

MEMORIAL

**CÁLCULO DAS LONGARINAS (VIGAS) DAS LAJES (TABULEIRO) E
CORTINA (CABECEIRAS) DE UMA PONTE SOBRE RIO BURRO BRANCO
INTERIOR DE SALTINHO, COM VÃO DE TOTAL 20 METROS, EM
CONCRETO ARMADO, PRÉ MOLDADO, SEÇÃO TRANSVERSAL COM
QUATRO LINHAS DE VIGAS PRINCIPAIS**

CLIENTE: PREFEITURA MUNICIPAL DE SALTINHO

ENGENHEIRO RESPONSÁVEL: MATHEUS KNORST SANTIN

SALTINHO – SC, 19 DE AGOSTO DE 2020

CONSIDERAÇÕES GERAIS

Essa obra é destinada a vencer os talvegues formados pelos cursos d'água, cuja transposição atual é feita através de ponte de madeira que se encontra em más condições. O projeto de obra de arte especial foi elaborado atendendo as demandas técnicas atuais, quanto aos critérios de segurança estrutural, utilização e durabilidade prescritos pelas normas NBR 6118/2014, NBR 6123/1988, NBR 7187/2003, NBR 7188/2013, NBR 7480/2007, e NBR 8681/2003 e demais normas pertinentes, além das prescrições técnicas específicas e constantes nas normas e manuais publicados pelo DNIT. A carga móvel adotada corresponde às especificações para a classe TB 240, conforme a NBR 7188/2013.

DESCRIÇÃO DA OBRA

Trata-se de uma ponte apoiada em suas extremidades em cortinas de concreto armado e no interior por dois apoios existentes e que serão preservados. A ponte terá extensão 2000 cm, o tabuleiro terá largura total de 500 cm, sendo 460 cm de largura útil como plataforma de rolamento de veículos além de guarda rodas nas duas extremidades com largura decrescente de 20 para 15 cm cada, os quais estendem-se sobre a cortina. O tabuleiro terá declividade longitudinal máxima de 8% e declividade transversal, do centro para as bordas, de 2%.

A solução estrutural apresentada consiste em tabuleiro tipo laje pré moldada em concreto armado largura 120 cm cada as quais deverão ser assentadas uma a uma e grauteadas sobre as vigas principais. Serão utilizadas oito vigas longarinas pré-fabricadas. Sobre laje do tabuleiro será executada uma capa de concreto usinado e moldada no local.

ANÁLISE ESTRUTURAL

Estrutura analisada por pórtico onde pilares e vigas são admitidos como elementos lineares representados por seus eixos longitudinais. A modelagem das lajes realizada por processo de analogia de grelha.

MEMORIAL DE CÁLCULO

Requisitos quanto à durabilidade

Classe de Agressividade Ambiental = CAA II

Classe de concreto para elemento de concreto armado ≥ 30 MPa

Relação água/cimento em massa para concreto armado $\leq 0,60$

Cobrimento armadura passiva em lajes ≥ 25 mm

Cobrimento armadura em vigas ≥ 25 mm

Cobrimento armadura na cortina ≥ 30 mm

Cobrimento armadura fundações ≥ 40 mm

Materiais

Concreto

Características Classes de concreto								
fck (MPa)	γ_c	fd (MPa)	fct,m (MPa)	fctk,inf (MPa)	fctk,sup (MPa)	Eci (MPa)	Ecs (MPa)	Peso (kN/m³)
30	1,4	21,429	2,896	2,028	2,636	36807	32206	25

Aço

Armadura CA-50

$f_{yk} = 500$ MPa

$\gamma_s = 1,15$

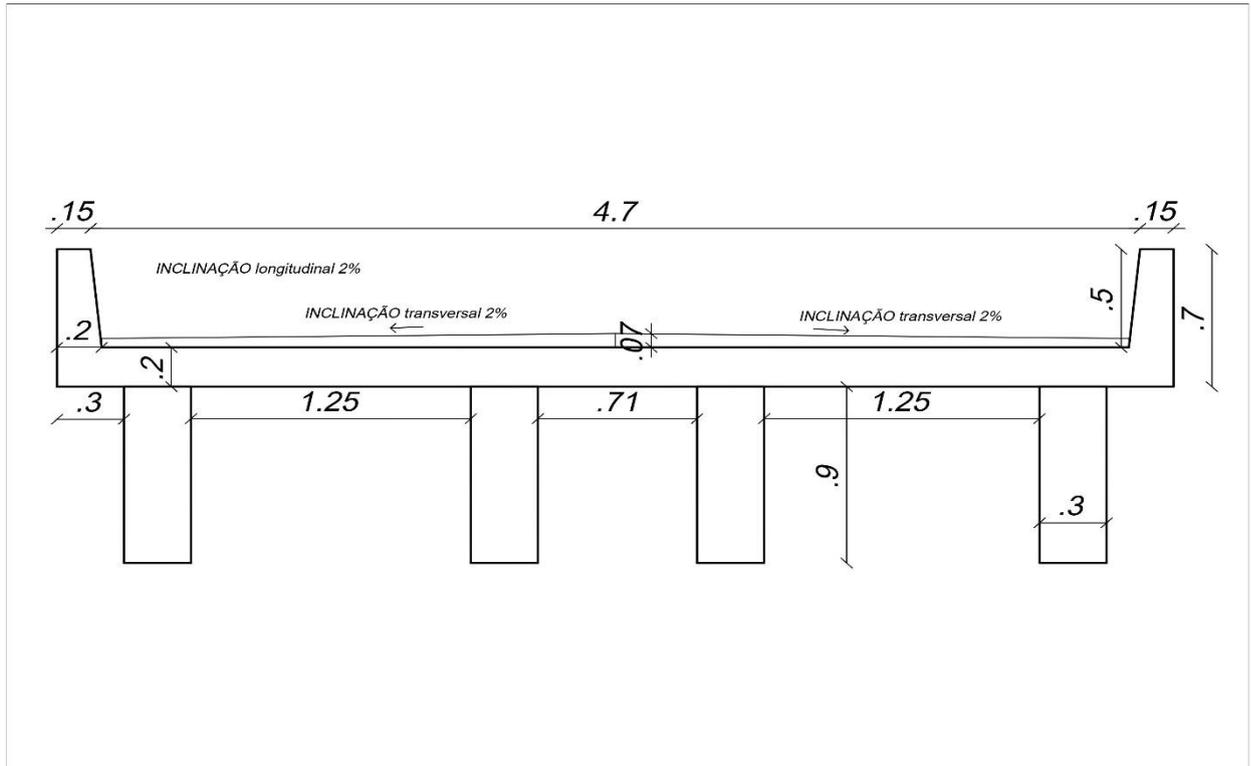
$f_{yd} = 434,78$ MPa

$E_s = 210.000$ Mpa

Seção Transversal Típica

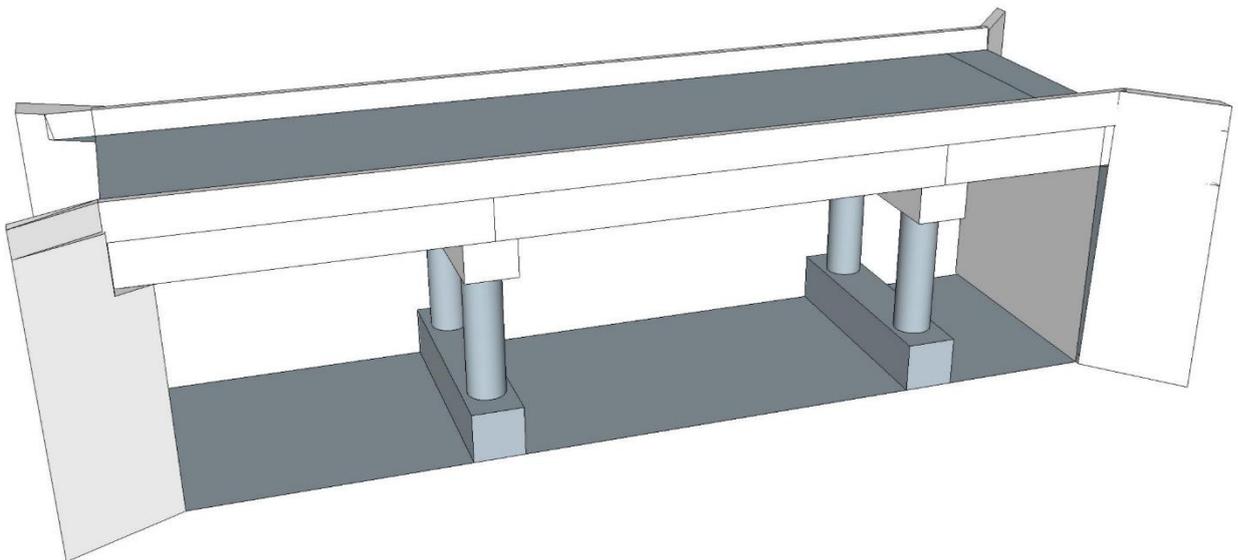
A ponte apresenta seção transversal conforme figura 1 abaixo:

Figura 1- seção transversal



Representação ilustrativa da perspectiva 3D, na figura 2

Figura 2- 3D



Modelo de Cálculo

Modelagem adotada

Para obtenção dos esforços finais nos elementos estruturais além do peso próprio, foram distribuídos os carregamentos normativos, posicionados na pior hipótese e dimensionados para essa condição.

Carregamentos

Peso Próprio

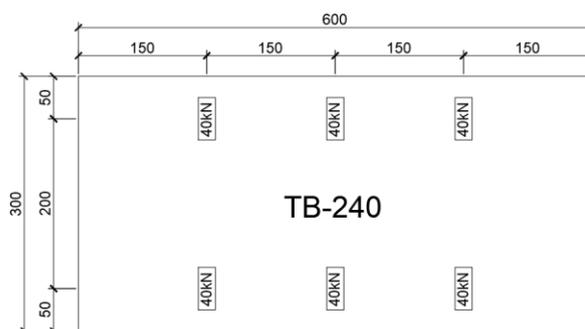
Concreto armado considerou-se 25 kN/m^3

Cargas permanentes adicionais

Considerado futuro Recapeamento = $2,0 \text{ kN/m}^2$

Cargas móveis (TB 240 – NBR 7188/2013)

Foi considerado um trem tipo TB 240, onde o veículo tipo de dimensões $3,0\text{m} \times 6,0\text{m}$, possui peso total de 24 tf, distribuído igualmente sobre 6 rodas, conforme esquema abaixo. A carga externa à área de projeção do veículo tipo é de 4 kN/m^2 .



A carga estática P em quilonewtons, foi aplicada no nível do pavimento, com valor característico e sem qualquer majoração. Já a carga p , em quilonewtons por metro quadrado, é uma carga uniformemente distribuída, aplicada no nível do pavimento, com valor característico e sem qualquer majoração.

Quanto a carga Q foi aplicada concentrada em quilonewtons, e a carga distribuída q , em quilonewtons por metro quadrado, onde os valores da carga móvel aplicados no nível do pavimento, iguais aos valores característicos ponderados pelos coeficientes de impacto vertical (CIV), do número de faixas (CNF) e de impacto adicional (CIA) abaixo definidos:

$$Q = P * CIV * CNF * CIA$$

$$q = p * CIV * CNF * CIA$$

COEFICIENTES DE PONDERAÇÃO

Coeficiente de impacto vertical

$$CIV = 1,35$$

Coeficiente de número de faixas

$$CNF = 1 - 0,05 * (n-2) > 0,9 \Rightarrow CNF = 1 - 0,05 * (2-2)$$

$$CNF = 1,0$$

Onde n = número de faixas

Coeficiente de impacto adicional

$$CIA = 1,25$$

ENVOLTÓRIAS DE ESFORÇOS SOLICITANTES

Placas de tabuleiro

A aceleração e frenagem dos veículos provocam cargas horizontais aplicadas no nível do pavimento, essas forças são um percentual da carga característica dos veículos aplicados sobre o tabuleiro, na posição mais desfavorável, concomitantemente com a respectiva carga.

$$H_f = 0,25 * B * L * CNF$$

Essa expressão corresponde a 5% da carga distribuída aplicada em todo o tabuleiro afetada pelo coeficiente de número de faixas.

Onde,

$$H_f \geq 135 \text{ kN};$$

Esse valor corresponde a 30% do peso do veículo tipo.

B é a largura efetiva, expressa em metros (m), da carga distribuída de 5 kN/m²;

L é o comprimento concomitante, expresso em metros (m), da carga distribuída

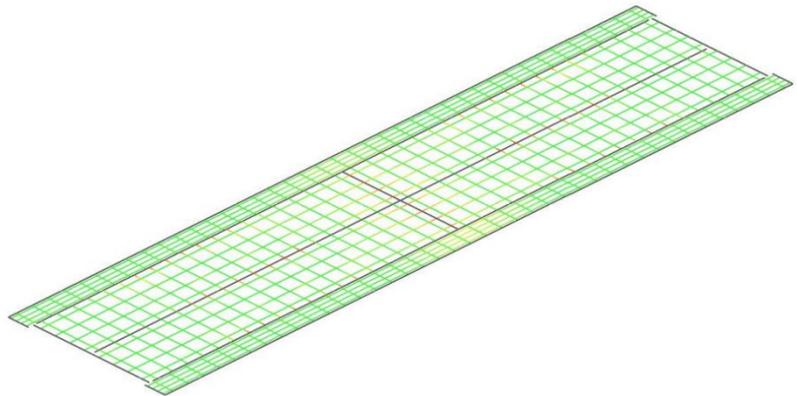
Esforços negativos

Mom. Wood&Armer (-)
(kgf.m/m)

1.3G1+1.4G2+1.3S+1.4Q+1.1A+1.12CE

Min: -6098.68

Máx: 0.00



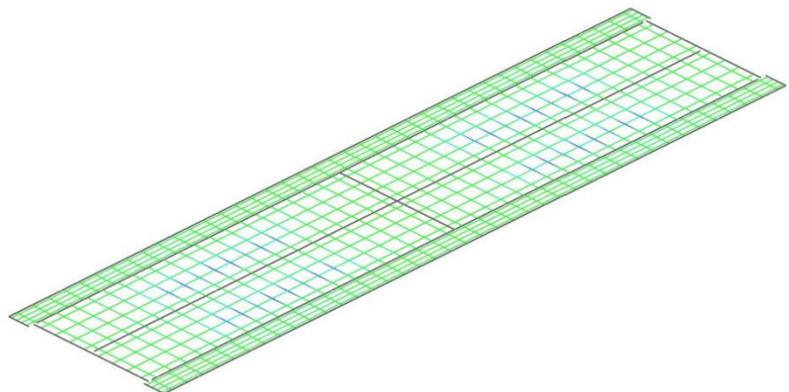
Esforços Positivos

Mom. Wood&Armer (+)
(kgf.m/m)

1.3G1+1.4G2+1.3S+1.4Q+1.1A+1.12CE

Min: 0.00

Máx: 13218.01



Para maior momento - Negativo

VIGA V1

Envoltória	Vão 1	
	Valor	Posição
Flecha elástica	-0.08	226.8
Flecha imediata	-0.05	248.2
Flecha imediata (recalculada)	-0.05	226.8
Flecha diferida	-0.01	248.2
Flecha total	-0.05	625

Envoltória	Vão 1		
	Nó I	Vão	Nó F
Inércia da seção bruta (m4 E-4)	182.25	182.25	182.25
Inércia fissurada (m4 E-4)	24.61	19.93	44.71
Momento de fissuração (kgf.m)	17596	17596	17596
Momento em serviço (kgf.m)	-1510	5799	-25187
Comprimento do sub-trecho (cm)	25.29	359.81	239.89
Inércia equivalente (m4 E-4)	147.46		
Multiplicador flecha total	2.06		

VIGA V2

Envoltória	Vão 1		Vão 3	
	Valor	Posição	Valor	Posição
Flecha elástica	-0.49	450	-0.02	0
Flecha imediata	-0.43	450	-0.02	0
Flecha imediata (recalculada)	-0.42	450	-0.02	0
Flecha diferida	-0.43	450	-0.02	0
Flecha total	-0.85	450	-0.04	0

Envoltória	Vão 1		Vão 4			
	Nó I	Vão	Nó F	Nó I	Vão	Nó F
Inércia da seção bruta (m4 E-4)	182.25	182.25	182.25	182.25	182.25	182.25
Inércia fissurada (m4 E-4)	44.71	37.21	37.21	37.21	16.35	16.44
Momento de fissuração (kgf.m)	17596	17596	17596	17596	17596	17596
Momento em serviço (kgf.m)	-30645	21951	-25439	-25439	991	0
Comprimento do sub-trecho (cm)	186.41	550.01	163.58	317.72	82.28	0.00
Inércia equivalente (m4 E-4)	98.54			105.17		
Multiplicador flecha total	2.06			2.06		

Para maior momento – Positivo

VIGA V1

Envoltória	Vão 1	
	Valor	Posição
Flecha elástica	-0.42	312.5
Flecha imediata	-0.44	312.5
Flecha imediata (recalculada)	-0.44	312.5
Flecha diferida	-0.43	312.5
Flecha total	-0.88	312.5

Envoltória	Vão 1		
	Nó I	Vão	Nó F
Inércia da seção bruta (m4 E-4)	182.25	182.25	182.25
Inércia fissurada (m4 E-4)	16.35	44.71	16.35
Momento de fissuração (kgf.m)	17596	17596	17596
Momento em serviço (kgf.m)	0	27388	0
Comprimento do sub-trecho (cm)	0.00	625.00	0.00
Inércia equivalente (m4 E-4)	81.19		
Multiplicador flecha total	2.06		

VIGA V2

Envoltória	Vão 1		Vão 3	
	Valor	Posição	Valor	Posição
Flecha elástica	-0.79	407	-0.02	0
Flecha imediata	-0.76	407	-0.02	0
Flecha imediata (recalculada)	-0.76	407	-0.02	0
Flecha diferida	-0.41	407	-0.02	0
Flecha total	-1.17	407	-0.04	0

Envoltória	Vão 1		Vão 4		Vão	Nó F
	Nó I	Vão	Nó F	Nó I		
Inércia da seção bruta (m4 E-4)	182.25	182.25	182.25	182.25	182.25	182.25
Inércia fissurada (m4 E-4)	24.61	53.80	44.71	44.71	24.61	24.76
Momento de fissuração (kgf.m)	17596	17596	17596	17596	17596	17596
Momento em serviço (kgf.m)	0	27306	-24986	-24986	0	0
Comprimento do sub-trecho (cm)	0.00	743.79	156.21	400.00	0.00	0.00
Inércia equivalente (m4 E-4)	88.97			92.75		
Multiplicador flecha total	2.06			2.06		

Cortinas

Obtidos os esforços transmitidos pela estrutura adjacente, também pelo empuxo, foi analisado por analogia de grelha. Transmitindo os esforços direto para a rocha onde deve ser engastada. Para as características do terreno, o peso específico do solo úmido considerado foi de 18 kN/m³ e o ângulo de atrito interno igual a 30°. Os empuxos ativos e de repouso considerados nas situações mais desfavoráveis. Sobre a superfície do aterro considerada a carga do veículo tipo estimada dividindo o peso do veículo tipo, sem impacto, pela área ocupada pelo mesmo. No caso do TB 240 a sobre carga no aterro resulta $q = 24 / (6 \times 3) = 1.33 \text{ tf/m}^2$.

Resultados

Os resultados, ou seja, as armaduras, seções e volumes estão apresentadas em pracha no projeto estrutural.

Considerações finais

Para o dimensionamento considerou-se que todo o concreto seja proveniente de usinas. Para tanto deve ater-se quanto a tecnologia empregado na confecção do mesmo. Também fica de responsabilidade da executara quanto a qualidade de todos os materiais e etapas. Não permitido usar temperatura para dobrar ferragens.

Toda e qualquer modificação de seções de concreto, de suas armaduras ou execução de novos elementos devem ser comunicados ao projetista, para devida autorização.