo memorial de cálculo (figura 17) é possível constatar a utilização de 18 estacas para a região da cabeceira e 8 estacas para a região do bloco central.

Figura 17: Memorial de cálculo da ponte na vicinal Areia Branca.

INFRAESTRUTURA	
LOCAÇÃO DE BOMBA SUBMERSIVEL PARA DRENAGEM E ESGOTAMENTO, MOTOR ELETRICO TRIFASICO, POTENCIA DE 1 CV, DIAMETRO DE RECALQUE DE 2". FAIXA DE OPERACAO: Q=25 M3/H (+ OU - 1 M3/H) E AMT=2 M; Q=12 M3/H (+ OU - 2 M3/H) E AMT = 12 M (+ OU - 2 M)	
320 HORAS	
ESTACA TRILHO TR-68 - FORNECIMENTO E CRAVAÇÃO	
Cabeceira (9 trilhos x 6metros x 2 und = 108m) ; Bloco de Coroamento (8 trilhos x 12metros x 1 und = 96m) (108m+ 96m = 204)	
ESCAVACAO MANUAL FUNDACOES-SOLO 1a.CAT. DE 1,50m A 3,0m	
altura = 3m ;largura 10m; comprimento 3,33m.	
LASTRO DE CONCRETO MAGRO, APLICADO EM BLOCOS DE COROAMENTO OU SAPATAS, ESPESSURA DE 3 CM. AF 08/2017	
altura 0,30cm x largura 2metros x 5m comprimento = 2m³	
FABRICAÇÃO, MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA PARA BLOCO DE COROAMENTO, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, E=17 MM, 2 UTILIZAÇÕES. AF 06/2017	
Lado 1 do bloco (1m x 1,30m = 1,30m² x 2 lados = 2,60m) e Lado 1 do bloco (1m x 5m = 10m² x 2 lados = 10m²) 2,60m²+10m² = 12,60m²	
Concreto c/ seixo FCK=30 MPA (incl. preparo e lançamento)	
altura 1m x largura 1,30metros x 5m comprimento = 2m³	
ARMAÇÃO DE BLOCO, VIGA BALDRAME OU SAPATA UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10 MM - MONTAGEM. AF 06/2017	
390kg AÇO CA-50 - Ø10MM X 1 BLOCOS	

Fonte: Prefeitura de Jacundá (2022).

A respeito da composição de custos da ponte em questão, a figura 18 apresenta o orçamento para a etapa de sua infraestrutura.

Figura 18: Planilha orçamentária referente à infraestrutura da ponte na vicinal Areia Branca.

ITEM	DESCRIÇÃO	UND	QUANT.	VALOR UNIT. S/ BDI (R\$)	TOTAL (R\$)
1.3	INFRAESTRUTURA				73.066,14
1.3.1	LOCAÇÃO DE BOMBA SUBMERSÍVEL PARA DRENAGEM E ESGOTAMENTO, MOTOR ELÉTRICO TRIFÁSICO, POTÊNCIA DE 1 CV, DIÂMETRO DE RECALQUE DE 2". FAIXA DE OPERAÇÃO: Q=25 M3/H (+ OU - 1 M3/H) E AMT=2 M; Q=12 M3/H (+ OU - 2 M3/H) E AMT= 12 M (+ OU - 2 M)	H	320,00	1,76	729,60
1.3.2	ESTACA TRILHO TR 68 - FORNECIMENTO E CRAVAÇÃO	m	204,00	214,51	56.787,40
1.3.3	ESCAVAÇÃO MANUAL FUNDAÇÕES-SOLO 1a.CAT. DE 1,50m A 3,0m	m³	16,20	41,27	866,54
1.3.4	LASTRO DE CONCRETO MAGRO, APLICADO EM BLOCOS DE COROAMENTO OU SAPATAS, ESPESSURA DE 3 CM. AF 08/2017	m²	2,00	16,44	42,62
1.3.5	FABRICAÇÃO, MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA PARA BLOCO DE COROAMENTO, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, E=17 MM, 2 UTILIZAÇÕES. AF 06/2017	m²	12,60	114,07	1.865,16
1.3.6	CONCRETO C/ SEIXO FCK=30 MPA (INCL. LANÇAMENTO E ADENSAMENTO)	m³	6,50	748,83	6.316,42
1.3.7	ARMAÇÃO DE BLOCO, VIGA BALDRAME OU SAPATA UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10 MM - MONTAGEM. AF 06/2017	KG	390,00	12,78	6.458,40

Fonte: Adaptado de Prefeitura de Jacundá (2022).

8. PONTE CÓRREGO DOS VEADOS (obra 8)

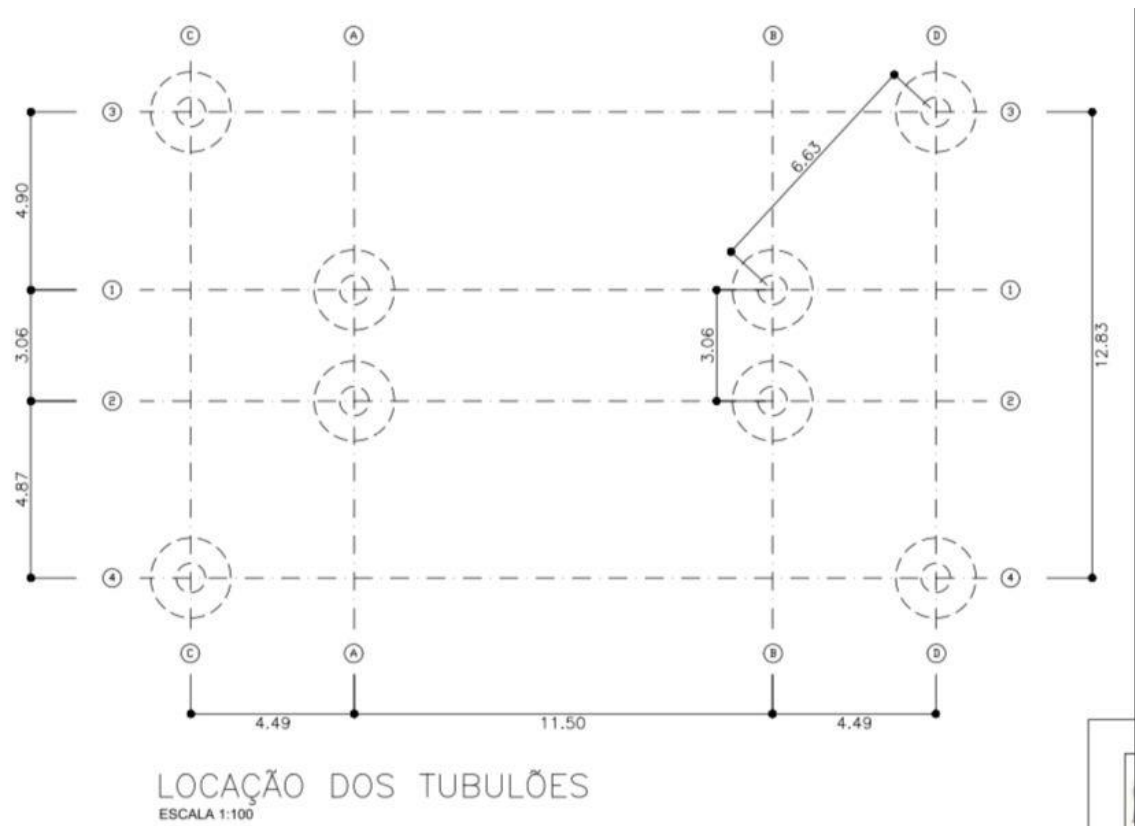
Figura 19: Corte longitudinal da ponte sobre o córrego dos Veados.



A ponte contém um único vão central, possuindo este uma distância de eixo a eixo de pilar de 11,50 m. Em relação a locação dos tubulões, a estrutura

possui 4 deles na região do tabuleiro cada um com o seu respectivo bloco. Já para a região dos encontros, no total são 4 tubulões, dois em cada lado da ponte, na transversal. Essas informações podem ser vistas na figura 20.

Figura 20: Locação dos tubulões.



Fonte: Prefeitura de Lavrinhas (2020).

A figura 21 traz a planilha orçamentária em relação a etapa de infraestrutura para esta obra:

Figura 21: Planilha orçamentária referente à infraestrutura da ponte sobre o córrego dos Veados.

Itens	Descrição de serviços	Unid.	Quant.	Valor Unitário (R\$)	Total (R\$)
4.1	INFRA-ESTRUTURA				130.225,92
4.1.1	Anel pré-moldado de concreto com diâmetro de 0,80 m	m	10,00	460,51	4605,13
4.1.2	Esc. Tubulão a céu aberto 1/2 categoria	m³	26,28	1.036,40	27.236,59
4.1.3	Forma plana para concreto comum	m²	49,16	106,16	5.218,83
4.1.4	Concreto FCK 25 MPA	m³	66,31	554,57	36.773,54
4.1.5	Barras de aço CA-50	Kg	5304,97	10,63	56.391,83

Fonte: Adaptado de Prefeitura de Lavrinhas (2020).

Como pode ser visto na figura 21, o custo para a execução da infraestrutura é de R\$ 130.225,92. Neste caso, esse custo equivale a 36,63% do valor final da obra que é de R\$ 355.526,20.

CONCLUSÃO (RESULTADOS DA PESQUISA)

Os dados das 8 obras apresentadas estão resumidos e ampliados na tabela 1.

Tabela 1: Pré-dimensionamento de fundações de pontes.

Obra	Tipo de superestrutura	Vão entre pilares (m)	Largura da ponte (m)	Tipo de Fundação	Nº de fundações no trecho	M² de fundação/m² de ponte	Comprimento da fundação (m)	Seção da fundação (m)
1	Trecho em vigas de concreto armado	45	20,7	Estaca escavada	3	0,012	45 a 75	2,20 e 2,50 (circular)
1	Trecho estaiado	200	22,6	Estaca escavada	36	0,030	45 a 75	2,20 e 2,50 (circular)
2	Em vigas metálicas	300 e 200	26,60	Tubulão	Média 21	0,008	25 a 30	1,8 (circular)
3 (encontro)	Em vigas de concreto armado	12	8,60	Estaca trilha (figura 22)	Média 4	0,0003	23,25	TR68 (figura 22)
3 (tabuleiro)	Em vigas de concreto armado	12	8,60	Estaca raiz	Média 11	0,013	25	0,40 (circular)
4 (margem esquerda)	Em vigas metálicas	18	4,20	Estaca cravada em concreto armado	7	0,003	9,45	0,17 x 0,17 (quadrada)
4 (margem direita)	Em vigas metálicas	18	4,20	Ancoragem de bloco em rocha sã	--	--	--	--
5	Estaiada	82 e 30	3,60	Estaca raiz	44 ¹	0,014 ²	10 e 15	0,41 (circular)
6	Em vigas de concreto protendido	19	8,80	Estaca raiz	Média 14	0,011	5 a 12	0,40 e 0,31 (circular)
7	Em vigas de concreto armado	10	4,80	Estaca trilha (figura 22)	Média 13	0,002	12	TR68 (figura 22)

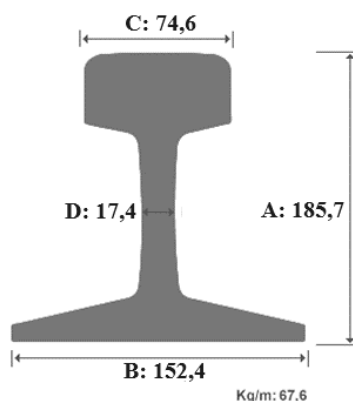
¹ Para este trabalho, na obra 5 (estrutura estaiada), os dois vãos adjacentes ao mastro central estão sendo considerados como um só.

² O valor foi calculado com a área total da ponte (403,2 m²).

8 (tabuleiro)	Em vigas de concreto armado	11,50	4,60	Tubulão	4	0,038	2,70	0,80 (circular)
8 (encontro)	Em vigas de concreto armado	4,49	4,60	Tubulão	Média 2	0,049	2,70	0,80 (circular)

Fonte: Indicadas nos textos de cada obra.

Figura 22: Dimensões da estaca TR68.



Fonte: Adaptado de Refal Aço e Ferro (2016).

Por meio das informações obtidas através das planilhas orçamentárias de seis das oito obras, foi possível calcular os índices de estimativa de custo por metro quadrado de construção, sendo esses índices expostos na tabela 2. Para as seis obras, não houve necessidade de efetuar qualquer correção monetária, uma vez que todas elas foram publicadas em datas próximas deste relatório.

Tabela 2: Investigação de índices de custo estimativo de infraestrutura de pontes.

Obra	Tipo de Superestrutura	Comprimento (m)	Largura (m)	Área (m²)	Valor total da obra (R\$)	Valor da infraestrutura (R\$)	Fundação (R\$/m²)
3 (encontros)	Em vigas de concreto armado	120	8,60	1.032	4.444.536,89	96.850,82	93,85
3 (tabuleiro)	Em vigas de concreto armado	120	8,60	1.032	4.444.536,89	1.708.425,53	1.655,45
4	Em vigas metálicas	18	4,20	75,6	270.192,80	88.643,94	1.172,54
5	Estaiada	112	3,60	403,2	6.308.949,10	911.284,92	2.260,13
6	Em vigas de concreto protendido	40	8,80	352	4.414.801,09	1.745.421,46	4.958,58

7	Em vigas de concreto armado	20	4,80	96	611.143,37	73.066,14	761,11
8	Em vigas de concreto armado	12	4,60	55,2	355.526,20	130.225,92	2.359,16

Fonte: Indicadas nos textos de cada obra.

A análise realizada aponta para diferenças consideráveis no que condiz aos custos relativos das fundações entre projetos de pontes distintos, ressaltando a individualidade de cada obra. Essa diferença pode ser visualizada a partir da tabela 3.

Tabela 3: Custo total e relativo das obras.

Obra	Valor total da obra (R\$)	Valor total da infraestrutura (R\$)	Infraestrutura/Total da obra	Relação (%)
3	4.444.536,89	1.805.276,35	0,4062	40,62
4	270.192,80	88.643,94	0,3281	32,81
5	6.308.949,10	911.284,92	0,1444	14,44
6	4.414.801,09	1.745.421,46	0,3954	39,54
7	611.143,37	73.066,14	0,1196	11,96
8	355.526,20	130.225,92	0,3663	36,63

Fonte: Indicadas nos textos de cada obra.

Desta forma, os dados das tabelas 1, 2 e 3 poderão ser também utilizados para o desenvolvimento de um futuro *software* onde o usuário teria autonomia de escolher o tipo de superestrutura, a área da ponte e o tipo de fundação, e obter como resultado não só o valor total estimado para a obra, mas também o custo estimativo do seu tipo específico de infraestrutura bem como seu pré-dimensionamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6122:** Projeto e execução de fundações: ABNT, 2022.

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: 22 abr. 2023.

CELERE. **Ponte Rio-Niterói**: história, desafios e curiosidades da construção. 2021. Disponível em: <https://celere-ce.com.br/grandes-obras/ponte-rio-niteroi-construcao/amp/>. Acesso em: 25 abr. 2023.

CONSTRUÇÃO CIVIL. **Pontes e viadutos - fundações**. [S. l.], 2012. Disponível em: <https://construcaociviltips.blogspot.com/2012/10/pontes-e-viadutos-fundacoes.html>. Acesso em: abril de 2023.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT) (BRASIL). **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.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT) (BRASIL). **SICRO**. [S. l.], 2022. Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/custos-e-pagamentos/custos-e-pagamentos?dnit/sistemas-de-custos/copy_of_sicro. Acesso em: 07 ago. 2023.

DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. **Manual de Projeto Obras-de-artes Especiais**. Divisão de Capacitação Tecnológica, Rio de Janeiro, 1996.

EL DEBS, M.K.; TAKEYA, T. **Introdução às pontes de concreto. Texto provisório de apoio à disciplina SET 412**. (Apostila). São Carlos. 2007.

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: 07 ago.

2023.

LEONHARDT, F. **Construções de concreto**: princípios básicos da construção de pontes de concreto. Rio de Janeiro: Interciência, 1979.

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

PFEIL, W. Pontes em concreto armado. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1979.

PREFEITURA DE JACUNDÁ (PA). **TOMADA DE PREÇOS Nº 2/2022-001-PMJ (CONTRATAÇÃO DE EMPRESA PARA CONSTRUÇÃO DE 05 (CINCO) PONTES DE CONCRETO ARMADO, NA ZONA URBANA E RURAL)**. 2022. Disponível em: <https://jacunda.pa.gov.br/tomada-de-precos-no-2-2022-001-pmj/>. Acesso em: 12 out. 2023.

PREFEITURA DE LAVRINHAS (SP). **TOMADA DE PREÇOS Nº 002/2020**. 2020. Disponível em: <http://lavrinhas.sp.gov.br/site/index.php/2020/08/13/4245/>. Acesso em: 12 out. 2023.

PREFEITURA DE SOBRAL (CE). Edital de licitação nº CP005/20-SEINF. [Contratação de empresa especializada para construção de ponte estaiada sobre o Rio Acaraú, no Município de Sobral/CE]. **Anexos**, Sobral, 2020. Disponível em: <http://transparencia.sobral.ce.gov.br/licitacao/detail/numero:CP005/20-SEINF>. Acesso em: 6 jul. 2023.

PREFEITURA MUNICIPAL DE ABADIA DOS DOURADOS (Minas Gerais). **Editais e Contratos**: Arquivos DIGITAIS TP 001-2020 - Arquivo Único. 2020. Disponível em: <https://abadiadosdourados.mg.gov.br/novo/index.php/licita%C3%A7%C3%A3o/editais-e-contratos.html>. Acesso em: 05 jul. 2023.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CUMARÚ DO NORTE (Pará). **CONCORRÊNCIA**

PÚBLICA N° 003/2020. 2020. Disponível em:
<https://pmcn.pa.gov.br/concorrencia-publica-n-003-2020/>. Acesso em: 06 jul. 2023.

Produtos - REFAL | Aço e Ferro. Disponível em:
<http://refalaco.com.br/produtos/>. Acesso em: 18 out. 2023.

QUADROS, Helena Szortika. **Projeto Estrutural de Ponte: Comparativo de soluções com vigas seções T pré-moldada e caixão moldada in loco.** Porto Alegre, 2013. Disponível em
<<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/96335/000914912.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> Acesso em: março de 2023.

SILVA, Cristiano Oliveira da. **História e outras curiosidades técnicas sobre a Ponte Rio-Niterói, marco da engenharia na construção.** 2021. Engenharia 360. Disponível em: <https://engenharia360.com/engenharia-da-construcao-ponte-rio-niteroi/>. Acesso em: 07 maio 2023.

SINFRA (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: 18 ago. 2023.

Assinatura do orientador: _____

Assinatura do bolsista: *Adrielle Trindade Lemes?*