

MEMORIAL DE CÁLCULO

PONTE SOBRE O RIO CURU

ÍNDICE

1.INTRODUÇÃO

2.MODELO DE CÁLCULO

3-SUPERESTRUTURA

4.MESO/INFRAESTRUTURA

1.0.INTRODUÇÃO

APRESENTAÇÃO

A empresa TECHPROJ Consultoria e Projetos apresenta o Volume 4 – Orçamento referente ao Projeto Executivo de Engenharia para reabilitação e melhoramentos da rodovia Vicinal de Acesso as Comunidades de Cágado, Caiçara e Salgado (Trecho 02 – Est 0 a Est 268+4,00) com extensão de 5,36 km, localizado no município de São Gonçalo do Amarante.

O trecho de pista simples apresentado foi desenvolvido com velocidade diretriz de 60km/h, com uma pista de 6m de largura e 0,5m de acostamento.

1.1.Memorial Descritivo e justificativo

Refere-se a presente Memória de Cálculo ao projeto estrutural de uma ponte rodoviária Classe 45, em concreto armado a ser construída sobre o Rio Curu como parte integrante da rodovia Vicinal de Acesso, cujas características, sistema estrutural, e seção transversal são apresentadas nas folhas seguintes.

O sistema longitudinal da obra é formado por 3 vãos de 25m e mais dois vãos extremos de

22.50m com balanços de 7.50m cada perfazendo uma extensão total de 135m.

Uma laje maciça que se apoia em duas vigas principais.

A mesoestrutura é constituída por pilares circulares ($d=90\text{cm}$) aporticados no sentido transversal recebendo no topo a carga do tabuleiro através das almofadas de neoprene fretado.

Os pilares têm fundações profundas do tipo tubulão ($d=140\text{cm}$) com base alargada ($d=340\text{cm}$). As bases dos tubulões estão assentes em rocha decomposta tendo-se adotado uma tensão de trabalho de $0,5\text{MPa}$ (5kg/cm^2).

1.2.Dados Gerais

Ponte classe	45
Largura do tabuleiro	7,80m
Pista de rolamento	7,00m
Guarda Roda	0,40m

1.3.Cargas

a) Carga Permanente: $\gamma_c = 25 \text{ KN/m}^3$

b) Pavimentação.....: $\gamma_p = 24 \text{ KN/m}^3$

b) Carga Móvel

Trem Tipo à Classe 45.

1.4. Análise Estrutural-Verificação da Segurança

Foram observadas as condições de segurança estabelecidas na NBR 6118 e NBR 7297 em suas ultimas versões de 2003

1.5. Resistencia dos Materiais Empregados

a) Concreto Estrutural

Superestrutura.....fck=30 MPa

Meso/Infraestrutura.....fck=20MPa

Armaduras Passivas-----Aço CA-50ª

1.6. Agressividade Ambiental

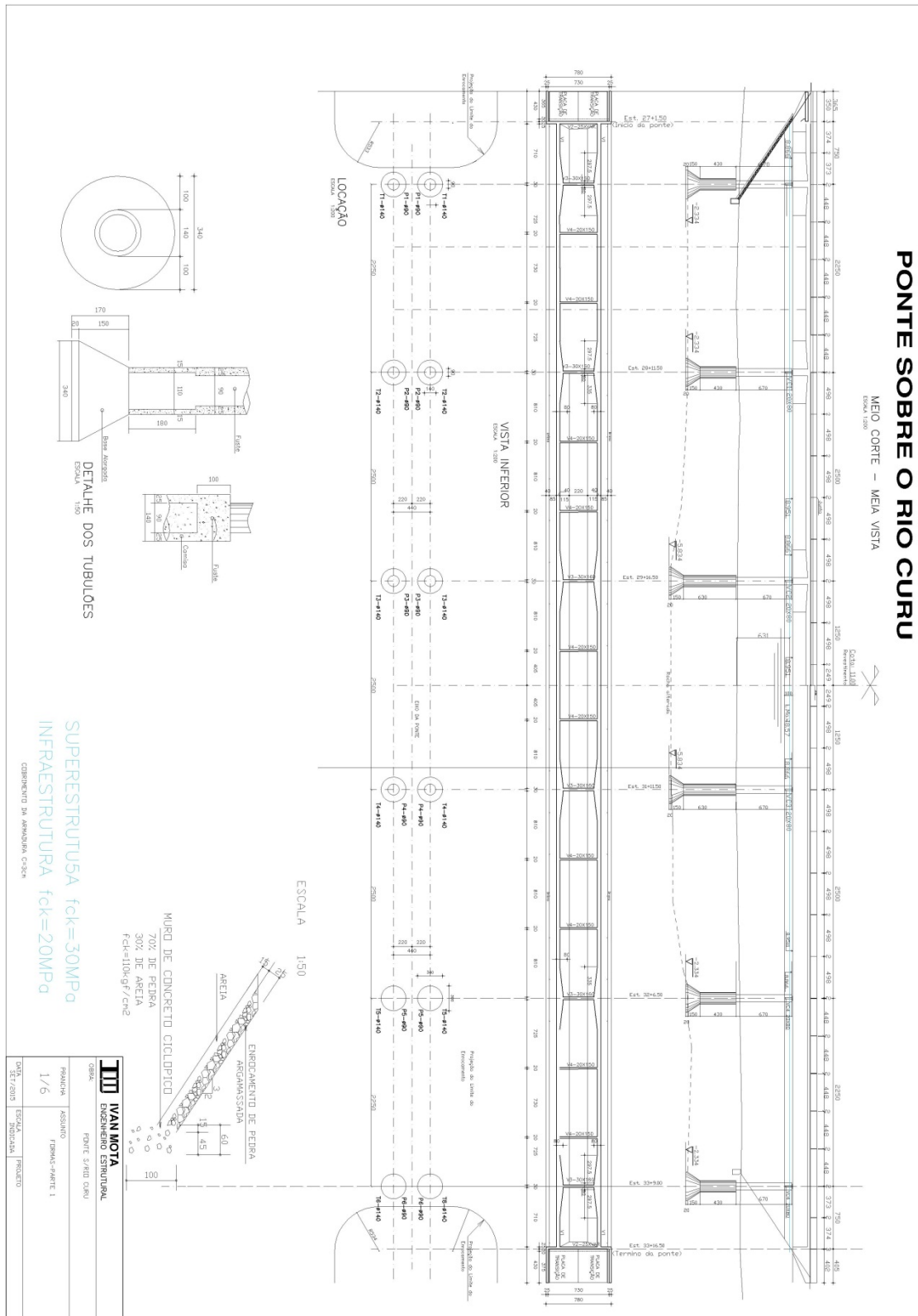
Considerou-se a classe de agressividade ambiental nível II (moderada) da NBR 6118/2003; adotou-se o cobrimento de 30mm. As peças enterradas terão cobrimento de 40mm.

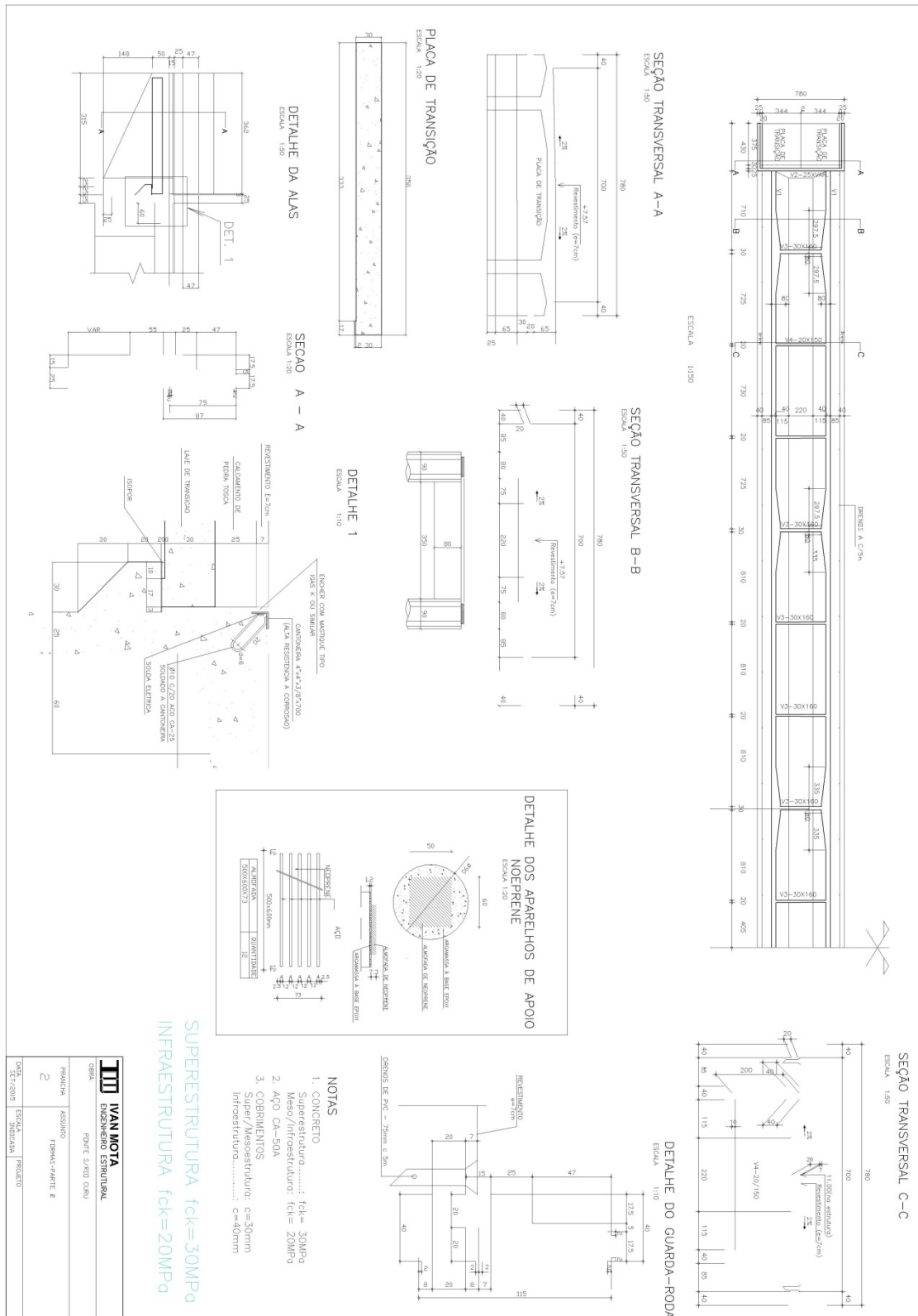
1.7 Bibliografia

- [1] Rüsç, H.- Fahrnplatten Von Strassenbrücken
- [2] Leonhardt, F. – Construções de Concreto, Vol I a VI
- [3] Leonhardt, F. -Massivbrücken
- [4] Pfeil, W. –Pontes em Concreto Armado
- [5] F usco, P.B. –Fundamentos da Técnica de Armar
- [6] Manual do Programa de Elementos Finitos CSI Bridge 15(SAP 20000
- [7] Normas Brasileiras-NBR6118, NBR6123, NBR7187, NBR1-89 e NBR7197
- [8] DNIT – Manual de Projeto de Obras de Arte Especiais
- [9] Santos L.M – Programas para Dimensionamento de Concreto Armado
- [10] Bowles, J.E. – “Foudation Analysis and Design”

1.8 Formas do Projeto

PROJETO EXECUTIVO DE REABILITAÇÃO E MELHORAMENTOS EM RODOVIA





2.0 MODELO DE CÁLCULO

2.1 Modelo Numérico de Cálculo

Para a análise da estrutura foi utilizado um modelo único de elementos finitos (placas e barras) contemplando todos os elementos da meso/infraestrutura.

O programa utilizado para a modelação e análise foi o CSiBridge 15(SAP 20000)

Abaixo temos a visualização espacial do modelo.

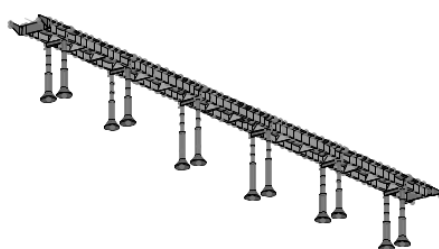
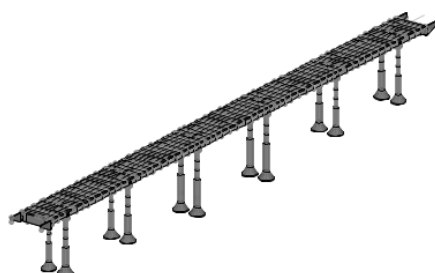


Fig 2- Vista Inferior:Modelo Integrado da estrutura da ponte-CSiBridge
CSiCSiBridge(SAP2000)



,”

Fig 2 –Vista Lateral:Modelo Integrado da estrutura da ponte-CSiBridge(SAP2000)

2.2 Materiais / Seções Transversais

a) Laje do Tabuleiro-

Para a laje do tabuleiro foi utilizado um material ortotópico com rigidez apenas na direção transversal à longarina.

b) Viga Principal

Largura colaborante

$$b_f = b_w + 0,20Kl$$

$$K = 1,50 - \text{balanço}$$

$$K = 0,60l - \text{vão com dois momentos nas extremidades.}$$

Elemento	E (MPa)	A (m ²)	J _f (m ⁴)	J _t (m ⁴)
Viga Principal	26000	1,79	0,597	0,0152

J_f=momento de inércia à flexão

J_t=momento de inércia à torção no estágio II=0,20J_t (Estádio I, não fissurado)

c) Vigas Transversais

Elemento	E (MPa)	A (m ²)	J _f (m ⁴)	J _t (m ⁴)
Transversina do Vão	26000	0,30	0,0562	0,0007
Transversina do Apoio	26000	0,48	0,1024	0,00214
Cortina	26000	0,50	0,1667	0,00192

c) Neoprene

A almofada de neoprene será representada no modelo por uma barra que deve ter uma rigidez para deslocamentos horizontais que seja equivalente à rigidez à distorção da almofada

$$\frac{GA_n}{l_n} = \frac{12EJ}{(hb)^3}$$

$A_n = 0,50 \times 0,60 = 0,30 \text{ m}^2$ (área das almofadas)

$h_n = 0,048 \text{ m}$ (altura de borracha)

$h_b = 0,10 \text{ m}$ (altura da borracha modelo)

$$\frac{GA_n}{h_n} = \frac{12EJ}{(h_b)^3} \rightarrow J = \frac{(h_b)^3 A_n}{12h_n} \quad (E = G = 10000 \text{ KN/m}^2)$$

$$J = \frac{(0,10)^3 \times 0,30}{12 \times 0,048} = 4.17 \times 10^{-4} \text{ m}^4$$

Elemento	E (KN/m ²)	A (m ²)	J (m ⁴)
Neoprene	1000	0,60	4.17×10^{-4}

2.3 Esbeltez Pilar- Tubulão

A esbeltez do conjunto pilar – tubulão foi obtida pela determinação da carga crítica de flambagem elástica de pórticos isolados.

$$L_e = \pi \sqrt{EI} / N_{crit}$$

$$P_1 = P_2 - N_{crit} = 3620; L_e = 15.07 \text{ m}$$

$$P_3 - N_{crit} = 3250; L_e = 15.94 \text{ m}$$

2.4 CONTENÇÃO HORIZONTAL DOS TUBULÕES

A contenção dos tubulões será representada no modelo por molas lineares, direções horizontais (x e y), dispostas a cada metro de fuste: (modelo ou molas de Winkler) Adotou-se um coeficiente de recalque lateral para areia fofa submersa $K_n = 150 \text{ tf/m}^3$ que resulta numa variação linear com a profundidade.

onde:

b = largura do fuste tubulão

L = comprimento do trecho em contenção.

n = número de divisões do trecho em contenção

$\Delta z = L/n$ = comprimento do segmento de barra do tubulão no trecho de contenção.

c = coeficiente de recalque lateral no nó i .

k = constante de mola de winkler no nó i

3.0 SUPERESTRUTURA

3.1-Vigamento do Tabuleiro

a) Carga Permanente

Ações Verticais de Carga Permanente nos Neoprenes(tf)-Modelo CSI Bridge

P1=147tf
P2=149tf
P3=1645f

b) Carga Móvel-TB45

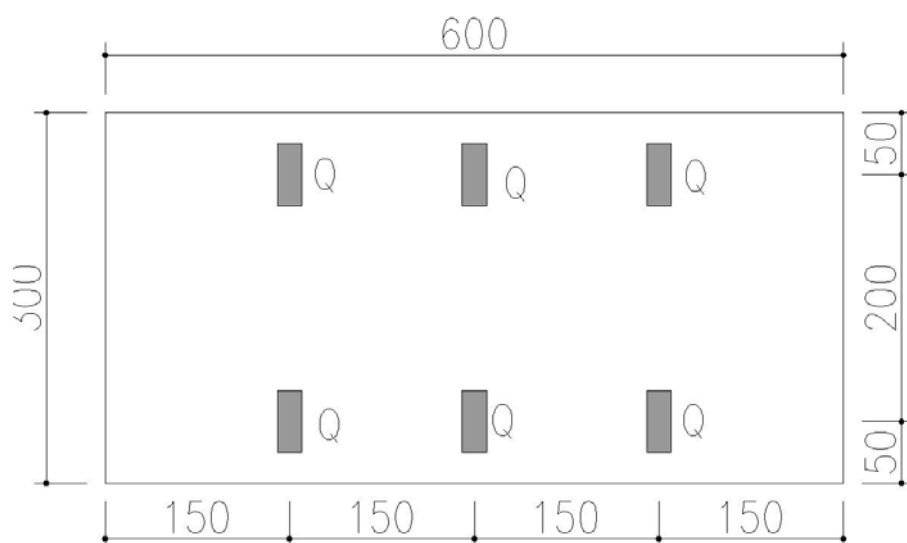
Coeficiente de impacto

Vão	L	ϕ
1	22.5	1,242
2	25	1,225
3	25	1,225
Bal	15	1,295

Adotado $\phi=1,254$

-Veículo Tipo – TB45 Simplificado

$Q=6,0\text{tf}$ $q=0,5\text{tf/m}^2$



c) Esforços na Viga Principal

Seção	Mg(KNm)	Mq+(KNm)	Mq-(KNm)	Vg (kn)	Vq+(KN)	Vq-(KN)
1	0	20	0	-216	43	-196
2	-1320	118	-1249	-424	33	-520
3E	-3346	208	-3302	-680	35	-624
3D	-3346	208	-3302	731	560	-63
4	-2953	1013	-2851	578	479	-64
5	-787	1760	-2449	435	399	-93
6	46	2234	-2062	306	330	-156
7	533	2437	-1685	151	280	-231
8	722	2398	-1313	19	2 28	-302
9	619	2136	-1047	-113	192	-372
10	218	1688	-996	-267	186	-440
11	-529	1995	-1133	-497	184	-499
12	-1610	2268	-1365	-540	184	-562

PROJETO EXECUTIVO DE REABILITAÇÃO E MELHORAMENTOS EM RODOVIA

13D	-2918	906	-1748	-693	185	-621
13E	-2918	906	-1748	766	612	-78
14	-1248	23	-1356	586	536	-78
15	7	1214	-1096	438	470	-88
16	920	1764	-921	293	401	-130
17	1416	2109	-775	123	325	-186
18	1542	2245	-700	-23	253	-297
13D	-2918	906	-1748	-693	185	-621
13E	-2918	906	-1748	766	612	-78
14	-1248	23	-1356	586	536	-78
15	7	1214	-1096	438	470	-88
16	920	1764	-921	293	401	-130
17	1416	2109	-775	123	325	-186
18	1542	2245	-700	-23	253	-257
14	-1248	23	-1356	586	536	-78
15	7	1214	-1096	438	470	-88
16	920	1764	-921	293	401	-130
17	1416	2109	-775	123	325	-186
18	1542	2245	-700	-23	253	-257
19	1305	2123	-763	-163	185	-329
15	7	1214	-1096	438	470	-88
16	920	1764	-921	293	401	-130
17	1416	2109	-775	123	325	-186
18	1542	2245	-700	-23	253	-257
19	1305	2123	-763	-163	185	-329

PROJETO EXECUTIVO DE REABILITAÇÃO E MELHORAMENTOS EM RODOVIA

20	694	1754	-910	-338	130	-401
21	-331	1196	-1085	-482	90	-472
22	-1697	581	-1344	-631	81	-539
23E	-3479	475	-1747	-810	82	-615
23D	-3479	475	-1747	788	615	-82
24	-1572	586	-1350	608	539	-80
25	-442	475	-1088	460	472	-89
26	527	1756	-9 13	316	403	-131
27	1074	2115	-768	146	328	-186
28	1254	2239	-704	0	255	-25

d) Transversinas do Vão (20x150)

Mg (KNxm)	Mq+ (KNxm)	Mq- (KNxm)	Md (KNxm)	As
- 16	180	-40	254	4φ16

Vg (KNxm)	Vq+ (KNxm)	Vq- (KNxm)	Vd (KNxm)	As
-19	41	-41	87.2	φ8c/20

e) Transversinas do Apoio (30x160)

Mg (KNxm)	Mq+ (KNxm)	Mq- (KNxm)	Md (KNxm)	As
-19,5	159	-46	95,3	4φ16

Vg (KNxm)	Vq+ (KNxm)	Vq- (KNxm)	Vd (KNxm)	As
26,6	36	-36	90	φ8c/20

f) Cortina (25xVar)

Mg (KNxm)	Mq+ (KNxm)	Mq- (KNxm)	Md (KNxm)	As
-83,6	0	-30,82	575,2	4φ16

Mg (KNxm)	Mq+ (KNxm)	Mq- (KNxm)	Md (KNxm)	As
------------	------------	------------	-----------	----

PROJETO EXECUTIVO DE REABILITAÇÃO E MELHORAMENTOS EM RODOVIA

78,3	478,3	- 154	823,2	5φ16
------	-------	-------	-------	------

Vg (KNxm)	Vq+ (KNxm)	Vq- (KNxm)	Vd (KNxm)	As
83,7	308,2	- 490,6	6	φ10C/15

3.2 Laje do Tabuleiro

Mg(KNxm)	Mq+(KNx)	Mq-(KNxm)	Md(KNxm)	As
-33,38	0	-54,20	135,37	φ10c9
21,8	26,7	-72	69,5	φ10c10

4.0 MESO/INFRAESTRUTURA

4.1 Esforços Horizontais Longitudinais

a) Empuxo de Terra

$$h=2,05\text{m}$$

$p_1=1,23\text{tf/m}^2$
$p_2=0,68\text{tf/m}^2$
$E_g=9,83\text{tf/m}$
$E_q=5,32\text{tf/m}$

b) Temperatura+Protensão+Retração

$\Delta T=15^\circ\text{C}$	Varição de Temperatura
$\Delta T=15^\circ\text{C}$	Retração
$\Delta T=0^\circ\text{C}$	Protensão
$\Delta T=30^\circ\text{C}$	Total

c) Frenagem ou Aceleração

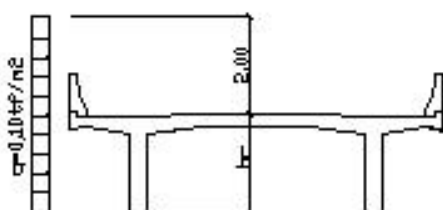
$F_{fr} =$	13,50tf
$F_{ac} =$	23,25tf

4.2 Esforços Horizontais Transversais

a) Ação do Vento

$$h_c=2,05\text{m}$$

$$F_v=0,405\text{tf/m}$$



b) Ação da Água

$d=0,90\text{m}$	Diâmetro do Pilar
$k=0,035$	Fator de Forma
$v=3,0\text{m/s}$	

$$q=0,284\text{tf/m}$$

Ação no Pilar

PROJETO EXECUTIVO DE REABILITAÇÃO E MELHORAMENTOS EM RODOVIA

PIL	Rg	Rq+	Rq-	ΔV
P1	198tf	87tf	-8,68tf	$\pm 16,62$ tf
P2	203tf	73tf	-26,20tf	$\pm 20,61$ tf
P3	224tf	77tf	-13,66	$\pm 14,99$ tf

RESUMO		TENSÕES				
M R	Nmax	Nmin	Tmax	Tmin	Ac	W
tfm	tf	tf	tf/m ²	tf/m ²	m ²	m ³
71,98	303,80	182,32	33,50	20,10	9,07	3,86
69,36	296,86	176,80	32,73	19,49	9,07	3,86
69,36	315,94	210,34	34,83	23,19	9,07	3,86

4.4 Verificação do Pilar

a) Ações

Pilar	Ndmax	Ndmin	Mrd
	tf	tf	tf m
P1	368,58	119,75	60,75
P2	369,33	90,77	66,10
P3	374,24	132,02	73,37

b) Dimensionamento

$f_{ck}=30\text{MPa}$

$f_{cd}=21,43\text{MPa}$

Pilar	P1	P2	P3
D(m)	0,90	0,90	0,90
Ac(m ²)	0,64	0,64	0,64
Le(m)	15,07	15,07	15,94
ea(m)	0,042	0,042	0,042
e2(m)	0,182	0,182	0,199

PROJETO EXECUTIVO DE REABILITAÇÃO E MELHORAMENTOS EM RODOVIA

Ndmax	365,15	369,33	374,24
Mdmax	60,75	66,10	73,37
Ndmin	119,75	90,77	132,02
Mdmin	60,75	66,10	73,37
As(cm ²)	57,37	61,57	76,16
Asmin(cm	33,66	38,29	45,82

4.5 Vigas de Contraventamento

Carregamento:Carga Permanente+Vento +Água		
Md=13,81tfm	As=As'=4,28cm ²	3φ16
Vd= 7,35	s/As=2,21cm ² /m	φ8c20

4.6 Tubulões

Foi feita verificação do dimensionamento dos tubulões do P3 , onde verifica-se a predominância da armadura mínima: As=32cm²- 32φ 16