

**REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL**  
**MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES**  
**DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT**  
**SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DO DNIT NO ESTADO DA PARAÍBA**

**Elaboração de Projeto Executivo de Engenharia para  
Melhoramentos em Rodovias com Adequação de  
Capacidade e Segurança da BR-230/PB**

Rodovia: BR-230/PB  
Trecho: Cabedelo – Div. PB/CE  
Subtrecho: Cabedelo – Entr. BR 101(A)  
Segmento: km 0,00 ao km 28,10  
Extensão: 28,1 km  
PNV 230BPB0010 – 230BPB0030

**VOLUME 3E – MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS**  
**TOMO II**

**Maio/2016**

**REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL**  
**MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES**  
**DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT**  
**SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DO DNIT NO ESTADO DA PARAÍBA**

**Elaboração de Projeto Executivo de Engenharia para  
Melhoramentos em Rodovias com Adequação de  
Capacidade e Segurança da BR-230/PB**

Rodovia: BR-230/PB  
Trecho: Cabedelo – Div. PB/CE  
Subtrecho: Cabedelo – Entr. BR 101(A)  
Segmento: km 0,00 ao km 28,10  
Extensão: 28,1 km  
PNV 230BPB0010 – 230BPB0030

**VOLUME 3E – MEMÓRIA DE CÁLCULO DAS ESTRUTURAS**  
**TOMO II**

Jurisdição: Unidade Local Santa Rita/SR-PB  
Fiscalização: Superintendência Regional no Estado da Paraíba SR/PB  
Elaboração: Contécnica Consultoria Técnica Ltda.  
Contrato: SR/PB-01038/10-00  
Processo: 50613.000736/2008-11  
Edital: 491/2009-13



**Maió/2016**

## ÍNDICE

## ÍNDICE

### TOMO I

<b>1 – APRESENTAÇÃO</b> .....	<b>004</b>
<b>2 – MAPA DE SITUAÇÃO</b> .....	<b>006</b>
<b>3 – MEMÓRIA DE CÁLCULO</b> .....	<b>008</b>
3.1 – Memória de Cálculo Viaduto Estaca 99+0,00 .....	009
3.2 – Memória de Cálculo Viaduto Estaca 217+0,00 .....	124
3.3 – Memória de Cálculo Viaduto Estaca 307+0,00 .....	231

### TOMO II

3.4 – Memória de Cálculo Viaduto Estaca 425+0,00 .....	336
3.5 – Memória de Cálculo Viaduto Estaca 470+0,00 .....	432
3.6 – Memória de Cálculo Viaduto Estaca 593+0,00 .....	527
3.7 – Memória de Cálculo Viaduto Estaca 647+0,00 .....	604

### TOMO III

3.8 – Memória de Cálculo Viaduto Estaca 725+0,00 .....	699
3.9 – Memória de Cálculo Alargamento Viaduto Estaca 753.....	794
3.10 – Memória de Cálculo Ponte Estaca 762 .....	801
3.11 – Memória de Cálculo Viaduto Estaca 782+0,00 .....	856
3.12 – Memória de Cálculo Viaduto Estaca 845+0,00 .....	957
3.13 – Memória de Cálculo Alargamento Viaduto Estaca 1015.....	1053
3.14 – Memória de Cálculo Viaduto Estaca 1132+0,00 .....	1060

### TOMO IV

3.15 – Memória de Cálculo Alargamento Viaduto Estaca 1192.....	1153
3.16 – Memória de Cálculo Viaduto Estaca 1216+0,00 .....	1161
3.17 – Memória de Cálculo Viaduto Estaca 1340+0,00 .....	1218
3.18 - Memória de Cálculo Contenções.....	1306
3.19 – Memória de Cálculo das Passarelas .....	1398
<b>4 –TERMO DE ENCERRAMENTO</b> .....	<b>1560</b>

## **1 – APRESENTAÇÃO**

## 1 – APRESENTAÇÃO

A CONTÉCNICA Consultoria Técnica Ltda. apresenta ao Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT, Superintendência Regional do Estado da Paraíba – SR/PB, o **Volume 3E - Memória de Cálculo das Estruturas – Tomo II**, referente serviços de Elaboração do Projeto Executivo de Engenharia para Melhoramentos em Rodovias com Adequação de Capacidade e Segurança da Rodovia BR-230/PB.

A execução das obras de melhoramentos da rodovia BR-230/PB no segmento compreendido entre os km 24,700 e 26,600 foi delegado ao governo do Estado da Paraíba.

### *Dados Contratuais:*

Rodovia:	BR-230/PB
Trecho:	Cabedelo – Divisa PB/CE
Subtrecho:	Cabedelo – Entr. BR-101(A)
Segmento:	km 0 – km 28,1
Extensão:	28,1 km
PNV:	230BPB0010 e 230BPB0030
Edital n.º:	0491/2009-13
Data da licitação:	19/10/2009
Data Publicação do Resultado da Licitação no “DOU”:	27/05/2010
Contrato n.º:	SR/PB-1038/10-00
Processo administrativo n.º:	50613.000736/2008-11
Data de assinatura:	27/12/2010
Prazo Contratual:	240 dias consecutivos
Data de Publicação no “DOU”:	31/12/2010
Ordem de Início dos Serviços:	03/01/2011
Ordem de Paralisação dos Serviços:	04/01/2011
Ordem de Reinício dos Serviços:	14/05/2012

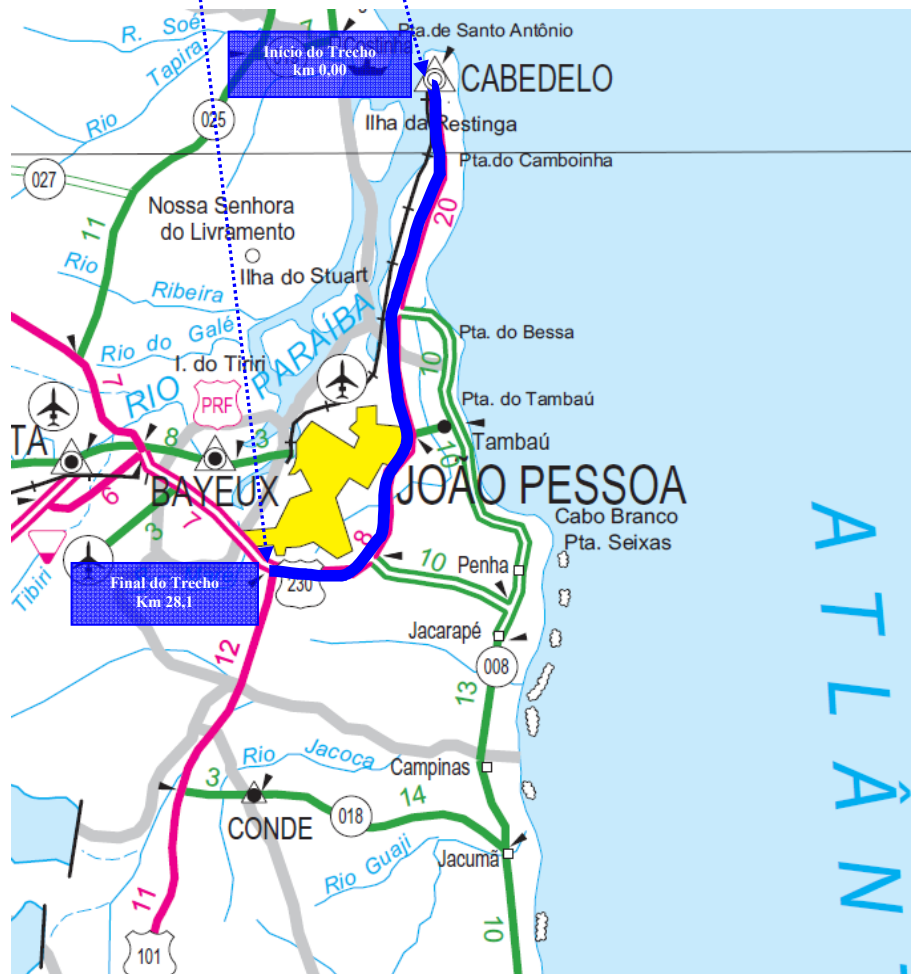
Este Projeto é composto pelos seguintes volumes:

- Volume 1 - Relatório do Projeto e Documentos para Licitação (formato A-4);
- Volume 2 – Projeto de Execução Tomos I e II (formato A-3);
- Volume 3– Memória Justificativa do Projeto Tomos I, II, III e IV (formato A-4);
- Volume 3A – Relatório Final de Avaliação Ambiental (formato A-4);
- Volume 3B – Estudos Geotécnicos Tomos I e II (formato A-4);
- Volume 3C – Notas de Serviço e Cálculo de Volumes Tomos I e II (formato A-3);
- Volume 3E – Memória de Cálculo das Estruturas Tomos I, II, III e IV (formato A-4);
- Volume 4 – Orçamento e Plano de Execução da Obra (formato A-4).



**Contécnica Consultoria Técnica Ltda.**  
*Mauro Campos de Faria*  
Coordenador

## 2 – MAPA DE SITUAÇÃO





### **3.4 – Memória de Cálculo Viaduto Estaca 425+0,00**

### 3.4.1 - Introdução

Este volume contém a Memória de Cálculo referente ao Viaduto Estaca 425, para trem tipo TB-45, da Norma NBR 7188 - Carga Móvel em ponte rodoviária e passarela de pedestre. A ponte apresenta 42,00m de superestrutura, constituída de 2 vãos com cadencia de 21m, iniciando-se na estaca 423+18,955 até a estaca 426+1,045, e dois tabuleiros de 12,80m cada, com largura total de 25,60m sendo dois guarda-rodas de 0,40m e uma faixa de rolagem de 12,00m cada tabuleiro. As fundações serão indiretas, através de estacas raiz com diâmetro de 410mm.

### 3.4.2 - Ficha técnica

#### Generalidades

Ponte Rodoviária, em Rodovia de 1ª Categoria.

**Extensão:** A ponte apresenta 42,00m de superestrutura, constituída de 2 vãos com cadencia de 21,00m.

**Largura:** Dois tabuleiros de 12,80m, com largura total de 25,60m, dois guarda rodas de 0,40m e uma faixa de rolagem de 12,00m cada tabuleiro.

**Trem-tipo de cálculo:** Tipo de Trem TB-45.

#### Definição da Obra

**Infra-estrutura:** Fundação indireta, através de estacas raiz com diâmetro de 410mm.

**Meso-estrutura:** Na transmissão dos esforços verticais, horizontais, transversais e longitudinais, estão previstos aparelhos de apoio de neoprene fretado.

**Superestrutura:** Sistema em vigas múltiplas bi-apoiadas, pré-moldadas, em concreto protendido.

#### Características Geométricas

Em perfil – Trecho em nível.

Em planta – Trecho em tangente.

#### Materiais

Concreto

Regularização – fck = 10MPa

Infraestrutura – fck = 25MPa

Mesoestrutura – fck = 30MPa

Superestrutura – fck = 30MPa

#### Aço

Para complementação de peças protendidas e de concreto armado: CA-50.

Para concreto protendido: CP-190RB.

#### Pesos Específicos

Concreto Estrutural: 2,50t/m<sup>3</sup>

Pavimentação: 2,40t/m<sup>3</sup>

Terra: 1,80t/m<sup>3</sup>

### **Coefficientes de Segurança**

#### **Majoração :**

Para Esforços de Carga Permanente = 1,35

Para Esforços de Carga Móvel = 1,50

#### **Minoração :**

Resistência do Concreto = 1,40

Resistência do Aço = 1,15

### **Classe de agressividade**

Classe de agressividade III

### **Diversos**

Transmissão de Esforços da “Superestrutura x Mesoestrutura” na região dos encontros através de Aparelhos de Apoio de Neoprene Fretado.

Drenagem – Através de tubulação externa em PVC para esgoto com Ø=100mm.

### **Normas**

Normas da ABNT e DNIT, em suas últimas edições, a saber.

NBR 6118:2003 - Projeto de estruturas de concreto – Procedimentos

NBR 6122:1988 - Projeto e Execução de Fundações

NBR 7187:2003 - Projeto e execução de pontes de concreto armado – Procedimento

NBR 7188:1984 - Carga móvel em ponte rodoviária e passarela de pedestres – Procedimento

NBR 8681:2003 - Ações e segurança nas estruturas – Procedimento

NBR 10839:1989 – Execução de obras de artes especiais em concreto armado e concreto protendido – Procedimento.

NBR 6123:1988 - Forças devidas a vento em edificações

Manual de Construção de obras de arte especiais - 1995 - DNER

Manual de projeto de obras de arte especiais- 1996 - DNER

Manual de recuperação de pontes e viadutos rodoviários - 2010 - DNIT

### **Publicações Técnicas**

Tabelas para cálculo de Lajes de Pontes – Prof. Rüsçh

Tabelas da Promon para Dimensionamento de Armaduras

Fundações Teoria e Prática – Editora Pini

Estruturas de Fundações – Marcello da Cunha Moraes, Ed. McGRAW – Hill do Brasil LTDA

Construções de Concreto – F. Leonhardt, Editora Interciência.

### **Programas de Cálculo Utilizados**

O dimensionamento, obtenção de esforços devido às forças horizontais, longitudinais e transversais foram executados com o uso do Programa de Análise e Processamento *Sofistik/Ftool*;

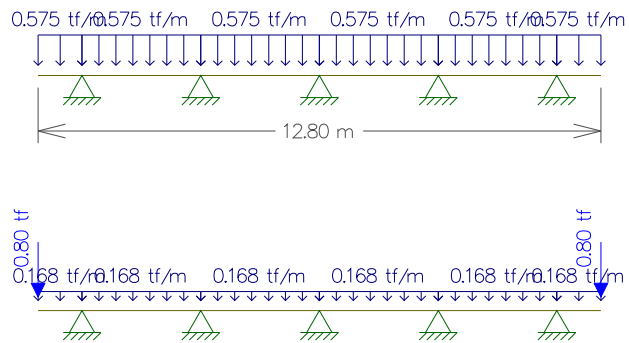
A análise de esforços nos estaqueamentos foram analisados com o Programa Estaca da Projecon; A interação estaca x solo com o Programa Aoki-Velloso e verificado pelo programa de análise PFM da Paulo Frederico Monteiro Consultoria.

## Processamento

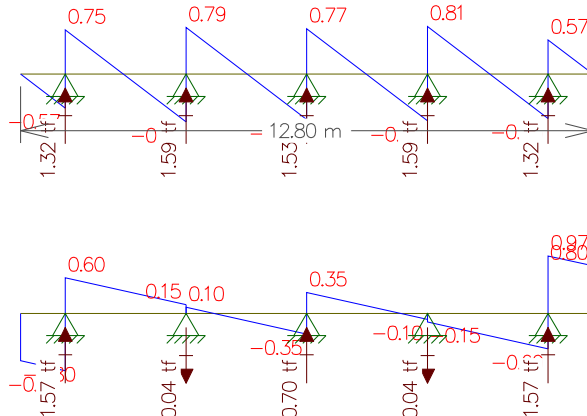
### Memória de Cálculo da Viga de 21m Carga Permanente

#### Transversal

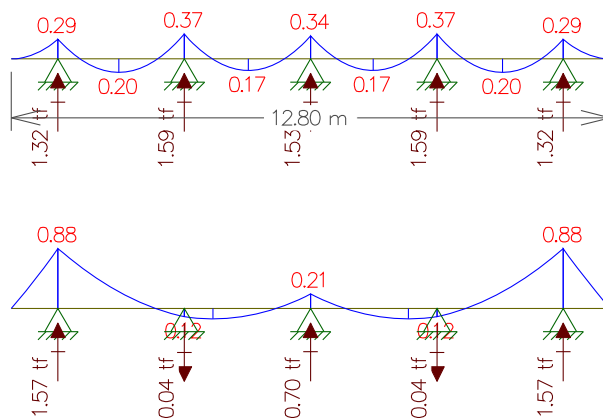
- Peso da Laje
- Peso do Guarda-rodas + pavimento + recapeamento
- Cargas



- Cortantes



- Momentos



## Longitudinal

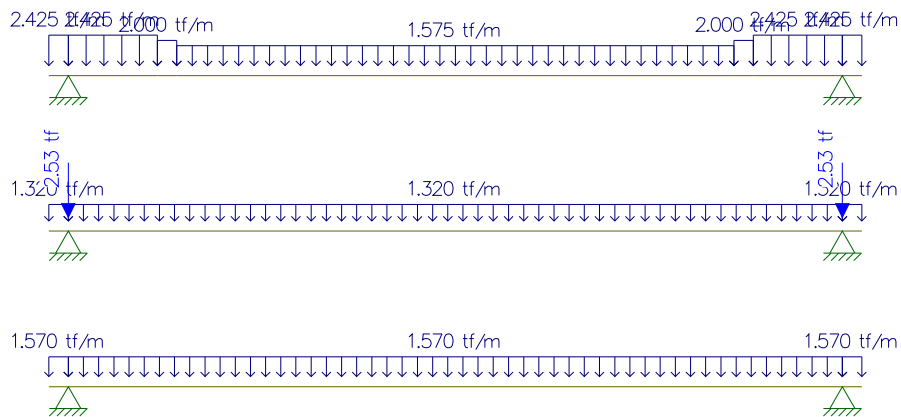
- Viga 1 e 5:

Peso próprio da Viga

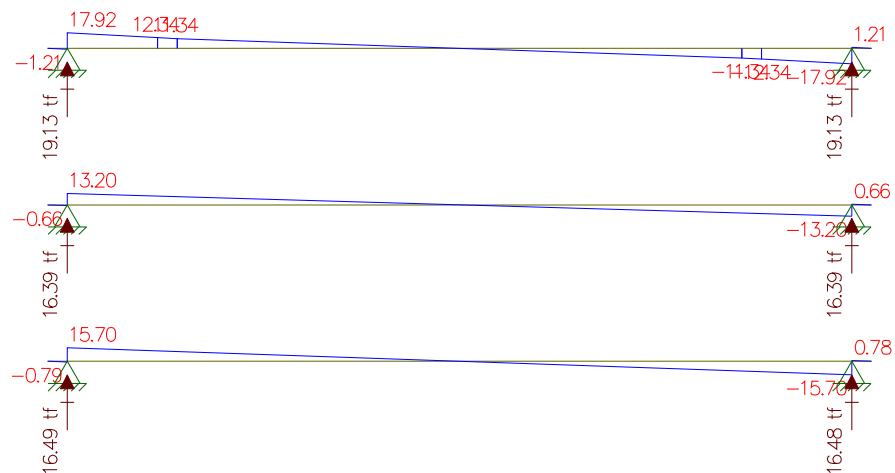
Peso do guarda-rodas + pavimento + recapeamento

Peso da laje

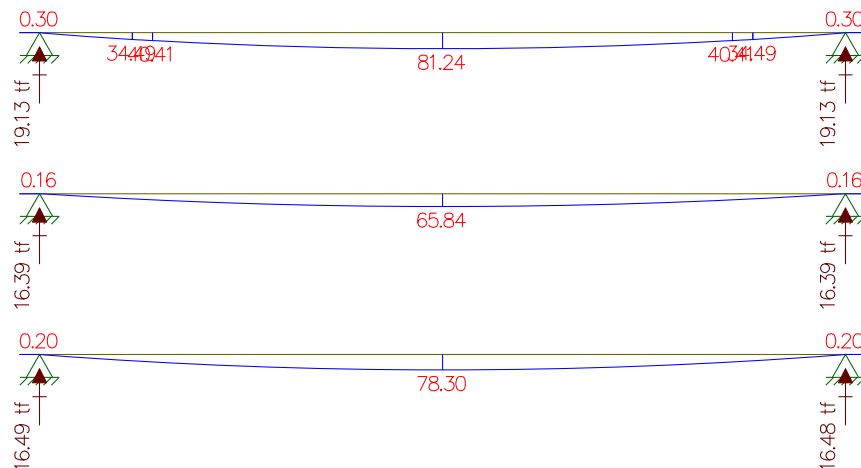
## Cargas



## Cortante

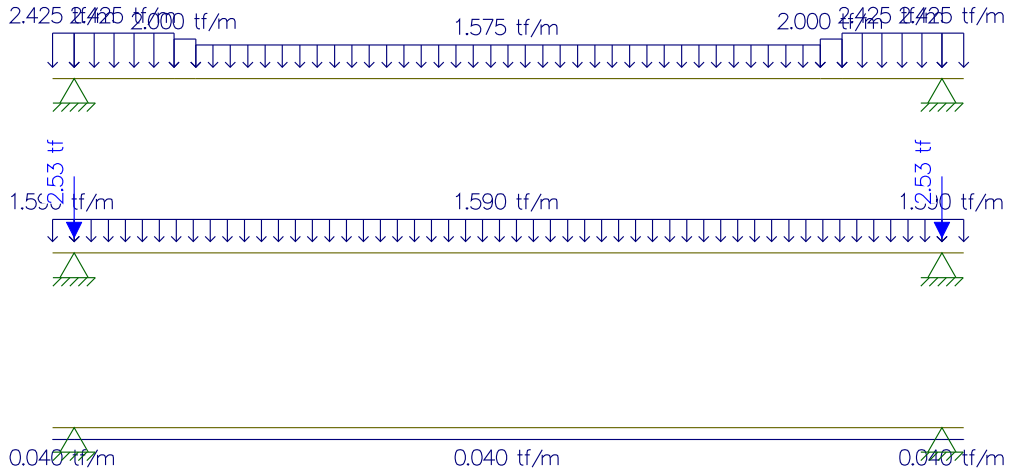


## Momentos

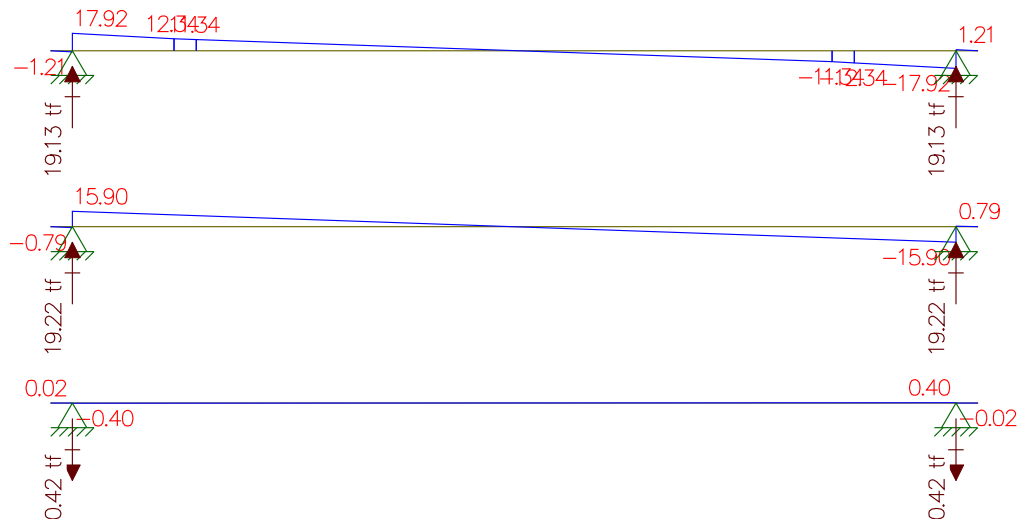


Viga 2 e 4:  
 Peso próprio da Viga  
 Peso do guarda-rodas + pavimento + recapeamento  
 Peso da laje

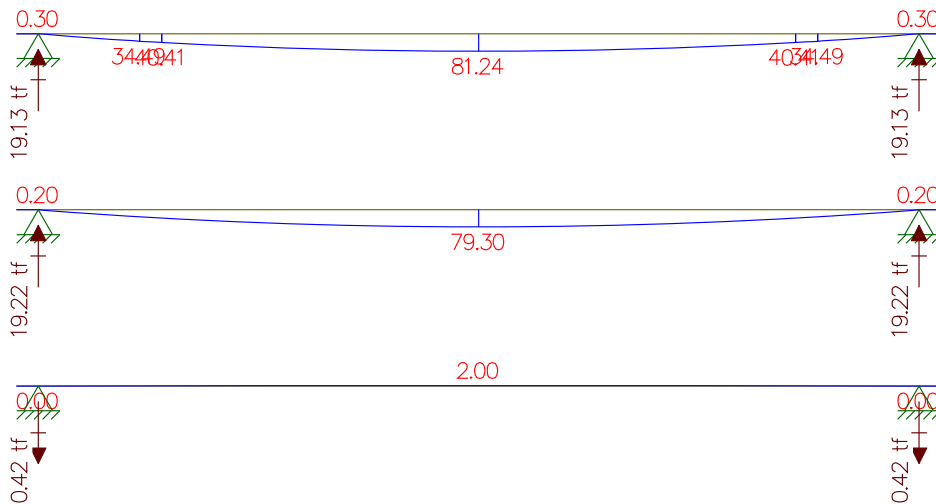
**Cargas**



**Cortante**



**Momento**



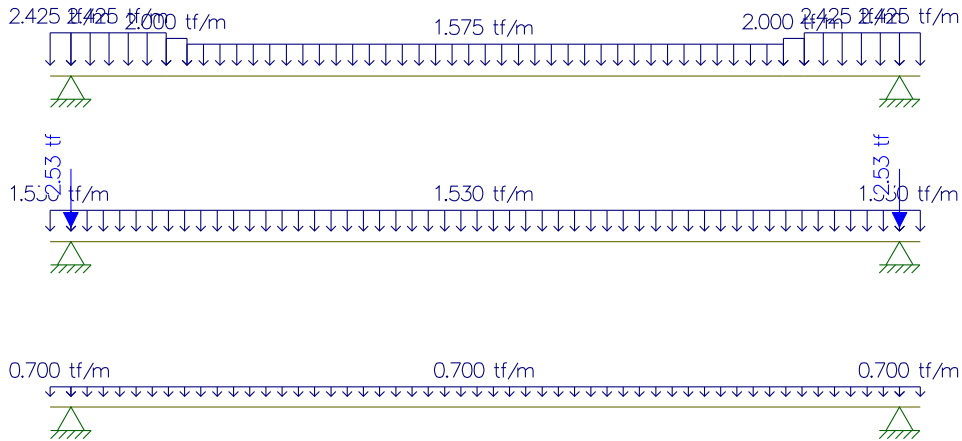
o Viga 3:

Peso próprio da Viga

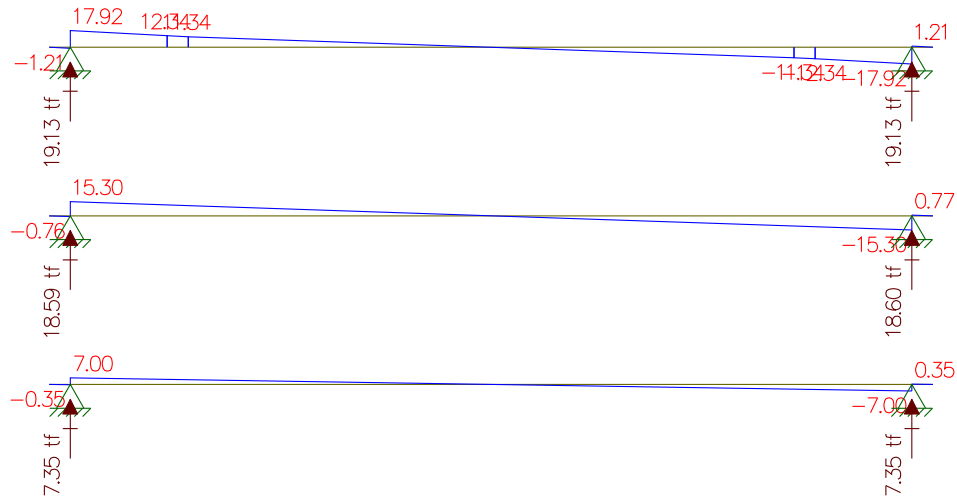
Peso do guarda-rodas + pavimento + recapeamento

Peso da laje

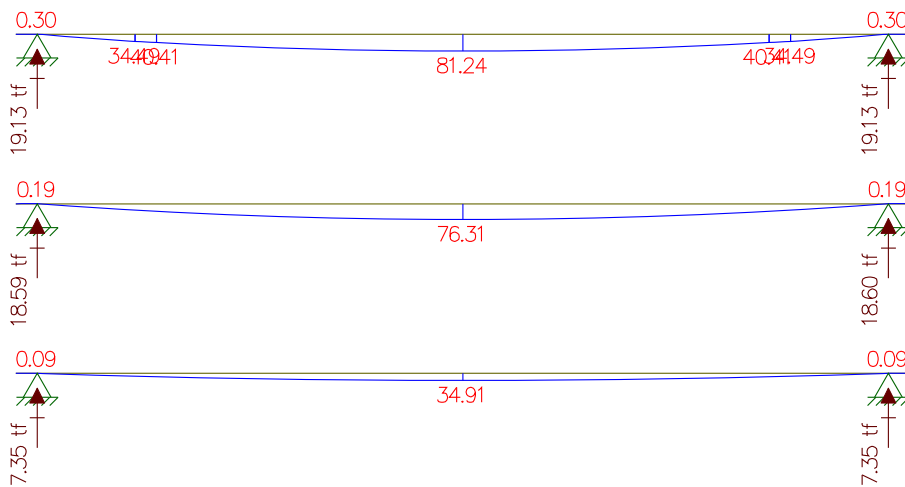
Cargas



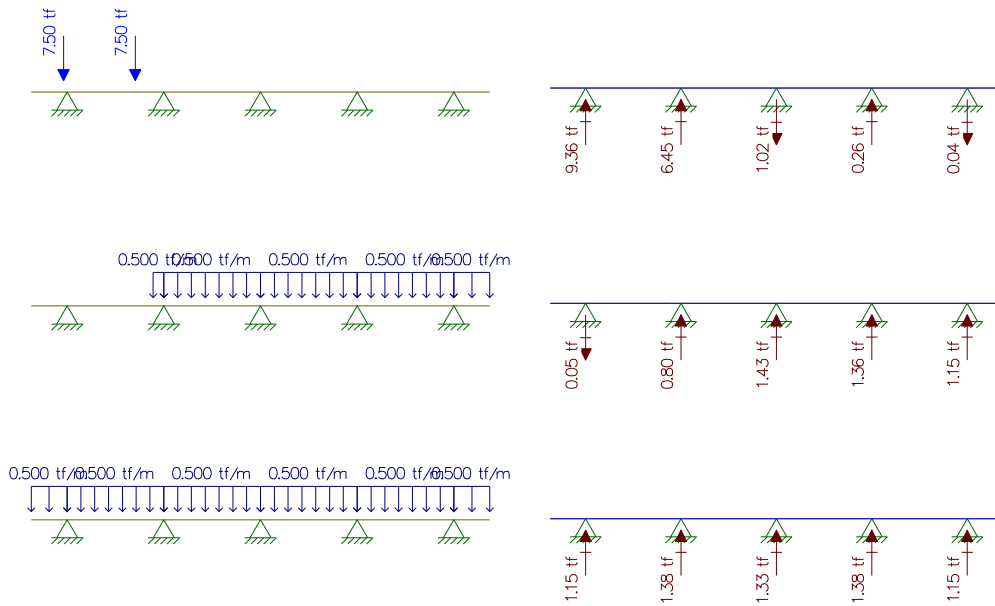
Cortantes



Momentos

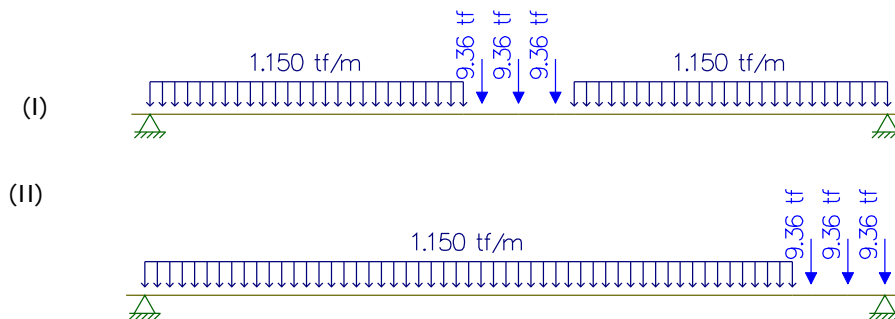


**Carga Móvel**  
**Vigas 1 e 5**  
**Transversal**

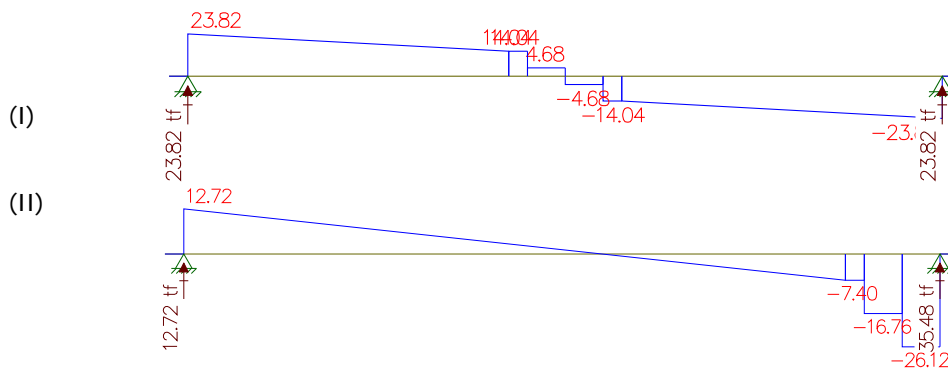


**Longitudinal**

Para obter o momento máximo.  
Para obter a reação e a cortante máximas.

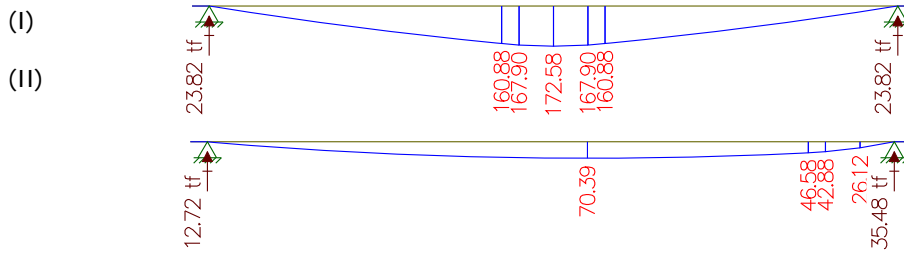


**Cortante**



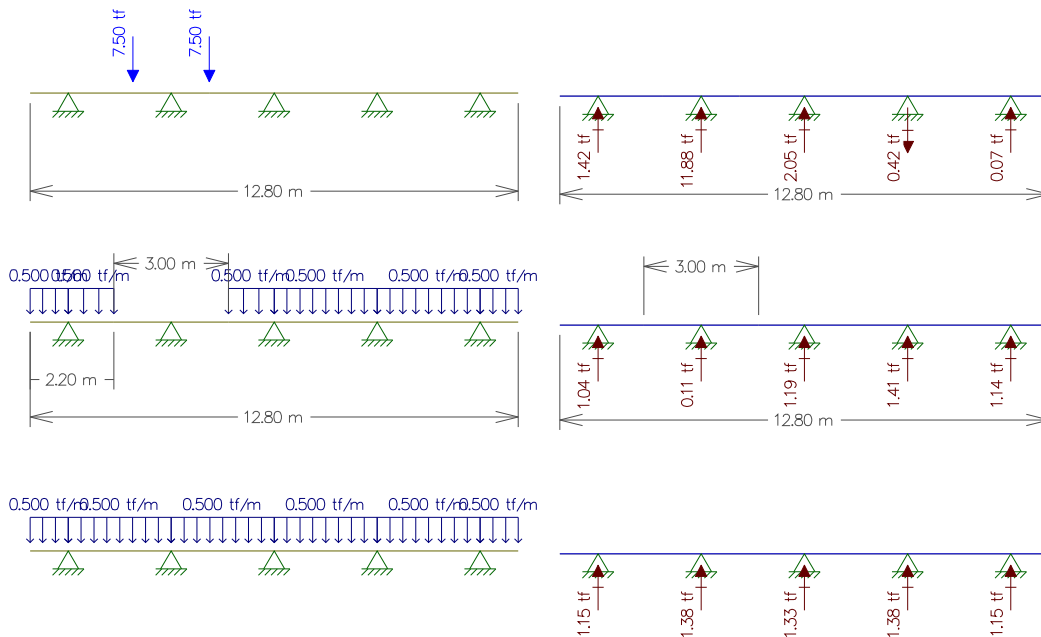


Momento



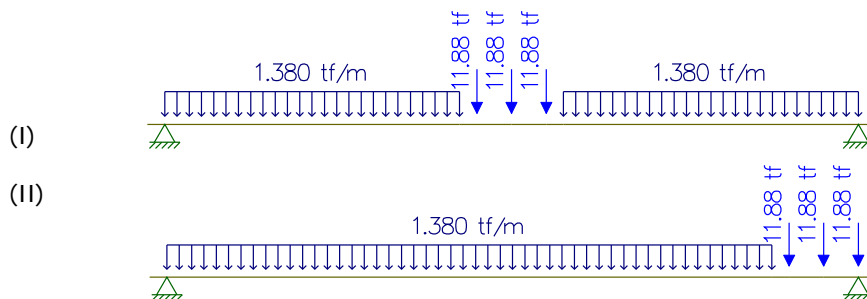
■ Vigas 2 e 4

Transversal

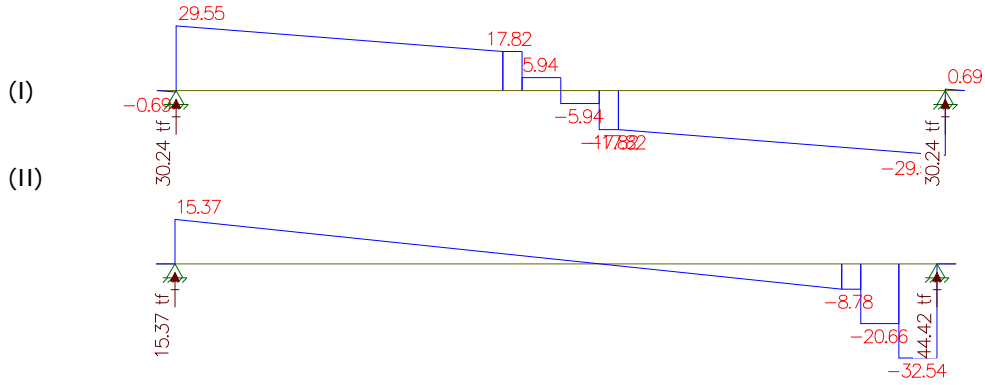


Longitudinal

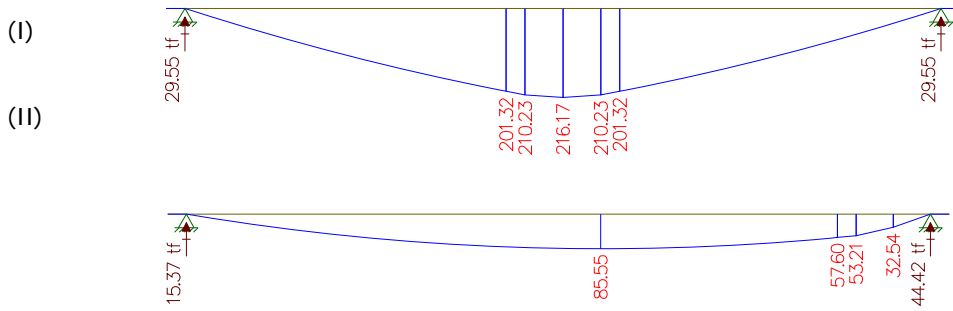
Para obter o momento máximo.  
Para obter a reação e a cortante máximas.



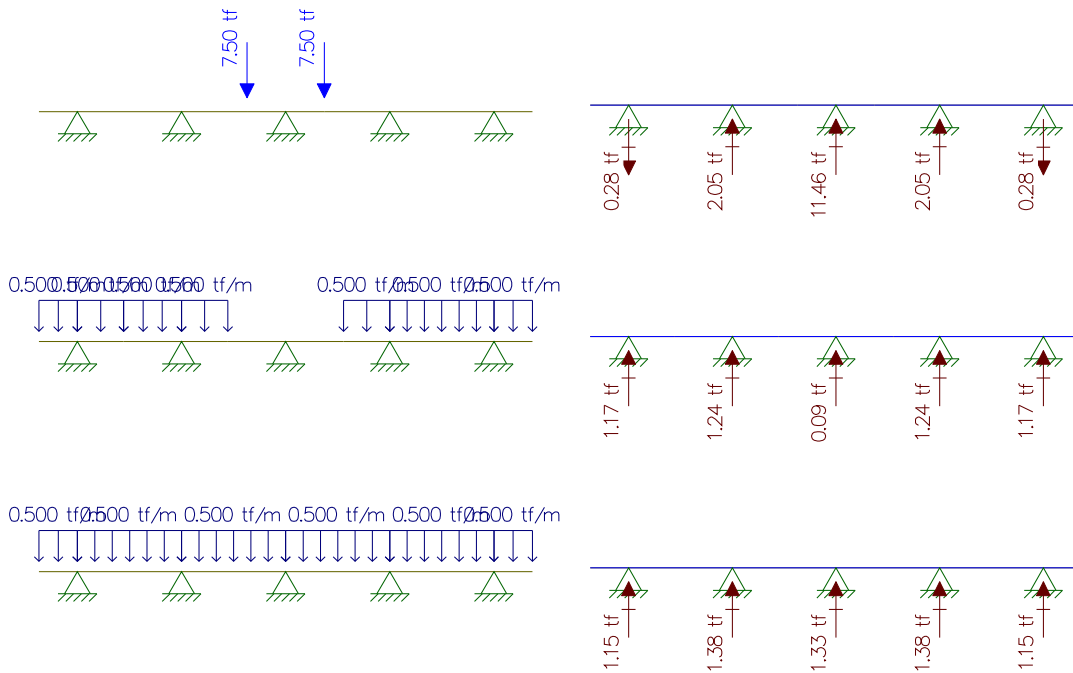
**Cortante**



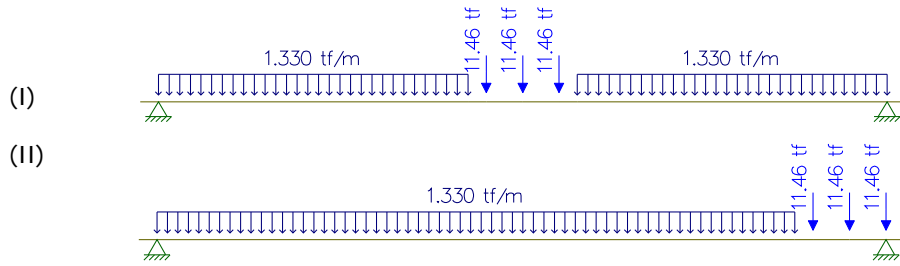
**Momento**



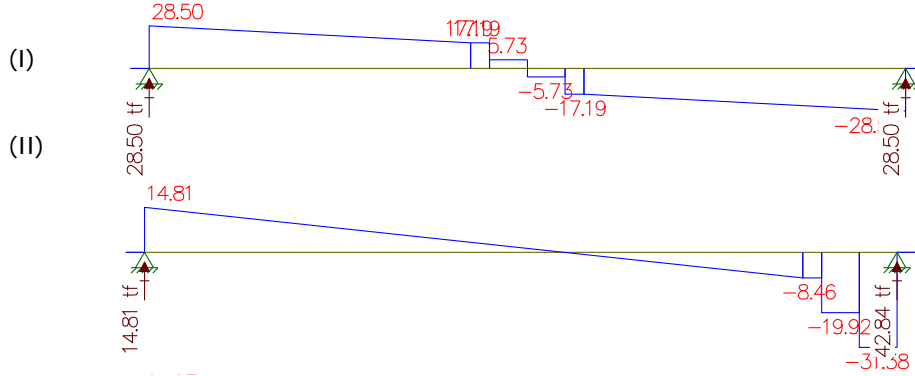
▪ **Viga 3 Transversal**



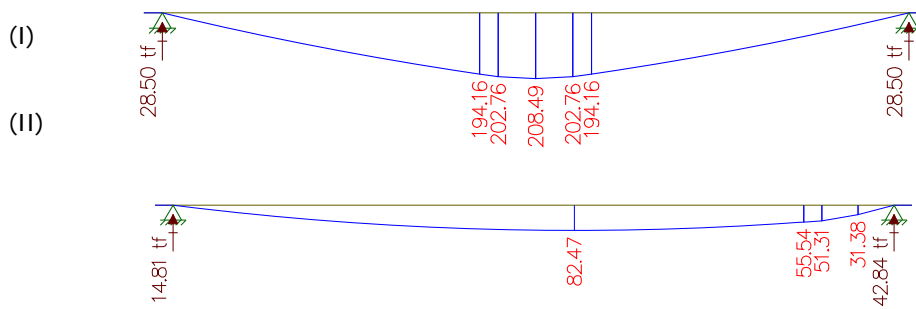
Para obter o momento máximo.  
Para obter a reação e a cortante máximas.



**Cortante**



**Momento**



## Memória de Cálculo da Travessa – 21m

Carga Permanente

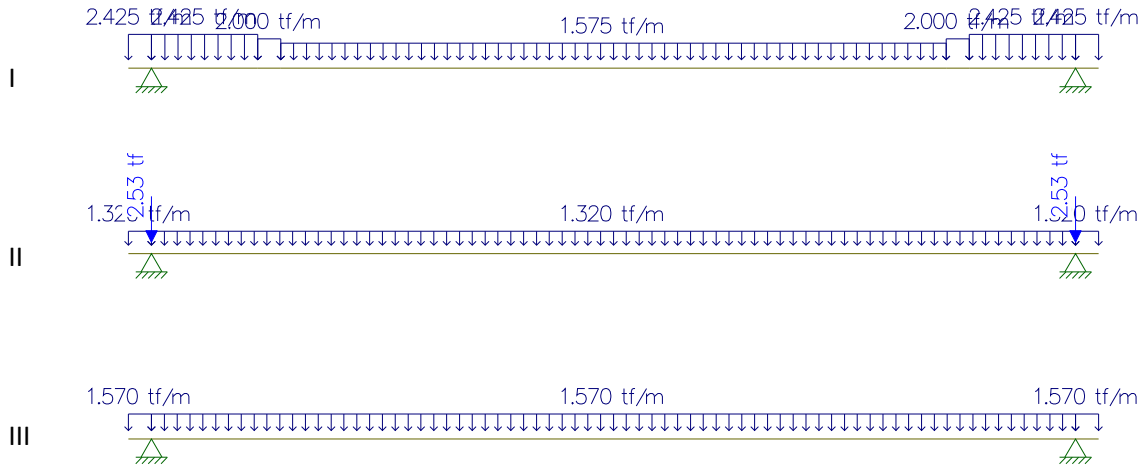
Estudo do Momento Fletor e da Cortante

Vão de 21 metros – viga 1 e 5

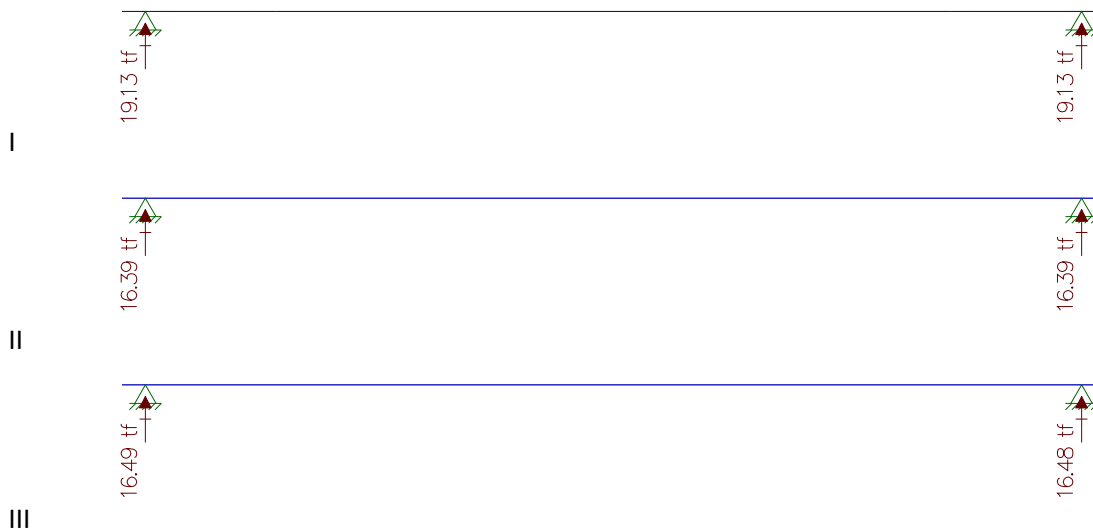
Peso da Viga

Peso da laje + Peso da transversina

Peso do pavimento + Peso do guarda-rodas + recapeamento



Reações



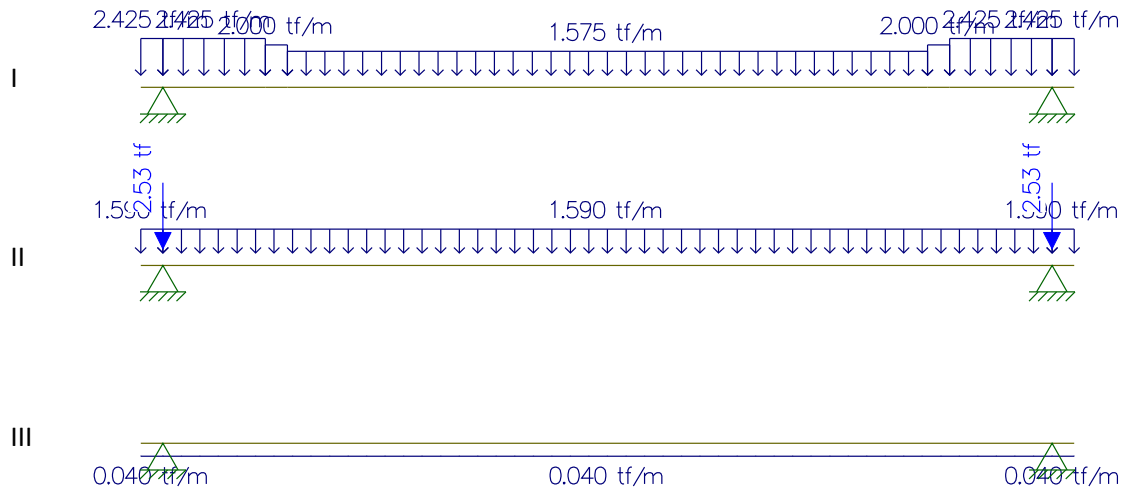
Reação resultante:  $19,13\text{tf} + 16,39\text{tf} + 16,49\text{tf} = 52,01\text{tf}$

Vão de 21 metros – Longitudinal – viga 2 e 4

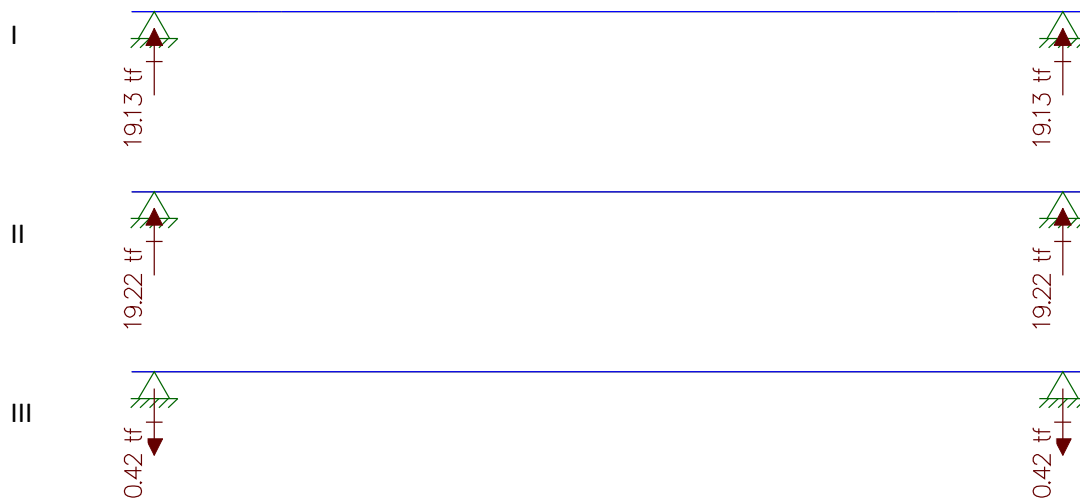
Peso da Viga

Peso da laje + Peso da transversina

Peso do pavimento + Peso do guarda-rodas + recapeamento



**Reações**



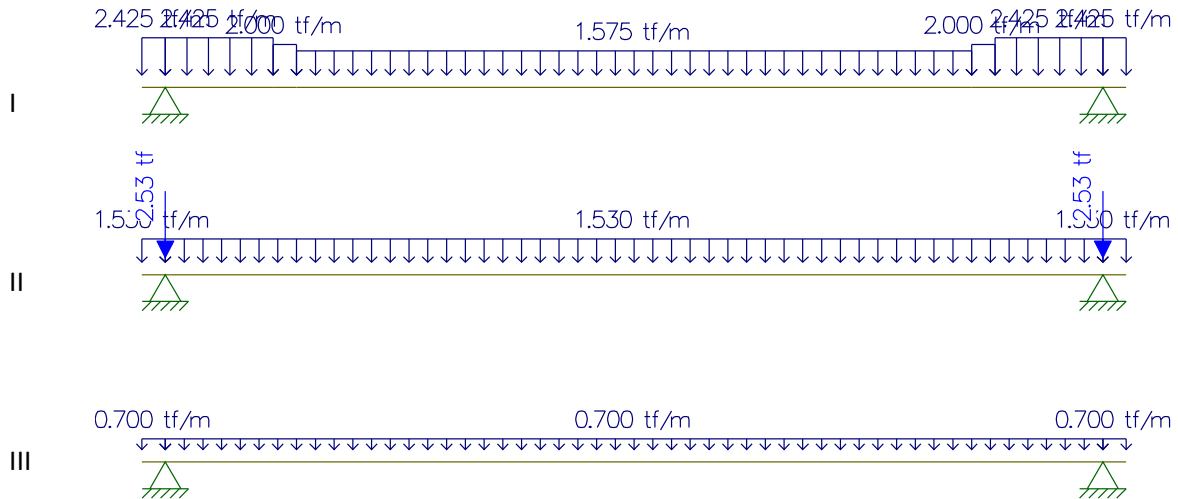
Reação resultante:  $19,13\text{tf} + 19,22\text{tf} - 0,42\text{tf} = 37,93\text{tf}$

Vão de 21 metros – Longitudinal - viga 3

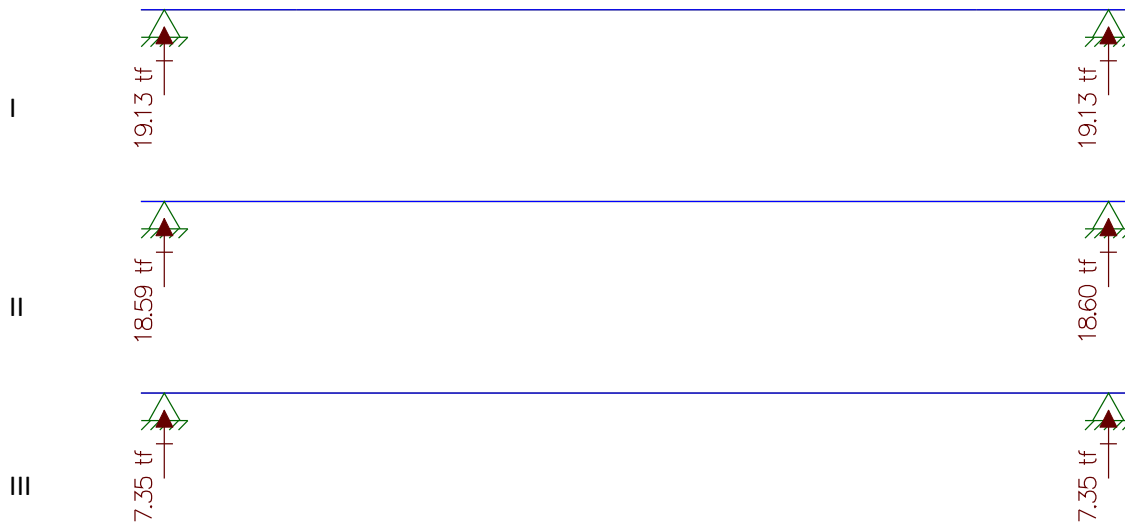
Peso da Viga

Peso da laje + Peso da transversina

Peso do pavimento + Peso do guarda-rodas + recapeamento



Reações



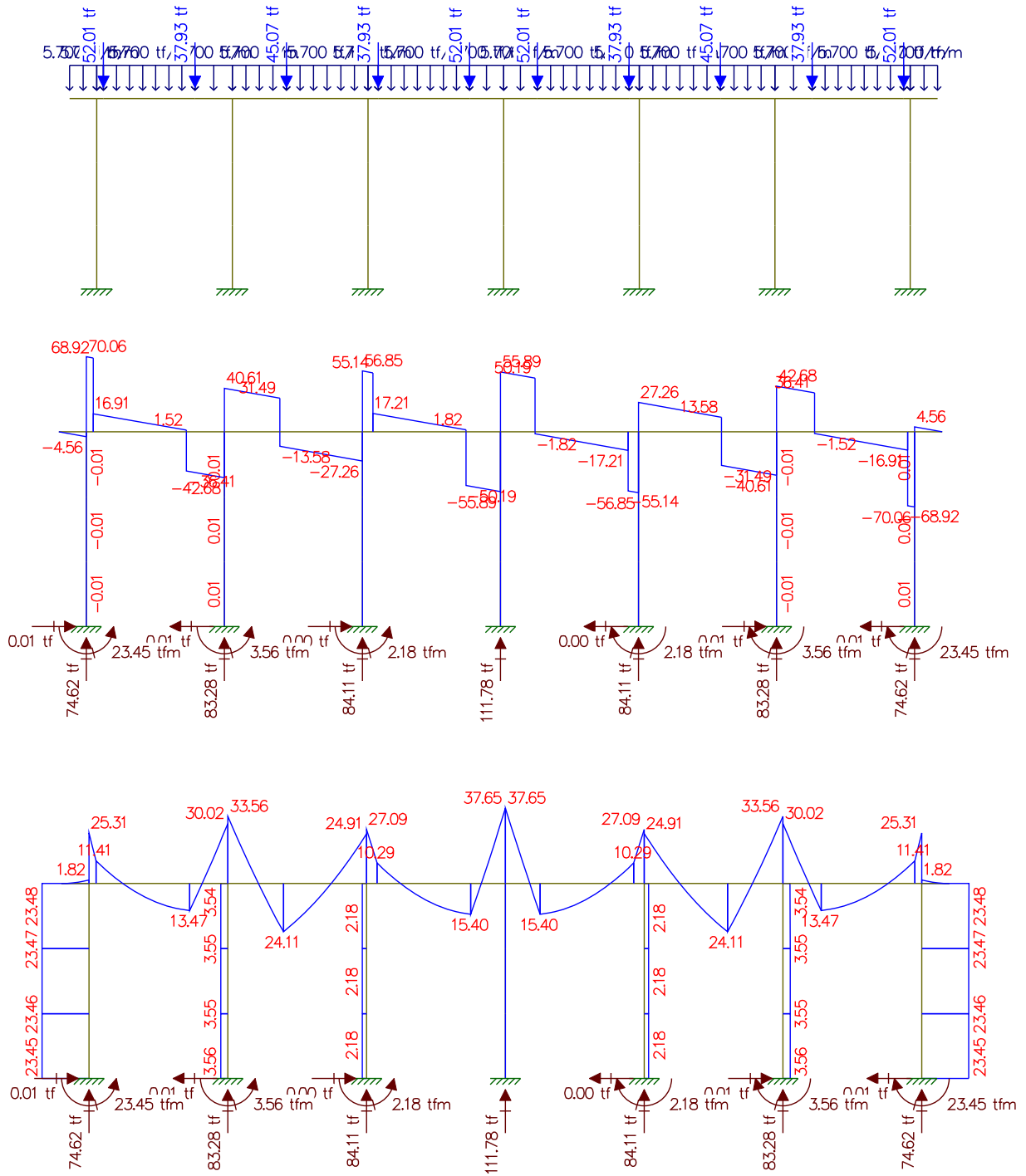
Reação resultante:  $19,13\text{tf} + 18,59\text{tf} + 7,35\text{tf} = 45,07\text{tf}$

Peso próprio da Travessa (21m)

Área da seção =  $2,28\text{m}^2$

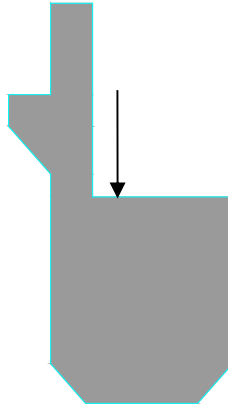
$2,28\text{m}^2 \times 2,5 \text{ tf/m}^3 = 5,70\text{tf/m}$

### Resultado do Estudo do Momento Fletor e da Cortante



Estudo do Momento Torsor

Torsor causado pela diferença de cargas dos vãos



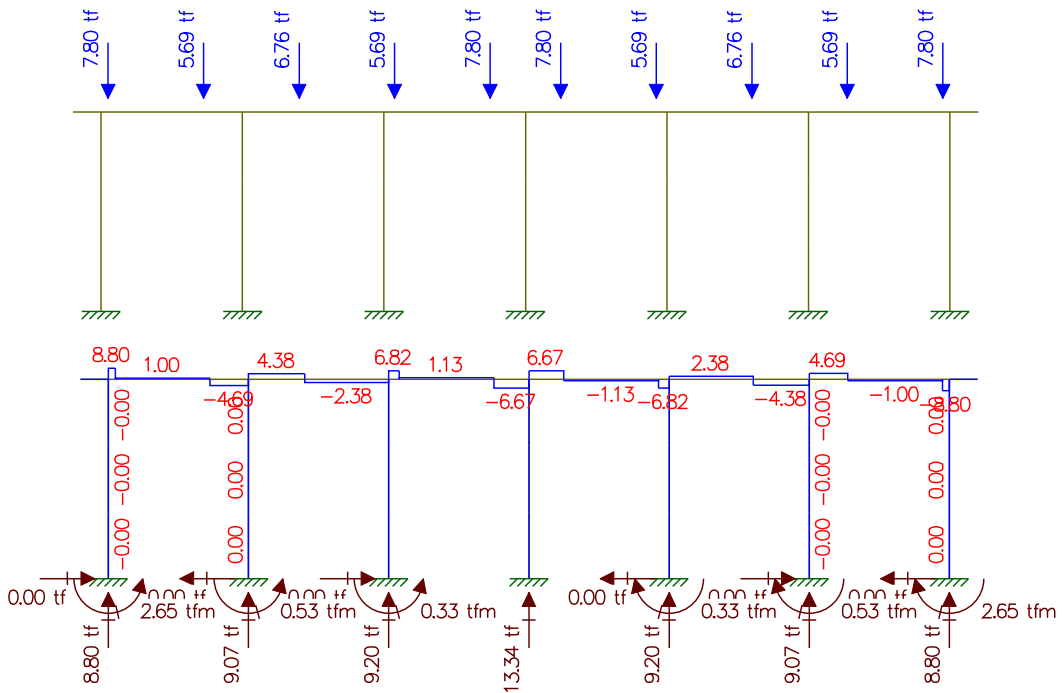
Carga x distância = Momento Torsor (tf.m)

	Carga (tf)	Distância(m)	Momento Torsor (tf.m)
Viga 1	52,01	0,150	7,80
Viga 2	37,93	0,150	5,69
Viga 3	45,07	0,150	6,76
Viga 4	37,93	0,150	5,69
Viga 5	52,01	0,150	7,80

**Resultado do Estudo do Momento Torsor**

Analogia Cortante – Momento Torsor

Cargas / Cortante

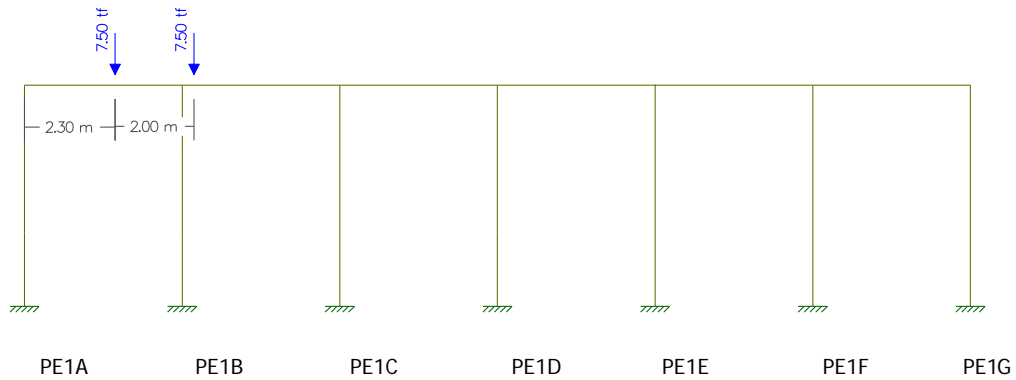




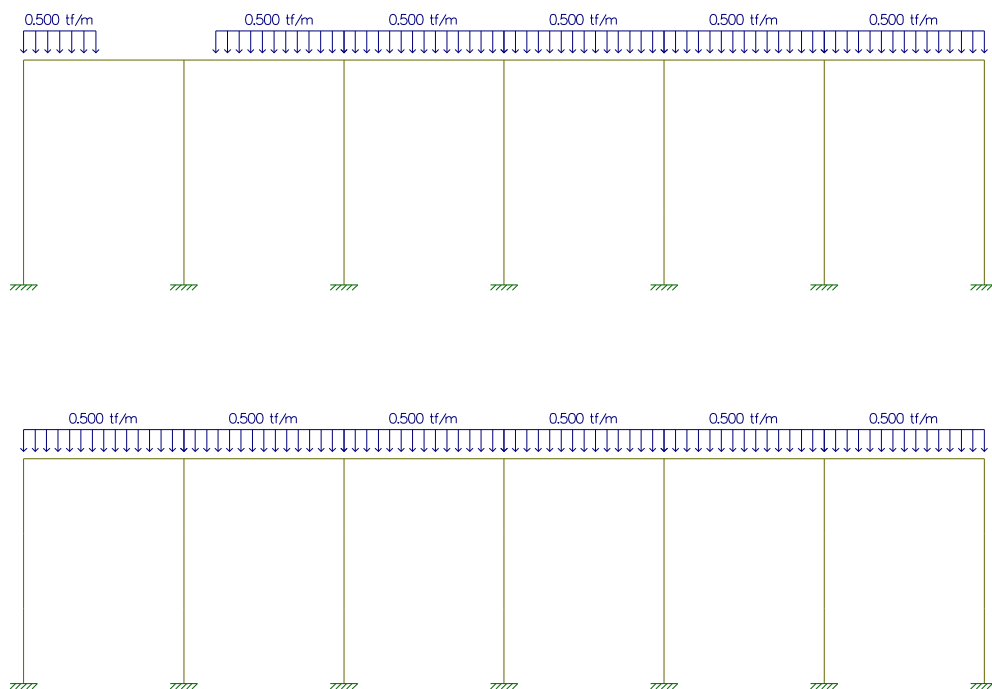
## Carga Móvel

Estudo da Carga Móvel para situação de Máxima Flexão

### Cargas Pontuais do Trem Tipo

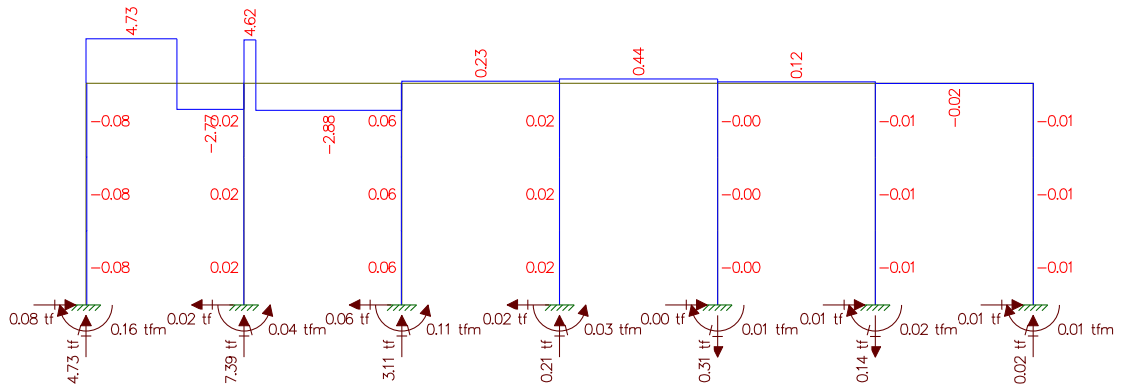


### Cargas de multidão do Trem Tipo

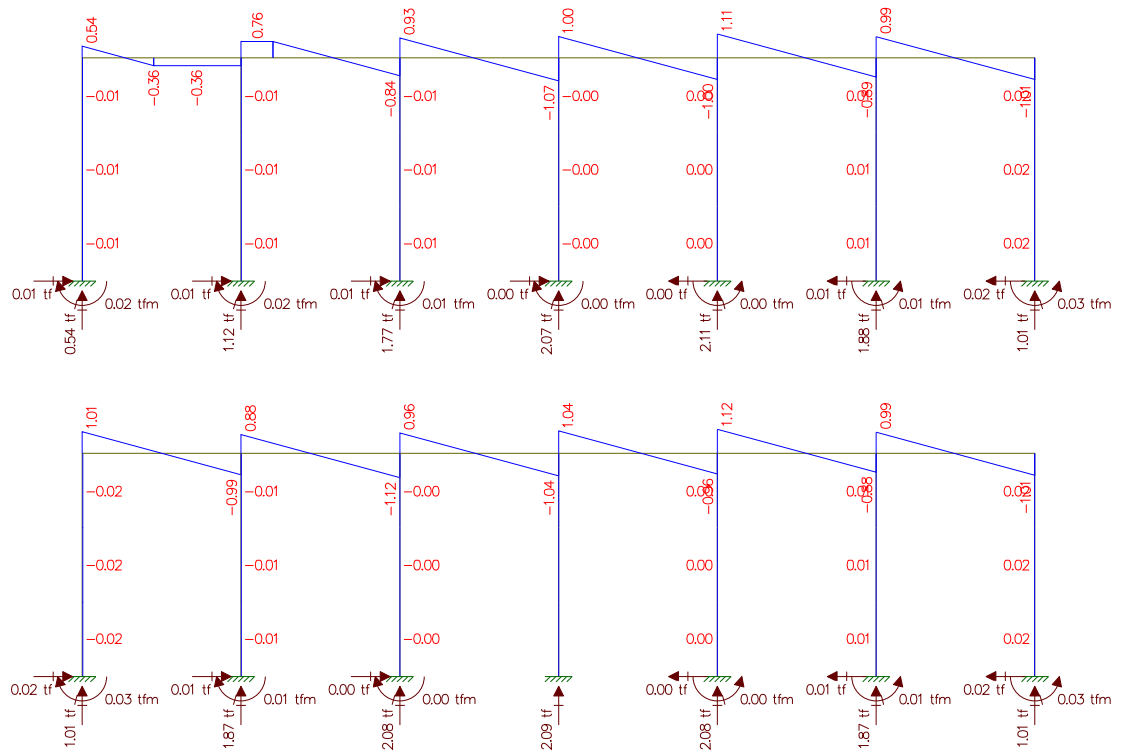


## Cortante

### Cargas Pontuais do Trem Tipo

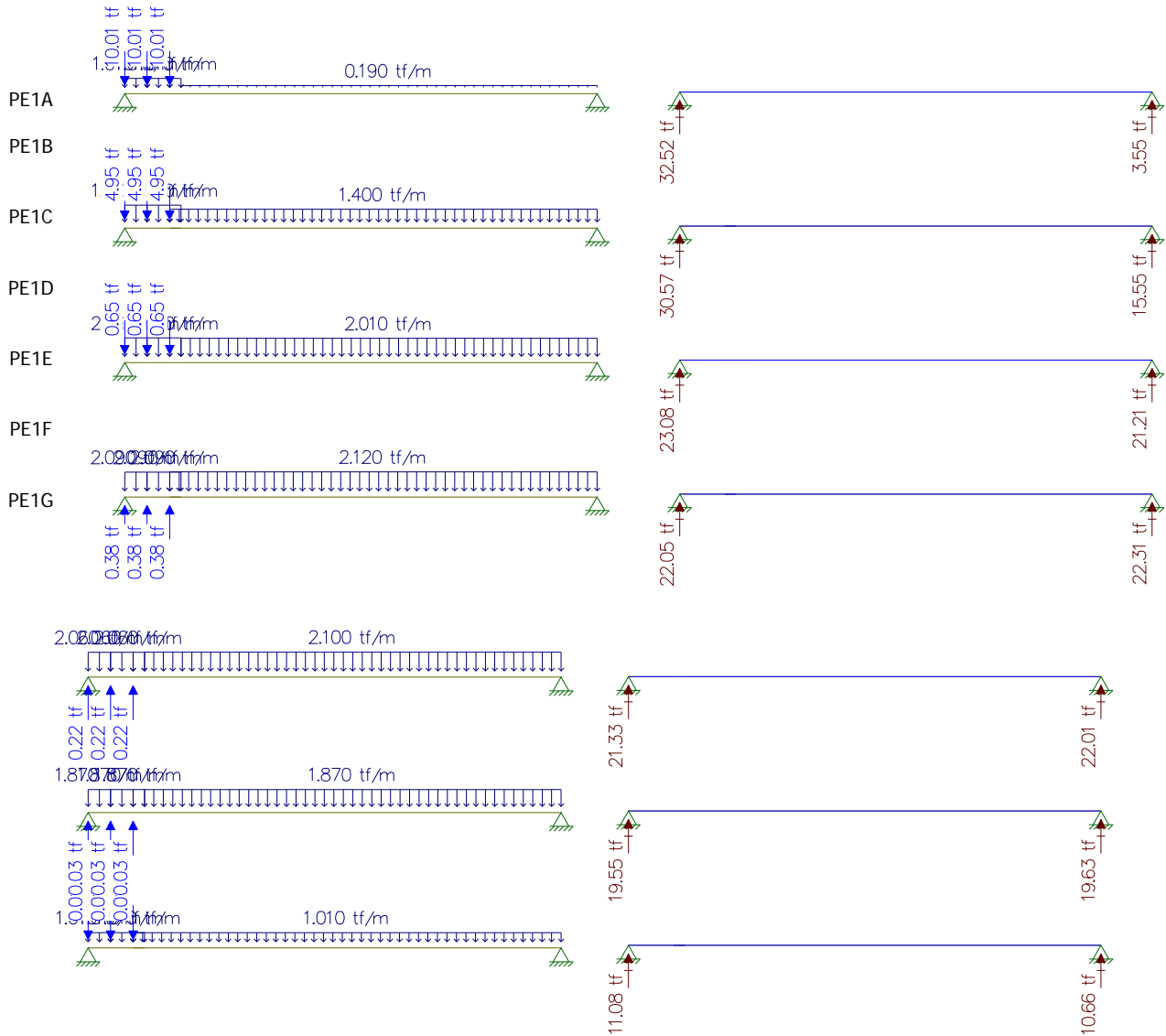


### Cargas de multidão do Trem Tipo

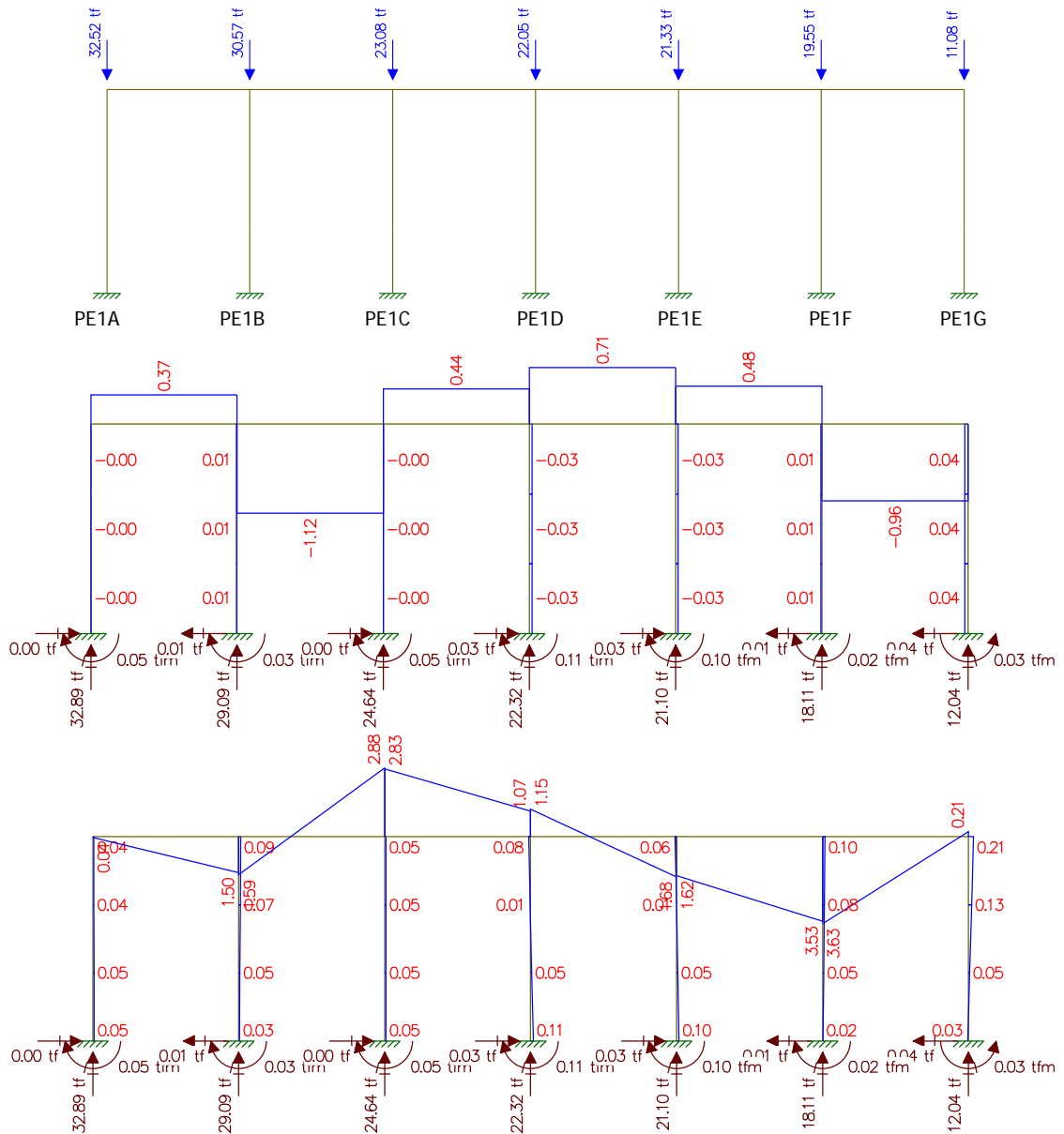




### Longitudinais

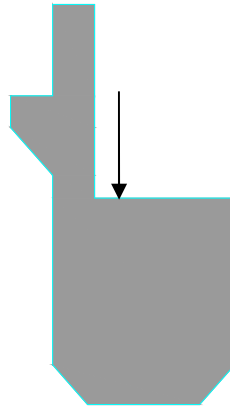


Resultado do Estudo da Carga Móvel para situação de Máxima Flexão



## Estudo do Momento Torsor

Torsor causado pela diferença de cargas dos vãos



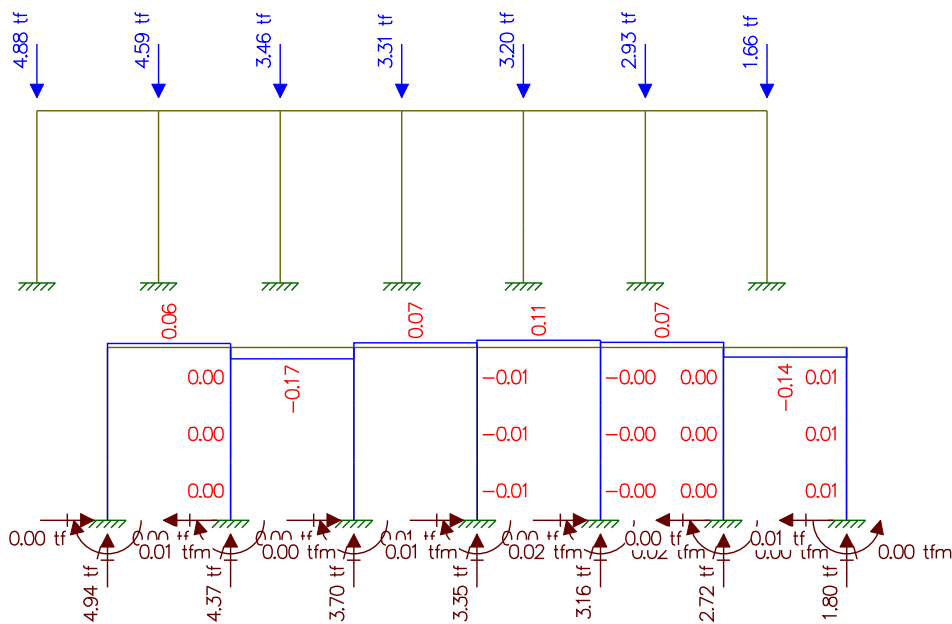
Carga a – Carga b = Carga c Carga c x distância = Momento Torsor (tf.m)

	Carga 1 (tf)	Distância(m)	Momento Torsor (tf.m)
Pilar 1	32,52	0,150	4,88
Pilar 2	30,57	0,150	4,59
Pilar 3	23,08	0,150	3,46
Pilar 4	22,05	0,150	3,31
Pilar 5	21,33	0,150	3,20
Pilar 6	19,55	0,150	2,93
Pilar 7	11,08	0,150	1,66

Resultado do Estudo do Momento Torsor

Analogia Cortante – Momento Torsor

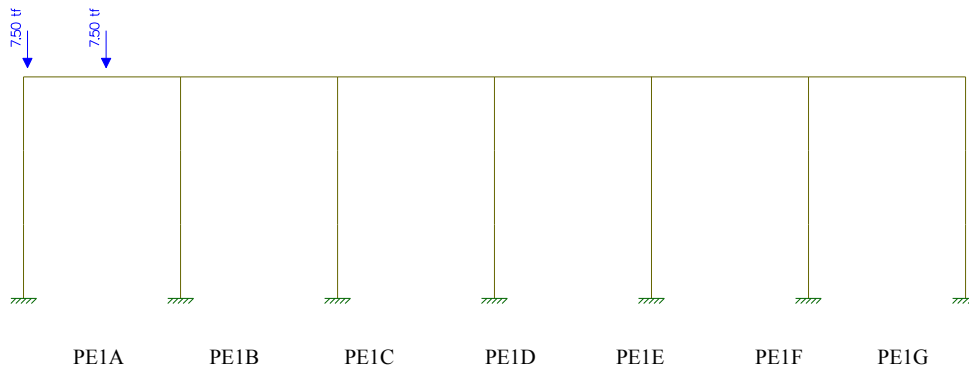
Cargas / Cortante



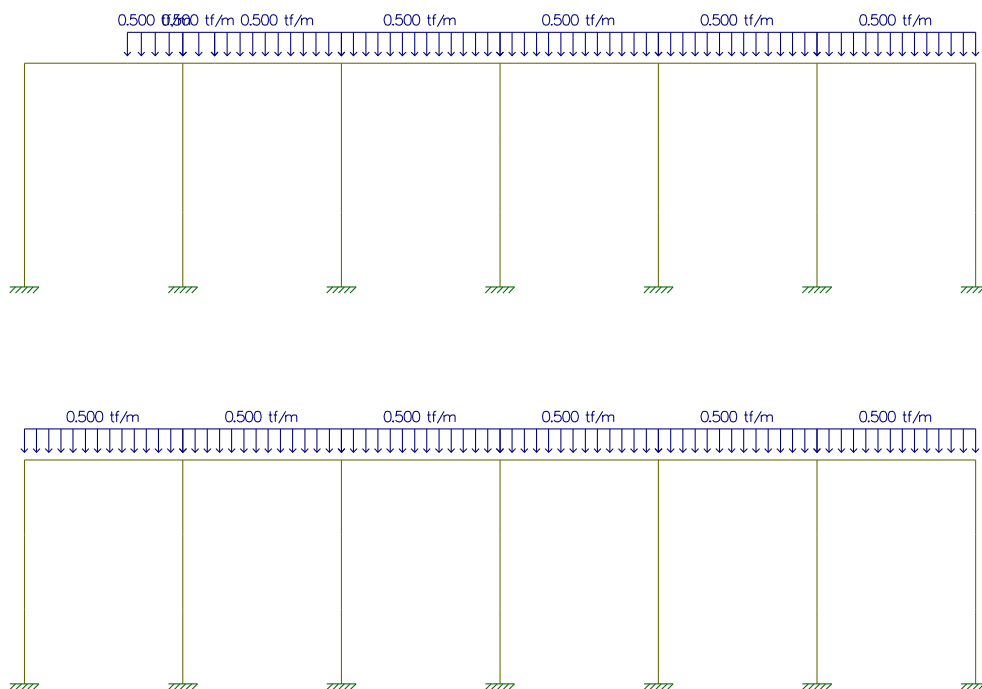
## Estudo da Carga Móvel para situação de Máxima Cortante

Transversal

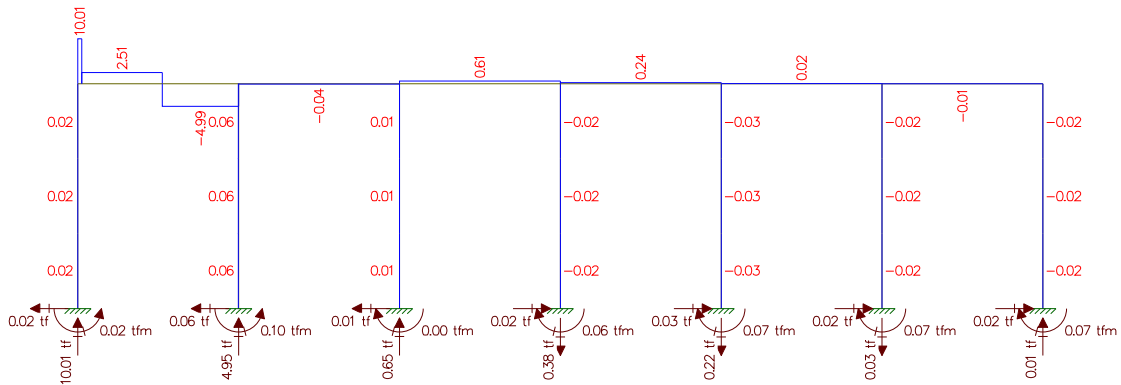
### (I) Cargas Pontuais do Trem Tipo



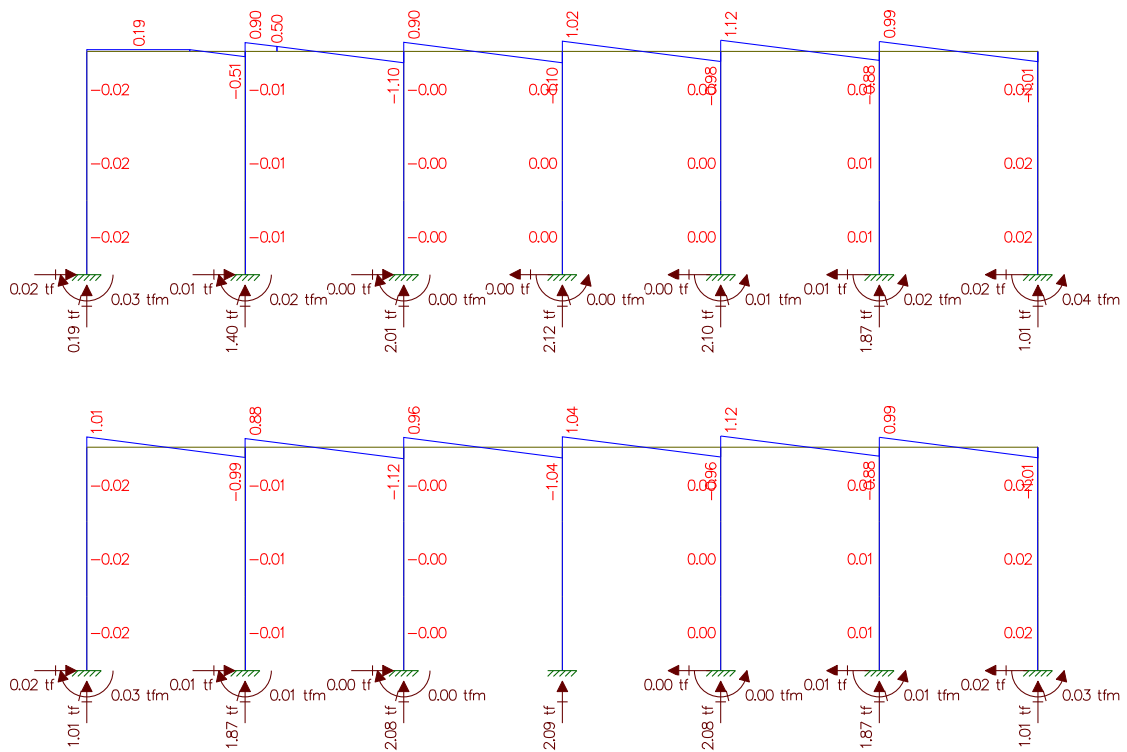
### (II) Cargas de multidão do Trem Tipo



**Cortantes**  
**(I) Cargas Pontuais do Trem Tipo**

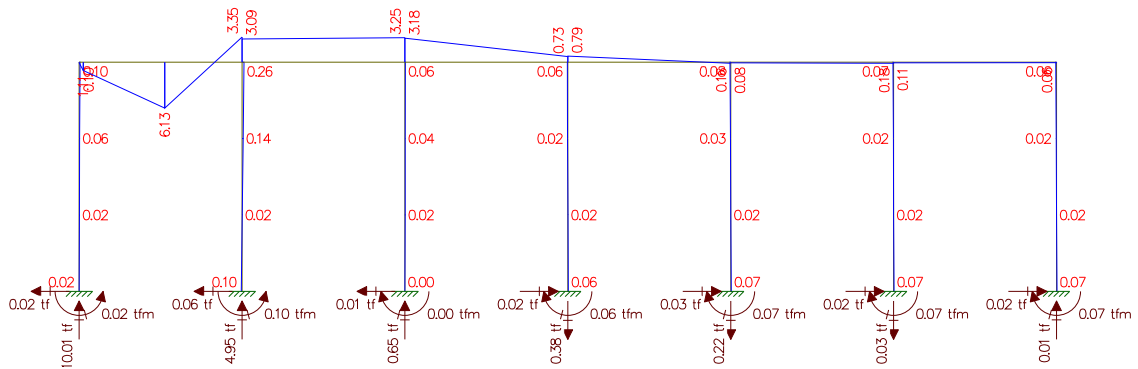


**(II) Cargas de multidão do Trem Tipo**

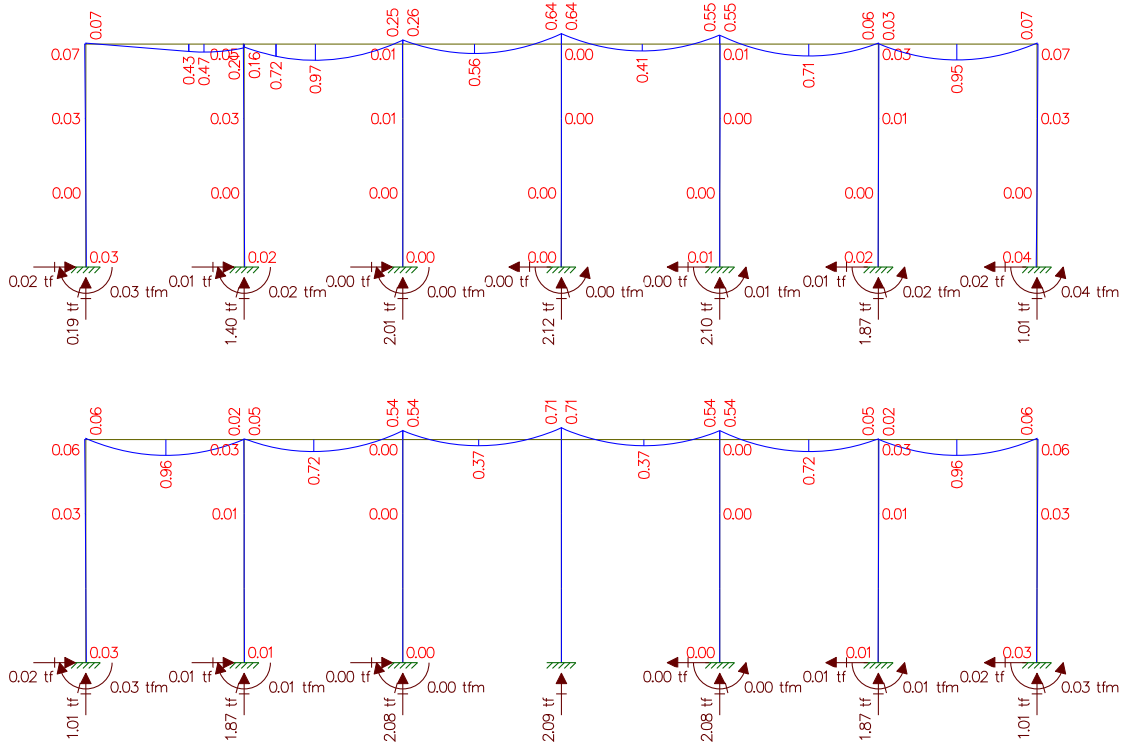




## Momento Fletor (I) Cargas Pontuais do Trem Tipo



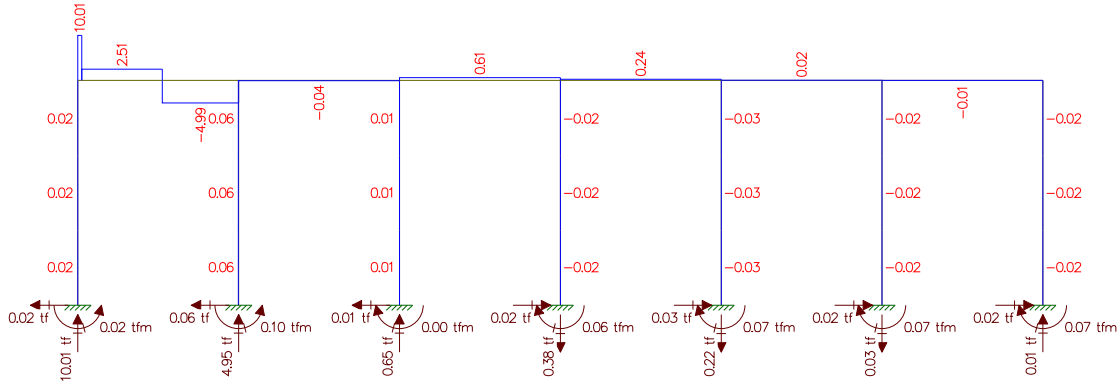
## (II) Cargas de multidão do Trem Tipo



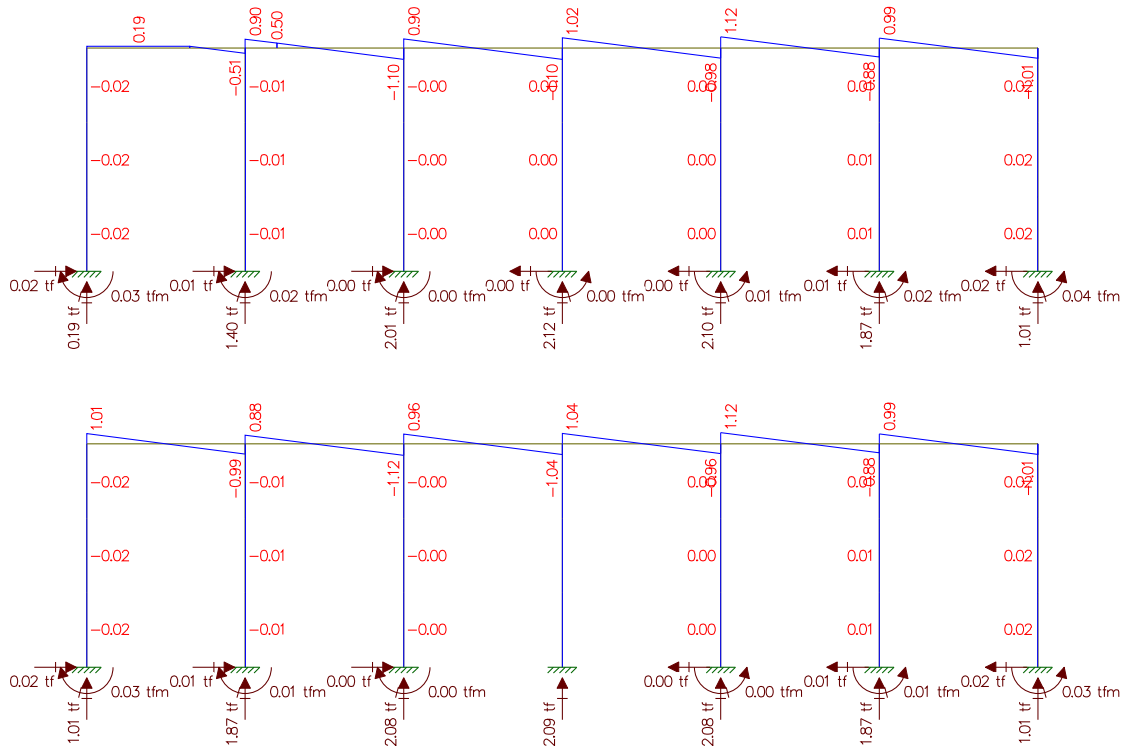
## Longitudinais

### Cortantes

#### (I) Cargas Pontuais do Trem Tipo

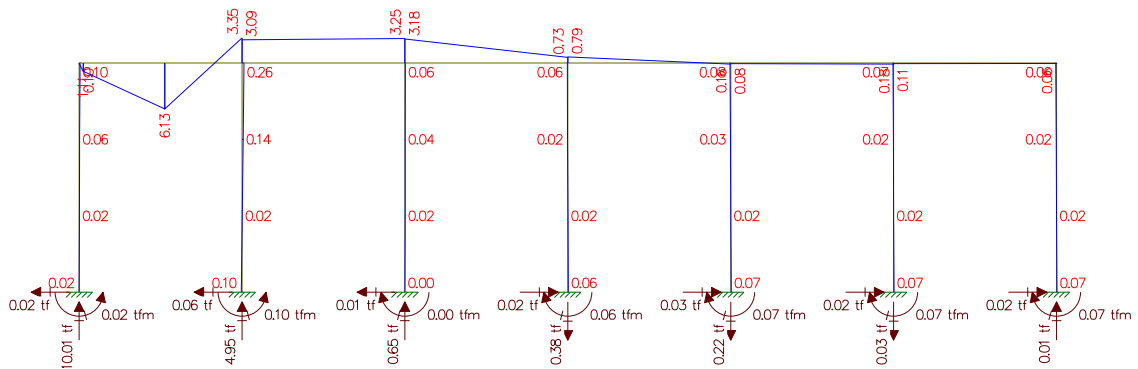


#### (II) Cargas de multidão do Trem Tipo

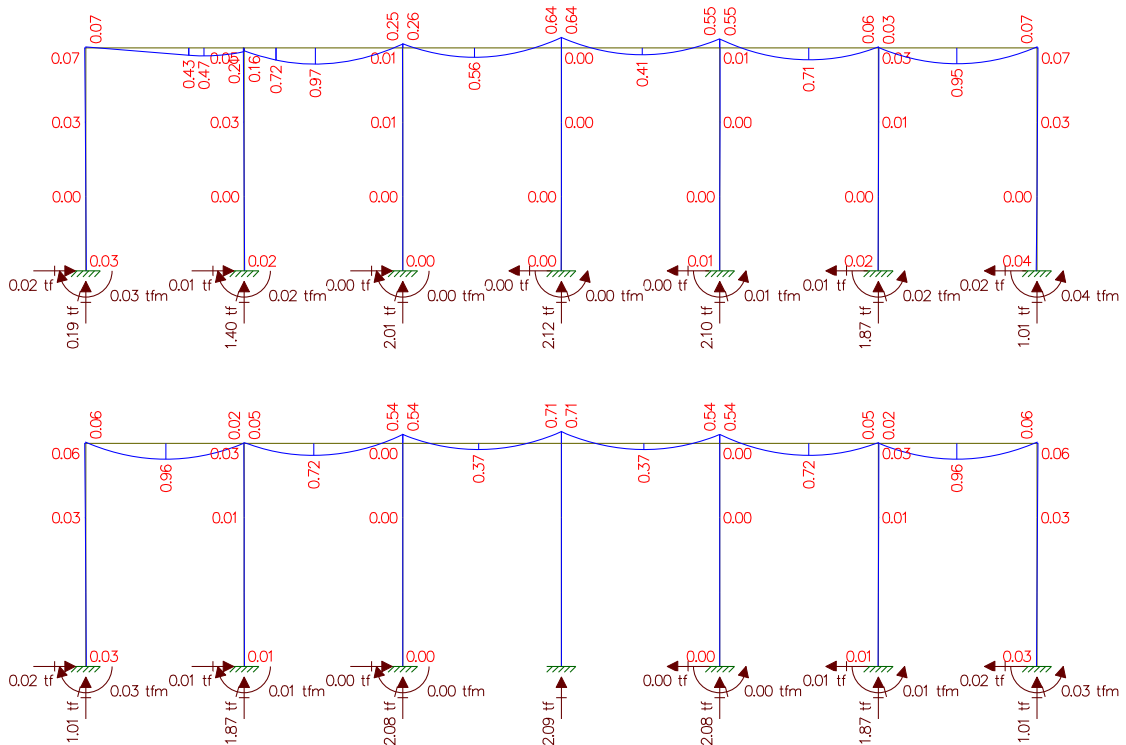


## Momento Fletor

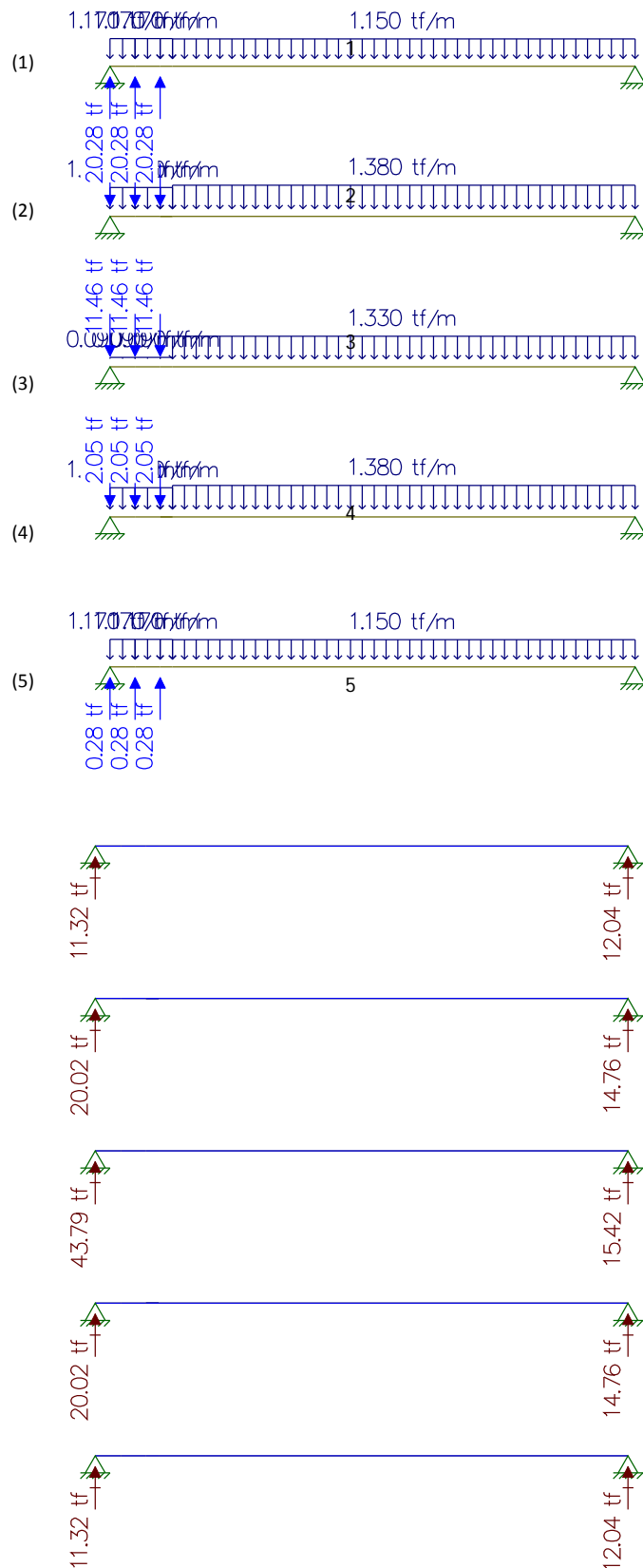
### (I) Cargas Pontuais do Trem Tipo



### (II) Cargas de multidão do Trem Tipo

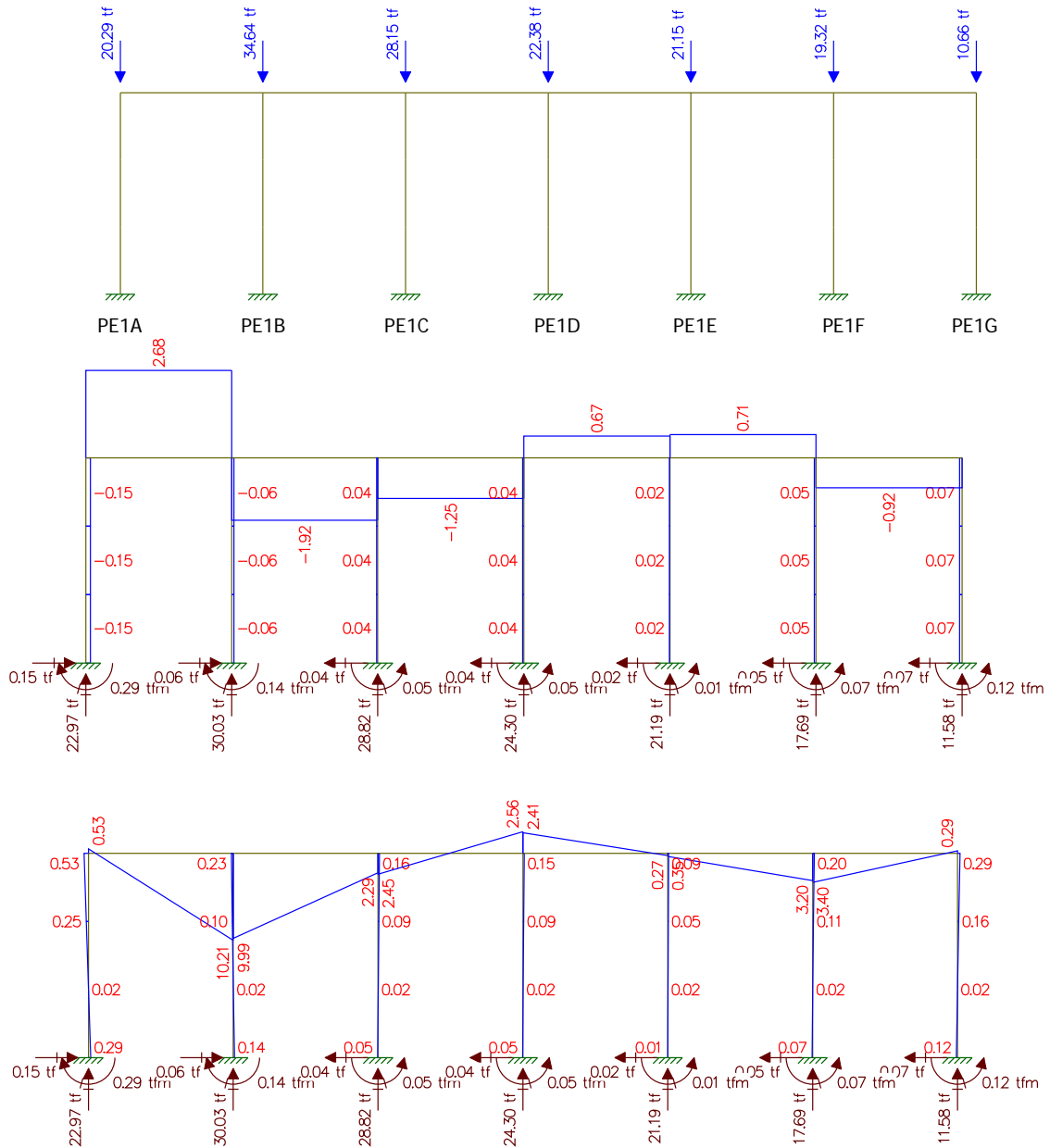


## Longitudinais

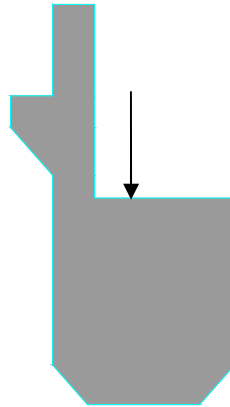


Resultado do Estudo da Carga Móvel para situação de Máxima Cortante

Reação devido a Viga 1: 11,32tf  
 Reação devido a Viga 2: 20,02tf  
 Reação devido a Viga 3: 43,79tf  
 Reação devido a Viga 4: 20,02tf  
 Reação devido a Viga 5: 11,32tf



Estudo do Momento Torsor  
Torsor causado pela diferença de cargas dos vãos

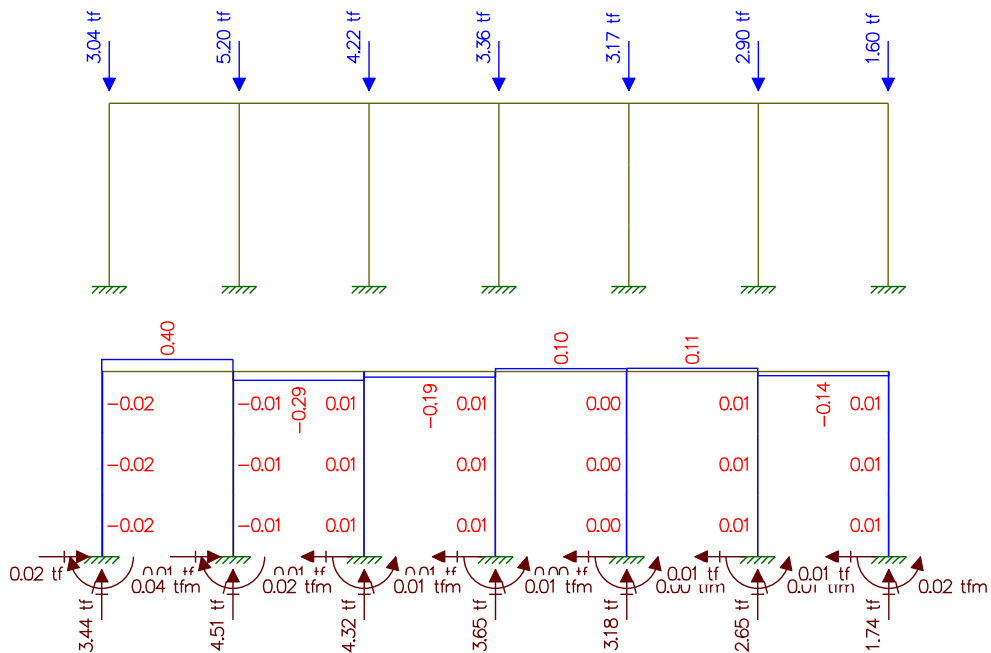


Carga a – Carga b = Carga c      Carga c x distância = Momento Torsor (tf.m)

	Carga 1 (tf)	Distância(m)	Momento Torsor (tf.m)
Pilar 1	20,29	0,150	3,04
Pilar 2	34,64	0,150	5,20
Pilar 3	28,15	0,150	4,22
Pilar 4	22,38	0,150	3,36
Pilar 5	21,15	0,150	3,17
Pilar 6	19,32	0,150	2,90
Pilar 7	10,66	0,150	1,60

**Resultado do Estudo do Momento Torsor**

Analogia Cortante – Momento Torsor  
Cargas / Cortante



## Memória de Cálculo da Travessa – 21-21m

Carga Permanente

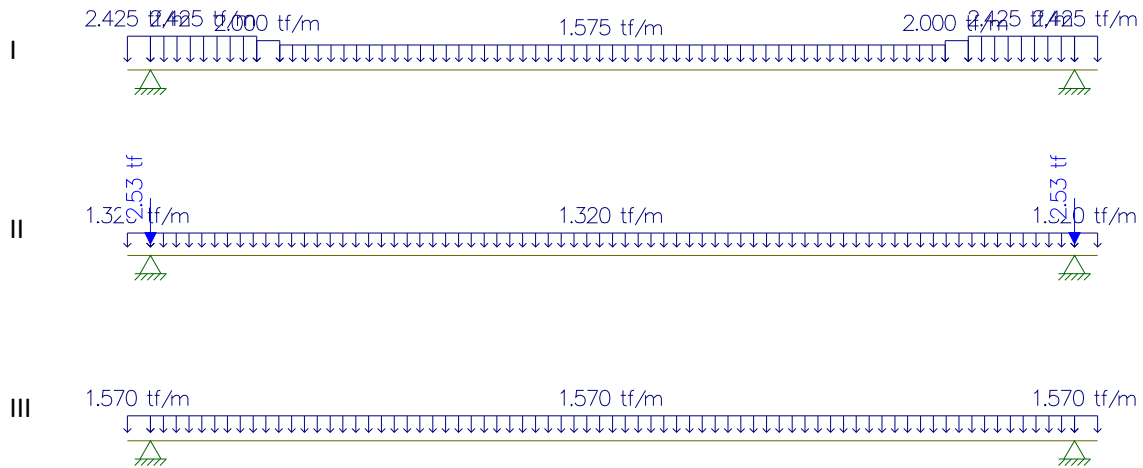
Estudo do Momento Fletor e da Cortante

Vão de 21 metros - Longitudinal - viga 1 e 5

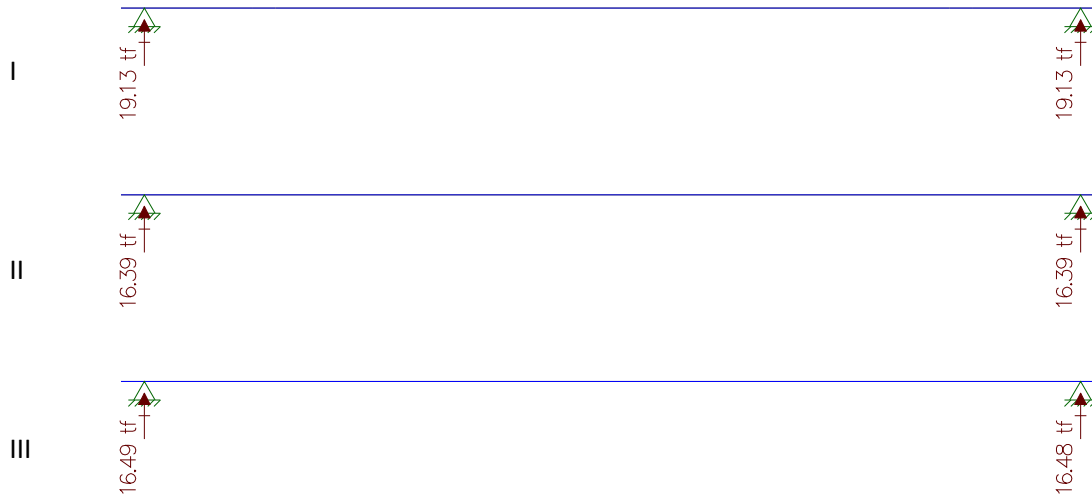
Peso da Viga

Peso da laje + Peso da transversina

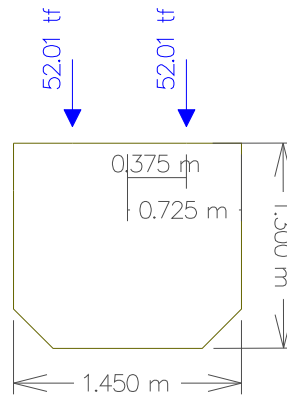
Peso do pavimento + Peso do guarda-rodas + recapeamento



Reações



Reação resultante:  $19,13\text{tf} + 16,39\text{tf} + 16,49\text{tf} = 52,01\text{tf}$



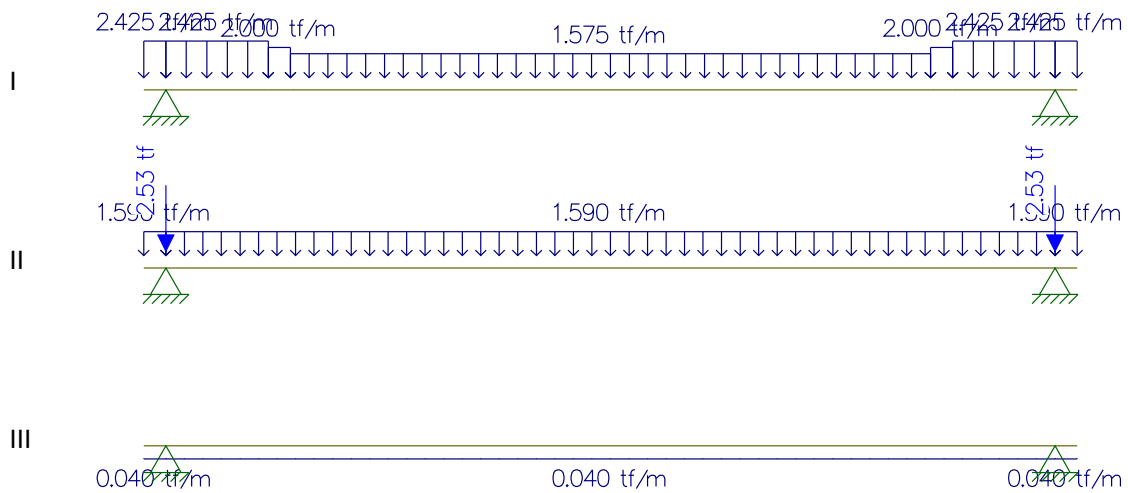
Total de cargas pontuais:  $52,01\text{tf} + 52,01\text{tf} = 104,02\text{tf}$

Vão de 21 metros – Longitudinal – viga 2 e 4

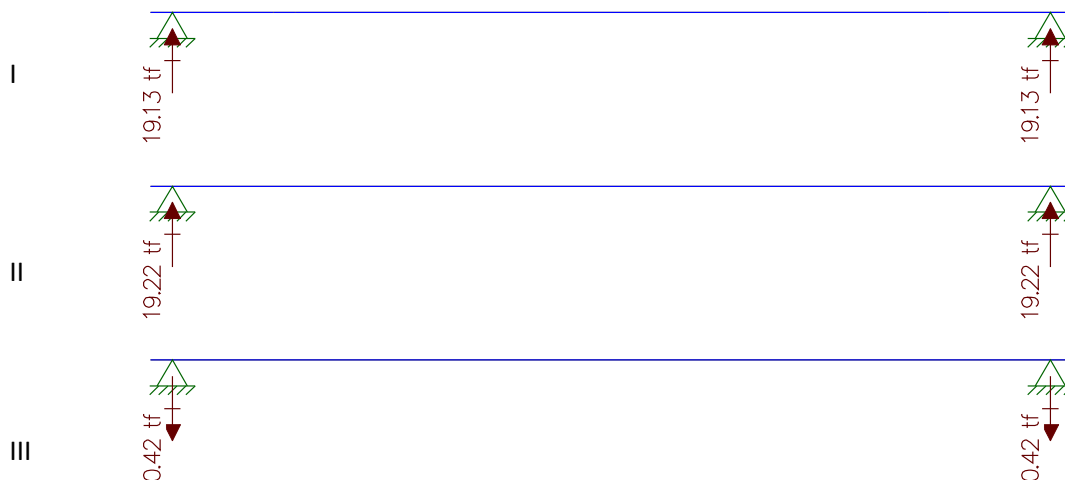
Peso da Viga

Peso da laje + Peso da transversina

Peso do pavimento + Peso do guarda-rodas + recapeamento

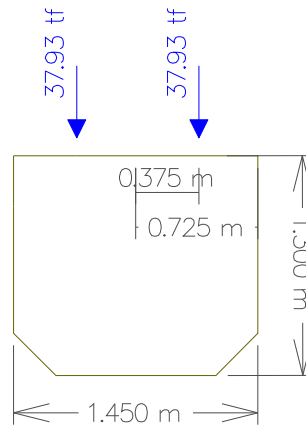


**Reações**





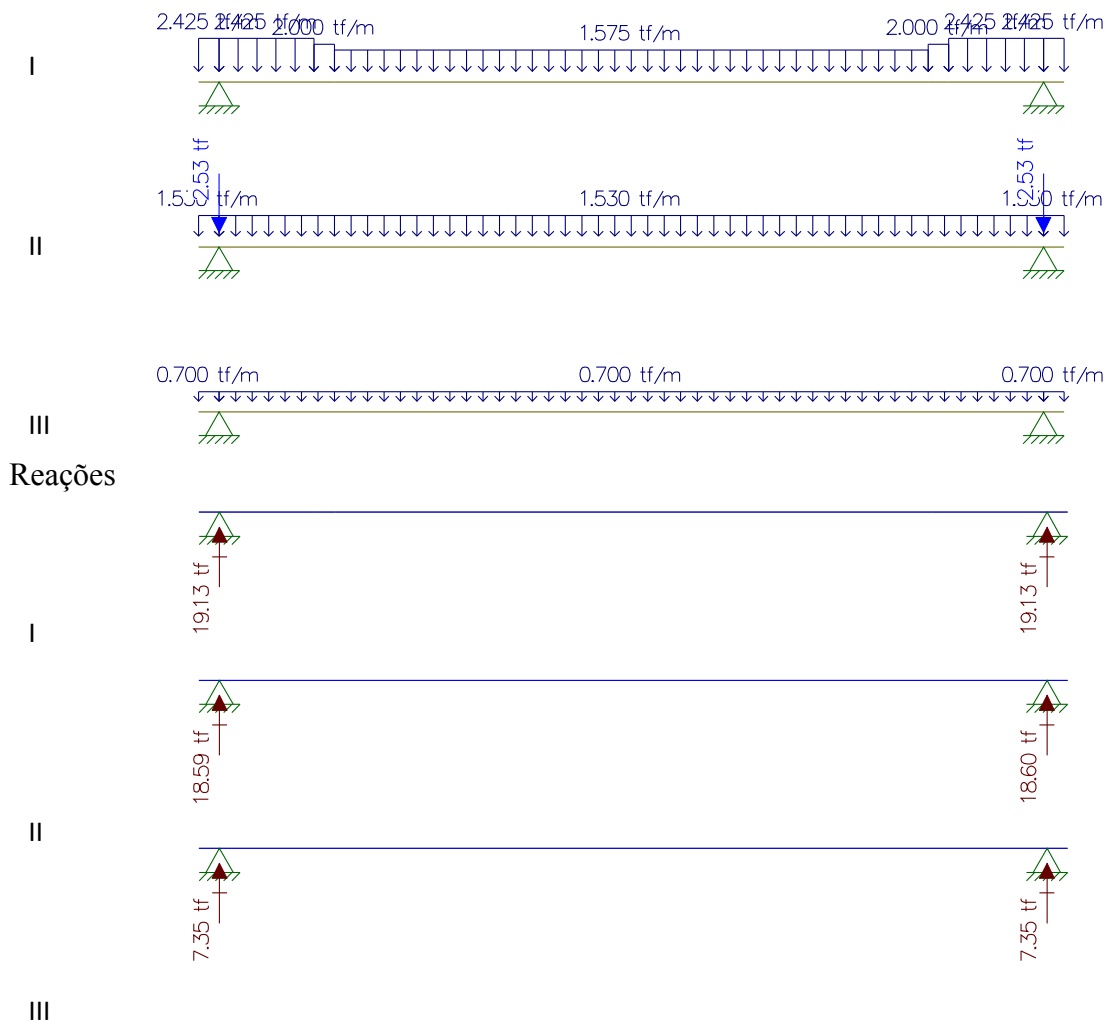
Reação resultante:  $19,13\text{tf} + 19,22\text{tf} - 0,42\text{tf} = 37,93\text{tf}$



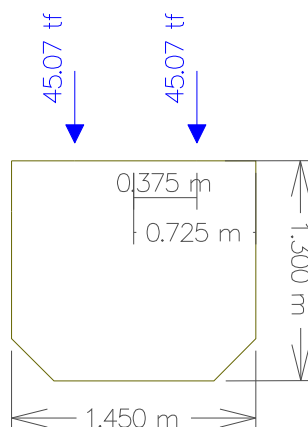
Total de cargas pontuais:  $37,93\text{tf} + 37,93\text{tf} = 75,86\text{tf}$

**Vão de 21 metros – Longitudinal - viga 3**

Respectivamente: Peso da Viga, Peso da laje + Peso da transversina, Peso do pavimento + Peso do guarda-rodas + recapeamento.



Reação resultante:  $19,13\text{tf} + 18,59\text{tf} + 7,35\text{tf} = 45,07\text{tf}$



Total de cargas pontuais:  $45,07\text{tf} + 45,07\text{tf} = 90,14\text{tf}$

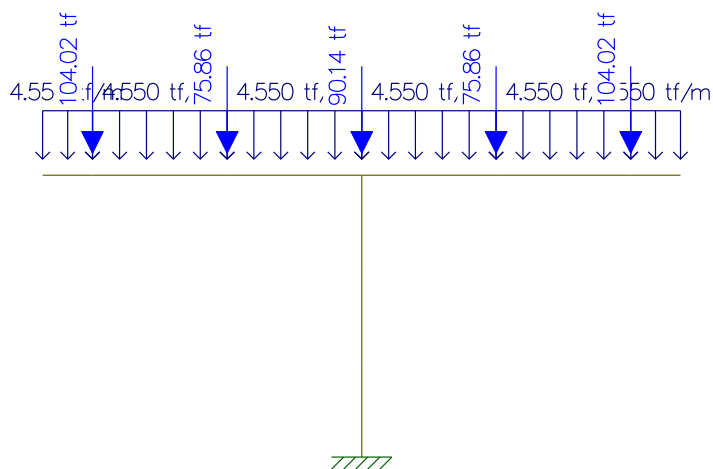
Peso próprio da Travessa (21 – 21m)

Área da seção =  $1,82\text{m}^2$

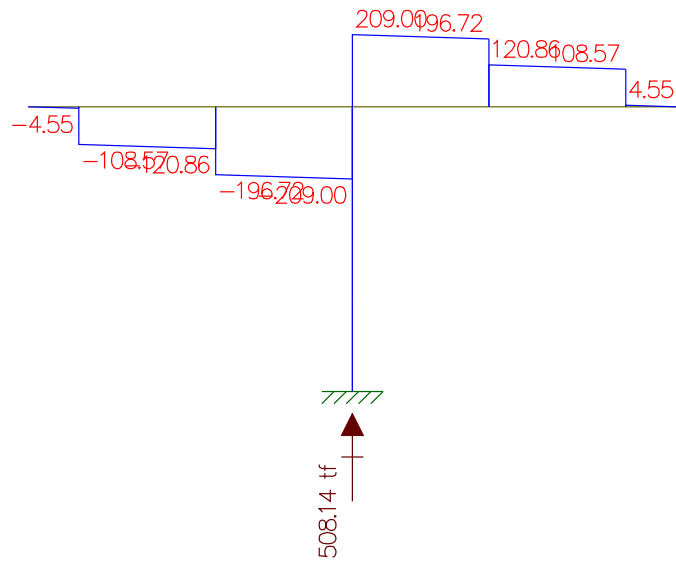
$1,82\text{m}^2 \times 2,5 \text{ tf/m}^3 = 4,55 \text{ tf/m}$

Resultado do Estudo do Momento Fletor e da Cortante

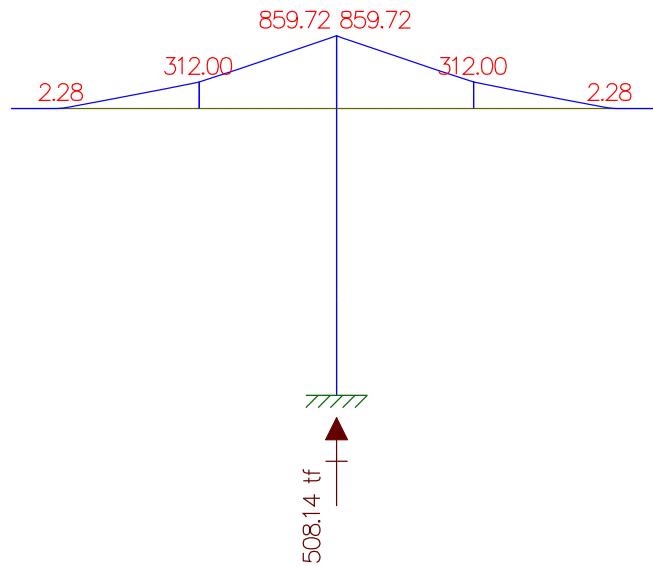
Cargas



Cortante

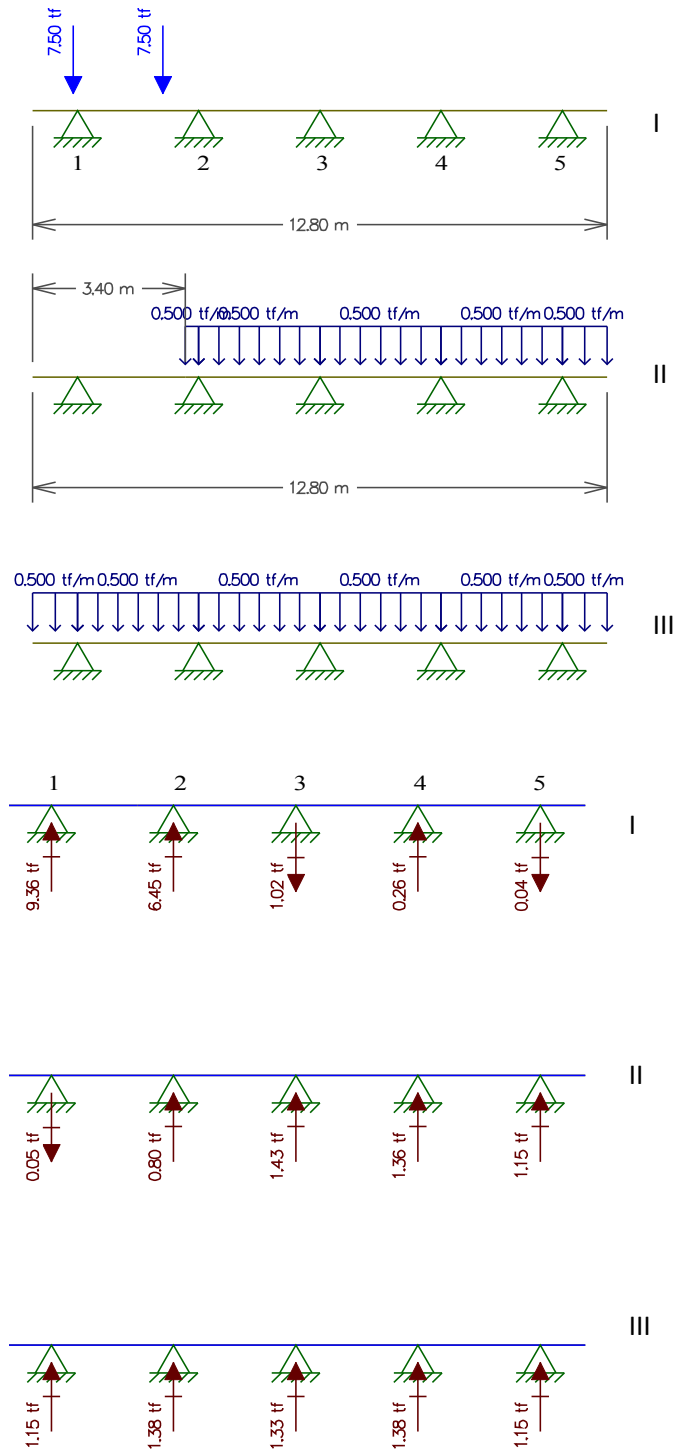


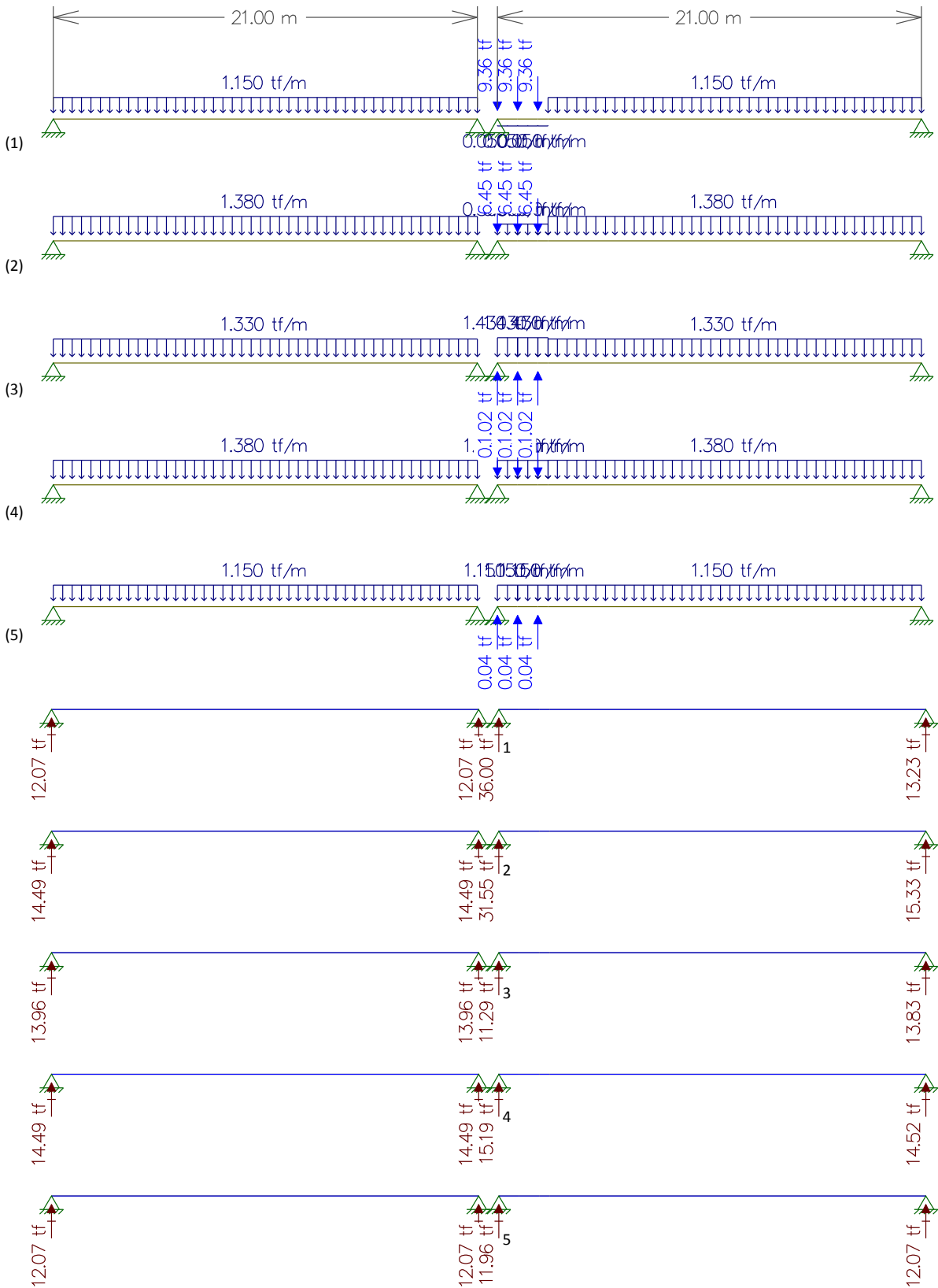
Momento Fletor



## Carga Móvel

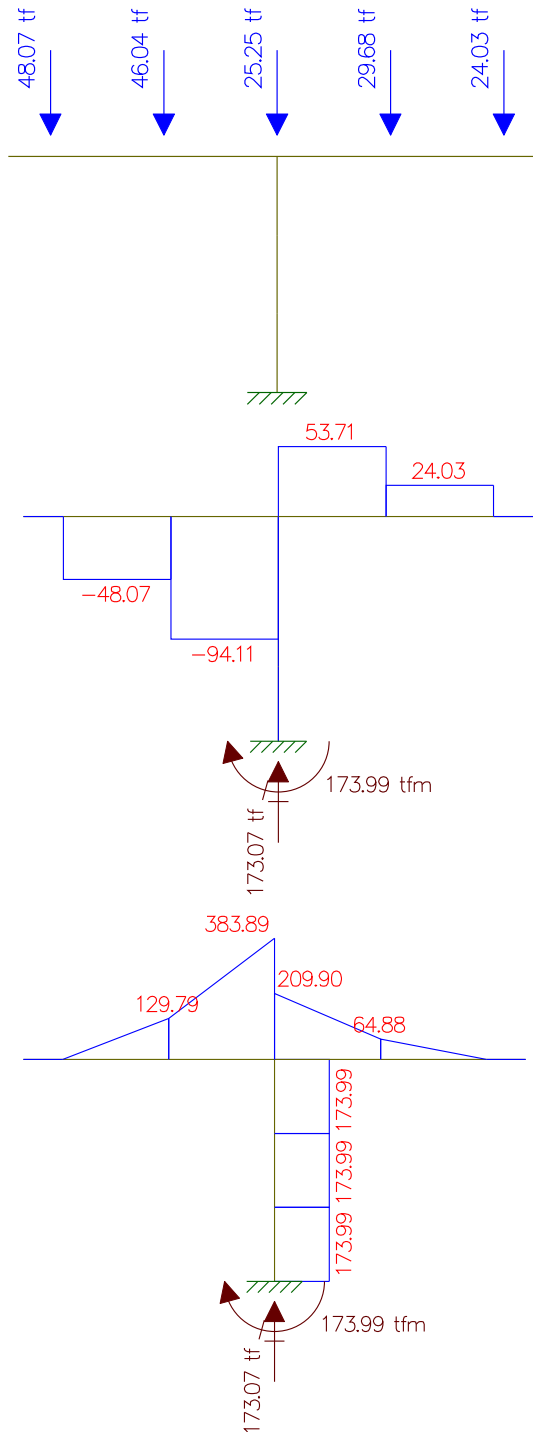
Estudo da Carga Móvel para situação de Máxima Flexão  
Com carga de multidão no menor vão





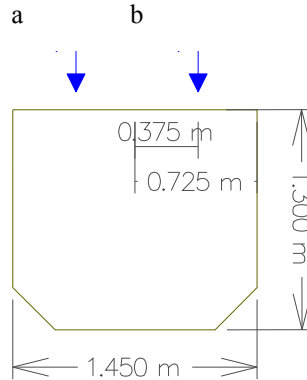
Resultado do Estudo da Carga Móvel para situação de Máxima Flexão

- Reação devido a Viga 1:  $12,07\text{tf} + 36,00\text{tf} = 48,07\text{tf}$
- Reação devido a Viga 2:  $14,49\text{tf} + 31,55\text{tf} = 46,04\text{tf}$
- Reação devido a Viga 3:  $13,96\text{tf} + 11,29\text{tf} = 25,25\text{tf}$
- Reação devido a Viga 4:  $14,49\text{tf} + 15,19\text{tf} = 29,68\text{tf}$
- Reação devido a Viga 5:  $12,07\text{tf} + 11,96\text{tf} = 24,03\text{tf}$



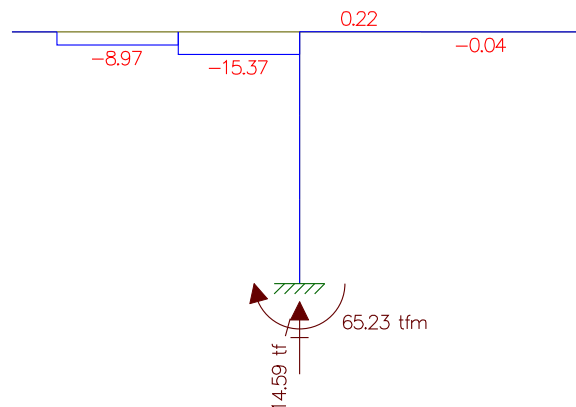
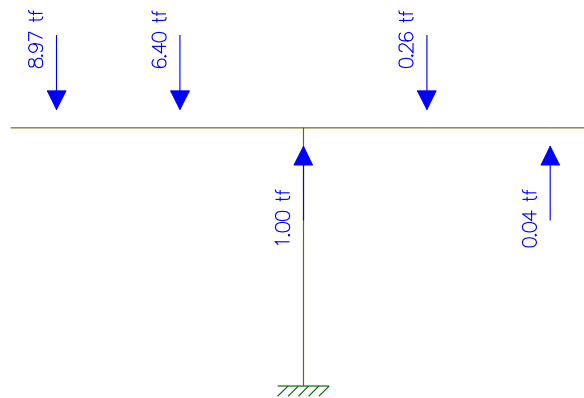
## Estudo do Momento Torsor

Torsor causado pela diferença de cargas dos vãos



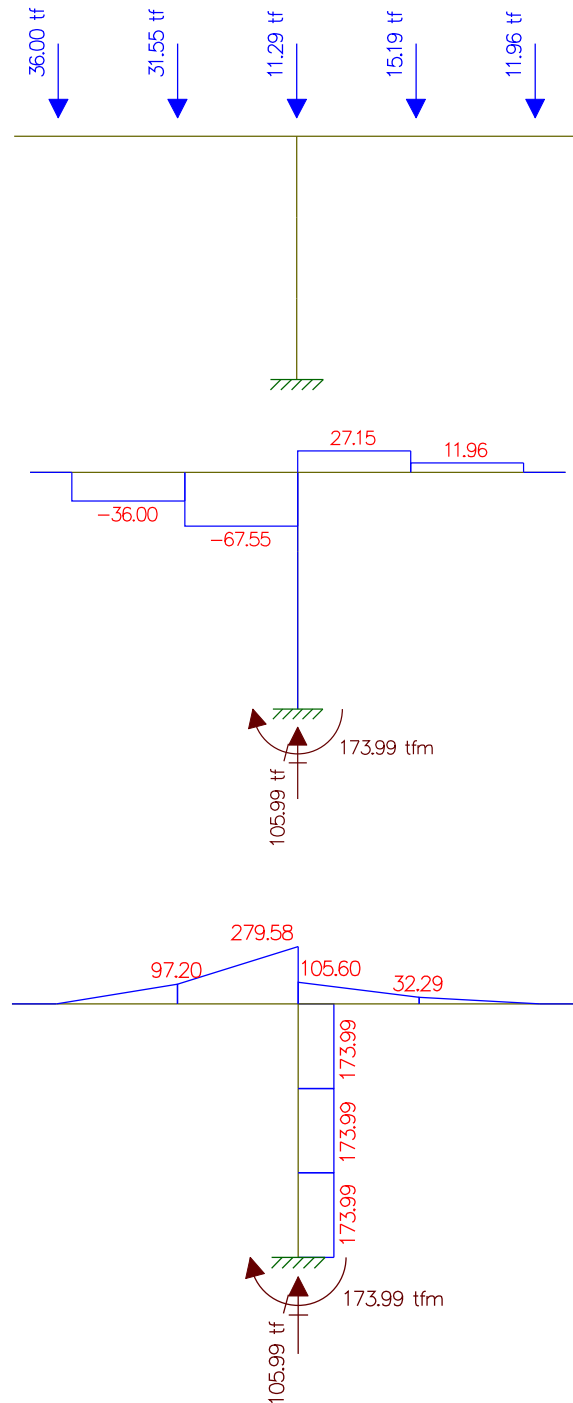
- $\text{Carga a} - \text{Carga b} = \text{Carga c}$        $\text{Carga c} \times \text{distância} = \text{Momento torsor (tf.m)}$

	Carga 1 (tf)	Carga 2 (tf)	C1 - C2 (tf)	Distância(m)	Momento Torsor (tf.m)
Viga 1	36,00	12,07	23,93	0,375	8,97
Viga 2	31,55	14,49	17,06	0,375	6,40
Viga 3	11,29	13,96	- 2,67	0,375	-1,00
Viga 4	15,19	14,49	0,70	0,375	0,26
Viga 5	11,96	12,07	- 0,11	0,375	-0,04



Sem carga de multidão no menor vão

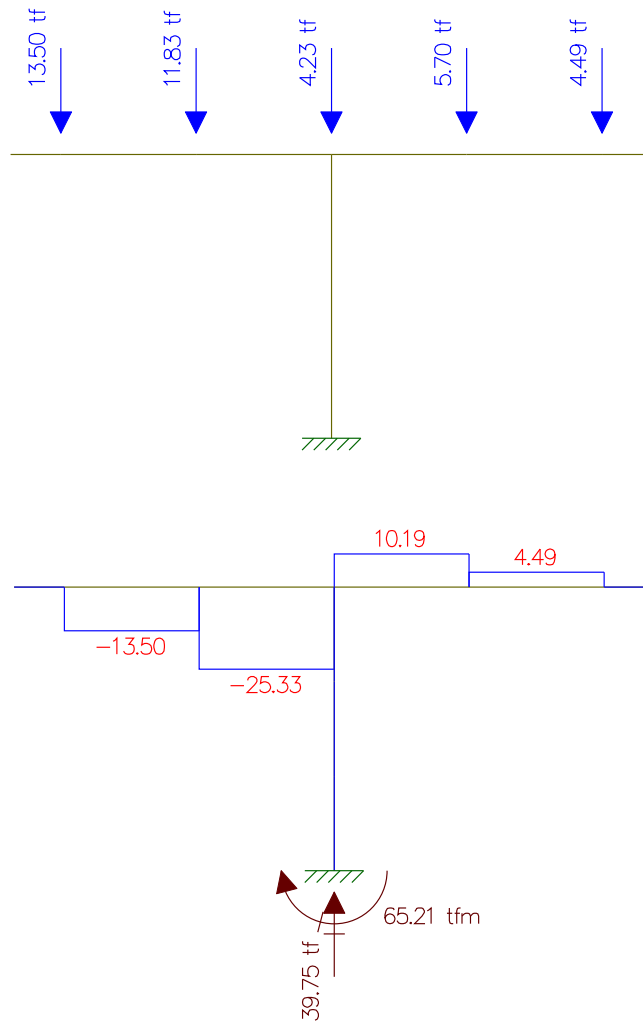
- Reação devido a Viga 1 sem a carga de multidão em um dos vãos: 36,00tf
- Reação devido a Viga 2 sem a carga de multidão em um dos vãos: 31,55tf
- Reação devido a Viga 3 sem a carga de multidão em um dos vãos: 11,29tf
- Reação devido a Viga 4 sem a carga de multidão em um dos vãos: 15,19tf
- Reação devido a Viga 5 sem a carga de multidão em um dos vãos: 11,96tf





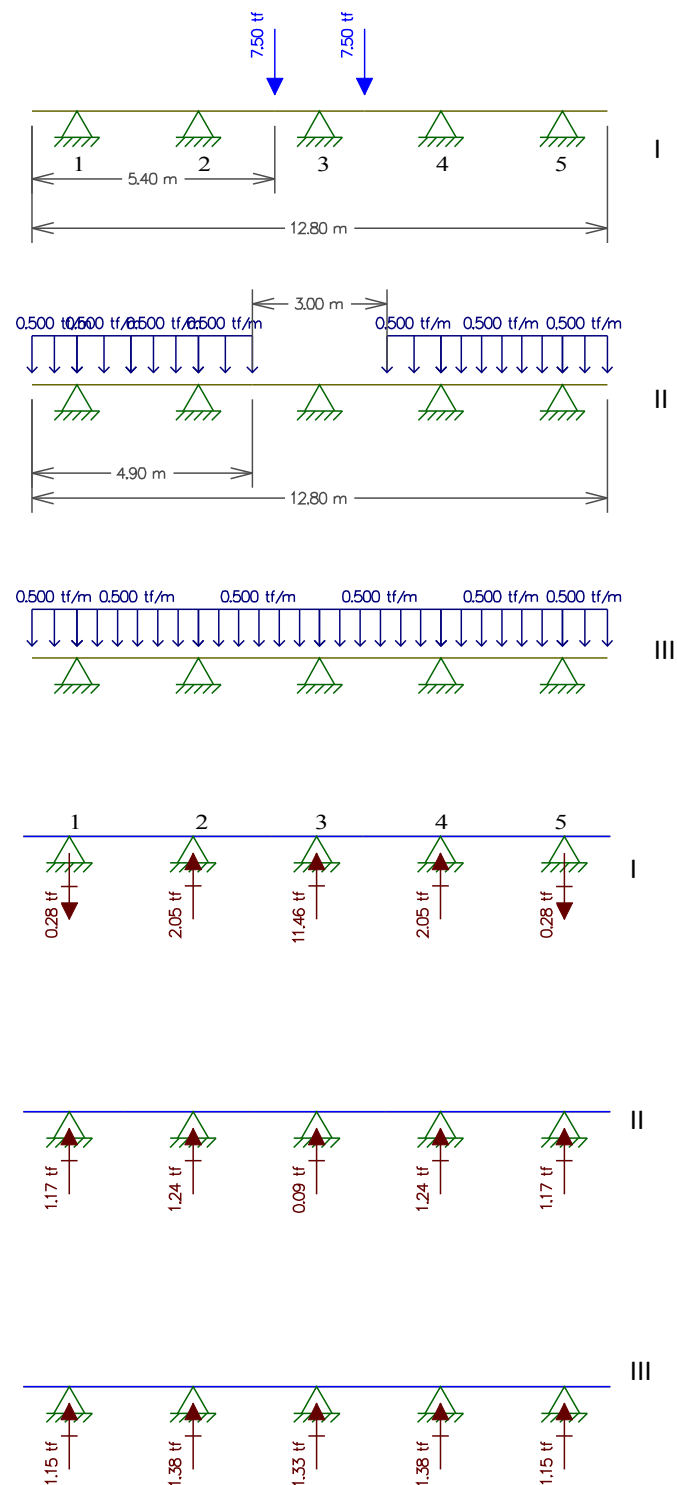
Estudo do Momento Torsor  
Torsor causado pela diferença de cargas dos vãos

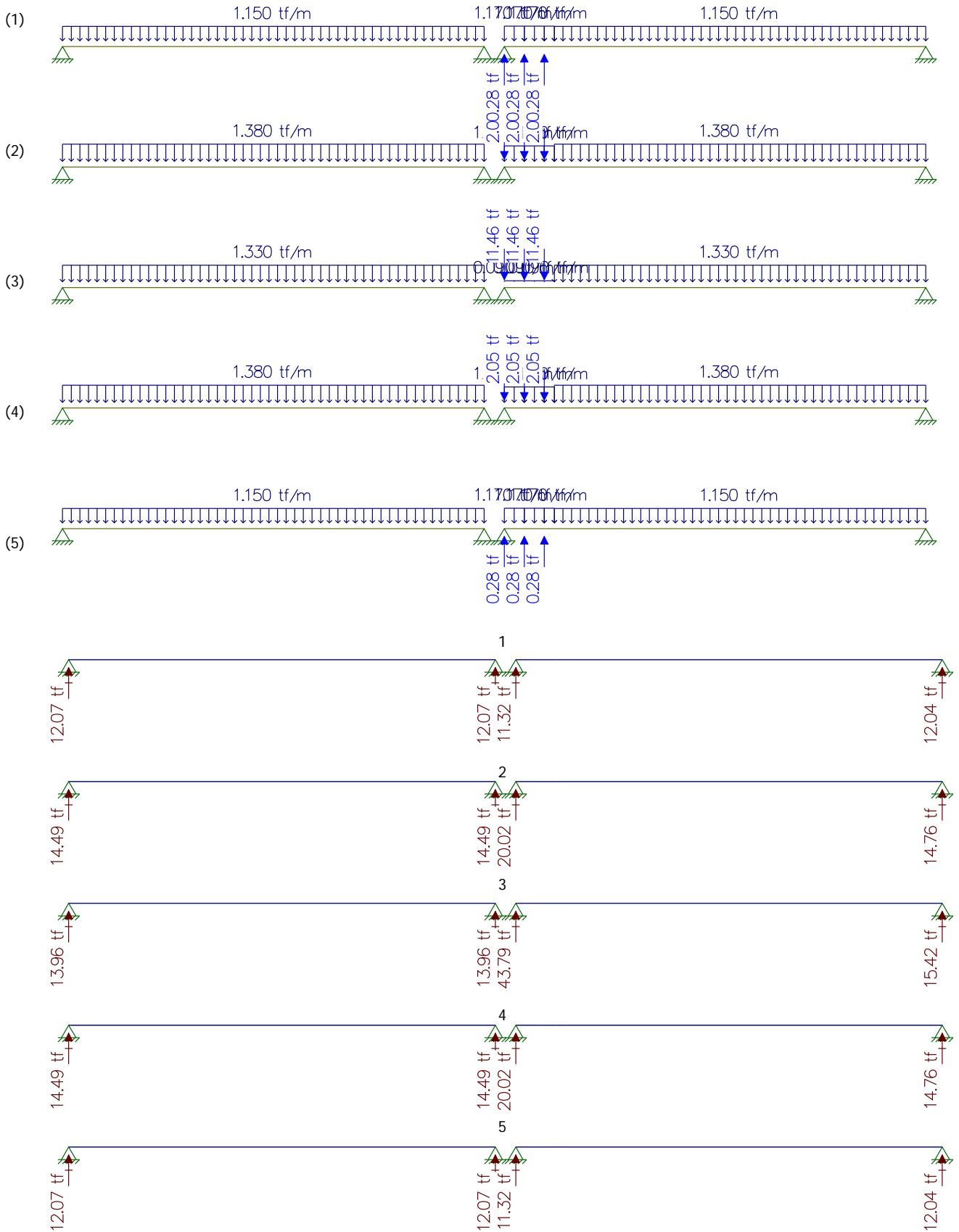
- Viga 1: 36,0tf  $M_t = 36,0\text{tf} \times 0,375\text{m} = 13,5\text{tf.m}$
- Viga 2: 31,55tf  $M_t = 31,55\text{tf} \times 0,375\text{m} = 11,83\text{tf.m}$
- Viga 3: 11,29tf  $M_t = 11,29\text{tf} \times 0,375\text{m} = 4,23\text{tf.m}$
- Viga 4: 15,19tf  $M_t = 15,19\text{tf} \times 0,375\text{m} = 5,70\text{tf.m}$
- Viga 5: 11,96tf  $M_t = 11,96\text{tf} \times 0,375\text{m} = 4,49\text{tf.m}$



## Estudo da Carga Móvel para situação de Máxima Cortante

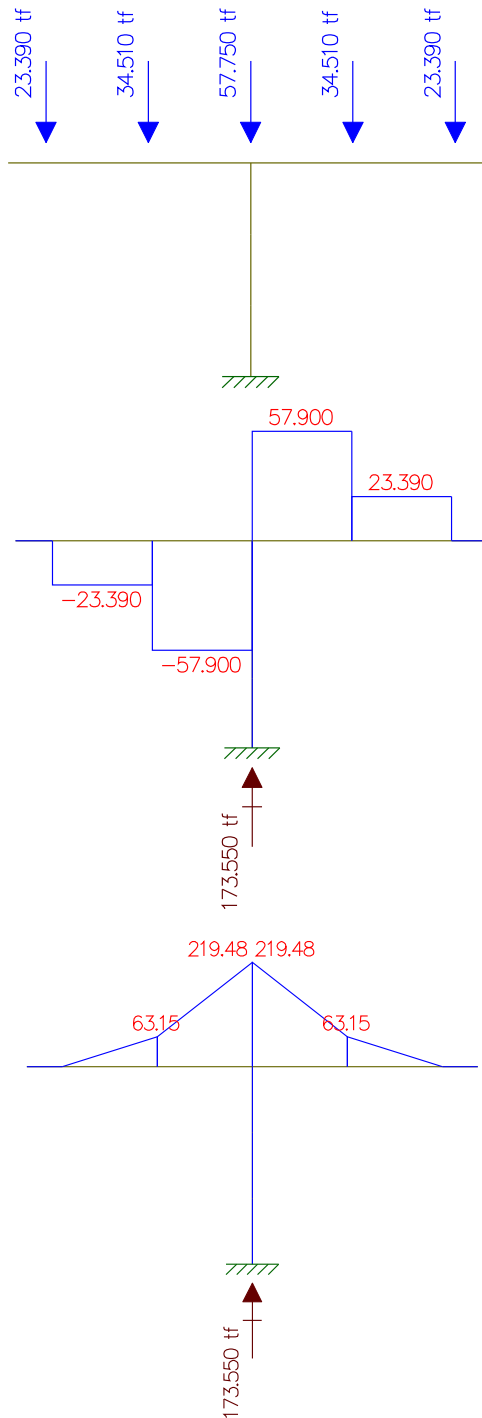
Com carga de multidão no menor vão





Resultado do Estudo da Carga Móvel para situação de Máxima Cortante

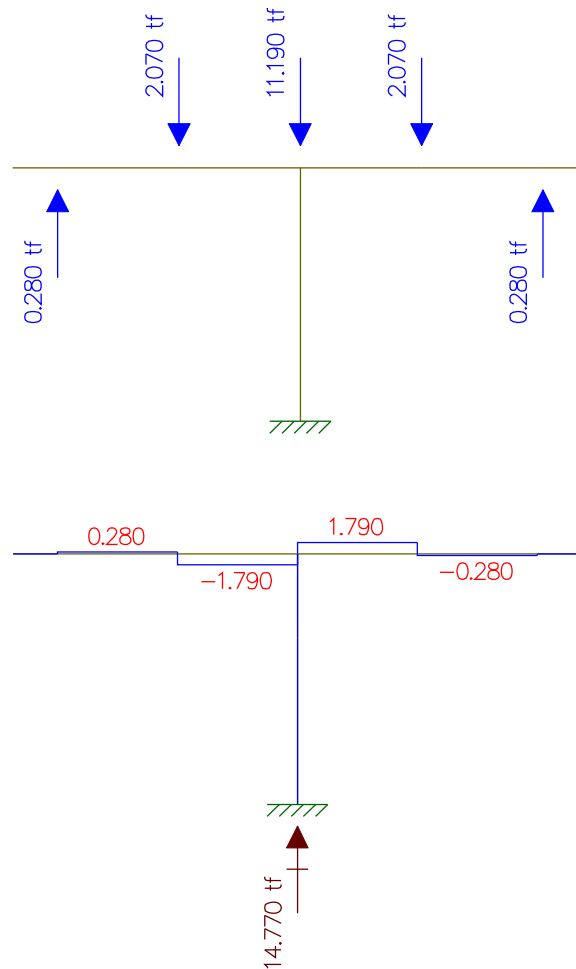
- Reação devido a Viga 1:  $12,07\text{tf} + 11,32\text{tf} = 23,39\text{tf}$
- Reação devido a Viga 2:  $14,49\text{tf} + 20,02\text{tf} = 34,51\text{tf}$
- Reação devido a Viga 3:  $13,96\text{tf} + 43,79\text{tf} = 57,75\text{tf}$
- Reação devido a Viga 4:  $14,49\text{tf} + 20,02\text{tf} = 34,51\text{tf}$
- Reação devido a Viga 5:  $12,07\text{tf} + 11,32\text{tf} = 23,39\text{tf}$



Estudo do Momento Torsor  
Torsor causado pela diferença de cargas dos vãos

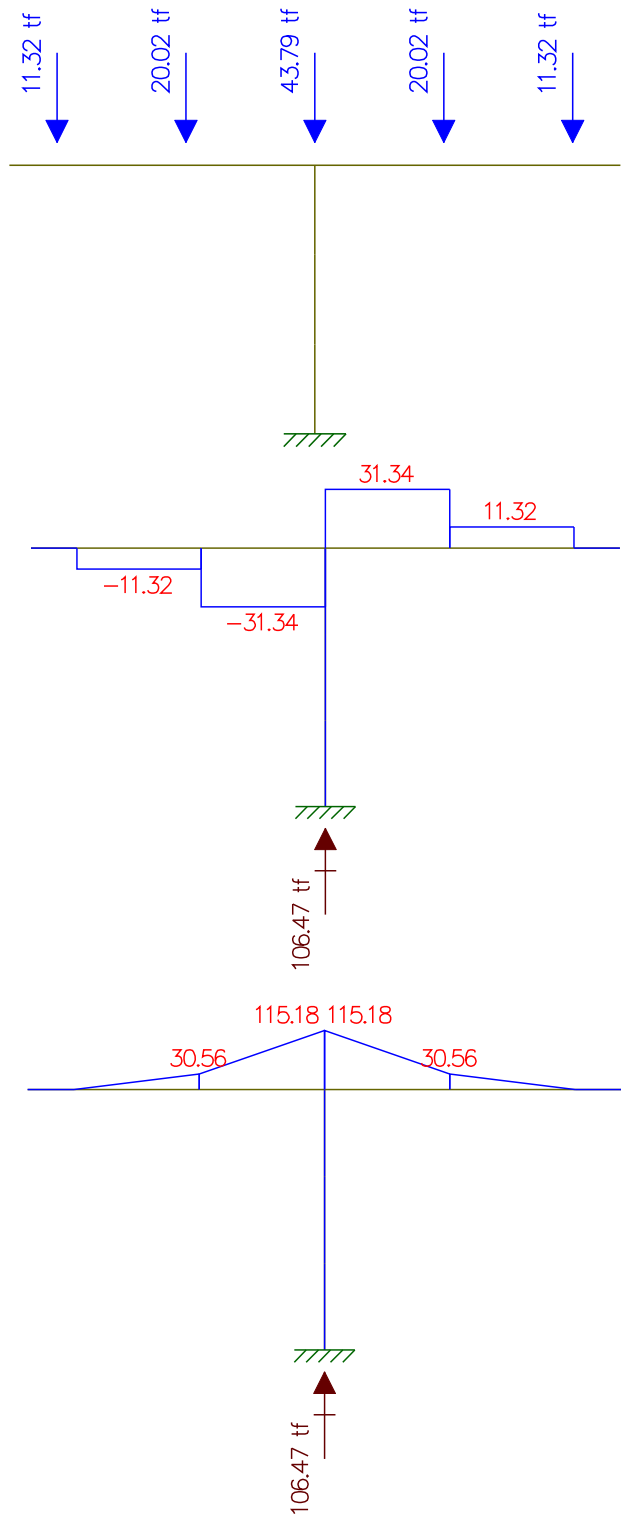
Carga a – Carga b = Carga c Carga c x distância = Momento torsor (tf.m)

	Carga 1 (tf)	Carga 2 (tf)	C1 - C2 (tf)	Distância(m)	Momento Torsor (tf.m)
Viga 1	11,32	12,07	-0,75	0,375	-0,28
Viga 2	20,02	14,49	5,53	0,375	2,07
Viga 3	43,79	13,96	29,83	0,375	11,19
Viga 4	20,02	14,49	5,53	0,375	2,07
Viga 5	11,32	12,07	-0,75	0,375	-0,28



Sem carga de multidão no menor vão

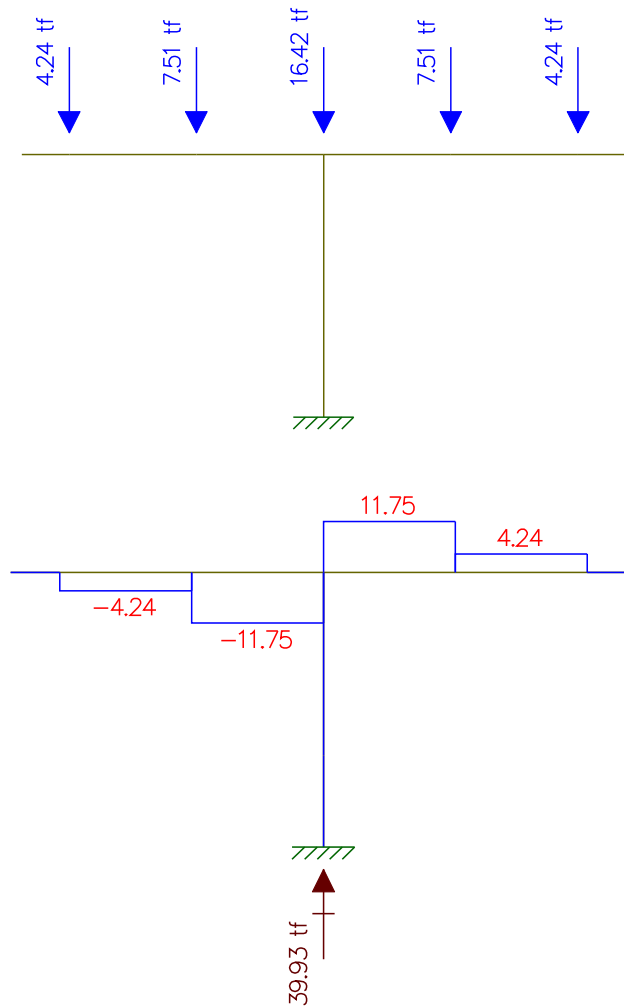
- Reação devido a Viga 1: 11,32tf
- Reação devido a Viga 2: 20,02tf
- Reação devido a Viga 3: 43,79tf
- Reação devido a Viga 4: 20,02tf
- Reação devido a Viga 5: 11,32tf



## Estudo do Momento Torsor

Torsor causado pela diferença de cargas dos vãos

- Viga 1: 11,32tf                       $M_t = 11,32\text{tf} \times 0,375\text{m} = 4,245\text{tf.m}$
- Viga 2: 20,02tf                     $M_t = 20,02\text{tf} \times 0,375\text{m} = 7,5075\text{tf.m}$
- Viga 3: 43,79tf                     $M_t = 43,79\text{tf} \times 0,375\text{m} = 16,42125\text{tf.m}$
- Viga 4: 20,02tf                     $M_t = 20,02\text{tf} \times 0,375\text{m} = 7,5075\text{tf.m}$
- Viga 5: 11,32tf                     $M_t = 11,32\text{tf} \times 0,375\text{m} = 4,245\text{tf.m}$



## Processamento da Superestrutura

Dimensionamento da longarina

Viga de 21m

\*\*\*\*\*  
 DNIT - DER/RJ \* BR 230 Viaduto Estaca 425 \*\*\* Rev. 0 \*\*\*\*\*  
 Fase 1 - Viga Isolada \*\* Viga A \* L = 21.00m \*\*\*\* Out/13 \*\*\*  
 \*\*\*\*\*

Fase 1 - Viga Isolada

Dimensões Constantes

ALT. = 1.500      LLSU = 1.000      LLIN = .600  
 ELSE = .000      BTES = .000      BTEI = .000  
 BTII = .000      HTII = .000      HTES = .000  
 HTEI = .000      ELSI = .150      ELII = .200  
 ALSE = .000

Dimensões Variáveis

Seção	EALM	BTIS	BTIN	HTIS	HTIN
1	.600	.400	.000	.053	.000
2	.600	.400	.000	.053	.000
3	.250	.750	.350	.100	.200
4	.250	.750	.350	.100	.200
5	.250	.750	.350	.100	.200
6	.250	.750	.350	.100	.200

Tipo	Área	VS	VI	Inércia	WS	WI	ME
1	.971	.702	.798	.198	.281	.248	.191
2	.971	.702	.798	.198	.281	.248	.191
3	.630	.695	.805	.170	.245	.211	.149
4	.630	.695	.805	.170	.245	.211	.149
5	.630	.695	.805	.170	.245	.211	.149
6	.630	.695	.805	.170	.245	.211	.149

OBS.- As demais seções não serão tabuladas, devido à simetria da Estrutura



\*\*\*\*\*  
 DNIT - DER/RJ \* BR 230 Viaduto Estaca 425 \*\*\* Rev. 0 \*\*\*\*\*  
 Fase 1 - Viga Isolada \*\* Viga A \* L = 21.00m \*\*\*\* Out/13 \*\*\*  
 \*\*\*\*\*

Características do Cabo utilizado  
 Fase Única

-----  
 Unidade de Protensão = 9φ12.7mm  
 Módulo de Elasticidade = 19500. Kg/mm\*\*2  
 Área da Seção Transversal = 1202. mm\*\*2  
 Tensão Inicial de Protensão = 140. Kg/mm\*\*2  
 Acomodação de Ancoragem = 6. mm  
 Perdas Def. (Lenta+Imediata) = 22. Kg/mm\*\*2  
 Coef. de Atrito na Reta = .0025 /M  
 Coef. de Atrito na Curva = .0040 /G  
 -----

Cabo C1

Número de Cabos = 1 Tipo = AA XI= .00 XF= 24.30

Seção	YS	Angulo	Tensões	*	Pk Superior			*	Pk Inferior			
					Fh	Fv	M		Fh	Fv	M	
1	1.21	-1.4	14000./12651.	*	130.	-3.	-66.	*	121.	-3.	-62.	*
2	1.27	-1.4	13915./12736.	*	131.	-3.	-74.	*	122.	-3.	-70.	*
3	1.33	-1.2	13818./12833.	*	132.	-3.	-84.	*	124.	-3.	-79.	*
4	1.37	-.8	13715./12937.	*	133.	-2.	-90.	*	125.	-2.	-84.	*
5	1.40	-.4	13606./13045.	*	134.	-1.	-95.	*	127.	-1.	-89.	*
6	1.40	.0	13504./13147.	*	135.	0.	-95.	*	128.	0.	-90.	*
7	1.40	.4	13606./13045.	*	134.	1.	-95.	*	127.	1.	-89.	*
8	1.37	.8	13715./12937.	*	133.	2.	-90.	*	125.	2.	-84.	*
9	1.33	1.2	13818./12833.	*	132.	3.	-84.	*	124.	3.	-79.	*
10	1.27	1.4	13915./12736.	*	131.	3.	-74.	*	122.	3.	-70.	*
11	1.21	1.4	14000./12651.	*	130.	3.	-66.	*	121.	3.	-62.	*

-----  
 Alongamentos - (mm) \* Alongamentos Especificos \* Comprimentos (M)  
 \* \* (mm/m) \* \*  
 DA = 85.7 \* EA = 7.06 \* LA = 12.152  
 DB = 85.7 \* EB = 7.06 \* LB = 12.152  
 DA+DB = 171.5 \* EM = 7.06 \* L = 24.304  
 -----

Cabo C2

Número de Cabos = 1 Tipo = AA XI= .00 XF= 24.30

Seção	YS	Angulo	Tensões	*	Pk Superior			*	Pk Inferior			
					Fh	Fv	M		Fh	Fv	M	
1	.91	-4.9	14000./12402.	*	127.	-11.	-26.	*	118.	-10.	-24.	*
2	1.10	-4.0	13863./12539.	*	128.	-9.	-51.	*	120.	-8.	-48.	*
3	1.25	-2.9	13720./12681.	*	130.	-7.	-72.	*	122.	-6.	-68.	*
4	1.35	-1.8	13573./12828.	*	132.	-4.	-86.	*	124.	-4.	-81.	*
5	1.40	-.6	13427./12974.	*	133.	-1.	-94.	*	126.	-1.	-89.	*
6	1.40	.0	13315./13087.	*	135.	0.	-95.	*	127.	0.	-90.	*
7	1.40	.6	13427./12974.	*	133.	1.	-94.	*	126.	1.	-89.	*
8	1.35	1.8	13573./12828.	*	132.	4.	-86.	*	124.	4.	-81.	*
9	1.25	2.9	13720./12681.	*	130.	7.	-72.	*	122.	6.	-68.	*
10	1.10	4.0	13863./12539.	*	128.	9.	-51.	*	120.	8.	-48.	*
11	.91	4.9	14000./12402.	*	127.	11.	-26.	*	118.	10.	-24.	*

-----  
 Alongamentos - (mm) \* Alongamentos Especificos \* Comprimentos (M)  
 \* \* (mm/m) \* \*  
 DA = 85.0 \* EA = 6.99 \* LA = 12.166  
 DB = 85.0 \* EB = 6.99 \* LB = 12.166  
 DA+DB = 170.1 \* EM = 6.99 \* L = 24.331  
 -----

\*\*\*\*\*  
DNIT - DER/RJ \* BR 230 Viaduto Estaca 425 \*\*\* Rev. 0 \*\*\*\*\*  
Fase 1 - Viga Isolada \*\* Viga A \* L = 21.00m \*\*\*\* Out/13 \*\*\*  
\*\*\*\*\*

\*\* Peso-próprio da viga isolada \*\*

-----  
Vão 1 Núm. de Pt.s 11

Carga Distribuída

2.427	2.427	1.575	1.575	1.575	1.575
1.575	1.575	1.575	2.427	2.427	

-----  
Cargas Nodais

PT	P
1	.72
11	.72

-----  
Deslocam.s da Estrutura

Coord.	Deslocam.
1	-1.866
2	1.866

Momentos, Tensões e Cortantes

Vão	Seção	Momento	Sigma-S	Sigma-I	*	Cortante
1	1	.0	.0	.0	*	22.3
1	2	46.9	-166.6	189.4	*	16.4
1	3	79.8	-326.4	378.2	*	11.6
1	4	103.1	-421.4	488.4	*	7.7
1	5	117.0	-478.4	554.4	*	3.8
1	6	121.7	-497.4	576.5	*	.0
1	7	117.0	-478.4	554.4	*	-3.8
1	8	103.1	-421.4	488.4	*	-7.7
1	9	79.8	-326.4	378.2	*	-11.6
1	10	46.9	-166.6	189.4	*	-16.4
1	11	.0	.0	.0	*	-22.3

Reação Núm. 1 = 23.0  
Reação Núm. 2 = 23.0

\*\*\*\*\*  
DNIT - DER/RJ \* BR 230 Viaduto Estaca 425 \*\*\* Rev. 0 \*\*\*\*\*  
Fase 1 - Viga Isolada \*\* Viga A \* L = 21.00m \*\*\*\* Out/13 \*\*\*  
\*\*\*\*\*

\*\* Concretagem da laje superior \*\*

Vão 1 Núm. de Pt.s 11

Carga Distribuída

1.160	1.160	1.160	1.160	1.160	1.160
1.160	1.160	1.160	1.160	1.160	1.160

Cargas Concentradas

XR	P
12.15	.88

Cargas Nodais

PT	P
1	.98
11	.98

Deslocam.s da Estrutura

Coord.	Deslocam.
1	-1.354
2	1.354

Momentos, Tensões e Cortantes

Vão	Seção	Momento	Sigma-S	Sigma-I	*	Cortante
1	1	.0	.0	.0	*	14.5
1	2	31.9	-113.3	128.8	*	11.7
1	3	56.9	-232.7	269.7	*	8.9
1	4	75.1	-307.1	355.9	*	6.1
1	5	86.5	-353.5	409.6	*	3.3
1	6	91.0	-371.8	430.9	*	.0
1	7	86.5	-353.5	409.6	*	-3.3
1	8	75.1	-307.1	355.9	*	-6.1
1	9	56.9	-232.7	269.7	*	-8.9
1	10	31.9	-113.3	128.8	*	-11.7
1	11	.0	.0	.0	*	-14.5

Reações da Estrutura

Reação Núm.	1 =	15.5
Reação Núm.	2 =	15.5

\*\*\*\*\*  
DNIT - DER/RJ \* BR 230 Viaduto Estaca 425 \*\*\* Rev. 0 \*\*\*\*\*  
Fase 1 - Viga Isolada \*\* Viga A \* L = 21.00m \*\*\*\* Out/13 \*\*\*  
\*\*\*\*\*

DESLOCAM.S DA ESTRUTURA DEVIDOS A PROTENSÃO - Pk Superior

COORD.	DESLOCAM.
1	4.714
2	-4.714

MOMENTOS, TENSÕES E CORTANTES  
Isostático + Hiperestático de Protensão - Pk Superior

VÃO	SEÇÃO	MOMENTO	TENSÃO F.SUP.	TENSÃO F.INF.	TENSÃO C.G.	CORTANTE
1	1	-66.3	-153.6	-657.0	-389.2 *	-35.2
1	2	-144.5	118.4	-978.9	-395.1 *	-28.4
1	3	-210.1	241.0	-1613.3	-617.9 *	-20.1
1	4	-250.4	396.4	-1812.7	-626.9 *	-10.8
1	5	-268.6	463.6	-1906.9	-634.4 *	-3.2
1	6	-270.9	467.6	-1923.3	-639.9 *	.0
1	7	-268.6	463.6	-1906.9	-634.4 *	3.2
1	8	-250.4	396.4	-1812.7	-626.9 *	10.8
1	9	-210.1	241.0	-1613.3	-617.9 *	20.1
1	10	-144.5	118.4	-978.9	-395.1 *	28.4
1	11	-66.3	-153.6	-657.0	-389.2 *	35.2

\*\*\*\*\*  
DNIT - DER/RJ \* BR 230 Viaduto Estaca 425 \*\*\* Rev. 0 \*\*\*\*\*  
Fase 1 - Viga Isolada \*\* Viga A \* L = 21.00m \*\*\*\* Out/13 \*\*\*  
\*\*\*\*\*

QUADRO GERAL DE TENSÕES - Pk Superior - T=0

SEÇÃO		G1 I	PROT. II	I+II III	G2 IV	III+IV V
1	SS	.0	-142.1	-142.1	.0	-142.1
	SI	.0	-774.7	-774.7	.0	-774.7
2	SS	-166.6	151.1	-15.5	-113.3	-128.8
	SI	189.4	-1120.7	-931.3	128.8	-802.5
3	SS	-326.4	281.2	-45.1	-232.7	-277.8
	SI	378.2	-1822.9	-1444.6	269.7	-1174.9
4	SS	-421.4	450.3	28.9	-307.1	-278.2
	SI	488.4	-2038.2	-1549.9	355.9	-1194.0
5	SS	-478.4	525.3	46.8	-353.5	-306.6
	SI	554.4	-2141.5	-1587.0	409.6	-1177.4
6	SS	-497.4	529.3	31.8	-371.8	-340.0
	SI	576.5	-2157.8	-1581.4	430.9	-1150.5
7	SS	-478.4	525.3	46.8	-353.5	-306.6
	SI	554.4	-2141.5	-1587.0	409.6	-1177.4
8	SS	-421.4	450.3	28.9	-307.1	-278.2
	SI	488.4	-2038.2	-1549.9	355.9	-1194.0
9	SS	-326.4	281.2	-45.1	-232.7	-277.8
	SI	378.2	-1822.9	-1444.6	269.7	-1174.9
10	SS	-166.6	151.1	-15.5	-113.3	-128.8
	SI	189.4	-1120.7	-931.3	128.8	-802.5
11	SS	.0	-142.1	-142.1	.0	-142.1
	SI	.0	-774.7	-774.7	.0	-774.7

\*\*\*\*\*  
DNIT - DER/RJ \* BR 230 Viaduto Estaca 425 \*\*\* Rev. 0 \*\*\*\*\*  
Fase 1 - Viga Isolada \*\* Viga A \* L = 21.00m \*\*\*\* Out/13 \*\*\*  
\*\*\*\*\*

QUADRO GERAL DE TENSÕES - Pk Superior - T=Inf.

SEÇÃO		G1 I	PROT. II	I+II III	G2 IV	III+IV V
1	SS	.0	-153.6	-153.6	.0	-153.6
	SI	.0	-657.0	-657.0	.0	-657.0
2	SS	-166.6	118.4	-48.1	-113.3	-161.5
	SI	189.4	-978.9	-789.5	128.8	-660.7
3	SS	-326.4	241.0	-85.3	-232.7	-318.1
	SI	378.2	-1613.3	-1235.0	269.7	-965.4
4	SS	-421.4	396.4	-25.0	-307.1	-332.1
	SI	488.4	-1812.7	-1324.4	355.9	-968.5
5	SS	-478.4	463.6	-14.8	-353.5	-368.3
	SI	554.4	-1906.9	-1352.5	409.6	-942.9
6	SS	-497.4	467.6	-29.8	-371.8	-401.6
	SI	576.5	-1923.3	-1346.8	430.9	-915.9
7	SS	-478.4	463.6	-14.8	-353.5	-368.3
	SI	554.4	-1906.9	-1352.5	409.6	-942.9
8	SS	-421.4	396.4	-25.0	-307.1	-332.1
	SI	488.4	-1812.7	-1324.4	355.9	-968.5
9	SS	-326.4	241.0	-85.3	-232.7	-318.1
	SI	378.2	-1613.3	-1235.0	269.7	-965.4
10	SS	-166.6	118.4	-48.1	-113.3	-161.5
	SI	189.4	-978.9	-789.5	128.8	-660.7
11	SS	.0	-153.6	-153.6	.0	-153.6
	SI	.0	-657.0	-657.0	.0	-657.0

\*\*\*\*\*  
DNIT - DER/RJ \* BR 230 Viaduto Estaca 425 \*\*\* Rev. 0 \*\*\*\*\*  
Fase 1 - Viga Isolada \*\* Viga A \* L = 21.00m \*\*\*\* Out/13 \*\*\*  
\*\*\*\*\*

DESLOCAM.S DA ESTRUTURA DEVIDOS A PROTENSÃO - Pk Inferior

COORD.	DESLOCAM.
1	4.425
2	-4.425

MOMENTOS, TENSÕES E CORTANTES  
Isostático + Hiperestático de Protensão - Pk Inferior

VÃO	SEÇÃO	MOMENTO	TENSÃO F.SUP.	TENSÃO F.INF.	TENSÃO C.G.	CORTANTE
1	1	-62.2	-139.6	-612.3	-360.8 *	-32.5
1	2	-134.9	111.5	-912.5	-367.7 *	-26.4
1	3	-196.5	225.8	-1508.2	-577.4 *	-18.8
1	4	-234.9	372.1	-1701.0	-588.2 *	-10.1
1	5	-253.0	436.6	-1795.6	-597.3 *	-3.0
1	6	-255.8	441.5	-1815.5	-604.0 *	.0
1	7	-253.0	436.6	-1795.6	-597.3 *	3.0
1	8	-234.9	372.1	-1701.0	-588.2 *	10.1
1	9	-196.5	225.8	-1508.2	-577.4 *	18.8
1	10	-134.9	111.5	-912.5	-367.7 *	26.4
1	11	-62.2	-139.6	-612.3	-360.8 *	32.5

\*\*\*\*\*  
DNIT - DER/RJ \* BR 230 Viaduto Estaca 425 \*\*\* Rev. 0 \*\*\*\*\*  
Fase 1 - Viga Isolada \*\* Viga A \* L = 21.00m \*\*\*\* Out/13 \*\*\*  
\*\*\*\*\*

QUADRO GERAL DE TENSÕES - Pk Inferior - T=0

SEÇÃO		G1 I	PROT. II	I+II III	G2 IV	III+IV V
1	SS	.0	-125.5	-125.5	.0	-125.5
	SI	.0	-756.2	-756.2	.0	-756.2
2	SS	-166.6	151.4	-15.2	-113.3	-128.5
	SI	189.4	-1085.8	-896.4	128.8	-767.6
3	SS	-326.4	274.9	-51.4	-232.7	-284.2
	SI	378.2	-1764.4	-1386.2	269.7	-1116.5
4	SS	-421.4	437.9	16.5	-307.1	-290.6
	SI	488.4	-1976.6	-1488.2	355.9	-1132.4
5	SS	-478.4	512.0	33.5	-353.5	-319.9
	SI	554.4	-2082.2	-1527.8	409.6	-1118.2
6	SS	-497.4	516.9	19.4	-371.8	-352.4
	SI	576.5	-2102.2	-1525.7	430.9	-1094.9
7	SS	-478.4	512.0	33.5	-353.5	-319.9
	SI	554.4	-2082.2	-1527.8	409.6	-1118.2
8	SS	-421.4	437.9	16.5	-307.1	-290.6
	SI	488.4	-1976.6	-1488.2	355.9	-1132.4
9	SS	-326.4	274.9	-51.4	-232.7	-284.2
	SI	378.2	-1764.4	-1386.2	269.7	-1116.5
10	SS	-166.6	151.4	-15.2	-113.3	-128.5
	SI	189.4	-1085.8	-896.4	128.8	-767.6
11	SS	.0	-125.5	-125.5	.0	-125.5
	SI	.0	-756.2	-756.2	.0	-756.2



\*\*\*\*\*  
DNIT - DER/RJ \* BR 230 Viaduto Estaca 425 \*\*\* Rev. 0 \*\*\*\*\*  
Fase 1 - Viga Isolada \*\* Viga A \* L = 21.00m \*\*\*\* Out/13 \*\*\*  
\*\*\*\*\*

QUADRO GERAL DE TENSÕES - Pk Inferior - T=Inf.

SEÇÃO		G1 I	PROT. II	I+II III	G2 IV	III+IV V
1	SS	.0	-139.6	-139.6	.0	-139.6
	SI	.0	-612.3	-612.3	.0	-612.3
2	SS	-166.6	111.5	-55.1	-113.3	-168.4
	SI	189.4	-912.5	-723.2	128.8	-594.3
3	SS	-326.4	225.8	-100.6	-232.7	-333.3
	SI	378.2	-1508.2	-1130.0	269.7	-860.3
4	SS	-421.4	372.1	-49.3	-307.1	-356.4
	SI	488.4	-1701.0	-1212.7	355.9	-856.8
5	SS	-478.4	436.6	-41.8	-353.5	-395.2
	SI	554.4	-1795.6	-1241.1	409.6	-831.5
6	SS	-497.4	441.5	-55.9	-371.8	-427.8
	SI	576.5	-1815.5	-1239.1	430.9	-808.2
7	SS	-478.4	436.6	-41.8	-353.5	-395.2
	SI	554.4	-1795.6	-1241.1	409.6	-831.5
8	SS	-421.4	372.1	-49.3	-307.1	-356.4
	SI	488.4	-1701.0	-1212.7	355.9	-856.8
9	SS	-326.4	225.8	-100.6	-232.7	-333.3
	SI	378.2	-1508.2	-1130.0	269.7	-860.3
10	SS	-166.6	111.5	-55.1	-113.3	-168.4
	SI	189.4	-912.5	-723.2	128.8	-594.3
11	SS	.0	-139.6	-139.6	.0	-139.6
	SI	.0	-612.3	-612.3	.0	-612.3

\*\*\*\*\*  
DNIT - DER/RJ \* BR 230 Viaduto Estaca 425 \*\*\* Rev. 0 \*\*\*\*\*  
Fase 1 - Viga Isolada \*\* Viga A \* L = 21.00m \*\*\*\* Out/13 \*\*\*  
\*\*\*\*\*

Fase 2 - Viga Conjunta (Viga Isolada + Laje Superior)

Dimensões Constantes

ALT. = 1.700      LLSU = 2.320      LLIN = .600  
ELSE = .000      BTES = .000      BTEI = .000  
BTIS = .000      HTIS = .150      HTES = .000  
HTEI = .000      ELSI = .200      ELII = .200  
ALSE = .000

Dimensões Variáveis

Seção	EALM	BTII	BTIN	HTII	HTIN
1	.600	.400	.000	.053	.000
2	.600	.400	.000	.053	.000
3	.250	.750	.350	.100	.200
4	.250	.750	.350	.100	.200
5	.250	.750	.350	.100	.200
6	.250	.750	.350	.100	.200

Seção	Área	VS	VI	Inércia	WS	WI	ME
1	1.435	.643	1.057	.401	.624	.379	.335
2	1.435	.643	1.057	.401	.624	.379	.335
3	1.094	.558	1.142	.340	.610	.298	.267
4	1.094	.558	1.142	.340	.610	.298	.267
5	1.094	.558	1.142	.340	.610	.298	.267
6	1.094	.558	1.142	.340	.610	.298	.267

OBS.- As demais seções não serao tabuladas, devido a simetria da Estrutura

\*\*\*\*\*  
DNIT - DER/RJ \* BR 230 Viaduto Estaca 425 \*\*\* Rev. 0 \*\*\*\*\*  
Fase 1 - Viga Isolada \*\* Viga A \* L = 21.00m \*\*\*\* Out/13 \*\*\*  
\*\*\*\*\*

\*\* Carregamento G2 = Barreiras + Guarda-corpo

Vão 1 Núm. de Pt.s 11

Carga Distribuída

.788	.788	.788	.788	.788	.788
.788	.788	.788	.788	.788	.788

Cargas Nodais

PT	P
1	.28
11	.28

Deslocam.s da Estrutura

Coord.	Deslocam.
1	-.438
2	.438

Momentos, Tensões e Cortantes

Vão	Seção	Momento	Sigma-S	Sigma-I	*	Cortante
1	1	.0	.0	.0	*	9.6
1	2	20.9	-33.6	55.2	*	7.7
1	3	37.2	-61.0	124.9	*	5.7
1	4	48.9	-80.1	164.0	*	3.8
1	5	55.8	-91.5	187.4	*	1.9
1	6	58.2	-95.3	195.2	*	.0
1	7	55.8	-91.5	187.4	*	-1.9
1	8	48.9	-80.1	164.0	*	-3.8
1	9	37.2	-61.0	124.9	*	-5.7
1	10	20.9	-33.6	55.2	*	-7.7
1	11	.0	.0	.0	*	-9.6

Reações da Estrutura

Reação Núm.	1 =	9.9
Reação Núm.	2 =	9.9

\*\*\*\*\*  
DNIT - DER/RJ \* BR 230 Viaduto Estaca 425 \*\*\* Rev. 0 \*\*\*\*\*  
Fase 1 - Viga Isolada \*\* Viga A \* L = 21.00m \*\*\*\* Out/13 \*\*\*  
\*\*\*\*\*

Trem-tipo considerado - TB-45

Membro	Carga P	Carga Q
1	7.91	1.579

Deslocam.s - Carga Móvel - TT TB-45  
=====

Deslocam.	DMax	DMin
1	.000	-1.700
2	1.700	.000

Reações - Carga Móvel - TT TB-45  
=====

Reação	RMax	RMin
1	41.5	.0
2	41.5	.0

\*\*\*\*\*  
DNIT - DER/RJ \* BR 230 Viaduto Estaca 425 \*\*\* Rev. 0 \*\*\*\*\*  
Fase 1 - Viga Isolada \*\* Viga A \* L = 21.00m \*\*\*\* Out/13 \*\*\*  
\*\*\*\*\*

Esforço Cortante - Carga Móvel - TT TB-45  
=====

Seção	Cort Max	Cort Min
1	41.5	.0
2	35.4	-1.3
3	29.8	-4.0
4	24.6	-7.4
5	19.7	-11.1
6	15.2	-15.2
7	11.1	-19.7
8	7.4	-24.6
9	4.0	-29.8
10	1.3	-35.4
11	.0	-41.5

Momento Fletor - Carga Móvel - TT TB-45  
=====

SEÇÃO	MP+	MP-	TENSÃO F. SUP (MP+)	TENSÃO F. INF (MP+)	TENSÃO F. SUP (MP-)	TENSÃO F. INF (MP-)
1	.0	.0	.0	.0	.0	.0
2	90.3	.0	-144.7	238.2	.0	.0
3	159.8	.0	-261.8	536.2	.0	.0
4	208.4	.0	-341.4	699.3	.0	.0
5	238.5	.0	-390.8	800.4	.0	.0
6	248.9	.0	-407.9	835.4	.0	.0
7	238.5	.0	-390.8	800.4	.0	.0
8	208.4	.0	-341.4	699.3	.0	.0
9	159.8	.0	-261.8	536.2	.0	.0
10	90.3	.0	-144.7	238.2	.0	.0
11	.0	.0	.0	.0	.0	.0

\*\*\*\*\*  
 DNIT - DER/RJ \* BR 230 Viaduto Estaca 425 \*\*\* Rev. 0 \*\*\*\*\*  
 Fase 1 - Viga Isolada \*\* Viga A \* L = 21.00m \*\*\*\* Out/13 \*\*\*  
 \*\*\*\*\*

Envoltória de Deslocamentos - D=DG+DP

TT TB-45

Deslocam.	Dg	Dp+	Dp-	D Max	D Min
1	.912	.000	-1.700	.912	-.788
2	-.912	1.700	.000	.788	-.912

OBS - Deslocamentos em mm  
 Rotações em Rad/1000

Envoltória de Momento Fletor- NBR-6118

TT TB-45

Seção	1.0*MP+1.5*MQ		1.35*MP+1.5*MQ	
	M MAX	M MIN	M MAX	M MIN
1	.0	.0	.0	.0
2	156.4	20.9	163.7	28.3
3	276.9	37.2	289.9	50.3
4	361.4	48.9	378.5	66.0
5	413.5	55.8	433.1	75.4
6	431.5	58.2	451.9	78.5
7	413.5	55.8	433.1	75.4
8	361.4	48.9	378.5	66.0
9	276.9	37.2	289.9	50.3
10	156.4	20.9	163.7	28.3
11	.0	.0	.0	.0

Quadro Geral de Momentos e Tensões

TT TB-45

Seção	MMax	MMin	Tensão F. Sup (MMax)	Tensão F. Inf (MMax)	Tensão F. Sup (MMin)	Tensão F. Inf (MMin)
1	.0	.0	.0	.0	.0	.0
2	111.3	20.9	-178.3	293.4	-33.6	55.2
3	197.0	37.2	-322.8	661.2	-61.0	124.9
4	257.2	48.9	-421.5	863.3	-80.1	164.0
5	294.3	55.8	-482.3	987.8	-91.5	187.4
6	307.1	58.2	-503.2	1030.6	-95.3	195.2
7	294.3	55.8	-482.3	987.8	-91.5	187.4
8	257.2	48.9	-421.5	863.3	-80.1	164.0
9	197.0	37.2	-322.8	661.2	-61.0	124.9
10	111.3	20.9	-178.3	293.4	-33.6	55.2
11	.0	.0	.0	.0	.0	.0

\*\*\*\*\*  
DNIT - DER/RJ \* BR 230 Viaduto Estaca 425 \*\*\* Rev. 0 \*\*\*\*\*  
Fase 1 - Viga Isolada \*\* Viga A \* L = 21.00m \*\*\*\* Out/13 \*\*\*  
\*\*\*\*\*

Quadro Geral dos Cortantes- NBR-6118

TT TB-45

Seção	1.0*QP+1.5*QQ		1.35*QP+1.5*QQ	
	Q Max	Q Min	Q Max	Q Min
1	71.8	9.6	75.1	12.9
2	60.8	5.7	63.5	8.4
3	50.4	-3	52.5	1.7
4	40.7	-7.2	42.0	-5.9
5	31.4	-14.7	32.1	-14.1
6	22.8	-22.8	22.8	-22.8
7	14.7	-31.4	14.1	-32.1
8	7.2	-40.7	5.9	-42.0
9	.3	-50.4	-1.7	-52.5
10	-5.7	-60.8	-8.4	-63.5
11	-9.6	-71.8	-12.9	-75.1

Envoltória de Reações- NBR-6118

TT TB-45

Reação	1.0*RP+1.5*RQ		1.35*RP+1.5*RQ	
	R Max	R Min	R Max	R Min
1	110.7	48.4	127.6	75.5
2	110.7	48.4	127.6	75.5

\*\*\*\*\*  
DNIT - DER/RJ \* BR 230 Viaduto Estaca 425 \*\*\* Rev. 0 \*\*\*\*\*  
Fase 1 - Viga Isolada \*\* Viga A \* L = 21.00m \*\*\*\* Out/13 \*\*\*  
\*\*\*\*\*

QUADRO GERAL DE TENSÕES - Pk Superior

SEÇÃO	F1 I	PROT. II	I+II III	G3 IV	III+IV V	MP+ VI	MP- VII	V+VI VIII	V+VII IX
1	SS 0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	SS' -153.6	0.0	-153.6	0.0	-153.6	0.0	0.0	-153.6	-153.6
	SI -657.0	0.0	-657.0	0.0	-657.0	0.0	0.0	-657.0	-657.0
2	SS 0.0	0.0	0.0	-33.6	-33.6	-144.7	0.0	-178.3	-33.6
	SS' -161.5	0.0	-161.5	-23.2	-184.7	-99.7	0.0	-284.3	-184.7
	SI -660.7	0.0	-660.7	55.2	-605.5	238.2	0.0	-367.3	-605.5
3	SS 0.0	0.0	0.0	-61.0	-61.0	-261.8	0.0	-322.8	-61.0
	SS' -318.1	0.0	-318.1	-39.1	-357.2	-167.9	0.0	-525.1	-357.2
	SI -965.4	0.0	-965.4	124.9	-840.5	536.2	0.0	-304.3	-840.5
4	SS 0.0	0.0	0.0	-80.1	-80.1	-341.4	0.0	-421.5	-80.1
	SS' -332.1	0.0	-332.1	-51.4	-383.5	-219.0	0.0	-602.4	-383.5
	SI -968.5	0.0	-968.5	164.0	-804.5	699.3	0.0	-105.2	-804.5
5	SS 0.0	0.0	0.0	-91.5	-91.5	-390.8	0.0	-482.3	-91.5
	SS' -368.3	0.0	-368.3	-58.7	-427.0	-250.7	0.0	-677.6	-427.0
	SI -942.9	0.0	-942.9	187.4	-755.5	800.4	0.0	44.9	-755.5
6	SS 0.0	0.0	0.0	-95.3	-95.3	-407.9	0.0	-503.2	-95.3
	SS' -401.6	0.0	-401.6	-61.1	-462.7	-261.6	0.0	-724.4	-462.7
	SI -915.9	0.0	-915.9	195.2	-720.7	835.4	0.0	114.7	-720.7
7	SS 0.0	0.0	0.0	-91.5	-91.5	-390.8	0.0	-482.3	-91.5
	SS' -368.3	0.0	-368.3	-58.7	-427.0	-250.7	0.0	-677.6	-427.0
	SI -942.9	0.0	-942.9	187.4	-755.5	800.4	0.0	44.9	-755.5
8	SS 0.0	0.0	0.0	-80.1	-80.1	-341.4	0.0	-421.5	-80.1
	SS' -332.1	0.0	-332.1	-51.4	-383.5	-219.0	0.0	-602.4	-383.5
	SI -968.5	0.0	-968.5	164.0	-804.5	699.3	0.0	-105.2	-804.5
9	SS 0.0	0.0	0.0	-61.0	-61.0	-261.8	0.0	-322.8	-61.0
	SS' -318.1	0.0	-318.1	-39.1	-357.2	-167.9	0.0	-525.1	-357.2
	SI -965.4	0.0	-965.4	124.9	-840.5	536.2	0.0	-304.3	-840.5
10	SS 0.0	0.0	0.0	-33.6	-33.6	-144.7	0.0	-178.3	-33.6
	SS' -161.5	0.0	-161.5	-23.2	-184.7	-99.7	0.0	-284.3	-184.7
	SI -660.7	0.0	-660.7	55.2	-605.5	238.2	0.0	-367.3	-605.5
11	SS 0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	SS' -153.6	0.0	-153.6	0.0	-153.6	0.0	0.0	-153.6	-153.6
	SI -657.0	0.0	-657.0	0.0	-657.0	0.0	0.0	-657.0	-657.0



\*\*\*\*\*  
DNIT - DER/RJ \* BR 230 Viaduto Estaca 425 \*\*\* Rev. 0 \*\*\*\*\*  
Fase 1 - Viga Isolada \*\* Viga A \* L = 21.00m \*\*\*\* Out/13 \*\*\*  
\*\*\*\*\*

QUADRO GERAL DE TENSÕES - Pk Inferior

SEÇÃO	F1 I	PROT. II	I+II III	G3 IV	III+IV V	MP+ VI	MP- VII	V+VI VIII	V+VII IX
1 SS	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SS'	-139.6	0.0	-139.6	0.0	-139.6	0.0	0.0	-139.6	-139.6
SI	-612.3	0.0	-612.3	0.0	-612.3	0.0	0.0	-612.3	-612.3
2 SS	0.0	0.0	0.0	-33.6	-33.6	-144.7	0.0	-178.3	-33.6
SS'	-168.4	0.0	-168.4	-23.2	-191.6	-99.7	0.0	-291.2	-191.6
SI	-594.3	0.0	-594.3	55.2	-539.1	238.2	0.0	-300.9	-539.1
3 SS	0.0	0.0	0.0	-61.0	-61.0	-261.8	0.0	-322.8	-61.0
SS'	-333.3	0.0	-333.3	-39.1	-372.4	-167.9	0.0	-540.3	-372.4
SI	-860.3	0.0	-860.3	124.9	-735.4	536.2	0.0	-199.2	-735.4
4 SS	0.0	0.0	0.0	-80.1	-80.1	-341.4	0.0	-421.5	-80.1
SS'	-356.4	0.0	-356.4	-51.4	-407.8	-219.0	0.0	-626.7	-407.8
SI	-856.8	0.0	-856.8	164.0	-692.8	699.3	0.0	6.5	-692.8
5 SS	0.0	0.0	0.0	-91.5	-91.5	-390.8	0.0	-482.3	-91.5
SS'	-395.2	0.0	-395.2	-58.7	-453.9	-250.7	0.0	-704.5	-453.9
SI	-831.5	0.0	-831.5	187.4	-644.1	800.4	0.0	156.3	-644.1
6 SS	0.0	0.0	0.0	-95.3	-95.3	-407.9	0.0	-503.2	-95.3
SS'	-427.8	0.0	-427.8	-61.1	-488.9	-261.6	0.0	-750.6	-488.9
SI	-808.2	0.0	-808.2	195.2	-613.0	835.4	0.0	222.4	-613.0
7 SS	0.0	0.0	0.0	-91.5	-91.5	-390.8	0.0	-482.3	-91.5
SS'	-395.2	0.0	-395.2	-58.7	-453.9	-250.7	0.0	-704.5	-453.9
SI	-831.5	0.0	-831.5	187.4	-644.1	800.4	0.0	156.3	-644.1
8 SS	0.0	0.0	0.0	-80.1	-80.1	-341.4	0.0	-421.5	-80.1
SS'	-356.4	0.0	-356.4	-51.4	-407.8	-219.0	0.0	-626.7	-407.8
SI	-856.8	0.0	-856.8	164.0	-692.8	699.3	0.0	6.5	-692.8
9 SS	0.0	0.0	0.0	-61.0	-61.0	-261.8	0.0	-322.8	-61.0
SS'	-333.3	0.0	-333.3	-39.1	-372.4	-167.9	0.0	-540.3	-372.4
SI	-860.3	0.0	-860.3	124.9	-735.4	536.2	0.0	-199.2	-735.4
10 SS	0.0	0.0	0.0	-33.6	-33.6	-144.7	0.0	-178.3	-33.6
SS'	-168.4	0.0	-168.4	-23.2	-191.6	-99.7	0.0	-291.2	-191.6
SI	-594.3	0.0	-594.3	55.2	-539.1	238.2	0.0	-300.9	-539.1
11 SS	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SS'	-139.6	0.0	-139.6	0.0	-139.6	0.0	0.0	-139.6	-139.6
SI	-612.3	0.0	-612.3	0.0	-612.3	0.0	0.0	-612.3	-612.3

\*\*\*\*\*  
DNIT - DER/RJ \* BR 230 Viaduto Estaca 425 \*\*\* Rev. 0 \*\*\*\*\*  
Fase 1 - Viga Isolada \*\* Viga A \* L = 21.00m \*\*\*\* Out/13 \*\*\*  
\*\*\*\*\*

CÁLCULO DA ARMADURA TRANSVERSAL DEVIDA AO CORTANTE - NBR-6118

Ponte totalmente carregada

SEÇÃO	VDMAX	VDMIN	VRDMAX	TWD	TC	TD	RO	AS/S (CM)
1	125.	46.	96.	113.	0.	130.	.00299	.179
2	101.	34.	78.	92.	0.	106.	.00243	.146
3	80.	20.	63.	203.	0.	234.	.00538	.135
4	61.	6.	51.	166.	0.	190.	.00438	.109
5	42.	-8.	39.	126.	0.	144.	.00332	.083
6	-23.	23.	-23.	73.	0.	84.	.00194	.049
7	-42.	8.	-39.	126.	0.	144.	.00332	.083
8	-61.	-6.	-51.	166.	0.	190.	.00438	.109
9	-80.	-20.	-63.	203.	0.	234.	.00538	.135
10	-101.	-34.	-78.	92.	0.	106.	.00243	.146
11	-125.	-46.	-96.	113.	0.	130.	.00299	.179

Armadura Total (Cortante+Torção+Fadiga)- NBR-6118

Ponte totalmente carregada

Seção	AS/S (CM)		Espacamento				Transv. (CM)			
	Long.	Nerv.	1/4	5/16	3/8	1/2	1/4	5/16	3/8	1/2
1	.000	.179	30.	30.	30.	30.	0.	5.	8.	14.
2	.000	.156	30.	30.	30.	30.	0.	6.	9.	16.
3	.000	.168	30.	30.	30.	30.	0.	6.	8.	15.
4	.000	.172	30.	30.	30.	30.	0.	6.	8.	15.
5	.000	.172	30.	30.	30.	30.	0.	6.	8.	15.
6	.000	.100	30.	30.	30.	30.	6.	10.	14.	25.
7	.000	.172	30.	30.	30.	30.	0.	6.	8.	15.
8	.000	.172	30.	30.	30.	30.	0.	6.	8.	15.
9	.000	.168	30.	30.	30.	30.	0.	6.	8.	15.
10	.000	.156	30.	30.	30.	30.	0.	6.	9.	16.
11	.000	.179	30.	30.	30.	30.	0.	5.	8.	14.

## Dimensionamento da Laje

Os parâmetros para determinação dos momentos, serão aqueles fornecidos pelas tabelas do Prof. Rüsçh, de acordo com cada caso estrutural correspondente.

Laje do Balanço

Para Carga Permanente ( p.próprio e pavimento ) :

$$l_x = 1,16\text{m}$$

$$l_x \text{ para guarda rodas} = 0,90\text{cm}$$

Para Carga Permanente :

$$\text{Guarda - rodas} = 0,60\text{t/m}$$

$$p. \text{ próprio} + \text{ pavimento} = 0,72\text{t/m}^2$$

Carga Móvel – Trem tipo Classe 450kN

$$\text{Balanço reduzido} = 1,16 - 0,40 - 0,225 = 0,535\text{m}$$

$$P = 7,50\text{t}$$

$$\varphi = 1,40 - 2 \times 0,535 \times 0,007 = 1,393$$

$$P\varphi = 10,444\text{t}$$

$$p\varphi = 0,697\text{t/m}^2$$

Esforços Atuantes

Carga Permanente :

$$m_{xe} = 0,60 ( 1,16 - 0,20 ) + 0,74 \times 1,16^2/2 = -1,074\text{mt/m}$$

Seção junto ao Guarda - rodas :

$$m_{xe} = 0,60 \times 0,20 + 0,74 \times 0,20^2/2 = -0,135\text{mt/m}$$

Carga Móvel

Parâmetros para entrada na Tabela N° 98 do Prof. Rüsçh

$$l_x/a = 0,535/2 = 0,268$$

$$t/a = 0,425\text{m}$$

Temos então :

$$m_{xe} = 0,35 \times 10,444 = -3,655\text{mt/m}$$

$$m_{yr} = 0,18 \times 10,344 = 1,862\text{mt/m}$$

$$m_{xm} = 0,24 \times 10,344 = 2,483\text{mt/m}$$

$$m_{ym} = 0,115 \times 10,344 = 1,190\text{mt/m}$$

Impacto do Veículo na Barreira

Largura de distribuição a 45°

$$l = 2 \times 0,97 = 1,94\text{m}$$

$$m_{xe} = 6,0 \times 0,97/1,94 = -3,00\text{mt/m na junção do guarda - rodas.}$$

Distribuindo até o eixo da viga extrema, temos :

$$I = (1,16 - 0,40) \times 2 + 1,94 = 3,46\text{m}$$
$$mxe = 6 \times 0,97/3,46 = -1,682\text{mt/m}$$

Pesquisando na seção do balanço com 20cm de espessura, temos :

Distribuição a 45°

$$I = (1,30 - 0,40 - 0,85/2) \times 2 + 1,94 = 3,29\text{m}$$
$$mxe = -6 \times 0,97/3,29 = -1,769\text{mt/m}$$

Dimensionamento :

Seção junto ao Guarda - rodas :

$$mxed = 1,35 \times 0,135 + 1,50 \times 3,00 = -5,177\text{mt/m}$$

Seção na laje do balanço junto a aba da viga pré-moldada :

$$mxed = -1,35 \times 0,673 - 1,240 \times 1,50 = -2,769\text{mt/m}$$

Seção no eixo da viga extrema :

$$mxed = 1,35 \times 1,074 + 1,50 (3,655 + 1,682) = -9,455\text{mt/m}$$

Armaduras necessárias sem fadiga

Seção 1 – Junto ao Guarda - rodas :

$$mxed = -5,177\text{mt/m}$$
$$b = 1,00\text{m} \quad d = 0,175$$
$$bd^2 fcd = 1,00 \times 0,175^2 \times 2000 = 61,25$$
$$kmd = 0,085 \text{ **ok!**}$$

Seção 2 – Junto a Aba da Viga Pré-Moldada :

$$mxed = -7,449\text{mt/m}$$
$$kmd = 0,122 \text{ **ok!**}$$

Seção de aço Necessária :

$$As1 = 5,177/0,90 \times 4,348 \times 0,175 = 7,60 \text{ cm}^2/\text{m}$$
$$As2 = -5,469/0,9 \times 4,348 \times 0,175 = 7,98 \text{ cm}^2/\text{m}$$
$$As3 = -9,465/0,9 \times 4,48 \times 0,275 = 8,83 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Seção 3 – Eixo da Viga Pré-Moldada

$$b = 1,00\text{m} \quad h = 0,30\text{m} \quad d = 0,275\text{m} \quad mxe = -9,465\text{mt/m}$$
$$bd^2 fcd = 1,00 \times 0,275^2 \times 2000 = 151,25$$
$$kmd = 0,063 \text{ **ok!**}$$

Cálculo e dimensionamento da lajota que servirá como forma/escoramento da laje do tabuleiro.

Do ponto de vista estrutural, a lajota pré-moldada fará parte integrante da altura útil da laje do tabuleiro, devido as treliças de união desta lajota com a concretagem da laje do tabuleiro propriamente dita.

Vão da lajota pré-moldada

$$Ix = 2,32 - 1,00 + 0,07 = 1,79\text{m}$$
$$h = 0,07\text{m}$$
$$d = 0,07 - 0,025 = 0,045\text{m}$$

$$pp. \text{ total} = 0,20 \times 2,50 = 0,50\text{t/m}^2$$

Para placa com 30cm de largura, temos :

$$g = 0,20\text{t/m}^2$$

$$Mk = 0,20 \times 1,39^2/8 = 0,048\text{mt/placa}$$

$$Md = 0,068\text{mt/placa}$$

$$bd^2 fcd = 0,30 \times 0,045^2 \times 2000 = 1,21$$

$$kmd = 0,068/1,21 = 0,056$$

Embora a placa prescindia da armadura de compressão para sua estabilidade durante período de execução, esta armadura será colocada para “ligação placa pré-moldada x concreto posterior”.

Cálculo da fadiga, com limite de flutuação de tensão no aço de 1800kg/cm<sup>2</sup>, em serviço, considerando :

Laje Central :

$$m_{xm} \quad b = 1,00\text{m}$$

$$h = 0,20\text{m}$$

$$d = 0,175\text{m}$$

$$f_{yk} = 5000\text{kg/m}^2$$

$$f_{ck} = 3000\text{t/m}^2$$

$$M_{m\acute{a}x} = 1,441\text{mt/m}$$

$$M_{m\acute{i}n} = 0,154\text{mt/m}$$

$$A_s = 0,0003122\text{m}^2$$

$$m_{ym} \quad b = 1,00\text{m}$$

$$h = 0,20\text{m}$$

$$d = 0,175\text{m}$$

$$f_{yk} = 5000\text{t/m}^2$$

$$f_{ck} = 3000\text{t/m}^2$$

$$M_{m\acute{a}x} = 0,860 \text{ mt/m}$$

$$M_{m\acute{i}n} = 0,026\text{mt/m}$$

$$A_s = 0,0002528\text{m}^2$$

$$M_{xe} \quad b = 1,00\text{m}$$

$$h = 0,30\text{m}$$

$$d = 0,275\text{m}$$

$$f_{yk} = 5000\text{t/m}^2$$

$$f_{ck} = 3000\text{t/m}^2$$

$$M_{m\acute{a}x} = -2,989\text{mt/m}$$

$$M_{m\acute{i}n} = -0,308\text{mt/m}$$

$$A_s = 0,0003489\text{m}^2$$

Laje do Balanço :

Seção 1 – Junto ao Guarda - Rodas

$$b = 1,00\text{m}$$

$$h = 0,20\text{m}$$

$d = 0,175\text{m}$   
 $f_{yk} = 50000\text{t/m}^2$   
 $f_{ck} = 3000\text{t/m}^2$   
 $M_{\text{máx}} = -3,134\text{mt/m}$   
 $M_{\text{mín}} = -0,134\text{mt/m}$   
 $A_s = 0,000760\text{m}^2$

#### Seção 2 – Junto a Aba da Viga Extrema

$b = 1,00\text{m}$   
 $h = 0,20\text{m}$   
 $d = 0,175\text{m}$   
 $f_{yk} = 50000\text{t/m}^2$   
 $f_{ck} = 3000\text{t/m}^2$   
 $M_{\text{máx}} = 1,913\text{t/m}$   
 $M_{\text{mín}} = 0,673\text{mt/m}$   
 $A_s = 0,000798\text{m}^2$

#### Seção 3 – Seção no Eixo da Viga Extrema

$b = 1,00\text{m}$   
 $h = 0,30\text{m}$   
 $d = 0,275\text{m}$   
 $f_{yk} = 50000\text{t/m}^2$   
 $f_{ck} = 3000\text{t/m}^2$   
 $M_{\text{máx}} = 4,872\text{mt/m}$   
 $M_{\text{mín}} = 1,252\text{mt/m}$   
 $A_s = 0,0008828\text{m}^2$

Verificação do coeficiente de majoração das armaduras pelo efeito da fadiga.

Adotado critério da Tabela 23,2, com  $\Delta f_{sd}$ ,  $f_{ad}$ , min para  $2 \times 10^6$  ciclos, armadura passiva do aço CA-50, para o caso de “Barras retas ou dobradas com  $D > 25\varnothing$ ”.

Considerando que a bitola máxima é de 12.5mm, temos o valor para amplitude da variação da tensão da armadura de 190MPa.

As unidades para determinação da tensão “máxima” e “mínima” na armadura são :

$f_{ck} = 30\text{MPa}$   
 $E_f = 210.000\text{MPa}$   
Área de aço em  $\text{m}^2$

Momento máximo e mínimo em  $\text{mt/m}$   
Tensão na armadura em  $\text{kg/cm}^2$

A seguir, os resultados para Laje Central do Balanço :

### **Lajes Centrais**

Dimensionamento através das tabelas de Rüsçh.

Materiais  
 $l_x = 2,32\text{m}$

$$l_y/a = \infty$$

$$h = 0,20\text{m}$$

$$d = 0,175\text{m}$$

Antes de iniciarmos o cálculo da Laje Central, necessita-se a verificação da condição de ligação laje balanço x primeira laje interna.

Momento de engastamento do balanço :  
 $M_{xeg} = -1,074\text{mt/m}$

Momento de engastamento perfeito da laje adjacente :  
 $l = 2,32\text{m}$   $g = 0,74\text{t/m}$   
 $M_{eng.} = 0,74 \times 2,32^2/12 = -0,332\text{mt/m}$

Pelos valores acima, podemos concluir que o balanço “engasta” a laje adjacente.

### Tabela de Rüsh – Caso Nr 27

Carga Permanente

$$g_1 = 0,20 \times 2,50 = 0,500\text{t/m}^2 \text{ peso próprio}$$

$$g_2 = 0,10 \times 2,40 = 0,24\text{t/m} \text{ pavimentação}$$

$$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} 0,740\text{t/m}$$

Carga Móvel

$$P = 7,50\text{t}$$

$$p = 0,50\text{t/m}^2$$

Impacto

$$\varphi = 1,40 - 0,7\% \times 2,32 = 1,384$$

$$P\varphi = 10,379\text{t}$$

$$p\varphi = 0,692\text{t/m}^2$$

### Esforços Atuantes

Carga Permanente

$$m_{xm} = 0,417 \times g \times l x^2 = 0,154\text{mt/m}$$

$$m_{ym} = 0,069 \times g \times l x^2 = 0,026\text{mt/m}$$

$$m_{xe} = -0,0833 \times g \times l x^2 = 0,308\text{mt/m}$$

onde,  $g \times l x^2 = 0,74 \times 2,32^2 = 3,983$

Carga Móvel

Parâmetros para entrada na tabela Nr 27, correspondente ao sentido de tráfego paralelo ao eixo Y.

$$l_x/a = 2,32/2,00 = 1,16$$

$$t/a = (0,45 + 2 \times 0,20)/2 = 0,425$$

Temos então,

Carga Móvel

$$m_{xm} = 0,122 \times 10,379 + 0,03 \times 0,692 = 1,287\text{mt/m}$$

$$m_{ym} = 0,076 \times 10,379 + 0,02 \times 0,692 = 0,834\text{mt/m}$$

$$m_{xe} = -(0,235 \times 10,379 + 0,35 \times 0,692) = -2,681\text{mt/m}$$

### Momentos de Cálculo para o Dimensionamento

$$m_{xmd} = 1,35 \times 0,154 + 1,50 \times 1,287 = 2,138 \text{ mt/m}$$

$$m_{ymd} = 1,35 \times 0,026 + 1,50 \times 0,834 = 1,286 \text{ mt/m}$$

$$m_{xed} = 1,35 \times 0,308 + 1,50 \times 2,681 = -4,437 \text{ mt/m}$$

### Cálculo das Armaduras

Para  $M_{xmd} = 2,138 \text{ mt/m}$

$$h = 0,175 \text{ m}$$

$$d = 0,175 \text{ m}$$

$$b = 1,00 \text{ m}$$

$$bd^2 f_{cd} = 1,00 \times 0,175^2 \times 2000 = 61,25$$

$$k_{md} = M_d / bd^2 f_{cd} = 0,035 \text{ ok!}$$

Para  $M_{ym} = 1,250 \text{ mt/m}$

$$d = 0,130 \text{ m}$$

$$bd^2 f_{cd} = 1,00 \times 0,13^2 \times 2000 = 33,80$$

$$k_{md} = 0,038 \text{ ok!}$$

Para  $M_{xed} = -4,437 \text{ mt/m}$

$$h = 0,35 \text{ m}$$

$$d = 0,325 \text{ m}$$

$$bd^2 f_{cd} = 1,00 \times 0,375^2 \times 2000 = 211,25$$

$$k_{md} = 0,021 \text{ ok!}$$

### Armaduras sem Coeficiente de Fadiga

$$A_s = 2,138 / 0,175 \times 0,90 \times 4,348 = 3,122 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_s = 1,286 / 0,13 \times 4,348 \times 0,90 = 2,528 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_s = 4,437 / 0,90 \times 0,325 \times 4,348 = 3,489 \text{ cm}^2/\text{m}$$

### Dimensionamento da Laje de Continuidade

#### Cálculo da Placa de Continuidade

-  $l_x = 0,83 \text{ m}$  / Faixa de 1m de Largura

- Área de Concreto -  $0,19 \times 1,0 = 0,19 \text{ m}^2$

- Inércia da Placa -  $I_{Placa} = \frac{bxh^3}{12} = \frac{1,0 \times 0,19^3}{12} = 5,72 \times 10^{-4} \text{ m}^4$

- FCK = 30 MPa

- Módulo de Elasticidade -  $E_{ct} = 5.600 \sqrt{f_{ck}} = 5.600 \sqrt{30} = 30.672,50 \text{ MPa}$

#### Momento de Inércia do Conjunto (Vigas+Laje)

-  $I_{c21} = 1,75 \text{ m}^4$  - P/ Viga de 21m

-  $I_{c30} = 2,57 \text{ m}^4$  - P/ Viga de 30m

#### Trem -Tipo Simplificado

$$P = 6 \times 7,5 \text{ t} = 45 \text{ t}$$

$$q_1 = 3 \times 0,5 \text{ t/m}^2 = 1,5 \text{ t/m}$$



$$q_2 = 9,8 \times 0,5 \text{ t/m}^2 = 4,9 \text{ t/m}$$

$$q = 6,4 \text{ t/m}$$

1 - Efeito devido a rotação de um único vão carregado.

$$M_0 = \frac{-4 E_c I_c P_{1,0,0}}{l_x} = 0$$

$$M_1 = \frac{M_0}{2} = 0$$

$$\theta_1 = \frac{p l^3}{15 E_c I_c}$$

$$\theta_2 = \frac{q l^3}{24 E_c I_c}$$

$$\theta \theta_1 = \frac{4,9 \times 20,30^3}{16 \times 3067250 \times 1,75} = 4,16 \times 10^{-4} \text{ rad}$$

$$\theta \theta_2 = \frac{6,4 \times 20,30^3}{24 \times 3067250 \times 1,75} = 4,16 \times 10^{-4} \text{ rad}$$

$$M_0 = \left( \frac{-4 \times 30067250 \times 5,72 \times 10^{-4}}{0,83} \right) \times 6,32 \times 10^{-4}$$

$$M_0 = -5,34 \text{ t/m}$$

$$M_1 = \frac{M_0}{2} = + \frac{5,34}{2} = 2,67 \text{ tm/m}$$

2- Dois vãos Adjacentes Carregados

$$M_0 = \left( \frac{-2 \times E_c \times I_{Placa}}{l_x} \right) \times \theta \left( \frac{-2 \times 30672250 \times 5,72 \times 10^{-4}}{0,83} \right) \times 6,32 \times 10^{-4}$$

$$M_0 = -2,67 \text{ t/m}$$

$$M_1 = \left( \frac{-2 \times 3067250 \times 5,72 \times 10^{-4}}{0,83} \right) \times 1,59 \times 10^{-3} = M_1 = -6,47 \text{ t/m}$$

$$\theta_1 = \frac{4,9 \times 29,3^2}{16 \times 3067250 \times 2,57} = 3,06 \times 10^{-4}$$

$$\theta_2 = \frac{6,4 \times 29,3^2}{16 \times 3067250 \times 2,57} = 1,26 \times 10^{-3} \text{ rad}$$

$$\theta = \theta_1 + \theta_2$$

$$\theta = 1,59 \times 10^{-3} \text{ rad}$$

### 3 - Recalque do Aparelho de Apoio Quando só um dos vãos é Carregado.

$$M_0 = \frac{6 \times E_n \times I_P \times \Delta n}{l^3}$$

$$a = 0,25m$$

$$b = 0,40m$$

$$h = 0,078m$$

$$E_n = 2G \times 0,69 \times \left(\frac{b}{n}\right)^2$$

$$E_n = 2 \times 100 \times 0,69 \times (0,047)^2$$

$$E_n = 9995,50 \text{ t/m}^2$$

### 4 - Relação Vertical Compatível com (Θ) por Apoio

$$R_1 = [45 + (6,4 \times 20,3)] \times \frac{1}{2} = 87,46t - \text{Vão } 21m$$

$$R_2 = [45 + (6,4 \times 29,3)] \times \frac{1}{2} = 116,26t - \text{Vão } 30m$$

$$R_1 = \frac{87,46}{5} = 17,49 \text{ t/Ap. Apoio}$$

$$R_2 = \frac{116,26}{5} = 23,25 \text{ t/Apolo}$$

$$\sigma_{n1} = \frac{R1}{ab} = \frac{17,49}{0,25 \times 0,4} = 174,9 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_{n2} = \frac{R2}{ab} = \frac{23,25}{0,25 \times 0,4} = 232,5 \text{ t/m}^2$$

$$\Delta_n = \frac{\sigma_{n1}}{E_n} h = \frac{232,5}{9995,5} \times 0,047 = 8,22 \times 10^{-4}$$

$$\Delta_n = \frac{\sigma_{n2}}{E_n} h = \frac{232,5}{9995,5} \times 0,047 = 1,09 \times 10^{-3}$$

$$M_0 = \left( \frac{6 \times 9995,5 \times 0,69 \times 5,72 \times 10^{-4}}{0,88^3} \right) \times 8,22 \times 10^{-4}$$

$$M_0 = 12,56tm$$

$$M_1 = -12,56tm$$

### Dimensionamento do Guarda Rodas

$$M = 6,0 \times 0,87 = 5,22 \text{ tm}$$

$$M/m = 5,22 / 1,74 = 3,0 \text{ t.m/m}$$

$$M_d = 1,4 \times 3,0 = 4,2 \text{ t.m/m}$$
$$b = 100 \text{ cm} = 1,0 \text{ m}$$
$$d = 40 - 4 = 36 \text{ cm} = 0,36 \text{ m}$$
$$f_{ck} = 30 \text{ Mpa}$$

Aço CA-50

$$K_{md} = M_d / (b \times d^2 \times f_{cd}) = 42,0 / (1,0 \times 0,36^2 \times 30 \times 10^3 / 1,4) = 0,015$$

Pela tabela:  $K_z = 0,991$

$$A_s = M_d / (K_z \times d \times f_{yd}) = 42,0 / (0,991 \times 0,36 \times 43,47) = 2,70 \text{ cm}^2/\text{m}$$
$$A_{smin} = A_c \times \rho_{min} \times 0,01 = 100 \times 36 \times 0,15 \times 0,01 = 5,4 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$b = 100 \text{ cm} = 1,0 \text{ m}$$
$$d = 22 - 4 = 18 \text{ cm} = 0,18 \text{ m}$$
$$f_{ck} = 30 \text{ Mpa}$$

Aço CA-50

$$K_{md} = M_d / (b \times d^2 \times f_{cd}) = 42,0 / (1,0 \times 0,18^2 \times 30 \times 10^3 / 1,4) = 0,060$$

Pela tabela:  $K_z = 0,963$

$$A_s = M_d / (K_z \times d \times f_{yd}) = 42,0 / (0,963 \times 0,18 \times 43,47) = 5,57 \text{ cm}^2/\text{m}$$
$$A_{smin} = A_c \times \rho_{min} \times 0,01 = 100 \times 18 \times 0,15 \times 0,01 = 2,7 \text{ cm}^2/\text{m}$$

### Dimensionamento da laje de transição

$$M_d = 1,35 \times M_g + 1,5 \times \varphi \times M_q$$
$$\varphi = 1,4 - 0,007 \times L$$
$$\varphi = 1,4 - 0,007 \times 4,0 = 1,372$$

Peso Próprio:  $\gamma \times h = 2,5 \times 0,25 = 0,625 \text{ tf/m}^2$

Carga Móvel:  $TB45 = 6 \times 7,5 / (6 \times 3) = 2,5 \text{ tf/m}^2$

$$M_g = 1,25 \text{ tfm}$$
$$M_q = 5,00 \text{ tfm}$$

$$M_d = 1,35 \times 1,25 + 1,5 \times 1,372 \times 5,0 = 11,98 \text{ tfm} = 119,8 \text{ kNm}$$
$$b = 100 \text{ cm} = 1,0 \text{ m}$$
$$d = 25 - 4 = 21 \text{ cm} = 0,21 \text{ m}$$
$$f_{ck} = 30 \text{ Mpa}$$

Aço CA-50

$$K_{md} = M_d / (b \times d^2 \times f_{cd}) = 119,8 / (1,0 \times 0,21^2 \times 30 \times 10^3 / 1,4) = 0,126$$

Pela tabela:  $K_z = 0,920$

$$A_s = M_d / (K_z \times d \times f_{yd}) = 119,8 / (0,920 \times 0,21 \times 43,47) = 14,26 \text{ cm}^2/\text{m}$$
$$A_{smin} = A_c \times \rho_{min} \times 0,01 = 100 \times 25 \times 0,15 \times 0,01 = 3,75 \text{ cm}^2/\text{m}$$

## Dimensionamento da Viga Transversina

### Vão de 21,00m

Cargas Permanentes:

Peso Próprio

$$g_1 = \gamma_c \times A = 2,5 \text{ t/m}^3 \times 0,30 \times 1,60 = 1,20 \text{ t/m}$$

Laje + Pav.

$$g_2 = ((\gamma_c \times h_{\text{laje}} + \gamma_{\text{pav}} \times h_{\text{pav}}) \times A) / l_{\text{viga}} = (2,5 \times 0,22 + 2,40 \times 0,07) \times 0,985 / 2,21 = 0,32 \text{ t/m}$$

$$g_1 + g_2 = 1,20 + 0,32 = 1,52 \text{ t/m}$$

Estrutura e Carregamento:

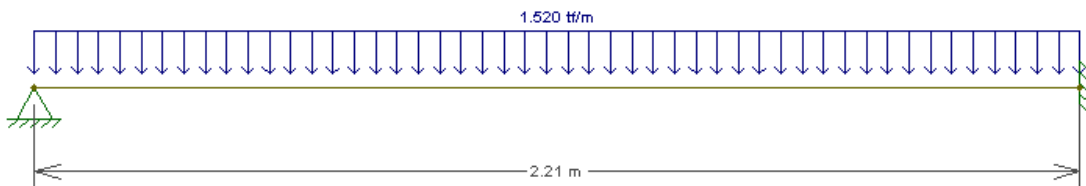


Diagrama de Momento – (tf.m):



Cargas Móveis:

Carga TB-45 Centrada

Estrutura e Carregamento

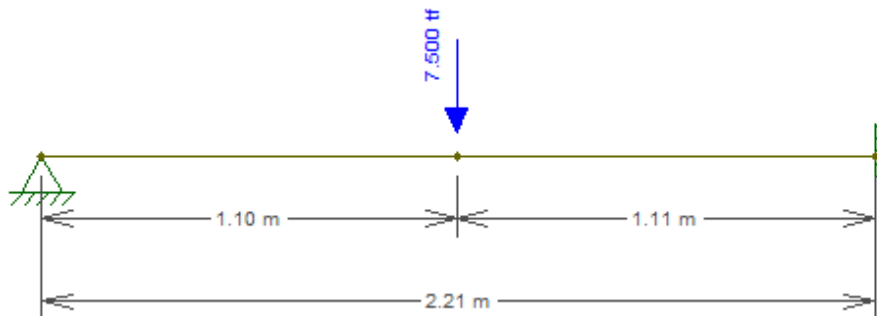


Diagrama de Momento – (tf.m):



- Verificação dos Momentos Máximos:

$$M_d = 1,35 \times M_g + 1,5 \times \varphi \times M_q$$

$$\varphi = 1,40 - 0,007 \times l = 1,40 - 0,007 \times 2,21 = 1,385$$

Momento	Mg (tf.m)	Mq (tf.m)	Md (tf.m)
Positivo	0,522	2,590	6,08
Negativo	0,928	3,103	7,7

Dimensionamento:

- Momento Positivo:

$$K_{md} = 0,0061$$

$$K_z = 0,997$$

$$A_s = 1,12 \text{ cm}^2$$

$$A_s \text{ min} = \mathbf{8,30 \text{ cm}^2}$$

- Momento Negativo:

$$K_{md} = 0,0077$$

$$K_z = 0,994$$

$$A_s = 1,43 \text{ cm}^2$$

$$A_s \text{ min} = \mathbf{8,30 \text{ cm}^2}$$

Verificação a fadiga:

- Momento Positivo:

$$x = 26,65 \text{ (Posição da linha neutral)}$$

Tensões na Armadura

$$\sigma_{\text{max}} = 295,68 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{min}} = 36,69 \text{ kgf/cm}^2$$

Coefficiente de Fadiga:

$K_f = 0,14$  - O efeito da fadiga pode ser desconsiderado nesta viga.

- Momento Negativo:

$$x = 26,65 \text{ (Posição da linha neutral)}$$

Tensões na Armadura

$$\sigma_{\text{max}} = 295,68 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{min}} = 43,04 \text{ kgf/cm}^2$$

Coefficiente de Fadiga:

$K_f = 0,14$  - O efeito da fadiga pode ser desconsiderado nesta viga.

## Processamento da Mesoestrutura

### Dimensionamento da Ala e Cortina

Esforços nas alas:

Trecho 1(retângulo):

$$\sigma_1 = \gamma \times h \times K_a = 1,8 \times 0,9 \times 0,33 = 0,53 \text{ t/m}^2 \rightarrow \text{Terreno}$$

$$\sigma_2 = q \times K_a = 0,5 \times 0,33 = 0,165 \text{ t/m}^2 \rightarrow \text{Sobrecarga}$$

$$E_1 = \sigma_1 \times h / 2 = 0,53 \times 0,9 / 2 = 0,24 \text{ t/m}$$

$$E_2 = \sigma_2 \times h = 0,165 \times 0,9 = 0,15 \text{ t/m}$$

$$M_1 = E_1 \times L / 2 = 0,24 \times 1,5 = 0,36 \text{ t.m/m}$$

$$M_2 = E_2 \times L / 2 = 0,15 \times 1,5 = 0,23 \text{ t.m/m}$$

$$M_{\text{total}} = 0,59 \text{ t.m/m}$$

Trecho2(triângulo):

$$\sigma_1 = \gamma \times h \times K_a = 1,8 \times 2,5 \times 0,33 = 1,49 \text{ t/m}^2 \rightarrow \text{Terreno}$$

$$\text{Media } \sigma_1 = (0,53 + 1,49) / 2 = 1,01 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_2 = q \times K_a = 0,5 \times 0,33 = 0,165 \text{ t/m}^2 \rightarrow \text{Sobrecarga}$$

$$E_1 = \sigma_1 \times h / 2 = 0,53 \times 1,6 + 1,49 \times 1,6 / 2 = 2,04 \text{ t/m}$$

$$E_2 = \sigma_2 \times h = 0,165 \times 1,6 = 0,26 \text{ t/m}$$

$$M_1 = E_1 \times L / 3 = 2,04 \times 1,0 = 2,04 \text{ t.m/m}$$

$$M_2 = E_2 \times L / 3 = 0,26 \times 1,5 = 0,26 \text{ t.m/m}$$

$$M_{\text{total}} = 2,3 \text{ t.m/m}$$

$$M_{1\text{total}} = 2,40 \text{ t.m/m}$$

$$M_{2\text{total}} = 0,49 \text{ t.m/m}$$

$$M_d = 1,35 \times M_{1\text{total}} + 1,5 \times M_{2\text{total}} = 1,35 \times 2,4 + 1,5 \times 0,49 = 3,975 \text{ t.m/m}$$

$$b = 100 \text{ cm} = 1,0 \text{ m}$$

$$d = 30 - 4 = 26 \text{ cm} = 0,26 \text{ m}$$

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

Aço CA-50

$$K_{md} = M_d / (b \times d^2 \times f_{cd}) = 39,75 / (1,0 \times 0,26^2 \times 30 \times 10^3 / 1,4) = 0,027$$

Pela tabela:  $K_z = 0,984$

$$A_s = M_d / (K_z \times d \times f_{yd}) = 39,75 / (0,984 \times 0,21 \times 43,47) = 3,57 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_{s\text{min}} = A_c \times \rho_{\text{min}} \times 0,01 = 100 \times 25 \times 0,15 \times 0,01 = 3,75 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Esforços nas cortinas: (Vão de 21,0m)

Altura da cortina de 1,90m:

$$\sigma_1 = \gamma \times h \times K_a = 1,8 \times 1,9 \times 0,33 = 1,12 \text{ t/m}^2 \rightarrow \text{Terreno}$$

$$\sigma_2 = q \times K_a = 0,5 \times 0,33 = 0,165 \text{ t/m}^2 \rightarrow \text{Sobrecarga}$$

$$E_1 = \sigma_1 \times h / 2 = 1,12 \times 1,9 / 2 = 1,06 \text{ t/m}$$

$$E_2 = \sigma_2 \times h = 0,165 \times 1,9 = 0,31 \text{ t/m}$$

$$M_1 = E_1 \times z_2 = 1,06 \times 0,63 = 0,67 \text{ t.m/m}$$

$$M_2 = E_2 \times z_1 = 0,31 \times 0,95 = 0,29 \text{ t.m/m}$$

$$M_d = 1,35 \times 0,67 + 1,5 \times 0,29 = 1,34 \text{ t.m/m}$$

$$b = 100 \text{ cm} = 1,0 \text{ m}$$

$$d = 30 - 4 = 26 \text{ cm} = 0,26 \text{ m}$$

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

Aço CA-50

$$K_{md} = M_d / (b \times d^2 \times f_{cd}) = 13,4 / (1,0 \times 0,26^2 \times 30 \times 10^3 / 1,4) = 0,009$$

Pela tabela:  $K_z = 0,995$

$$A_s = M_d / (K_z \times d \times f_{yd}) = 13,4 / (0,995 \times 0,26 \times 43,47) = 1,19 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_{smin} = A_c \times \rho_{min} \times 0,01 = 100 \times 30 \times 0,15 \times 0,01 = 4,50 \text{ cm}^2/\text{m}$$

### Dimensionamento do Console de Macaqueamento

Para as vigas de 25,00 m

$$P. \text{laje} = 37,67 \text{ tf}$$

$$P. \text{Próprio viga} = 30,46 \text{ tf}$$

$$\text{Total: } P = 68,13 \text{ tf}$$

$$\sigma_{yd} = 435 \text{ Mpa} = 4,35 \text{ tf/cm}^2$$

$$A / d = 25 / 50 = 0,50 < 1,0 \rightarrow \text{Console curto}$$

$$T_d = 1,4 \times P \times a / (0,8 \times d)$$

$$T_d = 1,4 \times 68,13 \times 25 / (0,8 \times 51) = 58,44 \text{ tf}$$

$$A_s = T_d / f_{yd}$$

$$A_s = 58,44 / (5 / 1,15) = 13,44 \text{ cm}^2$$

Verificação cisalhamento do concreto.

$$\text{Logo } \tau_d = 1,4 \times P / (b \times d) \leq 0,25 f_{cd}$$

$$\tau_d = 1,4 \times 58,44 / (0,5 \times 0,51) = 320,85 \text{ tf/m}^2$$

$$0,25 f_{cd} = 0,25 \times 3000 / 1,4 = 535,7 \text{ tf/m}^2$$

$$\tau_d \leq 0,25 f_{cd} \rightarrow 320,85 \text{ tf/m}^2 \leq 535,7 \text{ tf/m}^2 \text{ OK!}$$

### Dimensionamento do Aparelho de Apoio

#### Carga Normal Máxima

Todos os apoios são iguais :

<b>g1</b>	<b>g2</b>	<b>g3</b>	<b>CM</b>
23	15,5	9,9	41,5

$$\text{Valor p/cada apoio} = 23 + 15,5 + 9,9 + 41,5 = 89,9\text{t}$$

## Esforços Horizontais Longitudinais de Longa Duração

$\Delta$ Temp.

$$Ap1 \rightarrow 17,084/5 = 3,417$$

$$Ap2 \rightarrow 2,834/5 = 0,567$$

$$Ap3 \rightarrow -2,974/5 = -0,595$$

$$Ap4 \rightarrow -16,944/5 = -3,389$$

## Esforços Horizontais Longitudinais de Curta Duração

### Frenagem

$$Ap1 \rightarrow 6,656/5 = 1,331$$

$$Ap2 \rightarrow 3,265/5 = 0,653$$

$$Ap3 \rightarrow 3,511/5 = 0,702$$

$$Ap4 \rightarrow 6,656/5 = 1,331$$

### Esforços Horizontais Transversais de Curta Duração

$$Ap1 \rightarrow 6,390/5 = 1,278$$

$$Ap2 \rightarrow 7,876/5 = 1,575$$

$$Ap3 \rightarrow 8,157/5 = 1,631$$

$$Ap4 \rightarrow 6,295/5 = 1,259$$

### Rotação de Apoio na Montagem

1,866

### Rotação de Carregamento

1,7

## Dimensionamento da Viga Travessa

Temos os seguintes valores já transformados em “Md” através de  $1,35Mg + 1,50Mq$ .



### **Momentos Fletores :**

Sobre os pilares :  $M_d = -376 \text{ tf.m}$

No centro da travessa :  $M_d = 187 \text{ tf.m}$

### **Cortantes :**

Junto aos pilares, na parte externa :  $V_d = 239 \text{ t}$

Junto aos pilares, na parte interna :  $V_d = 344 \text{ t}$

A partir da figura acima, temos :

Para  $M(+)$   $b = 1,60 \text{ m}$   $h = 1,26 \text{ m}$   $bd^2 fcd = 1,60 \times 1,26^2 \times 2500/1,40 = 4536,00$

Para  $M(-)$   $b = 1,30 \text{ m}$   $h = 1,26 \text{ m}$   $bd^2 fcd = 1,30 \times 1,26^2 \times 2500/1,40 = 3685,50$

$k_{md+} = 376/4.536 = 0,083$

$k_{md-} = 187/3.685 = 0,051$

$A_s(+)$  =  $37,93 \text{ cm}^2 \rightarrow 14 \text{ } \varnothing 20,0 \text{ mm}$

$A_s(-)$  =  $76,26 \text{ cm}^2 \rightarrow 16 \text{ } \varnothing 25,0 \text{ mm}$

### **Esforços Cortantes**

$\tau = 334,0 ( 1,26 \times 1,30 ) = 203,91 \text{ t/m}^2$

$\tau_d = 1,15 \times \tau_m = 234,5 \text{ t/m}^2$

$H = \tau \times 1,30 \times 1,00 = 304,89 \text{ t/m}$

$A_s = 304,84 ( 4 \times 4,348 ) = 17,53 \text{ cm}^2/\text{m}$

$A_s = 12,54 \text{ cm}^2/\text{m}$  com 6 pernas  $\varnothing 12^5 \text{ c.12}$   
 $\varnothing 12^5 \text{ c.15}^5$

A seguir, o estudo da fadiga :

CÁLCULO DO FATOR DE FADIGA			CÁLCULO DO FATOR DE FADIGA		
Travessa Central			Travessa Extrema		
Mxe (Seção 3 e 7)			Mxm (Seção 5)		
Dados			Dados		
Fck	25	Mpa	Fck	25	Mpa
Ef	210000	Mpa	Ef	210000	Mpa
As	0,0078750	m <sup>2</sup>	As	0,0044100	m <sup>2</sup>
b	1,600	m	b	1,600	m
d	1,260	m	d	1,260	m
Mmáx	267,428	mt/m	Mmáx	125,516	mt/m
Mmin	157,872	mt/m	Mmin	96,150	mt/m
$\Delta\sigma$ limite	1850	kg/cm <sup>2</sup>	$\Delta\sigma$ limite	1850	kg/cm <sup>2</sup>
Ec	23800	Mpa	Ec	23800	Mpa
n	8,823529412	-	n	8,823529412	-
Prof. da linha neutra			Prof. da linha neutra		
x	0,29	m	x	0,22	m
Tensão na armadura			Tensão na armadura		
$\sigma$ smáx	2919,31054	Kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma$ smáx	2401,44568	Kg/cm <sup>2</sup>
$\sigma$ min	1723,37001	Kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma$ min	1839,59815	Kg/cm <sup>2</sup>
$\Delta\sigma$	1195,94054	Kg/cm <sup>2</sup>	$\Delta\sigma$	561,84752	Kg/cm <sup>2</sup>
Fator de Fadiga			Fator de Fadiga		
Kf	0,65	-	Kf	0,30	-
Armação fadigada			Armação fadigada		
Asfad	78,75	cm <sup>2</sup>	Asfad	44,10	cm <sup>2</sup>

## Dimensionamento dos Pilares

Cargas Permanentes – Pilar BR 230

Pilar Central

Carga Permanente

### V1/V5

Vão 21m – 52,01t

Vão 30m – 78,75t  
130,76t

### V2/V4

Vão 21m – 37,93t

Vão 30m – 58,65t  
96,58t

### V3

Vão 21m – 45,07t

Vão 30m – 68,85t  
113,92t

$$PP_{Trav} = Ax \cdot l \cdot Y_n$$

$$PP_{Trav} = 2,035 \times 12,8 \times 2,5 = 65,13t$$

$$PP_{Pilar} = 2,9 \times 0,6 \times 4,9 \times 2,5 = 21,5t$$

$$N_{gk} = [(2 \times (130,76 + 96,58)) + 113,92] + 65,13 + 21,5 = 655,23t$$

### Carga Móvel

#### V1/V5

$$\begin{aligned} \text{Vão 21m} &- 35,48t \\ \text{Vão 30m} &- \frac{41,04t}{76,52t} \end{aligned}$$

#### V2/V4

$$\begin{aligned} \text{Vão 21m} &- 44,42t \\ \text{Vão 30m} &- \frac{51,12t}{95,54t} \end{aligned}$$

#### V3

$$\begin{aligned} \text{Vão 21m} &- 42,84t \\ \text{Vão 30m} &- \frac{49,30t}{92,14t} \end{aligned}$$

$$N_{gk} = [(2 \times (76,52 + 95,54)) + 92,14] = 436,26t$$

$$N_d = 1,35 \times N_{gk} + 1,5 \times \varphi 1,25 \times 436,26$$

$$N_d = 1702,55t$$

### Cargas Horizontais

#### Frenagem e Aceleração

$$H_f = \frac{(0,3 \times 45)}{2} = 6,75$$

### Cargas Transversais

#### Carga de Vento

$$P_v = 0,1 \frac{t}{m^2}$$

#### Carregada

$$H_{V21} = \left[ 0,1 \times 4,0 \times \left( \frac{21}{2} \right) \right] = 4,2t - \text{Vão 21m}$$

$$H_{V30} = 0,1 \times 4,0 \times \left( \frac{30}{2} \right) = 6t - \text{Vão 30m}$$

$$H_v = 4,2 + 6 = 10,2t$$

#### Descarregada

$$H_{V21} = 0,1 \times 2,9 \times \left( \frac{21}{2} \right) = 3,05t - 21m$$

$$H_{V31} = 0,1 \times 2,9 \times \left( \frac{30}{2} \right) = 4,35t - \text{Vão 30m}$$

$$H_v = 3,05 + 4,35 = 7,4t$$

#### Momento torsor

Carga permanente -  $M_{tg} = 10,03 \text{ tfm}$   
 Carga móvel -  $M_{tq} = 18,83 \text{ tfm}$   
 $M_{td} = 1,35M_{tg} + 1,5 \varphi M_{tq}$   
 $M_{td} = 1,35 \times 10,03 + 1,5 \times 1,25 \times 18,83$   
 $M_{td} = 48,85 \text{ tfm}$

### Esforços de Cálculo

Combinação Elu

$$F_{cd} = 1,35 c_p + 1,5 \varphi c_{im} + 1,5 (0,7 H_{w1} + 0,5 H_{w2})$$

$$H_{d1} = 1,5 \times 1,25 \times 6,75 = 12,66t$$

$$H_{d2} = 1,5 \times 0,7 \times 10,2 = 10,71t$$

### Momento na Base do Pilar

1ª Ordem

$$M_g = H_{d1} \times h \quad M_{d1} = 12,66 \times 6,2 \approx 78,5tm$$

$$M_{d2} = (10,71 \times 6,3) + (1,5 \times 1,25 \times 176,55) = 398,50tm$$

- Excentricidades Mínimas

$$e_{1ymin} = 1,5 + 0,03h = 1,5 + 0,03 \times 60 = 3,3cm$$

$$e_{1ymin}' = 1,5 + 0,03 \times 200 = 7,50cm$$

- Momentos Mínimos

$$M_{1dxmin} = Nd \times C_{1x,min}$$

$$M_{1dxmin} = 1702,55 \times 0,033 = 56,18tm$$

$$M_{1dxmin} = Nd \times C_{1x,min}$$

$$1702,55 \times 0,075 = 127,7tm$$

### Comprimento de Flambagem

- Para Pilar engastado na base e livre no topo

$$l_e = 2l = 2 \times 6,30 = 12,60m$$

$$\lambda_1 = 35 \quad \lambda_x = \frac{l}{i} \quad A_B = 0,6 \times 2 = 1,2m^2$$

$$\lambda_x = \frac{3,46 f_g}{h_x} = \frac{3,46 \times 12,60}{0,6} = 72,66 \quad I_x = \frac{3 \times 0,6^3}{12} = 0,036 \text{ m}^4$$

Como  $\lambda_x > \lambda_1$  serão considerados os efeitos de 2ª ordem.

$$\lambda_y = \frac{3,46 f_g}{h_y} \quad A_b = 1,2 \text{ m}^2$$

$$\lambda_y = \frac{3,46 \times 12,6}{2} = 21,8 \quad I_y = \frac{0,6 \times 2^3}{12} = 0,4 \text{ m}^4$$

Como  $\lambda_y < \lambda_1$  – não serão considerados os efeitos de 2ª ordem.

$$A_c = 0,6 \times 2,0 = 1,20 \text{ m}^2$$

$$Fcd = \frac{fck}{\gamma_f} = \frac{2500}{1,4} = 1785,7 \text{ t/m}^2 \quad A_{cfed} = 2142,86 \text{ t}$$

### Força Normal Adimensional

$$\gamma = \frac{Nd}{A_{cfed}} = \frac{1702,55}{2142,86} = 0,79$$

### Curvatura Sujeita a Efeitos de 2ª Ordem

$$\frac{1}{V_x} = \frac{0,005}{hx(V + 0,5)} = \frac{0,005}{60 \times (0,79 + 0,5)} = 6,5 \times 10^{-5} \text{ cm}^{-1} \leq \frac{0,005}{h_x} = 8,3 \text{ x/c}$$

$$\frac{1}{V_y} = \frac{0,005}{200x(0,79 + 0,5)} = 19 \times 10^{-5} \text{ cm}^{-1} \leq \frac{0,005}{200} = 2,5 \times 10^{-5} \text{ cm}^{-1}$$

### Excentricidade de 2ª Ordem

$$e_{2x} = \frac{f_g^2}{10} \left( \frac{1}{V_x} \right) = \frac{1260^2}{10} \times 6,5 \times 10^{-5} = \frac{1260^2}{10} \times 6,5 \times 10^{-5} = 10,32 \text{ cm}$$

$$e_{2y} = \frac{f_g^2}{10} \left( \frac{1}{V_y} \right) = \frac{1260^2}{10} \times 1,9 \times 10^{-5} = \frac{1260^2}{10} \times 1,9 \times 10^{-5} = 3,02 \text{ cm}$$

### Momentos Finais

$$M_{dx} = \alpha_b M_{1dx} + Nd_{e2x} = (1 \times 78,5 + 48,85) + (1702,55 \times 0,1032) = 303,0 \text{ tm}$$

$$M_{dy} = \alpha_b M_{1dy} + Nd_{e2y} = (1 \times 398,50 + 1702,55 \times 0,03) = 449,6 \text{ tm}$$

### Esforços Adimensionais

$$\mu_x = \frac{M_{dx}}{h_y A_c fcd} = \frac{303}{0,60 \times 2142,86} \simeq 0,24$$

$$\mu_y = \frac{M_{dy}}{h_y A_c f_{cd}} = \frac{449,6}{2,0 \times 2142,86} \cong 0,10$$

- Pelo ábaco de J. Montoya temos para taxa mecânica de armadura:

$$W=0,82$$

$$A_s = \frac{w A_c f_{cd}}{f_{yd}} = \left( \frac{0,82 \times 2142,86}{5000} \right) \times 1,15 = 40,4 \text{ cm}^2$$

### Armadura Mínima

$$A_{s,min} = 0,15 \frac{N d}{f_{yd}} \geq 0,4\% A_c$$

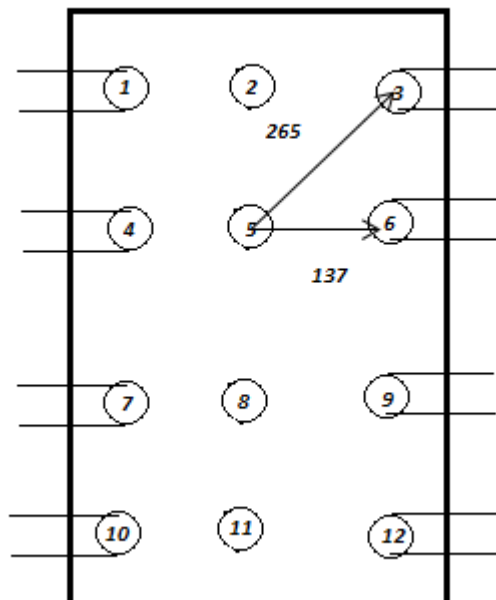
$$A_{s,min} = 0,15 \frac{17025,5}{50} = 44,4 \text{ cm}^2 \geq 0,004 \times 60 \times 200 = 48 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,min} = 48 \text{ cm}^2$$

### Processamento da Infraestrutura

Dimensionamento dos Blocos

Bloco Central



$$a_3^2 = b_3^2 + c_3^2$$

$$a_3^2 = 110^2 + 240^2$$

$$a^2 = 265 \text{ cm}$$

$$a_3^2 = b_3^2 + c_3^2$$

$$a_3^2 = 110^2 + 80^2$$

$$a_3 = 137 \text{ cm}$$

**EST 3**

$$a_3 = 265 \text{ cm}$$

$$h = 140 \text{ cm}$$

$$\text{tg}\alpha = 140/265 = 0,53$$

$$\alpha = 28^\circ$$

$$z = R/\text{tg}\alpha = 79,98/0,53 = 151 \text{ tf}$$

$$x = 110 \text{ cm}$$

$$y = 240 \text{ cm}$$

$$\text{tg}\theta = 110/240 = 0,46$$

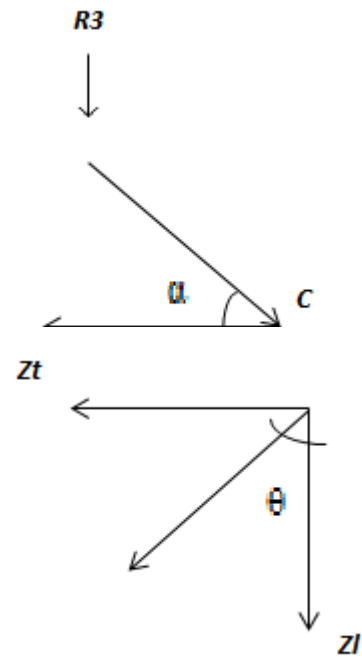
$$\theta = 22,6^\circ$$

$$z_{l3} = z \cdot \cos \theta$$

$$151 \cdot \cos 22,6^\circ = 139,4 \text{ tf}$$

$$z_{t3} = z \cdot \text{sen} \theta$$

$$151 \cdot \text{sen} 22,6^\circ = 58 \text{ tf}$$

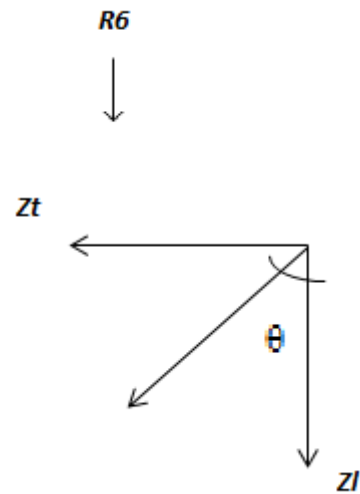


**EST 6**

$a_3 = 137 \text{ cm}$   
 $h = 140 \text{ cm}$   
 $\text{tg}\alpha = 137/140 = 0,98$   
 $z = R/\text{tg}\alpha = 79,98/0,98 = 81,6 \text{ tf}$

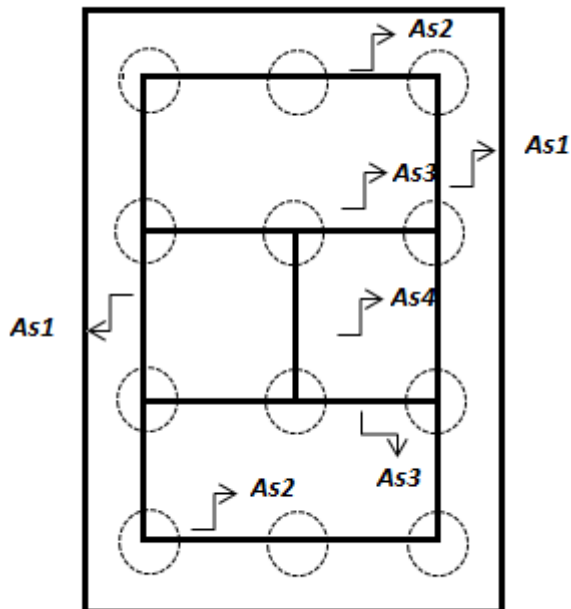
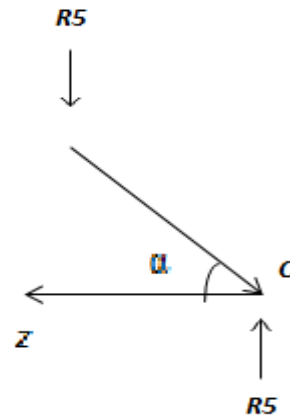
$x = 110 \text{ cm}$   
 $y = 80 \text{ cm}$   
 $\text{tg}\theta = 110/80 = 1,375$   
 $\theta = 53,97^\circ$

$z_{l3} = z \cdot \cos \theta = 81,6 \cdot \cos 53,97^\circ = 48 \text{ tf}$   
 $z_{t3} = z \cdot \sin \theta = 81,6 \cdot \sin 53,97^\circ = 66 \text{ tf}$



**EST 5**

$d = 80 \text{ cm}$   
 $h = 140 \text{ cm}$   
 $\text{tg}\alpha = 140/80 = 1,75$   
 $z = R/\text{tg}\alpha = 83,52/1,75 = 47,73 \text{ tf}$



$As_1 = (139,4 + 48)/4,348 = 43 \text{ cm}^2 \quad 14 \Phi 20 \text{ mm}$   
 $As_2 = (58)/4,348 = 13,34 \text{ cm}^2 \quad 5 \Phi 20 \text{ mm}$   
 $As_3 = (66)/4,348 = 15,18 \text{ cm}^2 \quad 5 \Phi 20 \text{ mm}$   
 $As_4 = (47,73)/4,348 = 10,98 \text{ cm}^2 \quad 4 \Phi 20 \text{ mm}$



### Cinta de ligação dos blocos dos encontros

Dados os diagramas:

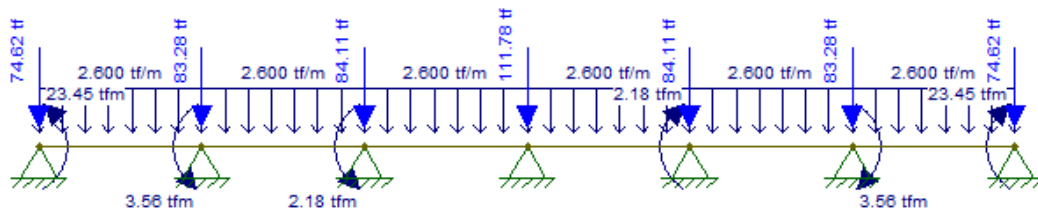


Diagrama de esforços Cortantes:

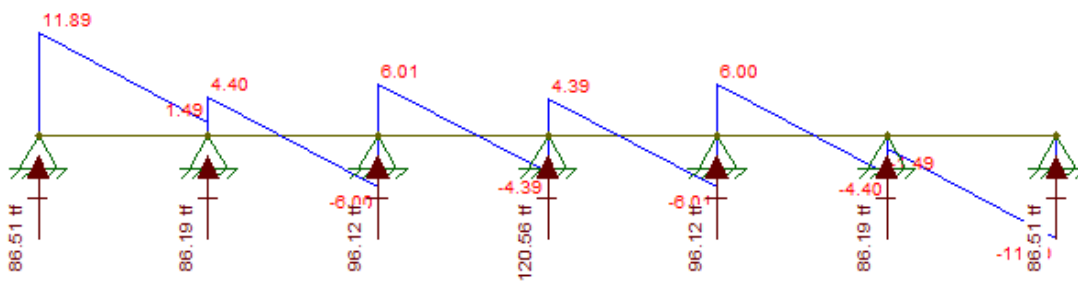
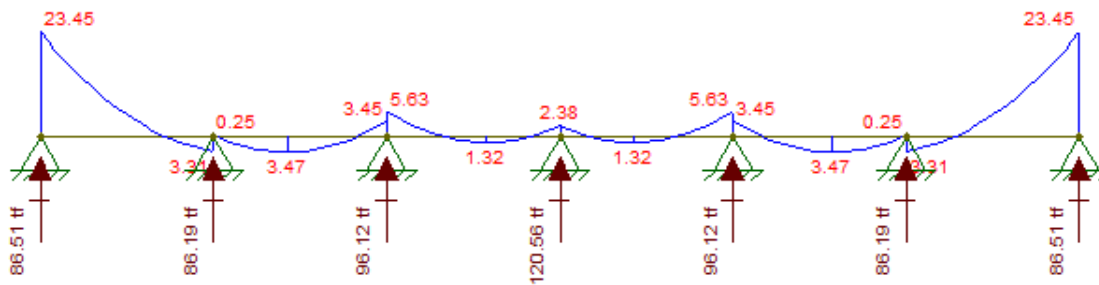


Diagrama de momentos fletores:



$$M_d = \gamma_f \times M_k$$

$$M_d = 1,4 \times 23,45 = \mathbf{32,83 \text{ tfm}}$$

$$V_d = \mathbf{16,65 \text{ tf}}$$

Para uma seção de 40 x 80 cm

### Dimensionamento à Flexão

<b>d</b>	76	cm
<b>f<sub>cd</sub></b>	21,43	MPa
<b>k<sub>md</sub></b>	0,066	-
<b>k<sub>x</sub></b>	0,102	-
<b>k<sub>z</sub></b>	0,959	-
<b>x</b>	7,73	cm
<b>z</b>	72,91	cm
<b>ε<sub>c</sub></b>	0,113	-
<b>ε<sub>s</sub></b>	1,000	-
<b>Domínio</b>	2	-
<b>σ<sub>Sd</sub></b>	4,35	tf/cm <sup>2</sup>
<b>A<sub>s,min</sub></b>	5,54	cm <sup>2</sup>
<b>A<sub>s,max</sub></b>	128,00	cm <sup>2</sup>
<b>A<sub>s</sub></b>	<b>10,36</b>	<b>cm<sup>2</sup></b>

Adotou-se 6 Φ 16 mm

### Dimensionamento ao Corte

<b>f<sub>ctd</sub></b>	1,45	MPa
<b>f<sub>ywd</sub></b>	434,78	MPa
<b>α<sub>v2</sub></b>	0,88	-
<b>V<sub>Rd2</sub></b>	154,78	tf
<b>V<sub>c</sub></b>	26,42	tf
<b>V<sub>sw</sub></b>	-9,77	tf
<b>A<sub>sw,min/s</sub></b>	5,33	cm <sup>2</sup> /m
<b>A<sub>sw/s</sub></b>	<b>-3,28</b>	<b>cm<sup>2</sup>/m</b>

## Dimensionamento das Estacas

\*\*\*\*\*  
PROJETO 3771 ESTACA 425 EXTREMIDADE VÃO 21m  
CALCULO DO ESTAQUEAMENTO  
\*\*\*\*\*

Uso licenciado para a firma:  
SFENG Consultoria Ltda.

Num. de Estacas = 2

E = 2100000.                      G = 875000.

Estacas rotuladas no Bloco e na Base

Características Geométricas das Estacas

AX= 0.1300    IX= 0.000140    IY= 0.001400    IZ= 0.001400

EST.	XI	YI	ZI	XF	YF	ZF	COMPR.
1	-0.700	0.000	0.000	-0.700	-10.000	0.000	10.000
2	0.700	0.000	0.000	0.700	-10.000	0.000	10.000

\*\*\*\*\*  
PROJETO 3771 ESTACA 425 EXTREMIDADE VÃO 21m  
CALCULO DO ESTAQUEAMENTO  
\*\*\*\*\*

B1: 2 estacas

Forca-X	Forca-Y	Forca-Z	Mom. -X	Mom. -Y	Mom. -Z
-3.02	-156.79	-1.04	-48.74	0.00	-34.10

Deslocamentos e Rotacoes no Topo do Bloco

Desl. -X	Desl. -Y	Desl. -Z	Rot. -X	Rot. -Y	Rot. -Z
0.00000	-0.00287	0.00000	-0.00005	0.00000	-0.00127

Forças e Momentos no Topo da Estaca (Sistema Local)						
EST.	FORC-X	FORC-Y	FORC-Z	MOM.-X	MOM.-Y	MOM.-Z
1	54.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	102.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Forças e Momentos na Base da Estaca (Sistema Local)						
EST.	FORC-X	FORC-Y	FORC-Z	MOM.-X	MOM.-Y	MOM.-Z
1	-54.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-102.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

\*\*\*\*\*  
 PROJETO 3771 ESTACA 425 INTEGRAÇÃO ENTRE VÃO DE 21m E 21m  
 CALCULO DO ESTAQUEAMENTO  
 \*\*\*\*\*

Uso licenciado para a firma:  
 SFENG Consultoria Ltda.

Num. de Estacas = 12

E = 2100000.                      G = 875000.

Estacas rotuladas no Bloco e na Base

Características Geométricas das Estacas

AX= 0.1300    IX= 0.000140    IY= 0.001400    IZ= 0.001400

EST.	XI	YI	ZI	XF	YF	ZF	COMPR.
1	-1.100	0.000	-2.400	-3.179	-9.781	-2.400	10.000
2	0.000	0.000	-2.400	0.000	-10.000	-2.400	10.000
3	1.100	0.000	-2.400	3.179	-9.781	-2.400	10.000
4	-1.100	0.000	-0.800	-3.179	-9.781	-0.800	10.000
5	0.000	0.000	-0.800	0.000	-10.000	-0.800	10.000
6	1.100	0.000	-0.800	3.179	-9.781	-0.800	10.000
7	-1.100	0.000	0.800	-3.179	-9.781	0.800	10.000
8	0.000	0.000	0.800	0.000	-10.000	0.800	10.000
9	1.100	0.000	0.800	3.179	-9.781	0.800	10.000
10	-1.100	0.000	2.400	-3.179	-9.781	2.400	10.000
11	0.000	0.000	2.400	0.000	-10.000	2.400	10.000
12	1.100	0.000	2.400	3.179	-9.781	2.400	10.000

\*\*\*\*\*  
 PROJETO 3771 ESTACA 307 INTEGRAÇÃO ENTRE VÃO DE 21m E 21m  
 CALCULO DO ESTAQUEAMENTO  
 \*\*\*\*\*

B1: 12 estacas com inclinação vertical de 12°

Forca-X	Forca-Y	Forca-Z	Mom. -X	Mom. -Y	Mom. -Z
-3.02	-775.93	-1.04	-135.12	0.00	-183.91

Deslocamentos e Rotacoes no Topo do Bloco

Desl.-X Desl.-Y Desl.-Z Rot.-X Rot.-Y Rot.-Z  
\*\*\*\*\* -0.00244 0.00000 -0.00013 -0.00088\*\*\*\*\*

Forças e Momentos no Topo da Estaca (Sistema Local)						
EST.	FORC-X	FORC-Y	FORC-Z	MOM.-X	MOM.-Y	MOM.-Z
1	53.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	75.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	53.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	53.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	69.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	53.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	53.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	63.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	53.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	53.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	57.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	53.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Forças e Momentos na Base da Estaca (Sistema Local)						
EST.	FORC-X	FORC-Y	FORC-Z	MOM.-X	MOM.-Y	MOM.-Z
1	-53.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-75.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	-53.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	-53.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	-69.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	-53.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	-53.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	-63.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	-53.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	-53.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	-57.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	-53.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

3.4.3 – Memória de Cálculo das Quantidades

INFRAESTRUTURA							
2 S 03 322 00	Conc.estr.fck=10 MPa-contr.raz.uso ger.conf.e lanç						
Q =	7,54 m <sup>3</sup>						
Concreto de regularização							
		X (m)	Y (m)	Z (m)	Quantidade	Volume (m <sup>3</sup> )	
BE1=BE2 (A,C,D,E,F,G)		2,30	1,10	0,10	12	3,04	
BE1=BE2 (B)		2,30	2,10	0,10	2	0,97	
B1(A,B)		3,10	5,70	0,10	2	3,53	
<b>TOTAL (m<sup>3</sup>)</b>						<b>7,54</b>	
Estaca raiz D=410mm, perfurada em solo incluindo fornecimento de todos os materiais e injeção							
		Quantidade	Comprimento (m)	Total (m)			
BE1		14	10,00	140,00			
BE2		14	10,00	140,00			
B1		20	10,00	200,00			
<b>TOTAL (m)</b>				<b>660,00</b>			
2 S 03 329 03	Conc.estr.fck=25 MPa-contr.raz.uso ger.conf.e lanç						
Q =	123,84 m <sup>3</sup>						
		X (m)	Y (m)	Z (m)	Quantidade	Volume (m <sup>3</sup> )	
BE1=BE2 (A,C,D,E,F,G)		2,20	1,00	1,40	12	36,96	
BE1=BE2 (B)		2,20	2,00	2,40	2	21,12	
B1(A,B)		3,00	5,60	1,50	2	50,40	
CE1=CE2 (a,b,c,d,e,f)		0,40	4,00	0,80	12	15,36	
<b>TOTAL (m<sup>3</sup>)</b>						<b>123,84</b>	
2 S 03 580 02	Fornecimento, preparo e colocação formas aço CA 50 - Blocos						
		Peso (kg)					
Blocos		<b>4074</b>					
2 S 03 580 02	Fornecimento, preparo e colocação formas aço CA 50 - Cintas						
		Peso (kg)					
Cintas		<b>1105</b>					
2 S 03 580 02	Fornecimento, preparo e colocação formas aço CA 50 - Encontros						
		Peso (kg)					
Encontro A		12274					
Encontro B		101					
<b>Total</b>		<b>12375</b>					
2 S 03 370 00	Forma comum de madeira						
Q =	295,44 m <sup>2</sup>						
Blocos e cintas							
		Perímetro (m)	Altura (m)	Quantidade	Forma (m <sup>2</sup> )		
BE1=BE2 (A,C,D,E,F,G)		6,40	1,40	12	107,52		
BE1=BE2 (B)		8,40	2,40	2	40,32		
B1(A,B)		17,20	1,50	2	51,60		
CE1=CE2 (a,b,c,d,e,f)		2,00	4,00	12	96,00		
<b>TOTAL (m<sup>2</sup>)</b>					<b>295,44</b>		
2 S 03 000 02	Escavação manual de cavas em material 1a cat						
Q escav. =	649,09 m <sup>3</sup>						
No volume de escavação foi considerado um acréscimo de 1,00 m na horizontal em cada direção. (blocos) e 0,5m em cada sentido para as cintas de travamento. As laterais foram consideradas escavadas em diagonal (45°). O volume foi aproximado ao volume de um tronco de pirâmide para o cálculo.							
Blocos							
		Área em corte	Comprimento (m)	Quantidade	Volume (m <sup>3</sup> )		
BE1(A,C,D,E,F,G)-220x100x140		6,44	3,78	6,0	146,06		
BE1B-(220x200x240)		13,44	6,10	1,0	81,96		
BE2(A,C,D,E,F,G)-220x100x140		6,44	3,78	6,0	146,06		
BE2B-(220x200x240)		13,44	6,10	1,0	81,96		
B1A/B1B (300x560x150)		12,15	5,73	2,0	139,24		
<b>TOTAL (m<sup>3</sup>)</b>					<b>595,33</b>		
Cintas							
		Área em corte	Comprimento (m)	Quantidade	Volume (m <sup>3</sup> )		
CE1 (a,b,c,d,e,f) - 400x40x80		1,12	4,00	6,0	26,88		
CE2 (a,b,c,d,e,f) - 400x40x80		1,12	4,00	6,0	26,88		
<b>TOTAL (m<sup>3</sup>)</b>					<b>53,76</b>		
		<b>Total (blocos e cintas)</b>				<b>649,09</b>	
2 S 01 510 00	Compactação de aterros a 95% procto normal						
Q compact. =	525,25 m <sup>3</sup>						
Blocos							
		Ve (m <sup>3</sup> )	Vb (m <sup>3</sup> )	Compactação (m <sup>3</sup> )			
BE1(A,C,D,E,F,G)-220x100x140		146,06	18,48	127,58			
BE1B-(220x200x240)		81,98	10,56	71,42			
BE2(A,C,D,E,F,G)-220x100x140		146,06	18,48	127,58			
BE2B-(220x200x240)		81,98	10,56	71,42			
B1A/B1B (300x560x150)		139,24	50,40	88,84			
<b>TOTAL (m<sup>3</sup>)</b>				<b>486,85</b>			
Cintas							
		Ve (m <sup>3</sup> )	Vc (m <sup>3</sup> )	Compactação (m <sup>3</sup> )			
CE1 (a,b,c,d,e,f) - 400x40x80		26,88	7,68	19,20			
CE2 (a,b,c,d,e,f) - 400x40x80		26,88	7,68	19,20			
<b>TOTAL (m<sup>3</sup>)</b>				<b>38,40</b>			
		<b>Total (blocos e cintas)</b>				<b>525,25</b>	
Ve – Volume de escavação Vvt – Volume da viga travessa enterrada							

**MESOESTRUTURA**

2 S 03 510 00 Aparelho de apoio em neoprene fretado forn. e aplic.

Q = 563,81 kg

Comprimento (m)	Largura (m)	Espessura (m)	Volume (m³)	Peso esp. (kg/m³)	Quantidade	Peso (kg)
0,25	0,4	0,047	0,005	2999	40	563,81
<b>TOTAL (kg)</b>						<b>563,81</b>

2 S 03 329 03 Conc.estr.fck=30 MPa-contr.raz.uso ger.conf.e lanç

Q = 59,04 m3

	Área (m²)	Quantidade	Comprimento (m)	Volume (m³)
PE1=PE2 (A,B,C,D,E,F,G) - 80x40	0,32	14	7,50	33,60
P1(A,B) - 60xVAR	21,20	2	0,60	25,44
<b>TOTAL (m³)</b>				<b>59,04</b>

2 S 03 370 00 Forma comum de madeira

Q = 353,36 m2

	Perímetro (m)	Altura (m)/ Comprimento (m)	Unidades	Forma (m²)
PE1=PE2 (A,B,C,D,E,F,G) - 80x40	2,4	7,5	14	252
P1(A,B) - 60xVAR	-	-	2	101,36
<b>TOTAL (m²)</b>				<b>353,36</b>

2 S 03 580 02 Fornecimento, preparo e colocação formas aço CA 50 - Pilares

	Peso (kg)
Pilares	12963

2 S 03 119 01 Escoramento com madeira de OAE

Q = 369,38 m3

	Largura (m)	Comprimento (m)	Altura (m)	Quantidade	Área
	0,8	0,4	7,5	14	252
<b>Total (m³)</b>			<b>11,52</b>		<b>369,38</b>

**SUPERESTRUTURA**

2 S 03 370 00 Forma comum de madeira

Q = 4.004,34 m2

	Largura (m)	Comprimento (m)	Altura (m)	Perímetro (m)	Quantidade	Forma (m²)
Laje do tabuleiro	25,62	42,09	0,22	26,06	1	1108,17
Longarinas 21m	0,60	21,00	1,50	3,60	20	1548,00
Viga travessa (encontro)	1,30	25,62	1,30	3,90	2	206,60
Viga travessa	1,45	25,62	1,30	4,05	1	107,53
Console (viga travessa)	0,50	0,50	0,55	0,83	40	32,60
Laje de transição	4,00	12,50	0,25	4,50	4	233,00
Transversinas (vão 21m)	0,30	12,00	1,30	2,90	8	278,40
Guarda-rodas	0,40	42,09	0,87	1,74	4	294,79
Cortina	0,30	25,62	1,82	3,76	2	195,26
<b>TOTAL (m²)</b>						<b>4004,34</b>

2 S 03 329 04 Conc.estr.fck=30 MPa-contr.raz. c/adit.conf.e lanç

Q = 917,46 m3

	Largura (m)	Comprimento (m)	Altura (m)	Área (m²)	Quantidade	Volume (m³)
Laje do tabuleiro	25,62	42,09	0,22	5,64	1	237,39
Longarinas 21m	0,60	21,00	1,50	0,9	20	378,00
Viga travessa (encontro)	1,30	25,62	1,30	1,69	2	86,60
Viga travessa	1,45	25,62	1,30	2,03	1	52,01
Console (viga travessa)	0,50	0,50	0,55	0,20	40	4,00
Laje de transição	4,00	12,50	0,25	1,00	4	50,00
Transversinas (vão 21m)	0,30	12,00	1,30	0,39	8	37,44
Guarda-rodas	0,40	42,09	0,87	0,23	4	38,72
Cortina	0,30	25,62	1,82	0,65	2	33,31
<b>TOTAL (m³)</b>						<b>917,46</b>

2 S 03 580 02 Fornecimento, preparo e colocação formas aço CA 50 -Pré laje

	Peso (kg)
Pré laje	7060

2 S 03 580 02 Fornecimento, preparo e colocação formas aço CA 50 - Laje do tabuleiro

	Peso (kg)
Laje do tabuleiro 21 m	9343
<b>Total</b>	

2 S 03 580 02 Fornecimento, preparo e colocação formas aço CA 50 - Longarinas 21m

	Peso (kg)
Longarinas 21 m	30460

2 S 03 580 02 Fornecimento, preparo e colocação formas aço CA 50 - Viga travessa

	Peso (kg)
Viga travessa (encontro)	3805

2 S 03 580 02 Fornecimento, preparo e colocação formas aço CA 50 - Laje de transição

	Peso (kg)
-	
Laje de transição	3620

2 S 03 580 02 Fornecimento, preparo e colocação formas aço CA 50 -Transversinas 2 (vão 21m)

	Peso (kg)
-	
Transversinas 1 (vão 21m)	3860

2 S 03 580 02 Fornecimento, preparo e colocação formas aço CA 50 - laje elástica

	Peso (kg)
-	
Laje elástica	3256

- Fornecimento, corte e colocação de cabos em aço CP-190 RB 12 D=12,7mm

	Peso (kg)
-	
Vão de 21m	9510
TOTAL (kg)	

Fornecimento, colocação e protensão de ancoragens ativas p/cabos 9 D=12,7mm

	Unidade
-	
Vão de 21m	120
TOTAL (un)	

Fornecimento, corte, colocação e injeção com nata de cimento de bainhas metálicas diâm. = 62mm

	Comprimento (m)
-	
Vão de 21m	1124
TOTAL (m)	

4.10 - Lançamento de vigas pré-fabricadas em concreto conforme especificação para vigas de 21 m de extensão até 40 lf de peso

	Quantidade
-	
Vão de 21 m	20

Pré-Laje

Largura (m)	Comprimento (m)	Forma (m²)	Volume (m³)	Taxa (Kg/m³)	Peso (Kg)
15,62	42,09	665,00	40,00	100	4000,00

4 S 06 030 11 Barreira de segurança dupla DNER PRO 176/86

Q1 = 168,40 m

Comprimento (m)	Total (m)
168,40	168,40

2 S 03 991 02 Dreno de PVC D=100 mm

Q1 = 22,00 m

Quantidade
22,00

2 S 03 930 00 Junta de cantoneira

Junta de dilatação e vedação em perfil elastomérico com lábios poliméricos de 25 mm, JJ 2540 V-V

Quantidade	Largura (m)	Total (m)
3	25,62	76,86

2 S 03 119 01 Escoramento com madeira de OAE

Q = 752,00 m3

	Volume (m³)
-	
Viga travessa	752,00
TOTAL (m³)	752,00

### CONTENÇÃO

5 S 05 303 02 Terra armada - ECE - greide 6,0<h<9,00

Q = 915,20 m2

Terra Armada - ECE - Greide 6,0<h<9,0m	Total (m²)
	915,20

5 S 05 303 05 Terra armada - ECE - pé de talude 6,0<h<9,00m

Q = 35,60 m2

Terra Armada - ECE -Pé de Talude - 6,0<h<9,0m	Total (m²)
	35,60

5 S 05 303 09 Escamas de concreto armado para terra armada

Q = 137,30 m3

Escamas de conrc.armado para Terra armada AC/BC	Total (m³)
	137,30



### **3.5 – Memória de Cálculo Viaduto Estaca 470+0,00**

### 3.5.1 - Introdução

Este volume contém a Memória de Cálculo referente ao Viaduto Estaca 470, para trem tipo TB-45, da Norma NBR 7188 - Carga Móvel em ponte rodoviária e passarela de pedestre. A ponte apresenta 42,00m de superestrutura, constituída de 2 vãos com cadencia de 21m, iniciando-se na estaca 468+18,955 até a estaca 471+1,045, e dois tabuleiros de 12,80m cada, com largura total de 25,60m sendo dois guarda-rodas de 0,40m e uma faixa de rolagem de 12,00m cada tabuleiro. As fundações serão indiretas, através de estacas raiz com diâmetro de 410mm.

### 3.5.2 - Ficha técnica

#### Generalidades

Ponte Rodoviária, em Rodovia de 1ª Categoria.

**Extensão:** A ponte apresenta 42,00m de superestrutura, constituída de 2 vãos com cadencia de 21,00m.

**Largura:** Dois tabuleiros de 12,80m, com largura total de 25,60m, dois guarda rodas de 0,40m e uma faixa de rolagem de 12,00m cada tabuleiro.

**Trem-tipo de cálculo:** Tipo de Trem TB-45.

#### Definição da Obra

**Infra-estrutura:** Fundação indireta, através de estacas raiz com diâmetro de 410mm.

**Meso-estrutura:** Na transmissão dos esforços verticais, horizontais, transversais e longitudinais, estão previstos aparelhos de apoio de neoprene fretado.

**Superestrutura:** Sistema em vigas múltiplas bi-apoiadas, pré-moldadas, em concreto protendido.

#### Características Geométricas

Em perfil – Trecho em nível.

Em planta – Trecho em tangente.

#### Materiais

Concreto

Regularização – fck = 10MPa

Infraestrutura – fck = 25MPa

Mesoestrutura – fck = 30MPa

Superestrutura – fck = 30MPa

Aço

Para complementação de peças protendidas e de concreto armado: CA-50.

Para concreto protendido: CP-190RB.

## Pesos Específicos

Concreto Estrutural: 2,50t/m<sup>3</sup>

Pavimentação: 2,40t/m<sup>3</sup>

Terra: 1,80t/m<sup>3</sup>

## Coefficientes de Segurança

### Majoração :

- Para Esforços de Carga Permanente = 1,35
- Para Esforços de Carga Móvel = 1,50

### Minoração :

- Resistência do Concreto = 1,40
- Resistência do Aço = 1,15

## Classe de agressividade

- Classe de agressividade III

## Diversos

Transmissão de Esforços da “Superestrutura x Mesoestrutura” na região dos encontros através de Aparelhos de Apoio de Neoprene Fretado.

Drenagem – Através de tubulação externa em PVC para esgoto com Ø=100mm.

## Normas

Normas da ABNT e DNIT, em suas últimas edições, a saber.

- NBR 6118:2003 - Projeto de estruturas de concreto – Procedimentos
- NBR 6122:1988 - Projeto e Execução de Fundações
- NBR 7187:2003 - Projeto e execução de pontes de concreto armado – Procedimento
- NBR 7188:1984 - Carga móvel em ponte rodoviária e passarela de pedestres – Procedimento
- NBR 8681:2003 - Ações e segurança nas estruturas – Procedimento
- NBR 10839:1989 – Execução de obras de artes especiais em concreto armado e concreto protendido – Procedimento.
- NBR 6123:1988 - Forças devidas a vento em edificações
- Manual de Construção de obras de arte especiais - 1995 - DNER
- Manual de projeto de obras de arte especiais- 1996 - DNER
- Manual de recuperação de pontes e viadutos rodoviários - 2010 - DNIT

## Publicações Técnicas

- Tabelas para cálculo de Lajes de Pontes – Prof. Rüsck
- Tabelas da Promon para Dimensionamento de Armaduras
- Fundações Teoria e Prática – Editora Pini
- Estruturas de Fundações – Marcello da Cunha Moraes, Ed. McGRAW – Hill do Brasil LTDA

- Construções de Concreto – F. Leonhardt, Editora Interciência.

### **Programas de Cálculo Utilizados**

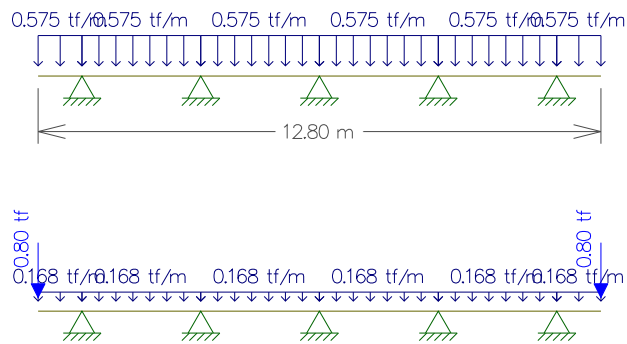
- O dimensionamento, obtenção de esforços devido às forças horizontais, longitudinais e transversais foram executados com o uso do Programa de Análise e Processamento *Sofistik/Ftool*;
- A análise de esforços nos estaqueamentos foram analisados com o Programa Estaca da Projecon;
- A interação estaca x solo com o Programa Aoki-Velloso e verificado pelo programa de análise PFM da Paulo Frederico Monteiro Consultoria.

## Processamento

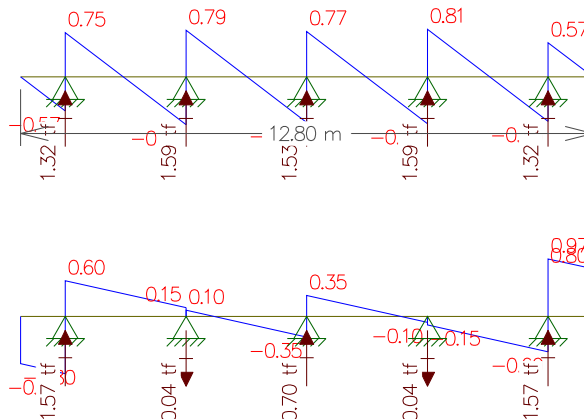
### Memória de Cálculo da Viga de 21m Carga Permanente

#### Transversal

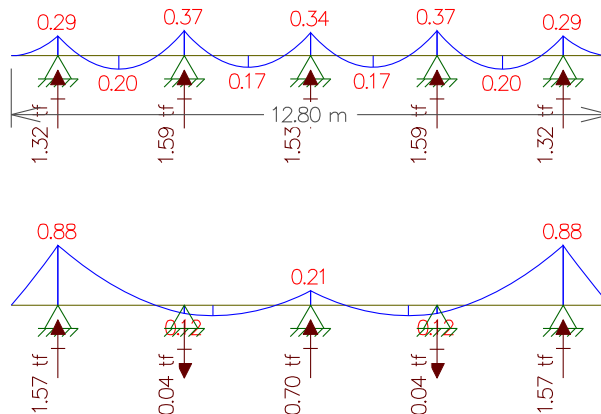
- Peso da Laje
  - Peso do Guarda-rodas + pavimento + recapeamento
- Cargas



- Cortantes



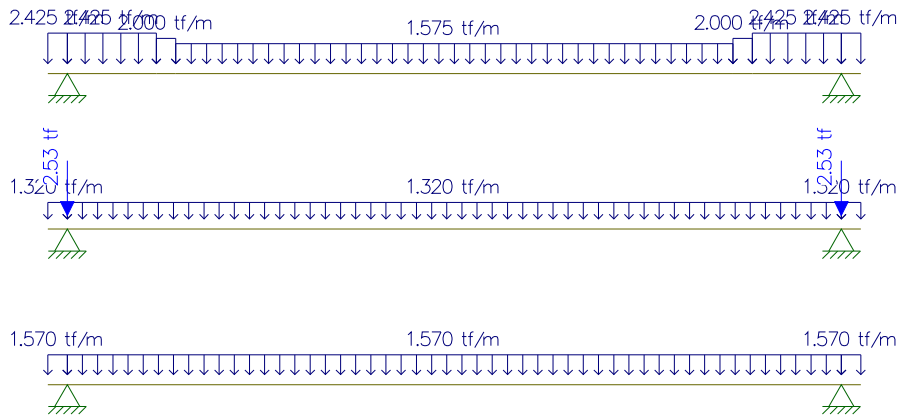
- Momentos



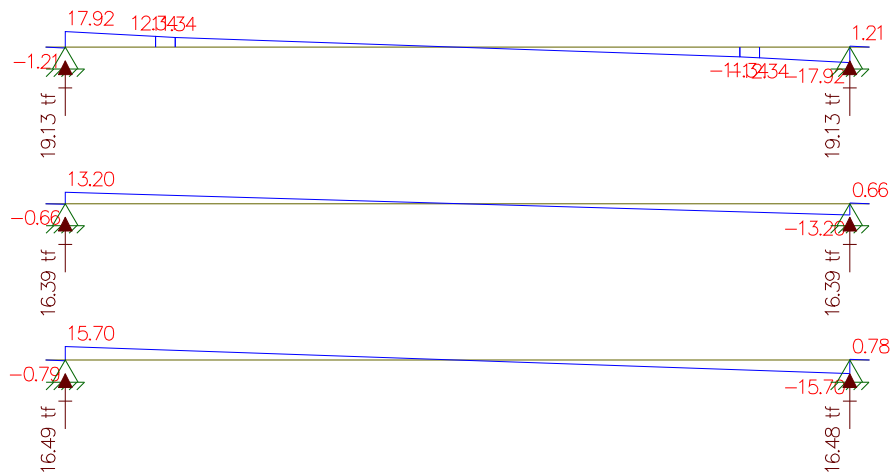
## Longitudinal

- Viga 1 e 5:
- Peso próprio da Viga
- Peso do guarda-rodas + pavimento
- Peso da laje

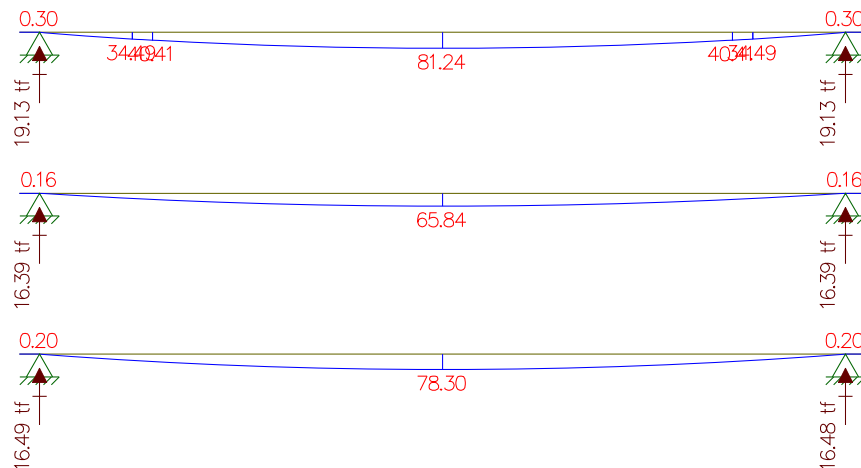
### Cargas



### Cortante



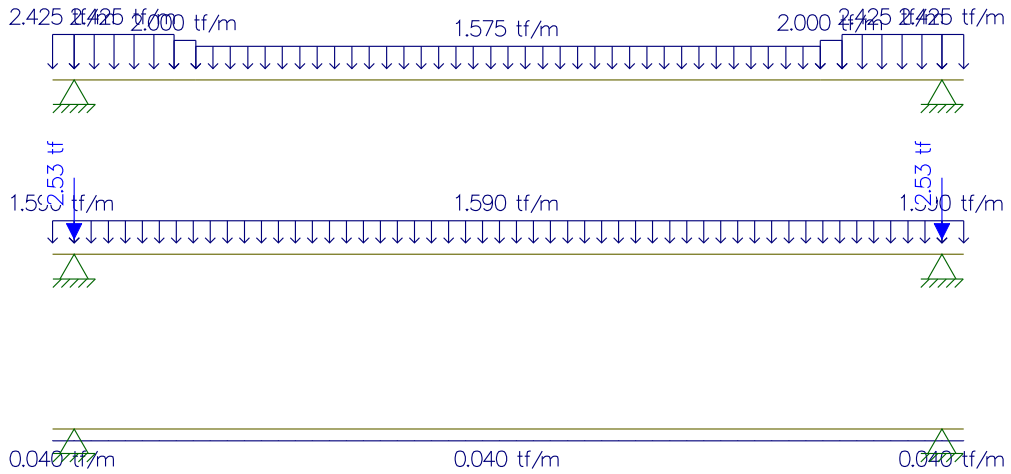
### Momentos



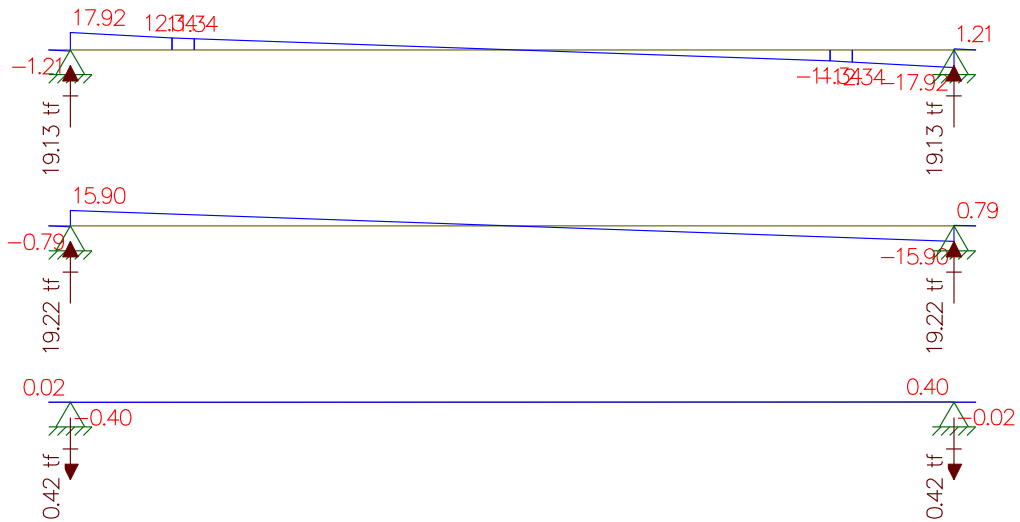
- Viga 2 e 4:

Peso próprio da Viga  
 Peso do guarda-rodas + pavimento + recapeamento  
 Peso da laje

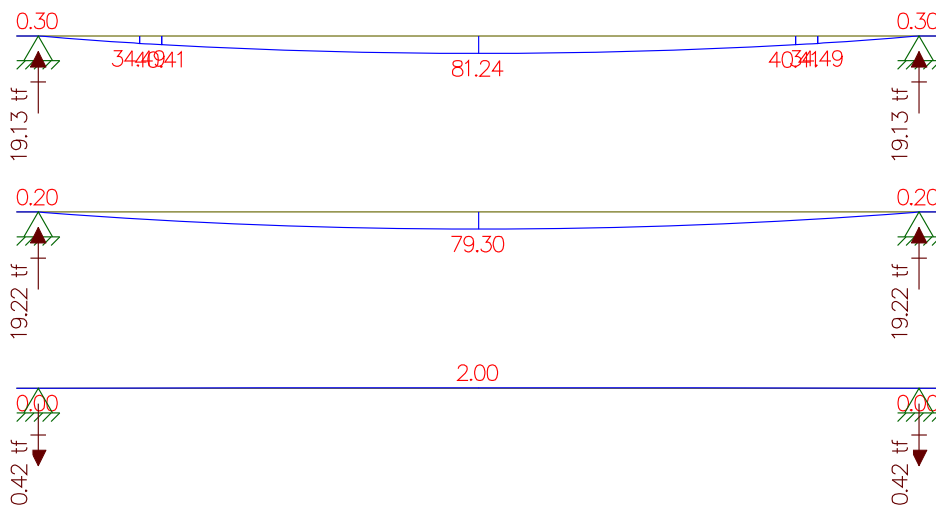
**Cargas**



**Cortante**



**Momento**



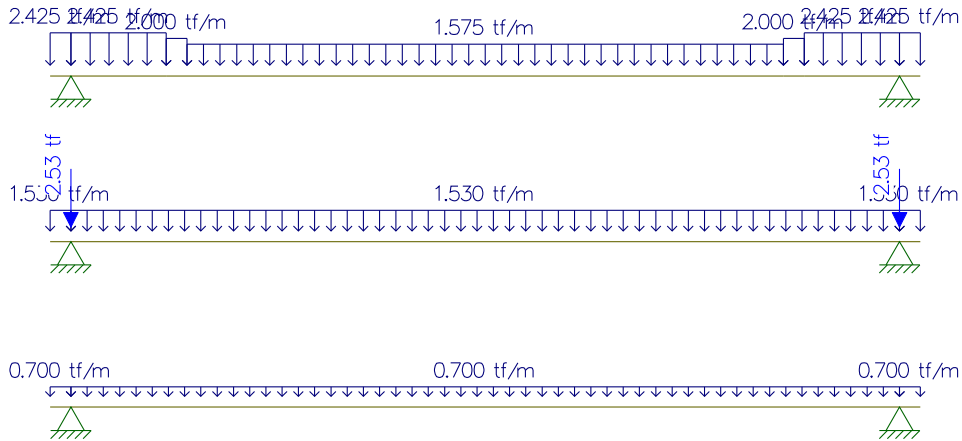
o Viga 3:

Peso próprio da Viga

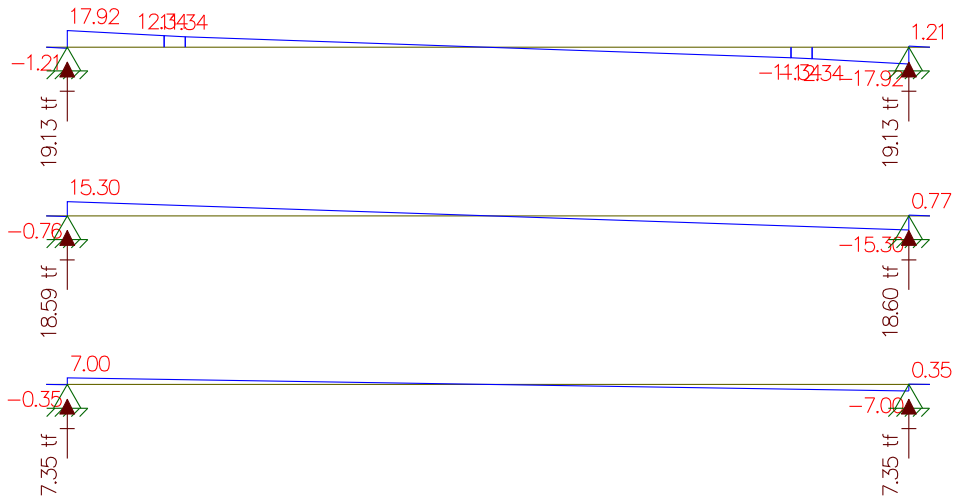
Peso do guarda-rodas + pavimento + recapeamento

Peso da laje

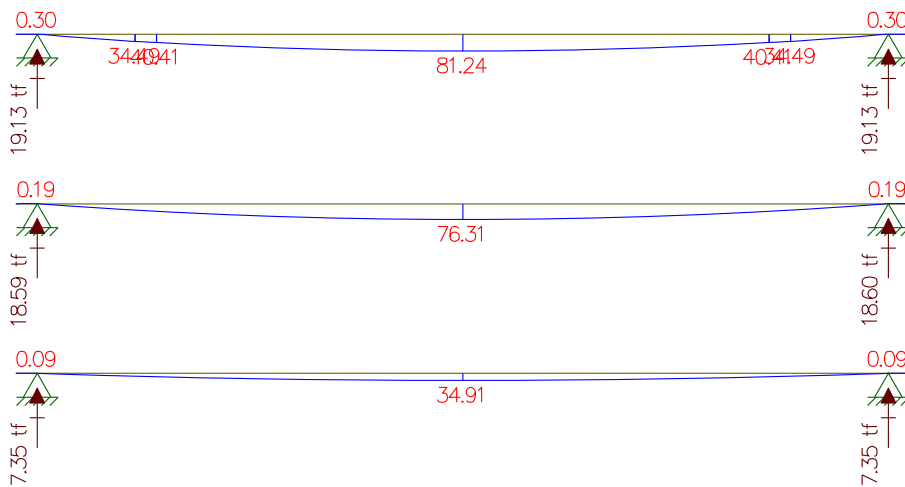
Cargas



Cortantes



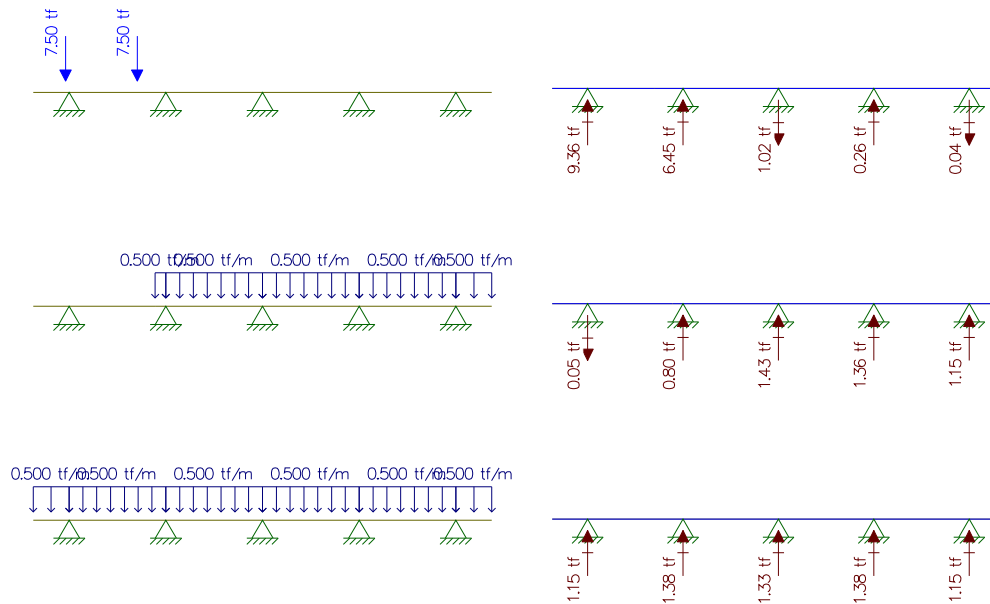
Momentos





## Carga Móvel

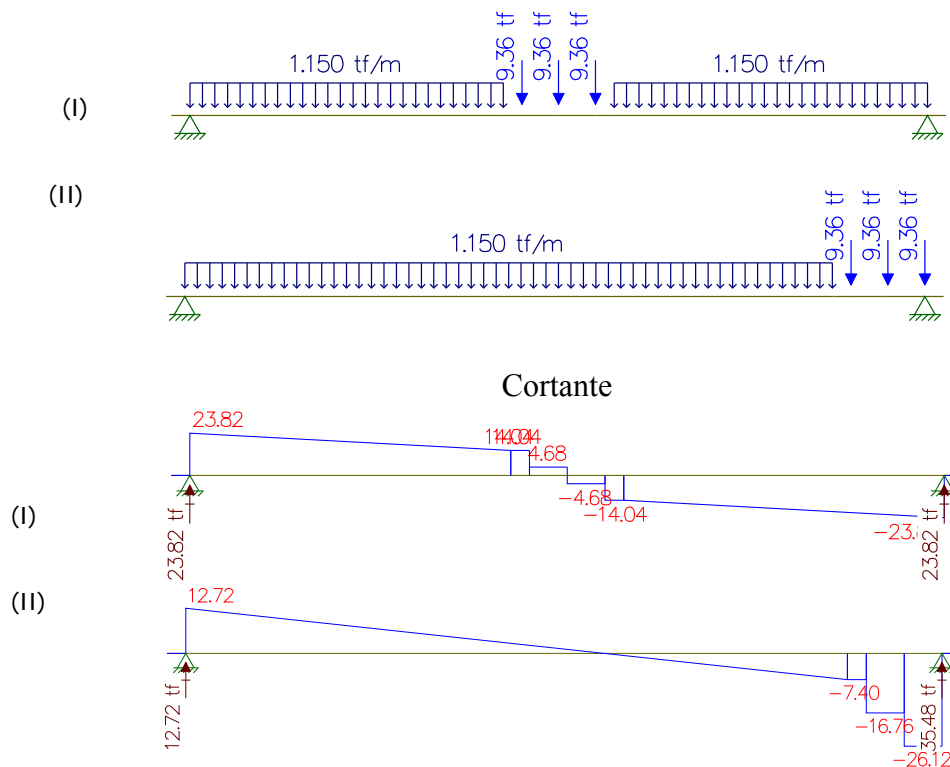
### Vigas 1 e 5 Transversal



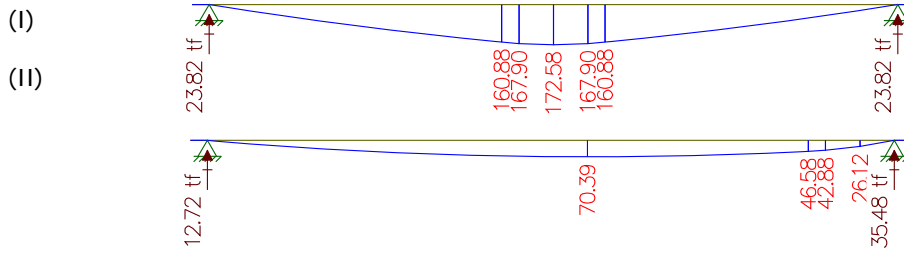
## Longitudinal

Para obter o momento máximo.

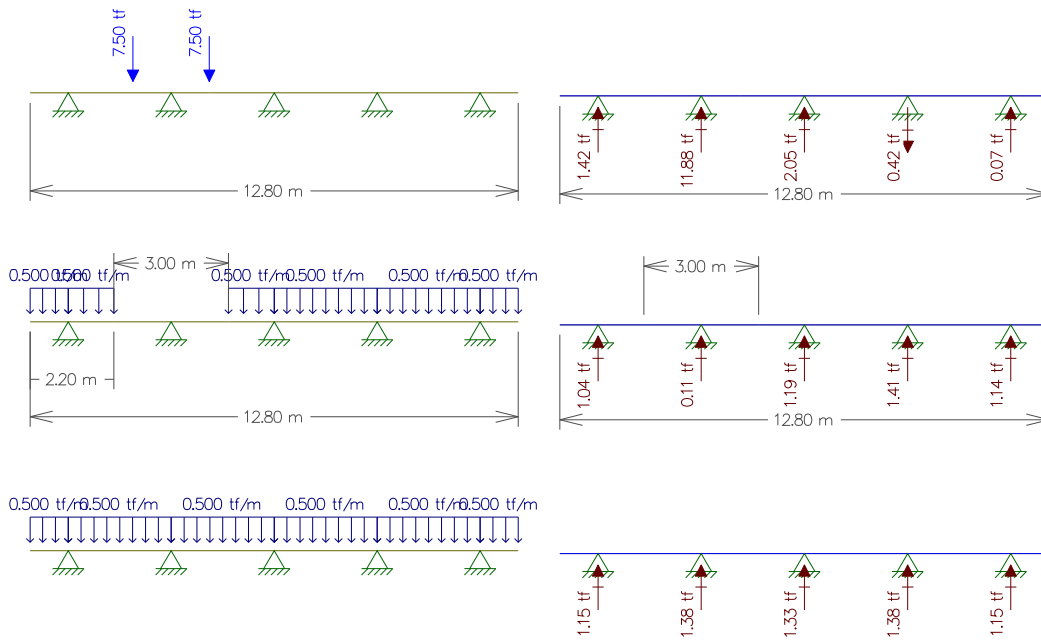
Para obter a reação e a cortante máximas.



**Momento**

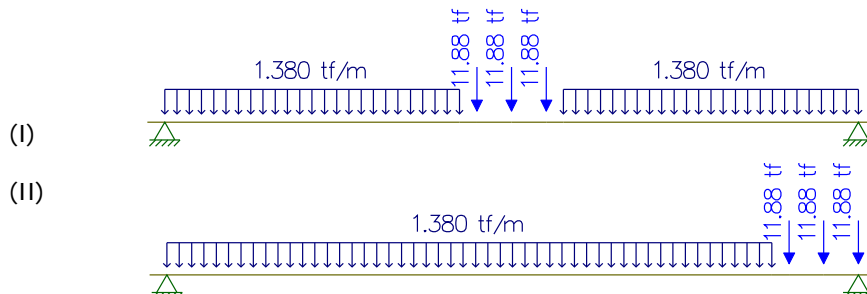


**Vigas 2 e 4  
Transversal**

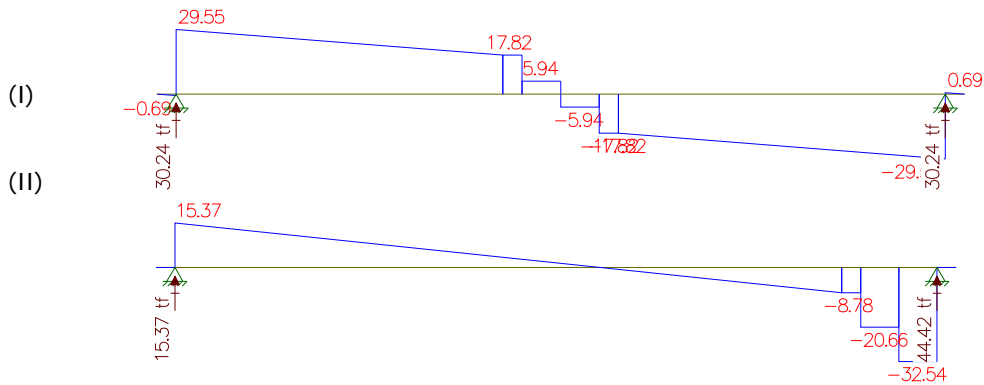


**Longitudinal**

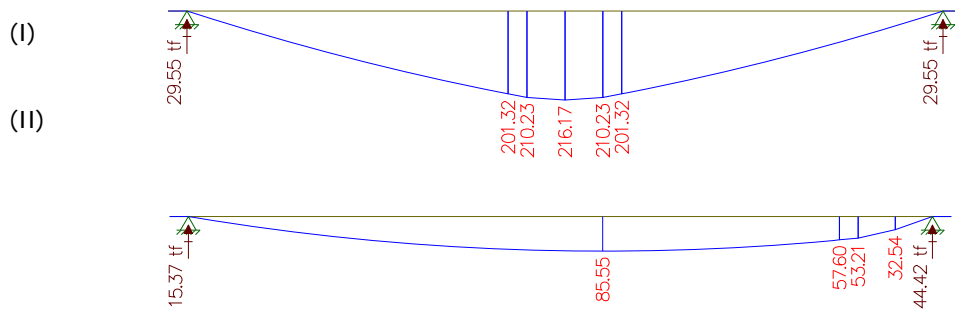
Para obter o momento máximo.  
Para obter a reação e a cortante máximas.



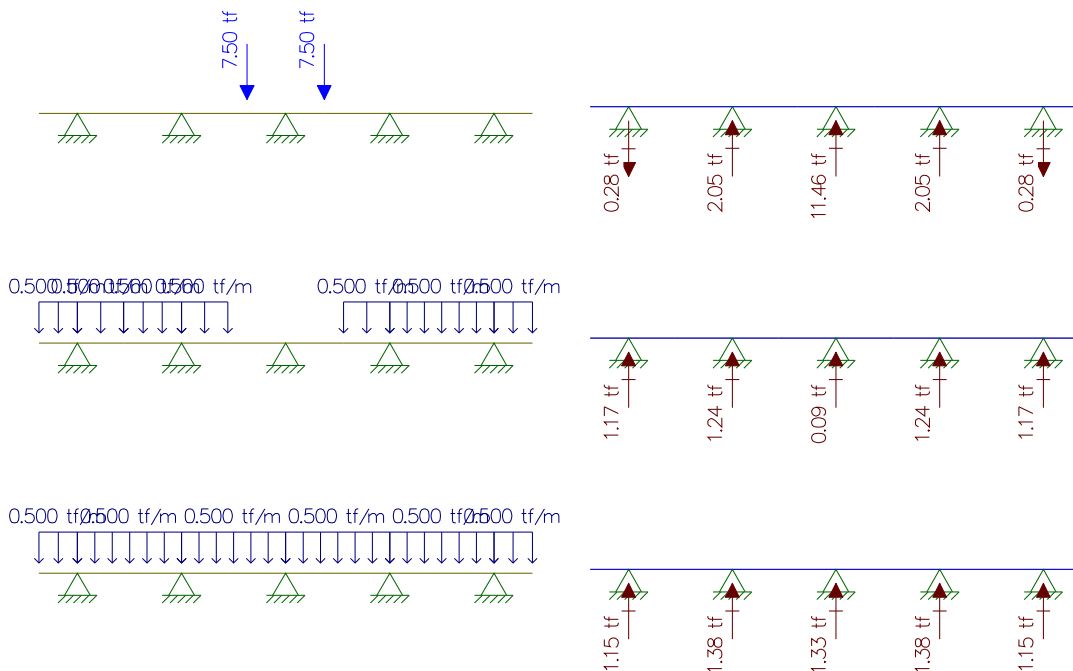
**Cortante**



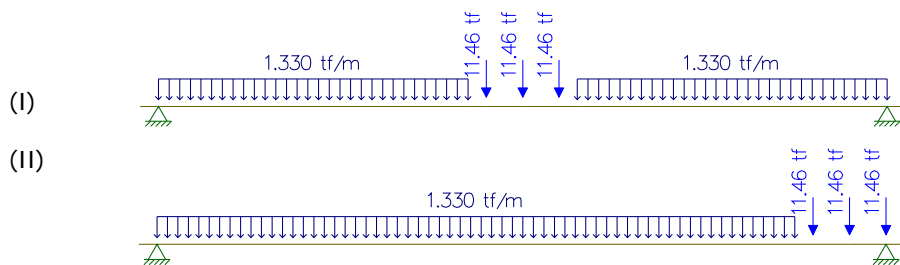
**Momento**



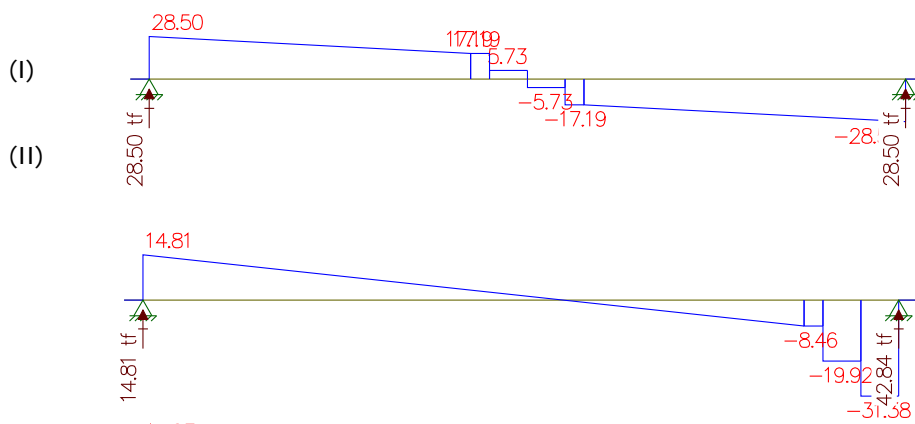
**Viga 3 Transversal**



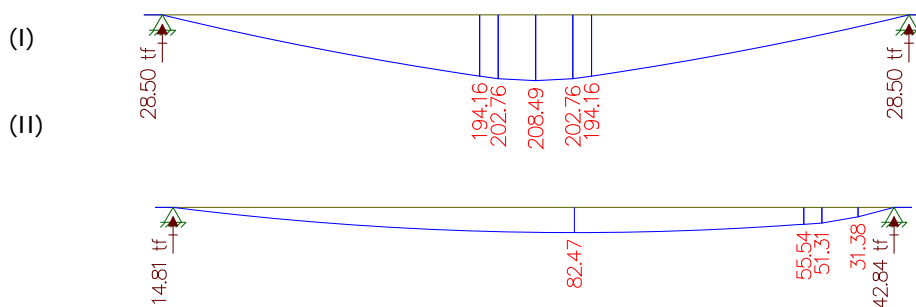
Para obter o momento máximo.  
Para obter a reação e a cortante máximas.



Cortante



Momento



## Memória de Cálculo da Travessa – 21m

Carga Permanente

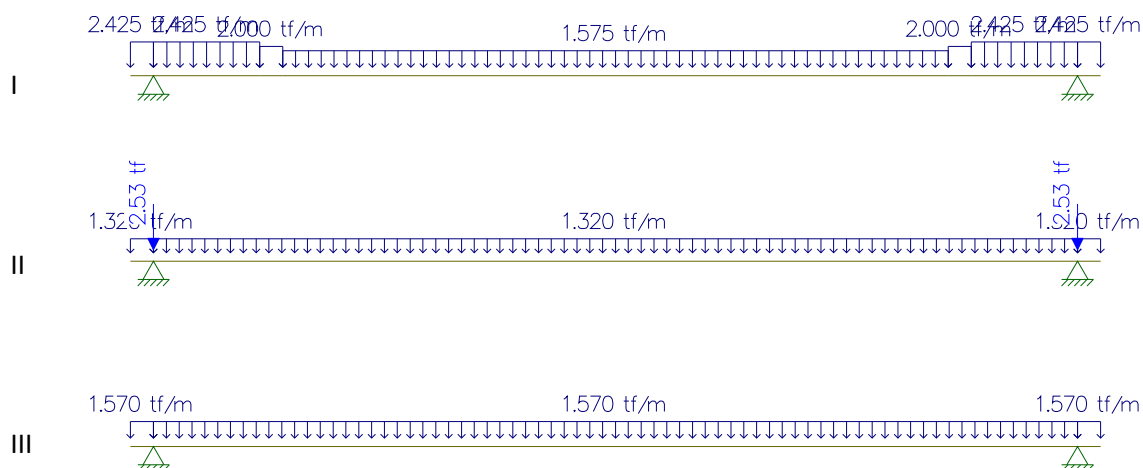
Estudo do Momento Fletor e da Cortante

Vão de 21 metros – viga 1 e 5

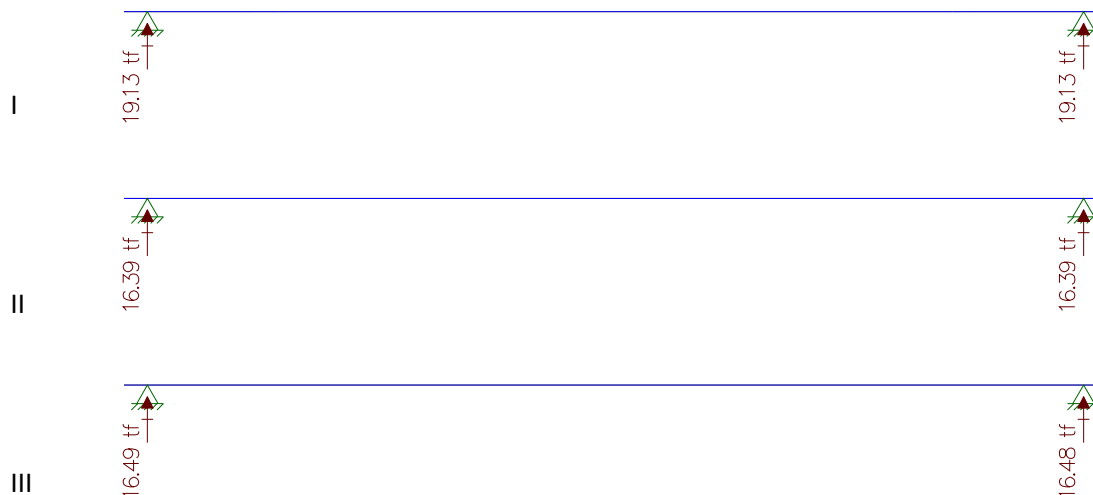
(I) Peso da Viga

(II) Peso da laje + Peso da transversina

(III) Peso do pavimento + Peso do guarda-rodas + recapeamento



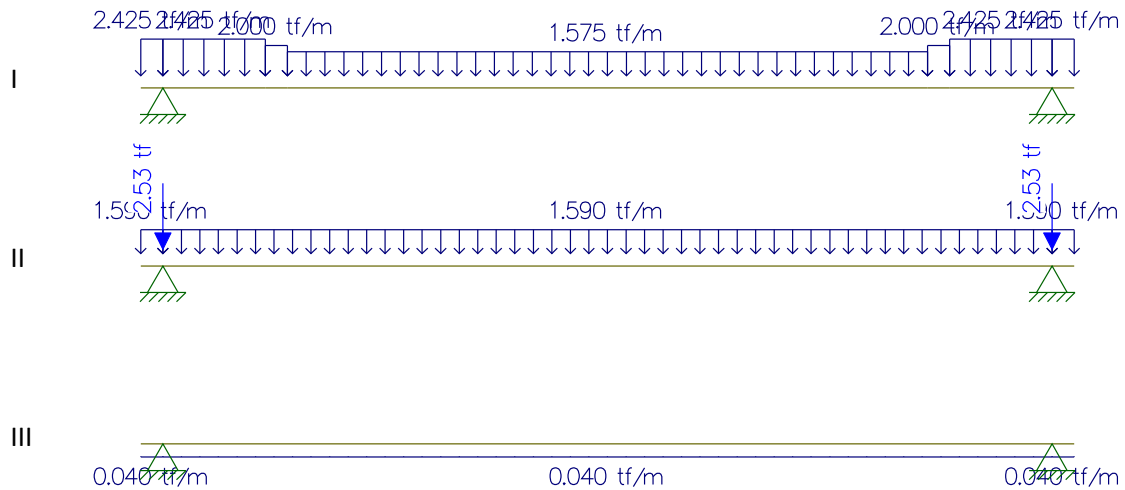
Reações



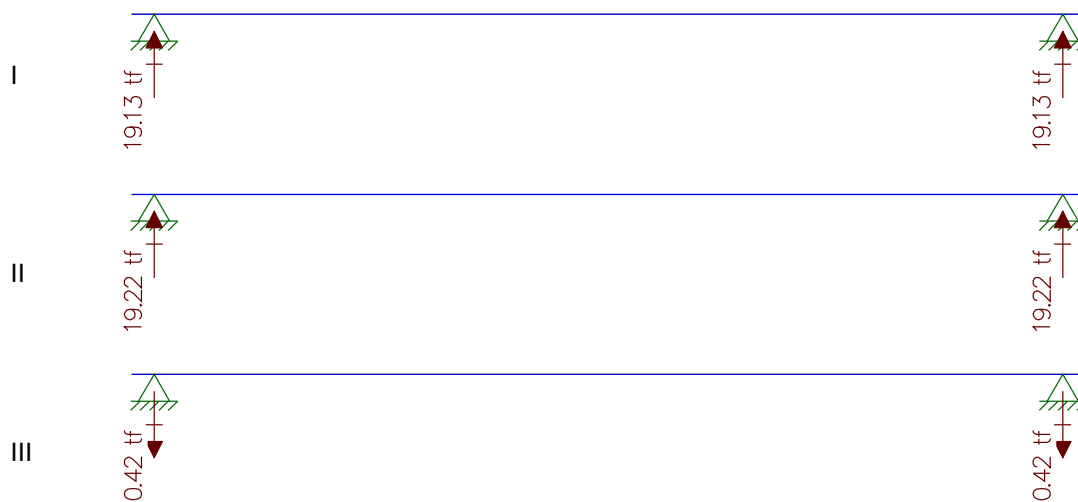
Reação resultante:  $19,13\text{tf} + 16,39\text{tf} + 16,49\text{tf} = 52,01\text{tf}$

Vão de 21 metros – Longitudinal – viga 2 e 4

- (I) Peso da Viga
- (II) Peso da laje + Peso da transversina
- (III) Peso do pavimento + Peso do guarda-rodas + recapeamento



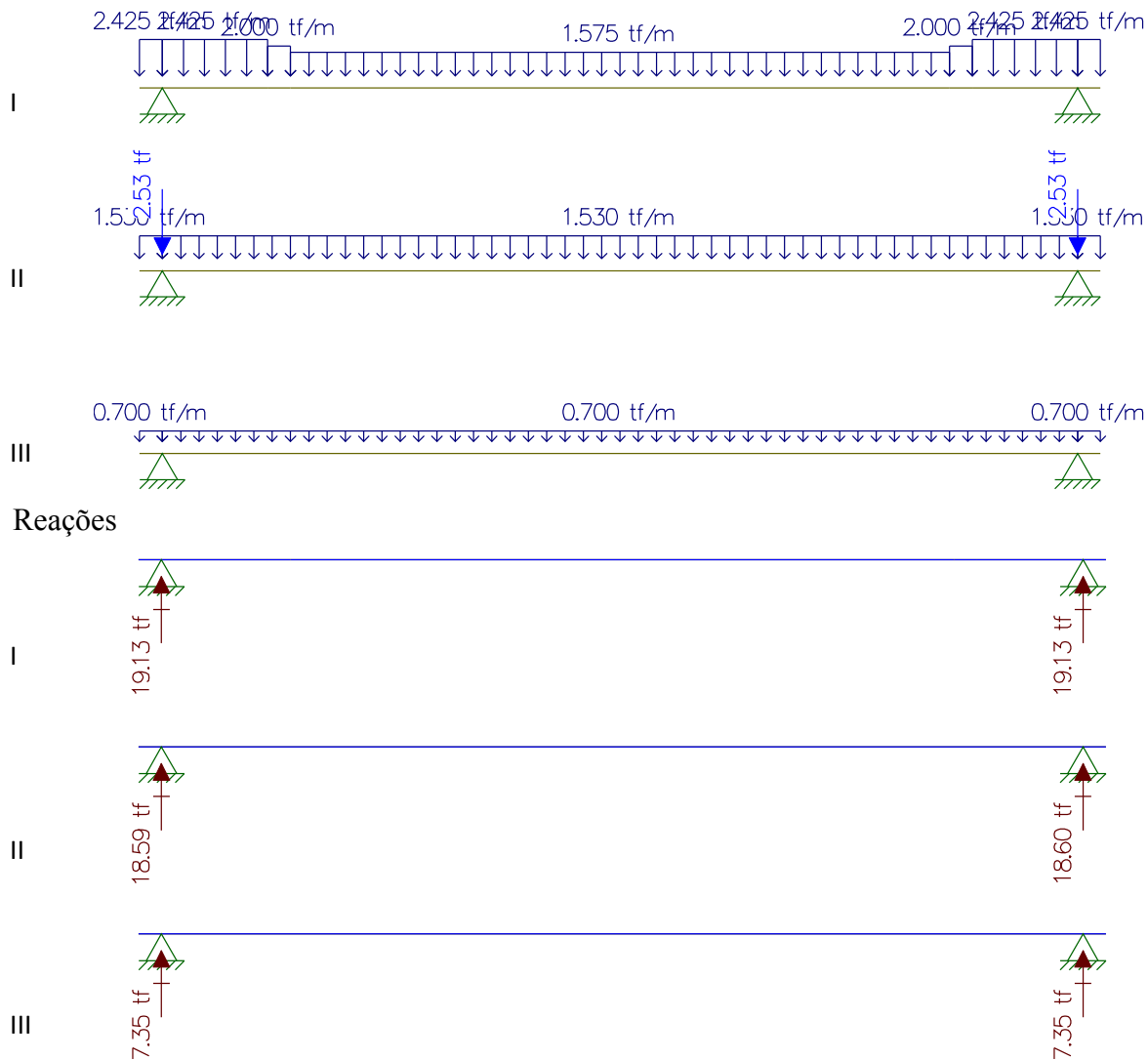
Reações



Reação resultante:  $19,13\text{tf} + 19,22\text{tf} - 0,42\text{tf} = 37,93\text{tf}$

Vão de 21 metros – Longitudinal - viga 3

- (I) Peso da Viga
- (II) Peso da laje + Peso da transversina
- (III) Peso do pavimento + Peso do guarda-rodas + recapeamento



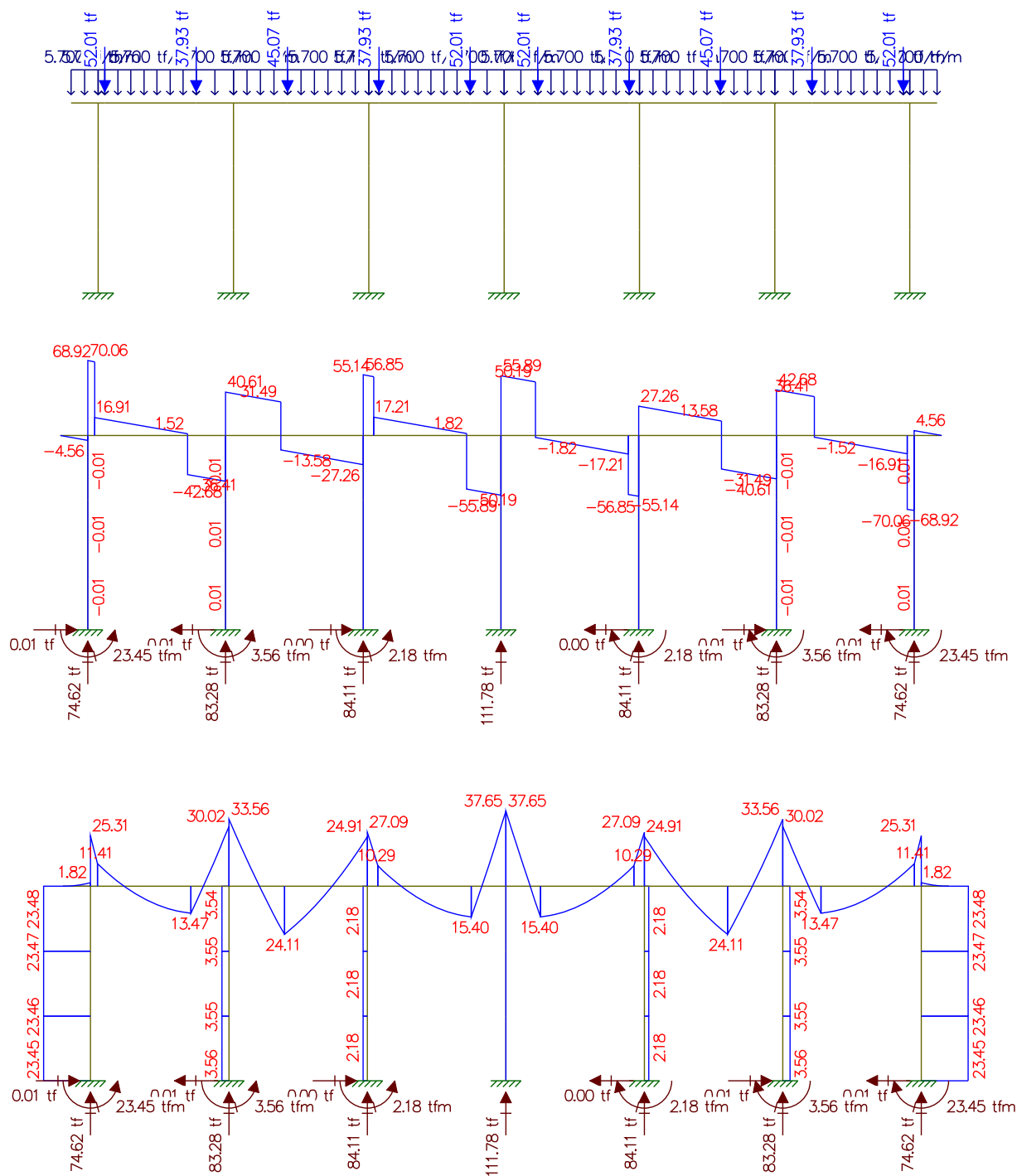
Reação resultante:  $19,13\text{tf} + 18,59\text{tf} + 7,35\text{tf} = 45,07\text{tf}$

Peso próprio da Travessa (21m)

Área da seção =  $2,28\text{m}^2$

$2,28\text{m}^2 \times 2,5 \text{ tf/m}^3 = 5,70\text{tf/m}$

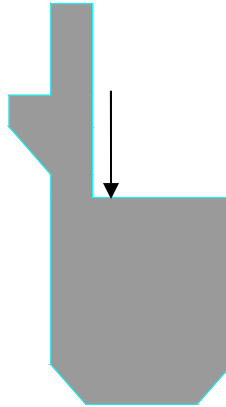
### Resultado do Estudo do Momento Fletor e da Cortante





## Estudo do Momento Torsor

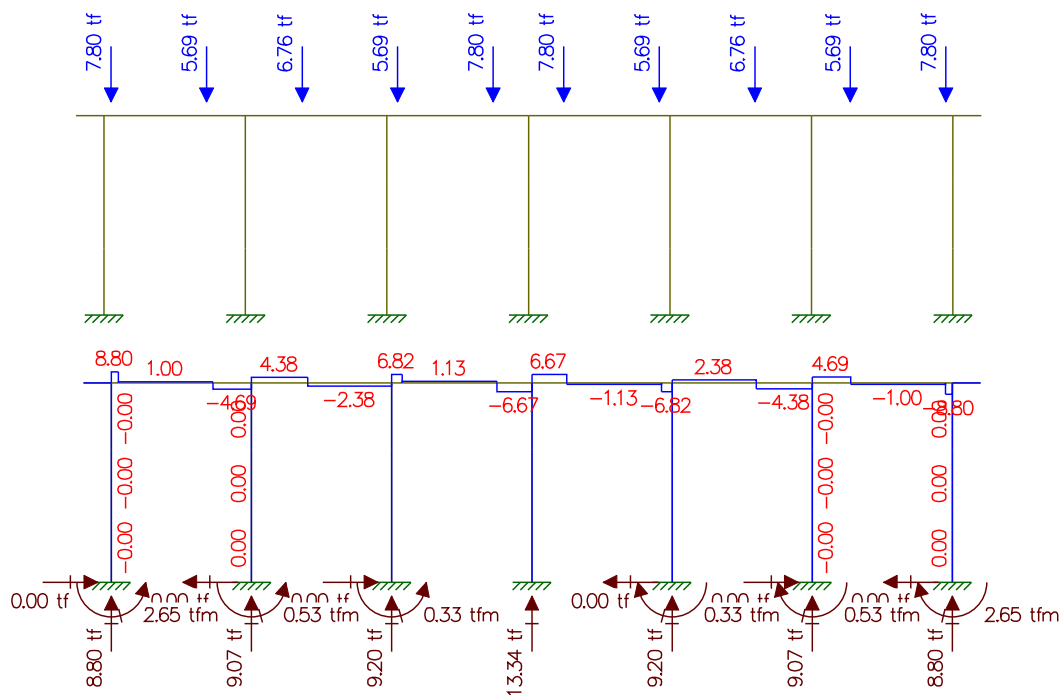
Torsor causado pela diferença de cargas dos vãos



Carga x distância = Momento Torsor (tf.m)

	Carga (tf)	Distância(m)	Momento Torsor (tf.m)
Viga 1	52,01	0,150	7,80
Viga 2	37,93	0,150	5,69
Viga 3	45,07	0,150	6,76
Viga 4	37,93	0,150	5,69
Viga 5	52,01	0,150	7,80

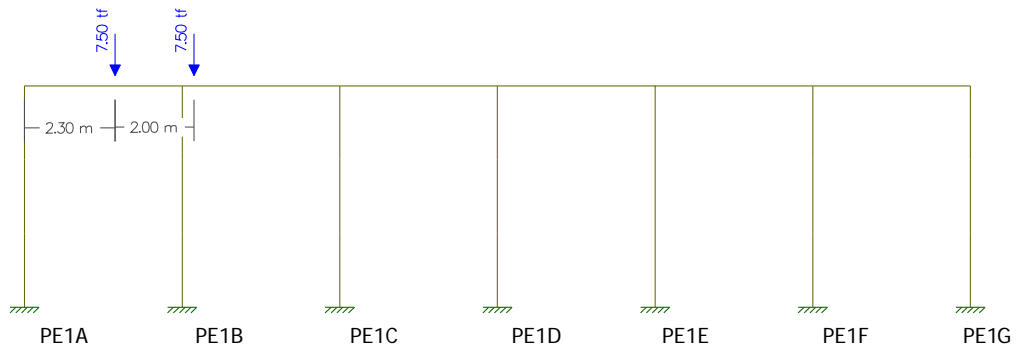
Resultado do Estudo do Momento Torsor  
Analogia Cortante – Momento Torsor  
Cargas / Cortante



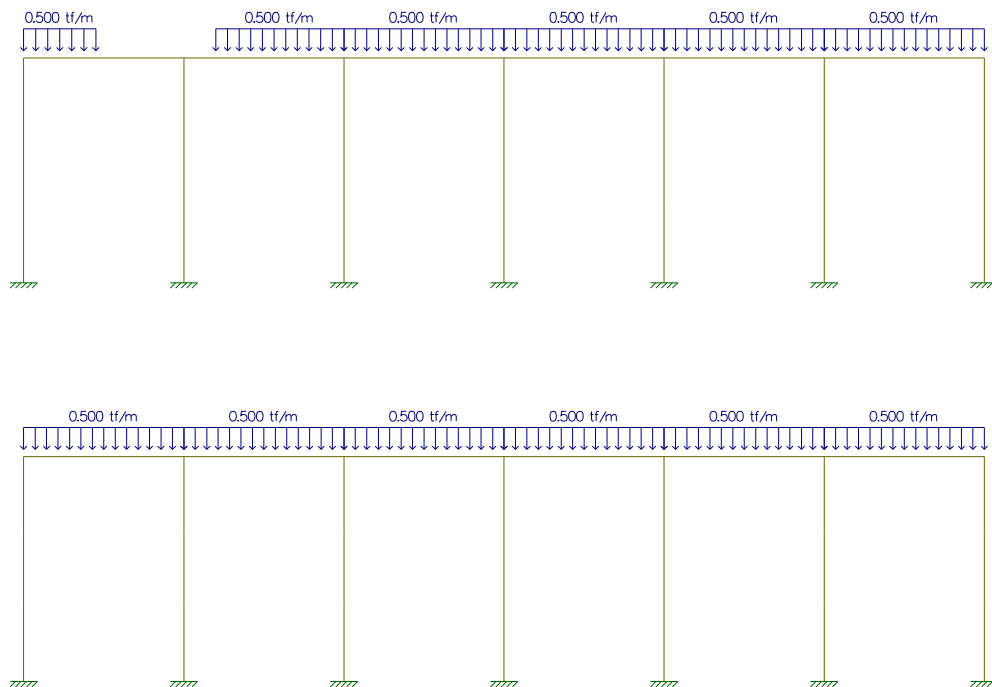
## Carga Móvel

Estudo da Carga Móvel para situação de Máxima Flexão

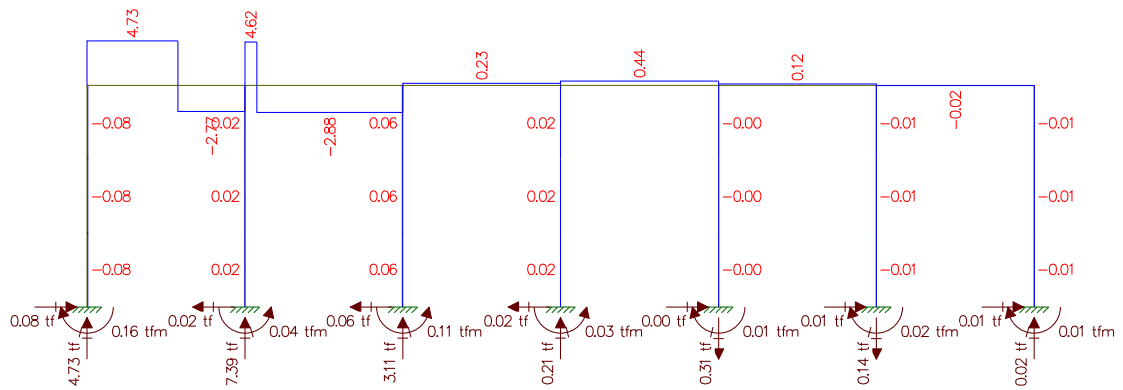
### (I) Cargas Pontuais do Trem Tipo



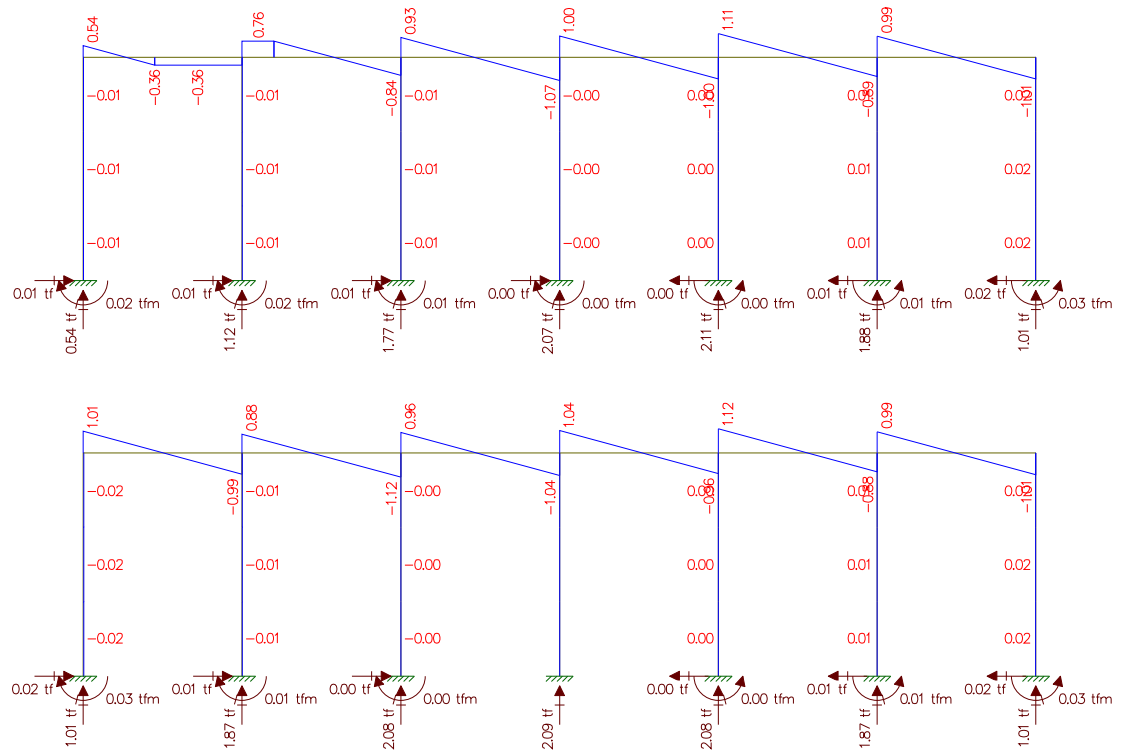
### (II) Cargas de multidão do Trem Tipo



**Cortante**  
(I) Cargas Pontuais do Trem Tipo

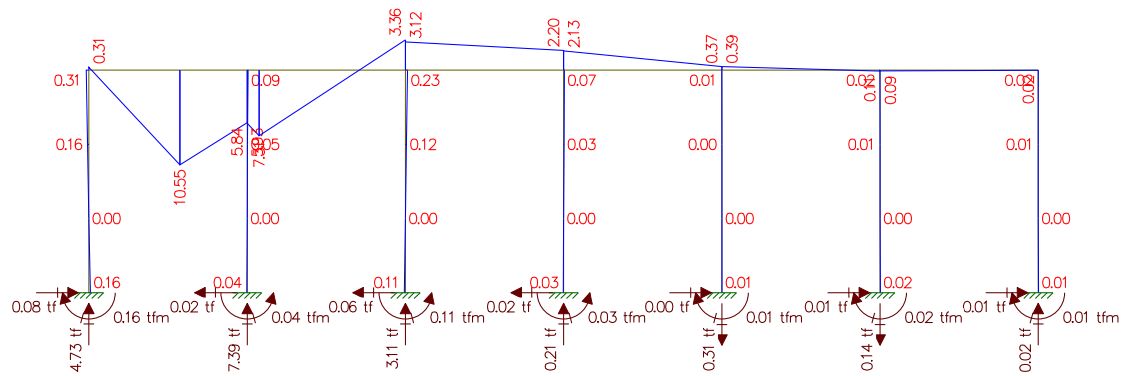


(II) Cargas de multidão do Trem Tipo

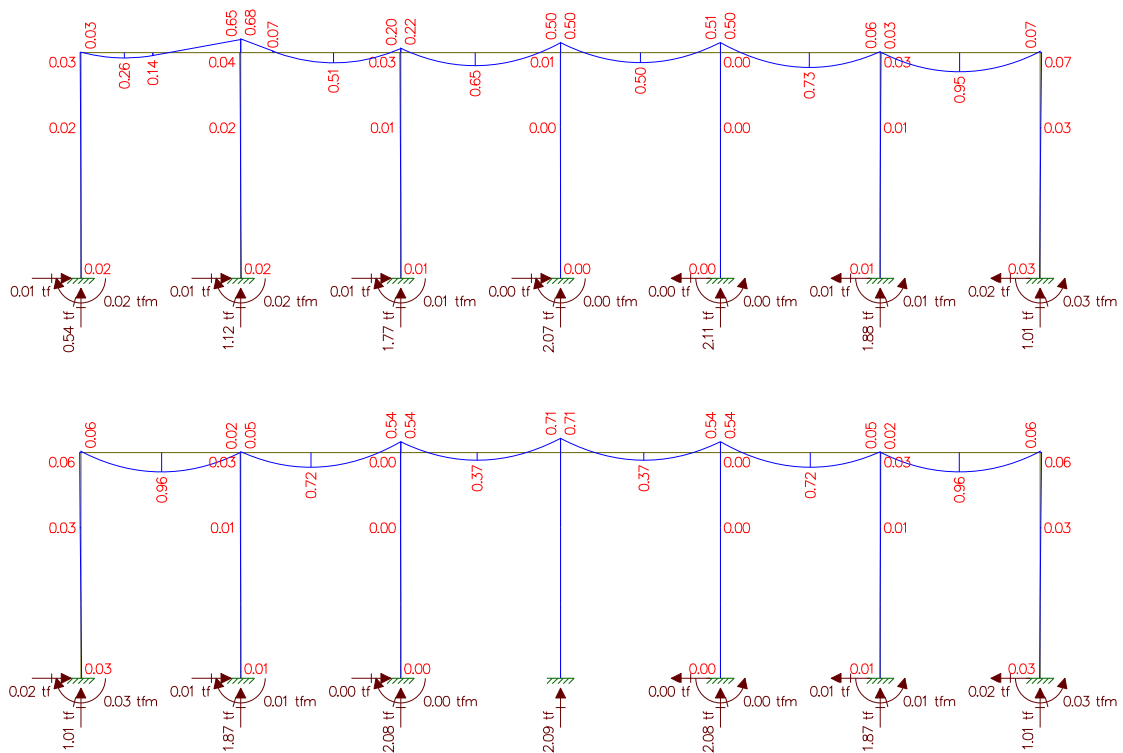


## Momento Fletor

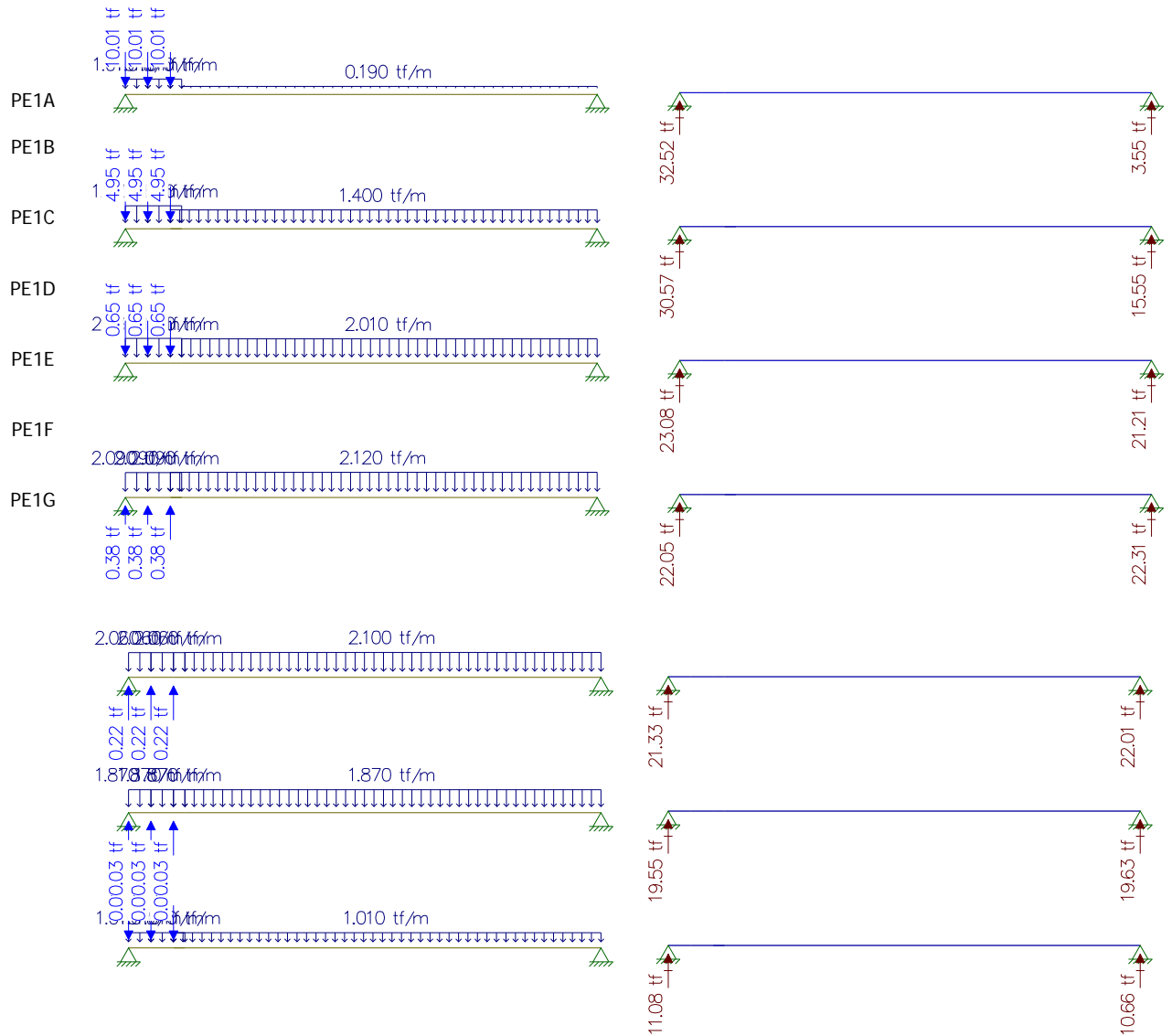
### (I) Cargas Pontuais do Trem Tipo



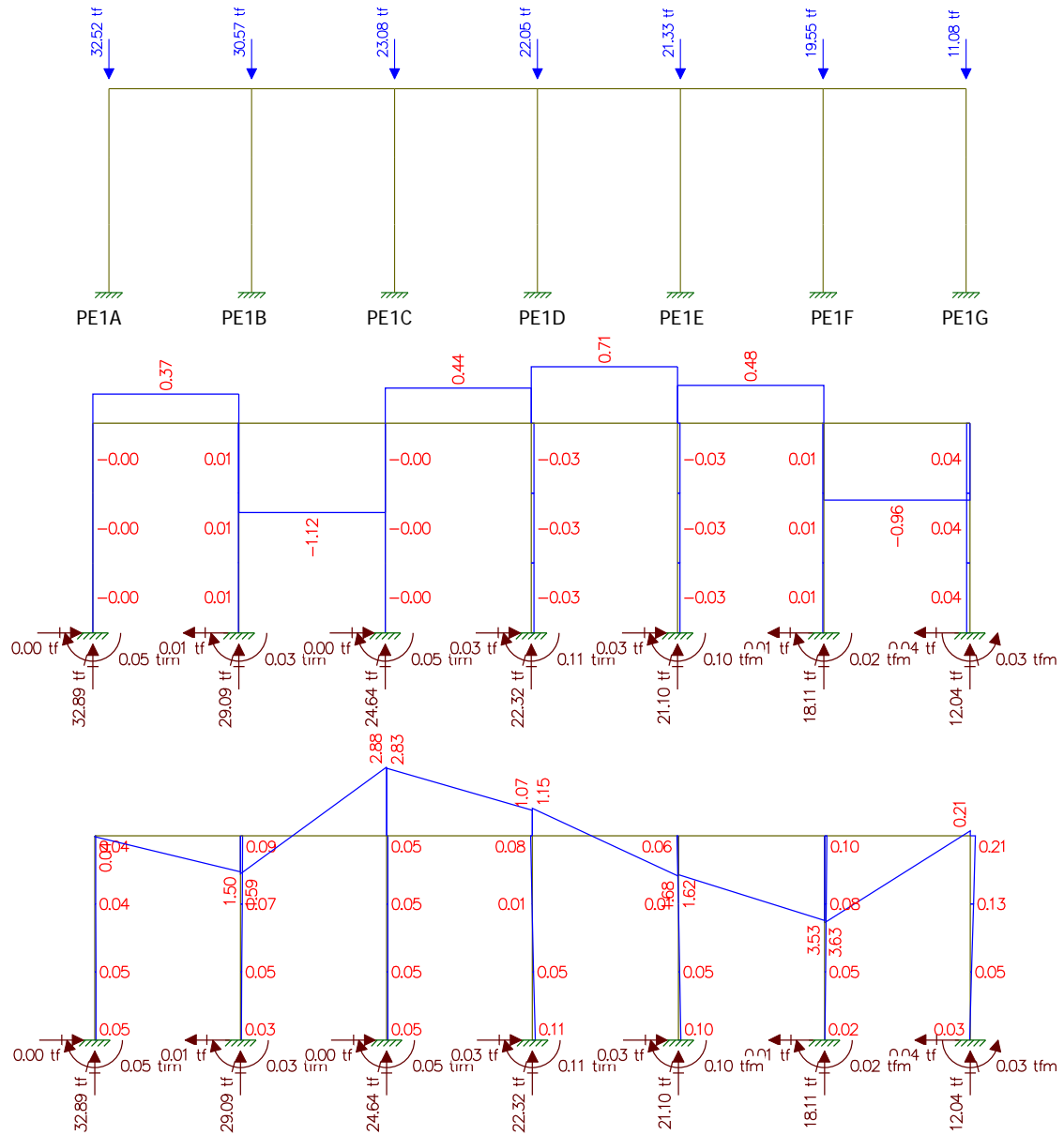
### (II) Cargas de multidão do Trem Tipo



### Longitudinais

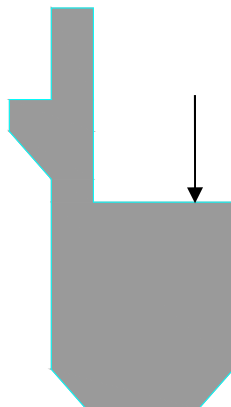


### Resultado do Estudo da Carga Móvel para situação de Máxima Flexão



## Estudo do Momento Torsor

### Torsor causado pela diferença de cargas dos vãos

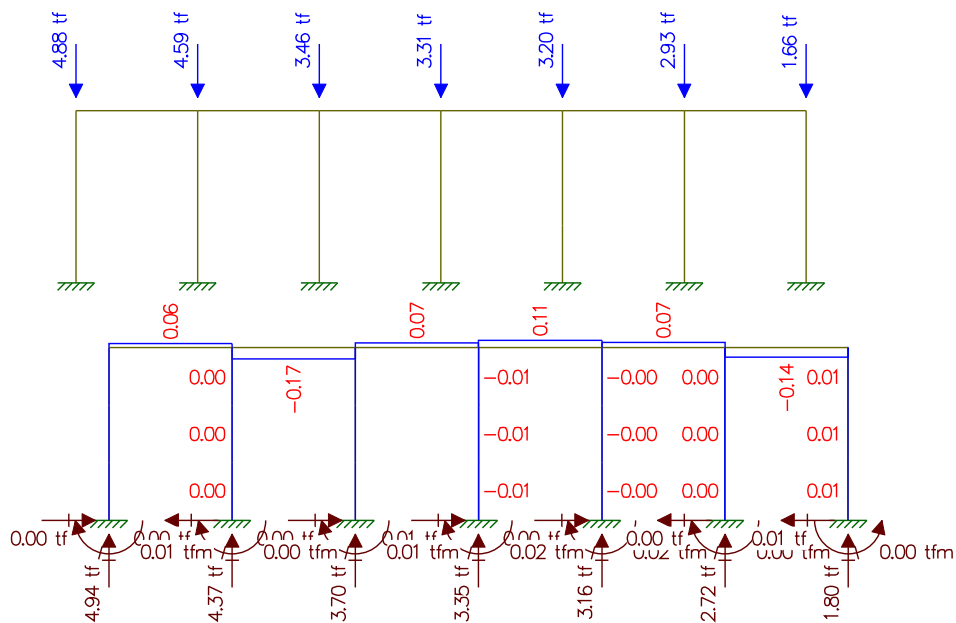


Carga a – Carga b = Carga c Carga c x distância = Momento Torsor (tf.m)

	Carga (tf)	Distância(m)	Momento Torsor (tf.m)
Viga 1	52,01	0,150	7,80
Viga 2	37,93	0,150	5,69
Viga 3	45,07	0,150	6,76
Viga 4	37,93	0,150	5,69
Viga 5	52,01	0,150	7,80

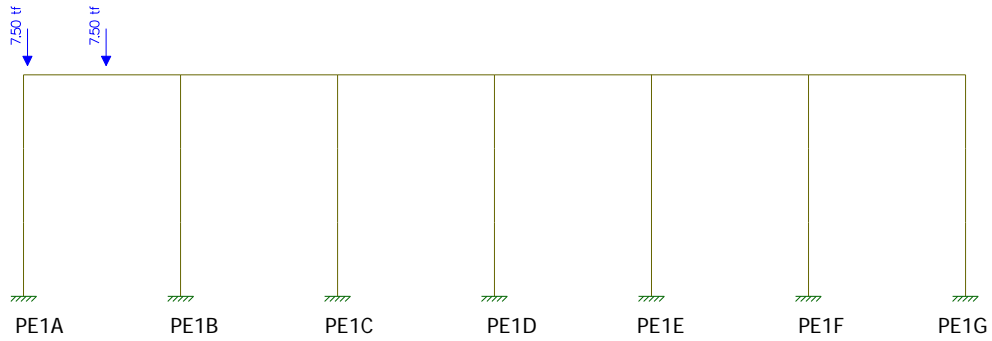
## Resultado do Estudo do Momento Torsor

Analogia Cortante – Momento Torsor  
Cargas / Cortante

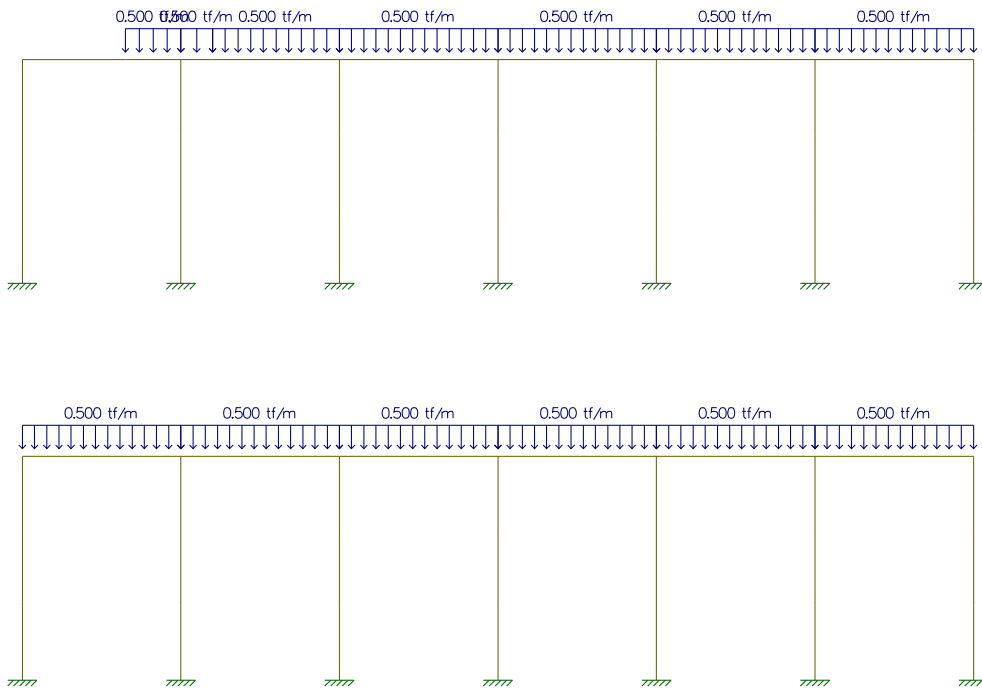


## Estudo da Carga Móvel para situação de Máxima Cortante Transversal

### (I) Cargas Pontuais do Trem Tipo



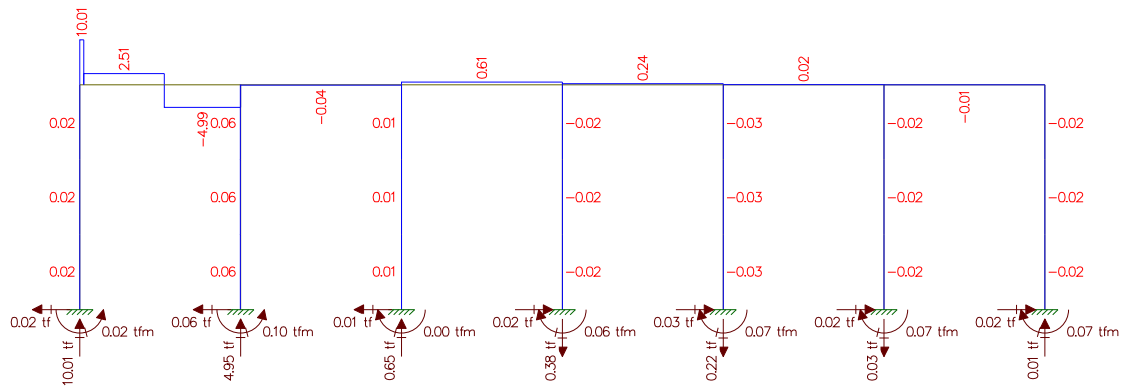
### (II) Cargas de multidão do Trem Tipo



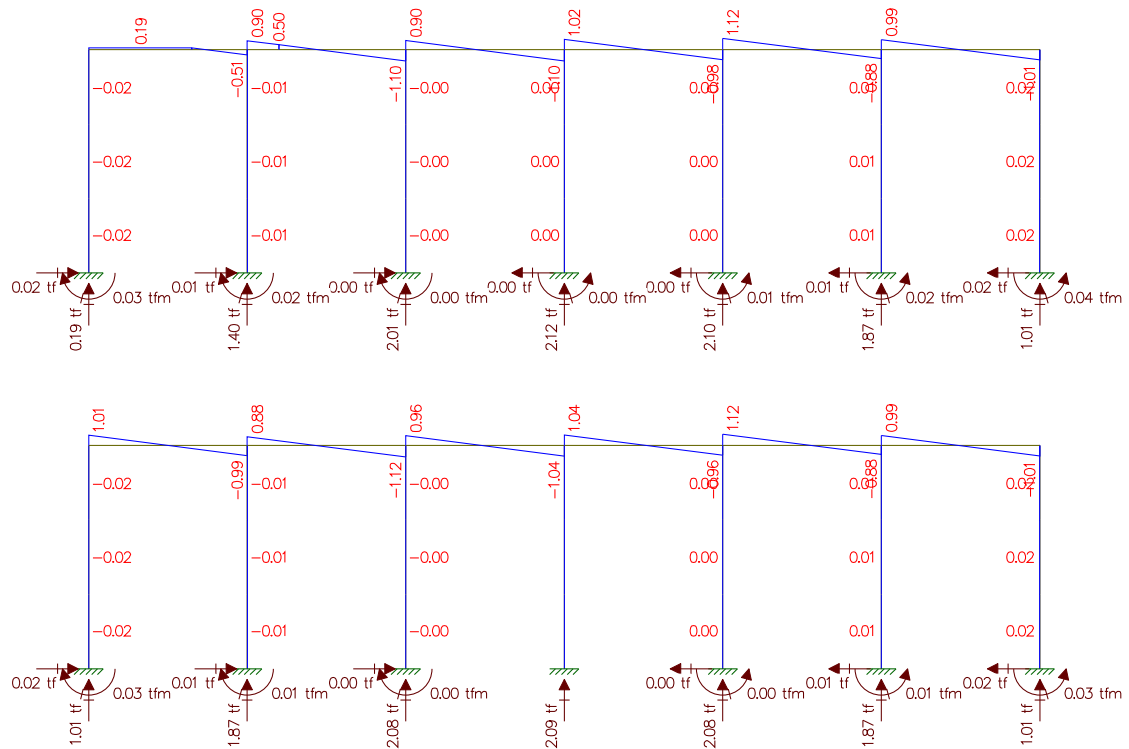


## Cortantes

### (I) Cargas Pontuais do Trem Tipo

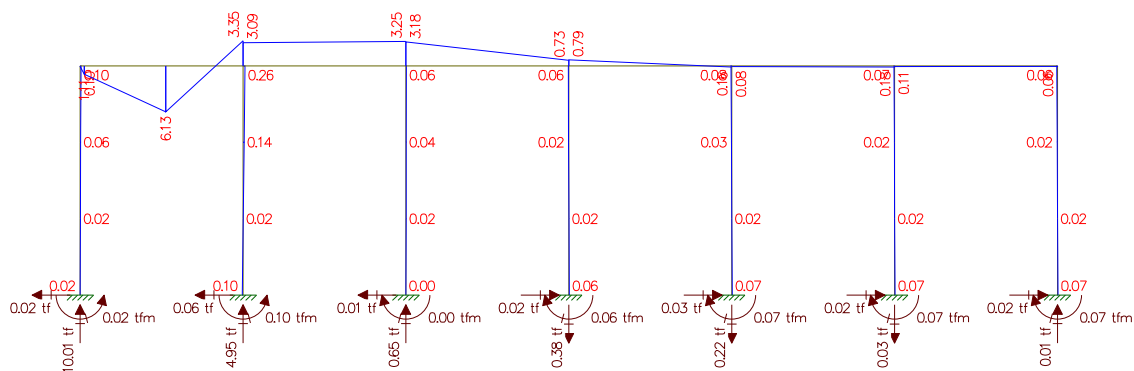


### (II) Cargas de multidão do Trem Tipo

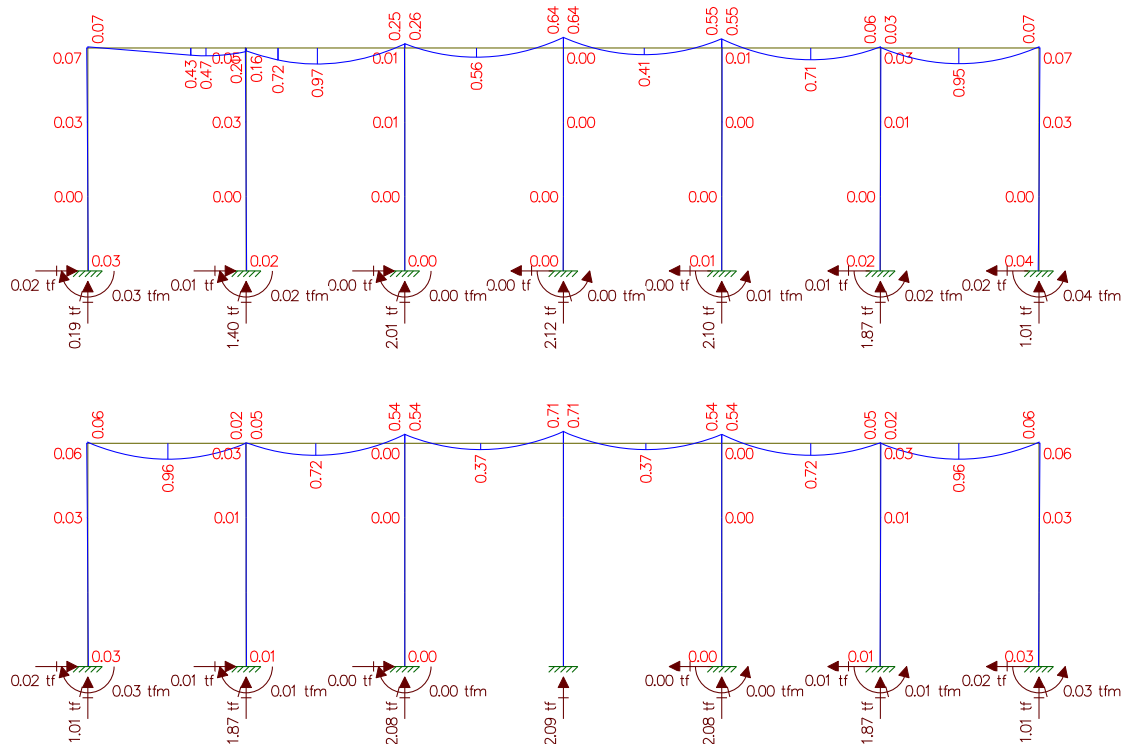


## Momento Fletor

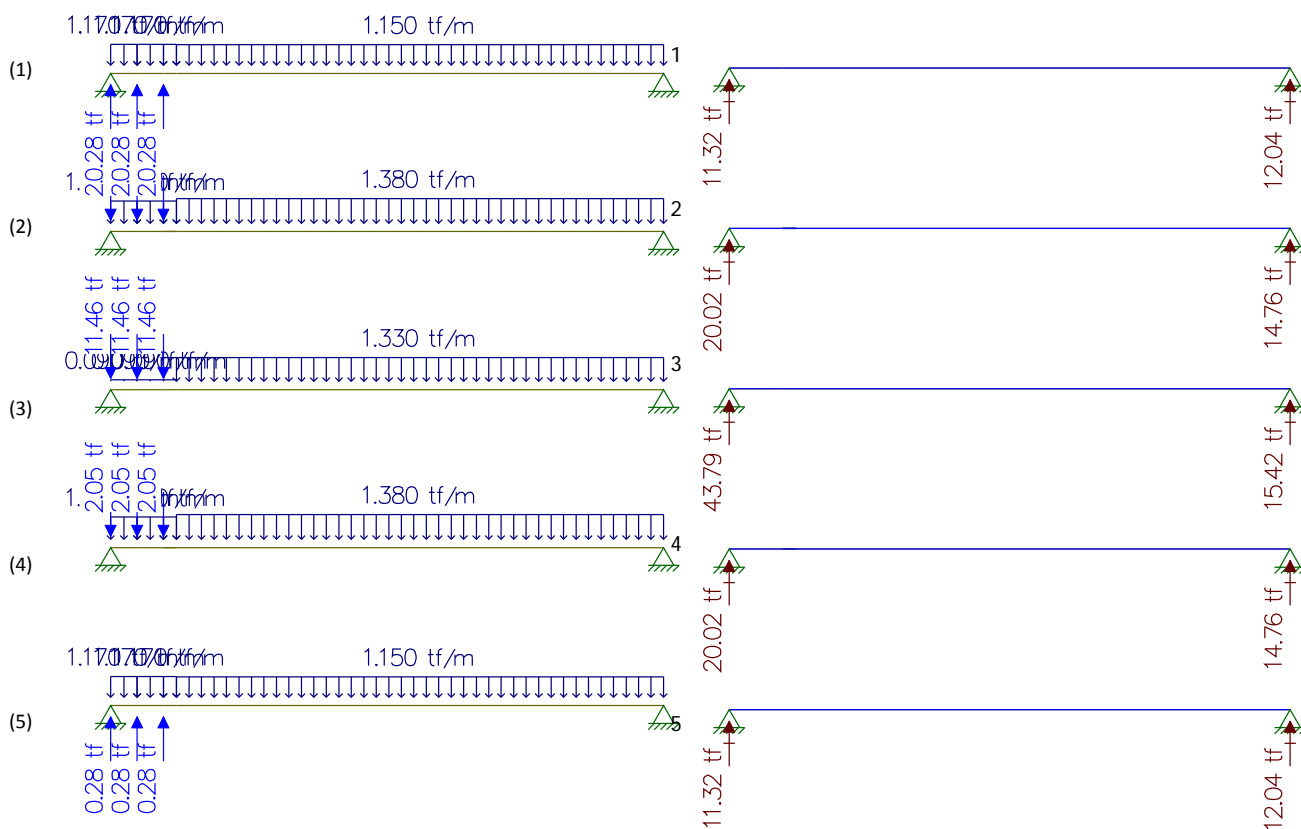
### (I) Cargas Pontuais do Trem Tipo



### (II) Cargas de multidão do Trem Tipo

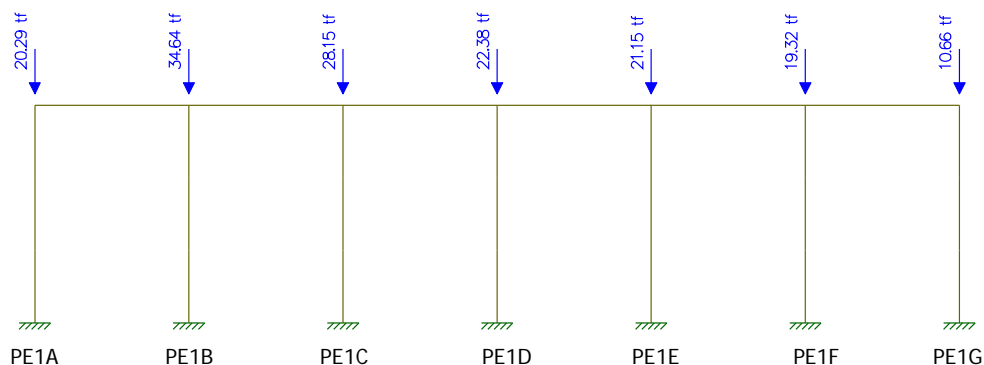


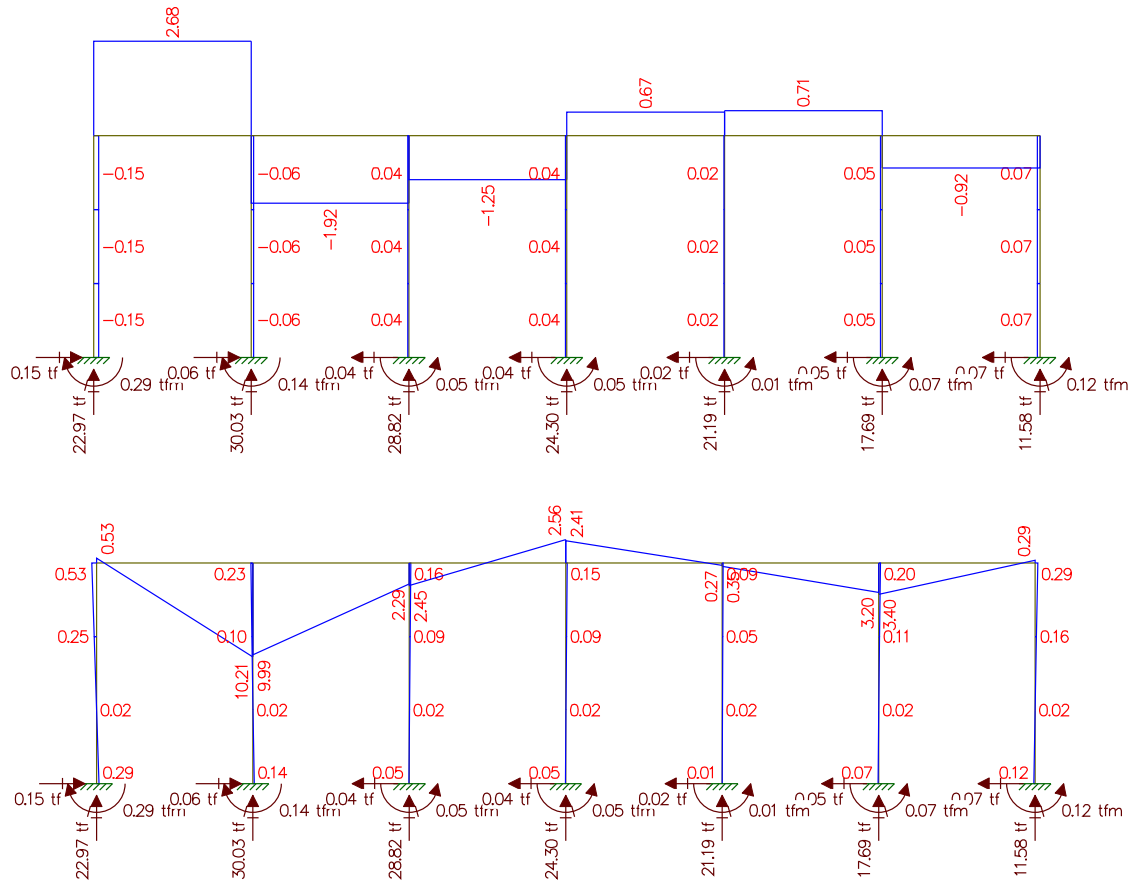
### Longitudinais



### Resultado do Estudo da Carga Móvel para situação de Máxima Cortante

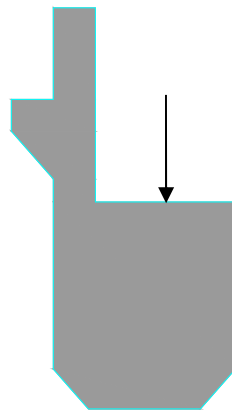
- Reação devido a Viga 1: 11,32tf
- Reação devido a Viga 2: 20,02tf
- Reação devido a Viga 3: 43,79tf
- Reação devido a Viga 4: 20,02tf
- Reação devido a Viga 5: 11,32tf





## Estudo do Momento Torsor

### Torsor causado pela diferença de cargas dos vãos



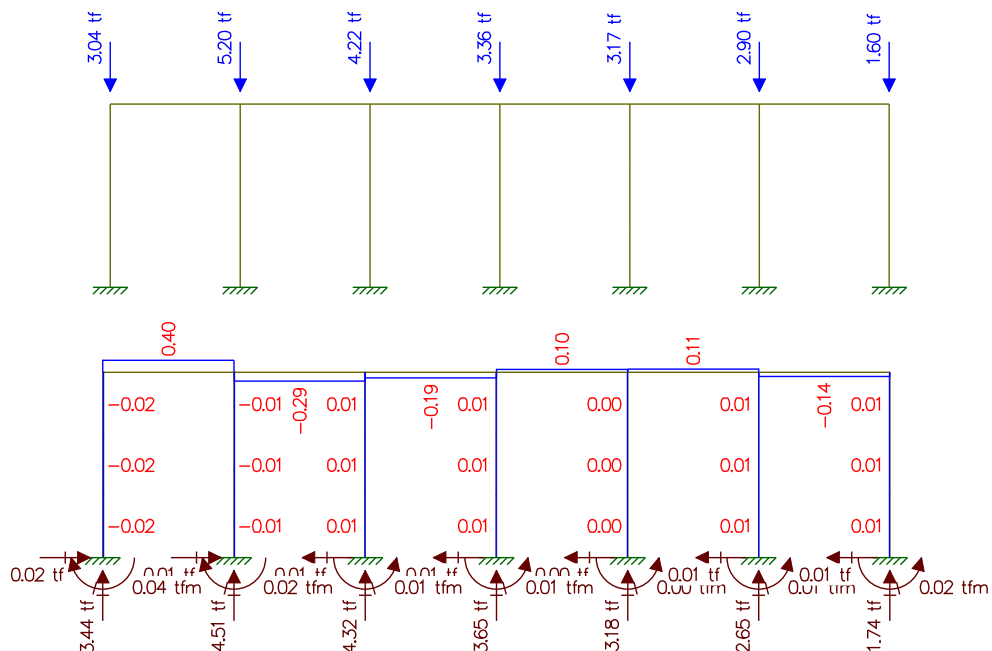
Carga a – Carga b = Carga c Carga c x distância = Momento Torsor (tf.m)

	Carga 1 (tf)	Distância(m)	Momento Torsor (tf.m)
Pilar 1	20,29	0,150	3,04
Pilar 2	34,64	0,150	5,20
Pilar 3	28,15	0,150	4,22
Pilar 4	22,38	0,150	3,36
Pilar 5	21,15	0,150	3,17
Pilar 6	19,32	0,150	2,90
Pilar 7	10,66	0,150	1,60

### Resultado do Estudo do Momento Torsor

Analogia Cortante – Momento Torsor

Cargas / Cortante



## Memória de Cálculo da Travessa – 21-21m

Carga Permanente

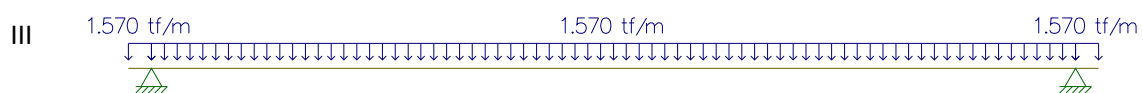
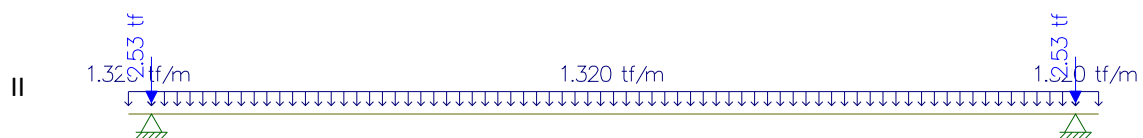
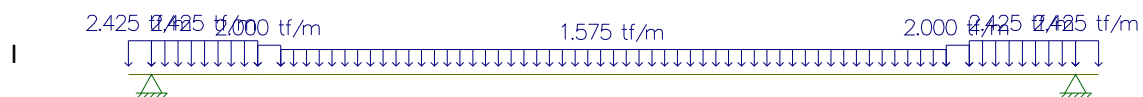
Estudo do Momento Fletor e da Cortante

Vão de 21 metros - Longitudinal - viga 1 e 5

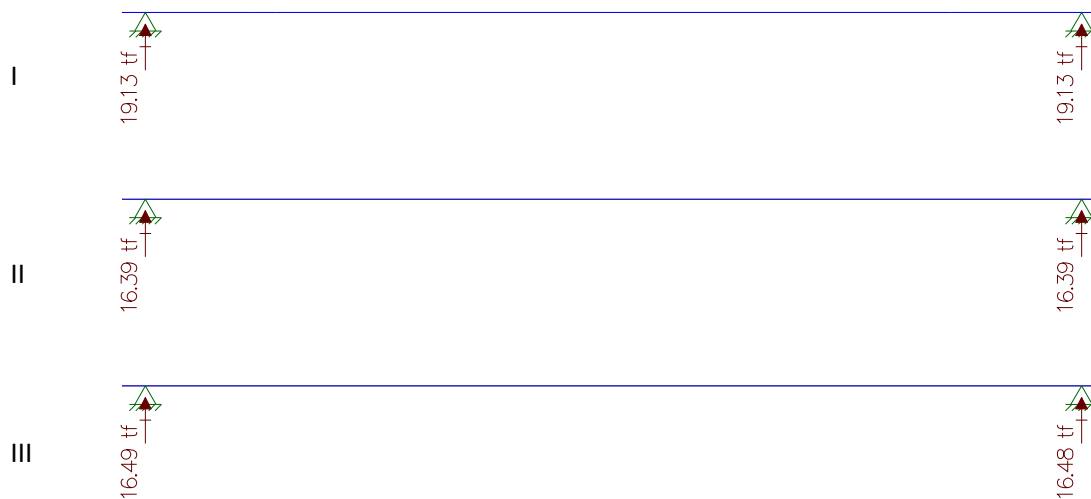
Peso da Viga

Peso da laje + Peso da transversina

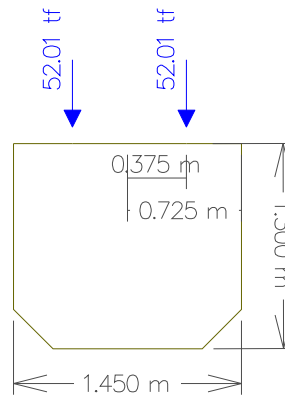
Peso do pavimento + Peso do guarda-rodas + recapeamento



### Reações



Reação resultante:  $19,13\text{tf} + 16,39\text{tf} + 16,49\text{tf} = 52,01\text{tf}$



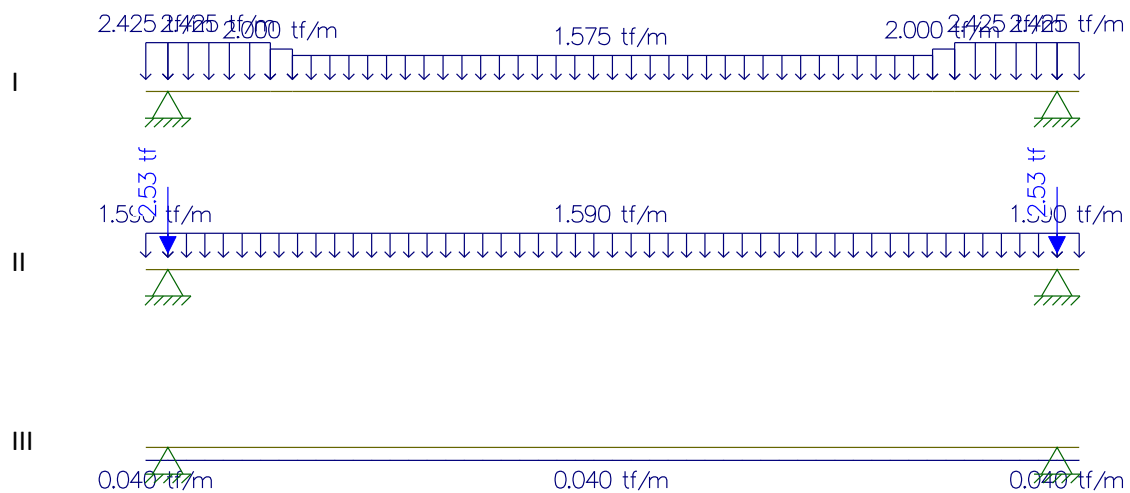
Total de cargas pontuais:  $52,01\text{tf} + 52,01\text{tf} = 104,02\text{tf}$

Vão de 21 metros – Longitudinal – viga 2 e 4

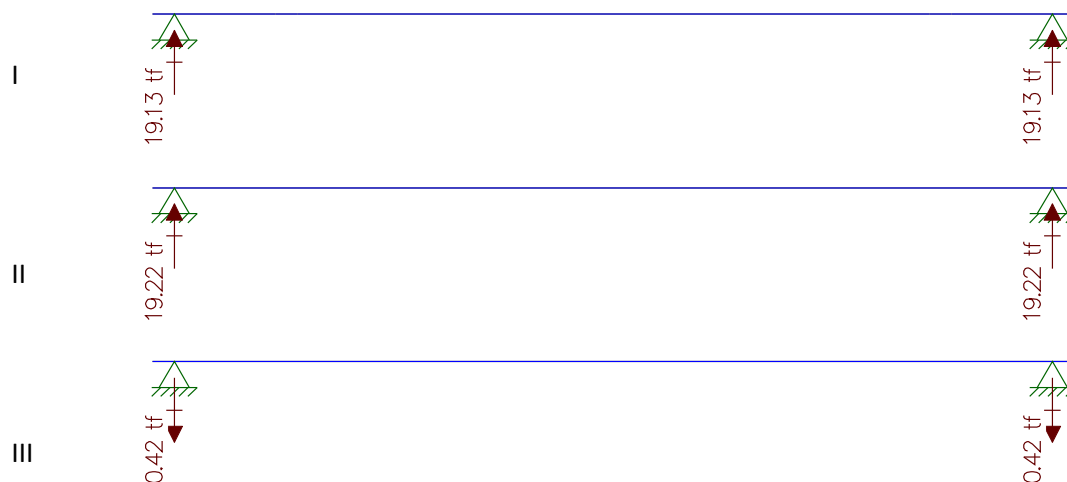
Peso da Viga

Peso da laje + Peso da transversina

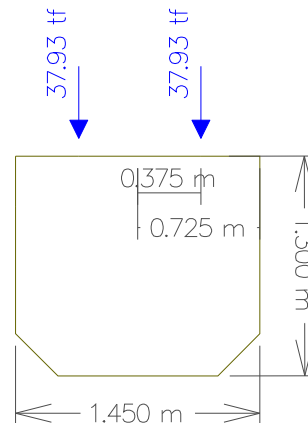
Peso do pavimento + Peso do guarda-rodas + recapeamento



Reações



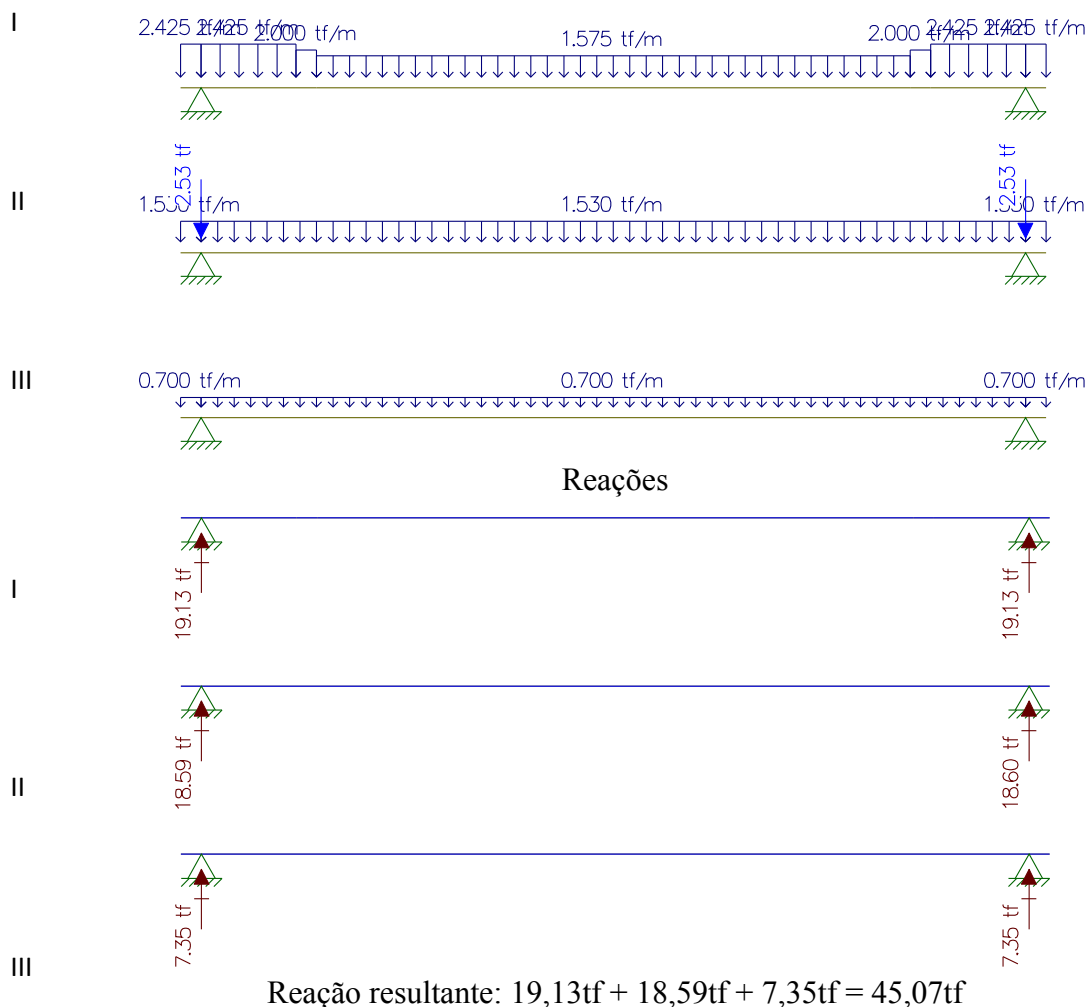
Reação resultante:  $19,13\text{tf} + 19,22\text{tf} - 0,42\text{tf} = 37,93\text{tf}$



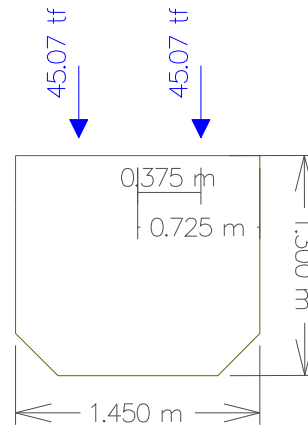
Total de cargas pontuais:  $37,93\text{tf} + 37,93\text{tf} = 75,86\text{tf}$

Vão de 21 metros – Longitudinal - viga 3

Respectivamente: Peso da Viga, Peso da laje + Peso da transversina, Peso do pavimento + Peso do guarda-rodas + recapeamento







Total de cargas pontuais:  $45,07\text{tf} + 45,07\text{tf} = 90,14\text{tf}$

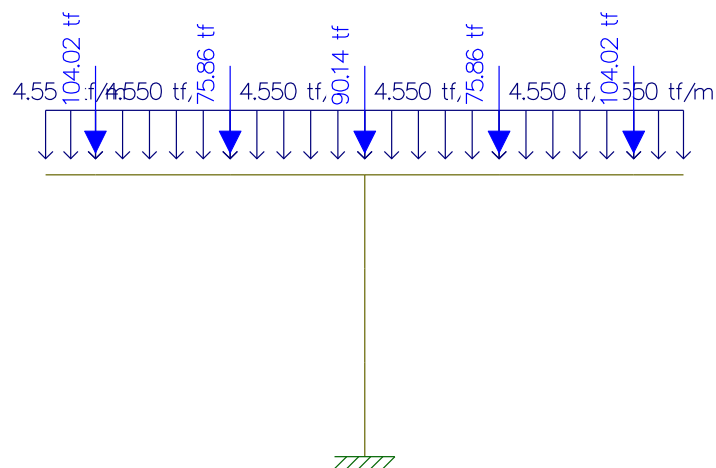
Peso próprio da Travessa (21 – 21m)

Área da seção =  $1,82\text{m}^2$

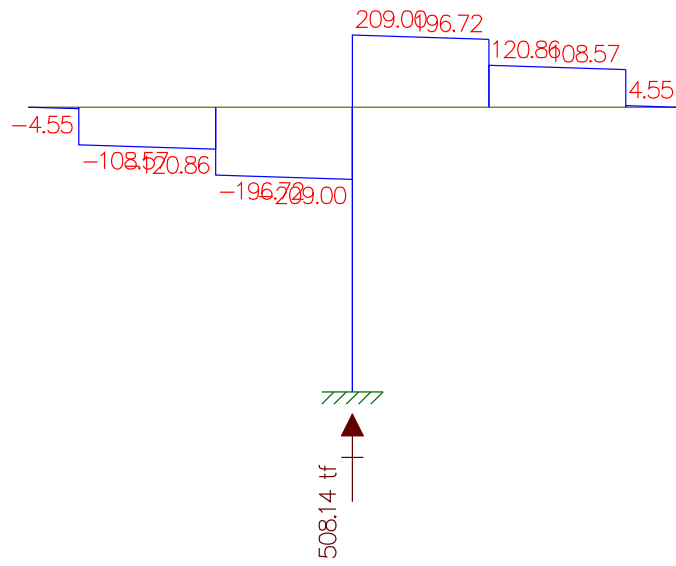
$1,82\text{m}^2 \times 2,5 \text{ tf/m}^3 = 4,55 \text{ tf/m}$

Resultado do Estudo do Momento Fletor e da Cortante

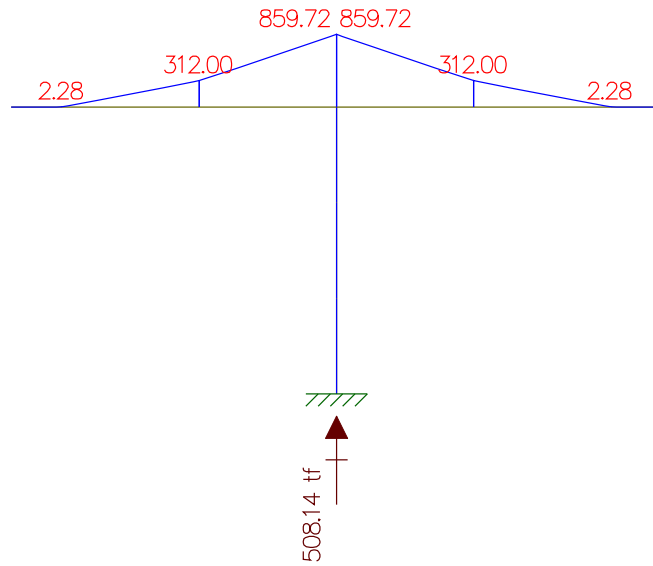
Cargas



Cortante

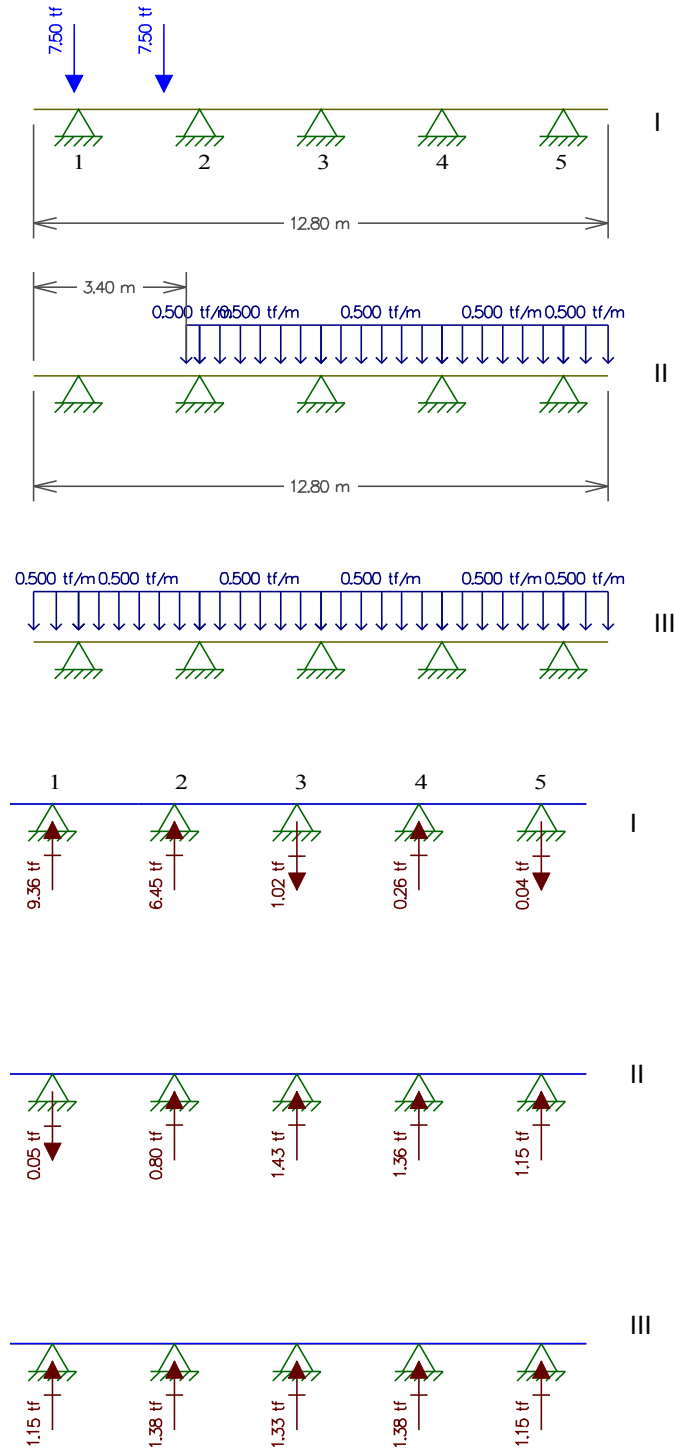


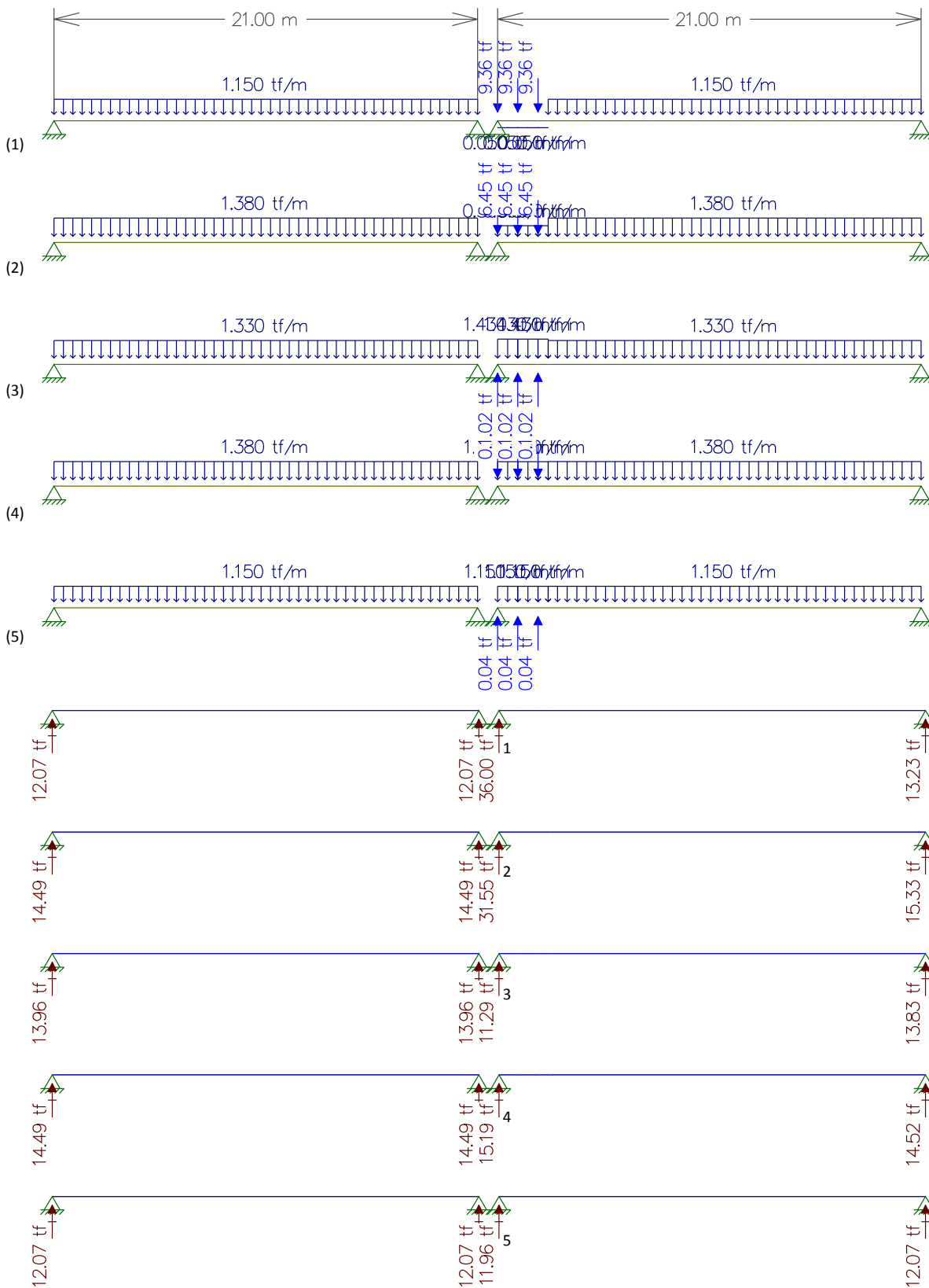
Momento Fletor



## Carga Móvel

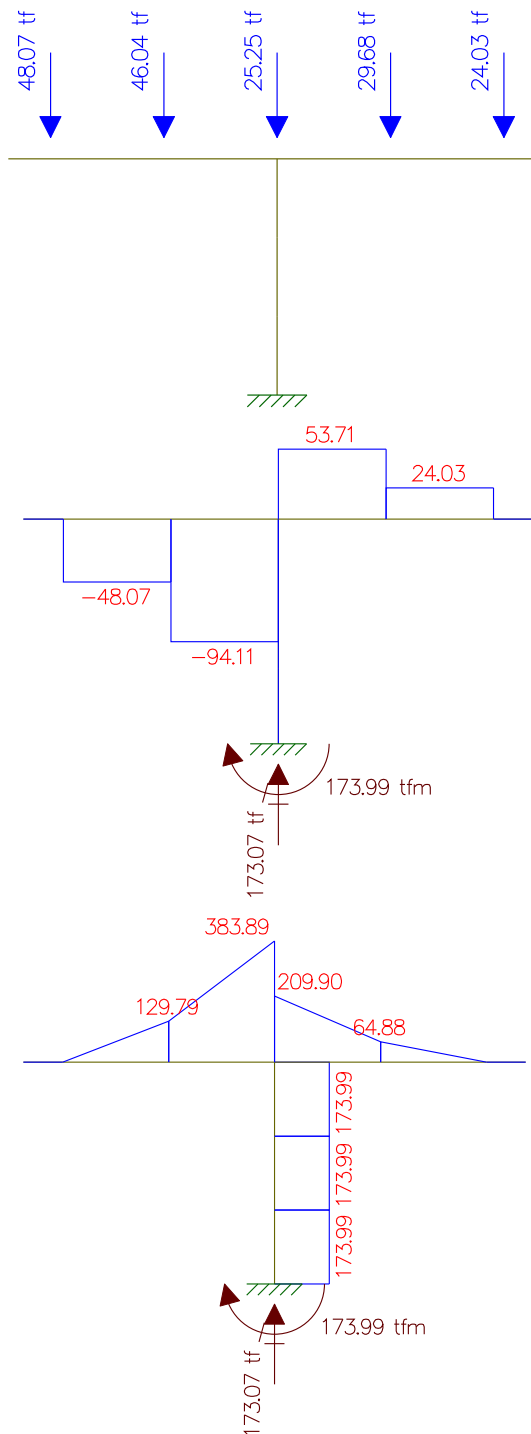
Estudo da Carga Móvel para situação de Máxima Flexão  
Com carga de multidão no menor vão





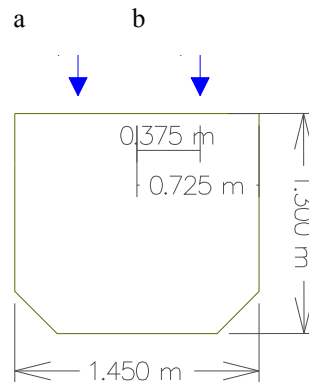
### Resultado do Estudo da Carga Móvel para situação de Máxima Flexão

- Reação devido a Viga 1:  $12,07\text{tf} + 36,00\text{tf} = 48,07\text{tf}$
- Reação devido a Viga 2:  $14,49\text{tf} + 31,55\text{tf} = 46,04\text{tf}$
- Reação devido a Viga 3:  $13,96\text{tf} + 11,29\text{tf} = 25,25\text{tf}$
- Reação devido a Viga 4:  $14,49\text{tf} + 15,19\text{tf} = 29,68\text{tf}$
- Reação devido a Viga 5:  $12,07\text{tf} + 11,96\text{tf} = 24,03\text{tf}$



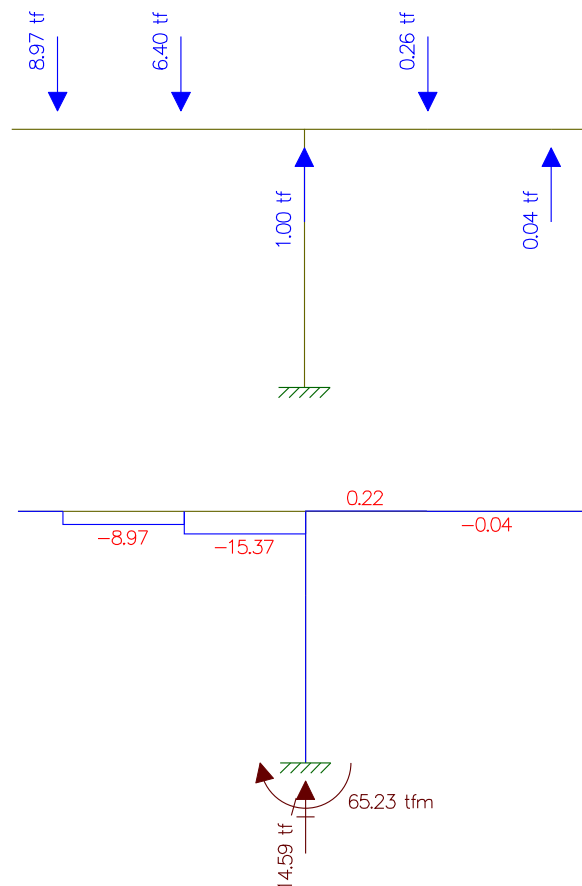
## Estudo do Momento Torsor

Torsor causado pela diferença de cargas dos vãos



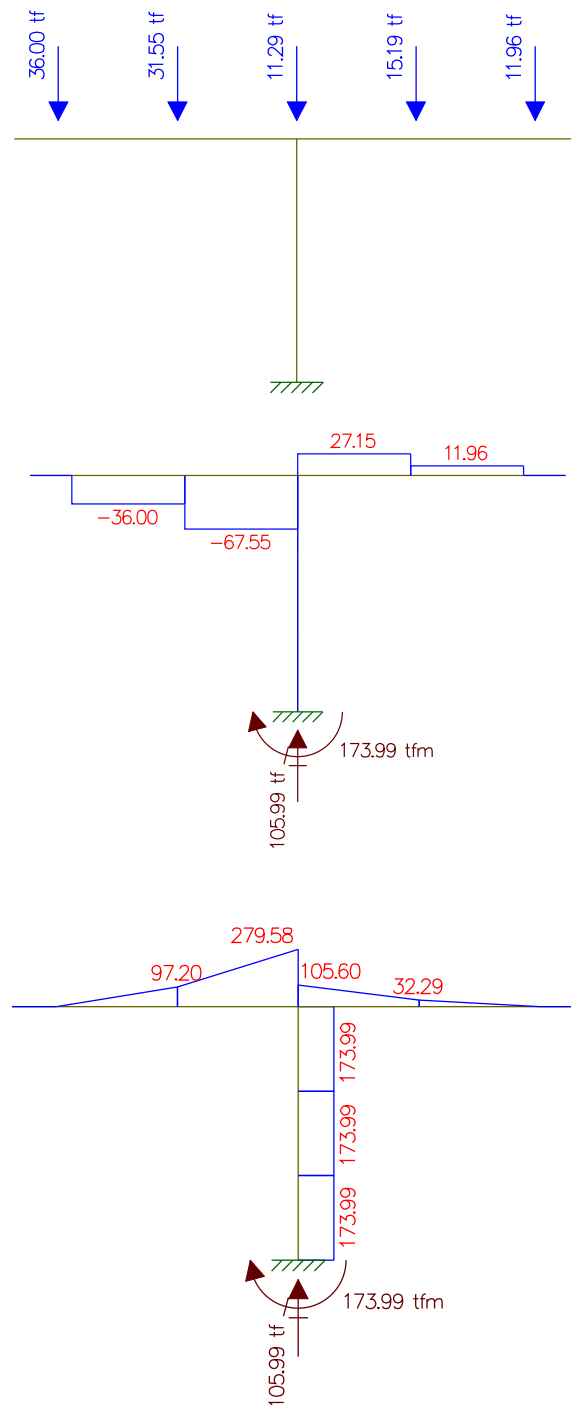
Carga a – Carga b = Carga c Carga c x distância = Momento torsor (tf.m)

	Carga 1 (tf)	Carga 2 (tf)	C1 - C2 (tf)	Distância(m)	Momento Torsor (tf.m)
Viga 1	36,00	12,07	23,93	0,375	8,97
Viga 2	31,55	14,49	17,06	0,375	6,40
Viga 3	11,29	13,96	- 2,67	0,375	-1,00
Viga 4	15,19	14,49	0,70	0,375	0,26
Viga 5	11,96	12,07	- 0,11	0,375	-0,04



Sem carga de multidão no menor vão

- Reação devido a Viga 1 sem a carga de multidão em um dos vãos: 36,00tf
- Reação devido a Viga 2 sem a carga de multidão em um dos vãos: 31,55tf
- Reação devido a Viga 3 sem a carga de multidão em um dos vãos: 11,29tf
- Reação devido a Viga 4 sem a carga de multidão em um dos vãos: 15,19tf
- Reação devido a Viga 5 sem a carga de multidão em um dos vãos: 11,96tf



## Estudo do Momento Torsor

Torsor causado pela diferença de cargas dos vãos

Viga 1: 36,0tf

$$M_t = 36,0\text{tf} \times 0,375\text{m} = 13,5\text{tf.m}$$

Viga 2: 31,55tf

$$M_t = 31,55\text{tf} \times 0,375\text{m} = 11,83\text{tf.m}$$

Viga 3: 11,29tf

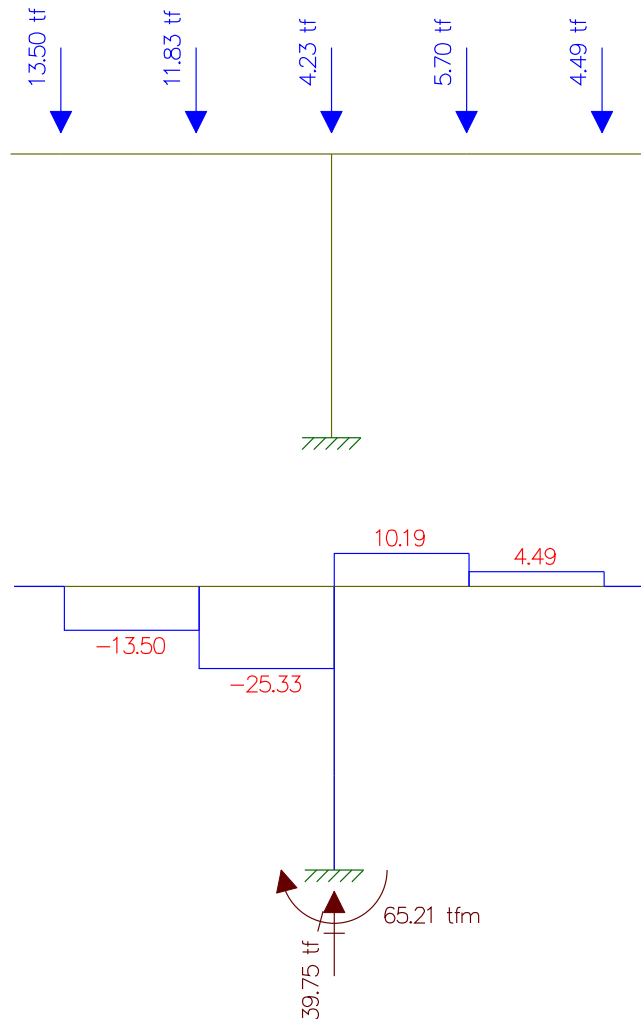
$$M_t = 11,29\text{tf} \times 0,375\text{m} = 4,23\text{tf.m}$$

Viga 4: 15,19tf

$$M_t = 15,19\text{tf} \times 0,375\text{m} = 5,70\text{tf.m}$$

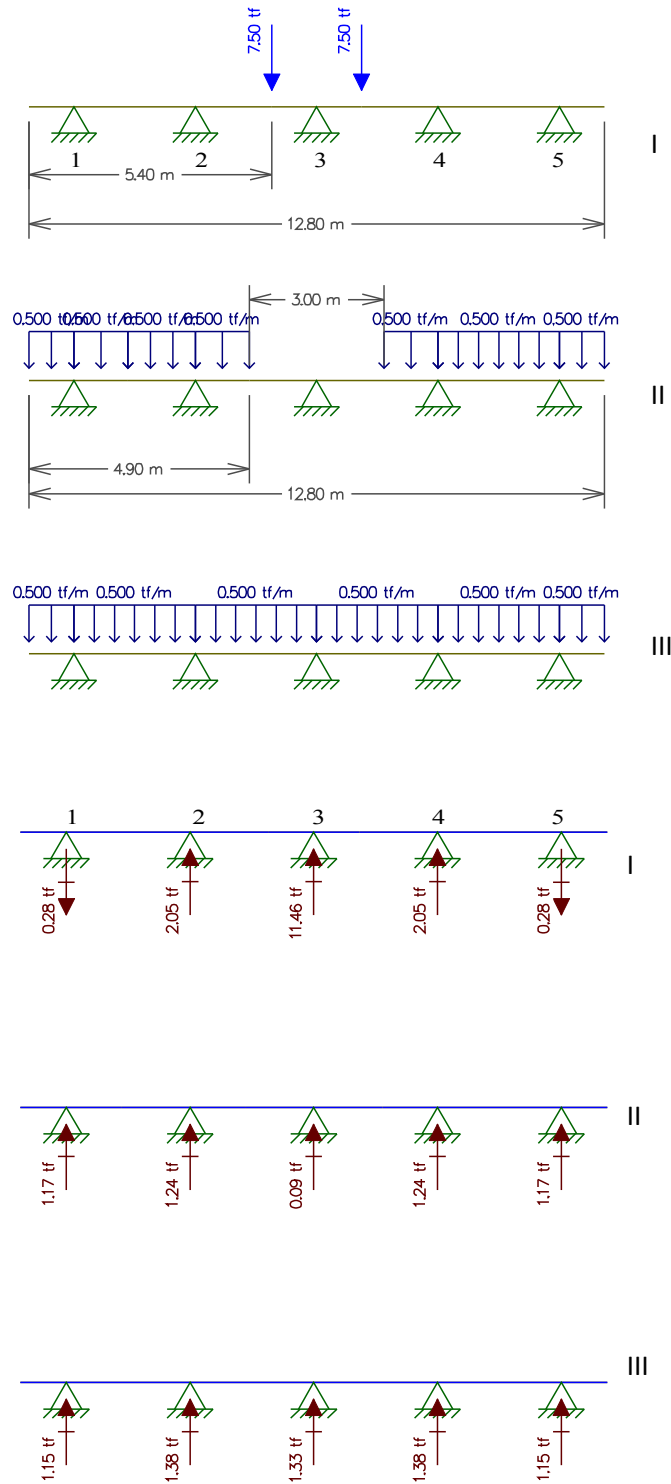
Viga 5: 11,96tf

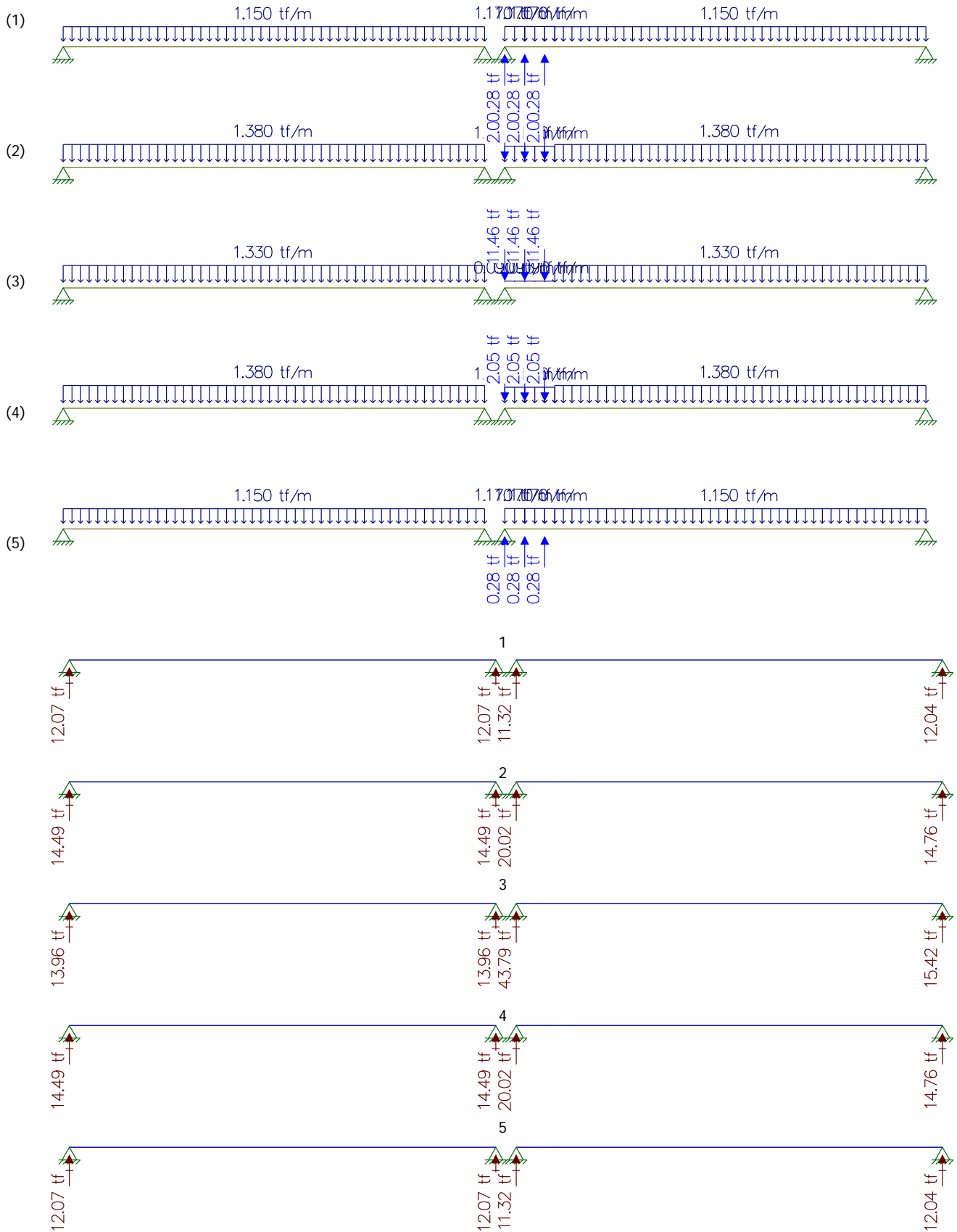
$$M_t = 11,96\text{tf} \times 0,375\text{m} = 4,49\text{tf.m}$$





Estudo da Carga Móvel para situação de Máxima Cortante  
Com carga de multidão no menor vão





Resultado do Estudo da Carga Móvel para situação de Máxima Cortante

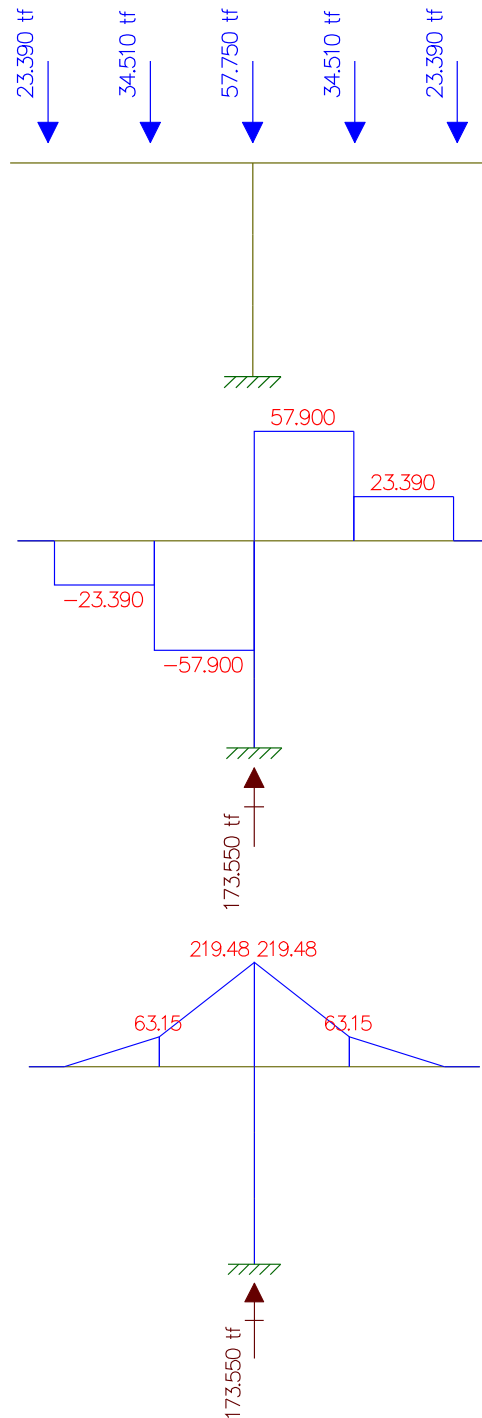
Reação devido a Viga 1:  $12,07\text{tf} + 11,32\text{tf} = 23,39\text{tf}$

Reação devido a Viga 2:  $14,49\text{tf} + 20,02\text{tf} = 34,51\text{tf}$

Reação devido a Viga 3:  $13,96\text{tf} + 43,79\text{tf} = 57,75\text{tf}$

Reação devido a Viga 4:  $14,49\text{tf} + 20,02\text{tf} = 34,51\text{tf}$

Reação devido a Viga 5:  $12,07\text{tf} + 11,32\text{tf} = 23,39\text{tf}$

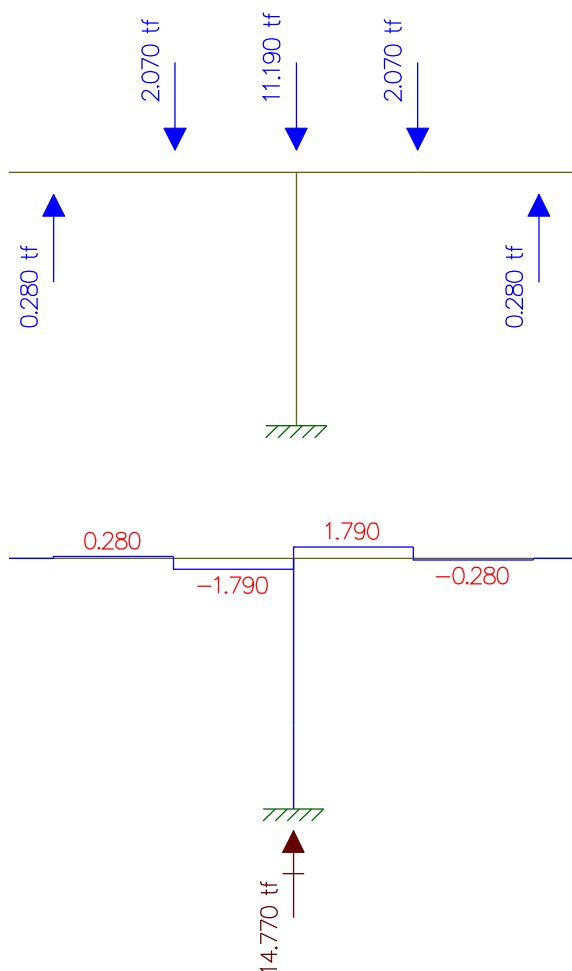


### Estudo do Momento Torsor

Torsor causado pela diferença de cargas dos vãos

$$\text{Carga a} - \text{Carga b} = \text{Carga c} \quad \text{Carga c} \times \text{distância} = \text{Momento torsor (tf.m)}$$

	Carga 1 (tf)	Carga 2 (tf)	C1 - C2 (tf)	Distância(m)	Momento Torsor (tf.m)
Viga 1	11,32	12,07	-0,75	0,375	-0,28
Viga 2	20,02	14,49	5,53	0,375	2,07
Viga 3	43,79	13,96	29,83	0,375	11,19
Viga 4	20,02	14,49	5,53	0,375	2,07
Viga 5	11,32	12,07	-0,75	0,375	-0,28



Sem carga de multidão no menor vão

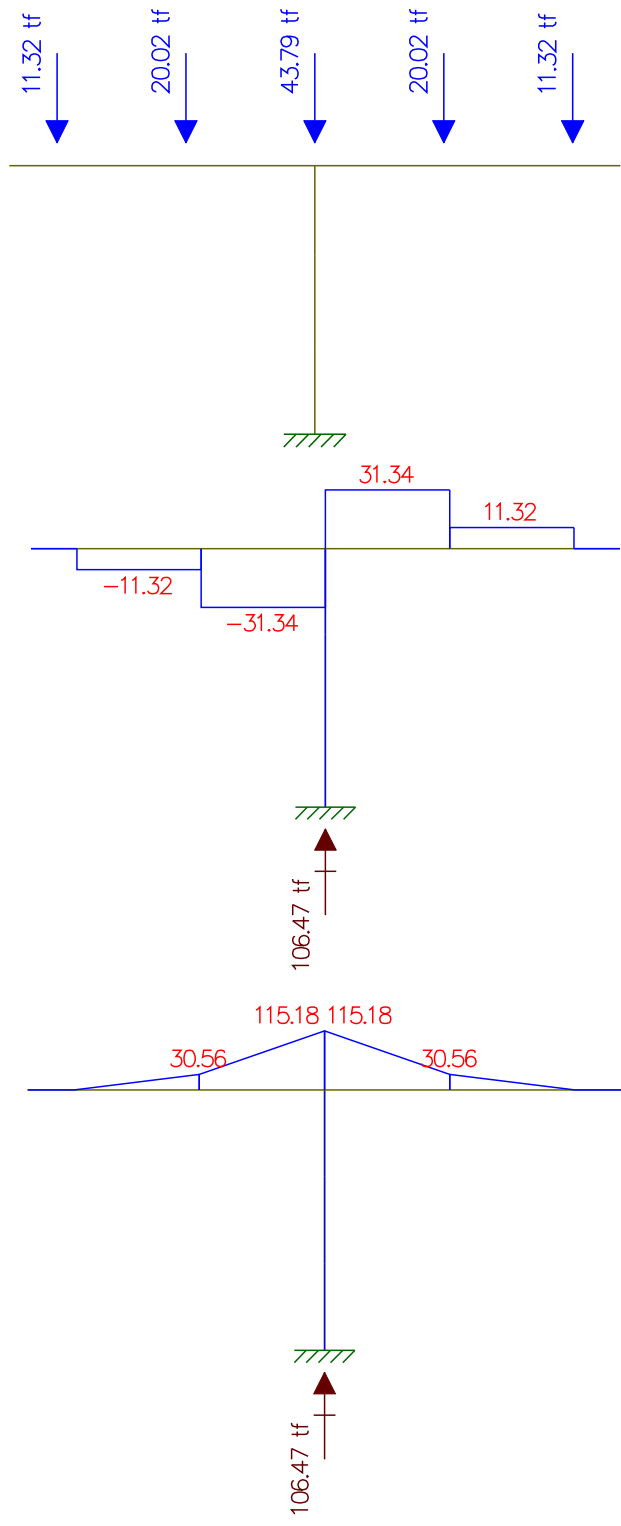
Reação devido a Viga 1: 11,32tf

Reação devido a Viga 2: 20,02tf

Reação devido a Viga 3: 43,79tf

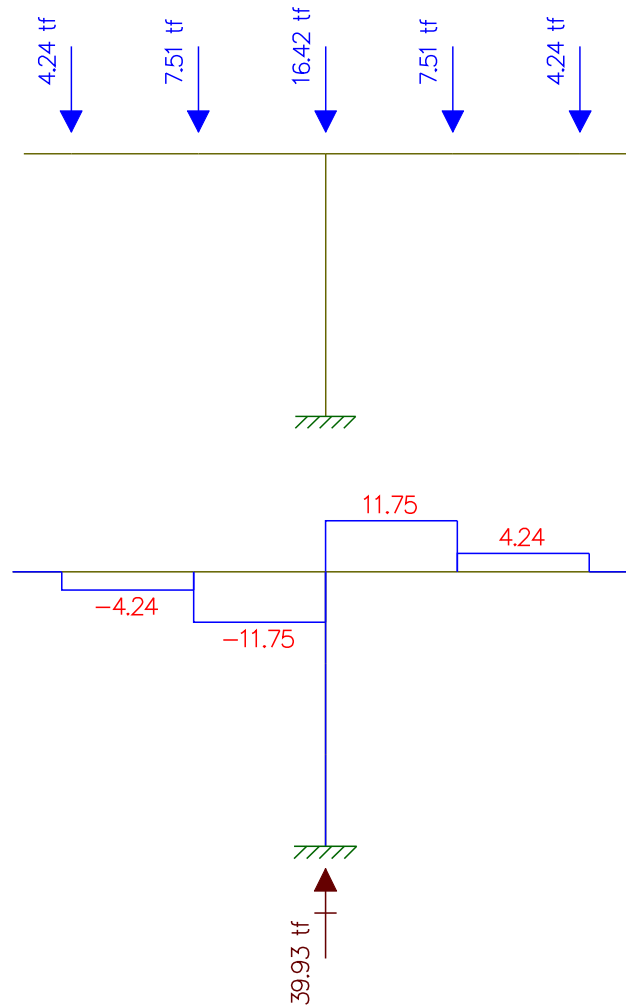
Reação devido a Viga 4: 20,02tf

Reação devido a Viga 5: 11,32tf



Estudo do Momento Torsor  
Torsor causado pela diferença de cargas dos vãos

Viga 1: 11,32tf	$M_t = 11,32\text{tf} \times 0,375\text{m} = 4,245\text{tf.m}$
Viga 2: 20,02tf	$M_t = 20,02\text{tf} \times 0,375\text{m} = 7,5075\text{tf.m}$
Viga 3: 43,79tf	$M_t = 43,79\text{tf} \times 0,375\text{m} = 16,42125\text{tf.m}$
Viga 4: 20,02tf	$M_t = 20,02\text{tf} \times 0,375\text{m} = 7,5075\text{tf.m}$
Viga 5: 11,32tf	$M_t = 11,32\text{tf} \times 0,375\text{m} = 4,245\text{tf.m}$



**Processamento Superestrutura**  
Dimensionamento da Longarina  
Viga de 21m

\*\*\*\*\*  
DNIT - DER/RJ \* BR 230 Viaduto Estaca 470 \*\*\* Rev. 0 \*\*\*\*\*  
Fase 1 - Viga Isolada \*\* Viga A \* L = 21.00m \*\*\*\* Out/13 \*\*\*  
\*\*\*\*\*

Fase 1 - Viga Isolada

Dimensões Constantes

ALT. = 1.500      LLSU = 1.000      LLIN = .600  
ELSE = .000      BTES = .000      BTEI = .000  
BTII = .000      HTII = .000      HTES = .000  
HTEI = .000      ELSI = .150      ELII = .200  
ALSE = .000

Dimensões Variáveis

Seção	EALM	BTIS	BTIN	HTIS	HTIN
1	.600	.400	.000	.053	.000
2	.600	.400	.000	.053	.000
3	.250	.750	.350	.100	.200
4	.250	.750	.350	.100	.200
5	.250	.750	.350	.100	.200
6	.250	.750	.350	.100	.200

Tipo	Área	VS	VI	Inércia	WS	WI	ME
1	.971	.702	.798	.198	.281	.248	.191
2	.971	.702	.798	.198	.281	.248	.191
3	.630	.695	.805	.170	.245	.211	.149
4	.630	.695	.805	.170	.245	.211	.149
5	.630	.695	.805	.170	.245	.211	.149
6	.630	.695	.805	.170	.245	.211	.149

OBS.- As demais seções não serão tabuladas, devido à simetria da Estrutura

\*\*\*\*\*  
DNIT - DER/RJ \* BR 230 Viaduto Estaca 470 \*\*\* Rev. 0 \*\*\*\*\*  
Fase 1 - Viga Isolada \*\* Viga A \* L = 21.00m \*\*\*\* Out/13 \*\*\*  
\*\*\*\*\*

Características do Cabo utilizado  
Fase Única

-----  
Unidade de Protensão = 9φ12.7mm  
Módulo de Elasticidade = 19500. Kg/mm\*\*2  
Área da Seção Transversal = 1202. mm\*\*2  
Tensão Inicial de Protensão = 140. Kg/mm\*\*2  
Acomodação de Ancoragem = 6. mm  
Perdas Def.(Lenta+Imediata) = 22. Kg/mm\*\*2  
Coef. de Atrito na Reta = .0025 /M  
Coef. de Atrito na Curva = .0040 /G  
-----

Cabo C1

Número de Cabos = 1 Tipo = AA XI= .00 XF= 24.30

Seção	YS	Angulo	Tensões	*	Pk Superior			*	Pk Inferior			*
					Fh	Fv	M		Fh	Fv	M	
1	1.21	-1.4	14000./12651.	*	130.	-3.	-66.	*	121.	-3.	-62.	*
2	1.27	-1.4	13915./12736.	*	131.	-3.	-74.	*	122.	-3.	-70.	*
3	1.33	-1.2	13818./12833.	*	132.	-3.	-84.	*	124.	-3.	-79.	*
4	1.37	-.8	13715./12937.	*	133.	-2.	-90.	*	125.	-2.	-84.	*
5	1.40	-.4	13606./13045.	*	134.	-1.	-95.	*	127.	-1.	-89.	*
6	1.40	.0	13504./13147.	*	135.	0.	-95.	*	128.	0.	-90.	*
7	1.40	.4	13606./13045.	*	134.	1.	-95.	*	127.	1.	-89.	*
8	1.37	.8	13715./12937.	*	133.	2.	-90.	*	125.	2.	-84.	*
9	1.33	1.2	13818./12833.	*	132.	3.	-84.	*	124.	3.	-79.	*
10	1.27	1.4	13915./12736.	*	131.	3.	-74.	*	122.	3.	-70.	*
11	1.21	1.4	14000./12651.	*	130.	3.	-66.	*	121.	3.	-62.	*

-----  
Alongamentos - (mm) \* Alongamentos Especificos \* Comprimentos (M)  
\* \* (mm/m) \* \*  
DA = 85.7 \* EA = 7.06 \* LA = 12.152  
DB = 85.7 \* EB = 7.06 \* LB = 12.152  
DA+DB = 171.5 \* EM = 7.06 \* L = 24.304  
-----

Cabo C2

Número de Cabos = 1 Tipo = AA XI= .00 XF= 24.30

Seção	YS	Angulo	Tensões	*	Pk Superior			*	Pk Inferior			*
					Fh	Fv	M		Fh	Fv	M	
1	.91	-4.9	14000./12402.	*	127.	-11.	-26.	*	118.	-10.	-24.	*
2	1.10	-4.0	13863./12539.	*	128.	-9.	-51.	*	120.	-8.	-48.	*
3	1.25	-2.9	13720./12681.	*	130.	-7.	-72.	*	122.	-6.	-68.	*
4	1.35	-1.8	13573./12828.	*	132.	-4.	-86.	*	124.	-4.	-81.	*
5	1.40	-.6	13427./12974.	*	133.	-1.	-94.	*	126.	-1.	-89.	*
6	1.40	.0	13315./13087.	*	135.	0.	-95.	*	127.	0.	-90.	*
7	1.40	.6	13427./12974.	*	133.	1.	-94.	*	126.	1.	-89.	*
8	1.35	1.8	13573./12828.	*	132.	4.	-86.	*	124.	4.	-81.	*
9	1.25	2.9	13720./12681.	*	130.	7.	-72.	*	122.	6.	-68.	*
10	1.10	4.0	13863./12539.	*	128.	9.	-51.	*	120.	8.	-48.	*
11	.91	4.9	14000./12402.	*	127.	11.	-26.	*	118.	10.	-24.	*

-----  
Alongamentos - (mm) \* Alongamentos Especificos \* Comprimentos (M)  
\* \* (mm/m) \* \*  
DA = 85.0 \* EA = 6.99 \* LA = 12.166  
DB = 85.0 \* EB = 6.99 \* LB = 12.166  
DA+DB = 170.1 \* EM = 6.99 \* L = 24.331  
-----



\*\*\*\*\*  
DNIT - DER/RJ \* BR 230 Viaduto Estaca 470 \*\*\* Rev. 0 \*\*\*\*\*  
Fase 1 - Viga Isolada \*\* Viga A \* L = 21.00m \*\*\*\* Out/13 \*\*\*  
\*\*\*\*\*

\*\* Peso-próprio da viga isolada \*\*

Vão 1 Núm. de Pt.s 11

Carga Distribuída

2.427	2.427	1.575	1.575	1.575	1.575
1.575	1.575	1.575	2.427	2.427	

Cargas Nodais

PT	P
1	.72
11	.72

Deslocam.s da Estrutura

Coord.	Deslocam.
1	-1.866
2	1.866

Momentos, Tensões e Cortantes

Vão	Seção	Momento	Sigma-S	Sigma-I	*	Cortante
1	1	.0	.0	.0	*	22.3
1	2	46.9	-166.6	189.4	*	16.4
1	3	79.8	-326.4	378.2	*	11.6
1	4	103.1	-421.4	488.4	*	7.7
1	5	117.0	-478.4	554.4	*	3.8
1	6	121.7	-497.4	576.5	*	.0
1	7	117.0	-478.4	554.4	*	-3.8
1	8	103.1	-421.4	488.4	*	-7.7
1	9	79.8	-326.4	378.2	*	-11.6
1	10	46.9	-166.6	189.4	*	-16.4
1	11	.0	.0	.0	*	-22.3

Reação Núm. 1 = 23.0  
Reação Núm. 2 = 23.0

\*\*\*\*\*  
DNIT - DER/RJ \* BR 230 Viaduto Estaca 470 \*\*\* Rev. 0 \*\*\*\*\*  
Fase 1 - Viga Isolada \*\* Viga A \* L = 21.00m \*\*\*\* Out/13 \*\*\*  
\*\*\*\*\*

\*\* Concretagem da laje superior \*\*

Vão 1 Núm. de Pt.s 11

Carga Distribuída

1.160	1.160	1.160	1.160	1.160	1.160
1.160	1.160	1.160	1.160	1.160	1.160

Cargas Concentradas

XR	P
12.15	.88

Cargas Nodais

PT	P
1	.98
11	.98

Deslocam.s da Estrutura

Coord.	Deslocam.
1	-1.354
2	1.354

Momentos, Tensões e Cortantes

Vão	Seção	Momento	Sigma-S	Sigma-I	*	Cortante
1	1	.0	.0	.0	*	14.5
1	2	31.9	-113.3	128.8	*	11.7
1	3	56.9	-232.7	269.7	*	8.9
1	4	75.1	-307.1	355.9	*	6.1
1	5	86.5	-353.5	409.6	*	3.3
1	6	91.0	-371.8	430.9	*	.0
1	7	86.5	-353.5	409.6	*	-3.3
1	8	75.1	-307.1	355.9	*	-6.1
1	9	56.9	-232.7	269.7	*	-8.9
1	10	31.9	-113.3	128.8	*	-11.7
1	11	.0	.0	.0	*	-14.5

Reações da Estrutura

Reação Núm.	1 =	15.5
Reação Núm.	2 =	15.5

\*\*\*\*\*  
DNIT - DER/RJ \* BR 230 Viaduto Estaca 470 \*\*\* Rev. 0 \*\*\*\*\*  
Fase 1 - Viga Isolada \*\* Viga A \* L = 21.00m \*\*\*\* Out/13 \*\*\*  
\*\*\*\*\*

DESLOCAM.S DA ESTRUTURA DEVIDOS A PROTENSÃO - Pk Superior

COORD.	DESLOCAM.
1	4.714
2	-4.714

MOMENTOS, TENSÕES E CORTANTES  
Isostático + Hiperestático de Protensão - Pk Superior

VÃO	SEÇÃO	MOMENTO	TENSÃO F.SUP.	TENSÃO F.INF.	TENSÃO C.G.	CORTANTE
1	1	-66.3	-153.6	-657.0	-389.2 *	-35.2
1	2	-144.5	118.4	-978.9	-395.1 *	-28.4
1	3	-210.1	241.0	-1613.3	-617.9 *	-20.1
1	4	-250.4	396.4	-1812.7	-626.9 *	-10.8
1	5	-268.6	463.6	-1906.9	-634.4 *	-3.2
1	6	-270.9	467.6	-1923.3	-639.9 *	.0
1	7	-268.6	463.6	-1906.9	-634.4 *	3.2
1	8	-250.4	396.4	-1812.7	-626.9 *	10.8
1	9	-210.1	241.0	-1613.3	-617.9 *	20.1
1	10	-144.5	118.4	-978.9	-395.1 *	28.4
1	11	-66.3	-153.6	-657.0	-389.2 *	35.2

\*\*\*\*\*  
DNIT - DER/RJ \* BR 230 Viaduto Estaca 470 \*\*\* Rev. 0 \*\*\*\*\*  
Fase 1 - Viga Isolada \*\* Viga A \* L = 21.00m \*\*\*\* Out/13 \*\*\*  
\*\*\*\*\*

QUADRO GERAL DE TENSÕES - Pk Superior - T=0

SEÇÃO		G1	PROT.	I+II	G2	III+IV
		I	II	III	IV	V
1	SS	.0	-142.1	-142.1	.0	-142.1
	SI	.0	-774.7	-774.7	.0	-774.7
2	SS	-166.6	151.1	-15.5	-113.3	-128.8
	SI	189.4	-1120.7	-931.3	128.8	-802.5
3	SS	-326.4	281.2	-45.1	-232.7	-277.8
	SI	378.2	-1822.9	-1444.6	269.7	-1174.9
4	SS	-421.4	450.3	28.9	-307.1	-278.2
	SI	488.4	-2038.2	-1549.9	355.9	-1194.0
5	SS	-478.4	525.3	46.8	-353.5	-306.6
	SI	554.4	-2141.5	-1587.0	409.6	-1177.4
6	SS	-497.4	529.3	31.8	-371.8	-340.0
	SI	576.5	-2157.8	-1581.4	430.9	-1150.5
7	SS	-478.4	525.3	46.8	-353.5	-306.6
	SI	554.4	-2141.5	-1587.0	409.6	-1177.4
8	SS	-421.4	450.3	28.9	-307.1	-278.2
	SI	488.4	-2038.2	-1549.9	355.9	-1194.0
9	SS	-326.4	281.2	-45.1	-232.7	-277.8
	SI	378.2	-1822.9	-1444.6	269.7	-1174.9
10	SS	-166.6	151.1	-15.5	-113.3	-128.8
	SI	189.4	-1120.7	-931.3	128.8	-802.5
11	SS	.0	-142.1	-142.1	.0	-142.1
	SI	.0	-774.7	-774.7	.0	-774.7

\*\*\*\*\*  
DNIT - DER/RJ \* BR 230 Viaduto Estaca 470 \*\*\* Rev. 0 \*\*\*\*\*  
Fase 1 - Viga Isolada \*\* Viga A \* L = 21.00m \*\*\*\* Out/13 \*\*\*  
\*\*\*\*\*

QUADRO GERAL DE TENSÕES - Pk Superior - T=Inf.

SEÇÃO		G1 I	PROT. II	I+II III	G2 IV	III+IV V
1	SS	.0	-153.6	-153.6	.0	-153.6
	SI	.0	-657.0	-657.0	.0	-657.0
2	SS	-166.6	118.4	-48.1	-113.3	-161.5
	SI	189.4	-978.9	-789.5	128.8	-660.7
3	SS	-326.4	241.0	-85.3	-232.7	-318.1
	SI	378.2	-1613.3	-1235.0	269.7	-965.4
4	SS	-421.4	396.4	-25.0	-307.1	-332.1
	SI	488.4	-1812.7	-1324.4	355.9	-968.5
5	SS	-478.4	463.6	-14.8	-353.5	-368.3
	SI	554.4	-1906.9	-1352.5	409.6	-942.9
6	SS	-497.4	467.6	-29.8	-371.8	-401.6
	SI	576.5	-1923.3	-1346.8	430.9	-915.9
7	SS	-478.4	463.6	-14.8	-353.5	-368.3
	SI	554.4	-1906.9	-1352.5	409.6	-942.9
8	SS	-421.4	396.4	-25.0	-307.1	-332.1
	SI	488.4	-1812.7	-1324.4	355.9	-968.5
9	SS	-326.4	241.0	-85.3	-232.7	-318.1
	SI	378.2	-1613.3	-1235.0	269.7	-965.4
10	SS	-166.6	118.4	-48.1	-113.3	-161.5
	SI	189.4	-978.9	-789.5	128.8	-660.7
11	SS	.0	-153.6	-153.6	.0	-153.6
	SI	.0	-657.0	-657.0	.0	-657.0

\*\*\*\*\*  
DNIT - DER/RJ \* BR 230 Viaduto Estaca 470 \*\*\* Rev. 0 \*\*\*\*\*  
Fase 1 - Viga Isolada \*\* Viga A \* L = 21.00m \*\*\*\* Out/13 \*\*\*  
\*\*\*\*\*

DESLOCAM.S DA ESTRUTURA DEVIDOS A PROTENSÃO - Pk Inferior

COORD.	DESLOCAM.
1	4.425
2	-4.425

MOMENTOS, TENSÕES E CORTANTES  
Isostático + Hiperestático de Protensão - Pk Inferior

VÃO	SEÇÃO	MOMENTO	TENSÃO F.SUP.	TENSÃO F.INF.	TENSÃO C.G.	CORTANTE
1	1	-62.2	-139.6	-612.3	-360.8 *	-32.5
1	2	-134.9	111.5	-912.5	-367.7 *	-26.4
1	3	-196.5	225.8	-1508.2	-577.4 *	-18.8
1	4	-234.9	372.1	-1701.0	-588.2 *	-10.1
1	5	-253.0	436.6	-1795.6	-597.3 *	-3.0
1	6	-255.8	441.5	-1815.5	-604.0 *	.0
1	7	-253.0	436.6	-1795.6	-597.3 *	3.0
1	8	-234.9	372.1	-1701.0	-588.2 *	10.1
1	9	-196.5	225.8	-1508.2	-577.4 *	18.8
1	10	-134.9	111.5	-912.5	-367.7 *	26.4
1	11	-62.2	-139.6	-612.3	-360.8 *	32.5

\*\*\*\*\*  
DNIT - DER/RJ \* BR 230 Viaduto Estaca 470 \*\*\* Rev. 0 \*\*\*\*\*  
Fase 1 - Viga Isolada \*\* Viga A \* L = 21.00m \*\*\*\* Out/13 \*\*\*  
\*\*\*\*\*

QUADRO GERAL DE TENSÕES - Pk Inferior - T=0

SEÇÃO		G1 I	PROT. II	I+II III	G2 IV	III+IV V
1	SS	.0	-125.5	-125.5	.0	-125.5
	SI	.0	-756.2	-756.2	.0	-756.2
2	SS	-166.6	151.4	-15.2	-113.3	-128.5
	SI	189.4	-1085.8	-896.4	128.8	-767.6
3	SS	-326.4	274.9	-51.4	-232.7	-284.2
	SI	378.2	-1764.4	-1386.2	269.7	-1116.5
4	SS	-421.4	437.9	16.5	-307.1	-290.6
	SI	488.4	-1976.6	-1488.2	355.9	-1132.4
5	SS	-478.4	512.0	33.5	-353.5	-319.9
	SI	554.4	-2082.2	-1527.8	409.6	-1118.2
6	SS	-497.4	516.9	19.4	-371.8	-352.4
	SI	576.5	-2102.2	-1525.7	430.9	-1094.9
7	SS	-478.4	512.0	33.5	-353.5	-319.9
	SI	554.4	-2082.2	-1527.8	409.6	-1118.2
8	SS	-421.4	437.9	16.5	-307.1	-290.6
	SI	488.4	-1976.6	-1488.2	355.9	-1132.4
9	SS	-326.4	274.9	-51.4	-232.7	-284.2
	SI	378.2	-1764.4	-1386.2	269.7	-1116.5
10	SS	-166.6	151.4	-15.2	-113.3	-128.5
	SI	189.4	-1085.8	-896.4	128.8	-767.6
11	SS	.0	-125.5	-125.5	.0	-125.5
	SI	.0	-756.2	-756.2	.0	-756.2

\*\*\*\*\*  
DNIT - DER/RJ \* BR 230 Viaduto Estaca 470 \*\*\* Rev. 0 \*\*\*\*\*  
Fase 1 - Viga Isolada \*\* Viga A \* L = 21.00m \*\*\*\* Out/13 \*\*\*  
\*\*\*\*\*

QUADRO GERAL DE TENSÕES - Pk Inferior - T=Inf.

SEÇÃO		G1	PROT.	I+II	G2	III+IV
		I	II	III	IV	V
1	SS	.0	-139.6	-139.6	.0	-139.6
	SI	.0	-612.3	-612.3	.0	-612.3
2	SS	-166.6	111.5	-55.1	-113.3	-168.4
	SI	189.4	-912.5	-723.2	128.8	-594.3
3	SS	-326.4	225.8	-100.6	-232.7	-333.3
	SI	378.2	-1508.2	-1130.0	269.7	-860.3
4	SS	-421.4	372.1	-49.3	-307.1	-356.4
	SI	488.4	-1701.0	-1212.7	355.9	-856.8
5	SS	-478.4	436.6	-41.8	-353.5	-395.2
	SI	554.4	-1795.6	-1241.1	409.6	-831.5
6	SS	-497.4	441.5	-55.9	-371.8	-427.8
	SI	576.5	-1815.5	-1239.1	430.9	-808.2
7	SS	-478.4	436.6	-41.8	-353.5	-395.2
	SI	554.4	-1795.6	-1241.1	409.6	-831.5
8	SS	-421.4	372.1	-49.3	-307.1	-356.4
	SI	488.4	-1701.0	-1212.7	355.9	-856.8
9	SS	-326.4	225.8	-100.6	-232.7	-333.3
	SI	378.2	-1508.2	-1130.0	269.7	-860.3
10	SS	-166.6	111.5	-55.1	-113.3	-168.4
	SI	189.4	-912.5	-723.2	128.8	-594.3
11	SS	.0	-139.6	-139.6	.0	-139.6
	SI	.0	-612.3	-612.3	.0	-612.3



\*\*\*\*\*  
DNIT - DER/RJ \* BR 230 Viaduto Estaca 470 \*\*\* Rev. 0 \*\*\*\*\*  
Fase 1 - Viga Isolada \*\* Viga A \* L = 21.00m \*\*\*\* Out/13 \*\*\*  
\*\*\*\*\*

Fase 2 - Viga Conjunta (Viga Isolada + Laje Superior)

Dimensões Constantes

ALT. = 1.700      LLSU = 2.320      LLIN = .600  
ELSE = .000      BTES = .000      BTEI = .000  
BTIS = .000      HTIS = .150      HTES = .000  
HTEI = .000      ELSI = .200      ELII = .200  
ALSE = .000

Dimensões Variáveis

Seção	EALM	BTII	BTIN	HTII	HTIN
1	.600	.400	.000	.053	.000
2	.600	.400	.000	.053	.000
3	.250	.750	.350	.100	.200
4	.250	.750	.350	.100	.200
5	.250	.750	.350	.100	.200
6	.250	.750	.350	.100	.200

Seção	Área	VS	VI	Inércia	WS	WI	ME
1	1.435	.643	1.057	.401	.624	.379	.335
2	1.435	.643	1.057	.401	.624	.379	.335
3	1.094	.558	1.142	.340	.610	.298	.267
4	1.094	.558	1.142	.340	.610	.298	.267
5	1.094	.558	1.142	.340	.610	.298	.267
6	1.094	.558	1.142	.340	.610	.298	.267

OBS.- As demais seções não serao tabuladas, devido a simetria da Estrutura

\*\*\*\*\*  
DNIT - DER/RJ \* BR 230 Viaduto Estaca 470 \*\*\* Rev. 0 \*\*\*\*\*  
Fase 1 - Viga Isolada \*\* Viga A \* L = 21.00m \*\*\*\* Out/13 \*\*\*  
\*\*\*\*\*

\*\* Carregamento G2 = Barreiras + Guarda-corpo

Vão 1 Núm. de Pt.s 11

Carga Distribuída

.788	.788	.788	.788	.788	.788
.788	.788	.788	.788	.788	.788

Cargas Nodais

PT	P
1	.28
11	.28

Deslocam.s da Estrutura

Coord.	Deslocam.
1	-.438
2	.438

Momentos, Tensões e Cortantes

Vão	Seção	Momento	Sigma-S	Sigma-I *	Cortante
1	1	.0	.0	.0 *	9.6
1	2	20.9	-33.6	55.2 *	7.7
1	3	37.2	-61.0	124.9 *	5.7
1	4	48.9	-80.1	164.0 *	3.8
1	5	55.8	-91.5	187.4 *	1.9
1	6	58.2	-95.3	195.2 *	.0
1	7	55.8	-91.5	187.4 *	-1.9
1	8	48.9	-80.1	164.0 *	-3.8
1	9	37.2	-61.0	124.9 *	-5.7
1	10	20.9	-33.6	55.2 *	-7.7
1	11	.0	.0	.0 *	-9.6

Reações da Estrutura

Reação Núm.	1 =	9.9
Reação Núm.	2 =	9.9

\*\*\*\*\*  
DNIT - DER/RJ \* BR 230 Viaduto Estaca 470 \*\*\* Rev. 0 \*\*\*\*\*  
Fase 1 - Viga Isolada \*\* Viga A \* L = 21.00m \*\*\*\* Out/13 \*\*\*  
\*\*\*\*\*

Trem-tipo considerado - TB-45

Membro	Carga P	Carga Q
1	7.91	1.579

Deslocam.s - Carga Móvel - TT TB-45

=====

Deslocam.	DMax	DMin
1	.000	-1.700
2	1.700	.000

Reações - Carga Móvel - TT TB-45

=====

Reação	RMax	RMin
1	41.5	.0
2	41.5	.0

\*\*\*\*\*  
DNIT - DER/RJ \* BR 230 Viaduto Estaca 470 \*\*\* Rev. 0 \*\*\*\*\*  
Fase 1 - Viga Isolada \*\* Viga A \* L = 21.00m \*\*\*\* Out/13 \*\*\*  
\*\*\*\*\*

Esforço Cortante - Carga Móvel - TT TB-45  
=====

Seção	Cort Max	Cort Min
1	41.5	.0
2	35.4	-1.3
3	29.8	-4.0
4	24.6	-7.4
5	19.7	-11.1
6	15.2	-15.2
7	11.1	-19.7
8	7.4	-24.6
9	4.0	-29.8
10	1.3	-35.4
11	.0	-41.5

Momento Fletor - Carga Móvel - TT TB-45  
=====

SEÇÃO	MP+	MP-	TENSÃO F. SUP (MP+)	TENSÃO F. INF (MP+)	TENSÃO F. SUP (MP-)	TENSÃO F. INF (MP-)
1	.0	.0	.0	.0	.0	.0
2	90.3	.0	-144.7	238.2	.0	.0
3	159.8	.0	-261.8	536.2	.0	.0
4	208.4	.0	-341.4	699.3	.0	.0
5	238.5	.0	-390.8	800.4	.0	.0
6	248.9	.0	-407.9	835.4	.0	.0
7	238.5	.0	-390.8	800.4	.0	.0
8	208.4	.0	-341.4	699.3	.0	.0
9	159.8	.0	-261.8	536.2	.0	.0
10	90.3	.0	-144.7	238.2	.0	.0
11	.0	.0	.0	.0	.0	.0

\*\*\*\*\*  
DNIT - DER/RJ \* BR 230 Viaduto Estaca 470 \*\*\* Rev. 0 \*\*\*\*\*  
Fase 1 - Viga Isolada \*\* Viga A \* L = 21.00m \*\*\*\* Out/13 \*\*\*  
\*\*\*\*\*

Envoltória de Deslocamentos - D=DG+DP

TT TB-45

Deslocam.	Dg	Dp+	Dp-	D Max	D Min
1	.912	.000	-1.700	.912	-.788
2	-.912	1.700	.000	.788	-.912

OBS - Deslocamentos em mm  
Rotações em Rad/1000

Envoltória de Momento Fletor- NBR-6118

TT TB-45

Seção	1.0*MP+1.5*MQ		1.35*MP+1.5*MQ	
	M MAX	M MIN	M MAX	M MIN
1	.0	.0	.0	.0
2	156.4	20.9	163.7	28.3
3	276.9	37.2	289.9	50.3
4	361.4	48.9	378.5	66.0
5	413.5	55.8	433.1	75.4
6	431.5	58.2	451.9	78.5
7	413.5	55.8	433.1	75.4
8	361.4	48.9	378.5	66.0
9	276.9	37.2	289.9	50.3
10	156.4	20.9	163.7	28.3
11	.0	.0	.0	.0

Quadro Geral de Momentos e Tensões

TT TB-45

Seção	MMax	MMin	Tensão F. Sup (MMax)	Tensão F. Inf (MMax)	Tensão F. Sup (MMin)	Tensão F. Inf (MMin)
1	.0	.0	.0	.0	.0	.0
2	111.3	20.9	-178.3	293.4	-33.6	55.2
3	197.0	37.2	-322.8	661.2	-61.0	124.9
4	257.2	48.9	-421.5	863.3	-80.1	164.0
5	294.3	55.8	-482.3	987.8	-91.5	187.4
6	307.1	58.2	-503.2	1030.6	-95.3	195.2
7	294.3	55.8	-482.3	987.8	-91.5	187.4
8	257.2	48.9	-421.5	863.3	-80.1	164.0
9	197.0	37.2	-322.8	661.2	-61.0	124.9
10	111.3	20.9	-178.3	293.4	-33.6	55.2
11	.0	.0	.0	.0	.0	.0

\*\*\*\*\*  
DNIT - DER/RJ \* BR 230 Viaduto Estaca 470 \*\*\* Rev. 0 \*\*\*\*\*  
Fase 1 - Viga Isolada \*\* Viga A \* L = 21.00m \*\*\*\* Out/13 \*\*\*  
\*\*\*\*\*

Quadro Geral dos Cortantes- NBR-6118

TT TB-45

Seção	1.0*QP+1.5*QQ		1.35*QP+1.5*QQ	
	Q Max	Q Min	Q Max	Q Min
1	71.8	9.6	75.1	12.9
2	60.8	5.7	63.5	8.4
3	50.4	-3	52.5	1.7
4	40.7	-7.2	42.0	-5.9
5	31.4	-14.7	32.1	-14.1
6	22.8	-22.8	22.8	-22.8
7	14.7	-31.4	14.1	-32.1
8	7.2	-40.7	5.9	-42.0
9	.3	-50.4	-1.7	-52.5
10	-5.7	-60.8	-8.4	-63.5
11	-9.6	-71.8	-12.9	-75.1

Envoltória de Reações- NBR-6118

TT TB-45

Reação	1.0*RP+1.5*RQ		1.35*RP+1.5*RQ	
	R Max	R Min	R Max	R Min
1	110.7	48.4	127.6	75.5
2	110.7	48.4	127.6	75.5

\*\*\*\*\*  
DNIT - DER/RJ \* BR 230 Viaduto Estaca 470 \*\*\* Rev. 0 \*\*\*\*\*  
Fase 1 - Viga Isolada \*\* Viga A \* L = 21.00m \*\*\*\* Out/13 \*\*\*  
\*\*\*\*\*

QUADRO GERAL DE TENSÕES - Pk Superior

SEÇÃO	F1	PROT.	I+II	G3	III+IV	MP+	MP-	V+VI	V+VII
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1	SS 0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	SS' -153.6	0.0	-153.6	0.0	-153.6	0.0	0.0	-153.6	-153.6
	SI -657.0	0.0	-657.0	0.0	-657.0	0.0	0.0	-657.0	-657.0
2	SS 0.0	0.0	0.0	-33.6	-33.6	-144.7	0.0	-178.3	-33.6
	SS' -161.5	0.0	-161.5	-23.2	-184.7	-99.7	0.0	-284.3	-184.7
	SI -660.7	0.0	-660.7	55.2	-605.5	238.2	0.0	-367.3	-605.5
3	SS 0.0	0.0	0.0	-61.0	-61.0	-261.8	0.0	-322.8	-61.0
	SS' -318.1	0.0	-318.1	-39.1	-357.2	-167.9	0.0	-525.1	-357.2
	SI -965.4	0.0	-965.4	124.9	-840.5	536.2	0.0	-304.3	-840.5
4	SS 0.0	0.0	0.0	-80.1	-80.1	-341.4	0.0	-421.5	-80.1
	SS' -332.1	0.0	-332.1	-51.4	-383.5	-219.0	0.0	-602.4	-383.5
	SI -968.5	0.0	-968.5	164.0	-804.5	699.3	0.0	-105.2	-804.5
5	SS 0.0	0.0	0.0	-91.5	-91.5	-390.8	0.0	-482.3	-91.5
	SS' -368.3	0.0	-368.3	-58.7	-427.0	-250.7	0.0	-677.6	-427.0
	SI -942.9	0.0	-942.9	187.4	-755.5	800.4	0.0	44.9	-755.5
6	SS 0.0	0.0	0.0	-95.3	-95.3	-407.9	0.0	-503.2	-95.3
	SS' -401.6	0.0	-401.6	-61.1	-462.7	-261.6	0.0	-724.4	-462.7
	SI -915.9	0.0	-915.9	195.2	-720.7	835.4	0.0	114.7	-720.7
7	SS 0.0	0.0	0.0	-91.5	-91.5	-390.8	0.0	-482.3	-91.5
	SS' -368.3	0.0	-368.3	-58.7	-427.0	-250.7	0.0	-677.6	-427.0
	SI -942.9	0.0	-942.9	187.4	-755.5	800.4	0.0	44.9	-755.5
8	SS 0.0	0.0	0.0	-80.1	-80.1	-341.4	0.0	-421.5	-80.1
	SS' -332.1	0.0	-332.1	-51.4	-383.5	-219.0	0.0	-602.4	-383.5
	SI -968.5	0.0	-968.5	164.0	-804.5	699.3	0.0	-105.2	-804.5
9	SS 0.0	0.0	0.0	-61.0	-61.0	-261.8	0.0	-322.8	-61.0
	SS' -318.1	0.0	-318.1	-39.1	-357.2	-167.9	0.0	-525.1	-357.2
	SI -965.4	0.0	-965.4	124.9	-840.5	536.2	0.0	-304.3	-840.5
10	SS 0.0	0.0	0.0	-33.6	-33.6	-144.7	0.0	-178.3	-33.6
	SS' -161.5	0.0	-161.5	-23.2	-184.7	-99.7	0.0	-284.3	-184.7
	SI -660.7	0.0	-660.7	55.2	-605.5	238.2	0.0	-367.3	-605.5
11	SS 0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	SS' -153.6	0.0	-153.6	0.0	-153.6	0.0	0.0	-153.6	-153.6
	SI -657.0	0.0	-657.0	0.0	-657.0	0.0	0.0	-657.0	-657.0

\*\*\*\*\*  
DNIT - DER/RJ \* BR 230 Viaduto Estaca 470 \*\*\* Rev. 0 \*\*\*\*\*  
Fase 1 - Viga Isolada \*\* Viga A \* L = 21.00m \*\*\*\* Out/13 \*\*\*  
\*\*\*\*\*

QUADRO GERAL DE TENSÕES - Pk Inferior

SEÇÃO	F1 I	PROT. II	I+II III	G3 IV	III+IV V	MP+ VI	MP- VII	V+VI VIII	V+VII IX
1 SS	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SS'	-139.6	0.0	-139.6	0.0	-139.6	0.0	0.0	-139.6	-139.6
SI	-612.3	0.0	-612.3	0.0	-612.3	0.0	0.0	-612.3	-612.3
2 SS	0.0	0.0	0.0	-33.6	-33.6	-144.7	0.0	-178.3	-33.6
SS'	-168.4	0.0	-168.4	-23.2	-191.6	-99.7	0.0	-291.2	-191.6
SI	-594.3	0.0	-594.3	55.2	-539.1	238.2	0.0	-300.9	-539.1
3 SS	0.0	0.0	0.0	-61.0	-61.0	-261.8	0.0	-322.8	-61.0
SS'	-333.3	0.0	-333.3	-39.1	-372.4	-167.9	0.0	-540.3	-372.4
SI	-860.3	0.0	-860.3	124.9	-735.4	536.2	0.0	-199.2	-735.4
4 SS	0.0	0.0	0.0	-80.1	-80.1	-341.4	0.0	-421.5	-80.1
SS'	-356.4	0.0	-356.4	-51.4	-407.8	-219.0	0.0	-626.7	-407.8
SI	-856.8	0.0	-856.8	164.0	-692.8	699.3	0.0	6.5	-692.8
5 SS	0.0	0.0	0.0	-91.5	-91.5	-390.8	0.0	-482.3	-91.5
SS'	-395.2	0.0	-395.2	-58.7	-453.9	-250.7	0.0	-704.5	-453.9
SI	-831.5	0.0	-831.5	187.4	-644.1	800.4	0.0	156.3	-644.1
6 SS	0.0	0.0	0.0	-95.3	-95.3	-407.9	0.0	-503.2	-95.3
SS'	-427.8	0.0	-427.8	-61.1	-488.9	-261.6	0.0	-750.6	-488.9
SI	-808.2	0.0	-808.2	195.2	-613.0	835.4	0.0	222.4	-613.0
7 SS	0.0	0.0	0.0	-91.5	-91.5	-390.8	0.0	-482.3	-91.5
SS'	-395.2	0.0	-395.2	-58.7	-453.9	-250.7	0.0	-704.5	-453.9
SI	-831.5	0.0	-831.5	187.4	-644.1	800.4	0.0	156.3	-644.1
8 SS	0.0	0.0	0.0	-80.1	-80.1	-341.4	0.0	-421.5	-80.1
SS'	-356.4	0.0	-356.4	-51.4	-407.8	-219.0	0.0	-626.7	-407.8
SI	-856.8	0.0	-856.8	164.0	-692.8	699.3	0.0	6.5	-692.8
9 SS	0.0	0.0	0.0	-61.0	-61.0	-261.8	0.0	-322.8	-61.0
SS'	-333.3	0.0	-333.3	-39.1	-372.4	-167.9	0.0	-540.3	-372.4
SI	-860.3	0.0	-860.3	124.9	-735.4	536.2	0.0	-199.2	-735.4
10 SS	0.0	0.0	0.0	-33.6	-33.6	-144.7	0.0	-178.3	-33.6
SS'	-168.4	0.0	-168.4	-23.2	-191.6	-99.7	0.0	-291.2	-191.6
SI	-594.3	0.0	-594.3	55.2	-539.1	238.2	0.0	-300.9	-539.1
11 SS	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SS'	-139.6	0.0	-139.6	0.0	-139.6	0.0	0.0	-139.6	-139.6
SI	-612.3	0.0	-612.3	0.0	-612.3	0.0	0.0	-612.3	-612.3



\*\*\*\*\*  
DNIT - DER/RJ \* BR 230 Viaduto Estaca 470 \*\*\* Rev. 0 \*\*\*\*\*  
Fase 1 - Viga Isolada \*\* Viga A \* L = 21.00m \*\*\*\* Out/13 \*\*\*  
\*\*\*\*\*

CÁLCULO DA ARMADURA TRANSVERSAL DEVIDA AO CORTANTE - NBR-6118

Ponte totalmente carregada

SEÇÃO	VDMAX	VDMIN	VRDMAX	TWD	TC	TD	RO	AS/S (CM)
1	125.	46.	96.	113.	0.	130.	.00299	.179
2	101.	34.	78.	92.	0.	106.	.00243	.146
3	80.	20.	63.	203.	0.	234.	.00538	.135
4	61.	6.	51.	166.	0.	190.	.00438	.109
5	42.	-8.	39.	126.	0.	144.	.00332	.083
6	-23.	23.	-23.	73.	0.	84.	.00194	.049
7	-42.	8.	-39.	126.	0.	144.	.00332	.083
8	-61.	-6.	-51.	166.	0.	190.	.00438	.109
9	-80.	-20.	-63.	203.	0.	234.	.00538	.135
10	-101.	-34.	-78.	92.	0.	106.	.00243	.146
11	-125.	-46.	-96.	113.	0.	130.	.00299	.179

Armadura Total (Cortante+Torção+Fadiga)- NBR-6118

Ponte totalmente carregada

Seção	AS/S (CM)		Espacamento Long. (CM)				Espacamento Transv. (CM)			
	Long.	Nerv.	1/4	5/16	3/8	1/2	1/4	5/16	3/8	1/2
1	.000	.179	30.	30.	30.	30.	0.	5.	8.	14.
2	.000	.156	30.	30.	30.	30.	0.	6.	9.	16.
3	.000	.168	30.	30.	30.	30.	0.	6.	8.	15.
4	.000	.172	30.	30.	30.	30.	0.	6.	8.	15.
5	.000	.172	30.	30.	30.	30.	0.	6.	8.	15.
6	.000	.100	30.	30.	30.	30.	6.	10.	14.	25.
7	.000	.172	30.	30.	30.	30.	0.	6.	8.	15.
8	.000	.172	30.	30.	30.	30.	0.	6.	8.	15.
9	.000	.168	30.	30.	30.	30.	0.	6.	8.	15.
10	.000	.156	30.	30.	30.	30.	0.	6.	9.	16.
11	.000	.179	30.	30.	30.	30.	0.	5.	8.	14.

## Dimensionamento da Laje

Os parâmetros para determinação dos momentos, serão aqueles fornecidos pelas tabelas do Prof. Rüsçh, de acordo com cada caso estrutural correspondente.

Laje do Balanço

Para Carga Permanente ( p.próprio e pavimento ) :

$$l_x = 1,16\text{m}$$

$$l_x \text{ para guarda rodas} = 0,90\text{m}$$

Para Carga Permanente :

$$\text{Guarda - rodas} = 0,60\text{t/m}$$

$$p. \text{ próprio} + \text{ pavimento} = 0,72\text{t/m}^2$$

Carga Móvel – Trem tipo Classe 450kN

$$\text{Balanço reduzido} = 1,16 - 0,40 - 0,225 = 0,535\text{m}$$

$$P = 7,50\text{t}$$

$$\phi = 1,40 - 2 \times 0,535 \times 0,007 = 1,393$$

$$P\phi = 10,444\text{t}$$

$$p\phi = 0,697\text{t/m}^2$$

Esforços Atuantes

Carga Permanente :

$$m_{xe} = 0,60 ( 1,16 - 0,20 ) + 0,74 \times 1,16^2/2 = -1,074\text{mt/m}$$

Seção junto ao Guarda - rodas :

$$m_{xe} = 0,60 \times 0,20 + 0,74 \times 0,20^2/2 = -0,135\text{mt/m}$$

Carga Móvel

Parâmetros para entrada na Tabela N° 98 do Prof. Rüsçh

$$l_x/a = 0,535/2 = 0,268$$

$$t/a = 0,425\text{m}$$

Temos então :

$$m_{xe} = 0,35 \times 10,444 = -3,655\text{mt/m}$$

$$m_{yr} = 0,18 \times 10,344 = 1,862\text{mt/m}$$

$$m_{xm} = 0,24 \times 10,344 = 2,483\text{mt/m}$$

$$m_{ym} = 0,115 \times 10,344 = 1,190\text{mt/m}$$

Impacto do Veículo na Barreira

Largura de distribuição a 45°

$$l = 2 \times 0,97 = 1,94\text{m}$$

$$m_{xe} = 6,0 \times 0,97/1,94 = -3,00\text{mt/m na junção do guarda - rodas.}$$

Distribuindo até o eixo da viga extrema, temos :

$$I = ( 1,16 - 0,40 ) \times 2 + 1,94 = 3,46\text{m}$$

$$m_{xe} = 6 \times 0,97/3,46 = -1,682\text{mt/m}$$

Pesquisando na seção do balanço com 20cm de espessura, temos :

Distribuição a 45°

$$I = ( 1,30 - 0,40 - 0,85/2 ) \times 2 + 1,94 = 3,29\text{m}$$

$$m_{xe} = -6 \times 0,97/3,29 = -1,769\text{mt/m}$$

Dimensionamento :

Seção junto ao Guarda - rodas :

$$m_{xed} = 1,35 \times 0,135 + 1,50 \times 3,00 = -5,177\text{mt/m}$$

Seção na laje do balanço junto a aba da viga pré-moldada :

$$m_{xed} = -1,35 \times 0,673 - 1,240 \times 1,50 = -2,769\text{mt/m}$$

Seção no eixo da viga extrema :

$$m_{xed} = 1,35 \times 1,074 + 1,50 ( 3,655 + 1,682 ) = -9,455\text{mt/m}$$

Armaduras necessárias sem fadiga

Seção 1 – Junto ao Guarda - rodas :

$$m_{xed} = -5,177\text{mt/m}$$

$$b = 1,00\text{m} \quad d = 0,175$$

$$bd^2 f_{cd} = 1,00 \times 0,175^2 \times 2000 = 61,25$$

$$k_{md} = 0,085 \quad \text{ok!}$$

Seção 2 – Junto a Aba da Viga Pré-Moldada :

$$m_{xed} = -7,449\text{mt/m}$$

$$k_{md} = 0,122 \quad \text{ok!}$$

Seção de aço Necessária :

$$A_{s1} = 5,177/0,90 \times 4,348 \times 0,175 = 7,60 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_{s2} = -5,469/0,9 \times 4,348 \times 0,175 = 7,98\text{cm}^2/\text{m}$$

$$A_{s3} = -9,465/0,9 \times 4,48 \times 0,275 = 8,83\text{cm}^2/\text{m}$$

Seção 3 – Eixo da Viga Pré-Moldada

$$b = 1,00\text{m} \quad h = 0,30\text{m} \quad d = 0,275\text{m} \quad m_{xe} = -9,465\text{mt/m}$$

$$bd^2 f_{cd} = 1,00 \times 0,275^2 \times 2000 = 151,25$$

$$k_{md} = 0,063 \quad \text{ok!}$$

Cálculo e dimensionamento da lajota que servirá como forma/escoramento da laje do tabuleiro.

Do ponto de vista estrutural, a lajota pré-moldada fará parte integrante da altura útil da laje do tabuleiro, devido as treliças de união desta lajota com a concretagem da laje do tabuleiro propriamente dita.

Vão da lajota pré-moldada

$$l_x = 2,32 - 1,00 + 0,07 = 1,79\text{m}$$

$$h = 0,07\text{m}$$

$$d = 0,07 - 0,025 = 0,045\text{m}$$
$$pp. \text{ total} = 0,20 \times 2,50 = 0,50\text{t/m}^2$$

Para placa com 30cm de largura, temos :

$$g = 0,20\text{t/m}^2$$
$$M_k = 0,20 \times 1,39^2/8 = 0,048\text{mt/placa}$$

$$M_d = 0,068\text{mt/placa}$$

$$bd^2 f_{cd} = 0,30 \times 0,045^2 \times 2000 = 1,21$$

$$k_{md} = 0,068/1,21 = 0,056$$

Embora a placa prescindia da armadura de compressão para sua estabilidade durante período de execução, esta armadura será colocada para “ligação placa pré-moldada x concreto posterior”.

Cálculo da fadiga, com limite de flutuação de tensão no aço de 1800kg/cm<sup>2</sup>, em serviço, considerando :

Laje Central :

$$m_{xm} \quad b = 1,00\text{m}$$
$$h = 0,20\text{m}$$
$$d = 0,175\text{m}$$
$$f_{yk} = 5000\text{kg/m}^2$$
$$f_{ck} = 3000\text{t/m}^2$$

$$M_{\text{máx}} = 1,441\text{mt/m}$$
$$M_{\text{mín}} = 0,154\text{mt/m}$$
$$A_s = 0,0003122\text{m}^2$$

$$m_{ym} \quad b = 1,00\text{m}$$
$$h = 0,20\text{m}$$
$$d = 0,175\text{m}$$
$$f_{yk} = 50000\text{t/m}^2$$
$$f_{ck} = 3000\text{t/m}^2$$
$$M_{\text{máx}} = 0,860 \text{ mt/m}$$
$$M_{\text{mín}} = 0,026\text{mt/m}$$
$$A_s = 0,0002528\text{m}^2$$

$$M_{xe} \quad b = 1,00\text{m}$$
$$h = 0,30\text{m}$$
$$d = 0,275\text{m}$$
$$f_{yk} = 50000\text{t/m}^2$$
$$f_{ck} = 3000\text{t/m}^2$$
$$M_{\text{máx}} = -2,989\text{mt/m}$$
$$M_{\text{mín}} = -0,308\text{mt/m}$$
$$A_s = 0,0003489\text{m}^2$$

Laje do Balanço :

Seção 1 – Junto ao Guarda - Rodas

$$b = 1,00\text{m}$$

$$h = 0,20\text{m}$$

$$d = 0,175\text{m}$$

$$f_{yk} = 50000\text{t/m}^2$$

$$f_{ck} = 3000\text{t/m}^2$$

$$M_{\text{máx}} = -3,134\text{mt/m}$$

$$M_{\text{mín}} = -0,134\text{mt/m}$$

$$A_s = 0,000760\text{m}^2$$

Seção 2 – Junto a Aba da Viga Extrema

$$b = 1,00\text{m}$$

$$h = 0,20\text{m}$$

$$d = 0,175\text{m}$$

$$f_{yk} = 50000\text{t/m}^2$$

$$f_{ck} = 3000\text{t/m}^2$$

$$M_{\text{máx}} = 1,913\text{t/m}$$

$$M_{\text{mín}} = 0,673\text{mt/m}$$

$$A_s = 0,000798\text{m}^2$$

Seção 3 – Seção no Eixo da Viga Extrema

$$b = 1,00\text{m}$$

$$h = 0,30\text{m}$$

$$d = 0,275\text{m}$$

$$f_{yk} = 50000\text{t/m}^2$$

$$f_{ck} = 3000\text{t/m}^2$$

$$M_{\text{máx}} = 4,872\text{mt/m}$$

$$M_{\text{mín}} = 1,252\text{mt/m}$$

$$A_s = 0,0008828\text{m}^2$$

Verificação do coeficiente de majoração das armaduras pelo efeito da fadiga.

Adotado critério da Tabela 23,2, com  $\Delta f_{sd}$ ,  $f_{ad}$ , min para  $2 \times 10^6$  ciclos, armadura passiva do aço CA-50, para o caso de “Barras retas ou dobradas com  $D > 25\varnothing$ ”.

Considerando que a bitola máxima é de 12.5mm, temos o valor para amplitude da variação da tensão da armadura de 190MPa.

As unidades para determinação da tensão “máxima” e “mínima” na armadura são :

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

$$E_f = 210.000\text{MPa}$$

$$\text{Área de aço em m}^2$$

Momento máximo e mínimo em mt/m

Tensão na armadura em kg/cm<sup>2</sup>

A seguir, os resultados para Laje Central do Balanço :

Lajes Centrais

Dimensionamento através das tabelas de Rüsçh.

Materiais

$$l_x = 2,32\text{m}$$

$$l_y/a = \infty$$

$$h = 0,20\text{m}$$

$$d = 0,175\text{m}$$

Antes de iniciarmos o cálculo da Laje Central, necessita-se a verificação da condição de ligação laje balanço x primeira laje interna.

Momento de engastamento do balanço :

$$M_{xeg} = -1,074\text{mt/m}$$

Momento de engastamento perfeito da laje adjacente :

$$l = 2,32\text{m} \quad g = 0,74\text{t/m}$$

$$M_{eng.} = 0,74 \times 2,32^2/12 = -0,332\text{mt/m}$$

Pelos valores acima, podemos concluir que o balanço “engasta” a laje adjacente.

### Tabela de Rüsh – Caso Nr 27

Carga Permanente

$$g_1 = 0,20 \times 2,50 = 0,500\text{t/m}^2 \quad \text{peso próprio}$$

$$g_2 = 0,10 \times 2,40 = 0,24\text{t/m} \quad \text{pavimentação}$$

$$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} 0,740\text{t/m}$$

Carga Móvel

$$P = 7,50\text{t}$$

$$p = 0,50\text{t/m}^2$$

Impacto

$$\varphi = 1,40 - 0,7\% \times 2,32 = 1,384$$

$$P\varphi = 10,379\text{t}$$

$$p\varphi = 0,692\text{t/m}^2$$

### Esforços Atuantes

Carga Permanente

$$m_{xm} = 0,417 \times g \times l_x^2 = 0,154\text{mt/m}$$

$$m_{ym} = 0,069 \times g \times l_x^2 = 0,026\text{mt/m}$$

$$m_{xe} = -0,0833 \times g \times l_x^2 = 0,308\text{mt/m}$$

$$\text{onde, } g \times l_x^2 = 0,74 \times 2,32^2 = 3,983$$

Carga Móvel

Parâmetros para entrada na tabela Nr 27, correspondente ao sentido de tráfego paralelo ao eixo Y.

$$l_x/a = 2,32/2,00 = 1,16$$

$$t/a = (0,45 + 2 \times 0,20)/2 = 0,425$$

Temos então,

Carga Móvel

$$m_{xm} = 0,122 \times 10,379 + 0,03 \times 0,692 = 1,287 \text{ mt/m}$$

$$m_{ym} = 0,076 \times 10,379 + 0,02 \times 0,692 = 0,834 \text{ mt/m}$$

$$m_{xe} = -(0,235 \times 10,379 + 0,35 \times 0,692) = -2,681 \text{ mt/m}$$

**Momentos de Cálculo para o Dimensionamento**

$$m_{xmd} = 1,35 \times 0,154 + 1,50 \times 1,287 = 2,138 \text{ mt/m}$$

$$m_{ymd} = 1,35 \times 0,026 + 1,50 \times 0,834 = 1,286 \text{ mt/m}$$

$$m_{xed} = 1,35 \times 0,308 + 1,50 \times 2,681 = -4,437 \text{ mt/m}$$

**Cálculo das Armaduras**

Para  $M_{xmd} = 2,138 \text{ mt/m}$

$$h = 0,175 \text{ m}$$

$$d = 0,175 \text{ m}$$

$$b = 1,00 \text{ m}$$

$$bd^2 f_{cd} = 1,00 \times 0,175^2 \times 2000 = 61,25$$

$$k_{md} = M_d / bd^2 f_{cd} = 0,035 \text{ ok!}$$

Para  $M_{ym} = 1,250 \text{ mt/m}$

$$d = 0,130 \text{ m}$$

$$bd^2 f_{cd} = 1,00 \times 0,13^2 \times 2000 = 33,80$$

$$k_{md} = 0,038 \text{ ok!}$$

Para  $M_{xed} = -4,437 \text{ mt/m}$

$$h = 0,35 \text{ m}$$

$$d = 0,325 \text{ m}$$

$$bd^2 f_{cd} = 1,00 \times 0,375^2 \times 2000 = 211,25$$

$$k_{md} = 0,021 \text{ ok!}$$

**Armaduras sem Coeficiente de Fadiga**

$$A_s = 2,138 / 0,175 \times 0,90 \times 4,348 = 3,122 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_s = 1,286 / 0,13 \times 4,348 \times 0,90 = 2,528 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_s = 4,437 / 0,90 \times 0,325 \times 4,348 = 3,489 \text{ cm}^2/\text{m}$$

## DIMENSIONAMENTO DA LAJE DE CONTINUIDADE

### Cálculo da Placa de Continuidade

- $\ell_x = 0,83\text{m/Faixa de }1\text{m de Largura}$
- Área de Concreto -  $0,19 \times 1,0 = 0,19\text{m}^2$
- Inércia da Placa -  $J_{Placa} = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{1,0 \times 0,19^3}{12} = 5,72 \times 10^{-4} \text{ m}^4$
- FCK = 30MPa
- Módulo de Elasticidade -  $E_{ct} = 5.600 \cdot \sqrt{f_{ck}} = 5.600 \sqrt{30} = 30.672,50\text{MPa}$

### Momento de Inércia do Conjunto (Vigas+Laje)

- $I_{C21} = 1,75\text{m}^4$  - P/ Viga de 21m
- $I_{C30} = 2,57\text{m}^4$  - P/ Viga de 30m

### Trem -Tipo Simplificado

$$P = 6 \times 7,5\text{t} = 45\text{t}$$

$$q_1 = 3 \times 0,5 \text{ t/m}^2 = 1,5 \text{ t/m}$$

$$q_2 = 9,8 \times 0,5 \text{ t/m}^2 = 4,9 \text{ t/m}$$

$$q = 6,4 \text{ t/m}$$

1 - Efeito Devido a Rotação de um único vão Carregado.

$$M_0 = \frac{-4E_{ct}J_{Placa}}{\ell_x} = 0$$

$$M_1 = \frac{M_0}{2} = 0$$

$$\theta_1 = \frac{P \ell^3}{16E_{ct}I_g}$$

$$\theta_2 = \frac{q \ell^4}{24E_{ct}I_g}$$

$$\theta\theta_1 = \frac{45 \times 20,33^3}{16 \times 3067250 \times 1,75} = 4,16 \times 10^{-4} \text{ rad}$$

$$\theta\theta_2 = \frac{6,4 \times 20,30^3}{24 \times 3067250 \times 1,75} = 4,16 \times 10^{-4} \text{ rad}$$

$$M_0 = \left( \frac{-4 \times 30067250 \times 5,72 \times 10^{-4}}{0,83} \right) \times 6,32 \times 10^{-4}$$

$$M_0 = -5,34 \text{ t/m}$$

$$M_1 = \frac{M_0}{2} = + \frac{5,34}{2} = 2,67 \text{ tm/m}$$



## 2 - Dois Vãos Adjacentes Carregados

$$M_0 = \left( \frac{-2 \times E_c \times I_{Placa}}{lx} \right) \times \theta \left( \frac{-2 \times 30672250 \times 5,72 \times 10^{-4}}{0,83} \right) \times 6,32 \times 10^{-4}$$

$$M_0 = -2,67 \text{ t/m}$$

$$M_1 = \left( \frac{-2 \times 30672250 \times 5,72 \times 10^{-4}}{0,83} \right) \times 1,59 \times 10^{-3} = M_1 = -6,47 \text{ t/m}$$

$$\theta_1 = \frac{45 \times 29,3^2}{16 \times 30672250 \times 2,57} = 3,06 \times 10^{-3}$$

$$\theta_2 = \frac{6,4 \times 29,3^2}{16 \times 30672250 \times 2,57} = 1,28 \times 10^{-3} \text{ rad}$$

$$\theta = \theta_1 + \theta_2$$

$$\theta = 1,59 \times 10^{-3} \text{ rad}$$

## 3 - Recalque do Aparelho de Apoio quando só um dos Vãos é Carregado.

$$M_0 = \frac{6 \times E_c \times I_p \times \Delta n}{lx^2}$$

$$a = 0,25 \text{ m}$$

$$b = 0,40 \text{ m}$$

$$h = 0,078 \text{ m}$$

$$E_n = 2G \times 0,69 \times \left( \frac{b}{n} \right)^2$$

$$E_n = 2 \times 100 \times 0,69 \times (0,047)^2$$

$$E_n = 9995,50 \text{ t/m}^2$$

## 4 - Relação Vertical Compatível com ( $\theta$ ) por Apoio

$$R_1 = [45 + (6,4 \times 20,3)] \times \frac{1}{2} = 87,46 \text{ t} - \text{Vão } 21 \text{ m}$$

$$R_2 = [45 + (6,4 \times 29,3)] \times \frac{1}{2} = 116,26 \text{ t} - \text{Vão } 30 \text{ m}$$

$$R_1 = \frac{07,46}{5} = 17,49 \text{ t/Ap. Apoio}$$

$$R_2 = \frac{116,26}{5} = 23,25 \text{ t/Apelo}$$

$$\sigma_{n1} = \frac{R_1}{ab} = \frac{17,49}{0,25 \times 0,4} = 174,9 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_{n2} = \frac{R2}{ab} = \frac{23,25}{0,25 \times 0,4} = 232,5 \text{ t/m}^2$$

$$\Delta_n = \frac{\sigma_{n1}}{E_n} h = \frac{232,5}{9995,5} \times 0,047 = 8,22 \times 10^{-4}$$

$$\Delta_n = \frac{\sigma_{n2}}{E_n} h = \frac{232,5}{9995,5} \times 0,047 = 1,09 \times 10^{-3}$$

$$M_0 = \left( \frac{6 \times 8067250 \times 5,72 \times 10^{-4}}{0,92^3} \right) \times 8,22 \times 10^{-4}$$

$$M_0 = 12,56 \text{ tm}$$

$$M_1 = -12,56 \text{ tm}$$

#### Dimensionamento do Guarda-Rodas

$$M = 6,0 \times 0,87 = 5,22 \text{ tm}$$

$$M/m = 5,22 / 1,74 = 3,0 \text{ t.m/m}$$

$$M_d = 1,4 \times 3,0 = 4,2 \text{ t.m/m}$$

$$b = 100 \text{ cm} = 1,0 \text{ m}$$

$$d = 40 - 4 = 36 \text{ cm} = 0,36 \text{ m}$$

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

Aço CA-50

$$K_{md} = M_d / (b \times d^2 \times f_{cd}) = 42,0 / (1,0 \times 0,36^2 \times 30 \times 10^3 / 1,4) = 0,015$$

Pela tabela:  $K_z = 0,991$

$$A_s = M_d / (K_z \times d \times f_{yd}) = 42,0 / (0,991 \times 0,36 \times 43,47) = 2,70 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_{smin} = A_c \times \rho_{min} \times 0,01 = 100 \times 36 \times 0,15 \times 0,01 = 5,4 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$b = 100 \text{ cm} = 1,0 \text{ m}$$

$$d = 22 - 4 = 18 \text{ cm} = 0,18 \text{ m}$$

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

Aço CA-50

$$K_{md} = M_d / (b \times d^2 \times f_{cd}) = 42,0 / (1,0 \times 0,18^2 \times 30 \times 10^3 / 1,4) = 0,060$$

Pela tabela:  $K_z = 0,963$

$$A_s = M_d / (K_z \times d \times f_{yd}) = 42,0 / (0,963 \times 0,18 \times 43,47) = 5,57 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_{smin} = A_c \times \rho_{min} \times 0,01 = 100 \times 18 \times 0,15 \times 0,01 = 2,7 \text{ cm}^2/\text{m}$$

#### Dimensionamento da Laje de Transição

$$M_d = 1,35 \times M_g + 1,5 \times \varphi \times M_q$$

$$\varphi = 1,4 - 0,007 \times L$$

$$\varphi = 1,4 - 0,007 \times 4,0 = 1,372$$

$$\text{Peso Próprio: } \gamma \times h = 2,5 \times 0,25 = 0,625 \text{ tf/m}^2$$

$$\text{Carga Móvel: TB45} = 6 \times 7,5 / (6 \times 3) = 2,5 \text{ tf/m}^2$$

$$M_g = 1,25 \text{ tfm}$$

$$M_q = 5,00 \text{ tfm}$$

$$M_d = 1,35 \times 1,25 + 1,5 \times 1,372 \times 5,0 = 11,98 \text{ tfm} = 119,8 \text{ kNm}$$

$$b = 100 \text{ cm} = 1,0 \text{ m}$$

$$d = 25 - 4 = 21 \text{ cm} = 0,21 \text{ m}$$

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

Aço CA-50

$$K_{md} = M_d / (b \times d^2 \times f_{cd}) = 119,8 / (1,0 \times 0,21^2 \times 30 \times 10^3 / 1,4) = 0,126$$

Pela tabela:  $K_z = 0,920$

$$A_s = M_d / (K_z \times d \times f_{yd}) = 119,8 / (0,920 \times 0,21 \times 43,47) = 14,26 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_{smin} = A_c \times \rho_{min} \times 0,01 = 100 \times 25 \times 0,15 \times 0,01 = 3,75 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Dimensionamento da Viga Transversina

### Vão de 21,00m

Cargas Permanentes:

Peso Próprio

$$g_1 = \gamma_c \times A = 2,5 \text{ t/m}^3 \times 0,30 \times 1,60 = 1,20 \text{ t/m}$$

Laje + Pav.

$$g_2 = ((\gamma_c \times h_{laje} + \gamma_{pav} \times h_{pav}) \times A) / l_{viga} = (2,5 \times 0,22 + 2,40 \times 0,07) \times 0,985 / 2,21 = 0,32 \text{ t/m}$$

$$g_1 + g_2 = 1,20 + 0,32 = 1,52 \text{ t/m}$$

Estrutura e Carregamento:

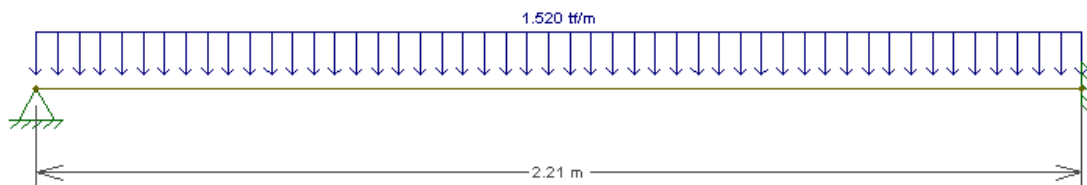


Diagrama de Momento – (tf.m):



Cargas Móveis:

Carga TB-45 Centrada

Estrutura e Carregamento

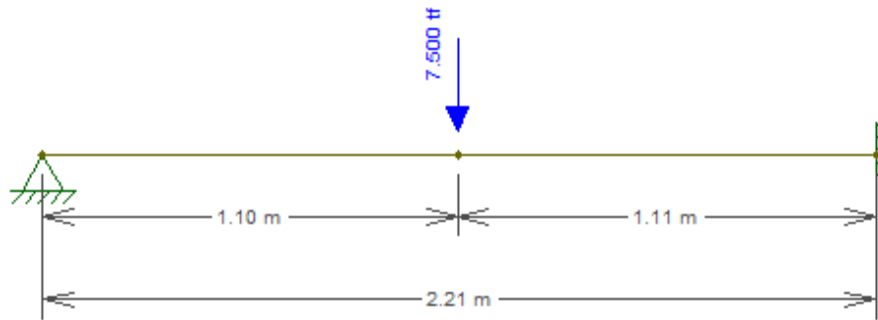


Diagrama de Momento – (tf.m):



- Verificação dos Momentos Máximos:

$$M_d = 1,35 \times M_g + 1,5 \times \varphi \times M_q$$

$$\varphi = 1,40 - 0,007 \times l = 1,40 - 0,007 \times 2,21 = 1,385$$

Momento	Mg (tf.m)	Mq (tf.m)	Md (tf.m)
Positivo	0,522	2,590	6,08
Negativo	0,928	3,103	7,7

Dimensionamento:

- Momento Positivo:

$$K_{md} = 0,0061$$

$$K_z = 0,997$$

$$A_s = 1,12 \text{ cm}^2$$

$$A_s \text{ min} = 8,30 \text{ cm}^2$$

- Momento Negativo:

$$K_{md} = 0,0077$$

$$K_z = 0,994$$

$$A_s = 1,43 \text{ cm}^2$$

$$A_s \text{ min} = 8,30 \text{ cm}^2$$

Verificação a fadiga:

- Momento Positivo:

$$x = 26,65 \text{ (Posição da linha neutral)}$$

Tensões na Armadura

$$\sigma_{\text{max.}} = 295,68 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{min.}} = 36,69 \text{ kgf/cm}^2$$

Coefficiente de Fadiga:

$K_f = 0,14$  - O efeito da fadiga pode ser desconsiderado nesta viga.

- Momento Negativo:

$x = 26,65$  (Posição da linha neutral)

Tensões na Armadura

o max. = 295,68 kgf/cm<sup>2</sup>

o min. = 43,04 kgf/cm<sup>2</sup>

Coefficiente de Fadiga:

$K_f = 0,14$  - O efeito da fadiga pode ser desconsiderado nesta viga.

### Processamento da Mesoestrutura

Dimensionamento da Ala e Cortina

Esforços nas alas:

Trecho 1(retângulo):

$\sigma_1 = \gamma \times h \times K_a = 1,8 \times 0,9 \times 0,33 = 0,53 \text{ t/m}^2 \rightarrow$  Terreno

$\sigma_2 = q \times K_a = 0,5 \times 0,33 = 0,165 \text{ t/m}^2 \rightarrow$  Sobrecarga

$E_1 = \sigma_1 \times h / 2 = 0,53 \times 0,9 / 2 = 0,24 \text{ t/m}$

$E_2 = \sigma_2 \times h = 0,165 \times 0,9 = 0,15 \text{ t/m}$

$M_1 = E_1 \times L / 2 = 0,24 \times 1,5 = 0,36 \text{ t.m/m}$

$M_2 = E_2 \times L / 2 = 0,15 \times 1,5 = 0,23 \text{ t.m/m}$

$M_{\text{total}} = 0,59 \text{ t.m/m}$

Trecho2(triângulo):

$\sigma_1 = \gamma \times h \times K_a = 1,8 \times 2,5 \times 0,33 = 1,49 \text{ t/m}^2 \rightarrow$  Terreno

Media  $\sigma_1 = (0,53 + 1,49) / 2 = 1,01 \text{ t/m}^2$

$\sigma_2 = q \times K_a = 0,5 \times 0,33 = 0,165 \text{ t/m}^2 \rightarrow$  Sobrecarga

$E_1 = \sigma_1 \times h / 2 = 0,53 \times 1,6 + 1,49 \times 1,6 / 2 = 2,04 \text{ t/m}$

$E_2 = \sigma_2 \times h = 0,165 \times 1,6 = 0,26 \text{ t/m}$

$M_1 = E_1 \times L / 3 = 2,04 \times 1,0 = 2,04 \text{ t.m/m}$

$M_2 = E_2 \times L / 3 = 0,26 \times 1,5 = 0,26 \text{ t.m/m}$

$M_{\text{total}} = 2,3 \text{ t.m/m}$

$M_{1\text{total}} = 2,40 \text{ t.m/m}$

$M_{2\text{total}} = 0,49 \text{ t.m/m}$

$M_d = 1,35 \times M_{1\text{total}} + 1,5 \times M_{2\text{total}} = 1,35 \times 2,4 + 1,5 \times 0,49 = 3,975 \text{ t.m/m}$

$b = 100 \text{ cm} = 1,0 \text{ m}$

$d = 30 - 4 = 26 \text{ cm} = 0,26 \text{ m}$

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

Aço CA-50

$K_{md} = M_d / (b \times d^2 \times f_{cd}) = 39,75 / (1,0 \times 0,26^2 \times 30 \times 10^3 / 1,4) = 0,027$

Pela tabela:  $K_z = 0,984$

$A_s = M_d / (K_z \times d \times f_{yd}) = 39,75 / (0,984 \times 0,21 \times 43,47) = 3,57 \text{ cm}^2/\text{m}$

$$A_{Smin} = A_c \times \rho_{min} \times 0,01 = 100 \times 25 \times 0,15 \times 0,01 = 3,75 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Esforços nas cortinas: (Vão de 21,0m)

Altura da cortina de 1,90m:

$$\sigma_1 = \gamma \times h \times K_a = 1,8 \times 1,9 \times 0,33 = 1,12 \text{ t/m}^2 \rightarrow \text{Terreno}$$

$$\sigma_2 = q \times K_a = 0,5 \times 0,33 = 0,165 \text{ t/m}^2 \rightarrow \text{Sobrecarga}$$

$$E_1 = \sigma_1 \times h / 2 = 1,12 \times 1,9 / 2 = 1,06 \text{ t/m}$$

$$E_2 = \sigma_2 \times h = 0,165 \times 1,9 = 0,31 \text{ t/m}$$

$$M_1 = E_1 \times z_2 = 1,06 \times 0,63 = 0,67 \text{ t.m/m}$$

$$M_2 = E_2 \times z_1 = 0,31 \times 0,95 = 0,29 \text{ t.m/m}$$

$$M_d = 1,35 \times 0,67 + 1,5 \times 0,29 = 1,34 \text{ t.m/m}$$

$$b = 100 \text{ cm} = 1,0 \text{ m}$$

$$d = 30 - 4 = 26 \text{ cm} = 0,26 \text{ m}$$

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

Aço CA-50

$$K_{md} = M_d / (b \times d^2 \times f_{cd}) = 13,4 / (1,0 \times 0,26^2 \times 30 \times 10^3 / 1,4) = 0,009$$

Pela tabela:  $K_z = 0,995$

$$A_s = M_d / (K_z \times d \times f_{yd}) = 13,4 / (0,995 \times 0,26 \times 43,47) = 1,19 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_{Smin} = A_c \times \rho_{min} \times 0,01 = 100 \times 30 \times 0,15 \times 0,01 = 4,50 \text{ cm}^2/\text{m}$$

## Dimensionamento do Console de Macaqueamento

### Para as vigas de 25,00 m

$$P. \text{laje} = 37,67 \text{ tf}$$

$$P. \text{Próprio viga} = 30,46 \text{ tf}$$

$$\text{Total: } P = 68,13 \text{ tf}$$

$$\sigma_{yd} = 435 \text{ Mpa} = 4,35 \text{ tf/cm}^2$$

$$A / d = 25 / 50 = 0,50 < 1,0 \rightarrow \text{Console curto}$$

$$T_d = 1,4 \times P \times a / (0,8 \times d)$$

$$T_d = 1,4 \times 68,13 \times 25 / (0,8 \times 51) = 58,44 \text{ tf}$$

$$A_s = T_d / f_{yd}$$

$$A_s = 58,44 / (5 / 1,15) = 13,44 \text{ cm}^2$$

Verificação cisalhamento do concreto.

$$\text{Logo } \tau_d = 1,4 \times P / (b \times d) \leq 0,25 f_{cd}$$

$$\tau_d = 1,4 \times 58,44 / (0,5 \times 0,51) = 320,85 \text{ tf/m}^2$$

$$0,25 f_{cd} = 0,25 \times 3000 / 1,4 = 535,7 \text{ tf/m}^2$$

$$\tau_d \leq 0,25 f_{cd} \rightarrow 320,85 \text{ tf/m}^2 \leq 535,7 \text{ tf/m}^2 \text{ OK!}$$

## Dimensionamento do Aparelho de Apoio

Carga Normal Máxima

Todos os apoios são iguais :

<b>g1</b>	<b>g2</b>	<b>g3</b>	<b>CM</b>
23	15,5	9,9	41,5

Valor P/Cada Apoio =  $23 + 15,5 + 9,9 + 41,5 = 89,9t$

## Esforços Horizontais Longitudinais De Longa Duração

$\Delta$  Temp.

$$Ap1 \rightarrow 17,084/5 = 3,417$$

$$Ap2 \rightarrow 2,834/5 = 0,567$$

$$Ap3 \rightarrow -2,974/5 = -0,595$$

$$Ap4 \rightarrow -16,944/5 = -3,389$$

Esforços Horizontais Longitudinais de Curta Duração

Frenagem

$$Ap1 \rightarrow 6,656/5 = 1,331$$

$$Ap2 \rightarrow 3,265/5 = 0,653$$

$$Ap3 \rightarrow 3,511/5 = 0,702$$

$$Ap4 \rightarrow 6,656/5 = 1,331$$

Esforços Horizontais Transversais de Curta Duração

$$Ap1 \rightarrow 6,390/5 = 1,278$$

$$Ap2 \rightarrow 7,876/5 = 1,575$$

$$Ap3 \rightarrow 8,157/5 = 1,631$$

$$Ap4 \rightarrow 6,295/5 = 1,259$$

Rotação de Apoio na Montagem

1,866

## Rotação de Carregamento

1,7

## Dimensionamento da Viga Travessa

Temos os seguintes valores já transformados em “Md” através de  $1,35Mg + 1,50Mq$ .

### Momentos Fletores :

Sobre os pilares :  $Md = -376 \text{ tf.m}$

No centro da travessa :  $Md = 187 \text{ tf.m}$

### Cortantes :

Junto aos pilares, na parte externa :  $Vd = 239 \text{ t}$

Junto aos pilares, na parte interna :  $Vd = 344 \text{ t}$

A partir da figura acima, temos :

Para  $M(+)$   $b = 1,60 \text{ m}$   $h = 1,26 \text{ m}$   $bd^2 fcd = 1,60 \times 1,26^2 \times 2500/1,40 = 4536,00$

Para  $M(-)$   $b = 1,30 \text{ m}$   $h = 1,26 \text{ m}$   $bd^2 fcd = 1,30 \times 1,26^2 \times 2500/1,40 = 3685,50$

$kmd+ = 376/4.536 = 0,083$

$kmd- = 187/3.685 = 0,051$

$As(+)= 37,93 \text{ cm}^2 \rightarrow 14 \text{ } \varnothing 20.0 \text{ mm}$

$As(-)= 76,26 \text{ cm}^2 \rightarrow 16 \text{ } \varnothing 25.0 \text{ mm}$

### Esforços Cortantes

$\tau = 334,0 ( 1,26 \times 1,30 ) = 203,91 \text{ t/m}^2$

$\tau d = 1,15 \times \tau m = 234,5 \text{ t/m}^2$

$H = \tau \times 1,30 \times 1,00 = 304,89 \text{ t/m}$

$As = 304,84 ( 4 \times 4,348 ) = 17,53 \text{ cm}^2/\text{m}$

$As = 12,54 \text{ cm}^2/\text{m}$  com 6 pernas  $\varnothing 12^5 \text{ c.12}$   
 $\varnothing 12^5 \text{ c.15}^5$

A seguir, o estudo da fadiga :



CÁLCULO DO FATOR DE FADIGA			CÁLCULO DO FATOR DE FADIGA		
Travessa Central			Travessa Extrema		
Mxe (Seção 3 e 7)			Mxm (Seção 5)		
Dados			Dados		
Fck	25	Mpa	Fck	25	Mpa
Ef	210000	Mpa	Ef	210000	Mpa
As	0,0078750	m <sup>2</sup>	As	0,0044100	m <sup>2</sup>
b	1,600	m	b	1,600	m
d	1,260	m	d	1,260	m
Mmáx	267,428	mt/m	Mmáx	125,516	mt/m
Mmin	157,872	mt/m	Mmin	96,150	mt/m
$\Delta\sigma$ limite	1850	kg/cm <sup>2</sup>	$\Delta\sigma$ limite	1850	kg/cm <sup>2</sup>
Ec	23800	Mpa	Ec	23800	Mpa
n	8,823529412	-	n	8,823529412	-
Prof. da linha neutra			Prof. da linha neutra		
x	0,29	m	x	0,22	m
Tensão na armadura			Tensão na armadura		
$\sigma$ smáx	2919,31054	Kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma$ smáx	2401,44568	Kg/cm <sup>2</sup>
$\sigma$ min	1723,37001	Kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma$ min	1839,59815	Kg/cm <sup>2</sup>
$\Delta\sigma$	1195,94054	Kg/cm <sup>2</sup>	$\Delta\sigma$	561,84752	Kg/cm <sup>2</sup>
Fator de Fadiga			Fator de Fadiga		
Kf	0,65	-	Kf	0,30	-
Armação fadigada			Armação fadigada		
Asfad	78,75	cm <sup>2</sup>	Asfad	44,10	cm <sup>2</sup>

## Dimensionamento dos Pilares

Cargas Permanentes – Pilar BR 230

Pilar Central

Carga Permanente

### V1/V5

Vão 21m – 52,01t

Vão 30m – 78,75t

130,76t

### V2/V4

Vão 21m – 37,93t

Vão 30m – 58,65t

96,58t

### V3

Vão 21m – 45,07t

$$PP_{Trenu} = A_s f_x Y_c$$

Vão 30m - 68,85t  
113,92t

$$PP_{Trov} = 2,035 \times 12,8 \times 2,5 = 65,13t$$

$$PP_{Pilar} = 2,9 \times 0,6 \times 4,9 \times 2,5 = 21,5t$$

$$N_{gk} = [(2 \times (130,76 + 96,58))] + 113,92] + 65,13 + 21,5 = 655,23t$$

### Carga Móvel

#### V1/V5

Vão 21m - 35,48t  
Vão 30m - 41,04t  
76,52t

#### V2/V4

Vão 21m - 44,42t  
Vão 30m - 51,12t  
95,54t

#### V3

Vão 21m - 42,84 t  
Vão 30m - 49,30t  
92,14t

$$N_{gk} = [(2 \times (76,52 + 95,54))] + 92,14] = 436,26t$$

$$Nd = 1,35 \times N_{gk} + 1,5 \times 1,25 \times 436,26$$

$$Nd = 1702,55 t$$

### Cargas Horizontais

- Frenagem e Aceleração

$$H_f = (0,3 \times 45) / 2 = 6,75$$

### Cargas Transversais

- Carga de Vento

$$P_v = 0,1 \text{ t/m}^2$$

Carregada

$$H_{V21} = \left[ 0,1 \times 4,0 \times \left( \frac{21}{2} \right) \right] = 4,2t - \text{Vão 21m}$$

$$H_{V30} = 0,1 \times 4,0 \times \left( \frac{30}{2} \right) = 6t - \text{Vão 30m}$$

$$H_v = 4,2 + 6 = 10,2t$$

Descarregada

$$H_{V21} = 0,1 \times 2,9 \times \left( \frac{21}{2} \right) = 3,05t - 21m$$

$$H_{V31} = 0,1 \times 2,9 \times \left( \frac{30}{2} \right) = 4,35t - \text{Vão 30m}$$

$$H_v = 3,05 + 4,35 = 7,4t$$

### Momento torsor

Carga permanente - Mtg = 10,03 tfm

Carga móvel - Mtq = 18,83 tfm

Mtd = 1,35Mtg + 1,5 φ Mtg

Mtd = 1,35x10,03 + 1,5x1,25x18,83

Mtd = 48,85 tfm

### Esforços De Cálculo

Combinação Elu

$$Fcd = 1,35 cp + 1,5φ ctm + 1,5 (0,7 H_v + 0,5 H_{tq})$$

$$Hd_g = 1,5 \times 1,25 \times 6,75 = 12,66t$$

$$Hd_v = 1,5 \times 0,7 \times 10,2 = 10,71t$$

### Momento na Base do Pilar

- 1ª Ordem

$$M_g = Hd_g \times h \quad Md_g = 12,66 \times 6,2 \simeq 78,5tm$$

$$M_{dt} = (10,71 \times 6,3) + (1,5 \times 1,25 \times 176,55) = 398,50tm$$

- Excentricidades Mínimas

$$e_{1ymin} = 1,5 + 0,03h = 1,5 + 0,03 \times 60 = 3,3cm$$

$$e'_{1ymin} = 1,5 + 0,03 \times 200 = 7,50cm$$

- Momentos Mínimos

$$M_{1dxmin} = Nd \times C_{1x,min}$$

$$M_{1dxmin} = 1702,55 \times 0,033 = 56,18tm$$

$$M_{1dxmin} = Nd \times C_{1x,min}$$

$$1702,55 \times 0,075 = 127,7tm$$

### Comprimento De Flambagem

- Para Pilar Engastado Na Base E Livre No Topo

$$l_g = 2l = 2 \times 6,30 = 12,60m$$

$$\lambda_1 = 35 \quad \lambda_x = \frac{f}{t} \quad A_b = 0,6 \times 2 = 1,2m^2$$

$$\lambda_w = \frac{3,46 \cdot f_g}{h_x} = \frac{3,46 \times 12,60}{0,6} = 72,66 \quad I_w = \frac{2 \times 0,6^3}{12} = 0,036m^4$$

Como  $\lambda_w > \lambda_1$  Serão Considerados Os Efeitos De 2ª Ordem.

$$\lambda_y = \frac{3,46 \cdot f_g}{h_y} \quad A_b = 1,2m^2$$

$$\lambda_y = \frac{3,46 \cdot 12,6}{2} = 21,8 \quad I_y = \frac{0,6 \times 2^3}{12} = 0,4m^4$$

Como  $\lambda_y < \lambda_1$  = Não Serão Considerados Os Efeitos De 2ª Ordem.

$$A_c = 0,6 \times 2,0 = 1,20m^2$$

$$Fcd = \frac{fck}{\gamma_f} = \frac{2500}{1,4} = 1785,7t/m^2 \quad A_{cfed} = 2142,86t$$

### Força Normal Adimensional

$$\gamma = \frac{Nd}{A_{cfed}} = \frac{1702,55}{2142,86} = 0,79$$

### Curvatura Sujeita A Efeitos De 2ª Ordem

$$\frac{1}{V_x} = \frac{0,005}{h_x(V + 0,5)} = \frac{0,005}{60 \times (0,79 + 0,5)} = 6,5 \times 10^{-5} cm^{-1} \leq \frac{0,005}{h_x} = 8,3x/c$$

$$\frac{1}{V_y} = \frac{0,005}{200x(0,79 + 0,5)} = 1,9 \times 10^{-5} cm^{-1} \leq \frac{0,005}{200} = 2,5 \times 10^{-5} cm^{-1}$$

### Excentricidade De 2ª Ordem

$$e_{2,x} = \frac{f_g^2}{10} \left( \frac{1}{V_x} \right) = \frac{1260^2}{10} \times 6,5 \times 10^{-5} = \frac{1260^2}{10} \times 6,5 \times 10^{-5} = 10,32cm$$

$$e_{2,y} = \frac{f_g^2}{10} \left( \frac{1}{V_y} \right) = \frac{1260^2}{10} \times 1,9 \times 10^{-5} = \frac{1260^2}{10} \times 1,9 \times 10^{-5} = 3,02cm$$

### Momentos Finais

$$M_{dx} = \alpha_b M_{1dx} + Nd_{e2x} = (1 \times 78,5 + 48,85) + (1702,55 \times 0,1032) = 303,0tm$$

$$M_{dy} = \alpha_b M_{1dy} + Nd_{e2y} = (1 \times 398,50 + 1702,55 \times 0,03) = 449,6tm$$

### Esforços Adimensionais

$$\mu_x = \frac{M_{dx}}{h_y A_c f_{cd}} = \frac{303}{0,60 \times 2142,86} \cong 0,24$$

$$\mu_y = \frac{M_{dy}}{h_x A_c f_{cd}} = \frac{449,6}{2,0 \times 2142,86} \cong 0,10$$

- Pelo Ábaco De J. Montoya Temos Para Taxa Mecânica De Armadura:

$$W=0,82$$

$$A_s = \frac{w A_c f_{cd}}{f_{yd}} = \left( \frac{0,82 \times 2142,86}{5000} \right) \times 1,15 = 40,4 \text{ cm}^2$$

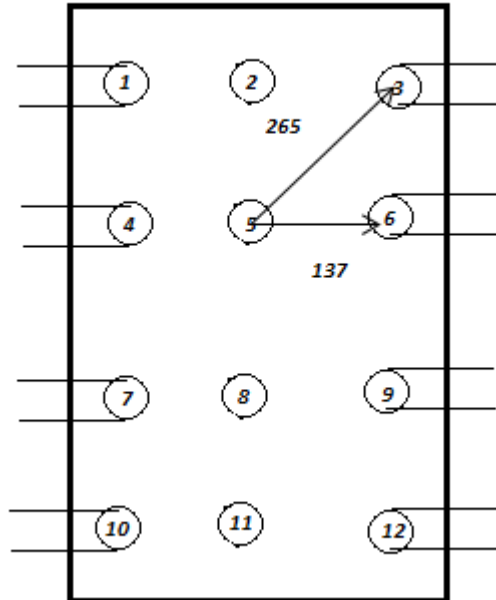
### Armadura Mínima

$$A_{s,min} = 0,15 \frac{N_d}{f_{yd}} \geq 0,4\% A_c$$

$$A_{s,min} = 0,15 \frac{17025,5}{50} = 44,4 \text{ cm}^2 \geq 0,004 \times 60 \times 200 = 48 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,min} = 48 \text{ cm}^2$$

**Processamento da Infraestrutura**  
 Dimensionamento dos Blocos  
 Bloco Central



$$a_3^2 = b_3^2 + c_3^2$$

$$a_3^2 = 110^2 + 240^2$$

$$a^2 = 265 \text{ cm}$$

$$a_6^2 = b_6^2 + c_6^2$$

$$a_6^2 = 110^2 + 80^2$$

$$a^2 = 137 \text{ cm}$$

**EST 3**

$$a_3 = 265 \text{ cm}$$

$$h = 140 \text{ cm}$$

$$\text{tg} \alpha = 140/265 = 0,53$$

$$\alpha = 28^\circ$$

$$z = R/\text{tg} \alpha = 79,98/0,53 = 151 \text{ tf}$$

$$x = 110 \text{ cm}$$

$$y = 240 \text{ cm}$$

$$\text{tg} \theta = 110/240 = 0,46$$

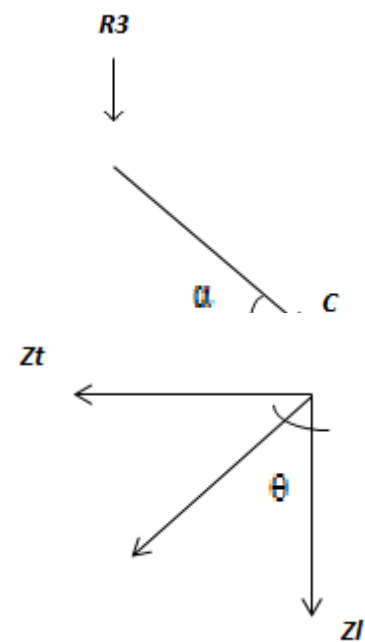
$$\theta = 22,6^\circ$$

$$z_{l3} = z \cdot \cos \theta$$

$$151 \cdot \cos 22,6^\circ = 139,4 \text{ tf}$$

$$z_{t3} = z \cdot \text{sen} \theta$$

$$151 \cdot \text{sen} 22,6^\circ = 58 \text{ tf}$$



**EST 6**

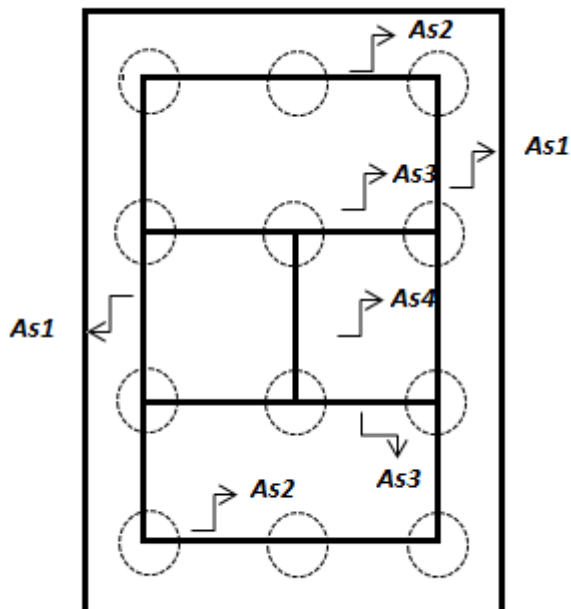
$a_3 = 137 \text{ cm}$   
 $h = 140 \text{ cm}$   
 $\text{tg}\alpha = 137/140 = 0,98$   
 $z = R/\text{tg}\alpha = 79,98/0,98 = 81,6 \text{ tf}$

$x = 110 \text{ cm}$   
 $y = 80 \text{ cm}$   
 $\text{tg}\theta = 110/80 = 1,375$   
 $\theta = 53,97^\circ$

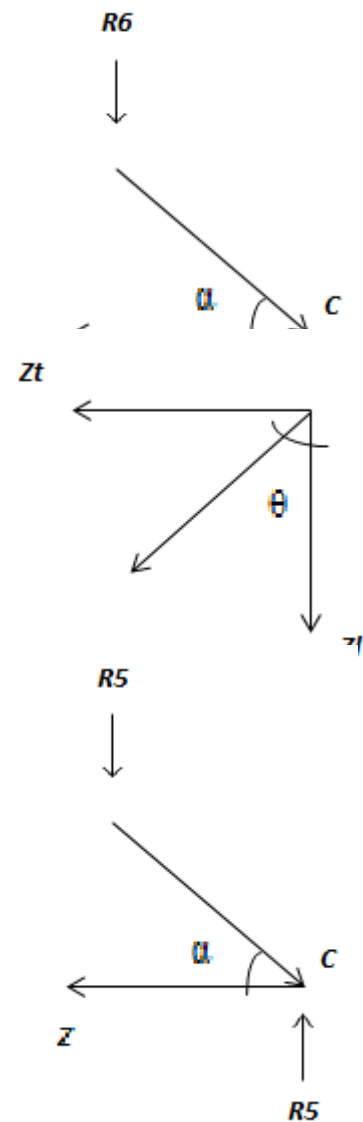
$z_{l3} = z \cdot \cos \theta = 81,6 \cdot \cos 53,97^\circ = 48 \text{ tf}$   
 $z_{t3} = z \cdot \sin \theta = 81,6 \cdot \sin 53,97^\circ = 66 \text{ tf}$

**EST 5**

$d = 80 \text{ cm}$   
 $h = 140 \text{ cm}$   
 $\text{tg}\alpha = 140/80 = 1,75$   
 $z = R/\text{tg}\alpha = 83,52/1,75 = 47,73 \text{ tf}$



$As_1 = (139,4 + 48)/4,348 = 43 \text{ cm}^2 \quad 14 \Phi 20 \text{ mm}$



$$As_2 = (58)/4,348 = 13,34 \text{ cm}^2 \quad 5 \Phi 20 \text{ mm}$$

$$As_3 = (66)/4,348 = 15,18 \text{ cm}^2 \quad 5 \Phi 20 \text{ mm}$$

$$As_4 = (47,73)/4,348 = 10,98 \text{ cm}^2 \quad 4 \Phi 20 \text{ mm}$$

### Cinta de Ligação dos Blocos dos Encontros

Dados os Diagramas:

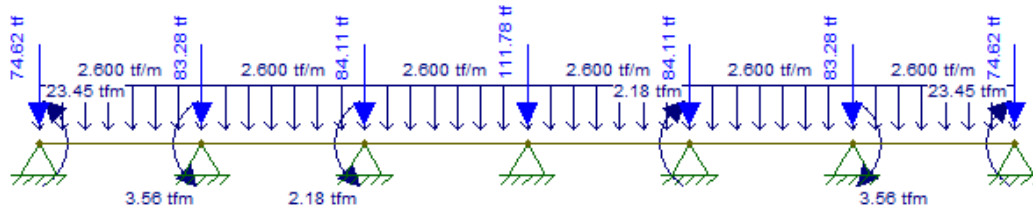


Diagrama de Esforços Cortantes:

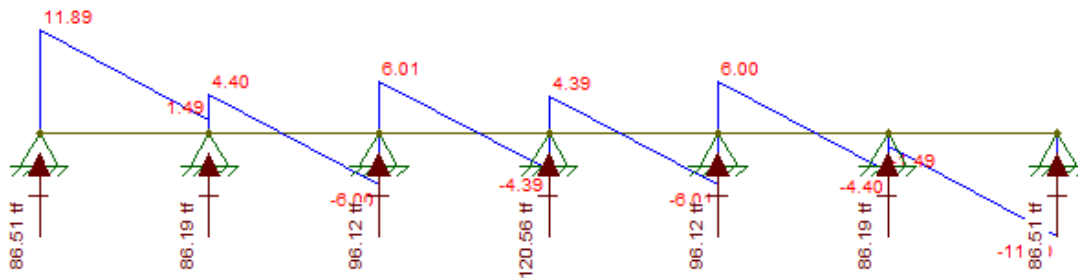
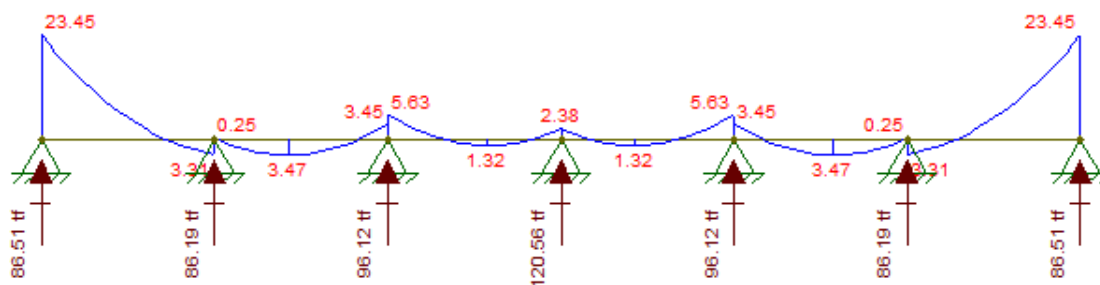


Diagrama de Momentos Fletores:



$$M_d = \gamma_f \times M_k$$

$$M_d = 1,4 \times 23,45 = 32,83 \text{ tfm}$$

$$V_d = 16,65 \text{ tf}$$



Para uma seção de 40 x 80 cm

### Dimensionamento à Flexão

<b>d</b>	76	cm
<b>f<sub>cd</sub></b>	21,43	MPa
<b>k<sub>md</sub></b>	0,066	-
<b>k<sub>x</sub></b>	0,102	-
<b>k<sub>z</sub></b>	0,959	-
<b>x</b>	7,73	cm
<b>z</b>	72,91	cm
<b>ε<sub>c</sub></b>	0,113	-
<b>ε<sub>s</sub></b>	1,000	-
<b>Domínio</b>	2	-
<b>σ<sub>Sd</sub></b>	4,35	tf/cm <sup>2</sup>
<b>A<sub>s,min</sub></b>	5,54	cm <sup>2</sup>
<b>A<sub>s,max</sub></b>	128,00	cm <sup>2</sup>
<b>A<sub>s</sub></b>	<b>10,36</b>	<b>cm<sup>2</sup></b>

Adotou-se 6 Φ 16 mm

### Dimensionamento ao Corte

<b>f<sub>ctd</sub></b>	1,45	MPa
<b>f<sub>ywd</sub></b>	434,78	MPa
<b>α<sub>v2</sub></b>	0,88	-
<b>V<sub>Rd2</sub></b>	154,78	tf
<b>V<sub>c</sub></b>	26,42	tf
<b>V<sub>sw</sub></b>	-9,77	tf
<b>A<sub>sw,min/s</sub></b>	5,33	cm <sup>2</sup> /m
<b>A<sub>sw/s</sub></b>	<b>-3,28</b>	<b>cm<sup>2</sup>/m</b>

## Dimensionamento das Estacas

\*\*\*\*\*  
PROJETO 3771 ESTACA 470 EXTREMIDADE VÃO 21m  
CALCULO DO ESTAQUEAMENTO  
\*\*\*\*\*

uso licenciado para a firma:  
SFENG Consultoria Ltda.

Num. de Estacas = 2

E = 2100000.                      G = 875000.

Estacas rotuladas no Bloco e na Base

Caracteristicas Geometricas das Estacas

AX= 0.1300    IX= 0.000140    IY= 0.001400    IZ= 0.001400

EST.	XI	YI	ZI	XF	YF	ZF	COMPR.
1	-0.700	0.000	0.000	-0.700	-10.000	0.000	10.000
2	0.700	0.000	0.000	0.700	-10.000	0.000	10.000

\*\*\*\*\*  
PROJETO 3771 ESTACA 425 EXTREMIDADE VÃO 21m  
CALCULO DO ESTAQUEAMENTO  
\*\*\*\*\*

B1: 2 estacas

Forca-X	Forca-Y	Forca-Z	Mom. -X	Mom. -Y	Mom. -Z
-3.02	-156.79	-1.04	-48.74	0.00	-34.10

Deslocamentos e Rotacoes no Topo do Bloco

Desl. -X	Desl. -Y	Desl. -Z	Rot. -X	Rot. -Y	Rot. -Z
0.00000	-0.00287	0.00000	-0.00005	0.00000	-0.00127

-----

Forcas e Momentos no Topo da Estaca (Sistema Local)

EST.	FORC-X	FORC-Y	FORC-Z	MOM. -X	MOM. -Y	MOM. -Z
1	54.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	102.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

-----

-----

Forcas e Momentos na Base da Estaca (Sistema Local)

EST.	FORC-X	FORC-Y	FORC-Z	MOM. -X	MOM. -Y	MOM. -Z
1	-54.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-102.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

-----

\*\*\*\*\*  
PROJETO 3771 ESTACA 470 INTEGRAÇÃO ENTRE VÃO DE 21M E 21M  
CALCULO DO ESTAQUEAMENTO  
\*\*\*\*\*

Uso licenciado para a firma:  
SFENG Consultoria Ltda.

Num. de Estacas = 12

E = 210000.                      G = 875000.

Estacas rotuladas no Bloco e na Base

Características Geométricas das Estacas

AX= 0.1300    IX= 0.000140    IY= 0.001400    IZ= 0.001400

EST.	XI	YI	ZI	XF	YF	ZF	COMPR.
1	-1.100	0.000	-2.400	-3.179	-9.781	-2.400	10.000
2	0.000	0.000	-2.400	0.000	-10.000	-2.400	10.000
3	1.100	0.000	-2.400	3.179	-9.781	-2.400	10.000
4	-1.100	0.000	-0.800	-3.179	-9.781	-0.800	10.000
5	0.000	0.000	-0.800	0.000	-10.000	-0.800	10.000
6	1.100	0.000	-0.800	3.179	-9.781	-0.800	10.000
7	-1.100	0.000	0.800	-3.179	-9.781	0.800	10.000
8	0.000	0.000	0.800	0.000	-10.000	0.800	10.000
9	1.100	0.000	0.800	3.179	-9.781	0.800	10.000
10	-1.100	0.000	2.400	-3.179	-9.781	2.400	10.000
11	0.000	0.000	2.400	0.000	-10.000	2.400	10.000
12	1.100	0.000	2.400	3.179	-9.781	2.400	10.000

\*\*\*\*\*  
PROJETO 3771 ESTACA 470 INTEGRAÇÃO ENTRE VÃO DE 21M E 21M  
CALCULO DO ESTAQUEAMENTO  
\*\*\*\*\*

B1: 12 estacas com inclinação vertical de 12°

Força-X	Força-Y	Força-Z	Mom. -X	Mom. -Y	Mom. -Z
-3.02	-771.34	-1.04	-132.71	0.00	-183.07

Deslocamentos e Rotacoes no Topo do Bloco

Desl.-X Desl.-Y Desl.-Z Rot.-X Rot.-Y Rot.-Z  
\*\*\*\*\* -0.00242 0.00000 -0.00013 -0.00087\*\*\*\*\*

Forças e Momentos no Topo da Estaca (Sistema Local)						
EST.	FORC-X	FORC-Y	FORC-Z	MOM.-X	MOM.-Y	MOM.-Z
1	53.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	74.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	53.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	53.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	69.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	53.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	53.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	63.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	53.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	53.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	57.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	53.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Forças e Momentos na Base da Estaca (Sistema Local)						
EST.	FORC-X	FORC-Y	FORC-Z	MOM.-X	MOM.-Y	MOM.-Z
1	-53.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-74.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	-53.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	-53.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	-69.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	-53.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	-53.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	-63.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	-53.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	-53.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	-57.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	-53.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

3.5.3 – Memória de Cálculo das Quantidades

**INFRAESTRUTURA**

2 S 03 322 00 Conc.estr.fck=10 MPa-contr.raz.uso ger.conf.e lanç

Q = 7,54 m3

Concreto de regularização

	X (m)	Y (m)	Z (m)	Quantidade	Volume (m³)
BE1=BE2 (A,C,D,E,F,G)	2,30	1,10	0,10	12	3,04
BE1=BE2 (B)	2,30	2,10	0,10	2	0,97
B1(A,B)	3,10	5,70	0,10	2	3,53
<b>TOTAL (m³)</b>					<b>7,54</b>

Estaca raiz D=410mm, perfurada em solo incluindo fornecimento de todos os materiais e injeção

	Quantidade	Comprimento (m)	Total (m)
BE1	14	10,00	140,00
BE2	14	10,00	140,00
B1	20	10,00	200,00
<b>TOTAL (m)</b>			<b>480,00</b>

2 S 03 329 03 Conc.estr.fck=25 MPa-contr.raz.uso ger.conf.e lanç

Q = 127,30 m3

	X (m)	Y (m)	Z (m)	Quantidade	Volume (m³)
BE1=BE2 (A,C,D,E,F,G)	2,20	1,00	1,40	12	36,96
BE1=BE2 (B)	2,20	2,00	2,40	2	21,12
B1(A,B)	3,00	5,60	1,50	2	50,40
CE1=CE2 (a,b,c,d,e,f)	0,40	4,00	0,80	12	15,36
C1(a)	0,40	10,80	0,80	1	3,46
<b>TOTAL (m³)</b>					<b>127,30</b>

2 S 03 580 02 Fornecimento, preparo e colocação formas aço CA 50 - Blocos

	Peso (kg)
Blocos	<b>4074</b>

2 S 03 580 02 Fornecimento, preparo e colocação formas aço CA 50 - Cintas

	Peso (kg)
Cintas	<b>1105</b>

2 S 03 580 02 Fornecimento, preparo e colocação formas aço CA 50 - Encontros

	Peso (kg)
Encontro A	11367
Encontro B	101
<b>Total</b>	<b>11468</b>

2 S 03 370 00 Forma comum de madeira

Q = 295,44 m2

Blocos e cintas

	Perímetro (m)	Altura (m)	Quantidade	Forma (m²)
BE1=BE2 (A,C,D,E,F,G)	6,40	1,40	12	107,52
BE1=BE2 (B)	8,40	2,40	2	40,32
B1(A,B)	17,20	1,50	2	51,60
CE1=CE2 (a,b,c,d,e,f)	2,00	4,00	12	96,00
<b>TOTAL (m²)</b>				<b>295,44</b>

2 S 03 000 02 Escavação manual de cavas em material 1a cat

Q escav. = 649,09 m3

No volume de escavação foi considerado um acréscimo de 1,00 m na horizontal em cada direção. (blocos) e 0,5m em cada sentido para as cintas de travamento. As laterais foram consideradas escavadas em diagonal (45°). O volume foi aproximado ao volume de um tronco de pirâmide para o cálculo.

Blocos

	Área em corte	Comprimento (m)	Quantidade	Volume (m³)
BE1(A,C,D,E,F,G)-220x100x140	6,44	3,78	6,0	146,06
BE1B-(220x200x240)	13,44	6,10	1,0	81,98
BE2(A,C,D,E,F,G)-220x100x140	6,44	3,78	6,0	146,06
BE2B-(220x200x240)	13,44	6,10	1,0	81,98
B1A/B1B (300x560x150)	12,15	5,73	2,0	139,24
<b>TOTAL (m³)</b>				<b>595,33</b>

Cintas

	Área em corte	Comprimento (m)	Quantidade	Volume (m³)
CE1 (a,b,c,d,e,f) - 400x40x80	1,12	4,00	6,0	26,88
CE2 (a,b,c,d,e,f) - 400x40x80	1,12	4,00	6,0	26,88
<b>TOTAL (m³)</b>				<b>53,76</b>

**Total (blocos e cintas) 649,09**

2 S 01 510 00 Compactação de aterros a 95% procto normal

Q compact. = 533,87 m3

Blocos

	Ve (m³)	Vb (m³)	Compactação (m³)
BE1(A,C,D,E,F,G)-220x100x140	146,06	18,48	127,58
BE1B-(220x200x240)	81,98	10,56	71,42
BE2(A,C,D,E,F,G)-220x100x140	146,06	18,48	127,58
BE2B-(220x200x240)	81,98	10,56	71,42
B1A/B1B (300x560x150)	139,24	50,40	88,84
<b>TOTAL (m³)</b>			<b>486,85</b>

Cintas

	Ve (m³)	Vc (m³)	Compactação (m³)
CE1 (a,b,c,d,e,f) - 400x40x80	26,88	7,68	19,20
CE2 (a,b,c,d,e,f) - 400x40x80	26,88	7,68	19,20
<b>TOTAL (m³)</b>			<b>47,03</b>

**Total (blocos e cintas) 533,87**

Ve - Volume de escavação

Vvt - Volume da viga travessa enterrada

**MESOESTRUTURA**

2 S 03 510 00 Aparelho de apoio em neoprene fretado form. e aplic.

Q = 563,81 kg

Comprimento (m)	Largura (m)	Espessura (m)	Volume (m³)	Peso esp. (kg/m³)	Quantidade	Peso (kg)
0,25	0,4	0,047	0,005	2999	40	563,81
<b>TOTAL (kg)</b>						<b>563,81</b>

2 S 03 329 03 Conc.estr.fck=30 MPa-contr.raz.uso ger.conf.e lanç

Q = 48,84 m³

	Área (m²)	Quantidade	Comprimento (m)	Volume (m³)
PE1=PE2 (A,B,C,D,E,F,G) - 80x40	0,32	14	6,10	27,33
P1(A,B) - 60xVAR	17,93	2	0,60	21,52
<b>TOTAL (m³)</b>				<b>48,84</b>

2 S 03 370 00 Forma comum de madeira

Q = 291,32 m²

	Perímetro (m)	Altura (m)/ Comprimento (m)	Unidades	Forma (m²)
PE1=PE2 (A,B,C,D,E,F,G) - 80x40	2,4	6,1	14	204,96
P1(A,B) - 60xVAR	-	-	2	86,36
<b>TOTAL (m²)</b>				<b>291,32</b>

2 S 03 580 02 Fornecimento, preparo e colocação formas aço CA 50 -

	Peso (kg)
Pilares	12963

2 S 03 119 01 Escoramento com madeira de OAE

Q = 376,08 m³

	Largura (m)	Comprimento (m)	Altura (m)	Quantidade	Área
	0,8	0,4	6,1	14	204
<b>Total (m³)</b>					<b>376,08</b>

**SUPERESTRUTURA**

2 S 03 370 00 Forma comum de madeira

Q = 4.004,34 m²

	Largura (m)	Comprimento (m)	Altura (m)	Perímetro (m)	Quantidade	Forma (m²)
Laje do tabuleiro	25,62	42,09	0,22	26,06	1	1108,17
Longarinas 21m	0,60	21,00	1,50	3,60	20	1548,00
Viga travessa (encontro)	1,30	25,62	1,30	3,90	2	206,60
Viga travessa	1,45	25,62	1,30	4,05	1	107,53
Console (viga travessa)	0,50	0,50	0,55	0,83	40	32,60
Laje de transição	4,00	12,50	0,25	4,50	4	233,00
Transversinas (vão 21m)	0,30	12,00	1,30	2,90	8	278,40
Guarda-rodas	0,40	42,09	0,87	1,74	4	294,79
Cortina	0,30	25,62	1,82	3,76	2	195,26
<b>TOTAL (m²)</b>						<b>4004,34</b>

2 S 03 329 04 Conc.estr.fck=30 MPa-contr.raz. c/adit.conf.e lanç

Q = 917,46 m³

	Largura (m)	Comprimento (m)	Altura (m)	Área (m²)	Quantidade	Volume (m³)
Laje do tabuleiro	25,62	42,09	0,22	5,64	1	237,39
Longarinas 21m	0,60	21,00	1,50	0,9	20	378,00
Viga travessa (encontro)	1,30	25,62	1,30	1,69	2	86,60
Viga travessa	1,45	25,62	1,30	2,03	1	52,01
Console (viga travessa)	0,50	0,50	0,55	0,20	40	4,00
Laje de transição	4,00	12,50	0,25	1,00	4	50,00
Transversinas (vão 21m)	0,30	12,00	1,30	0,39	8	37,44
Guarda-rodas	0,40	42,09	0,87	0,23	4	38,72
Cortina	0,30	25,62	1,82	0,65	2	33,31
<b>TOTAL (m³)</b>						<b>917,46</b>

2 S 03 580 02 Fornecimento, preparo e colocação formas aço CA 50 -Pré laje

	Peso (kg)
Pré laje	7060

2 S 03 580 02 Fornecimento, preparo e colocação formas aço CA 50 - Laje do tabuleiro

	Peso (kg)
Laje do tabuleiro 21 m	9343
<b>Total</b>	

2 S 03 580 02 Fornecimento, preparo e colocação formas aço CA 50 - Longarinas 21m

	Peso (kg)
Longarinas 21 m	30460

2 S 03 580 02 Fornecimento, preparo e colocação formas aço CA 50 - Viga travessa

	Peso (kg)
Viga travessa (encontro)	3805

2 S 03 580 02 Fornecimento, preparo e colocação formas aço CA 50 - Laje de transição

-	Peso (kg)
Laje de transição	3620

2 S 03 580 02 Fornecimento, preparo e colocação formas aço CA 50 -Transversinas 2 (vão 21m)

-	Peso (kg)
Transversinas 2 (vão 21m)	3860

2 S 03 580 02 Fornecimento, preparo e colocação formas aço CA 50 - laje elástica

-	Peso (kg)
Laje elástica	3256

Fornecimento, corte e colocação de cabos em aço CP-190 RB 9 D=12,7mm

-	Peso (kg)
Vão de 21m	9510,00
TOTAL (kg)	

Fornecimento, colocação e protensão de ancoragens ativas p/cabos 9 D=12,7mm

-	Unidade
Vão de 21m	120
TOTAL (un)	

Fornecimento, corte, colocação e injeção com nata de cimento de bainhas metálicas diâm. = 62mm

-	Comprimento (m)
Vão de 21m	1124
TOTAL (m)	

4.10 - Lançamento de vigas pré-fabricadas em concreto conforme especificação para vigas de 21 m de extensão até 40 tf de peso

-	Quantidade
Vão de 21 m	20

Pré-Laje

Largura (m)	Comprimento (m)	Forma (m²)	Volume (m³)	Taxa (Kg/m³)	Peso (Kg)
15,62	42,09	665,00	40,00	100	4000,00

4 S 06 030 11 Barreira de segurança dupla DNER PRO 176/86

Q1 = 168,40 m

Comprimento (m)	Total (m)
168,40	168,40

2 S 03 991 02 Dreno de PVC D=100 mm

Q1 = 22,00 m

Quantidade
22,00

2 S 03 930 00 Junta de cantoneira  
Junta de dilatação e vedação em perfil elastomérico com lábios poliméricos de 25 mm, JJ 2540 V-V

Quantidade	Largura (m)	Total (m)
3	25,62	76,86

2 S 03 119 01 Escoramento com madeira de OAE

Q = 629,00 m3

-	Volume (m³)
Viga travessa	629,00
TOTAL (m³)	629,00

**CONTENÇÃO**

5 S 05 303 02 Terra armada - ECE - greide 6,0<h<9,00

Q = 1.022,00 m2

Terra Armada - ECE - Greide 6,0<h<9,0m	Total (m²)
	1022,00

5 S 05 303 05 Terra armada - ECE - pé de talude 6,0<h<9,00m

Q = 35,60 m2

Terra Armada - ECE - Pé de Talude - 6,0<h<9,0m	Total (m²)
	35,60

5 S 05 303 09 Escamas de concreto armado para terra armada

Q = 153,30 m3

Escamas de concr.armado para Terra armada AC/BC	Total (m³)
	153,30

### **3.6 – Memória de Cálculo Viaduto Estaca 593+0,00**



### 3.6.1 - Introdução

Este volume contém a Memória de Cálculo referente ao Viaduto Estaca 593, para trem tipo TB-45, da Norma NBR 7188 - Carga Móvel em ponte rodoviária e passarela de pedestre. A ponte apresenta 63,00m de superestrutura, constituída de 3 vãos com cadencia de 21m, iniciando-se na estaca 591+8,440 até a estaca 594+11,560, e dois tabuleiros de 12,80m cada, com largura total de 25,60m sendo dois guarda-rodas de 0,40m e uma faixa de rolagem de 12,00m cada tabuleiro. As fundações serão indiretas, através de estacas raiz com diâmetro de 410mm.

### 3.6.2 - Ficha Técnica

#### Generalidades

Ponte Rodoviária, em Rodovia de 1ª Categoria.

**Extensão:** A ponte apresenta 63,00m de superestrutura, constituída de 3 vãos com cadencia de 21,00m.

**Largura:** Dois tabuleiros de 12,80m, com largura total de 25,60m, dois guarda rodas de 0,40m e uma faixa de rolagem de 12,00m cada tabuleiro.

**Trem-tipo de cálculo:** Tipo de Trem TB-45.

#### Definição da Obra

**Infra-estrutura:** Fundação indireta, através de estacas raiz com diâmetro de 410mm.

**Meso-estrutura:** Na transmissão dos esforços verticais, horizontais, transversais e longitudinais, estão previstos aparelhos de apoio de neoprene fretado.

**Superestrutura:** Sistema em vigas múltiplas bi-apoiadas, pré-moldadas, em concreto protendido.

#### Características Geométricas

Em perfil – Trecho em nível.

Em planta – Trecho em tangente.

#### Materiais

Concreto

Regularização – fck = 10MPa

Infraestrutura – fck = 25MPa

Mesoestrutura – fck = 30MPa

Superestrutura – fck = 30MPa

Aço

Para complementação de peças protendidas e de concreto armado: CA-50.

Para concreto protendido: CP-190RB.

## Pesos Específicos

Concreto Estrutural: 2,50t/m<sup>3</sup>

Pavimentação: 2,40t/m<sup>3</sup>

Terra: 1,80t/m<sup>3</sup>

## Coefficientes de Segurança

### Majoração:

Para Esforços de Carga Permanente = 1,35

Para Esforços de Carga Móvel = 1,50

### Minoração :

Resistência do Concreto = 1,40

Resistência do Aço = 1,15

## Processamento

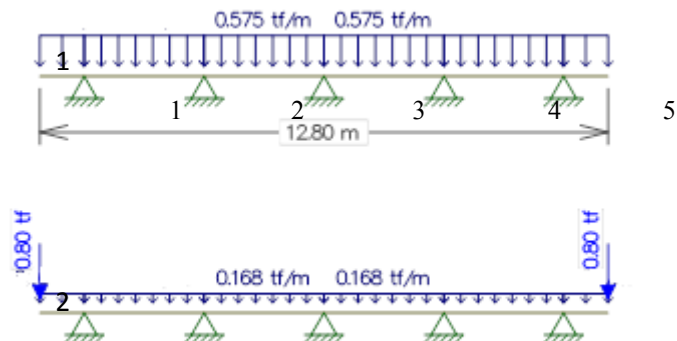
Memória de Cálculo da Viga de 21m

Carga Permanente

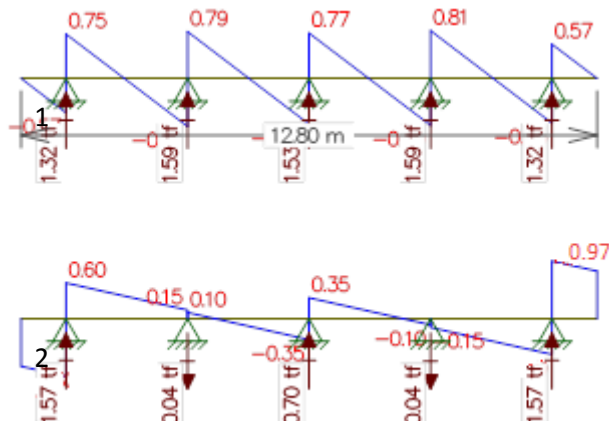
Peso da Laje

Peso do Guarda-rodas + pavimento ++ recapeamento

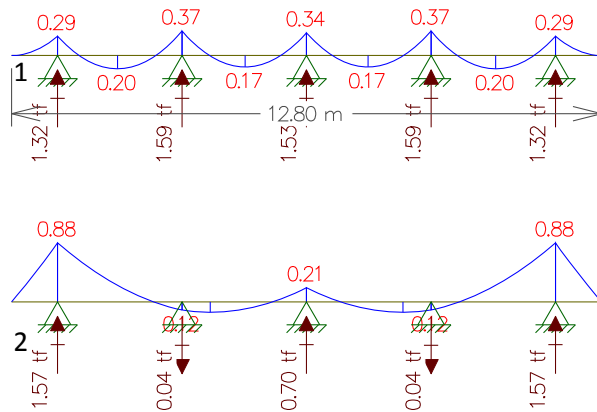
- o Cargas



- o Cortantes



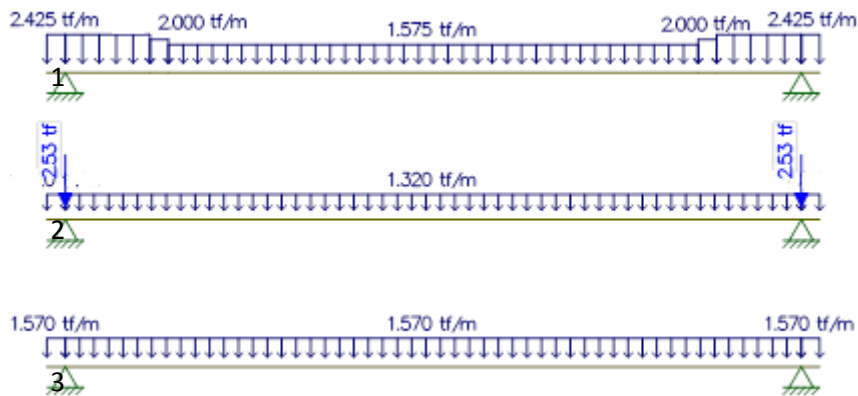
○ Momentos



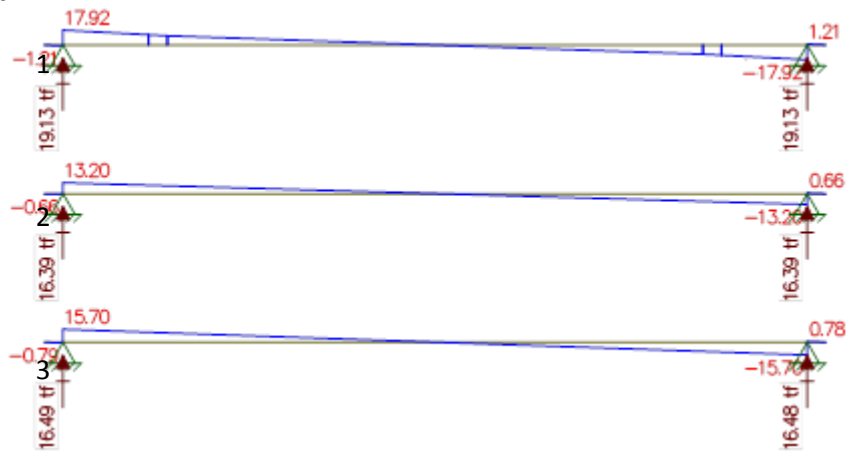
**Distribuição dos esforços longitudinais**

**Carga Permanente**

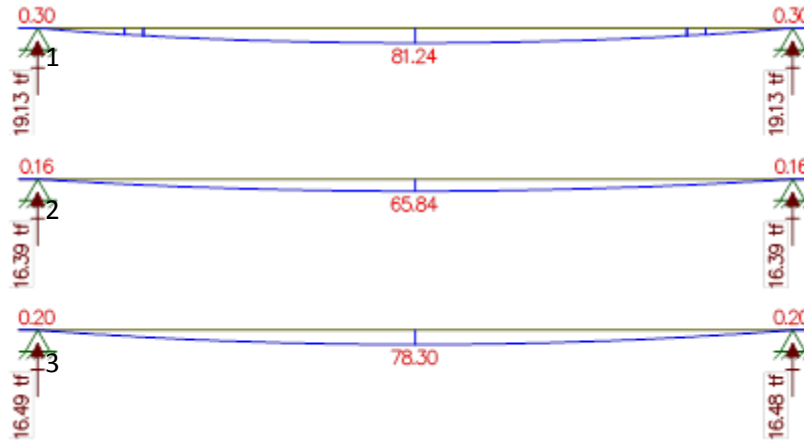
- Viga 1 e 5:
- Peso próprio da Viga
- Peso do guarda-rodas + pavimento + recapeamento
- Peso da laje
- Cargas



○ Cortante



o Momentos



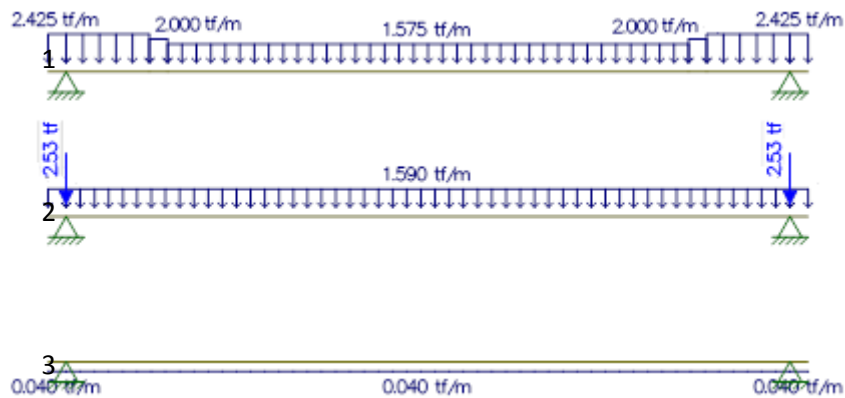
Viga 2 e 4:

Peso próprio da Viga

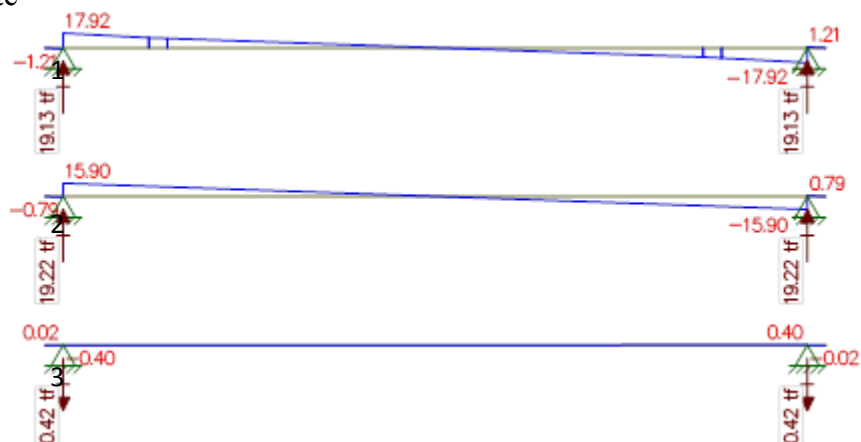
Peso do guarda-rodas + pavimento + recapeamento

Peso da laje

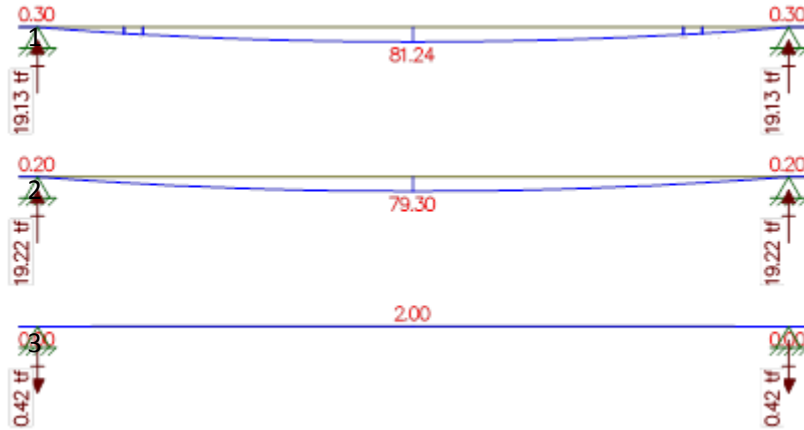
o Cargas



o Cortante



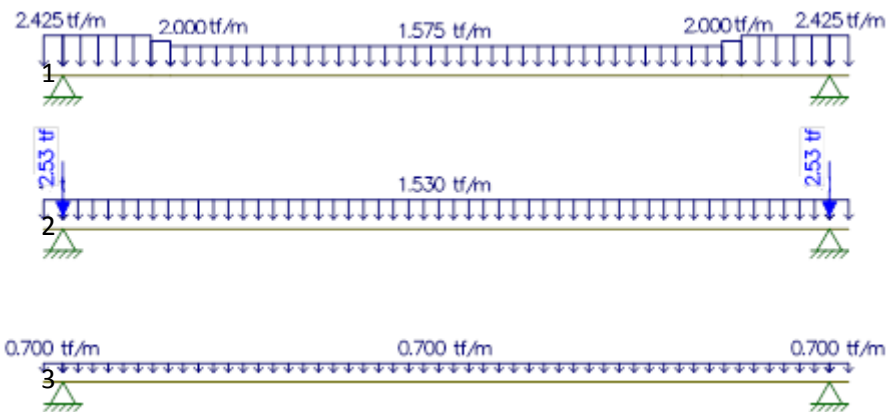
o Momento



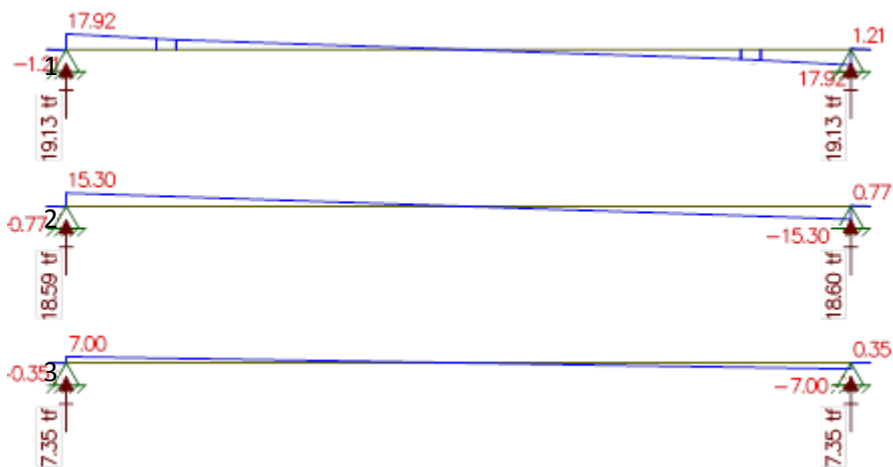
▪ Viga 3:

1. Peso próprio da Viga
2. Peso do guarda-rodas + pavimento+ recapeamento
3. Peso da laje

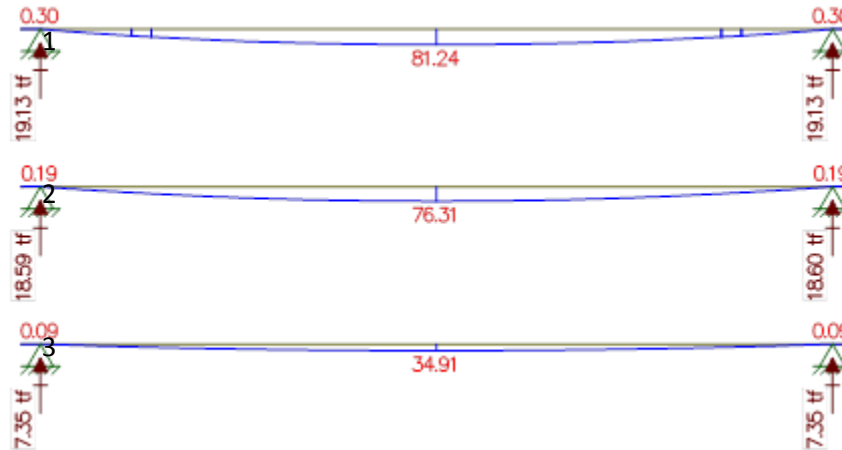
o Cargas



o Cortantes

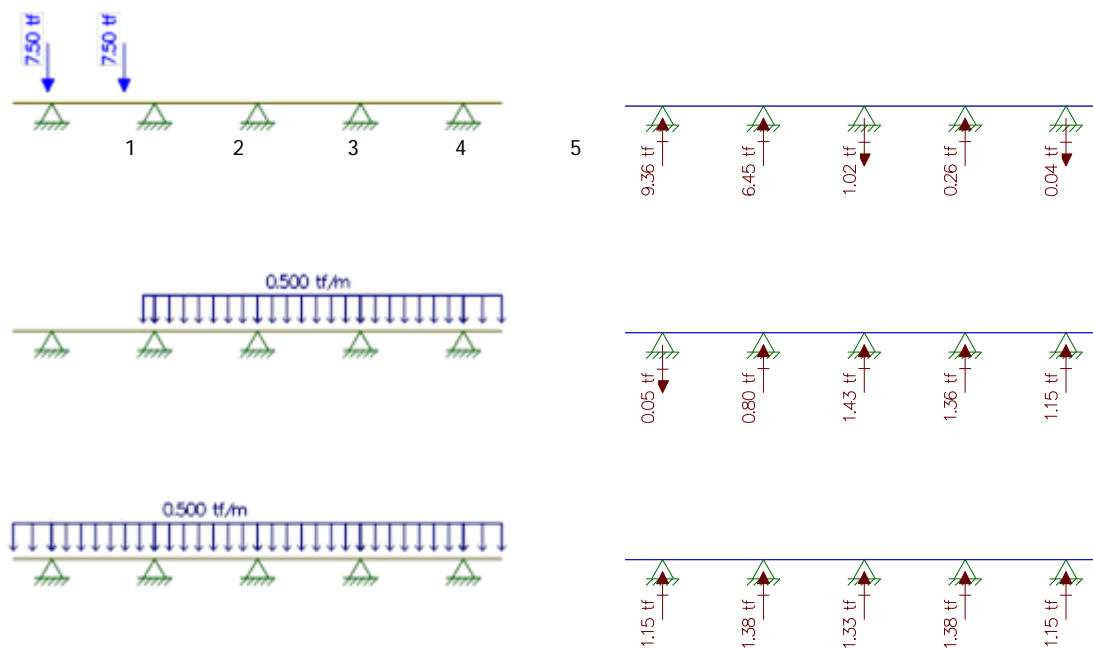


○ Momentos



Distribuição de Trem tipo na seção Transversal  
Carga Móvel

- Vigas 1 e 5

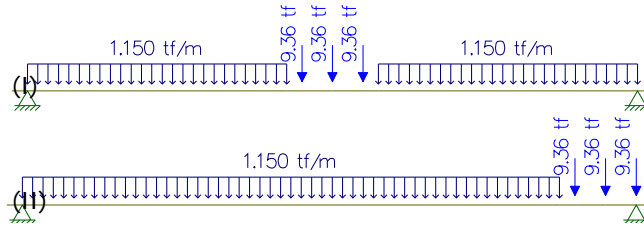


## Distribuição de Trem tipo na seção Longitudinal

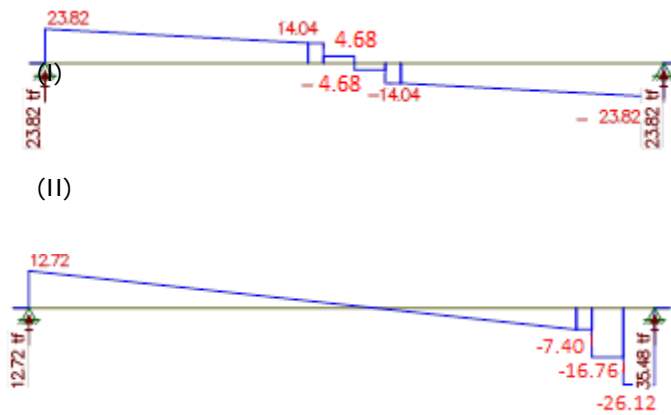
Para obter o momento máximo.

Para obter a reação e a cortante máximas.

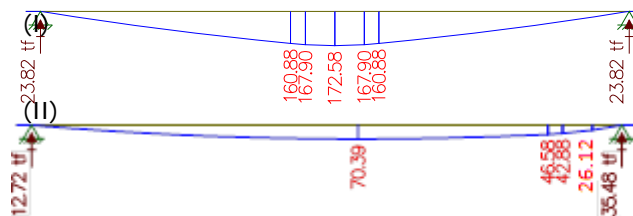
- Cargas



- Cortante

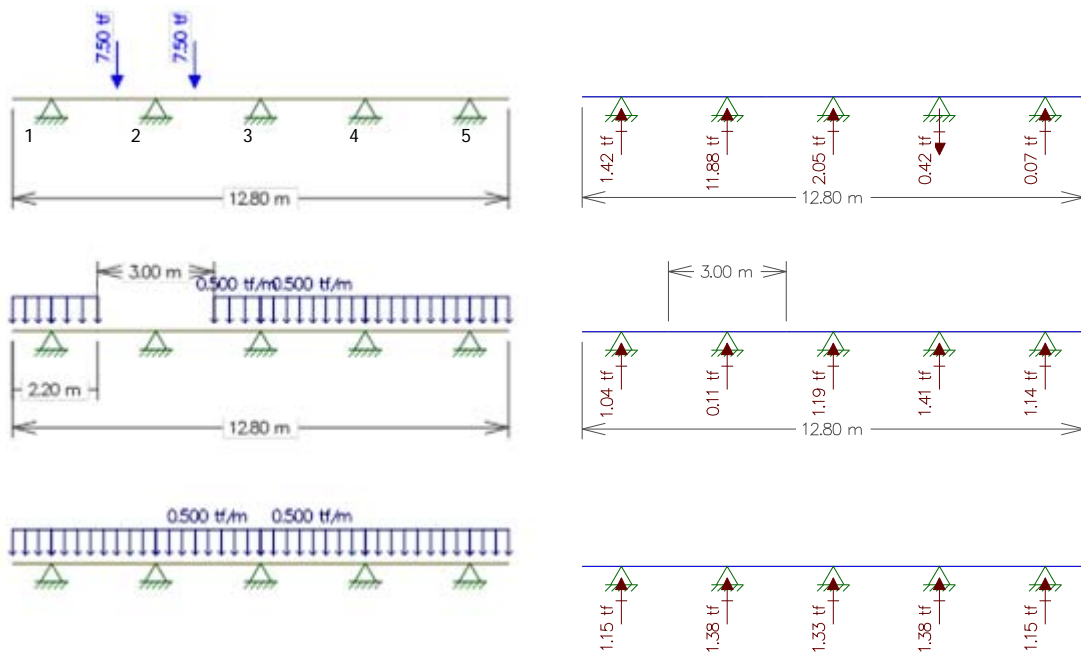


- Momento



## Distribuição de Trem tipo na seção Transversal

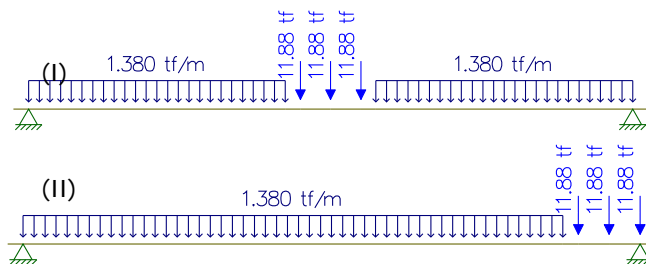
- Vigas 2 e 4



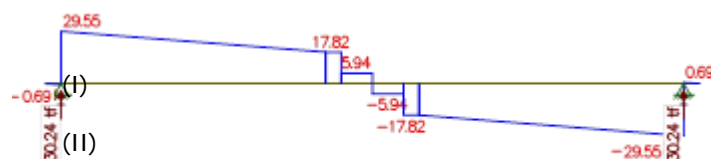
## Distribuição dos esforços Longitudinais

Para obter o momento máximo.  
Para obter a reação e a cortante máximas.

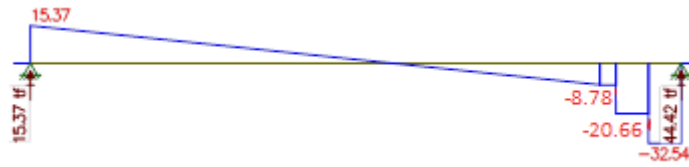
- Cargas



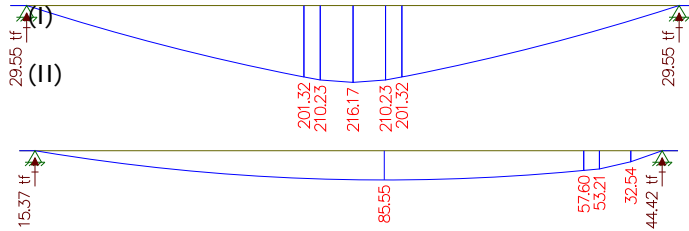
- Cortante





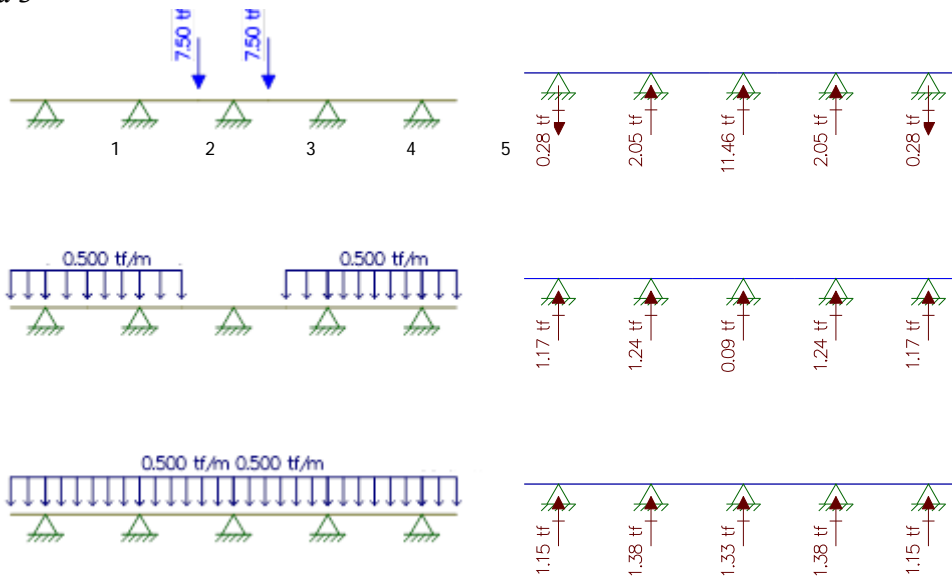


○ Momento



**Distribuição do Trem-Tipo na seção Transversal**

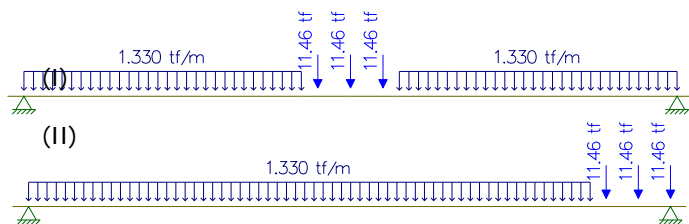
▪ Viga 3



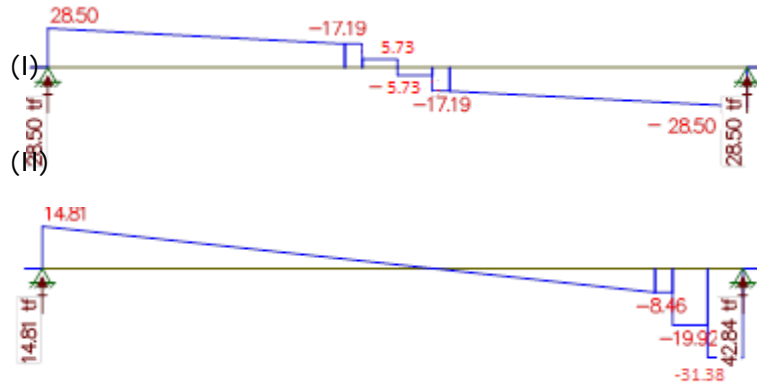
**Distribuição do Trem-Tipo na seção Longitudinal**

Para obter o momento máximo.  
Para obter a reação e a cortante máximas.

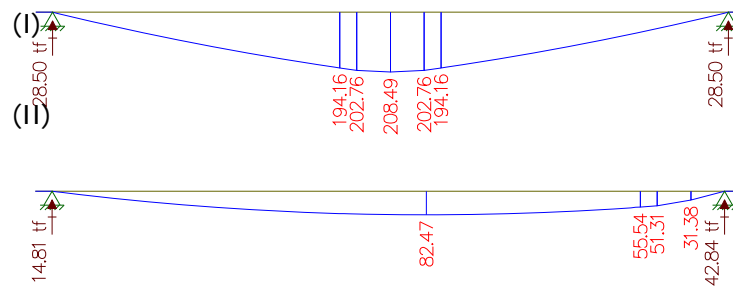
○ Cargas



o Cortante



o Momento



**Memória de Cálculo da Travessa – 21-21m**

Carga Permanente

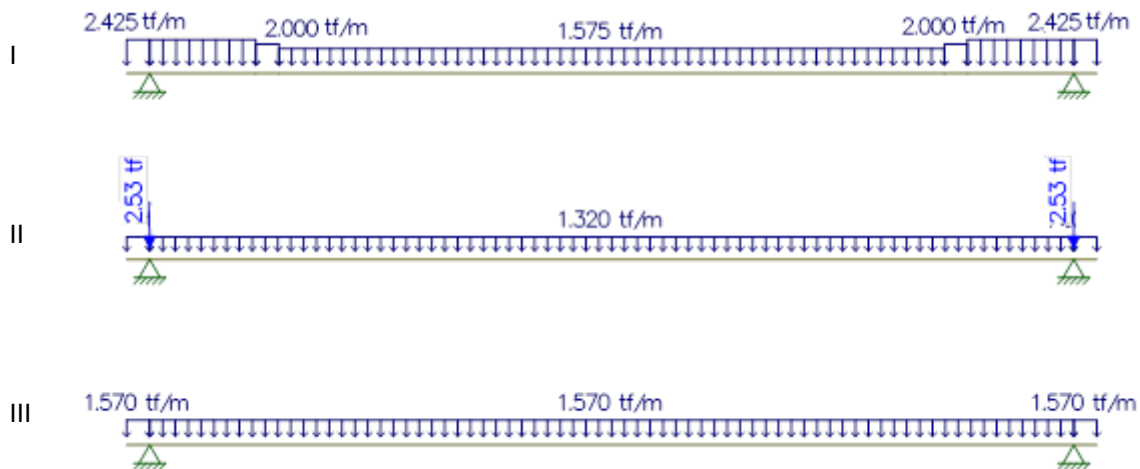
Estudo do Momento Fletor e da Cortante

Vão de 21 metros - Longitudinal - viga 1 e 5

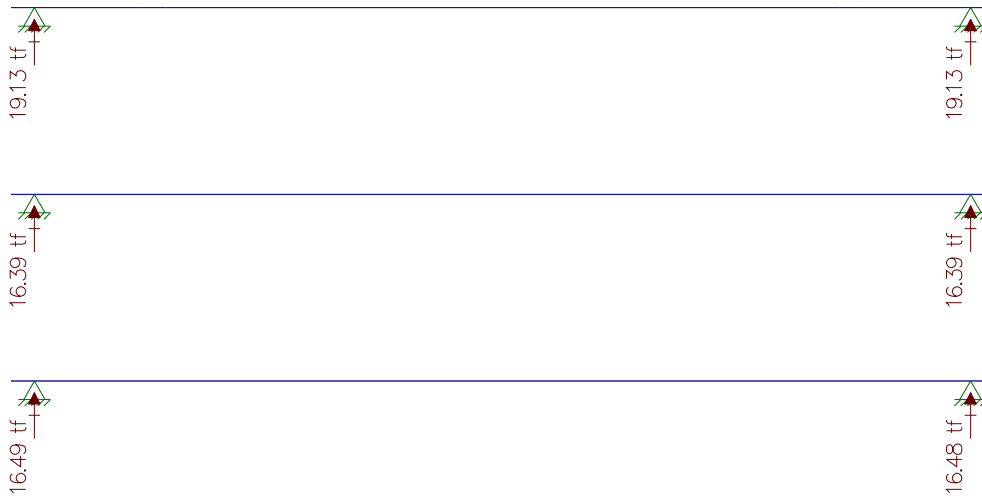
Peso da Viga

Peso da laje + Peso da transversina

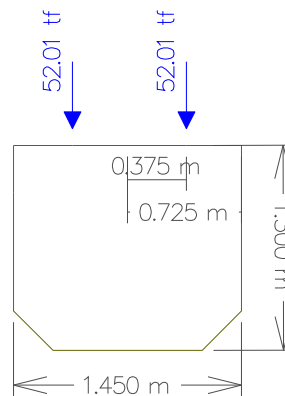
Peso do pavimento + Peso do guarda-rodas



Reações



**Reação resultante:  $19,13\text{tf} + 16,39\text{tf} + 16,49\text{tf} = 52,01\text{tf}$**



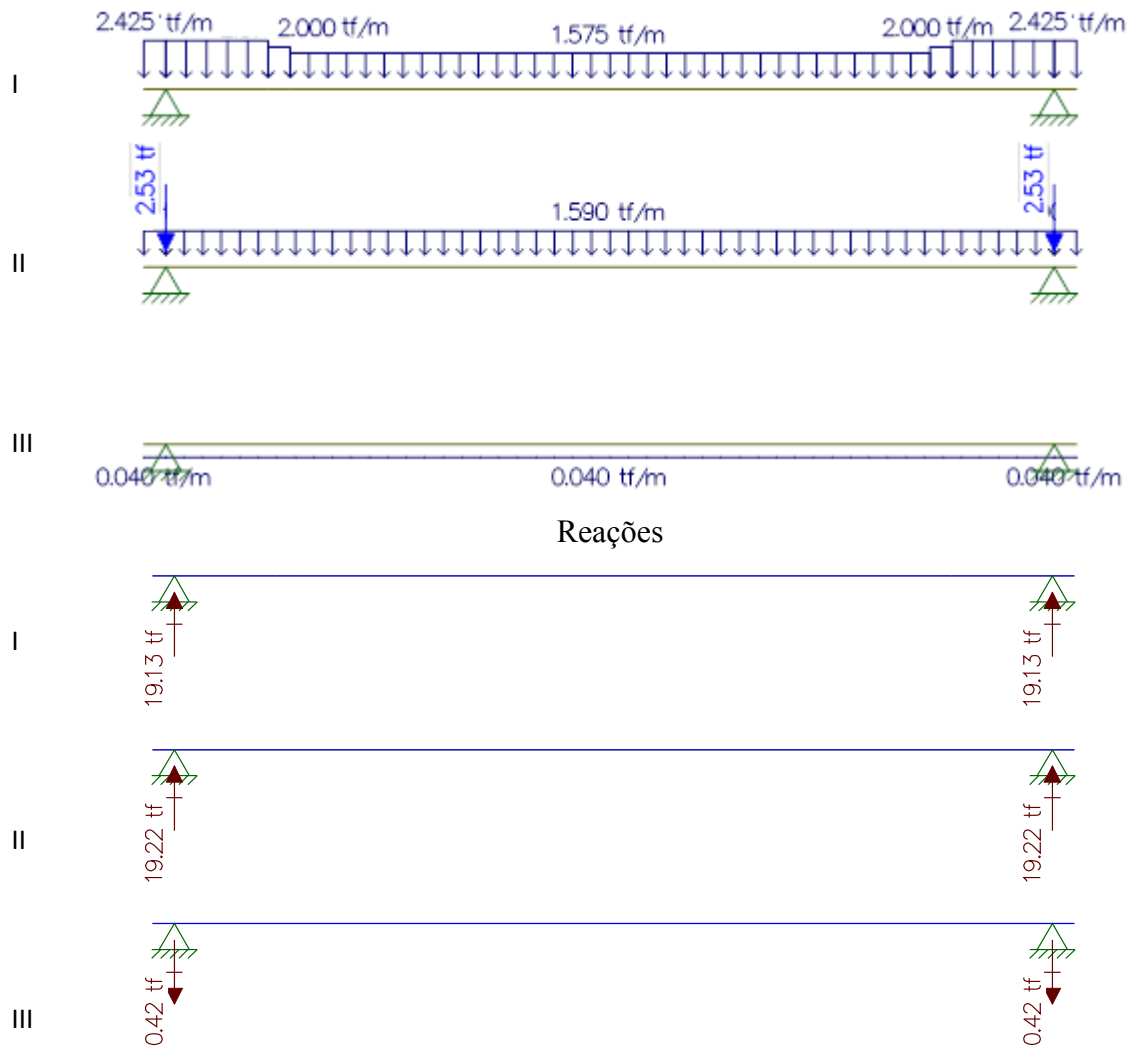
**Total de cargas pontuais:  $52,01\text{tf} + 52,01\text{tf} = 104,02\text{tf}$**

**Vão de 21 metros – Longitudinal – viga 2 e 4**

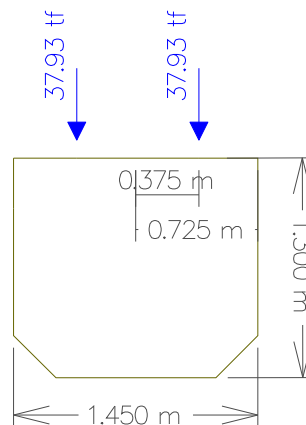
Peso da Viga

Peso da laje + Peso da transversina

Peso do pavimento + Peso do guarda-rodas



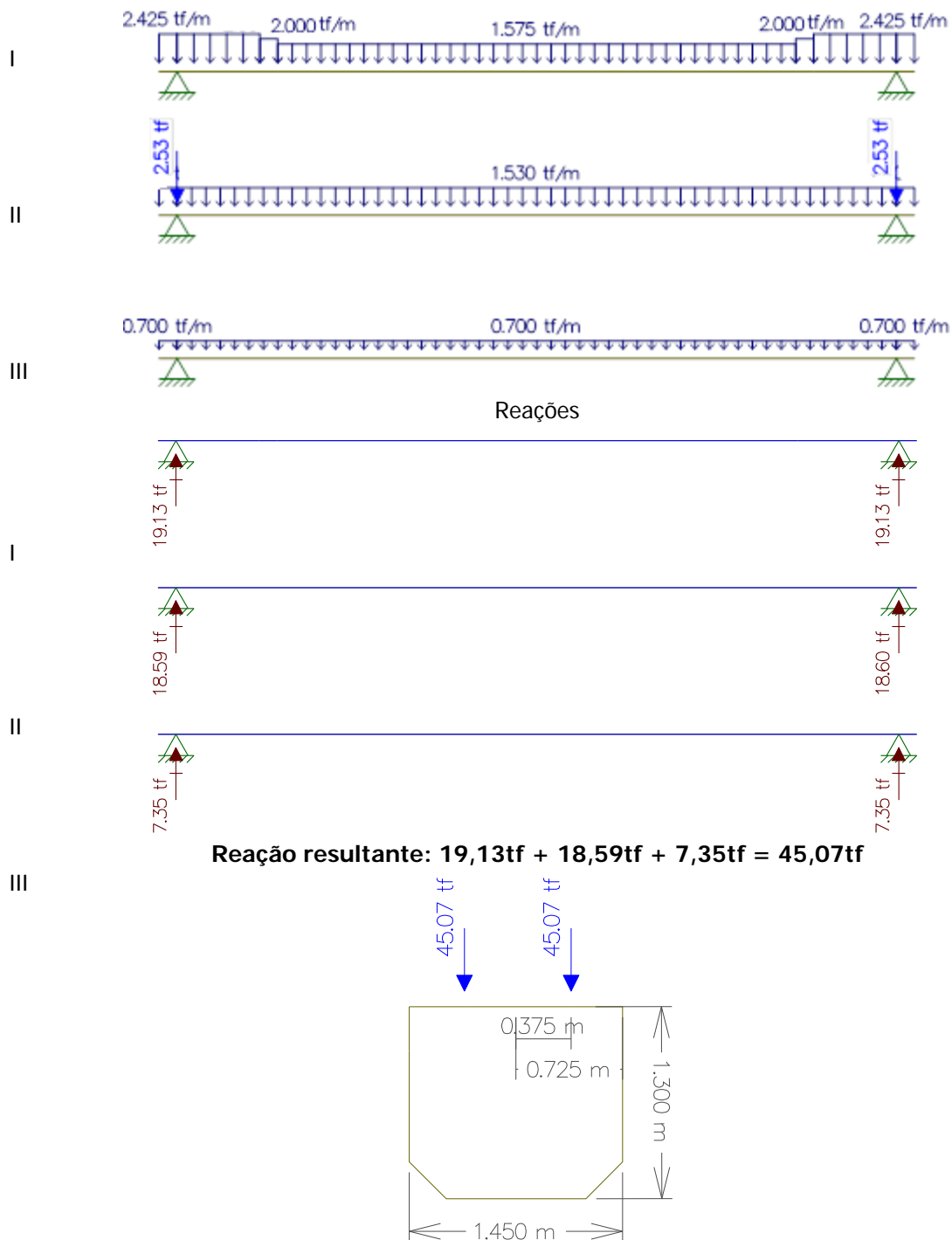
**Reação resultante:  $19,13\text{tf} + 19,22\text{tf} - 0,42\text{tf} = 37,93\text{tf}$**



**Total de cargas pontuais:  $37,93\text{tf} + 37,93\text{tf} = 75,86\text{tf}$**

**Vão de 21 metros – Longitudinal - viga 3**

Respectivamente: Peso da Viga, Peso da laje + Peso da transversina, Peso do pavimento + Peso do guarda-rodas.

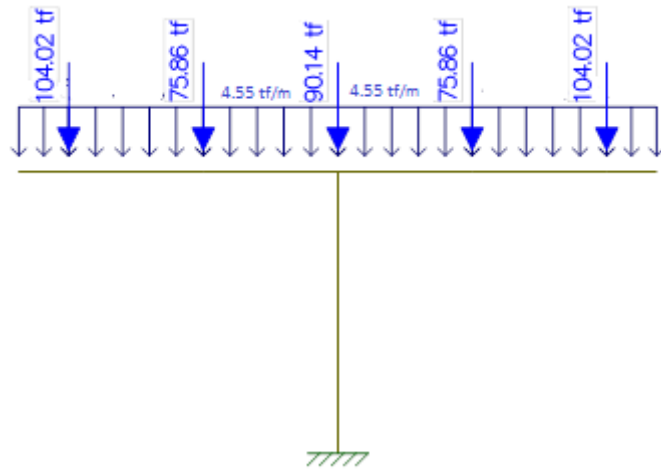


**Total de cargas pontuais:  $45,07\text{tf} + 45,07\text{tf} = 90,14\text{tf}$**

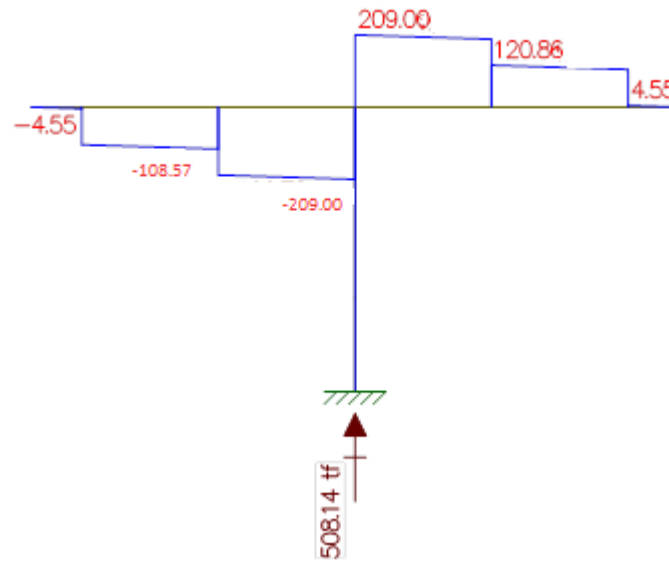
**Peso próprio da Travessa (21 – 21m)**

Área da seção =  $1,82\text{m}^2$   
 $1,82\text{m}^2 \times 2,5 \text{ tf/m}^3 = 4,55 \text{ tf/m}$

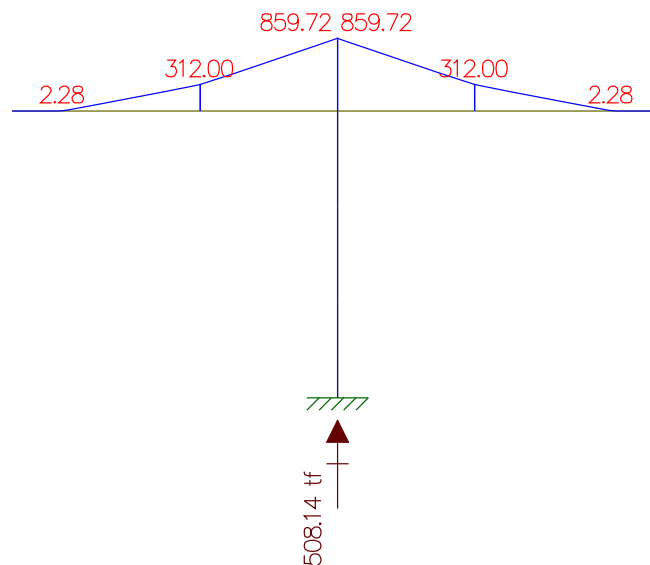
**Resultado do Estudo do Momento Fletor e da Cortante**  
Cargas



**Cortante**

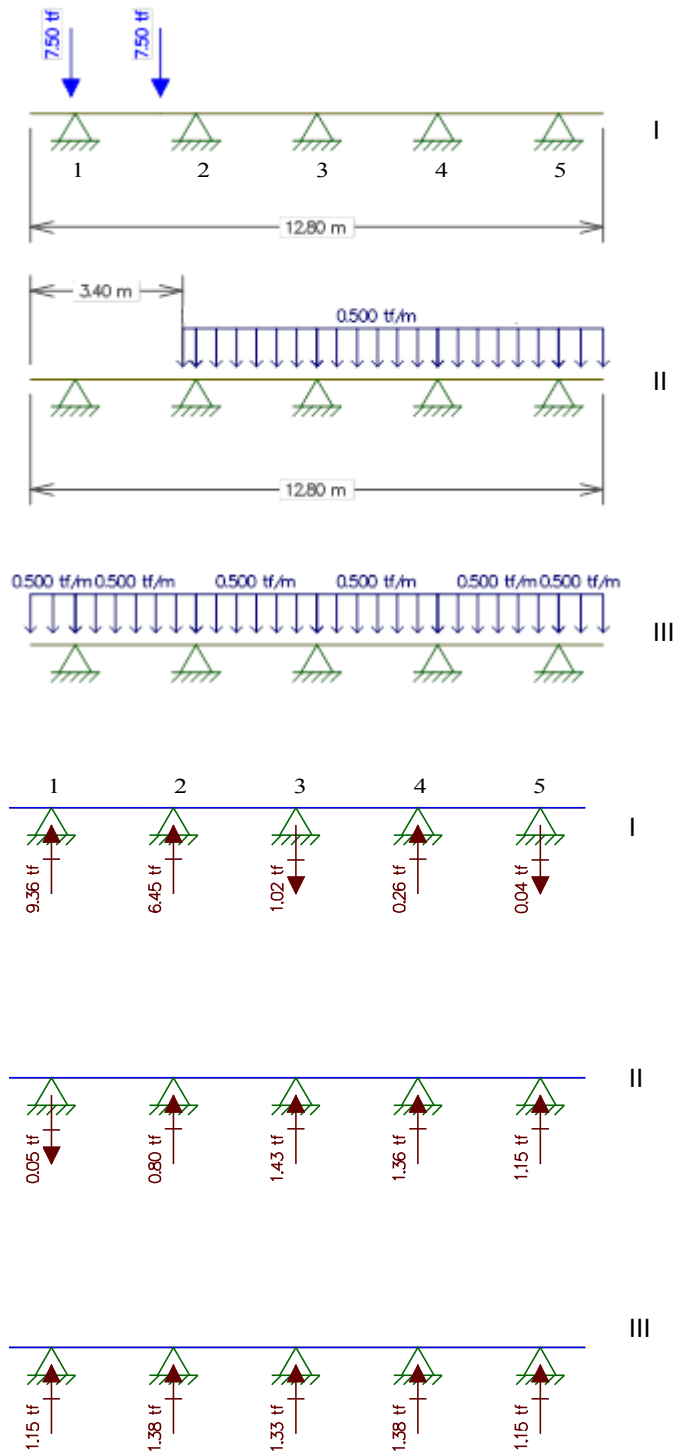


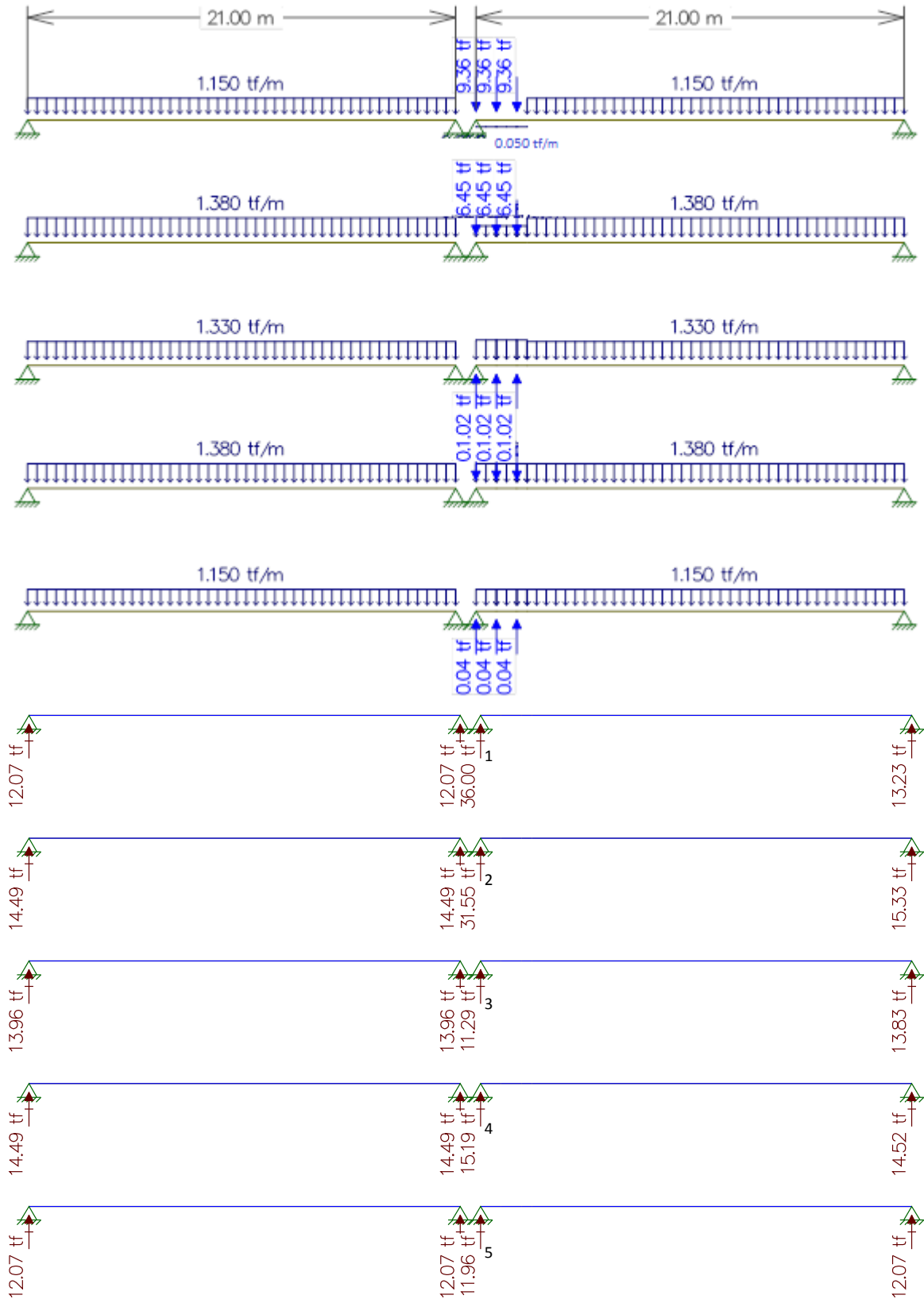
**Momento Fletor**



## Carga Móvel

Estudo da Carga Móvel para situação de Máxima Flexão  
Com carga de multidão no menor vão







### Resultado do Estudo da Carga Móvel para situação de Máxima Flexão

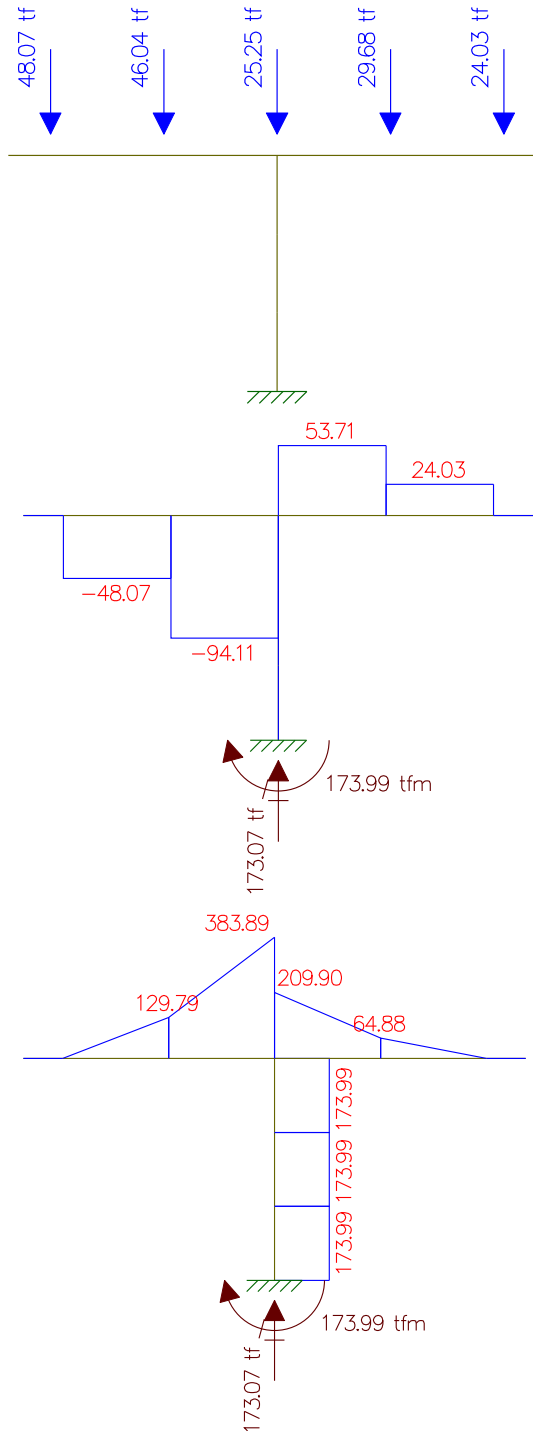
Reação devido a Viga 1:  $12,07\text{tf} + 36,00\text{tf} = 48,07\text{tf}$

Reação devido a Viga 2:  $14,49\text{tf} + 31,55\text{tf} = 46,04\text{tf}$

Reação devido a Viga 3:  $13,96\text{tf} + 11,29\text{tf} = 25,25\text{tf}$

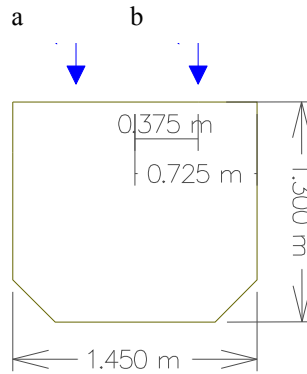
Reação devido a Viga 4:  $14,49\text{tf} + 15,19\text{tf} = 29,68\text{tf}$

Reação devido a Viga 5:  $12,07\text{tf} + 11,96\text{tf} = 24,03\text{tf}$



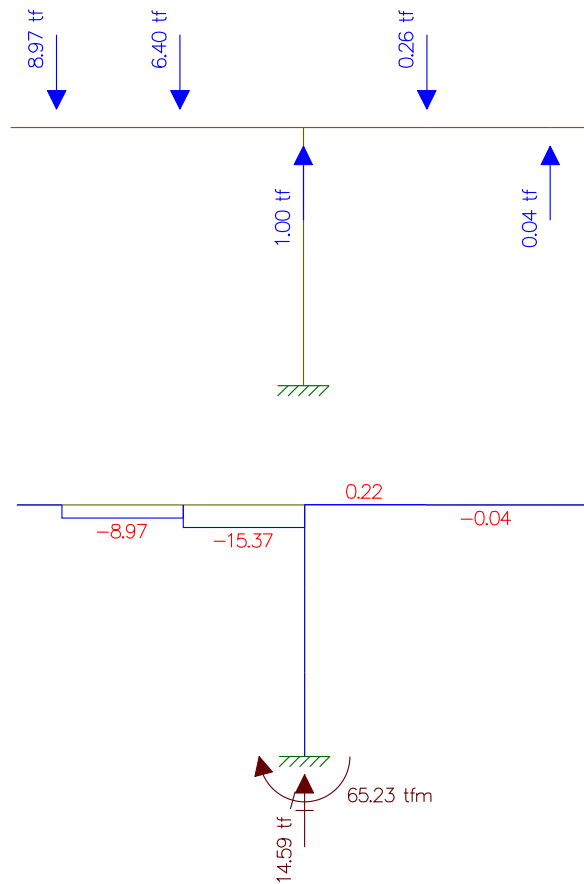
### Estudo do Momento Torsor

Torsor causado pela diferença de cargas dos vãos



$Carga\ a - Carga\ b = Carga\ c$   
 $Carga\ c \times distância = Momento\ torsor\ (tf.m)$

	Carga 1 (tf)	Carga 2 (tf)	C1 - C2 (tf)	Distância(m)	Momento Torsor (tf.m)
Viga 1	36,00	12,07	23,93	0,375	8,97
Viga 2	31,55	14,49	17,06	0,375	6,40
Viga 3	11,29	13,96	- 2,67	0,375	-1,00
Viga 4	15,19	14,49	0,70	0,375	0,26
Viga 5	11,96	12,07	- 0,11	0,375	-0,04



Sem carga de multidão no menor vão

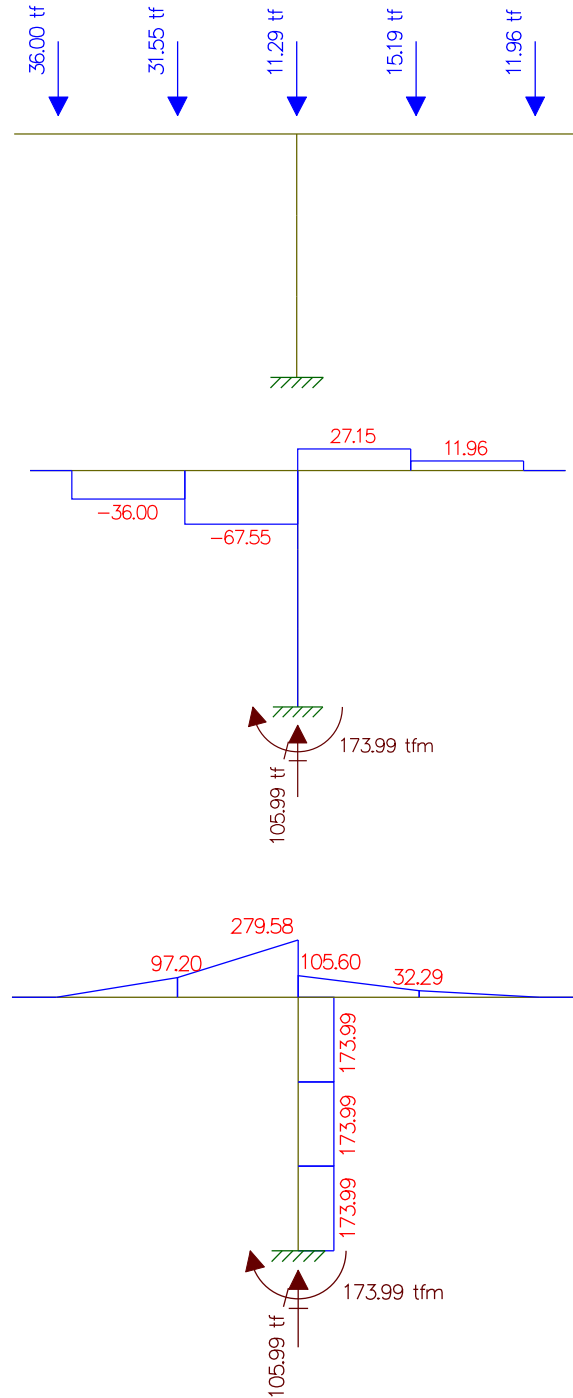
Reação devido a Viga 1 sem a carga de multidão em um dos vãos: 36,00tf

Reação devido a Viga 2 sem a carga de multidão em um dos vãos: 31,55tf

Reação devido a Viga 3 sem a carga de multidão em um dos vãos: 11,29tf

Reação devido a Viga 4 sem a carga de multidão em um dos vãos: 15,19tf

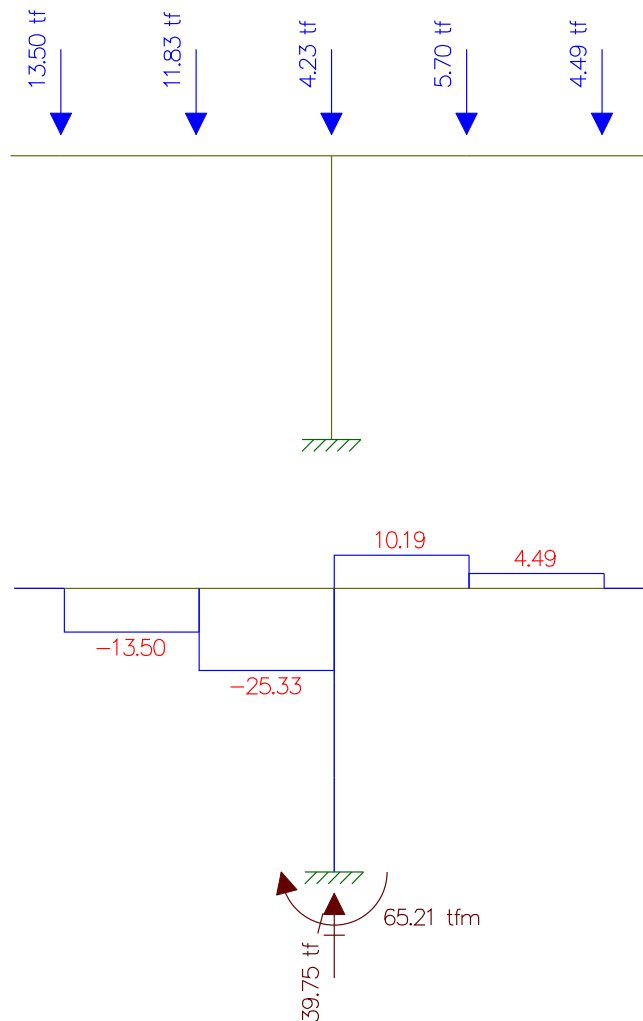
Reação devido a Viga 5 sem a carga de multidão em um dos vãos: 11,96tf



## Estudo do Momento Torsor

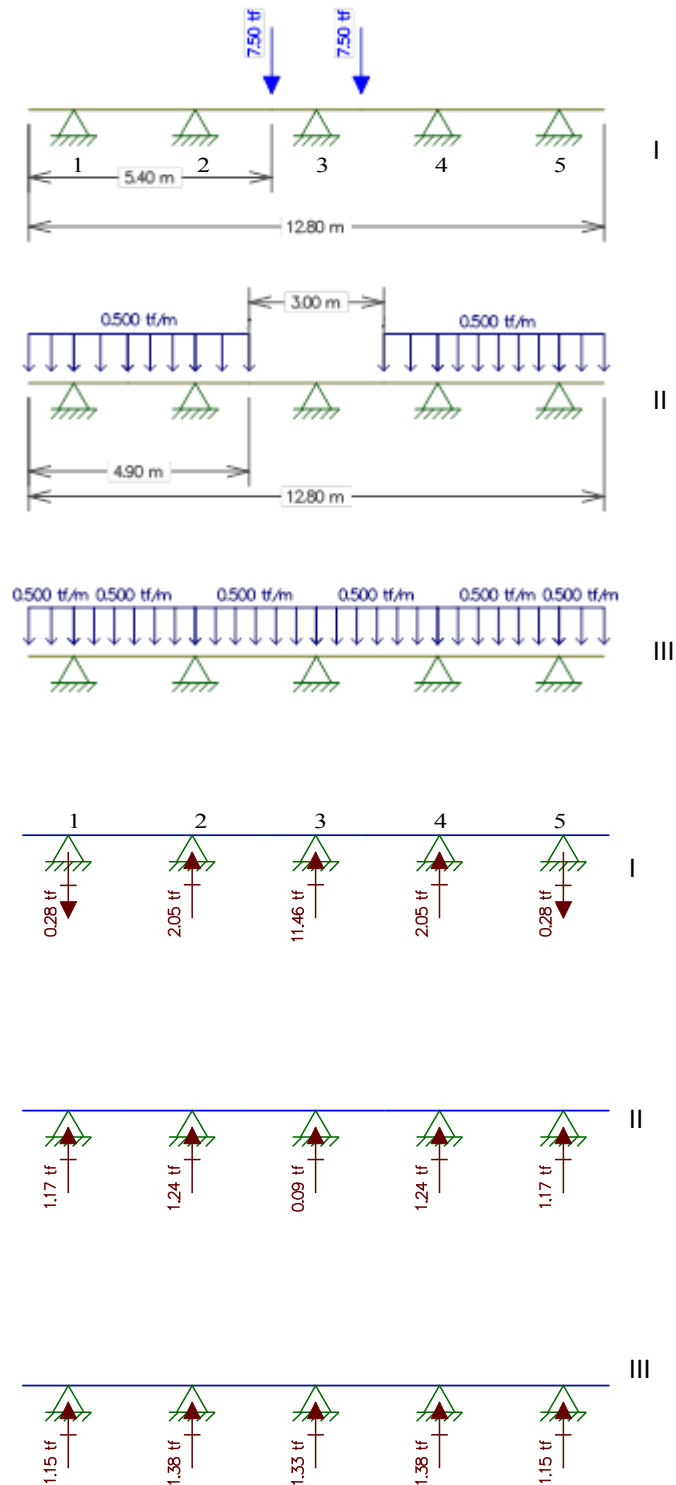
Torsor causado pela diferença de cargas dos vãos

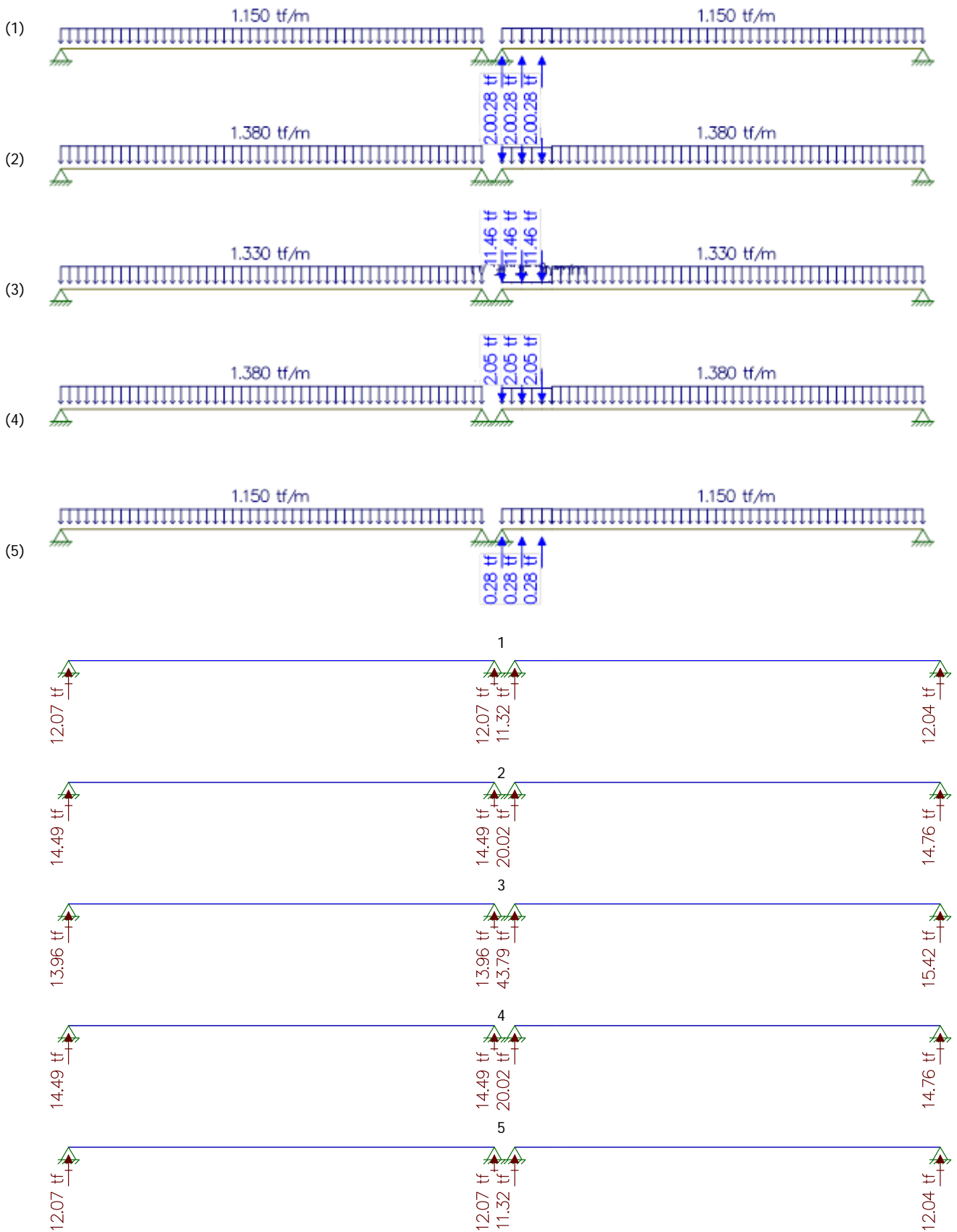
Viga 1: 36,0tf	$M_t = 36,0\text{tf} \times 0,375\text{m} = 13,5\text{tf.m}$
Viga 2: 31,55tf	$M_t = 31,55\text{tf} \times 0,375\text{m} = 11,83\text{tf.m}$
Viga 3: 11,29tf	$M_t = 11,29\text{tf} \times 0,375\text{m} = 4,23\text{tf.m}$
Viga 4: 15,19tf	$M_t = 15,19\text{tf} \times 0,375\text{m} = 5,70\text{tf.m}$
Viga 5: 11,96tf	$M_t = 11,96\text{tf} \times 0,375\text{m} = 4,49\text{tf.m}$



## Estudo da Carga Móvel para situação de Máxima Cortante

Com carga de multidão no menor vão





Resultado do Estudo da Carga Móvel para situação de Máxima Cortante

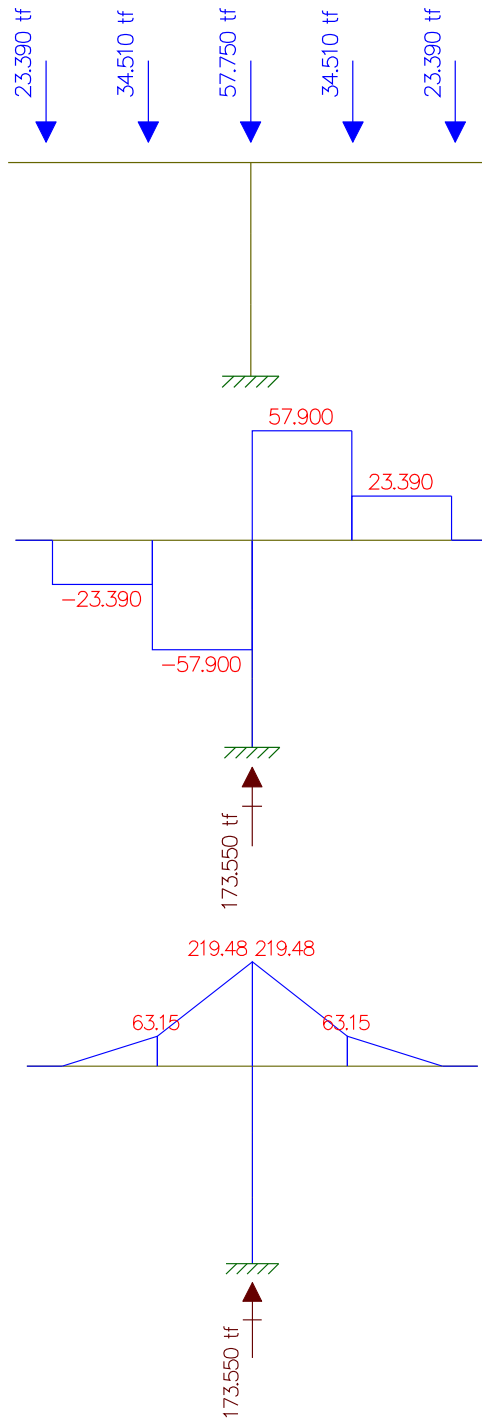
Reação devido a Viga 1:  $12,07tf + 11,32tf = 23,39tf$

Reação devido a Viga 2:  $14,49tf + 20,02tf = 34,51tf$

Reação devido a Viga 3:  $13,96tf + 43,79tf = 57,75tf$

Reação devido a Viga 4:  $14,49tf + 20,02tf = 34,51tf$

Reação devido a Viga 5:  $12,07tf + 11,32tf = 23,39tf$

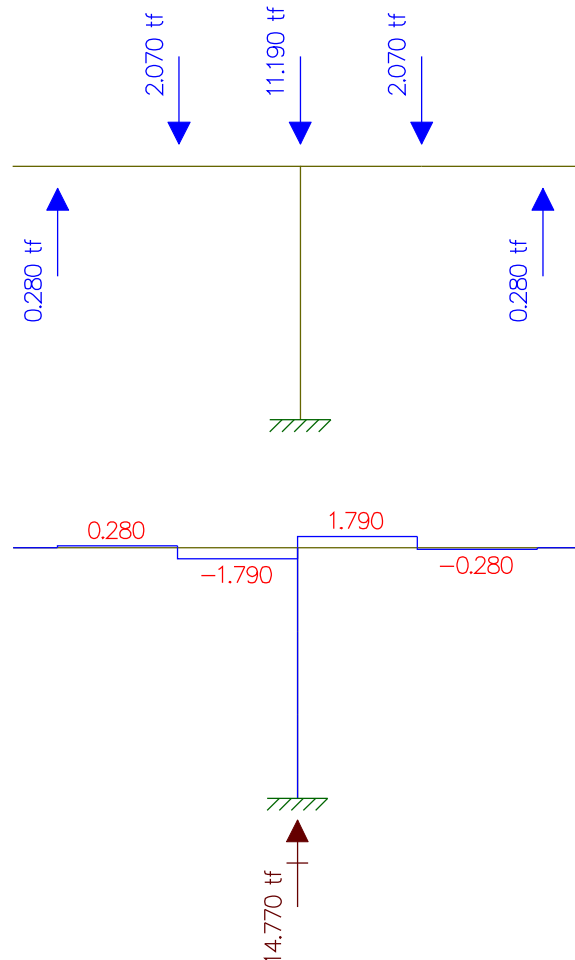


## Estudo do Momento Torsor

### Torsor causado pela diferença de cargas dos vãos

Carga a – Carga b = Carga c Carga c x distância = Momento torsor (tf.m)

	Carga 1 (tf)	Carga 2 (tf)	C1 - C2 (tf)	Distância(m)	Momento Torsor (tf.m)
Viga 1	11,32	12,07	-0,75	0,375	-0,28
Viga 2	20,02	14,49	5,53	0,375	2,07
Viga 3	43,79	13,96	29,83	0,375	11,19
Viga 4	20,02	14,49	5,53	0,375	2,07
Viga 5	11,32	12,07	-0,75	0,375	-0,28



### Sem carga de multidão no menor vão

Reação devido a Viga 1: 11,32tf

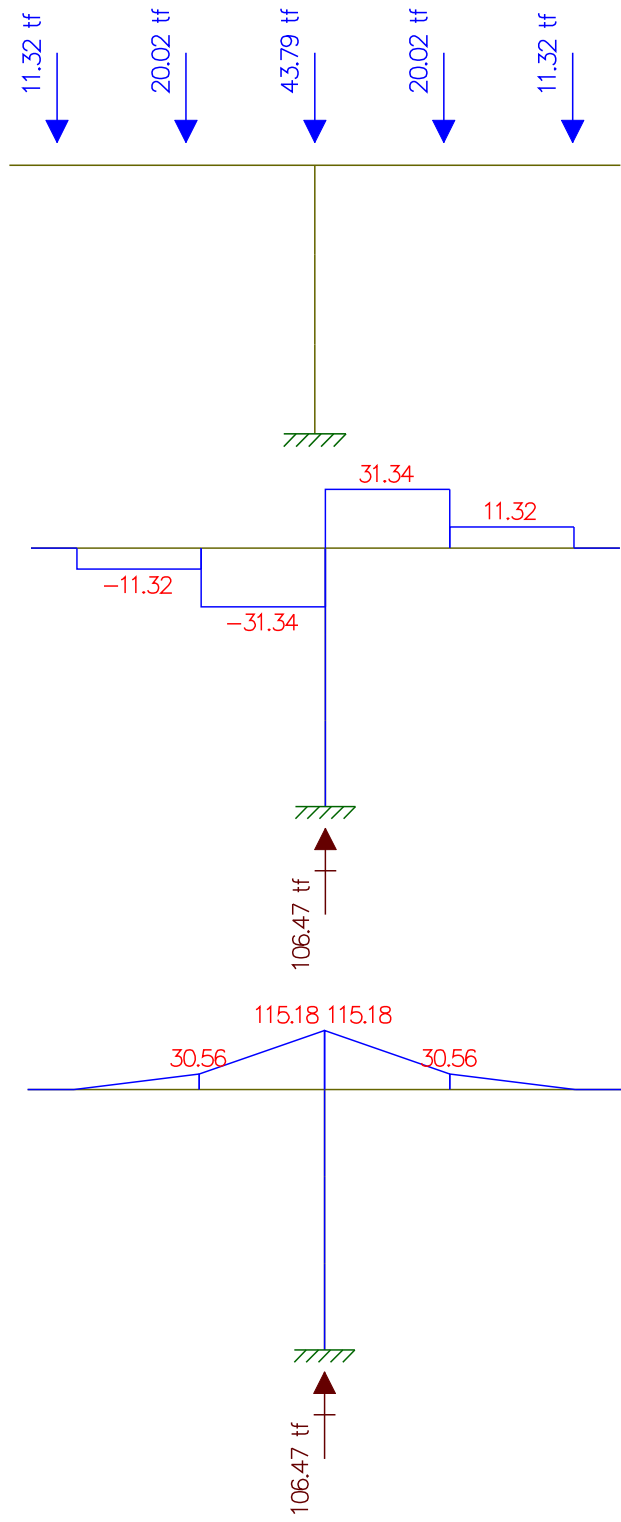
Reação devido a Viga 2: 20,02tf

Reação devido a Viga 3: 43,79tf

Reação devido a Viga 4: 20,02tf

Reação devido a Viga 5: 11,32tf





## Estudo do Momento Torsor

### Torsor causado pela diferença de cargas dos vãos

Viga 1: 11,32tf

$$M_t = 11,32\text{tf} \times 0,375\text{m} = 4,245\text{tf.m}$$

Viga 2: 20,02tf

$$M_t = 20,02\text{tf} \times 0,375\text{m} = 7,5075\text{tf.m}$$

Viga 3: 43,79tf

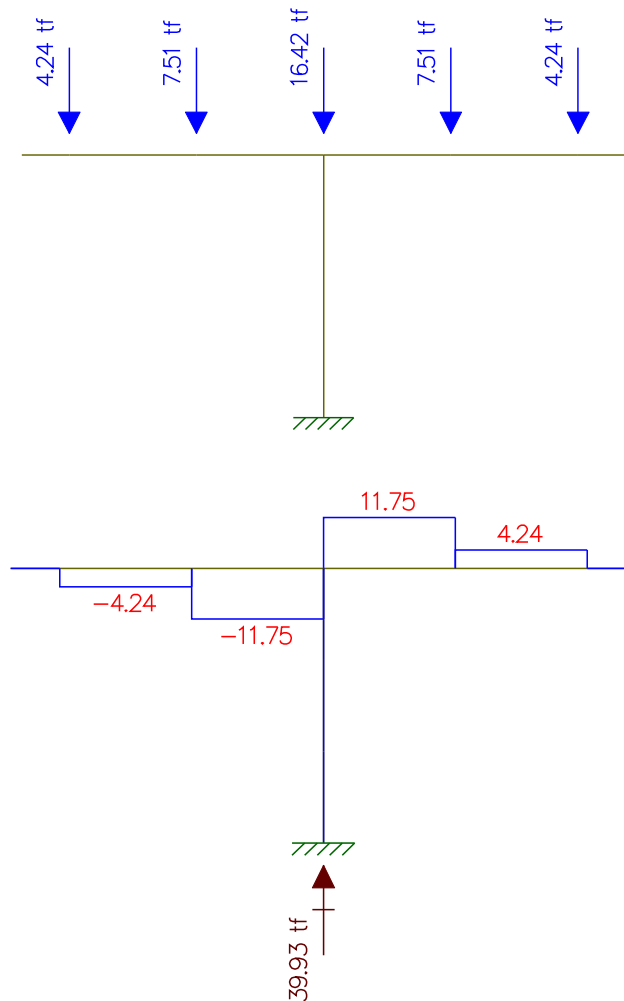
$$M_t = 43,79\text{tf} \times 0,375\text{m} = 16,42125\text{tf.m}$$

Viga 4: 20,02tf

$$M_t = 20,02\text{tf} \times 0,375\text{m} = 7,5075\text{tf.m}$$

Viga 5: 11,32tf

$$M_t = 11,32\text{tf} \times 0,375\text{m} = 4,245\text{tf.m}$$



**Processamento Superestrutura  
Viga de 21m**

\*\*\*\*\*  
DNIT - DER/RJ \* BR 230 Viaduto Estaca 593 \*\*\* Rev. 0 \*\*\*\*\*  
Fase 1 - Viga Isolada \*\* Viga A \* L = 21,00m \*\*\*\* Out/13 \*\*\*  
\*\*\*\*\*

Fase 1 - Viga Isolada

Dimensões Constantes

ALT. = 1.500      LLSU = 1.000      LLIN = .600  
ELSE = .000      BTES = .000      BTEI = .000  
BTII = .000      HTII = .000      HTES = .000  
HTEI = .000      ELSI = .150      ELII = .200  
ALSE = .000

Dimensões Variáveis

Seção	EALM	BTIS	BTIN	HTIS	HTIN
1	.600	.400	.000	.053	.000
2	.600	.400	.000	.053	.000
3	.250	.750	.350	.100	.200
4	.250	.750	.350	.100	.200
5	.250	.750	.350	.100	.200
6	.250	.750	.350	.100	.200

Tipo	Área	VS	VI	Inércia	WS	WI	ME
1	.971	.702	.798	.198	.281	.248	.191
2	.971	.702	.798	.198	.281	.248	.191
3	.630	.695	.805	.170	.245	.211	.149
4	.630	.695	.805	.170	.245	.211	.149
5	.630	.695	.805	.170	.245	.211	.149
6	.630	.695	.805	.170	.245	.211	.149

OBS.- As demais seções não serão tabuladas, devido à simetria da Estrutura

\*\*\*\*\*  
DNIT - DER/RJ \* BR 230 Viaduto Estaca 593 \*\*\* Rev. 0 \*\*\*\*\*  
Fase 1 - Viga Isolada \*\* Viga A \* L = 21.00m \*\*\*\* Out/13 \*\*\*  
\*\*\*\*\*

Características do Cabo utilizado  
Fase Única

-----  
Unidade de Protensão = 9 $\phi$ 12.7mm  
Módulo de Elasticidade = 19500. Kg/mm\*\*2  
Área da Seção Transversal = 1202. mm\*\*2  
Tensão Inicial de Protensão = 140. Kg/mm\*\*2  
Acomodação de Ancoragem = 6. mm  
Perdas Def.(Lenta+Imediata) = 22. Kg/mm\*\*2  
Coef. de Atrito na Reta = .0025 /M  
Coef. de Atrito na Curva = .0040 /G  
-----

Cabo C1

Número de Cabos = 1 Tipo = AA XI= .00 XF= 24.30

Seção	YS	Angulo	Tensões	*	Pk Superior			*	Pk Inferior			
					Fh	Fv	M		Fh	Fv	M	
1	1.21	-1.4	14000./12651.	*	130.	-3.	-66.	*	121.	-3.	-62.	*
2	1.27	-1.4	13915./12736.	*	131.	-3.	-74.	*	122.	-3.	-70.	*
3	1.33	-1.2	13818./12833.	*	132.	-3.	-84.	*	124.	-3.	-79.	*
4	1.37	-.8	13715./12937.	*	133.	-2.	-90.	*	125.	-2.	-84.	*
5	1.40	-.4	13606./13045.	*	134.	-1.	-95.	*	127.	-1.	-89.	*
6	1.40	.0	13504./13147.	*	135.	0.	-95.	*	128.	0.	-90.	*
7	1.40	.4	13606./13045.	*	134.	1.	-95.	*	127.	1.	-89.	*
8	1.37	.8	13715./12937.	*	133.	2.	-90.	*	125.	2.	-84.	*
9	1.33	1.2	13818./12833.	*	132.	3.	-84.	*	124.	3.	-79.	*
10	1.27	1.4	13915./12736.	*	131.	3.	-74.	*	122.	3.	-70.	*
11	1.21	1.4	14000./12651.	*	130.	3.	-66.	*	121.	3.	-62.	*

-----  
Alongamentos - (mm) \* Alongamentos Especificos \* Comprimentos (M)  
\* \* (mm/m) \* \*  
DA = 85.7 \* EA = 7.06 \* LA = 12.152  
DB = 85.7 \* EB = 7.06 \* LB = 12.152  
DA+DB = 171.5 \* EM = 7.06 \* L = 24.304  
-----

Cabo C2

Número de Cabos = 1      Tipo = AA      XI= .00      XF= 24.30

Seção *	YS	Ângulo	Tensões	* Pk Superior			* Pk Inferior		
				* Fh	Fv	M	* Fh	Fv	M
1	.91	-4.9	14000./12402. *	127.	-11.	-26. *	118.	-10.	-24. *
2	1.10	-4.0	13863./12539. *	128.	-9.	-51. *	120.	-8.	-48. *
3	1.25	-2.9	13720./12681. *	130.	-7.	-72. *	122.	-6.	-68. *
4	1.35	-1.8	13573./12828. *	132.	-4.	-86. *	124.	-4.	-81. *
5	1.40	-.6	13427./12974. *	133.	-1.	-94. *	126.	-1.	-89. *
6	1.40	.0	13315./13087. *	135.	0.	-95. *	127.	0.	-90. *
7	1.40	.6	13427./12974. *	133.	1.	-94. *	126.	1.	-89. *
8	1.35	1.8	13573./12828. *	132.	4.	-86. *	124.	4.	-81. *
9	1.25	2.9	13720./12681. *	130.	7.	-72. *	122.	6.	-68. *
10	1.10	4.0	13863./12539. *	128.	9.	-51. *	120.	8.	-48. *
11	.91	4.9	14000./12402. *	127.	11.	-26. *	118.	10.	-24. *

Alongamentos - (mm)	* Alongamentos	Específicos	* Comprimentos (M)
	*	(mm/m)	*
DA = 85.0	* EA = 6.99		* LA = 12.166
DB = 85.0	* EB = 6.99		* LB = 12.166
DA+DB = 170.1	* EM = 6.99		* L = 24.331

\*\*\*\*\*  
DNIT - DER/RJ \* BR 230 Viaduto Estaca 593 \*\*\* Rev. 0 \*\*\*\*\*  
Fase 1 - Viga Isolada \*\* Viga A \* L = 21.00m \*\*\*\* Out/13 \*\*\*  
\*\*\*\*\*

\*\* Peso-próprio da viga isolada \*\*

Vão 1 Núm. de Pt.s 11

Carga Distribuída

2.427	2.427	1.575	1.575	1.575	1.575
1.575	1.575	1.575	2.427	2.427	

Cargas Nodais

PT	P
1	.72
11	.72

Deslocam.s da Estrutura

Coord.	Deslocam.
1	-1.866
2	1.866

Momentos, Tensões e Cortantes

Vão	Seção	Momento	Sigma-S	Sigma-I	*	Cortante
1	1	.0	.0	.0	*	22.3
1	2	46.9	-166.6	189.4	*	16.4
1	3	79.8	-326.4	378.2	*	11.6
1	4	103.1	-421.4	488.4	*	7.7
1	5	117.0	-478.4	554.4	*	3.8
1	6	121.7	-497.4	576.5	*	.0
1	7	117.0	-478.4	554.4	*	-3.8
1	8	103.1	-421.4	488.4	*	-7.7
1	9	79.8	-326.4	378.2	*	-11.6
1	10	46.9	-166.6	189.4	*	-16.4
1	11	.0	.0	.0	*	-22.3

Reação Núm. 1 = 23.0  
Reação Núm. 2 = 23.0

\*\*\*\*\*  
DNIT - DER/RJ \* BR 230 Viaduto Estaca 593 \*\*\* Rev. 0 \*\*\*\*\*  
Fase 1 - Viga Isolada \*\* Viga A \* L = 21.00m \*\*\*\* Out/13 \*\*\*  
\*\*\*\*\*

\*\* Concretagem da laje superior \*\*

Vão 1 Núm. de Pt.s 11

Carga Distribuída

1.160	1.160	1.160	1.160	1.160	1.160
1.160	1.160	1.160	1.160	1.160	1.160

Cargas Concentradas

XR	P
12.15	.88

Cargas Nodais

PT	P
1	.98
11	.98

Deslocam.s da Estrutura

Coord.	Deslocam.
1	-1.354
2	1.354

Momentos, Tensões e Cortantes

Vão	Seção	Momento	Sigma-S	Sigma-I	*	Cortante
1	1	.0	.0	.0	*	14.5
1	2	31.9	-113.3	128.8	*	11.7
1	3	56.9	-232.7	269.7	*	8.9
1	4	75.1	-307.1	355.9	*	6.1
1	5	86.5	-353.5	409.6	*	3.3
1	6	91.0	-371.8	430.9	*	.0
1	7	86.5	-353.5	409.6	*	-3.3
1	8	75.1	-307.1	355.9	*	-6.1
1	9	56.9	-232.7	269.7	*	-8.9
1	10	31.9	-113.3	128.8	*	-11.7
1	11	.0	.0	.0	*	-14.5

Reações da Estrutura

Reação Núm.	1 =	15.5
Reação Núm.	2 =	15.5

\*\*\*\*\*  
DNIT - DER/RJ \* BR 230 Viaduto Estaca 593 \*\*\* Rev. 0 \*\*\*\*\*  
Fase 1 - Viga Isolada \*\* Viga A \* L = 21.00m \*\*\*\* Out/13 \*\*\*  
\*\*\*\*\*

DESLOCAM.S DA ESTRUTURA DEVIDOS A PROTENSÃO - Pk Superior

COORD.	DESLOCAM.
1	4.714
2	-4.714

MOMENTOS, TENSÕES E CORTANTES  
Isostático + Hiperestático de Protensão - Pk Superior

VÃO	SEÇÃO	MOMENTO	TENSÃO F.SUP.	TENSÃO F.INF.	TENSÃO C.G.	CORTANTE
1	1	-66.3	-153.6	-657.0	-389.2 *	-35.2
1	2	-144.5	118.4	-978.9	-395.1 *	-28.4
1	3	-210.1	241.0	-1613.3	-617.9 *	-20.1
1	4	-250.4	396.4	-1812.7	-626.9 *	-10.8
1	5	-268.6	463.6	-1906.9	-634.4 *	-3.2
1	6	-270.9	467.6	-1923.3	-639.9 *	.0
1	7	-268.6	463.6	-1906.9	-634.4 *	3.2
1	8	-250.4	396.4	-1812.7	-626.9 *	10.8
1	9	-210.1	241.0	-1613.3	-617.9 *	20.1
1	10	-144.5	118.4	-978.9	-395.1 *	28.4
1	11	-66.3	-153.6	-657.0	-389.2 *	35.2



\*\*\*\*\*  
DNIT - DER/RJ \* BR 230 Viaduto Estaca 593 \*\*\* Rev. 0 \*\*\*\*\*  
Fase 1 - Viga Isolada \*\* Viga A \* L = 21.00m \*\*\*\* Out/13 \*\*\*  
\*\*\*\*\*

QUADRO GERAL DE TENSÕES - Pk Superior - T=0

SEÇÃO		G1 I	PROT. II	I+II III	G2 IV	III+IV V
1	SS	.0	-142.1	-142.1	.0	-142.1
	SI	.0	-774.7	-774.7	.0	-774.7
2	SS	-166.6	151.1	-15.5	-113.3	-128.8
	SI	189.4	-1120.7	-931.3	128.8	-802.5
3	SS	-326.4	281.2	-45.1	-232.7	-277.8
	SI	378.2	-1822.9	-1444.6	269.7	-1174.9
4	SS	-421.4	450.3	28.9	-307.1	-278.2
	SI	488.4	-2038.2	-1549.9	355.9	-1194.0
5	SS	-478.4	525.3	46.8	-353.5	-306.6
	SI	554.4	-2141.5	-1587.0	409.6	-1177.4
6	SS	-497.4	529.3	31.8	-371.8	-340.0
	SI	576.5	-2157.8	-1581.4	430.9	-1150.5
7	SS	-478.4	525.3	46.8	-353.5	-306.6
	SI	554.4	-2141.5	-1587.0	409.6	-1177.4
8	SS	-421.4	450.3	28.9	-307.1	-278.2
	SI	488.4	-2038.2	-1549.9	355.9	-1194.0
9	SS	-326.4	281.2	-45.1	-232.7	-277.8
	SI	378.2	-1822.9	-1444.6	269.7	-1174.9
10	SS	-166.6	151.1	-15.5	-113.3	-128.8
	SI	189.4	-1120.7	-931.3	128.8	-802.5
11	SS	.0	-142.1	-142.1	.0	-142.1
	SI	.0	-774.7	-774.7	.0	-774.7

\*\*\*\*\*  
DNIT - DER/RJ \* BR 230 Viaduto Estaca 593 \*\*\* Rev. 0 \*\*\*\*\*  
Fase 1 - Viga Isolada \*\* Viga A \* L = 21.00m \*\*\*\* Out/13 \*\*\*  
\*\*\*\*\*

QUADRO GERAL DE TENSÕES - Pk Superior - T=Inf.

SEÇÃO		G1 I	PROT. II	I+II III	G2 IV	III+IV V
1	SS	.0	-153.6	-153.6	.0	-153.6
	SI	.0	-657.0	-657.0	.0	-657.0
2	SS	-166.6	118.4	-48.1	-113.3	-161.5
	SI	189.4	-978.9	-789.5	128.8	-660.7
3	SS	-326.4	241.0	-85.3	-232.7	-318.1
	SI	378.2	-1613.3	-1235.0	269.7	-965.4
4	SS	-421.4	396.4	-25.0	-307.1	-332.1
	SI	488.4	-1812.7	-1324.4	355.9	-968.5
5	SS	-478.4	463.6	-14.8	-353.5	-368.3
	SI	554.4	-1906.9	-1352.5	409.6	-942.9
6	SS	-497.4	467.6	-29.8	-371.8	-401.6
	SI	576.5	-1923.3	-1346.8	430.9	-915.9
7	SS	-478.4	463.6	-14.8	-353.5	-368.3
	SI	554.4	-1906.9	-1352.5	409.6	-942.9
8	SS	-421.4	396.4	-25.0	-307.1	-332.1
	SI	488.4	-1812.7	-1324.4	355.9	-968.5
9	SS	-326.4	241.0	-85.3	-232.7	-318.1
	SI	378.2	-1613.3	-1235.0	269.7	-965.4
10	SS	-166.6	118.4	-48.1	-113.3	-161.5
	SI	189.4	-978.9	-789.5	128.8	-660.7
11	SS	.0	-153.6	-153.6	.0	-153.6
	SI	.0	-657.0	-657.0	.0	-657.0

\*\*\*\*\*  
DNIT - DER/RJ \* BR 230 Viaduto Estaca 593 \*\*\* Rev. 0 \*\*\*\*\*  
Fase 1 - Viga Isolada \*\* Viga A \* L = 21.00m \*\*\*\* Out/13 \*\*\*  
\*\*\*\*\*

DESLOCAM.S DA ESTRUTURA DEVIDOS A PROTENSÃO - Pk Inferior

COORD.	DESLOCAM.
1	4.425
2	-4.425

MOMENTOS, TENSÕES E CORTANTES  
Isostático + Hiperestático de Protensão - Pk Inferior

VÃO	SEÇÃO	MOMENTO	TENSÃO F.SUP.	TENSÃO F.INF.	TENSÃO C.G.	CORTANTE
1	1	-62.2	-139.6	-612.3	-360.8 *	-32.5
1	2	-134.9	111.5	-912.5	-367.7 *	-26.4
1	3	-196.5	225.8	-1508.2	-577.4 *	-18.8
1	4	-234.9	372.1	-1701.0	-588.2 *	-10.1
1	5	-253.0	436.6	-1795.6	-597.3 *	-3.0
1	6	-255.8	441.5	-1815.5	-604.0 *	.0
1	7	-253.0	436.6	-1795.6	-597.3 *	3.0
1	8	-234.9	372.1	-1701.0	-588.2 *	10.1
1	9	-196.5	225.8	-1508.2	-577.4 *	18.8
1	10	-134.9	111.5	-912.5	-367.7 *	26.4
1	11	-62.2	-139.6	-612.3	-360.8 *	32.5

\*\*\*\*\*  
DNIT - DER/RJ \* BR 230 Viaduto Estaca 593 \*\*\* Rev. 0 \*\*\*\*\*  
Fase 1 - Viga Isolada \*\* Viga A \* L = 21.00m \*\*\*\* Out/13 \*\*\*  
\*\*\*\*\*

QUADRO GERAL DE TENSÕES - Pk Inferior - T=0

SEÇÃO		G1 I	PROT. II	I+II III	G2 IV	III+IV V
1	SS	.0	-125.5	-125.5	.0	-125.5
	SI	.0	-756.2	-756.2	.0	-756.2
2	SS	-166.6	151.4	-15.2	-113.3	-128.5
	SI	189.4	-1085.8	-896.4	128.8	-767.6
3	SS	-326.4	274.9	-51.4	-232.7	-284.2
	SI	378.2	-1764.4	-1386.2	269.7	-1116.5
4	SS	-421.4	437.9	16.5	-307.1	-290.6
	SI	488.4	-1976.6	-1488.2	355.9	-1132.4
5	SS	-478.4	512.0	33.5	-353.5	-319.9
	SI	554.4	-2082.2	-1527.8	409.6	-1118.2
6	SS	-497.4	516.9	19.4	-371.8	-352.4
	SI	576.5	-2102.2	-1525.7	430.9	-1094.9
7	SS	-478.4	512.0	33.5	-353.5	-319.9
	SI	554.4	-2082.2	-1527.8	409.6	-1118.2
8	SS	-421.4	437.9	16.5	-307.1	-290.6
	SI	488.4	-1976.6	-1488.2	355.9	-1132.4
9	SS	-326.4	274.9	-51.4	-232.7	-284.2
	SI	378.2	-1764.4	-1386.2	269.7	-1116.5
10	SS	-166.6	151.4	-15.2	-113.3	-128.5
	SI	189.4	-1085.8	-896.4	128.8	-767.6
11	SS	.0	-125.5	-125.5	.0	-125.5
	SI	.0	-756.2	-756.2	.0	-756.2

\*\*\*\*\*  
DNIT - DER/RJ \* BR 230 Viaduto Estaca 593 \*\*\* Rev. 0 \*\*\*\*\*  
Fase 1 - Viga Isolada \*\* Viga A \* L = 21.00m \*\*\*\* Out/13 \*\*\*  
\*\*\*\*\*

QUADRO GERAL DE TENSÕES - Pk Inferior - T=Inf.

SEÇÃO		G1 I	PROT. II	I+II III	G2 IV	III+IV V
1	SS	.0	-139.6	-139.6	.0	-139.6
	SI	.0	-612.3	-612.3	.0	-612.3
2	SS	-166.6	111.5	-55.1	-113.3	-168.4
	SI	189.4	-912.5	-723.2	128.8	-594.3
3	SS	-326.4	225.8	-100.6	-232.7	-333.3
	SI	378.2	-1508.2	-1130.0	269.7	-860.3
4	SS	-421.4	372.1	-49.3	-307.1	-356.4
	SI	488.4	-1701.0	-1212.7	355.9	-856.8
5	SS	-478.4	436.6	-41.8	-353.5	-395.2
	SI	554.4	-1795.6	-1241.1	409.6	-831.5
6	SS	-497.4	441.5	-55.9	-371.8	-427.8
	SI	576.5	-1815.5	-1239.1	430.9	-808.2
7	SS	-478.4	436.6	-41.8	-353.5	-395.2
	SI	554.4	-1795.6	-1241.1	409.6	-831.5
8	SS	-421.4	372.1	-49.3	-307.1	-356.4
	SI	488.4	-1701.0	-1212.7	355.9	-856.8
9	SS	-326.4	225.8	-100.6	-232.7	-333.3
	SI	378.2	-1508.2	-1130.0	269.7	-860.3
10	SS	-166.6	111.5	-55.1	-113.3	-168.4
	SI	189.4	-912.5	-723.2	128.8	-594.3
11	SS	.0	-139.6	-139.6	.0	-139.6
	SI	.0	-612.3	-612.3	.0	-612.3

\*\*\*\*\*  
DNIT - DER/RJ \* BR 230 Viaduto Estaca 593 \*\*\* Rev. 0 \*\*\*\*\*  
Fase 1 - Viga Isolada \*\* Viga A \* L = 21.00m \*\*\*\* Out/13 \*\*\*  
\*\*\*\*\*

Fase 2 - Viga Conjunta (Viga Isolada + Laje Superior)

Dimensões Constantes

ALT. = 1.700      LLSU = 2.320      LLIN = .600  
ELSE = .000      BTES = .000      BTEI = .000  
BTIS = .000      HTIS = .150      HTES = .000  
HTEI = .000      ELSI = .200      ELII = .200  
ALSE = .000

Dimensões Variáveis

Seção	EALM	BTII	BTIN	HTII	HTIN
1	.600	.400	.000	.053	.000
2	.600	.400	.000	.053	.000
3	.250	.750	.350	.100	.200
4	.250	.750	.350	.100	.200
5	.250	.750	.350	.100	.200
6	.250	.750	.350	.100	.200

Seção	Área	VS	VI	Inércia	WS	WI	ME
1	1.435	.643	1.057	.401	.624	.379	.335
2	1.435	.643	1.057	.401	.624	.379	.335
3	1.094	.558	1.142	.340	.610	.298	.267
4	1.094	.558	1.142	.340	.610	.298	.267
5	1.094	.558	1.142	.340	.610	.298	.267
6	1.094	.558	1.142	.340	.610	.298	.267

OBS.- As demais seções não serao tabuladas, devido a simetria da Estrutura

\*\*\*\*\*  
DNIT - DER/RJ \* BR 230 Viaduto Estaca 593 \*\*\* Rev. 0 \*\*\*\*\*  
Fase 1 - Viga Isolada \*\* Viga A \* L = 21.00m \*\*\*\* Out/13 \*\*\*  
\*\*\*\*\*

\*\* Carregamento G2 = Barreiras + Guarda-corpo

Vão 1 Núm. de Pt.s 11

Carga Distribuída

.788	.788	.788	.788	.788	.788
.788	.788	.788	.788	.788	.788

Cargas Nodais

PT	P
1	.28
11	.28

Deslocam.s da Estrutura

Coord.	Deslocam.
1	-.438
2	.438

Momentos, Tensões e Cortantes

Vão	Seção	Momento	Sigma-S	Sigma-I	*	Cortante
1	1	.0	.0	.0	*	9.6
1	2	20.9	-33.6	55.2	*	7.7
1	3	37.2	-61.0	124.9	*	5.7
1	4	48.9	-80.1	164.0	*	3.8
1	5	55.8	-91.5	187.4	*	1.9
1	6	58.2	-95.3	195.2	*	.0
1	7	55.8	-91.5	187.4	*	-1.9
1	8	48.9	-80.1	164.0	*	-3.8
1	9	37.2	-61.0	124.9	*	-5.7
1	10	20.9	-33.6	55.2	*	-7.7
1	11	.0	.0	.0	*	-9.6

Reações da Estrutura

Reação Núm.	1 =	9.9
Reação Núm.	2 =	9.9

\*\*\*\*\*  
DNIT - DER/RJ \* BR 230 Viaduto Estaca 593 \*\*\* Rev. 0 \*\*\*\*\*  
Fase 1 - Viga Isolada \*\* Viga A \* L = 21.00m \*\*\*\* Out/13 \*\*\*  
\*\*\*\*\*

Trem-tipo considerado - TB-45

Membro	Carga P	Carga Q
1	7.91	1.579

Deslocam.s - Carga Móvel - TT TB-45

=====

Deslocam.	DMax	DMin
1	.000	-1.700
2	1.700	.000

Reações - Carga Móvel - TT TB-45

=====

Reação	RMax	RMin
1	41.5	.0
2	41.5	.0



\*\*\*\*\*  
DNIT - DER/RJ \* BR 230 Viaduto Estaca 593 \*\*\* Rev. 0 \*\*\*\*\*  
Fase 1 - Viga Isolada \*\* Viga A \* L = 21.00m \*\*\*\* Out/13 \*\*\*  
\*\*\*\*\*

Esforço Cortante - Carga Móvel - TT TB-45  
=====

Seção	Cort Max	Cort Min
1	41.5	.0
2	35.4	-1.3
3	29.8	-4.0
4	24.6	-7.4
5	19.7	-11.1
6	15.2	-15.2
7	11.1	-19.7
8	7.4	-24.6
9	4.0	-29.8
10	1.3	-35.4
11	.0	-41.5

Momento Fletor - Carga Móvel - TT TB-45  
=====

SEÇÃO	MP+	MP-	TENSÃO F. SUP (MP+)	TENSÃO F. INF (MP+)	TENSÃO F. SUP (MP-)	TENSÃO F. INF (MP-)
1	.0	.0	.0	.0	.0	.0
2	90.3	.0	-144.7	238.2	.0	.0
3	159.8	.0	-261.8	536.2	.0	.0
4	208.4	.0	-341.4	699.3	.0	.0
5	238.5	.0	-390.8	800.4	.0	.0
6	248.9	.0	-407.9	835.4	.0	.0
7	238.5	.0	-390.8	800.4	.0	.0
8	208.4	.0	-341.4	699.3	.0	.0
9	159.8	.0	-261.8	536.2	.0	.0
10	90.3	.0	-144.7	238.2	.0	.0
11	.0	.0	.0	.0	.0	.0

\*\*\*\*\*  
DNIT - DER/RJ \* BR 230 Viaduto Estaca 593 \*\*\* Rev. 0 \*\*\*\*\*  
Fase 1 - Viga Isolada \*\* Viga A \* L = 21.00m \*\*\*\* Out/13 \*\*\*  
\*\*\*\*\*

Envoltória de Deslocamentos - D=DG+DP

TT TB-45

Deslocam.	Dg	Dp+	Dp-	D Max	D Min
1	.912	.000	-1.700	.912	-.788
2	-.912	1.700	.000	.788	-.912

OBS - Deslocamentos em mm  
Rotações em Rad/1000

Envoltória de Momento Fletor- NBR-6118

TT TB-45

Seção	1.0*MP+1.5*MQ		1.35*MP+1.5*MQ	
	M MAX	M MIN	M MAX	M MIN
1	.0	.0	.0	.0
2	156.4	20.9	163.7	28.3
3	276.9	37.2	289.9	50.3
4	361.4	48.9	378.5	66.0
5	413.5	55.8	433.1	75.4
6	431.5	58.2	451.9	78.5
7	413.5	55.8	433.1	75.4
8	361.4	48.9	378.5	66.0
9	276.9	37.2	289.9	50.3
10	156.4	20.9	163.7	28.3
11	.0	.0	.0	.0

Quadro Geral de Momentos e Tensões

TT TB-45

Seção	MMax	MMin	Tensão F. Sup (MMax)	Tensão F. Inf (MMax)	Tensão F. Sup (MMin)	Tensão F. Inf (MMin)
1	.0	.0	.0	.0	.0	.0
2	111.3	20.9	-178.3	293.4	-33.6	55.2
3	197.0	37.2	-322.8	661.2	-61.0	124.9
4	257.2	48.9	-421.5	863.3	-80.1	164.0
5	294.3	55.8	-482.3	987.8	-91.5	187.4
6	307.1	58.2	-503.2	1030.6	-95.3	195.2
7	294.3	55.8	-482.3	987.8	-91.5	187.4
8	257.2	48.9	-421.5	863.3	-80.1	164.0
9	197.0	37.2	-322.8	661.2	-61.0	124.9
10	111.3	20.9	-178.3	293.4	-33.6	55.2
11	.0	.0	.0	.0	.0	.0

\*\*\*\*\*  
DNIT - DER/RJ \* BR 230 Viaduto Estaca 593 \*\*\* Rev. 0 \*\*\*\*\*  
Fase 1 - Viga Isolada \*\* Viga A \* L = 21.00m \*\*\*\* Out/13 \*\*\*  
\*\*\*\*\*

Quadro Geral dos Cortantes- NBR-6118

TT TB-45

Seção	1.0*QP+1.5*QQ		1.35*QP+1.5*QQ	
	Q Max	Q Min	Q Max	Q Min
1	71.8	9.6	75.1	12.9
2	60.8	5.7	63.5	8.4
3	50.4	-3	52.5	1.7
4	40.7	-7.2	42.0	-5.9
5	31.4	-14.7	32.1	-14.1
6	22.8	-22.8	22.8	-22.8
7	14.7	-31.4	14.1	-32.1
8	7.2	-40.7	5.9	-42.0
9	.3	-50.4	-1.7	-52.5
10	-5.7	-60.8	-8.4	-63.5
11	-9.6	-71.8	-12.9	-75.1

Envoltória de Reações- NBR-6118

TT TB-45

Reação	1.0*RP+1.5*RQ		1.35*RP+1.5*RQ	
	R Max	R Min	R Max	R Min
1	110.7	48.4	127.6	75.5
2	110.7	48.4	127.6	75.5

\*\*\*\*\*  
DNIT - DER/RJ \* BR 230 Viaduto Estaca 593 \*\*\* Rev. 0 \*\*\*\*\*  
Fase 1 - Viga Isolada \*\* Viga A \* L = 21.00m \*\*\*\* Out/13 \*\*\*  
\*\*\*\*\*

QUADRO GERAL DE TENSÕES - Pk Superior

SEÇÃO V+VII	F1	PROT.		I+II		G3	III+IV		MP+	MP-	V+VI
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII		
IX											
1	SS	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	SS'	-153.6	0.0	-153.6	0.0	-153.6	0.0	0.0	0.0	-153.6	-153.6
	SI	-657.0	0.0	-657.0	0.0	-657.0	0.0	0.0	0.0	-657.0	-657.0
2	SS	0.0	0.0	0.0	-33.6	-33.6	-144.7	0.0	0.0	-178.3	-33.6
	SS'	-161.5	0.0	-161.5	-23.2	-184.7	-99.7	0.0	0.0	-284.3	-184.7
	SI	-660.7	0.0	-660.7	55.2	-605.5	238.2	0.0	0.0	-367.3	-605.5
3	SS	0.0	0.0	0.0	-61.0	-61.0	-261.8	0.0	0.0	-322.8	-61.0
	SS'	-318.1	0.0	-318.1	-39.1	-357.2	-167.9	0.0	0.0	-525.1	-357.2
	SI	-965.4	0.0	-965.4	124.9	-840.5	536.2	0.0	0.0	-304.3	-840.5
4	SS	0.0	0.0	0.0	-80.1	-80.1	-341.4	0.0	0.0	-421.5	-80.1
	SS'	-332.1	0.0	-332.1	-51.4	-383.5	-219.0	0.0	0.0	-602.4	-383.5
	SI	-968.5	0.0	-968.5	164.0	-804.5	699.3	0.0	0.0	-105.2	-804.5
5	SS	0.0	0.0	0.0	-91.5	-91.5	-390.8	0.0	0.0	-482.3	-91.5
	SS'	-368.3	0.0	-368.3	-58.7	-427.0	-250.7	0.0	0.0	-677.6	-427.0
	SI	-942.9	0.0	-942.9	187.4	-755.5	800.4	0.0	0.0	44.9	-755.5
6	SS	0.0	0.0	0.0	-95.3	-95.3	-407.9	0.0	0.0	-503.2	-95.3
	SS'	-401.6	0.0	-401.6	-61.1	-462.7	-261.6	0.0	0.0	-724.4	-462.7
	SI	-915.9	0.0	-915.9	195.2	-720.7	835.4	0.0	0.0	114.7	-720.7
7	SS	0.0	0.0	0.0	-91.5	-91.5	-390.8	0.0	0.0	-482.3	-91.5
	SS'	-368.3	0.0	-368.3	-58.7	-427.0	-250.7	0.0	0.0	-677.6	-427.0
	SI	-942.9	0.0	-942.9	187.4	-755.5	800.4	0.0	0.0	44.9	-755.5
8	SS	0.0	0.0	0.0	-80.1	-80.1	-341.4	0.0	0.0	-421.5	-80.1
	SS'	-332.1	0.0	-332.1	-51.4	-383.5	-219.0	0.0	0.0	-602.4	-383.5
	SI	-968.5	0.0	-968.5	164.0	-804.5	699.3	0.0	0.0	-105.2	-804.5
9	SS	0.0	0.0	0.0	-61.0	-61.0	-261.8	0.0	0.0	-322.8	-61.0
	SS'	-318.1	0.0	-318.1	-39.1	-357.2	-167.9	0.0	0.0	-525.1	-357.2
	SI	-965.4	0.0	-965.4	124.9	-840.5	536.2	0.0	0.0	-304.3	-840.5
10	SS	0.0	0.0	0.0	-33.6	-33.6	-144.7	0.0	0.0	-178.3	-33.6
	SS'	-161.5	0.0	-161.5	-23.2	-184.7	-99.7	0.0	0.0	-284.3	-184.7
	SI	-660.7	0.0	-660.7	55.2	-605.5	238.2	0.0	0.0	-367.3	-605.5
11	SS	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	SS'	-153.6	0.0	-153.6	0.0	-153.6	0.0	0.0	0.0	-153.6	-153.6
	SI	-657.0	0.0	-657.0	0.0	-657.0	0.0	0.0	0.0	-657.0	-657.0

\*\*\*\*\*  
 DNIT - DER/RJ \* BR 230 Viaduto Estaca 593 \*\*\* Rev. 0 \*\*\*\*\*  
 Fase 1 - Viga Isolada \*\* Viga A \* L = 21.00m \*\*\*\* Out/13 \*\*\*  
 \*\*\*\*\*

QUADRO GERAL DE TENSÕES - Pk Inferior

SEÇÃO	F1 I	PROT. II	I+II III	G3 IV	III+IV V	MP+ VI	MP- VII	V+VI VIII	V+VII IX
1	SS 0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	SS' -139.6	0.0	-139.6	0.0	-139.6	0.0	0.0	-139.6	-139.6
	SI -612.3	0.0	-612.3	0.0	-612.3	0.0	0.0	-612.3	-612.3
2	SS 0.0	0.0	0.0	-33.6	-33.6	-144.7	0.0	-178.3	-33.6
	SS' -168.4	0.0	-168.4	-23.2	-191.6	-99.7	0.0	-291.2	-191.6
	SI -594.3	0.0	-594.3	55.2	-539.1	238.2	0.0	-300.9	-539.1
3	SS 0.0	0.0	0.0	-61.0	-61.0	-261.8	0.0	-322.8	-61.0
	SS' -333.3	0.0	-333.3	-39.1	-372.4	-167.9	0.0	-540.3	-372.4
	SI -860.3	0.0	-860.3	124.9	-735.4	536.2	0.0	-199.2	-735.4
4	SS 0.0	0.0	0.0	-80.1	-80.1	-341.4	0.0	-421.5	-80.1
	SS' -356.4	0.0	-356.4	-51.4	-407.8	-219.0	0.0	-626.7	-407.8
	SI -856.8	0.0	-856.8	164.0	-692.8	699.3	0.0	6.5	-692.8
5	SS 0.0	0.0	0.0	-91.5	-91.5	-390.8	0.0	-482.3	-91.5
	SS' -395.2	0.0	-395.2	-58.7	-453.9	-250.7	0.0	-704.5	-453.9
	SI -831.5	0.0	-831.5	187.4	-644.1	800.4	0.0	156.3	-644.1
6	SS 0.0	0.0	0.0	-95.3	-95.3	-407.9	0.0	-503.2	-95.3
	SS' -427.8	0.0	-427.8	-61.1	-488.9	-261.6	0.0	-750.6	-488.9
	SI -808.2	0.0	-808.2	195.2	-613.0	835.4	0.0	222.4	-613.0
7	SS 0.0	0.0	0.0	-91.5	-91.5	-390.8	0.0	-482.3	-91.5
	SS' -395.2	0.0	-395.2	-58.7	-453.9	-250.7	0.0	-704.5	-453.9
	SI -831.5	0.0	-831.5	187.4	-644.1	800.4	0.0	156.3	-644.1
8	SS 0.0	0.0	0.0	-80.1	-80.1	-341.4	0.0	-421.5	-80.1
	SS' -356.4	0.0	-356.4	-51.4	-407.8	-219.0	0.0	-626.7	-407.8
	SI -856.8	0.0	-856.8	164.0	-692.8	699.3	0.0	6.5	-692.8
9	SS 0.0	0.0	0.0	-61.0	-61.0	-261.8	0.0	-322.8	-61.0
	SS' -333.3	0.0	-333.3	-39.1	-372.4	-167.9	0.0	-540.3	-372.4
	SI -860.3	0.0	-860.3	124.9	-735.4	536.2	0.0	-199.2	-735.4
10	SS 0.0	0.0	0.0	-33.6	-33.6	-144.7	0.0	-178.3	-33.6
	SS' -168.4	0.0	-168.4	-23.2	-191.6	-99.7	0.0	-291.2	-191.6
	SI -594.3	0.0	-594.3	55.2	-539.1	238.2	0.0	-300.9	-539.1
11	SS 0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	SS' -139.6	0.0	-139.6	0.0	-139.6	0.0	0.0	-139.6	-139.6
	SI -612.3	0.0	-612.3	0.0	-612.3	0.0	0.0	-612.3	-612.3

\*\*\*\*\*  
DNIT - DER/RJ \* BR 230 Viaduto Estaca 593 \*\*\* Rev. 0 \*\*\*\*\*  
Fase 1 - Viga Isolada \*\* Viga A \* L = 21.00m \*\*\*\* Out/13 \*\*\*  
\*\*\*\*\*

CÁLCULO DA ARMADURA TRANSVERSAL DEVIDA AO CORTANTE - NBR-6118

Ponte totalmente carregada

SEÇÃO	VDMAX	VDMIN	VRDMAX	TWD	TC	TD	RO	AS/S (CM)
1	125.	46.	96.	113.	0.	130.	.00299	.179
2	101.	34.	78.	92.	0.	106.	.00243	.146
3	80.	20.	63.	203.	0.	234.	.00538	.135
4	61.	6.	51.	166.	0.	190.	.00438	.109
5	42.	-8.	39.	126.	0.	144.	.00332	.083
6	-23.	23.	-23.	73.	0.	84.	.00194	.049
7	-42.	8.	-39.	126.	0.	144.	.00332	.083
8	-61.	-6.	-51.	166.	0.	190.	.00438	.109
9	-80.	-20.	-63.	203.	0.	234.	.00538	.135
10	-101.	-34.	-78.	92.	0.	106.	.00243	.146
11	-125.	-46.	-96.	113.	0.	130.	.00299	.179

Armadura Total (Cortante+Torção+Fadiga)- NBR-6118

Ponte totalmente carregada

Seção	AS/S (CM)		Espacamento				Transv. (CM)			
	Long.	Nerv.	1/4	5/16	3/8	1/2	1/4	5/16	3/8	1/2
1	.000	.179	30.	30.	30.	30.	0.	5.	8.	14.
2	.000	.156	30.	30.	30.	30.	0.	6.	9.	16.
3	.000	.168	30.	30.	30.	30.	0.	6.	8.	15.
4	.000	.172	30.	30.	30.	30.	0.	6.	8.	15.
5	.000	.172	30.	30.	30.	30.	0.	6.	8.	15.
6	.000	.100	30.	30.	30.	30.	6.	10.	14.	25.
7	.000	.172	30.	30.	30.	30.	0.	6.	8.	15.
8	.000	.172	30.	30.	30.	30.	0.	6.	8.	15.
9	.000	.168	30.	30.	30.	30.	0.	6.	8.	15.
10	.000	.156	30.	30.	30.	30.	0.	6.	9.	16.
11	.000	.179	30.	30.	30.	30.	0.	5.	8.	14.

## Dimensionamento da Laje

Os parâmetros para determinação dos momentos, serão aqueles fornecidos pelas tabelas do Prof. Rüsçh, de acordo com cada caso estrutural correspondente.

Laje do balanço

Para Carga Permanente ( p.próprio e pavimento ) :

$$l_x = 1,16\text{m}$$

$$l_x \text{ para guarda rodas} = 0,90\text{cm}$$

Para Carga Permanente :

$$\text{Guarda - rodas} = 0,60\text{t/m}$$

$$p. \text{ próprio} + \text{ pavimento} = 0,72\text{t/m}^2$$

Carga Móvel – Trem tipo Classe 450kN

$$\text{Balanço reduzido} = 1,16 - 0,40 - 0,225 = 0,535\text{m}$$

$$P = 7,50\text{t}$$

$$\phi = 1,40 - 2 \times 0,535 \times 0,007 = 1,393$$

$$P\phi = 10,444\text{t}$$

$$p\phi = 0,697\text{t/m}^2$$

Esforços Atuantes

Carga Permanente :

$$m_{xe} = 0,60 ( 1,16 - 0,20 ) + 0,74 \times 1,16^2/2 = -1,074\text{mt/m}$$

Seção junto ao Guarda - rodas :

$$m_{xe} = 0,60 \times 0,20 + 0,74 \times 0,20^2/2 = -0,135\text{mt/m}$$

Carga Móvel

Parâmetros para entrada na Tabela N° 98 do Prof. Rüsçh

$$l_x/a = 0,535/2 = 0,268$$

$$t/a = 0,425\text{m}$$

Temos então :

$$m_{xe} = 0,35 \times 10,444 = -3,655\text{mt/m}$$

$$m_{yr} = 0,18 \times 10,344 = 1,862\text{mt/m}$$

$$m_{xm} = 0,24 \times 10,344 = 2,483\text{mt/m}$$

$$m_{ym} = 0,115 \times 10,344 = 1,190\text{mt/m}$$

Impacto do Veículo na Barreira

Largura de distribuição a 45°

$$l = 2 \times 0,97 = 1,94\text{m}$$

$$m_{xe} = 6,0 \times 0,97/1,94 = -3,00\text{mt/m na junção do guarda - rodas.}$$

Distribuindo até o eixo da viga extrema, temos :

$$l = ( 1,16 - 0,40 ) \times 2 + 1,94 = 3,46\text{m}$$

$$m_{xe} = 6 \times 0,97/3,46 = -1,682\text{mt/m}$$

Pesquisando na seção do balanço com 20cm de espessura, temos :

Distribuição a 45°

$$l = ( 1,30 - 0,40 - 0,85/2 ) \times 2 + 1,94 = 3,29\text{m}$$

$$m_{xe} = -6 \times 0,97/3,29 = -1,769\text{mt/m}$$

Dimensionamento :

Seção junto ao Guarda - rodas :

$$m_{xed} = 1,35 \times 0,135 + 1,50 \times 3,00 = -5,177\text{mt/m}$$

Seção na laje do balanço junto a aba da viga pré-moldada :

$$m_{xed} = -1,35 \times 0,673 - 1,240 \times 1,50 = -2,769\text{mt/m}$$

Seção no eixo da viga extrema :

$$m_{xed} = 1,35 \times 1,074 + 1,50 ( 3,655 + 1,682 ) = -9,455\text{mt/m}$$

Armaduras necessárias sem fadiga

Seção 1 – Junto ao Guarda - rodas :

$$m_{xed} = -5,177\text{mt/m}$$

$$b = 1,00\text{m} \quad d = 0,175$$

$$bd^2 f_{cd} = 1,00 \times 0,175^2 \times 2000 = 61,25$$

$$k_{md} = 0,085 \quad \text{ok!}$$

Seção 2 – Junto a Aba da Viga Pré-Moldada :

$$m_{xed} = -7,449\text{mt/m}$$

$$k_{md} = 0,122 \quad \text{ok!}$$

Seção de aço Necessária :

$$A_{s1} = 5,177/0,90 \times 4,348 \times 0,175 = 7,60 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_{s2} = -5,469/0,9 \times 4,348 \times 0,175 = 7,98\text{cm}^2/\text{m}$$

$$A_{s3} = -9,465/0,9 \times 4,48 \times 0,275 = 8,83\text{cm}^2/\text{m}$$

Seção 3 – Eixo da Viga Pré-Moldada

$$b = 1,00\text{m} \quad h = 0,30\text{m} \quad d = 0,275\text{m} \quad m_{xe} = -9,465\text{mt/m}$$

$$bd^2 f_{cd} = 1,00 \times 0,275^2 \times 2000 = 151,25$$

$$k_{md} = 0,063 \quad \text{ok!}$$

Cálculo e dimensionamento da lajota que servirá como forma/escoramento da laje do tabuleiro.

Do ponto de vista estrutural, a lajota pré-moldada fará parte integrante da altura útil da laje do tabuleiro, devido as treliças de união desta lajota com a concretagem da laje do tabuleiro propriamente dita.

Vão da lajota pré-moldada

$$l_x = 2,32 - 1,00 + 0,07 = 1,79\text{m}$$

$$h = 0,07\text{m}$$



$$d = 0,07 - 0,025 = 0,045\text{m}$$
$$\text{pp. total} = 0,20 \times 2,50 = 0,50\text{t/m}^2$$

Para placa com 30cm de largura, temos :

$$g = 0,20\text{t/m}^2$$
$$M_k = 0,20 \times 1,39^2/8 = 0,048\text{mt/placa}$$

$$M_d = 0,068\text{mt/placa}$$

$$bd^2 f_{cd} = 0,30 \times 0,045^2 \times 2000 = 1,21$$

$$k_{md} = 0,068/1,21 = 0,056$$

Embora a placa prescindia da armadura de compressão para sua estabilidade durante período de execução, esta armadura será colocada para “ligação placa pré-moldada x concreto posterior”.

Cálculo da fadiga, com limite de flutuação de tensão no aço de 1800kg/cm<sup>2</sup>, em serviço, considerando:

Laje Central :

$$\text{mxm} \quad b = 1,00\text{m}$$
$$\quad \quad h = 0,20\text{m}$$
$$\quad \quad d = 0,175\text{m}$$
$$f_{yk} = 5000\text{kg/m}^2$$
$$f_{ck} = 3000\text{t/m}^2$$

$$M_{\text{máx}} = 1,441\text{mt/m}$$
$$M_{\text{mín}} = 0,154\text{mt/m}$$
$$A_s = 0,0003122\text{m}^2$$

$$\text{mym} \quad b = 1,00\text{m}$$
$$\quad \quad h = 0,20\text{m}$$
$$\quad \quad d = 0,175\text{m}$$
$$f_{yk} = 50000\text{t/m}^2$$
$$f_{ck} = 3000\text{t/m}^2$$
$$M_{\text{máx}} = 0,860 \text{ mt/m}$$
$$M_{\text{mín}} = 0,026\text{mt/m}$$
$$A_s = 0,0002528\text{m}^2$$

$$\text{Mxe} \quad b = 1,00\text{m}$$
$$\quad \quad h = 0,30\text{m}$$
$$\quad \quad d = 0,275\text{m}$$
$$f_{yk} = 50000\text{t/m}^2$$
$$f_{ck} = 3000\text{t/m}^2$$
$$M_{\text{máx}} = -2,989\text{mt/m}$$
$$M_{\text{mín}} = -0,308\text{mt/m}$$
$$A_s = 0,0003489\text{m}^2$$

Laje do Balanço :

Seção 1 – Junto ao Guarda - Rodas

$$b = 1,00\text{m}$$

$$h = 0,20\text{m}$$

$$d = 0,175\text{m}$$

$$f_{yk} = 50000\text{t/m}^2$$

$$f_{ck} = 3000\text{t/m}^2$$

$$M_{\text{máx}} = -3,134\text{mt/m}$$

$$M_{\text{mín}} = -0,134\text{mt/m}$$

$$A_s = 0,000760\text{m}^2$$

Seção 2 – Junto a Aba da Viga Extrema

$$b = 1,00\text{m}$$

$$h = 0,20\text{m}$$

$$d = 0,175\text{m}$$

$$f_{yk} = 50000\text{t/m}^2$$

$$f_{ck} = 3000\text{t/m}^2$$

$$M_{\text{máx}} = 1,913\text{t/m}$$

$$M_{\text{mín}} = 0,673\text{mt/m}$$

$$A_s = 0,000798\text{m}^2$$

Seção 3 – Seção no Eixo da Viga Extrema

$$b = 1,00\text{m}$$

$$h = 0,30\text{m}$$

$$d = 0,275\text{m}$$

$$f_{yk} = 50000\text{t/m}^2$$

$$f_{ck} = 3000\text{t/m}^2$$

$$M_{\text{máx}} = 4,872\text{mt/m}$$

$$M_{\text{mín}} = 1,252\text{mt/m}$$

$$A_s = 0,0008828\text{m}^2$$

Verificação do coeficiente de majoração das armaduras pelo efeito da fadiga.

Adotado critério da Tabela 23,2, com  $\Delta f_{sd}$ ,  $f_{ad}$ , min para  $2 \times 10^6$  ciclos, armadura passiva do aço CA-50, para o caso de “Barras retas ou dobradas com  $D > 25\varnothing$ ”.

Considerando que a bitola máxima é de 12.5mm, temos o valor para amplitude da variação da tensão da armadura de 190MPa.

As unidades para determinação da tensão “máxima” e “mínima” na armadura são :

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

$$E_f = 210.000\text{MPa}$$

Área de aço em  $\text{m}^2$

Momento máximo e mínimo em  $\text{mt/m}$

Tensão na armadura em  $\text{kg/cm}^2$

A seguir, os resultados para Laje Central do Balanço :

## Lajes Centrais

Dimensionamento através das tabelas de Rüsçh.

Materiais

$$l_x = 2,32\text{m}$$

$$l_y/a = \infty$$

$$h = 0,20\text{m}$$

$$d = 0,175\text{m}$$

Antes de iniciarmos o cálculo da Laje Central, necessita-se a verificação da condição de ligação laje balanço x primeira laje interna.

Momento de engastamento do balanço :

$$M_{xeg} = -1,074\text{mt/m}$$

Momento de engastamento perfeito da laje adjacente :

$$l = 2,32\text{m} \quad g = 0,74\text{t/m}$$

$$M_{eng.} = 0,74 \times 2,32^2/12 = -0,332\text{mt/m}$$

Pelos valores acima, podemos concluir que o balanço “engasta” a laje adjacente.

### Tabela de Rüsçh – Caso Nr 27

Carga Permanente

$$\left. \begin{array}{l} g_1 = 0,20 \times 2,50 = 0,500\text{t/m}^2 \text{ peso próprio} \\ g_2 = 0,10 \times 2,40 = 0,24\text{t/m}^2 \text{ pavimentação} \end{array} \right\} 0,740\text{t/m}^2$$

Carga Móvel

$$P = 7,50\text{t}$$

$$p = 0,50\text{t/m}^2$$

Impacto

$$\varphi = 1,40 - 0,7\% \times 2,32 = 1,384$$

$$P\varphi = 10,379\text{t}$$

$$p\varphi = 0,692\text{t/m}^2$$

### Esforços Atuantes

Carga Permanente

$$m_{xm} = 0,417 \times g \times l_x^2 = 0,154\text{mt/m}$$

$$m_{ym} = 0,069 \times g \times l_x^2 = 0,026\text{mt/m}$$

$$m_{xe} = -0,0833 \times g \times l_x^2 = 0,308\text{mt/m}$$

$$\text{onde, } g \times l_x^2 = 0,74 \times 2,32^2 = 3,983$$

**Carga Móvel**

Parâmetros para entrada na tabela Nr 27, correspondente ao sentido de tráfego paralelo ao eixo Y.

$$l_x/a = 2,32/2,00 = 1,16$$

$$t/a = (0,45 + 2 \times 0,20) / 2 = 0,425$$

Temos então,

**Carga Móvel**

$$m_{xm} = 0,122 \times 10,379 + 0,03 \times 0,692 = 1,287 \text{ mt/m}$$

$$m_{ym} = 0,076 \times 10,379 + 0,02 \times 0,692 = 0,834 \text{ mt/m}$$

$$m_{xe} = -(0,235 \times 10,379 + 0,35 \times 0,692) = -2,681 \text{ mt/m}$$

**Momentos de Cálculo para o Dimensionamento**

$$m_{xmd} = 1,35 \times 0,154 + 1,50 \times 1,287 = 2,138 \text{ mt/m}$$

$$m_{ymd} = 1,35 \times 0,026 + 1,50 \times 0,834 = 1,286 \text{ mt/m}$$

$$m_{xed} = 1,35 \times 0,308 + 1,50 \times 2,681 = -4,437 \text{ mt/m}$$

**Cálculo das Armaduras**

Para  $M_{xmd} = 2,138 \text{ mt/m}$

$$h = 0,175 \text{ m}$$

$$d = 0,175 \text{ m}$$

$$b = 1,00 \text{ m}$$

$$bd^2 f_{cd} = 1,00 \times 0,175^2 \times 2000 = 61,25$$

$$k_{md} = M_d / bd^2 f_{cd} = 0,035 \text{ ok!}$$

Para  $M_{ym} = 1,250 \text{ mt/m}$

$$d = 0,130 \text{ m}$$

$$bd^2 f_{cd} = 1,00 \times 0,13^2 \times 2000 = 33,80$$

$$k_{md} = 0,038 \text{ ok!}$$

Para  $M_{xed} = -4,437 \text{ mt/m}$

$$h = 0,35 \text{ m}$$

$$d = 0,325 \text{ m}$$

$$bd^2 f_{cd} = 1,00 \times 0,375^2 \times 2000 = 211,25$$

$$k_{md} = 0,021 \text{ ok!}$$

**Armaduras sem Coeficiente de Fadiga**

$$A_s = 2,138 / 0,175 \times 0,90 \times 4,348 = 3,122 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_s = 1,286 / 0,13 \times 4,348 \times 0,90 = 2,528 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_s = 4,437 / 0,90 \times 0,325 \times 4,348 = 3,489 \text{ cm}^2/\text{m}$$

## Dimensionamento da laje de continuidade

### Cálculo da Placa de Continuidade

-  $l_x = 0,83\text{m}$  / Faixa de 1m de Largura

- Área de Concreto -  $0,19 \times 1,0 = 0,19\text{m}^2$

- Inércia da Placa -  $J_{Placa} = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{1,0 \times 0,19^3}{12} = 5,72 \times 10^{-4} \text{m}^4$

- FCK = 30MPa

- Módulo de Elasticidade -  $E_{ct} = 5.600 \sqrt{f_{ck}} = 5.600 \sqrt{30} = 30.672,50\text{MPa}$

### Momento de inércia do conjunto (vigas+laje)

-  $I_{c21} = 1,75\text{m}^4$  - P/ Viga de 21m

-  $I_{c30} = 2,57\text{m}^4$  - P/ Viga de 30m

### Trem -tipo simplificado

$P = 6 \times 7,5\text{t} = 45\text{t}$

$q_1 = 3 \times 0,5 \text{ t/m}^2 = 1,5 \text{ t/m}$

$q_2 = 9,8 \times 0,5 \text{ t/m}^2 = 4,9 \text{ t/m}$

$q = 6,4 \text{ t/m}$

### 1- Efeito devido a rotação de um único vão carregado.

$$M_0 = \frac{-4E_c J_{Placa}}{l_x} = 0$$

$$M_1 = \frac{M_0}{2} = 0$$

$$\theta_1 = \frac{p l^3}{16 E_c I_c}$$

$$\theta_2 = \frac{q l^3}{24 E_c I_c}$$

$$\theta \theta_1 = \frac{45 \times 20,33^3}{16 \times 3067250 \times 1,75} = 4,16 \times 10^{-4} \text{ rad}$$

$$\theta \theta_2 = \frac{6,4 \times 20,30^3}{24 \times 3067250 \times 1,75} = 4,16 \times 10^{-4} \text{ rad}$$

$$M_0 = \left( \frac{-4 \times 30067250 \times 5,72 \times 10^{-4}}{0,83} \right) \times 6,32 \times 10^{-4}$$

$$M_0 = -5,34 \text{ t/m}$$

$$M_1 = \frac{M_0}{2} = + \frac{5,34}{2} = 2,67 \text{ tm/m}$$

## 2- Dois vãos adjacentes carregados

$$M_0 = \left( \frac{-2 \times E_G \times I_{Placa}}{lx} \right) \times \theta \left( \frac{-2 \times 30672250 \times 5,72 \times 10^{-4}}{0,83} \right) \times 6,32 \times 10^{-4}$$

$$M_0 = -2,67 \text{ t/m}$$

$$M_1 = \left( \frac{-2 \times 3067250 \times 5,72 \times 10^{-4}}{0,83} \right) \times 1,59 \times 10^{-3} = M_1 = -6,47 \text{ t/m}$$

$$\theta_1 = \frac{45 \times 29,3^2}{16 \times 3067250 \times 2,57} = 3,06 \times 10^{-3}$$

$$\theta_2 = \frac{6,4 \times 29,3^2}{15 \times 3067250 \times 2,57} = 1,28 \times 10^{-3} \text{ rad}$$

$$\theta = \theta_1 + \theta_2$$

$$\theta = 1,59 \times 10^{-3} \text{ rad}$$

## 3 - Recalque do aparelho de apoio quando só um dos vãos é carregado.

$$M_0 = \frac{6 \times E_G \times I_P \times \Delta n}{lx^2}$$

$$a = 0,25 \text{ m}$$

$$b = 0,40 \text{ m}$$

$$h = 0,078 \text{ m}$$

$$E_n = 2G \times 0,69 \times \left( \frac{b}{n} \right)^2$$

$$E_n = 2 \times 100 \times 0,69 \times (0,047)^2$$

$$E_n = 9995,50 \text{ t/m}^2$$

### Relação vertical compatível com (θ) por apoio

$$R_1 = [45 + (6,4 \times 20,3)] \times \frac{1}{2} = 87,46t - \text{Vão } 21m$$

$$R_2 = [45 + (6,4 \times 29,3)] \times \frac{1}{2} = 116,26t - \text{Vão } 30m$$

$$R_1 = \frac{87,46}{5} = 17,49 \text{ t /Ap. Apoio}$$

$$R_2 = \frac{116,26}{5} = 23,25t/\text{Apoio}$$

$$\sigma_{n1} = \frac{R1}{ab} = \frac{17,49}{0,25 \times 0,4} = 174,9 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_{n2} = \frac{R2}{ab} = \frac{23,25}{0,25 \times 0,4} = 232,5 \text{ t/m}^2$$

$$\Delta_n = \frac{\sigma_{n1}}{E_n} h = \frac{232,5}{9995,5} \times 0,047 = 8,22 \times 10^{-4}$$

$$\Delta_n = \frac{\sigma_{n2}}{E_n} h = \frac{232,5}{9995,5} \times 0,047 = 1,09 \times 10^{-3}$$

$$M_0 = \left( \frac{6 \times 8067260 \times 6,72 \times 10^{-4}}{0,003} \right) \times 8,22 \times 10^{-4}$$

$$M_0 = 12,56tm$$

$$M_1 = -12,56tm$$

### Dimensionamento do guarda-rodas

$$M = 6,0 \times 0,87 = 5,22 \text{ tm}$$

$$M/m = 5,22 / 1,74 = 3,0 \text{ t.m/m}$$

$$M_d = 1,4 \times 3,0 = 4,2 \text{ t.m/m}$$

$$b = 100 \text{ cm} = 1,0 \text{ m}$$

$$d = 40 - 4 = 36 \text{ cm} = 0,36 \text{ m}$$

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

Aço CA-50

$$K_{md} = M_d / (b \times d^2 \times f_{cd}) = 42,0 / (1,0 \times 0,36^2 \times 30 \times 10^3 / 1,4) = 0,015$$

Pela tabela:  $K_z = 0,991$

$$A_s = M_d / (K_z \times d \times f_{yd}) = 42,0 / (0,991 \times 0,36 \times 43,47) = 2,70 \text{ cm}^2/m$$

$$A_{smin} = A_c \times \rho_{min} \times 0,01 = 100 \times 36 \times 0,15 \times 0,01 = 5,4 \text{ cm}^2/m$$

$$b = 100 \text{ cm} = 1,0 \text{ m}$$

$$d = 22 - 4 = 18 \text{ cm} = 0,18 \text{ m}$$

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

Aço CA-50

$$K_{md} = M_d / (b \times d^2 \times f_{cd}) = 42,0 / (1,0 \times 0,18^2 \times 30 \times 10^3 / 1,4) = 0,060$$

Pela tabela:  $K_z = 0,963$

$$A_s = M_d / (K_z \times d \times f_{yd}) = 42,0 / (0,963 \times 0,18 \times 43,47) = 5,57 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_{s\min} = A_c \times \rho_{\min} \times 0,01 = 100 \times 18 \times 0,15 \times 0,01 = 2,7 \text{ cm}^2/\text{m}$$

### Dimensionamento da laje de transição

$$M_d = 1,35 \times M_g + 1,5 \times \varphi \times M_q$$

$$\varphi = 1,4 - 0,007 \times L$$

$$\varphi = 1,4 - 0,007 \times 4,0 = 1,372$$

$$\text{Peso Próprio: } \gamma \times h = 2,5 \times 0,25 = 0,625 \text{ tf/m}^2$$

$$\text{Carga Móvel: TB45} = 6 \times 7,5 / (6 \times 3) = 2,5 \text{ tf/m}^2$$

$$M_g = 1,25 \text{ tfm}$$

$$M_q = 5,00 \text{ tfm}$$

$$M_d = 1,35 \times 1,25 + 1,5 \times 1,372 \times 5,0 = 11,98 \text{ tfm} = 119,8 \text{ kNm}$$

$$b = 100 \text{ cm} = 1,0 \text{ m}$$

$$d = 25 - 4 = 21 \text{ cm} = 0,21 \text{ m}$$

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

Aço CA-50

$$K_{md} = M_d / (b \times d^2 \times f_{cd}) = 119,8 / (1,0 \times 0,21^2 \times 30 \times 10^3 / 1,4) = 0,126$$

Pela tabela:  $K_z = 0,920$

$$A_s = M_d / (K_z \times d \times f_{yd}) = 119,8 / (0,920 \times 0,21 \times 43,47) = 14,26 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_{s\min} = A_c \times \rho_{\min} \times 0,01 = 100 \times 25 \times 0,15 \times 0,01 = 3,75 \text{ cm}^2/\text{m}$$

### Dimensionamento da viga transversina

#### Vão de 21,00m

Cargas Permanentes:

Peso Próprio

$$g_1 = \gamma_c \times A = 2,5 \text{ t/m}^3 \times 0,30 \times 1,60 = 1,20 \text{ t/m}$$

Laje + Pav.

$$g_2 = ((\gamma_c \times h_{laje} + \gamma_{pav} \times h_{pav}) \times A) / l_{viga} = (2,5 \times 0,22 + 2,40 \times 0,07) \times 0,985 / 2,21 = 0,32 \text{ t/m}$$

$$g_1 + g_2 = 1,20 + 0,32 = 1,52 \text{ t/m}$$

Estrutura e Carregamento:

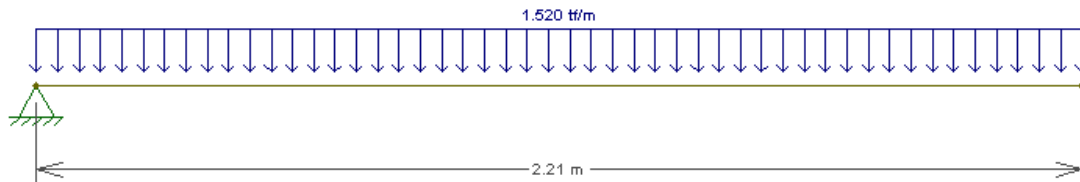


Diagrama de Momento – (tf.m):





**Cargas Móveis:**  
Carga TB-45 Centrada  
Estrutura e Carregamento

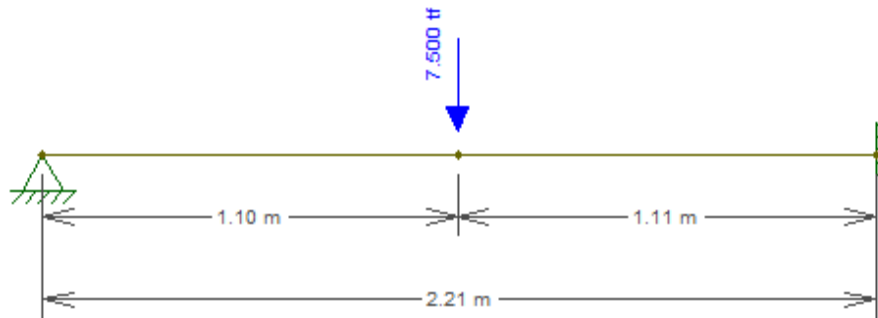


Diagrama de Momento – (tf.m):



Verificação dos Momentos Máximos:

$$M_d = 1,35 \times M_g + 1,5 \times \phi \times M_q$$

$$\phi = 1,40 - 0,007 \times l = 1,40 - 0,007 \times 2,21 = 1,385$$

Momento	M <sub>g</sub> (tf.m)	M <sub>q</sub> (tf.m)	M <sub>d</sub> (tf.m)
Positivo	0,522	2,590	6,08
Negativo	0,928	3,103	7,7

Dimensionamento:

Momento Positivo:

$$K_{md} = 0,0061$$

$$K_z = 0,997$$

$$A_s = 1,12 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ min}} = 8,30 \text{ cm}^2$$

Momento Negativo:

$$K_{md} = 0,0077$$

$$K_z = 0,994$$

$$A_s = 1,43 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ min}} = 8,30 \text{ cm}^2$$

Verificação a fadiga:

Momento Positivo:

$$x = 26,65 \text{ (Posição da linha neutral)}$$

Tensões na Armadura

o max. = 295,68 kgf/cm<sup>2</sup>

o min. = 36,69 kgf/cm<sup>2</sup>

Coefficiente de Fadiga:

$K_f = 0,14$  - O efeito da fadiga pode ser desconsiderado nesta viga.

Momento Negativo:

$x = 26,65$  (Posição da linha neutral)

Tensões na Armadura

o max. = 295,68 kgf/cm<sup>2</sup>

o min. = 43,04 kgf/cm<sup>2</sup>

Coefficiente de Fadiga:

$K_f = 0,14$  - O efeito da fadiga pode ser desconsiderado nesta viga.

### Processamento da mesoestrutura

Dimensionamento da ala e cortina

Esforços nas alas:

Trecho 1(retângulo):

$$\sigma_1 = \gamma \times h \times K_a = 1,8 \times 0,9 \times 0,33 = 0,53 \text{ t/m}^2 \rightarrow \text{Terreno}$$

$$\sigma_2 = q \times K_a = 0,5 \times 0,33 = 0,165 \text{ t/m}^2 \rightarrow \text{Sobrecarga}$$

$$E_1 = \sigma_1 \times h / 2 = 0,53 \times 0,9 / 2 = 0,24 \text{ t/m}$$

$$E_2 = \sigma_2 \times h = 0,165 \times 0,9 = 0,15 \text{ t/m}$$

$$M_1 = E_1 \times L / 2 = 0,24 \times 1,5 = 0,36 \text{ t.m/m}$$

$$M_2 = E_2 \times L / 2 = 0,15 \times 1,5 = 0,23 \text{ t.m/m}$$

$$M_{\text{total}} = 0,59 \text{ t.m/m}$$

Trecho2(triângulo):

$$\sigma_1 = \gamma \times h \times K_a = 1,8 \times 2,5 \times 0,33 = 1,49 \text{ t/m}^2 \rightarrow \text{Terreno}$$

$$\text{Media } \sigma_1 = (0,53 + 1,49) / 2 = 1,01 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_2 = q \times K_a = 0,5 \times 0,33 = 0,165 \text{ t/m}^2 \rightarrow \text{Sobrecarga}$$

$$E_1 = \sigma_1 \times h / 2 = 0,53 \times 1,6 + 1,49 \times 1,6 / 2 = 2,04 \text{ t/m}$$

$$E_2 = \sigma_2 \times h = 0,165 \times 1,6 = 0,26 \text{ t/m}$$

$$M_1 = E_1 \times L / 3 = 2,04 \times 1,0 = 2,04 \text{ t.m/m}$$

$$M_2 = E_2 \times L / 3 = 0,26 \times 1,5 = 0,26 \text{ t.m/m}$$

$$M_{\text{total}} = 2,3 \text{ t.m/m}$$

$$M_{1\text{total}} = 2,40 \text{ t.m/m}$$

$$M_{2\text{total}} = 0,49 \text{ t.m/m}$$

$$M_d = 1,35 \times M_{1\text{total}} + 1,5 \times M_{2\text{total}} = 1,35 \times 2,4 + 1,5 \times 0,49 = 3,975 \text{ t.m/m}$$

$$b = 100 \text{ cm} = 1,0 \text{ m}$$

$$d = 30 - 4 = 26 \text{ cm} = 0,26 \text{ m}$$

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

Aço CA-50

$$K_{md} = M_d / (b \times d^2 \times f_{cd}) = 39,75 / (1,0 \times 0,26^2 \times 30 \times 10^3 / 1,4) = 0,027$$

Pela tabela:  $K_z = 0,984$

$$A_s = M_d / (K_z \times d \times f_{yd}) = 39,75 / (0,984 \times 0,21 \times 43,47) = 3,57 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_{smin} = A_c \times \rho_{min} \times 0,01 = 100 \times 25 \times 0,15 \times 0,01 = 3,75 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Esforços nas cortinas: (Vão de 21,0m)

Altura da cortina de 1,90m:

$$\sigma_1 = \gamma \times h \times K_a = 1,8 \times 1,9 \times 0,33 = 1,12 \text{ t/m}^2 \rightarrow \text{Terreno}$$

$$\sigma_2 = q \times K_a = 0,5 \times 0,33 = 0,165 \text{ t/m}^2 \rightarrow \text{Sobrecarga}$$

$$E_1 = \sigma_1 \times h / 2 = 1,12 \times 1,9 / 2 = 1,06 \text{ t/m}$$

$$E_2 = \sigma_2 \times h = 0,165 \times 1,9 = 0,31 \text{ t/m}$$

$$M_1 = E_1 \times z_2 = 1,06 \times 0,63 = 0,67 \text{ t.m/m}$$

$$M_2 = E_2 \times z_1 = 0,31 \times 0,95 = 0,29 \text{ t.m/m}$$

$$M_d = 1,35 \times 0,67 + 1,5 \times 0,29 = 1,34 \text{ t.m/m}$$

$$b = 100 \text{ cm} = 1,0 \text{ m}$$

$$d = 30 - 4 = 26 \text{ cm} = 0,26 \text{ m}$$

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

Aço CA-50

$$K_{md} = M_d / (b \times d^2 \times f_{cd}) = 13,4 / (1,0 \times 0,26^2 \times 30 \times 10^3 / 1,4) = 0,009$$

Pela tabela:  $K_z = 0,995$

$$A_s = M_d / (K_z \times d \times f_{yd}) = 13,4 / (0,995 \times 0,26 \times 43,47) = 1,19 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_{smin} = A_c \times \rho_{min} \times 0,01 = 100 \times 30 \times 0,15 \times 0,01 = 4,50 \text{ cm}^2/\text{m}$$

### Dimensionamento do console de macaqueamento

#### Para as vigas de 25,00 m

$$P. \text{laje} = 37,67 \text{ tf}$$

$$P. \text{Próprio viga} = 30,46 \text{ tf}$$

$$\text{Total: } P = 68,13 \text{ tf}$$

$$\sigma_{yd} = 435 \text{ Mpa} = 4,35 \text{ tf/cm}^2$$

$$A / d = 25 / 50 = 0,50 < 1,0 \rightarrow \text{Console curto}$$

$$T_d = 1,4 \times P \times a / (0,8 \times d)$$

$$T_d = 1,4 \times 68,13 \times 25 / (0,8 \times 51) = 58,44 \text{ tf}$$

$$A_s = T_d / f_{yd}$$

$$A_s = 58,44 / (5 / 1,15) = 13,44 \text{ cm}^2$$

Verificação cisalhamento do concreto.

$$\text{Logo } \tau_d = 1,4 \times P / (b \times d) \leq 0,25 f_{cd}$$

$$\tau_d = 1,4 \times 58,44 / (0,5 \times 0,51) = 320,85 \text{ tf/m}^2$$

$$0,25 f_{cd} = 0,25 \times 3000 / 1,4 = 535,7 \text{ tf/m}^2$$

$$\tau_d \leq 0,25 f_{cd} \rightarrow 320,85 \text{ tf/m}^2 \leq 535,7 \text{ tf/m}^2 \text{ OK!}$$

**Dimensionamento do aparelho de apoio****Carga normal máxima**

Todos os apoios são iguais :

<b>g1</b>	<b>g2</b>	<b>g3</b>	<b>CM</b>
23	15,5	9,9	41,5

Valor p/cada apoio =  $23 + 15,5 + 9,9 + 41,5 = 89,9t$ **Esforços horizontais longitudinais de longa duração** $\Delta$ Temp.

Ap1  $\rightarrow 17,084/5 = 3,417$

Ap2  $\rightarrow 2,834/5 = 0,567$

Ap3  $\rightarrow -2,974/5 = -0,595$

Ap4  $\rightarrow -16,944/5 = -3,389$

**Esforços horizontais longitudinais de curta duração****Frenagem**

Ap1  $\rightarrow 6,656/5 = 1,331$

Ap2  $\rightarrow 3,265/5 = 0,653$

Ap3  $\rightarrow 3,511/5 = 0,702$

Ap4  $\rightarrow 6,656/5 = 1,331$

**Esforços horizontais transversais de curta duração**

Ap1  $\rightarrow 6,390/5 = 1,278$

Ap2  $\rightarrow 7,876/5 = 1,575$

Ap3  $\rightarrow 8,157/5 = 1,631$

Ap4  $\rightarrow 6,295/5 = 1,259$

**Rotação de apoio na montagem**

1,866

**Rotação de carregamento**

1,7

**Dimensionamento da Viga Travessa**

Temos os seguintes valores já transformados em “Md” através de  $1,35Mg + 1,50Mq$ .

**Momentos Fletores :**

Sobre os pilares :  $Md = -376 \text{ tf.m}$

No centro da travessa :  $Md = 187 \text{ tf.m}$

**Cortantes :**

Junto aos pilares, na parte externa :  $Vd = 239 \text{ tj}$

Junto aos pilares, na parte interna :  $Vd = 344 \text{ tf}$

A partir da figura acima, temos :

Para  $M(+)$   $b = 1,60 \text{ m}$   $h = 1,26 \text{ m}$   $bd^2 fcd = 1,60 \times 1,26^2 \times 2500/1,40 = 4536,00$

Para  $M(-)$   $b = 1,30 \text{ m}$   $h = 1,26 \text{ m}$   $bd^2 fcd = 1,30 \times 1,26^2 \times 2500/1,40 = 3685,50$

$kmd+ = 376/4.536 = 0,083$

$kmd- = 187/3.685 = 0,051$

$As(+)$  =  $37,93 \text{ cm}^2 \rightarrow 14 \text{ } \varnothing 20,0 \text{ mm}$

$As(-)$  =  $76,26 \text{ cm}^2 \rightarrow 16 \text{ } \varnothing 25,0 \text{ mm}$

**Esforços Cortantes**

$\tau = 334,0 ( 1,26 \times 1,30 ) = 203,91 \text{ t/m}^2$

$\tau d = 1,15 \times \tau m = 234,5 \text{ t/m}^2$

$H = \tau \times 1,30 \times 1,00 = 304,89 \text{ t/m}$

$As = 304,84 ( 4 \times 4,348 ) = 17,53 \text{ cm}^2/\text{m}$

$As = 12,54 \text{ cm}^2/\text{m}$  com 6 pernas  $\varnothing 12^5 \text{ c.12}$   
 $\varnothing 12^5 \text{ c.15}^5$

A seguir, o estudo da fadiga :

CÁLCULO DO FATOR DE FADIGA			CÁLCULO DO FATOR DE FADIGA		
Travessa Central			Travessa Extrema		
Mxe			Mxm (Meio do vão)		
Dados			Dados		
Fck	30	Mpa	Fck	30	Mpa
Ef	210000	Mpa	Ef	210000	Mpa
As	0,0091060	m <sup>2</sup>	As	0,0046440	m <sup>2</sup>
b	1,450	m	b	1,450	m
d	1,260	m	d	1,260	m
Mmáx	648,250	mt/m	Mmáx	58,300	mt/m
Mmin	422,000	mt/m	Mmin	32,550	mt/m
$\Delta\sigma$ limite	1850	kg/cm <sup>2</sup>	$\Delta\sigma$ limite	1850	kg/cm <sup>2</sup>
Ec	26071,59374	Mpa	Ec	26071,59374	Mpa
n	8,054743493	-	n	8,054743493	-
Prof. da linha neutra			Prof. da linha neutra		
x	0,31	m	x	0,23	m
Tensão na armadura			Tensão na armadura		
$\sigma$ máx	6154,719373	Kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma$ máx	1061,028912	Kg/cm <sup>2</sup>
$\sigma$ min	4006,620248	Kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma$ min	592,3926428	Kg/cm <sup>2</sup>
$\Delta\sigma$	2148,099126	Kg/cm <sup>2</sup>	$\Delta\sigma$	468,6362689	Kg/cm <sup>2</sup>
Fator de Fadiga			Fator de Fadiga		
Kf	1,16	-	Kf	0,25	-
Armação fadigada			Armação fadigada		
Asfad	105,73	cm <sup>2</sup>	Asfad	46,44	cm <sup>2</sup>

## Dimensionamento dos Pilares

Cargas permanentes – Pilar BR 230

Pilar Central

Carga permanente

### V1/V5

Vão 21m – 52,01t

Vão 30m – 78,75t  
130,76t

### V3

Vão 21m – 45,07t

Vão 30m – 68,85t  
113,92t

### V2/V4

Vão 21m – 37,93t

Vão 30m – 58,65t  
96,58t

$$PP_{Trav} = A_s \cdot f_y \cdot Y_c$$

$$PP_{Trav} = 2,035 \times 12,8 \times 2,5 = 65,13t$$

$$PP_{Pilar} = 2,9 \times 0,6 \times 4,9 \times 2,5 = 21,5t$$

$$N_{gk} = [(2 \times (130,76 + 96,58)) + 113,92] + 65,13 + 21,5 = 655,23t$$

### Carga móvel

#### V1/V5

Vão 21m – 35,48t

Vão 30m –  $\frac{41,04t}{76,52t}$

#### V2/V4

Vão 21m – 44,42t

Vão 30m –  $\frac{51,12t}{95,54t}$

#### V3

Vão 21m – 42,84 t

Vão 30m –  $\frac{49,30t}{92,14t}$

$$N_{gk} = [(2 \times (76,52 + 95,54)) + 92,14] = 436,26t$$

$$N_d = 1,35 \times N_{gk} + 1,5 \times \varphi 1,25 \times 436,26$$

$$N_d = 1702,55 \text{ t}$$

### Cargas horizontais

Frenagem e aceleração

$$H_f = \frac{(0,3 \times 45)}{2} = 6,75$$

### Cargas transversais

Carga de vento

$$P_v = 0,1 \text{ t/m}^2$$

Carregada

$$H_{v21} = \left[ 0,1 \times 4,0 \times \left( \frac{21}{2} \right) \right] = 4,2t - \text{Vão 21m}$$

$$H_{v30} = 0,1 \times 4,0 \times \left( \frac{30}{2} \right) = 6t - \text{Vão 30m}$$

$$H_v = 4,2 + 6 = 10,2t$$

Descarregada

$$H_{v21} = 0,1 \times 2,9 \times \left( \frac{21}{2} \right) = 3,05t - 21m$$

$$H_{v31} = 0,1 \times 2,9 \times \left( \frac{30}{2} \right) = 4,35t - \text{Vão 30m}$$

$$H_v = 3,05 + 4,35 = 7,4t$$

### Momento torsor

Carga permanente - Mtg = 10,03 tfm

Carga móvel - Mtq = 18,83 tfm  
Mtd = 1,35Mtg + 1,5  $\varphi$  Mtg  
Mtd = 1,35x10,03 + 1,5x1,25x18,83  
Mtd = 48,85 tfm

### Esforços de cálculo

Combinação elu

$$Fd = 1,35 cp + 1,5\varphi cm + 1,5 (0,7 H_v + 0,5 H_{ta})$$

$$Hd_g = 1,5 \times 1,25 \times 6,75 = 12,66t$$

$$Hd_v = 1,5 \times 0,7 \times 10,7 = 10,71t$$

### Momento na base do pilar

1ª ordem

$$M_g = Hd_g \times h - Md_g = 12,66 \times 6,2 \cong 78,5tm$$

$$M_{dt} = (10,71 \times 6,3) + (1,5 \times 1,25 \times 176,55) = 398,50tm$$

### Excentricidades mínimas

$$e_{1ymin} = 1,5 + 0,03h = 1,5 + 0,03 \times 60 = 3,3cm$$

$$e'_{1ymin} = 1,5 + 0,03 \times 200 = 7,50cm$$

### Momentos mínimos

$$M_{1dxmin} = Nd \times C_{1xmin}$$

$$M_{1dxmin} = 1702,55 \times 0,033 = 56,18tm$$

$$M_{1dxmin} = Nd \times C_{1xmin}$$

$$1702,55 \times 0,075 = 127,7tm$$

### Comprimento de flambagem

Para Pilar engastado na base e livre no topo

$$l_g = 2l = 2 \times 6,30 = 12,60m$$

$$\lambda_1 = 35 \quad \lambda_x = \frac{l}{i} \quad A_b = 0,6 \times 2 = 1,2m^2$$

$$\lambda_x = \frac{3,46 l_g}{r_x} = \frac{3,46 \times 12,60}{0,6} = 72,66 \quad I_x = \frac{2 \times 0,6^3}{12} = 0,036m^4$$

Como  $\lambda_x > \lambda_1$  serão considerados os efeitos de 2ª ordem.



$$\lambda_y = \frac{3,46 \ell_g}{h_y} \quad A_b = 1,2m^2$$

$$\lambda_y = \frac{3,46 \times 12,6}{2} = 21,8 \quad I_y = \frac{0,6 \times 2^3}{12} = 0,4m^4$$

Como  $\lambda_y < \lambda_1$  = não serão considerados os efeitos de 2ª ordem.

$$A_c = 0,6 \times 2,0 = 1,20m^2$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_f} = \frac{2508}{1,4} = 1785,7t/m^2 \quad A_{cfed} = 2142,86t$$

### Força normal adimensional

$$\gamma = \frac{Nd}{A_{cfed}} = \frac{1702,55}{2142,86} = 0,79$$

### Curvatura sujeita a efeitos de 2ª ordem

$$\frac{1}{V_x} = \frac{0,005}{hx(V + 0,5)} = \frac{0,005}{60 \times (0,79 + 0,5)} = 6,5 \times 10^{-5} cm^{-1} \leq \frac{0,005}{h_x} = 8,3x/c$$

$$\frac{1}{V_y} = \frac{0,005}{200x(0,79 + 0,5)} = 19 \times 10^{-5} cm^{-1} \leq \frac{0,005}{200} = 2,5 \times 10^{-5} cm^{-1}$$

### Excentricidade de 2ª ordem

$$e_{2,x} = \frac{\ell_g^2}{10} \left( \frac{1}{V_x} \right) = \frac{1260^2}{10} \times 6,5 \times 10^{-5} = \frac{1260^2}{10} \times 6,5 \times 10^{-5} = 10,32cm$$

$$e_{2,y} = \frac{\ell_g^2}{10} \left( \frac{1}{V_y} \right) = \frac{1260^2}{10} \times 1,9 \times 10^{-5} = \frac{1260^2}{10} \times 1,9 \times 10^{-5} = 3,02cm$$

### Momentos finais

$$M_{dx} = \alpha_b M_{1dx} + Nd_{e2x} = (1 \times 78,5 + 48,85) + (1702,55 \times 0,1032) = 303,0tm$$

$$M_{dy} = \alpha_b M_{1dy} + Nd_{e2y} = (1 \times 398,50 + 1702,55 \times 0,03) = 449,6tm$$

### Esforços adimensionais

$$\mu_x = \frac{M_{dx}}{h_y A_c f_{cd}} = \frac{303}{0,60 \times 2142,86} \cong 0,24$$

$$\mu_y = \frac{M_{dy}}{h_y A_c f_{cd}} = \frac{449,6}{2,0 \times 2142,86} \cong 0,10$$

- Pelo ábaco de J. Montoya temos para taxa mecânica de armadura:

$$W=0,82$$

$$A_s = \frac{w A_c f_{cd}}{f_{yd}} = \left( \frac{0,82 \times 2142,86}{5000} \right) \times 1,15 = 40,4 \text{ cm}^2$$

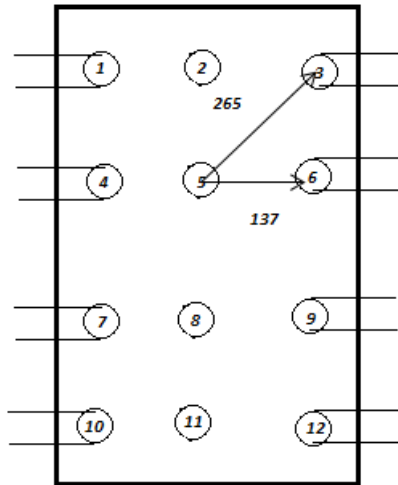
**Armadura mínima**

$$A_{s,min} = 0,15 \frac{Nd}{f_{yd}} \geq 0,4\% A_c$$

$$A_{s,min} = 0,15 \frac{17025,5}{50} = 44,4 \text{ cm}^2 \geq 0,004 \times 60 \times 200 = 48 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,min} = 48 \text{ cm}^2$$

**Processamento da infraestrutura**  
Dimensionamento dos blocos  
Bloco Central



$$a_3^2 = b_3^2 + c_3^2$$

$$a_3^2 = 110^2 + 240^2$$

$$a^2 = 265 \text{ cm}$$

$$a_6^2 = b_6^2 + c_6^2$$

$$a_6^2 = 110^2 + 80^2$$

$$a^2 = 137 \text{ cm}$$

**EST 3**

$a_3 = 265 \text{ cm}$

$h = 140 \text{ cm}$

$\text{tg} \alpha = 140/265 = 0,53$

$\alpha = 28^\circ$

$z = R/\text{tg} \alpha = 79,98/0,53 = 151 \text{ tf}$

$x = 110 \text{ cm}$

$y = 240 \text{ cm}$

$\text{tg} \theta = 110/240 = 0,46$

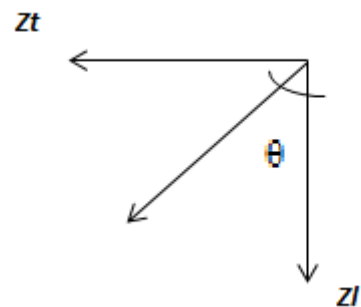
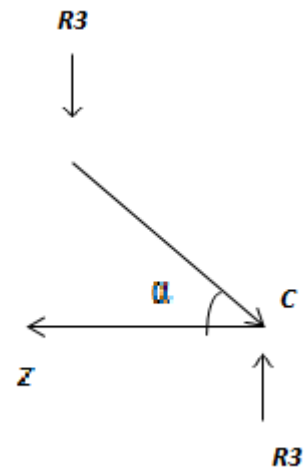
$\theta = 22,6^\circ$

$z_{l3} = z \cdot \cos \theta$

$151 \cdot \cos 22,6^\circ = 139,4 \text{ tf}$

$z_{t3} = z \cdot \text{sen} \theta$

$151 \cdot \text{sen} 22,6^\circ = 58 \text{ tf}$



**EST 6**

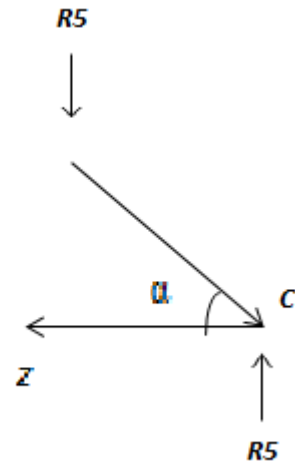
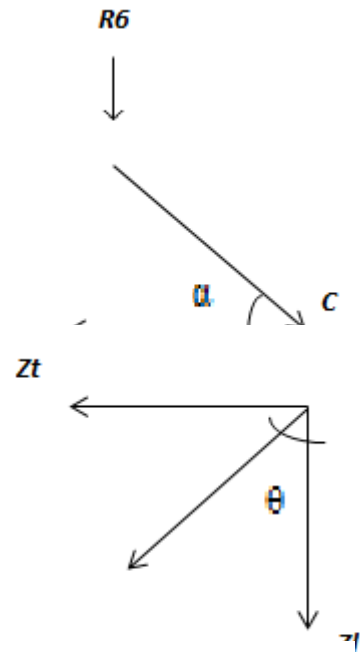
$a_3 = 137 \text{ cm}$   
 $h = 140 \text{ cm}$   
 $\text{tg}\alpha = 137/140 = 0,98$   
 $z = R/\text{tg}\alpha = 79,98/0,98 = 81,6 \text{ tf}$

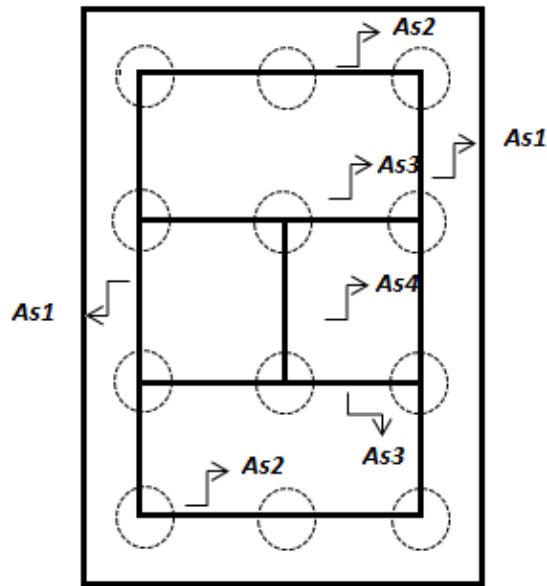
$x = 110 \text{ cm}$   
 $y = 80 \text{ cm}$   
 $\text{tg}\theta = 110/80 = 1,375$   
 $\theta = 53,97^\circ$

$z_{l3} = z \cdot \cos \theta = 81,6 \cdot \cos 53,97^\circ = 48 \text{ tf}$   
 $z_{t3} = z \cdot \sin \theta = 81,6 \cdot \sin 53,97^\circ = 66 \text{ tf}$

**EST 5**

$d = 80 \text{ cm}$   
 $h = 140 \text{ cm}$   
 $\text{tg}\alpha = 140/80 = 1,75$   
 $z = R/\text{tg}\alpha = 83,52/1,75 = 47,73 \text{ tf}$





$$As1 = (139,4 + 48) / 4,348 = 43 \text{ cm}^2 \quad 14 \Phi 20 \text{ mm}$$

$$As2 = (58) / 4,348 = 13,34 \text{ cm}^2 \quad 5 \Phi 20 \text{ mm}$$

$$As3 = (66) / 4,348 = 15,18 \text{ cm}^2 \quad 5 \Phi 20 \text{ mm}$$

$$As4 = (47,73) / 4,348 = 10,98 \text{ cm}^2 \quad 4 \Phi 20 \text{ mm}$$

### Cinta de ligação dos blocos dos encontros

Dados os diagramas:

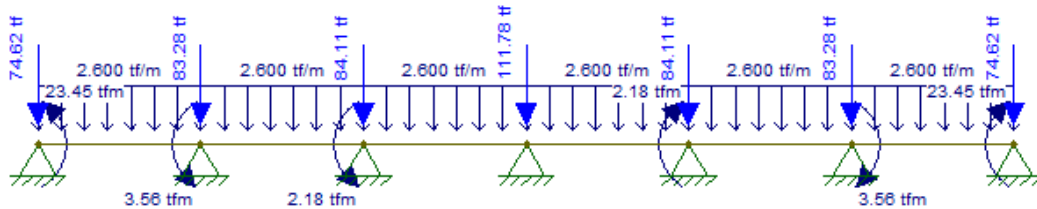


Diagrama de esforços Cortantes:

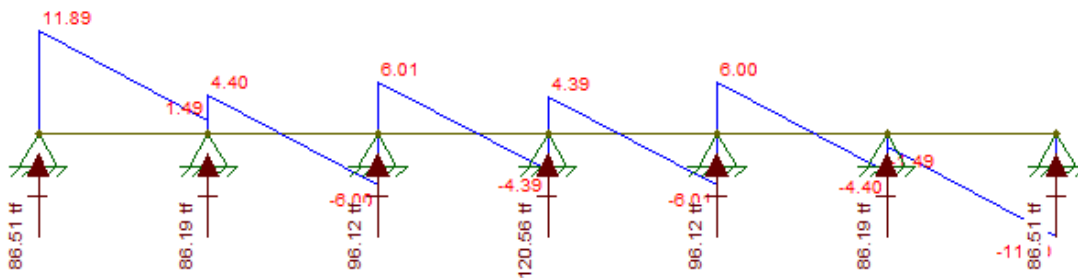
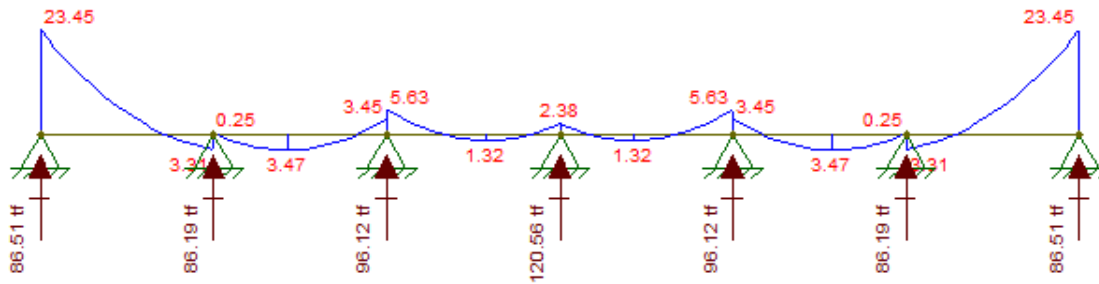


Diagrama de momentos fletores:



$$M_d = \gamma_f \times M_k$$

$$M_d = 1,4 \times 23,45 = \mathbf{32,83 \text{ tfm}}$$

$$V_d = \mathbf{16,65 \text{ tf}}$$

Para uma seção de 40 x 80 cm

### Dimensionamento à Flexão

<b>d</b>	76	cm
<b>f<sub>cd</sub></b>	21,43	MPa
<b>k<sub>md</sub></b>	0,066	-
<b>k<sub>x</sub></b>	0,102	-
<b>k<sub>z</sub></b>	0,959	-
<b>x</b>	7,73	cm
<b>z</b>	72,91	cm
<b>ε<sub>c</sub></b>	0,113	-
<b>ε<sub>s</sub></b>	1,000	-
<b>Domínio</b>	2	-
<b>σ<sub>Sd</sub></b>	4,35	tf/cm <sup>2</sup>
<b>A<sub>s,min</sub></b>	5,54	cm <sup>2</sup>
<b>A<sub>s,max</sub></b>	128,00	cm <sup>2</sup>
<b>A<sub>s</sub></b>	<b>10,36</b>	<b>cm<sup>2</sup></b>

Adotou-se 6 Φ 16 mm

### Dimensionamento ao Corte

<b>f<sub>ctd</sub></b>	1,45	MPa
<b>f<sub>ywd</sub></b>	434,78	MPa
<b>α<sub>v2</sub></b>	0,88	-
<b>V<sub>Rd2</sub></b>	154,78	tf
<b>V<sub>c</sub></b>	26,42	tf
<b>V<sub>sw</sub></b>	-9,77	tf
<b>A<sub>sw,min/s</sub></b>	5,33	cm <sup>2</sup> /m
<b>A<sub>sw/s</sub></b>	<b>-3,28</b>	<b>cm<sup>2</sup>/m</b>

## Dimensionamento das Estacas

\*\*\*\*\*  
 PROJETO 3771 ESTACA 593 extremidade vão 21 M  
 CALCULO DO ESTAQUEAMENTO  
 \*\*\*\*\*

Uso licenciado para a firma:  
 SFENG Consultoria Ltda.

Num. de Estacas = 2

E = 2100000.                      G = 875000.

Estacas rotuladas no Bloco e na Base

Características Geométricas das Estacas

AX= 0.1300    IX= 0.000140    IY= 0.001400    IZ= 0.001400

EST.	XI	YI	ZI	XF	YF	ZF	COMPR.
1	-0.700	0.000	0.000	-0.700	-10.000	0.000	10.000
2	0.700	0.000	0.000	0.700	-10.000	0.000	10.000

\*\*\*\*\*  
 PROJETO 3771 ESTACA 593 extremidade vão 21 M  
 CALCULO DO ESTAQUEAMENTO  
 \*\*\*\*\*

B1: 2 estacas

Forca-X	Forca-Y	Forca-Z	Mom. -X	Mom. -Y	Mom. -Z
-2.26	-148.20	-1.04	-31.49	0.00	-35.47

Deslocamentos e Rotacoes no Topo do Bloco

Desl. -X	Desl. -Y	Desl. -Z	Rot. -X	Rot. -Y	Rot. -Z
0.00000	-0.00271	0.00000	-0.00003	0.00000	-0.00133

Forças e Momentos no Topo da Estaca (Sistema Local)						
EST.	FORC-X	FORC-Y	FORC-Z	MOM. -X	MOM. -Y	MOM. -Z
1	48.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	99.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Forças e Momentos na Base da Estaca (Sistema Local)						
EST.	FORC-X	FORC-Y	FORC-Z	MOM. -X	MOM. -Y	MOM. -Z
1	-48.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-99.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

\*\*\*\*\*  
 PROJETO 3771 ESTACA 593 INTEGRAÇÃO ENTRE VÃO DE 21M E 21M  
 CALCULO DO ESTAQUEAMENTO  
 \*\*\*\*\*

Uso licenciado para a firma:  
 SFENG Consultoria Ltda.

Num. de Estacas = 12

E = 2100000.                      G = 875000.

Estacas rotuladas no Bloco e na Base

Características Geometricas das Estacas

AX= 0.1300    IX= 0.000140    IY= 0.001400    IZ= 0.001400

EST.	XI	YI	ZI	XF	YF	ZF	COMPR.
1	-1.100	0.000	-2.400	-3.179	-9.781	-2.400	10.000
2	0.000	0.000	-2.400	0.000	-10.000	-2.400	10.000
3	1.100	0.000	-2.400	3.179	-9.781	-2.400	10.000
4	-1.100	0.000	-0.800	-3.179	-9.781	-0.800	10.000
5	0.000	0.000	-0.800	0.000	-10.000	-0.800	10.000
6	1.100	0.000	-0.800	3.179	-9.781	-0.800	10.000
7	-1.100	0.000	0.800	-3.179	-9.781	0.800	10.000
8	0.000	0.000	0.800	0.000	-10.000	0.800	10.000
9	1.100	0.000	0.800	3.179	-9.781	0.800	10.000
10	-1.100	0.000	2.400	-3.179	-9.781	2.400	10.000
11	0.000	0.000	2.400	0.000	-10.000	2.400	10.000
12	1.100	0.000	2.400	3.179	-9.781	2.400	10.000

O ESTAQUEAMENTO NAO TEM RIGIDEZ NA DIRECAO 3

\*\*\*\*\*  
 PROJETO 3771 ESTACA 593 INTEGRAÇÃO ENTRE VÃO DE 21M E 21M  
 CALCULO DO ESTAQUEAMENTO  
 \*\*\*\*\*

B1: 12 estacas com inclinação vertical de 12°

Forca-X	Forca-Y	Forca-Z	Mom. -X	Mom. -Y	Mom. -Z
-2.26	-779.71	-1.04	-183.92	0.00	-125.66



Deslocamentos e Rotacoes no Topo do Bloco

Desl.-X Desl.-Y Desl.-Z Rot.-X Rot.-Y Rot.-Z  
 \*\*\*\*\* -0.00245 0.00000 -0.00018 -0.00060\*\*\*\*\*

-----

Forças e Momentos no Topo da Estaca (Sistema Local)

EST.	FORC-X	FORC-Y	FORC-Z	MOM.-X	MOM.-Y	MOM.-Z
1	26.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	78.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	79.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	26.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	70.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	79.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	26.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	62.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	79.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	26.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	55.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	79.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

-----

-----

Forças e Momentos na Base da Estaca (Sistema Local)

EST.	FORC-X	FORC-Y	FORC-Z	MOM.-X	MOM.-Y	MOM.-Z
1	-26.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-78.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	-79.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	-26.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	-70.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	-79.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	-26.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	-62.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	-79.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	-26.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	-55.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	-79.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

-----

3.6.1 – Memória de Cálculo das Quantidades

INFRAESTRUTURA						
2 S 03 322 00	Conc.estr.fck=10 MPa-contr.raz.uso ger.conf.e lanç					
Q =		11,07 m3				
Concreto de regularização						
	X (m)	Y (m)	Z (m)	Quantidade	Volume (m³)	
BE1=BE2 (A,C,D,E,F,G)	2,30	1,10	0,10	12	3,04	
BE1=BE2 (B)	2,30	2,10	0,10	2	0,97	
B1=B2 (A,B)	3,10	5,70	0,10	4	7,07	
TOTAL (m³)					11,07	
Estraca raiz D=410mm, perfurada em solo incluindo fornecimento de todos os materiais e injeção						
	Quantidade	Comprimento (m)	Total (m)			
BE1	14	10,00	140,00			
BE2	14	10,00	140,00			
B1	20	10,00	200,00			
B2	20	10,00	200,00			
TOTAL (m)			680,00			
2 S 03 329 03	Conc.estr.fck=25 MPa-contr.raz.uso ger.conf.e lanç					
Q =		174,24 m3				
	X (m)	Y (m)	Z (m)	Quantidade	Volume (m³)	
BE1=BE2 (A,C,D,E,F,G)	2,20	1,00	1,40	12	36,96	
BE1=BE2 (B)	2,20	2,00	2,40	2	21,12	
B1=B2 (A,B)	3,00	5,60	1,50	4	100,80	
CE1=CE2 (a,b,c,d,e,f)	0,40	4,00	0,80	12	15,36	
TOTAL (m³)					174,24	
2 S 03 580 02	Fornecimento, preparo e colocação formas aço CA 50 - Blocos					
	Peso (kg)					
Blocos	6039					
2 S 03 580 02	Fornecimento, preparo e colocação formas aço CA 50 - Cintas					
	Peso (kg)					
Cintas	1105					
2 S 03 580 02	Fornecimento, preparo e colocação formas aço CA 50 - Encontros					
	Peso (kg)					
Encontro A	11367					
Encontro B	101					
Total	11468					
2 S 03 370 00	Forma comum de madeira					
Q =		347,04 m2				
Blocos e cintas						
	Perímetro (m)	Altura (m)	Quantidade	Forma (m²)		
BE1=BE2 (A,C,D,E,F,G)	6,40	1,40	12	107,52		
BE1=BE2 (B)	8,40	2,40	2	40,32		
B1=B2 (A,B)	17,20	1,50	4	103,20		
CE1=CE2 (a,b,c,d,e,f)	2,00	4,00	12	96,00		
TOTAL (m²)				347,04		
2 S 03 000 02	Escavação manual de cavas em material 1ª cat					
Q escav. =		788,32 m3				
No volume de escavação foi considerado um acréscimo de 1,00 m na horizontal em cada direção, (blocos) e 0,5m em cada sentido para as cintas de travamento. As laterais foram consideradas escavadas em diagonal (45°). O volume foi aproximado ao volume de um tronco de pirâmide para o cálculo.						
Blocos						
	Área em corte	Comprimento (m)	Quantidade	Volume (m³)		
BE1(A,C,D,E,F,G)-220x100x140	6,44	3,78	6,0	146,06		
BE1B-(220x200x240)	13,44	6,10	1,0	81,98		
BE2(A,C,D,E,F,G)-220x100x140	6,44	3,78	6,0	146,06		
BE2B-(220x200x240)	13,44	6,10	1,0	81,98		
B1A/B1B (300x560x150)	12,15	5,73	2,0	139,24		
B2A/B2B (300x560x150)	12,15	5,73	2,0	139,24		
TOTAL (m³)				734,56		
Cintas						
	Área em corte	Comprimento (m)	Quantidade	Volume (m³)		
CE1 (a,b,c,d,e,f) - 400x40x80	1,12	4,00	6,0	26,88		
CE2 (a,b,c,d,e,f) - 400x40x80	1,12	4,00	6,0	26,88		
TOTAL (m³)				53,76		
2.2 - Compactação de aterros a 95% procto normal				<b>Total (blocos e cintas)</b>		<b>788,32</b>
2 S 01 510 00	Compactação de aterros a 95% procto normal					
Q compact. =		614,08 m3				
Blocos						
	Ve (m³)	Vb (m³)	Compactação (m³)			
BE1(A,C,D,E,F,G)-220x100x140	146,06	18,48	127,58			
BE1B-(220x200x240)	81,98	10,56	71,42			
BE2(A,C,D,E,F,G)-220x100x140	146,06	18,48	127,58			
BE2B-(220x200x240)	81,98	10,56	71,42			
B1A/B1B (300x560x150)	139,24	50,40	88,84			
B2A/B2B (300x560x150)	139,24	50,40	88,84			
TOTAL (m³)			575,68			
Cintas						
	Ve (m³)	Vc (m³)	Compactação (m³)			
CE1 (a,b,c,d,e,f) - 400x40x80	26,88	7,68	19,20			
CE2 (a,b,c,d,e,f) - 400x40x80	26,88	7,68	19,20			
TOTAL (m³)			38,40			
				<b>Total (blocos e cintas)</b>		<b>614,08</b>
Ve – Volume de escavação Vvt – Volume da viga travessa enterrada						

**MESOESTRUTURA**

2 S 03 510 00 Aparelho de apoio em neoprene fretado forn. e aplic.

Q = 845,72 kg

Comprimento (m)	Largura (m)	Espessura (m)	Volume (m³)	Peso esp. (kg/m³)	Quantidade	Peso (kg)
0,25	0,4	0,047	0,005	2999	60	845,72
<b>TOTAL (kg)</b>						<b>845,72</b>

2 S 03 329 03 Conc.estr.fck=30 MPa-contr.raz.uso ger.conf.e lanç

Q = 56,48 m³

	Área (m²)	Quantidade	Comprimento (m)	Volume (m³)
-	0,32	14	5,00	22,40
PE1=PE2 (A,B,C,D,E,F,G) - 80x40	14,20	2	0,60	17,04
P1=P2 (A) - 60xVAR	14,20	2	0,60	17,04
<b>TOTAL (m³)</b>				<b>56,48</b>

2 S 03 370 00 Forma comum de madeira

Q = 305,94 m²

	Perímetro (m)	Altura (m)/Comprimento (m)	Unidades	Forma (m²)
-	2,4	5,00	14	168
PE1=PE2 (A,B,C,D,E,F,G) - 80x40	-	-	2	68,97
P1=P2 (A) - 60xVAR	-	-	2	68,97
<b>TOTAL (m²)</b>				<b>305,94</b>

2 S 03 580 02 Fornecimento, preparo e colocação formas aço CA 50 - Pilares

	Peso (kg)
-	18283
Pilares	

2 S 03 119 01 Escoramento com madeira de OAE

Q = 305,60 m³

	Largura (m)	Comprimento (m)	Altura (m)	Quantidade	Área
-	0,8	0,4	5	14	168
<b>Total (m³)</b>					<b>305,6</b>

**SUPERESTRUTURA**

2 S 03 370 00 Forma comum de madeira

Q = 5.735,78 m²

	Largura (m)	Comprimento (m)	Altura (m)	Perímetro (m)	Quantidade	Forma (m²)
-	25,62	63,12	0,22	26,06	1	1656,21
Laje do tabuleiro	0,60	21,00	1,50	3,60	30	2322,00
Longarinas 21m	1,30	25,62	1,30	3,90	2	206,60
Viga travessa (encontro)	1,45	25,62	1,30	4,05	2	215,06
Viga travessa	0,50	0,50	0,55	0,83	60	48,90
Console (viga travessa)	4,00	12,50	0,25	4,50	4	233,00
Laje de transição	0,30	12,00	1,30	2,90	12	417,60
Transversinas (vão 21m)	0,40	63,12	0,87	1,74	4	441,16
Guarda-rodas	0,30	25,62	1,82	3,76	2	195,26
Cortina	<b>TOTAL (m²)</b>					<b>5735,78</b>

2 S 03 329 04 Conc.estr.fck=30 MPa-contr.raz. c/adit.conf.e lanç

Q = 1.317,15 m³

	Largura (m)	Comprimento (m)	Altura (m)	Área (m²)	Quantidade	Volum (m³)
-	25,62	63,12	0,22	5,64	1	356,00
Laje do tabuleiro	0,60	21,00	1,50	0,9	30	567,00
Longarinas 21m	1,30	25,62	1,30	1,69	2	86,60
Viga travessa (encontro)	1,45	25,62	1,30	2,03	2	104,02
Viga travessa	0,50	0,50	0,55	0,20	60	6,00
Console (viga travessa)	4,00	12,50	0,25	1,00	4	50,00
Laje de transição	0,30	12,00	1,30	0,39	12	56,16
Transversinas (vão 21m)	0,40	63,12	0,87	0,23	4	58,07
Guarda-rodas	0,30	25,62	1,82	0,65	2	33,31
Cortina	<b>TOTAL (m³)</b>					<b>1317,15</b>

2 S 03 580 02 Fornecimento, preparo e colocação formas aço CA 50 - Pré laje

	Peso (kg)
-	10590
Pré laje	

2 S 03 580 02 Fornecimento, preparo e colocação formas aço CA 50 - Laje do tabuleiro

	Peso (kg)
-	14015
Laje do tabuleiro 21 m	14015
Total	14015

2 S 03 580 02 Fornecimento, preparo e colocação formas aço CA 50 - Longarinas 21m

	Peso (kg)
-	45690
Longarinas 21 m	45690

2 S 03 580 02 Fornecimento, preparo e colocação formas aço CA 50 - Viga travessa

	Peso (kg)
-	7610
Viga travessa (encontro)	7610

2 S 03 580 02 Fornecimento, preparo e colocação formas aço CA 50 - Laje de transição

	Peso (kg)
-	
Laje de transição	3620

2 S 03 580 02 Fornecimento, preparo e colocação formas aço CA 50 -Transversinas 2 (vão 21m)

	Peso (kg)
-	
Transversinas 1 (vão 21m)	5790

2 S 03 580 02 Fornecimento, preparo e colocação formas aço CA 50 - laje elástica

	Peso (kg)
-	
Laje elástica	6512

Fornecimento, corte e colocação de cabos em aço CP-190 RB 9 D=12,7mm

	Peso (kg)
-	
Vão de 21m	9510,00
TOTAL (kg)	

Fornecimento, colocação e protensão de ancoragens ativas p/cabos 9 D=12,7mm

	Unidade
-	
Vão de 21m	120
TOTAL (un)	

Fornecimento, corte, colocação e injeção com nata de cimento de bainhas metálicas diâm. = 62mm

	Comprimento (m)
-	
Vão de 21m	1124
TOTAL (m)	

4.10 - Lançamento de vigas pré-fabricadas em concreto conforme especificação para vigas de 21 m de extensão até 40 tf de peso

	Quantidade
-	
Vão de 21 m	30

Pré-Laje

Largura (m)	Comprimento (m)	Forma (m²)	Volume (m³)	Taxa (Kg/m³)	Peso (Kg)
VAR	63,12	1021,00	71,00	100	7100,00

4 S 06 030 11 Barreira de segurança dupla DNER PRO 176/86

Q1 = 252,50 m

Comprimento (m)	Total (m)
252,50	252,50

2 S 03 991 02 Dreno de PVC D=100 mm

Q1 = 32,00 m

Quantidade
32,00

2 S 03 930 00 Junta de cantoneira

Junta de dilatação e vedação em perfil elastomérico com lábios poliméricos de 25 mm, JJ 2540 V-V

Quantidade	Largura (m)	Total (m)
4	25,62	102,48

2 S 03 119 01 Escoramento com madeira de OAE

Q = 705,00 m3

	Volume (m³)
-	
Viga travessa	705,00
TOTAL (m³)	705,00

**CONTENÇÃO**

5 S 05 303 02 Terra armada - ECE - greide 6,0<h<9,00

Q = 576,00 m2

Terra Armada - ECE - Greide 6,0<h<9,0m	Total (m²)
	576,00

5 S 05 303 05 Terra armada - ECE - pé de talude 6,0<h<9,00m

Q = 23,00 m2

Terra Armada - ECE -Pé de Talude - 6,0<h<9,0m	Total (m²)
	23,00

5 S 05 303 09 Escamas de concreto armado para terra armada

Q = 87,00 m3

Escamas de conocr.armado para Terra armada AC/BC	Total (m³)
	87,00

### **3.7 – Memória de Cálculo Viaduto Estaca 647+0,00**

### 3.7.1 – Introdução

Este volume contém a Memória de Cálculo referente ao Viaduto Estaca 647, para trem tipo TB-45, da Norma NBR 7188 - Carga Móvel em ponte rodoviária e passarela de pedestre. A ponte apresenta 63,00m de superestrutura, constituída de 3 vãos com cadencia de 21m, iniciando-se na estaca 645+10,440 até a estaca 648+13,560, e dois tabuleiros de 12,80m cada, com largura total de 25,60m sendo dois guarda-rodas de 0,40m e uma faixa de rolagem de 12,00m cada tabuleiro. As fundações serão indiretas, através de estacas raiz com diâmetro de 410mm.

### 3.7.2 - Ficha Técnica

#### Generalidades

Ponte Rodoviária, em Rodovia de 1ª Categoria.

**Extensão:** A ponte apresenta 63,00m de superestrutura, constituída de 3 vãos com cadencia de 21,00m.

**Largura:** Dois tabuleiros de 12,80m, com largura total de 25,60m, dois guarda rodas de 0,40m e uma faixa de rolagem de 12,00m cada tabuleiro.

**Trem-tipo de cálculo:** Tipo de Trem TB-45.

#### Definição da Obra

**Infra-estrutura:** Fundação indireta, através de estacas raiz com diâmetro de 410mm.

**Meso-estrutura:** Na transmissão dos esforços verticais, horizontais, transversais e longitudinais, estão previstos aparelhos de apoio de neoprene fretado.

**Superestrutura:** Sistema em vigas múltiplas bi-apoiadas, pré-moldadas, em concreto protendido.

#### Características Geométricas

Em perfil – Trecho em nível.

Em planta – Trecho em tangente.

#### Materiais

Concreto

Regularização – fck = 10MPa

Infraestrutura – fck = 25MPa

Mesoestrutura – fck = 30MPa

Superestrutura – fck = 30MPa

Aço

Para complementação de peças protendidas e de concreto armado: CA-50.

Para concreto protendido: CP-190RB.

#### Pesos Específicos

Concreto Estrutural: 2,50t/m<sup>3</sup>

Pavimentação: 2,40t/m<sup>3</sup>

Terra: 1,80t/m<sup>3</sup>

### **Coefficientes de Segurança**

#### **Majoração :**

Para Esforços de Carga Permanente = 1,35

Para Esforços de Carga Móvel = 1,50

#### **Minoração :**

Resistência do Concreto = 1,40

Resistência do Aço = 1,15

### **Classe de agressividade**

Classe de agressividade III

### **Diversos**

Transmissão de Esforços da “Superestrutura x Mesoestrutura” na região dos encontros através de Aparelhos de Apoio de Neoprene Fretado.

Drenagem – Através de tubulação externa em PVC para esgoto com Ø=100mm.

### **Normas**

Normas da ABNT e DNIT, em suas últimas edições, a saber.

NBR 6118:2003 - Projeto de estruturas de concreto – Procedimentos

NBR 6122:1988 - Projeto e Execução de Fundações

NBR 7187:2003 - Projeto e execução de pontes de concreto armado – Procedimento

NBR 7188:1984 - Carga móvel em ponte rodoviária e passarela de pedestres – Procedimento

NBR 8681:2003 - Ações e segurança nas estruturas – Procedimento

NBR 10839:1989 – Execução de obras de artes especiais em concreto armado e concreto protendido – Procedimento.

NBR 6123:1988 - Forças devidas a vento em edificações

Manual de Construção de obras de arte especiais - 1995 - DNER

Manual de projeto de obras de arte especiais- 1996 - DNER

Manual de recuperação de pontes e viadutos rodoviários - 2010 - DNIT

### **Publicações Técnicas**

Tabelas para cálculo de Lajes de Pontes – Prof. Rüsçh

Tabelas da Promon para Dimensionamento de Armaduras

Fundações Teoria e Prática – Editora Pini

Estruturas de Fundações – Marcello da Cunha Moraes, Ed.McGRAW – Hill do Brasil LTDA

Construções de Concreto – F. Leonhardt, Editora Interciência.

### **Programas de Cálculo Utilizados**

O dimensionamento, obtenção de esforços devido às forças horizontais, longitudinais e transversais foram executados com o uso do Programa de Análise e Processamento **Sofistik/Ftool**;

A análise de esforços nos estaqueamentos foram analisados com o Programa **Estaca** da Projecon; A interação *estaca x solo* com o Programa **Aoki-Velloso** e verificado pelo programa de análise **PFM** da Paulo Frederico Monteiro Consultoria.

## Processamento

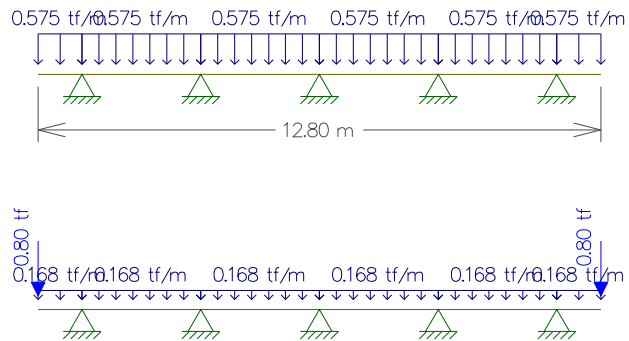
### Memória de Cálculo da Viga de 21m Carga Permanente

#### Transversal

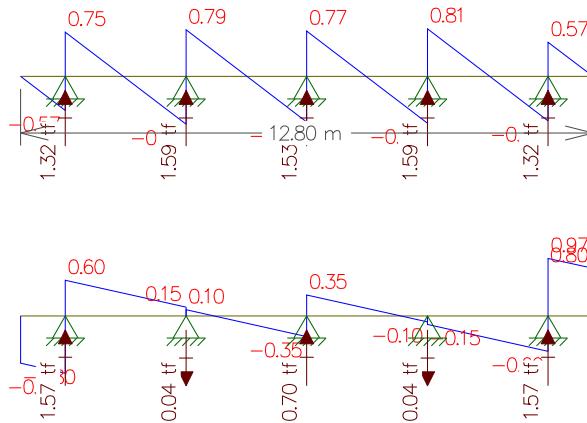
#### Peso da Laje

#### Peso do Guarda-rodas + pavimento + recapeamento

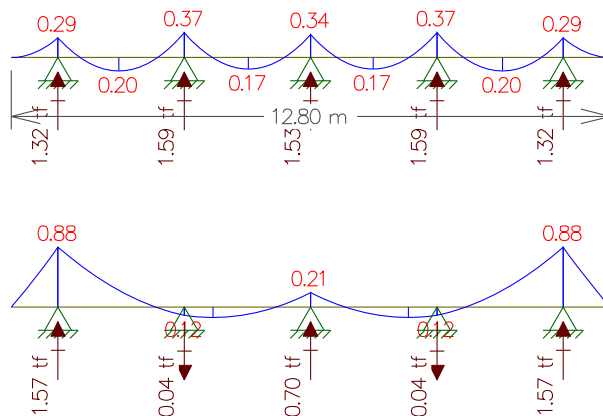
#### o Cargas



#### o Cortantes



#### o Momentos



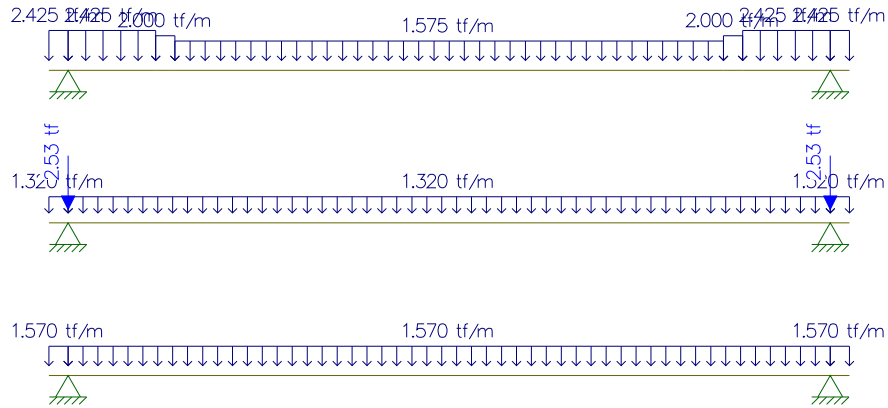


Longitudinal

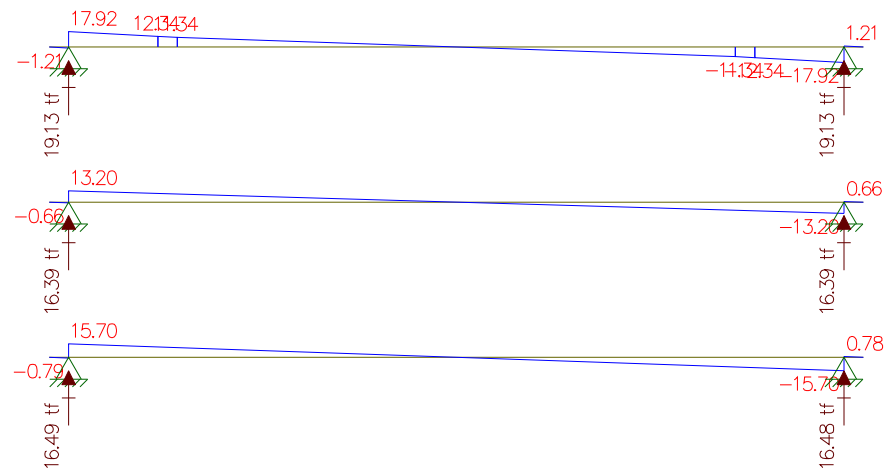
o Viga 1 e 5:

1. Peso próprio da Viga
2. Peso do guarda-rodas + pavimento + recapeamento
3. Peso da laje

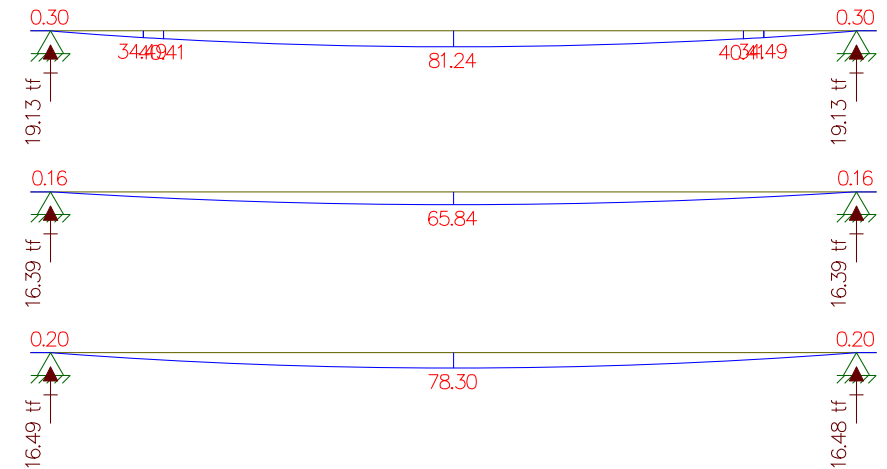
**Cargas**



**Cortante**

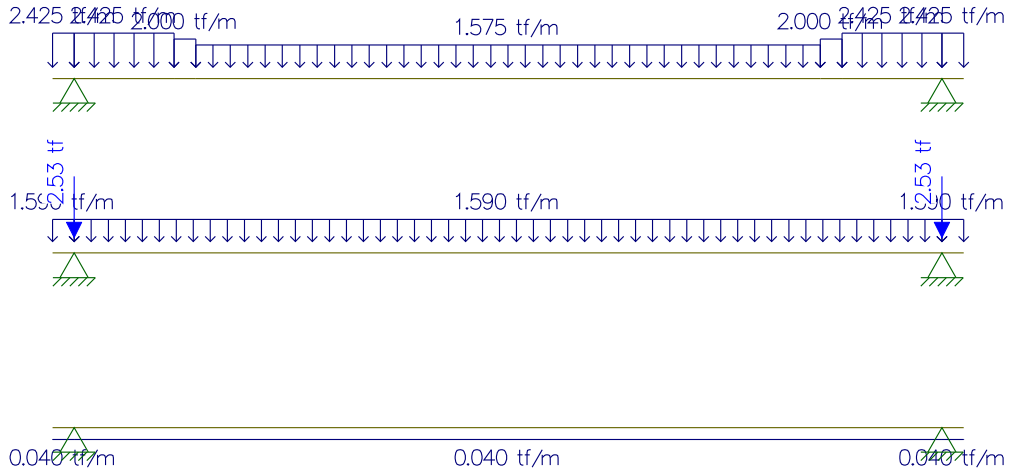


**Momentos**

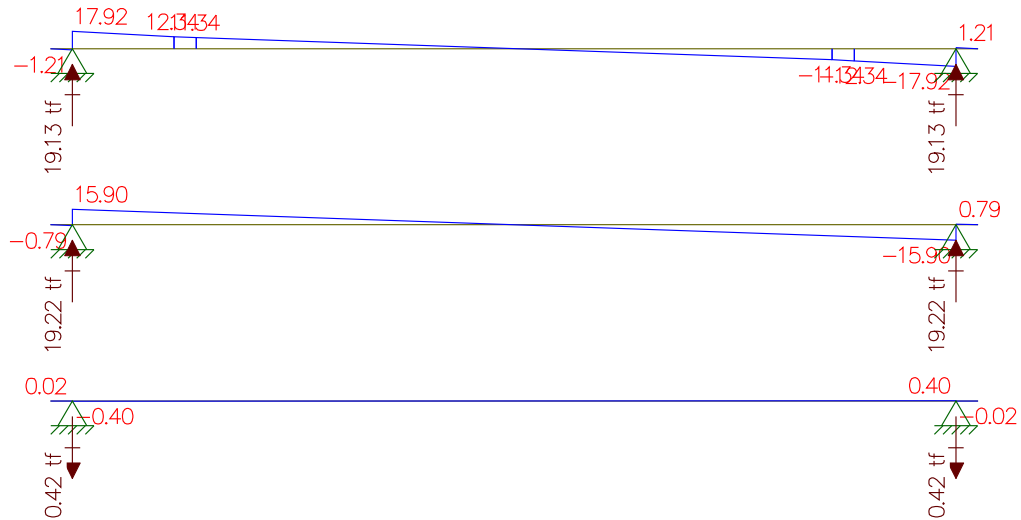


- o Viga 2 e 4:
- Peso próprio da Viga
- Peso do guarda-rodas + pavimento + recapeamento
- Peso da laje

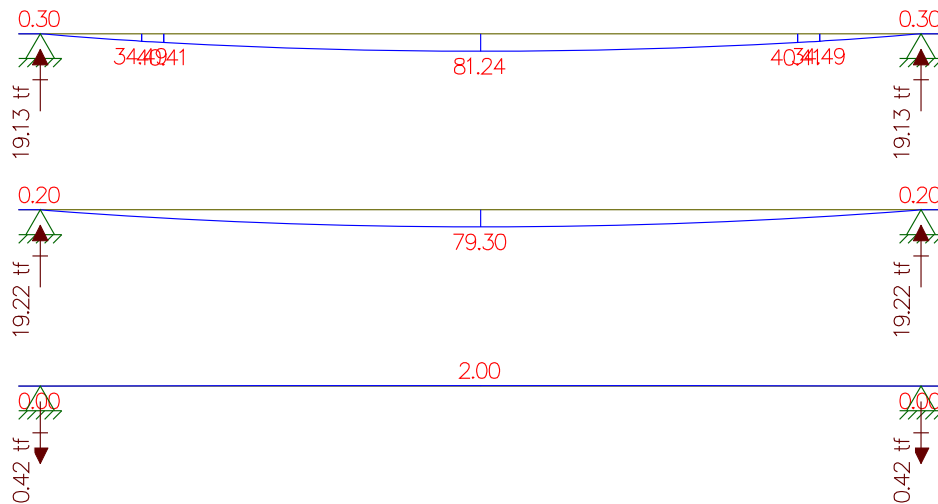
**Cargas**



**Cortante**

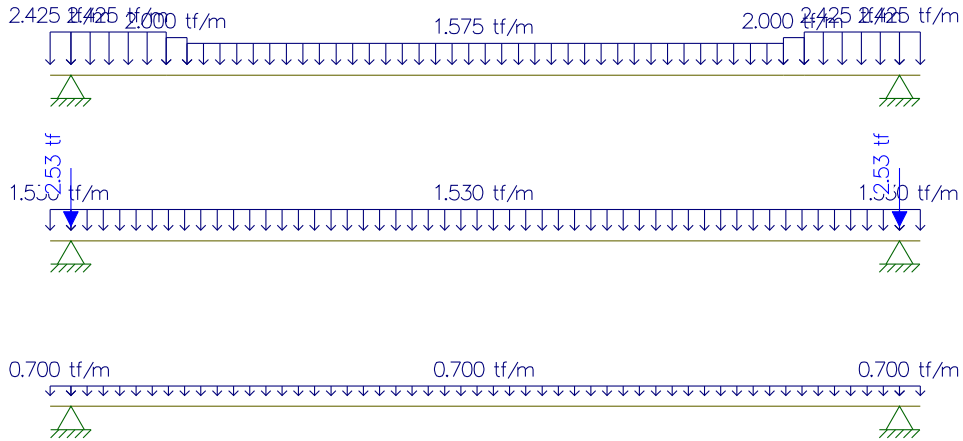


**Momento**

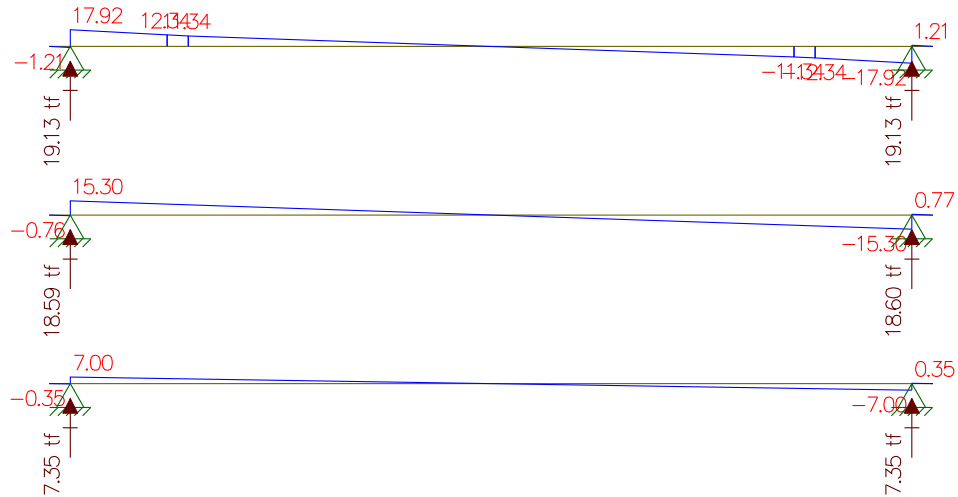


- Viga 3:
- Peso próprio da Viga
- Peso do guarda-rodas + pavimento + recapeamento
- Peso da laje

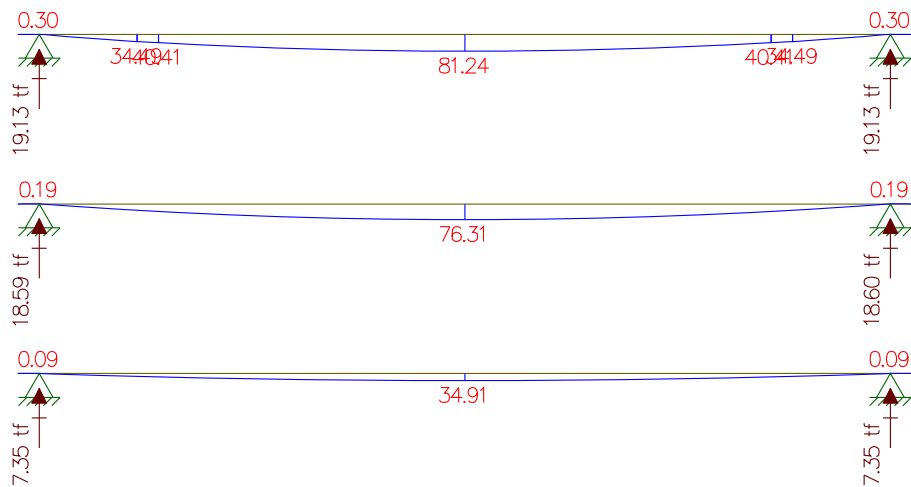
**Cargas**



**Cortantes**



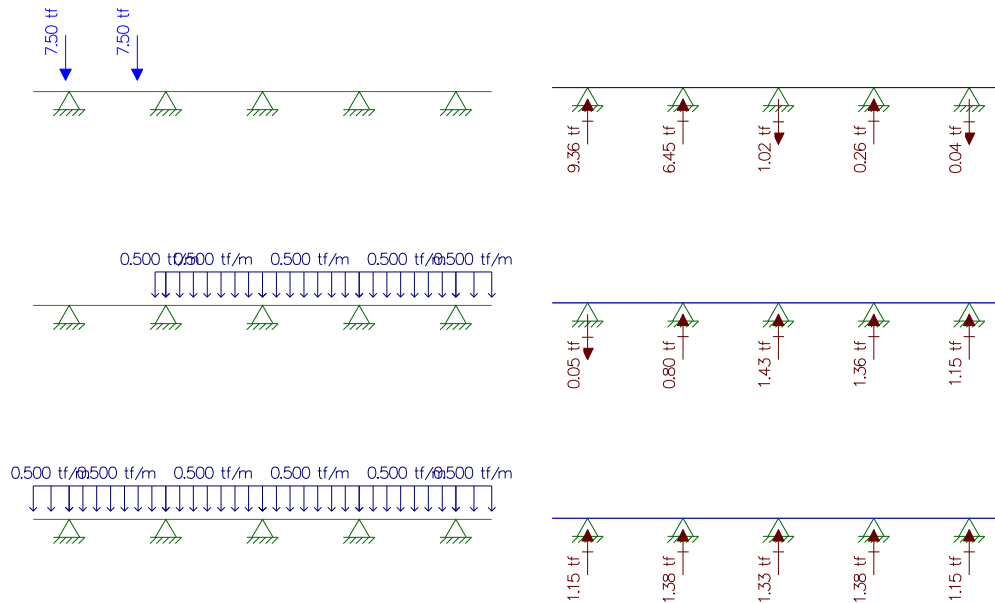
**Momentos**



## Carga Móvel

Vigas 1 e 5

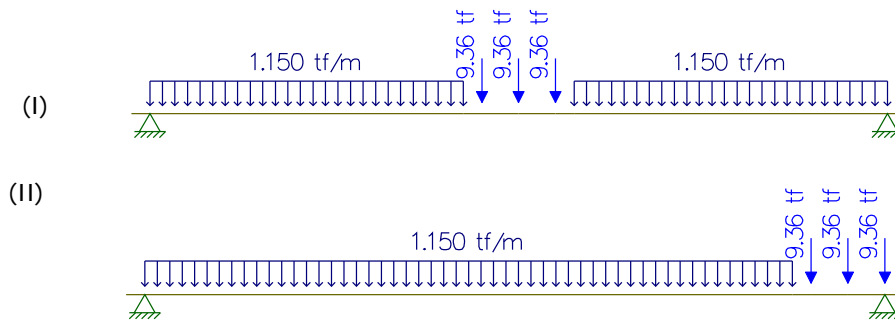
Transversal



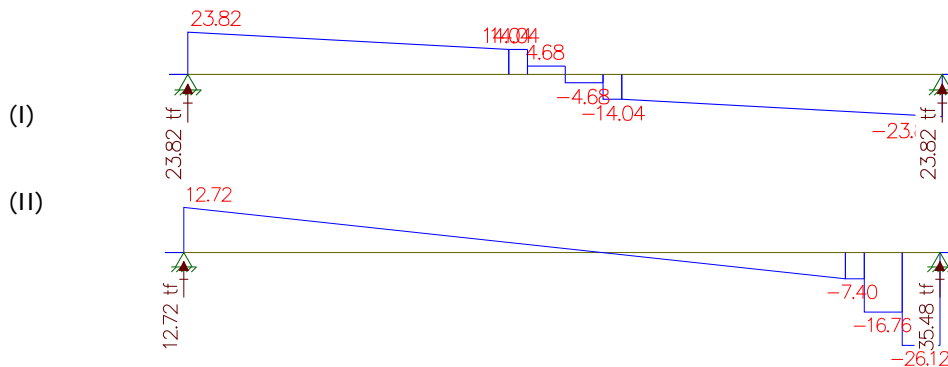
Longitudinal

Para obter o momento máximo.

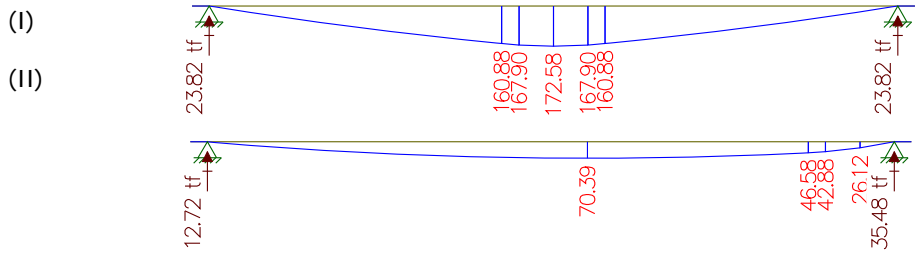
Para obter a reação e a cortante máximas.



Cortante

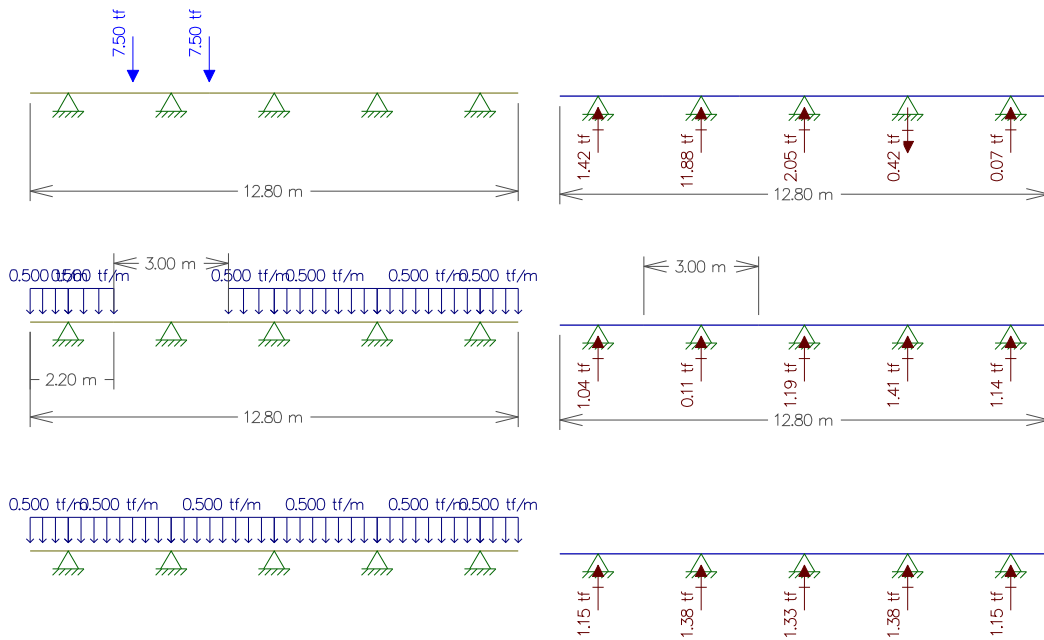


**Momento**



**Vigas 2 e 4**

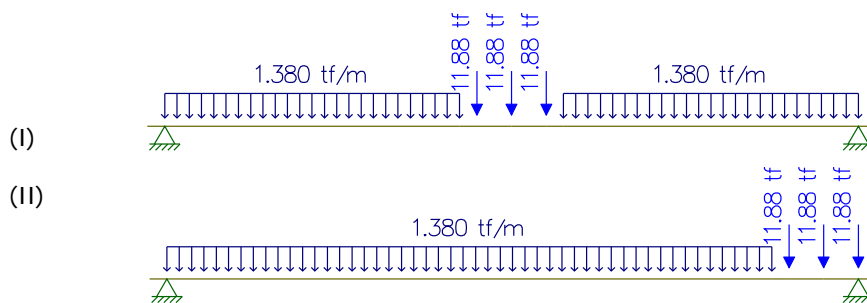
**Transversal**



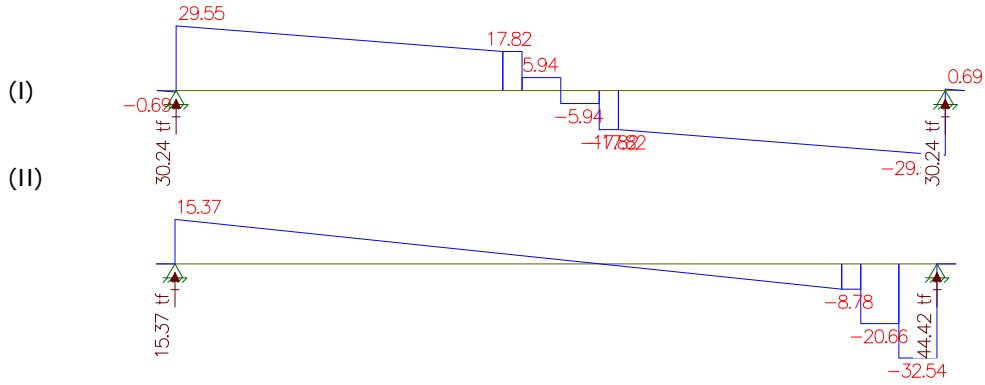
**Longitudinal**

Para obter o momento máximo.

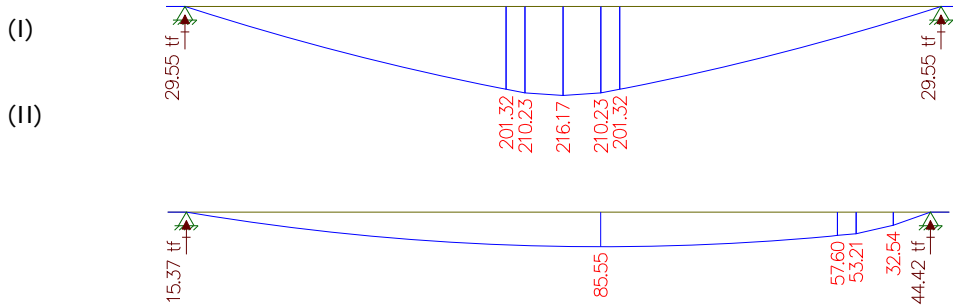
Para obter a reação e a cortante máximas.



**Cortante**

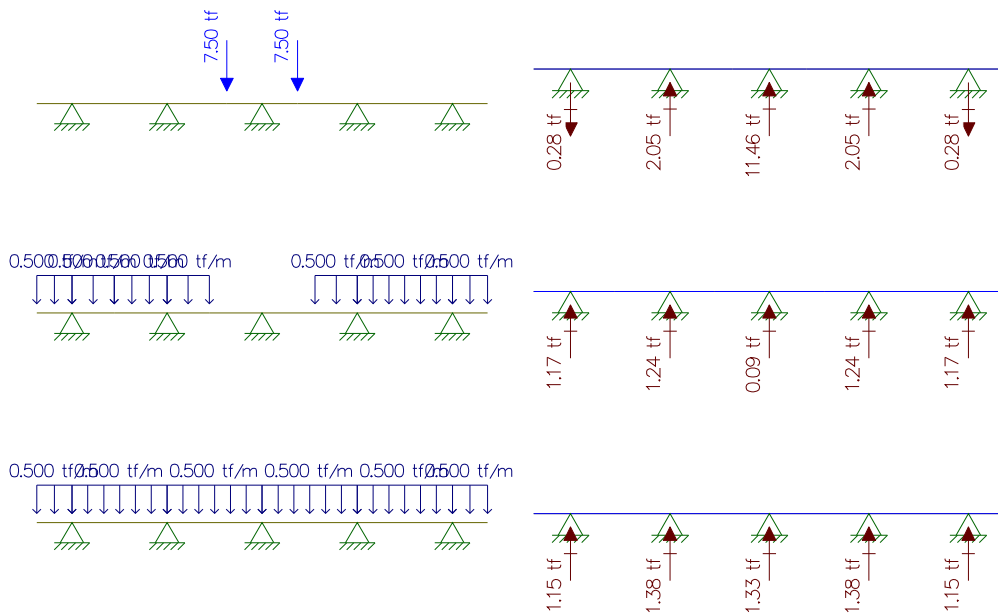


**Momento**

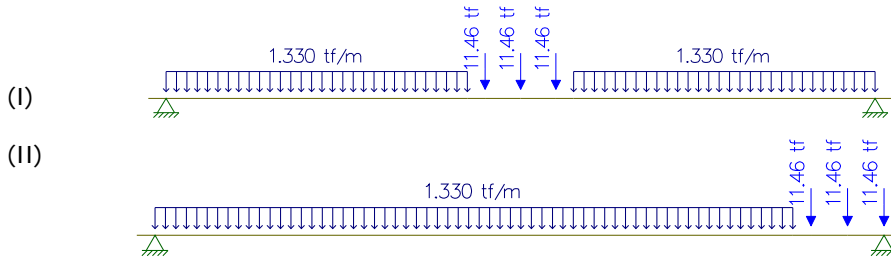


**Viga 3**

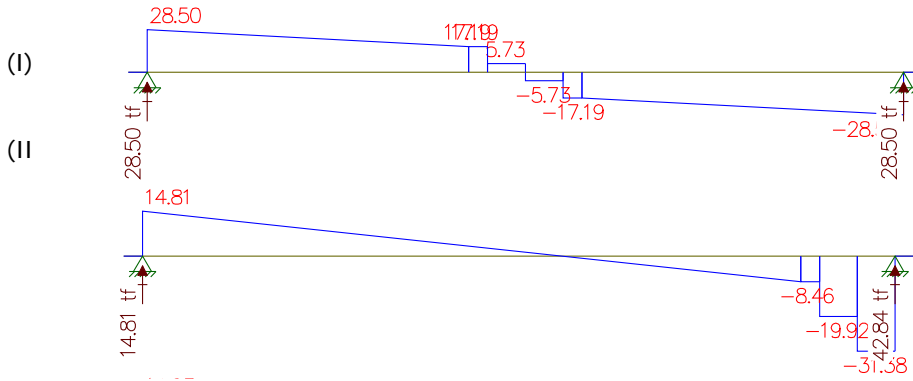
**Transversal**



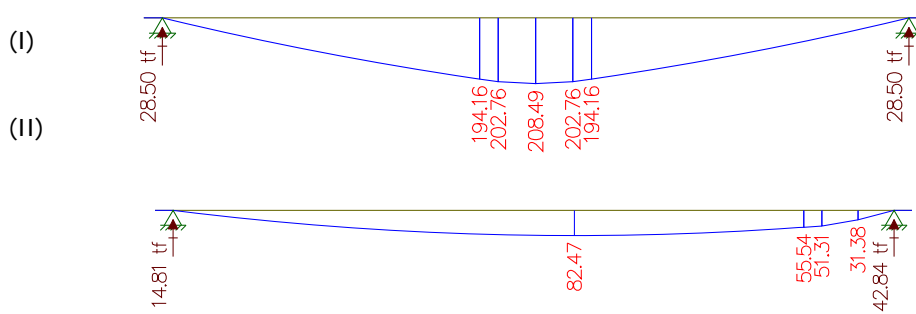
Para obter o momento máximo.  
Para obter a reação e a cortante máximas.



**Cortante**



**Momento**



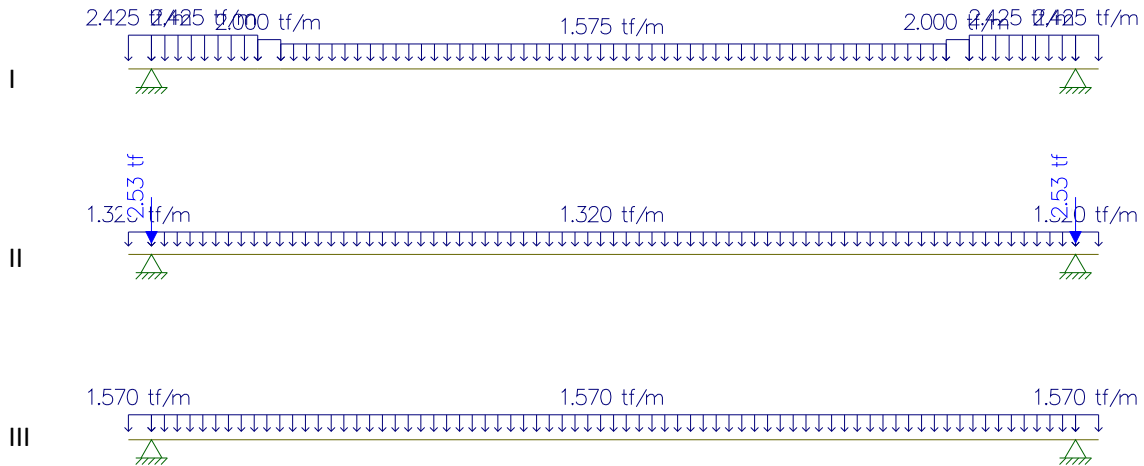
**Memória de Cálculo da Travessa – 21m**

Carga Permanente

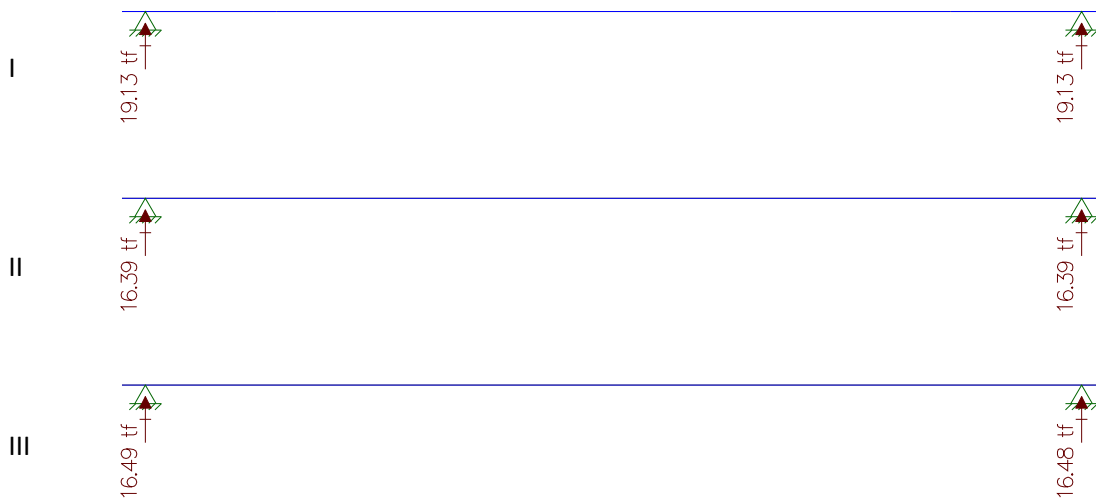
Estudo do Momento Fletor e da Cortante

• **Vão de 21 metros – Longitudinal – viga 1 e 5**

Respectivamente: Peso da Viga, Peso da laje + Peso da transversina, Peso do pavimento + Peso do guarda-rodas + recapeamento



**Reações**

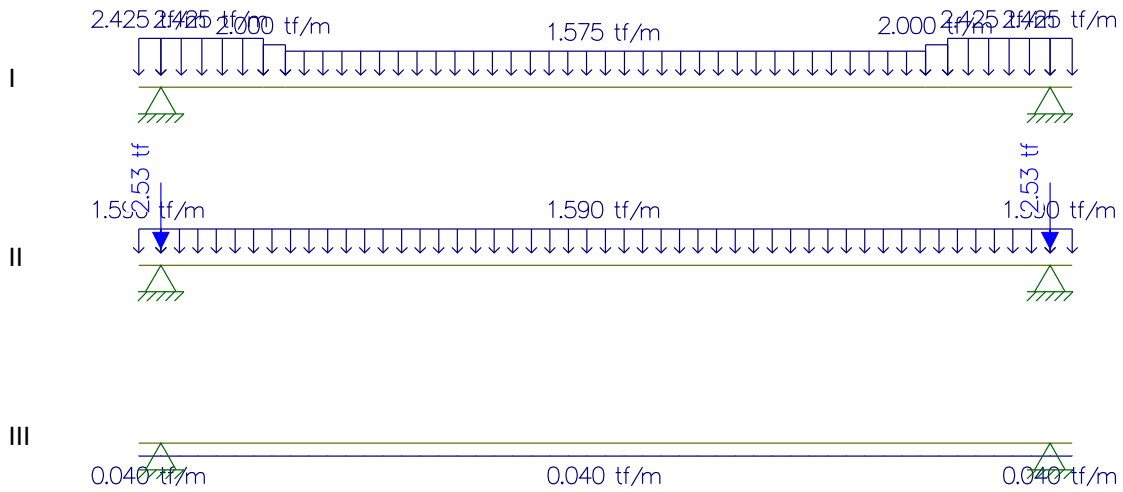


**Reação resultante: 19,13tf + 16,39tf + 16,49tf = 52,01tf**

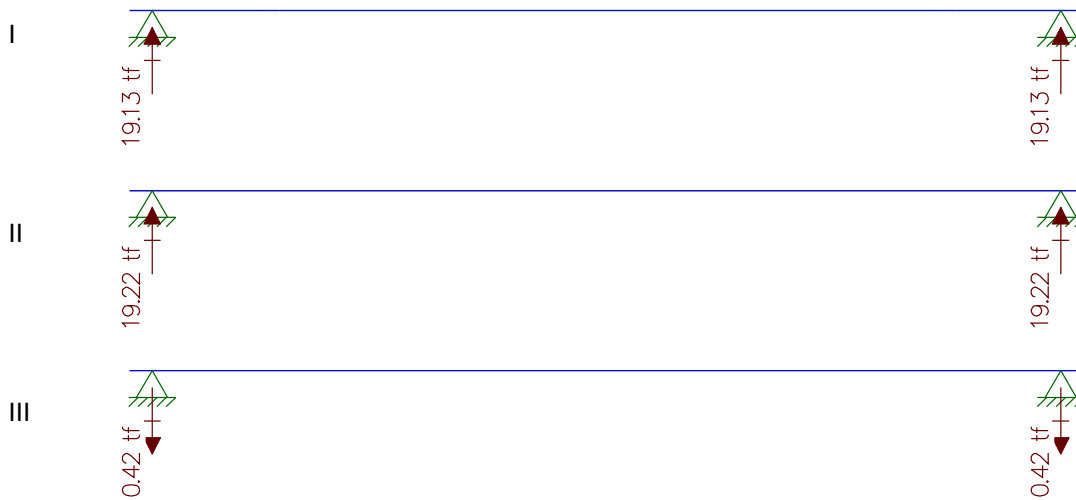


### Vão de 21 metros – Longitudinal – viga 2 e 4

Respectivamente: Peso da Viga, Peso da laje + Peso da transversina, Peso do pavimento + Peso do guarda-rodas + recapeamento



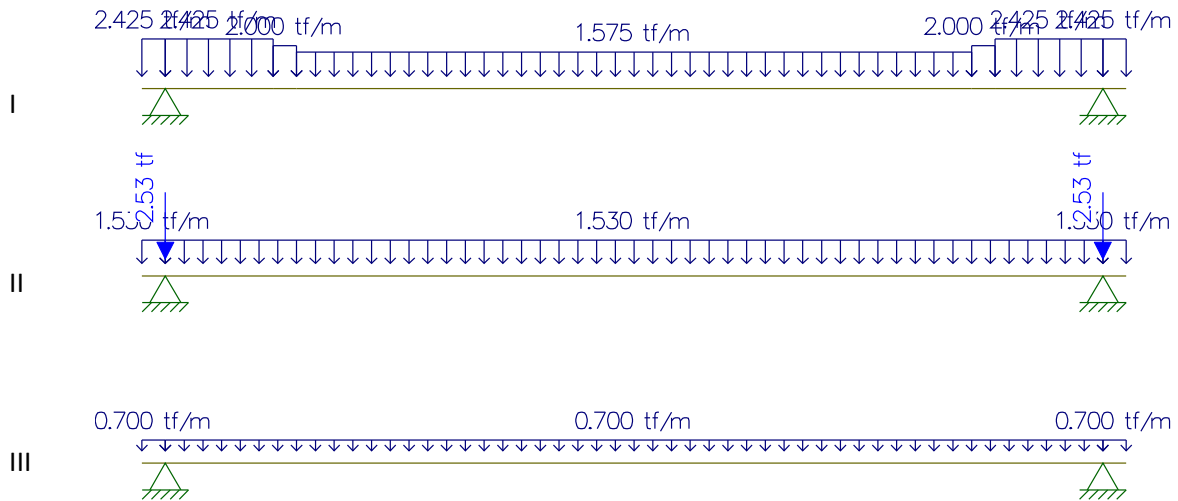
### Reações



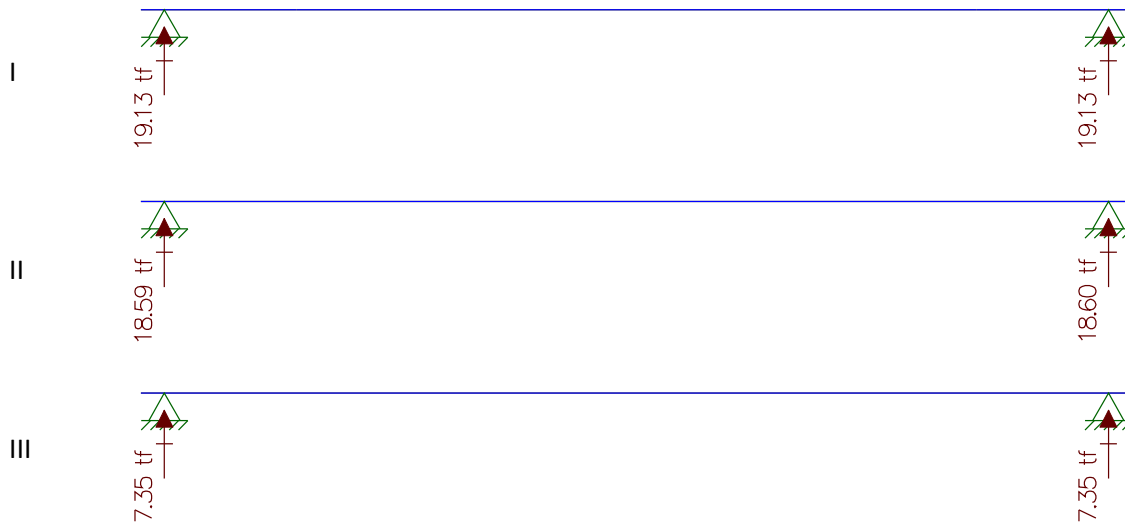
**Reação resultante:  $19,13\text{tf} + 19,22\text{tf} - 0,42\text{tf} = 37,93\text{tf}$**

**Vão de 21 metros – Longitudinal - viga 3**

Respectivamente: Peso da Viga, Peso da laje + Peso da transversina, Peso do pavimento + Peso do guarda-rodas + recapeamento



**Reações**

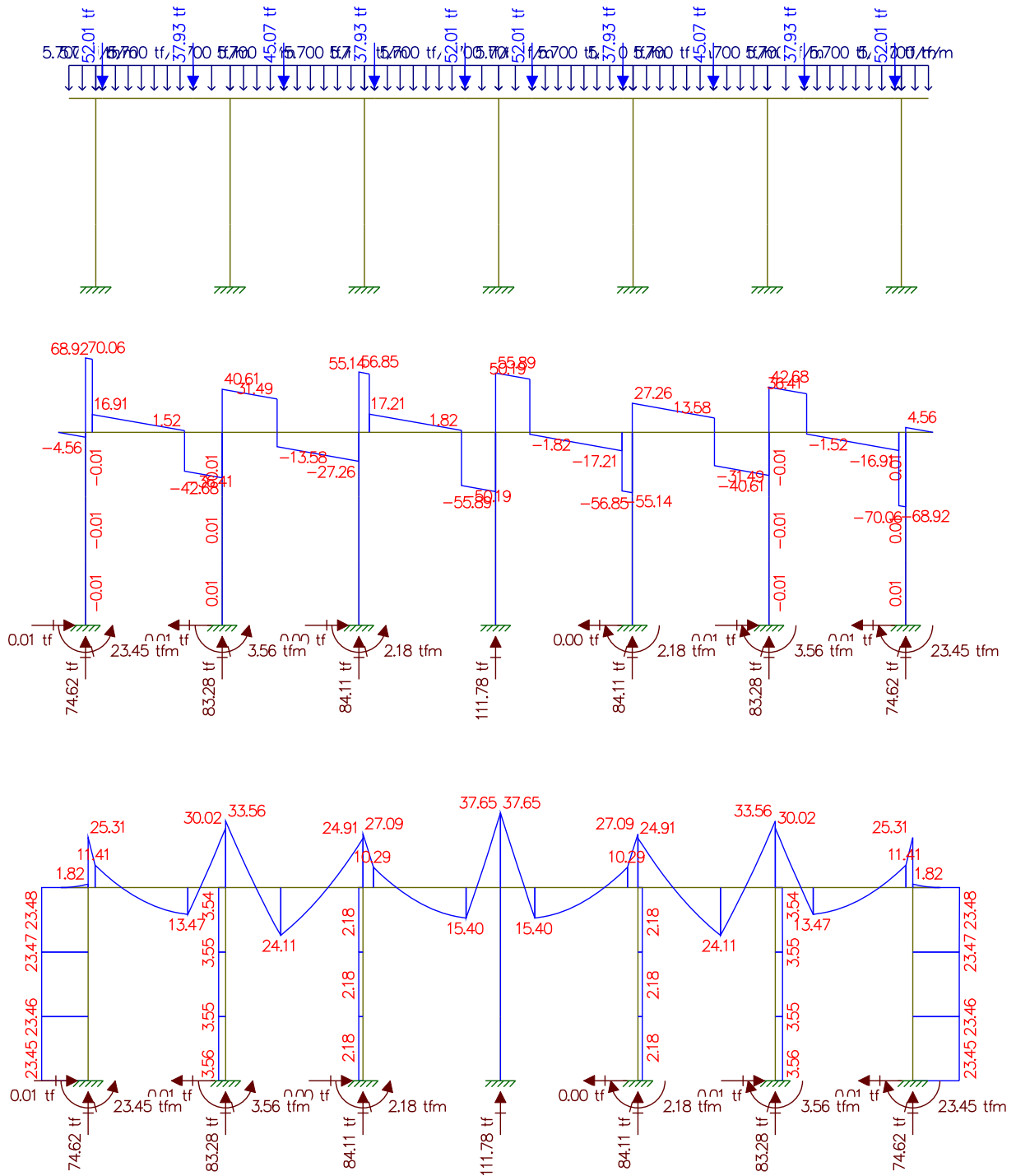


**Reação resultante:  $19,13\text{tf} + 18,59\text{tf} + 7,35\text{tf} = 45,07\text{tf}$**

**Peso próprio da Travessa (21m)**

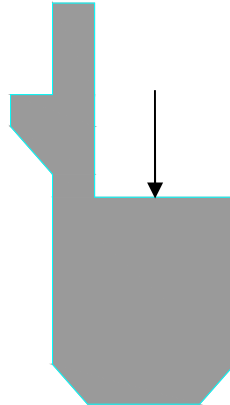
Área da seção = 2,28m<sup>2</sup>  
 2,28m<sup>2</sup> x 2,5 tf/m<sup>3</sup> = **5,70tf/m**

### Resultado do Estudo do Momento Fletor e da Cortante



### Estudo do Momento Torsor

Torsor causado pela diferença de cargas dos vãos



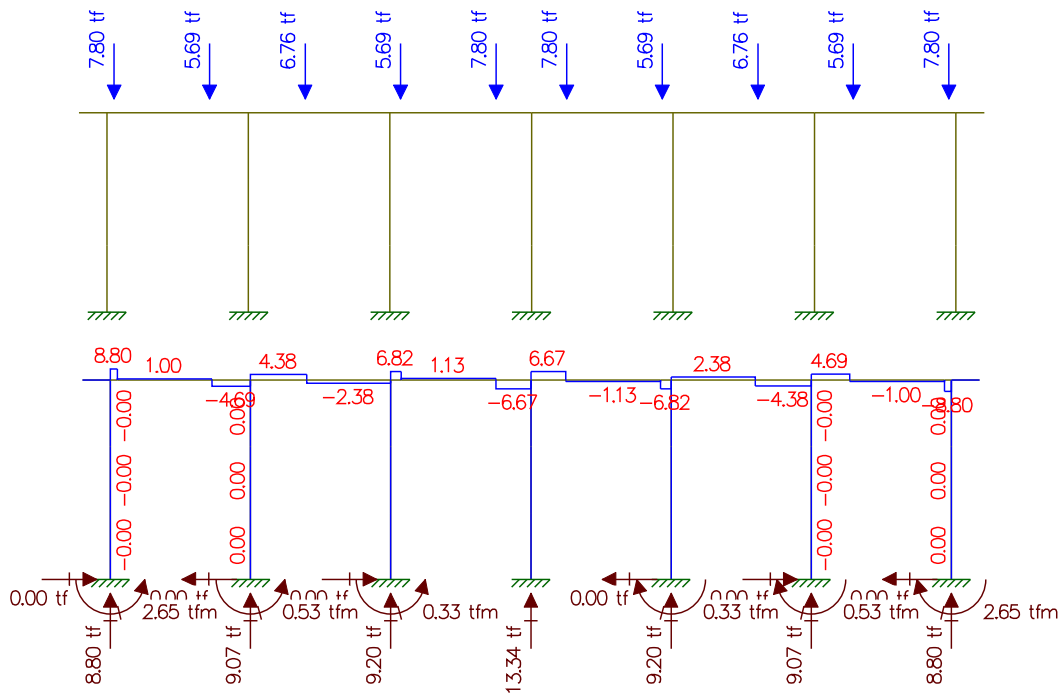
Carga x distância = Momento Torsor (tf.m)

	Carga (tf)	Distância(m)	Momento Torsor (tf.m)
Viga 1	52,01	0,150	7,80
Viga 2	37,93	0,150	5,69
Viga 3	45,07	0,150	6,76
Viga 4	37,93	0,150	5,69
Viga 5	52,01	0,150	7,80

### Resultado do Estudo do Momento Torsor

Analogia Cortante – Momento Torsor

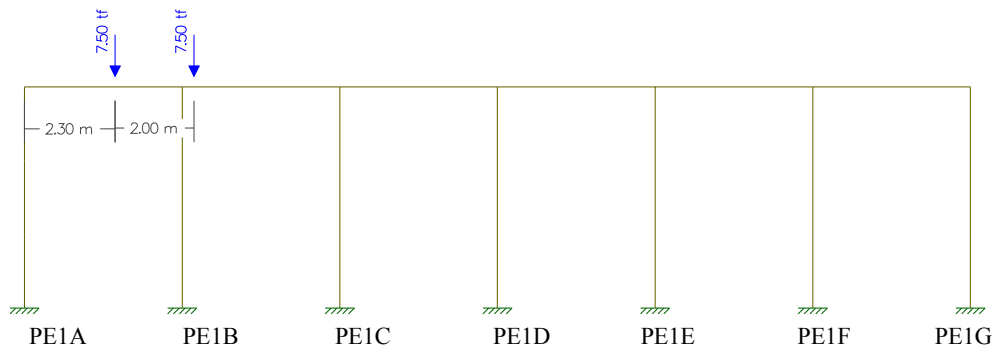
Cargas / Cortante



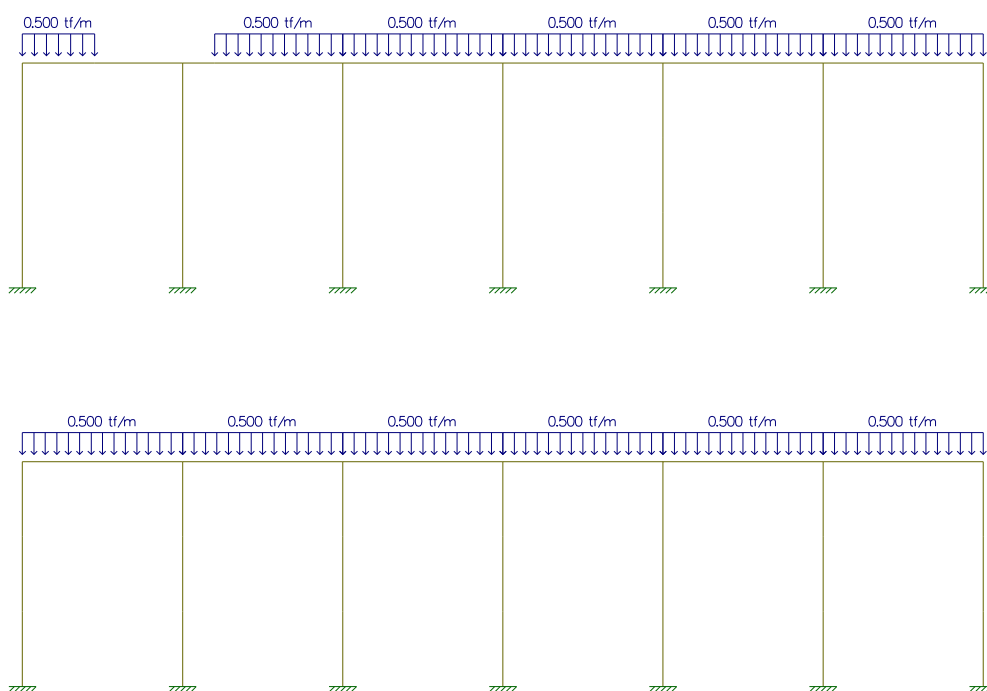
## Carga Móvel

Estudo da Carga Móvel para situação de Máxima Flexão

### (I) Cargas Pontuais do Trem Tipo

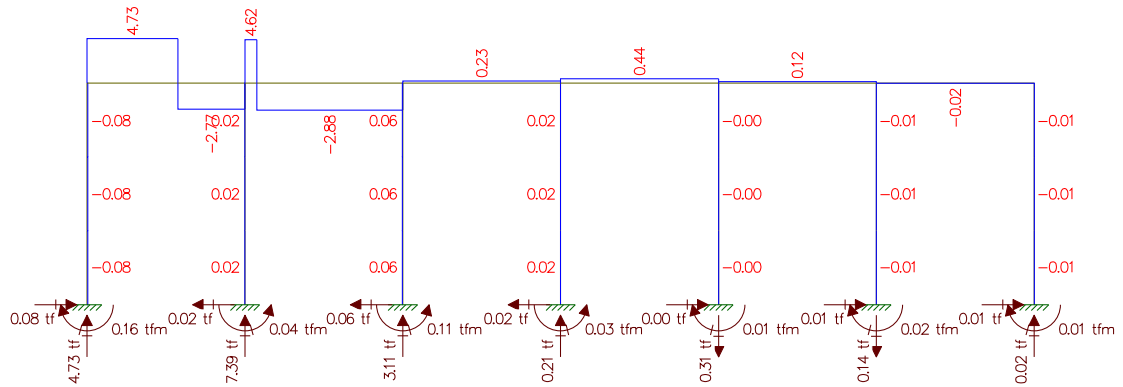


### (II) Cargas de multidão do Trem Tipo

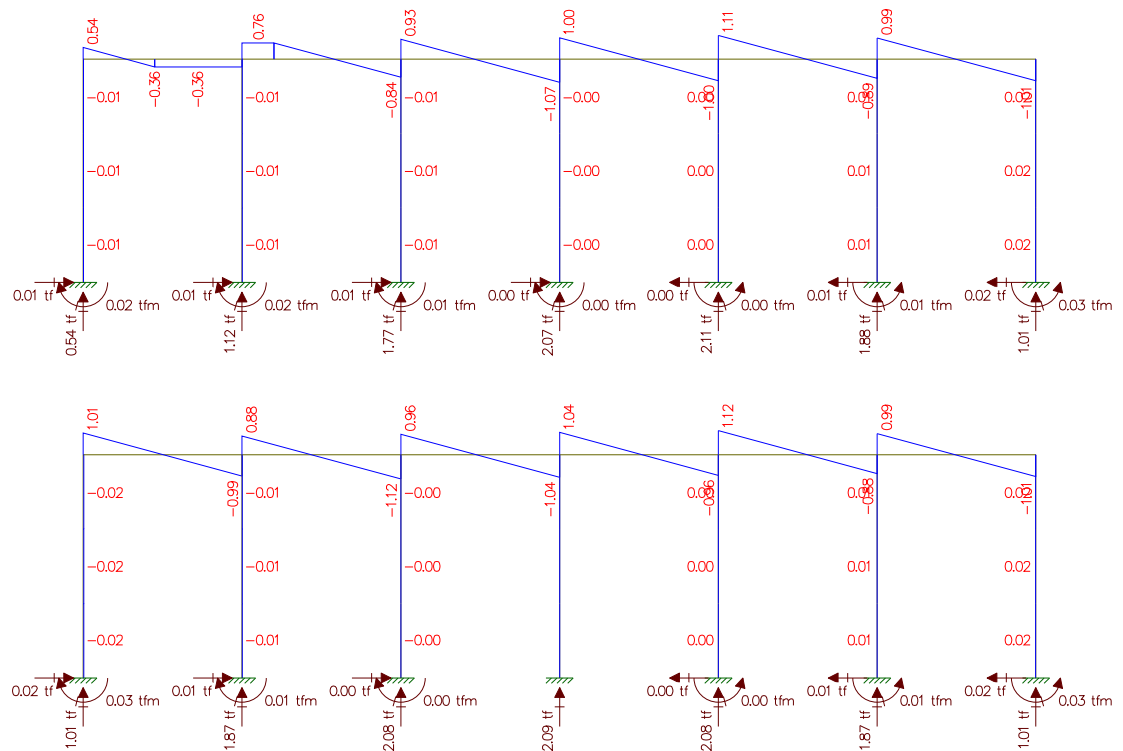


## Cortante

### (I) Cargas Pontuais do Trem Tipo

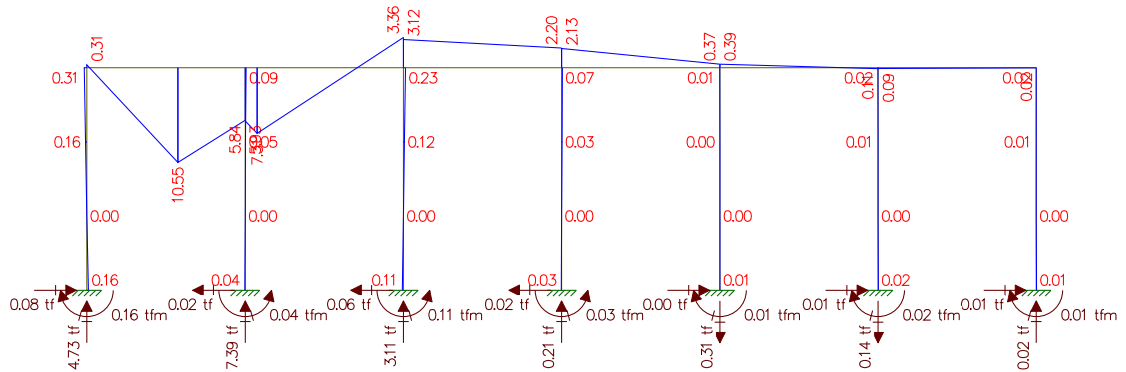


### (II) Cargas de multidão do Trem Tipo

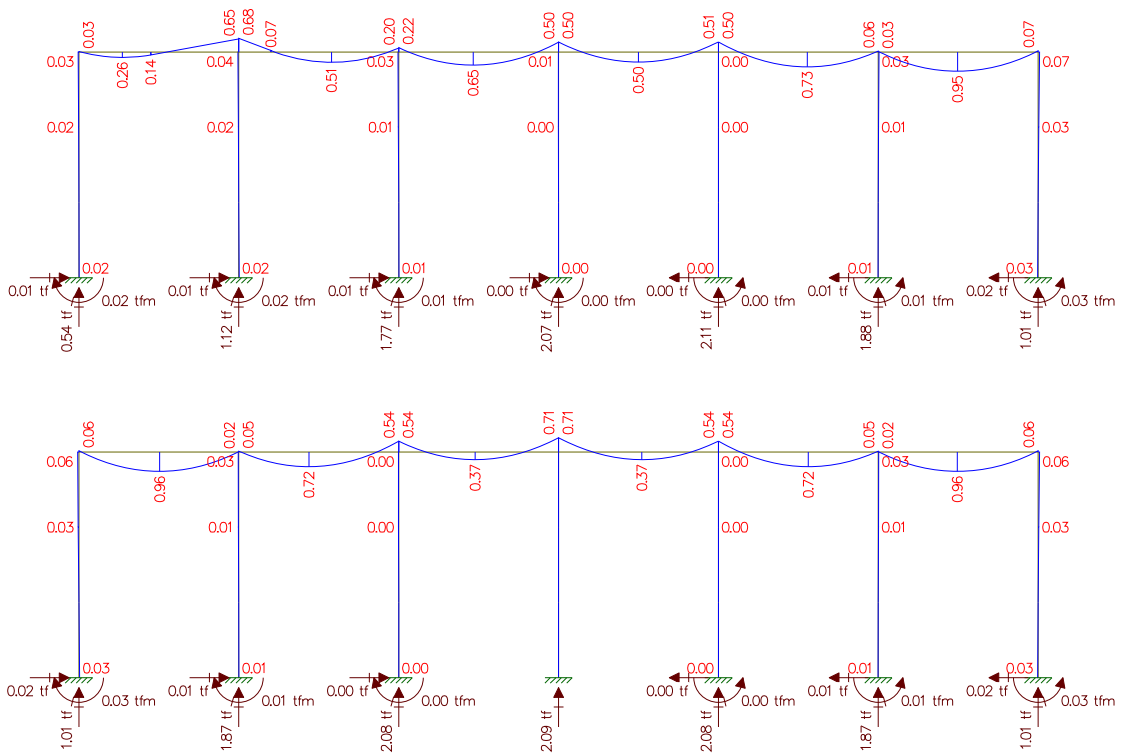


## Momento Fletor

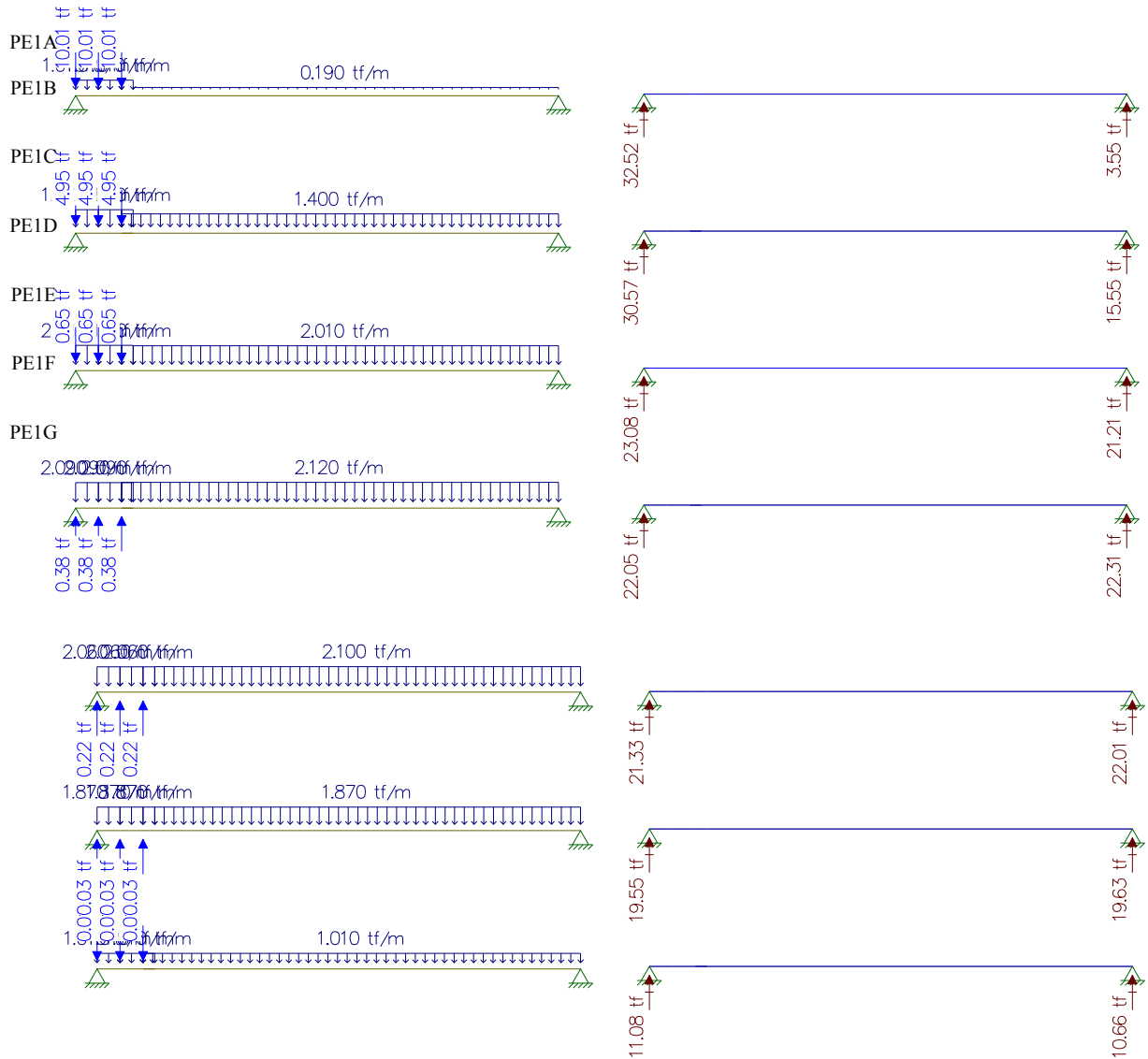
### (I) Cargas Pontuais do Trem Tipo



### (II) Cargas de multidão do Trem Tipo

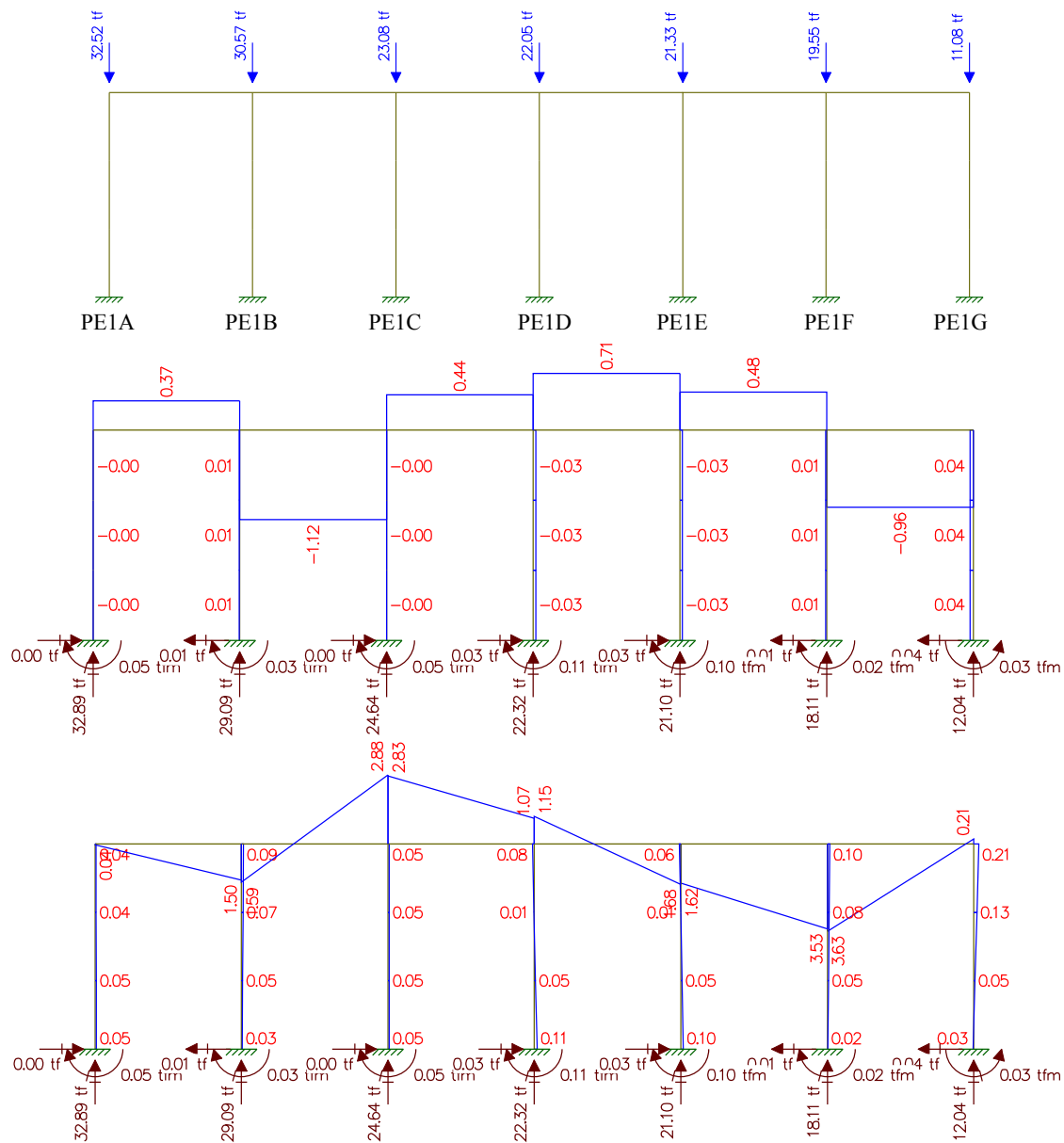


## Longitudinais



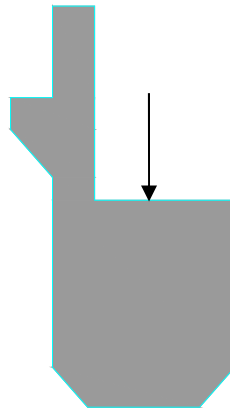


### Resultado do Estudo da Carga Móvel para situação de Máxima Flexão



## Estudo do Momento Torsor

Torsor causado pela diferença de cargas dos vãos



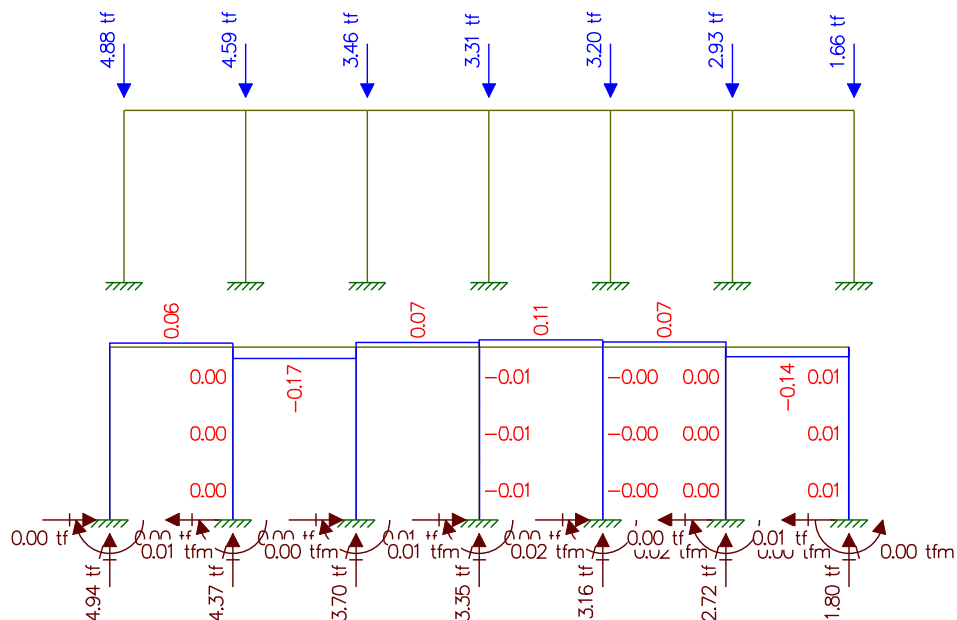
Carga a – Carga b = Carga c Carga c x distância = Momento Torsor (tf.m)

	Carga 1 (tf)	Distância(m)	Momento Torsor (tf.m)
Pilar 1	32,52	0,150	4,88
Pilar 2	30,57	0,150	4,59
Pilar 3	23,08	0,150	3,46
Pilar 4	22,05	0,150	3,31
Pilar 5	21,33	0,150	3,20
Pilar 6	19,55	0,150	2,93
Pilar 7	11,08	0,150	1,66

## Resultado do Estudo do Momento Torsor

Analogia Cortante – Momento Torsor

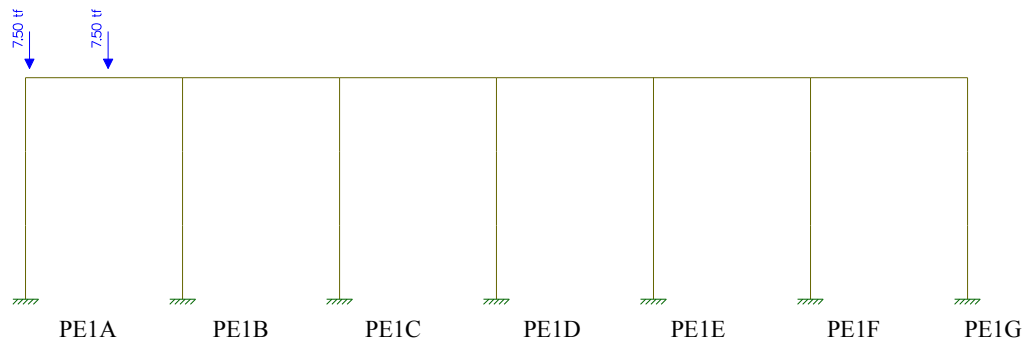
Cargas / Cortante



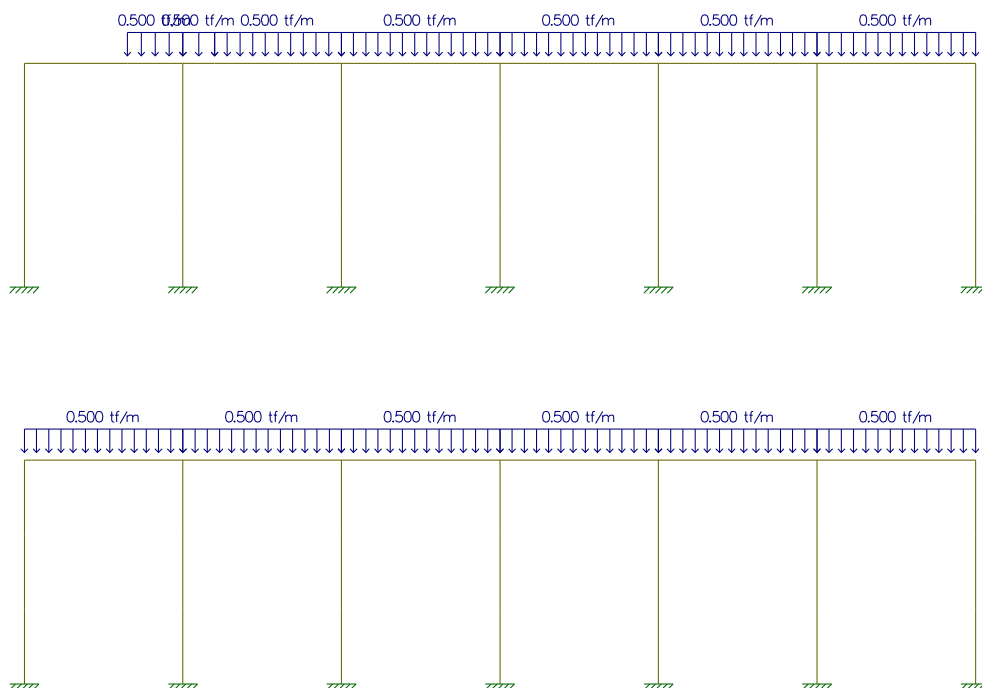
## Estudo da Carga Móvel para situação de Máxima Cortante

Transversal

### (I) Cargas Pontuais do Trem Tipo

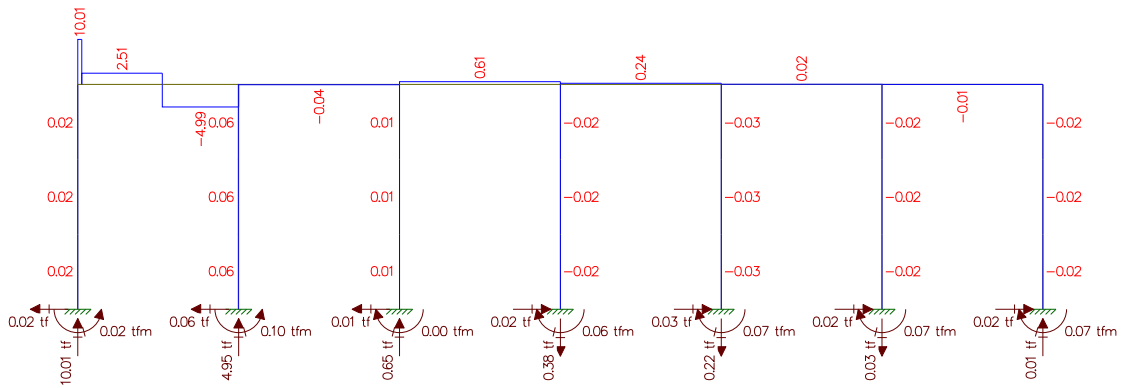


### (II) Cargas de multidão do Trem Tipo

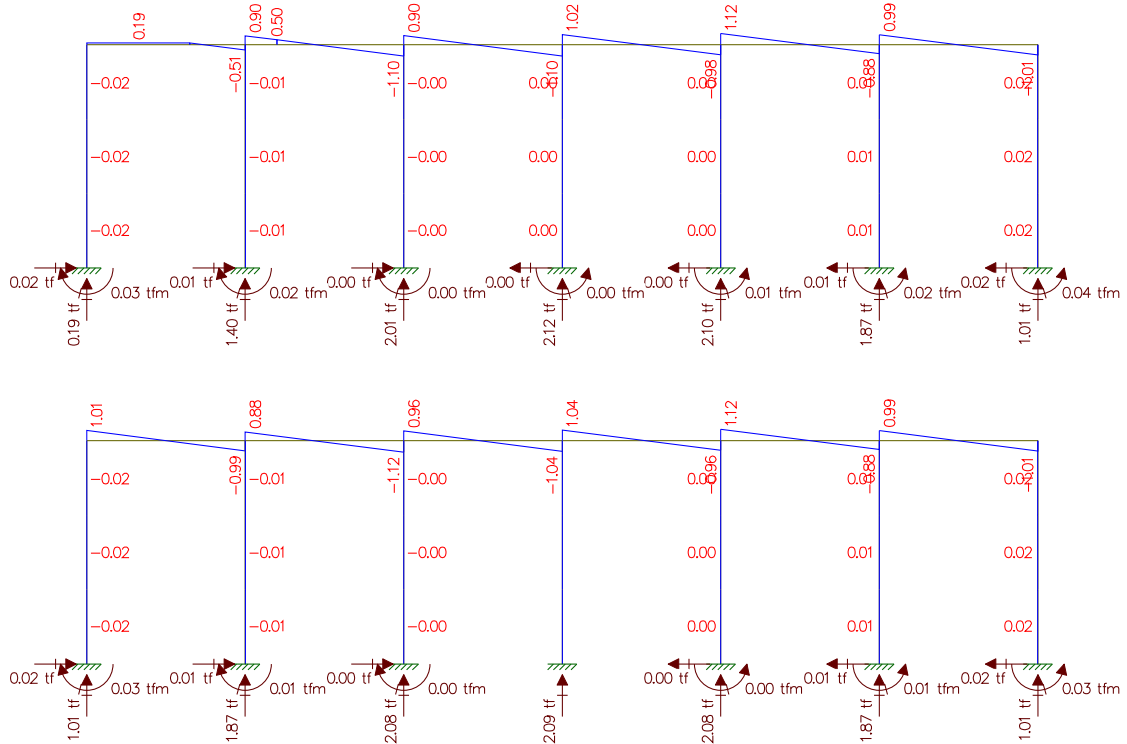


## Cortantes

### (I) Cargas Pontuais do Trem Tipo

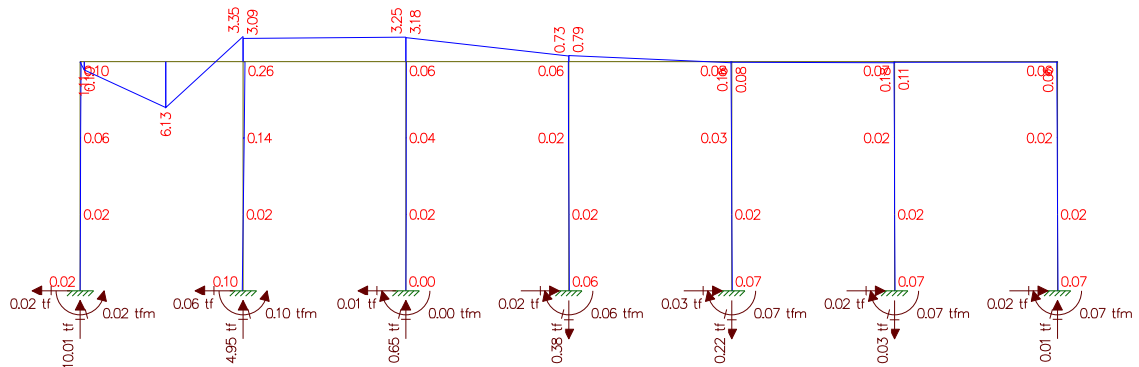


### (II) Cargas de multidão do Trem Tipo

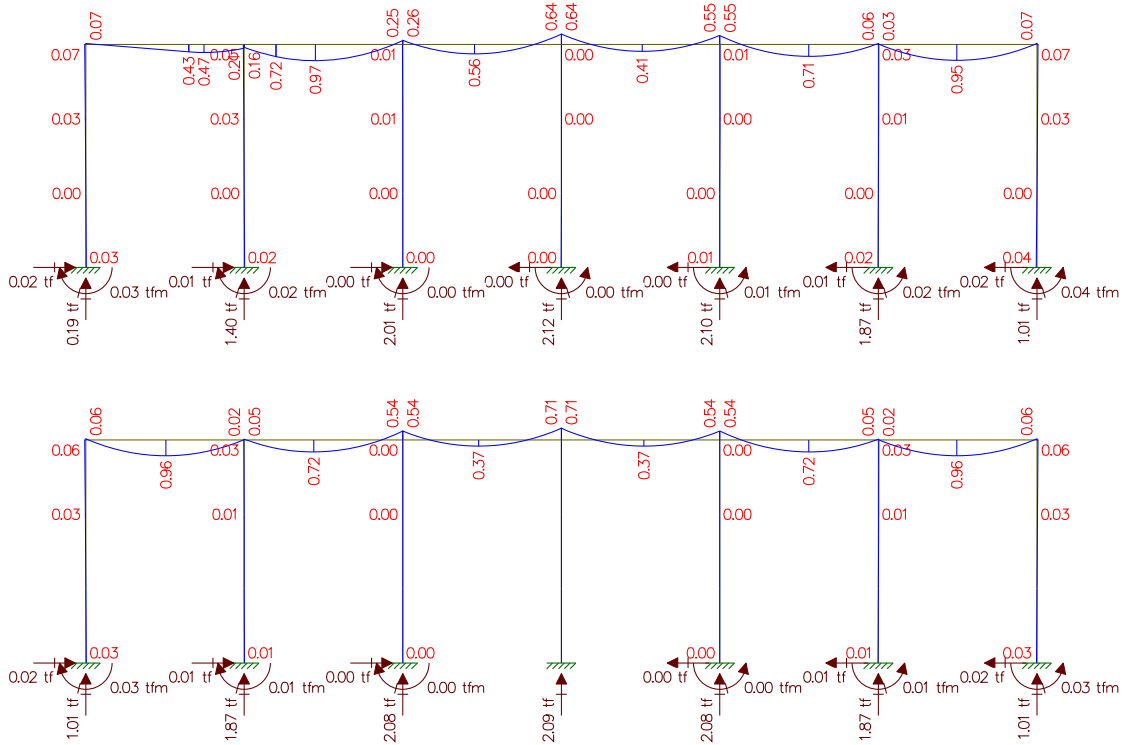


## Momento Fletor

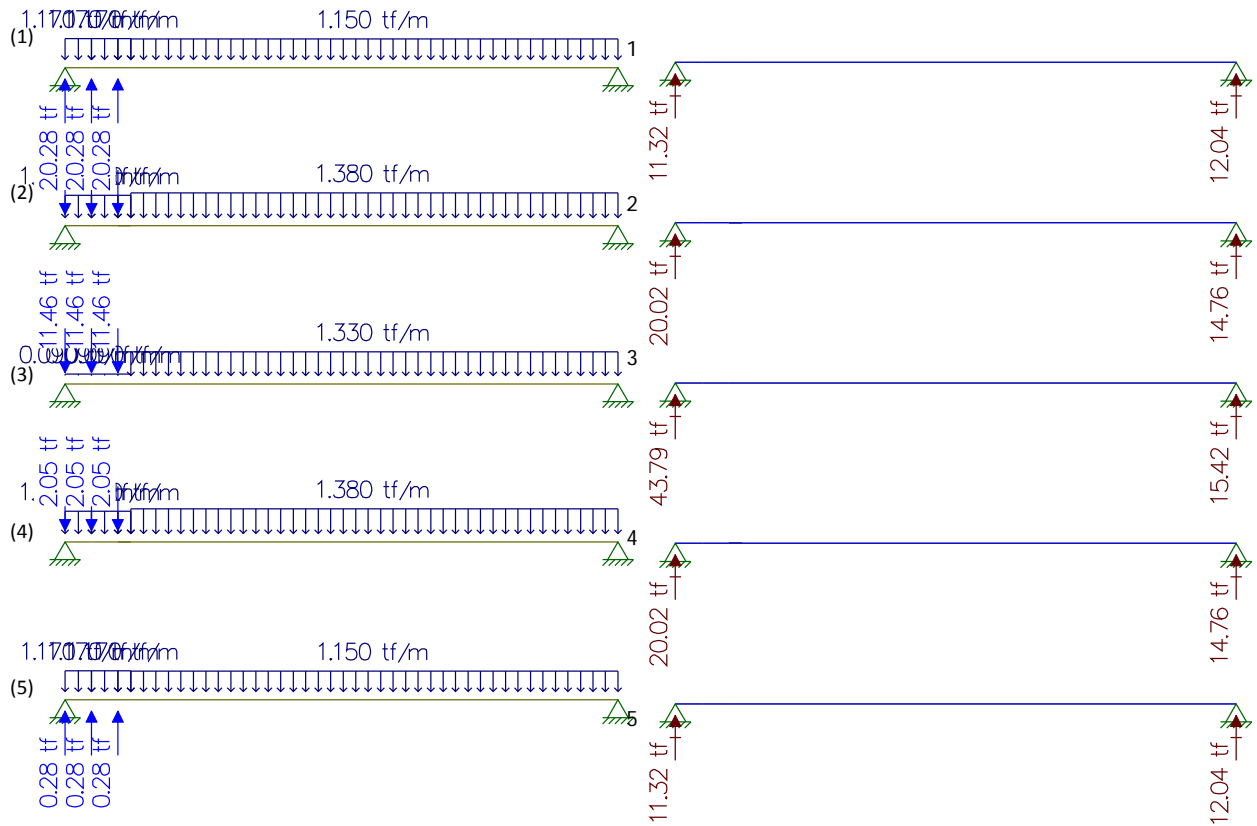
### (I) Cargas Pontuais do Trem Tipo



### (II) Cargas de multidão do Trem Tipo

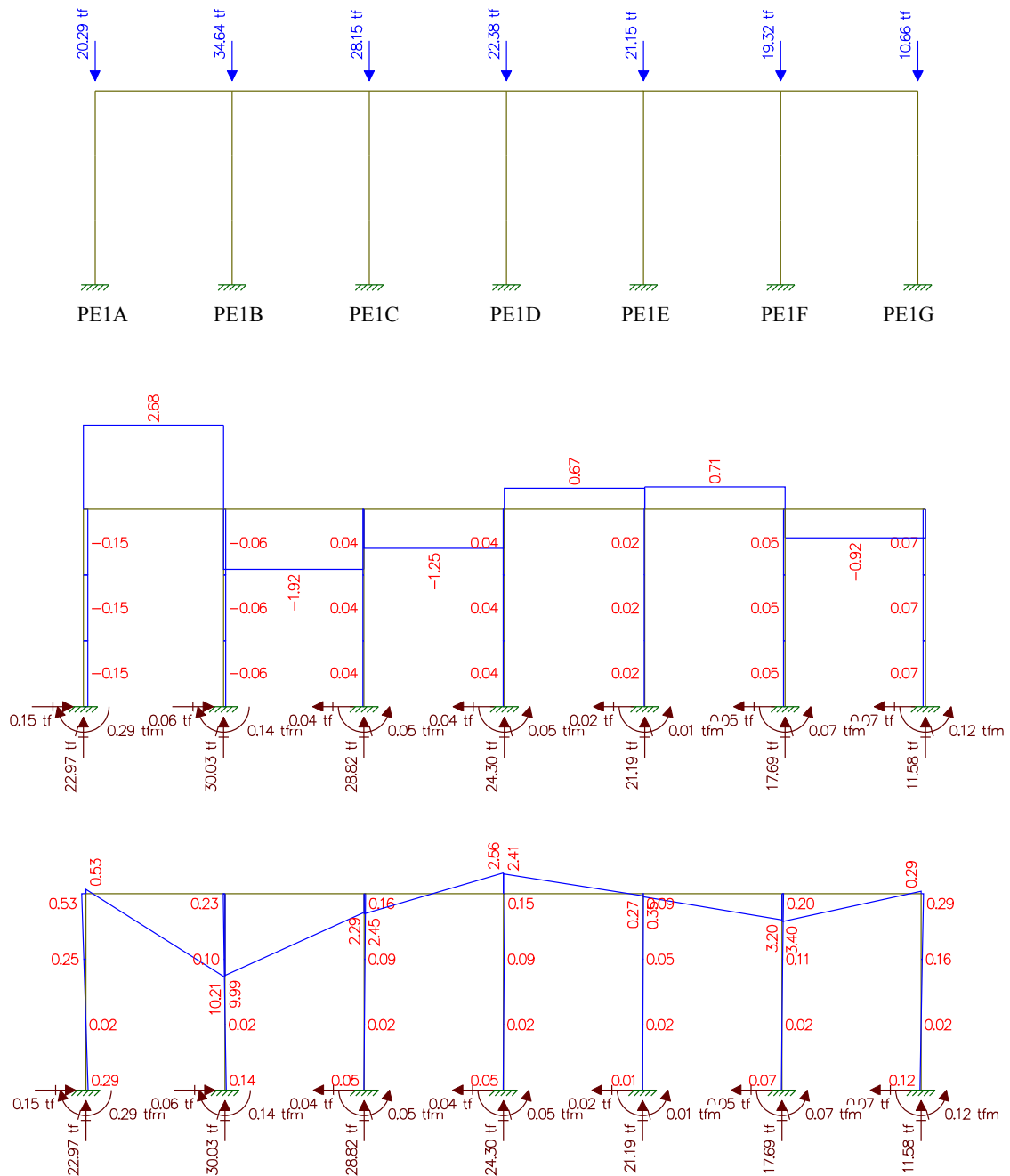


## Longitudinais



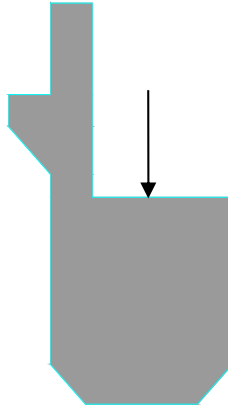
### Resultado do Estudo da Carga Móvel para situação de Máxima Cortante

- Reação devido a Viga 1: 11,32tf
- Reação devido a Viga 2: 20,02tf
- Reação devido a Viga 3: 43,79tf
- Reação devido a Viga 4: 20,02tf
- Reação devido a Viga 5: 11,32tf



## Estudo do Momento Torsor

Torsor causado pela diferença de cargas dos vãos

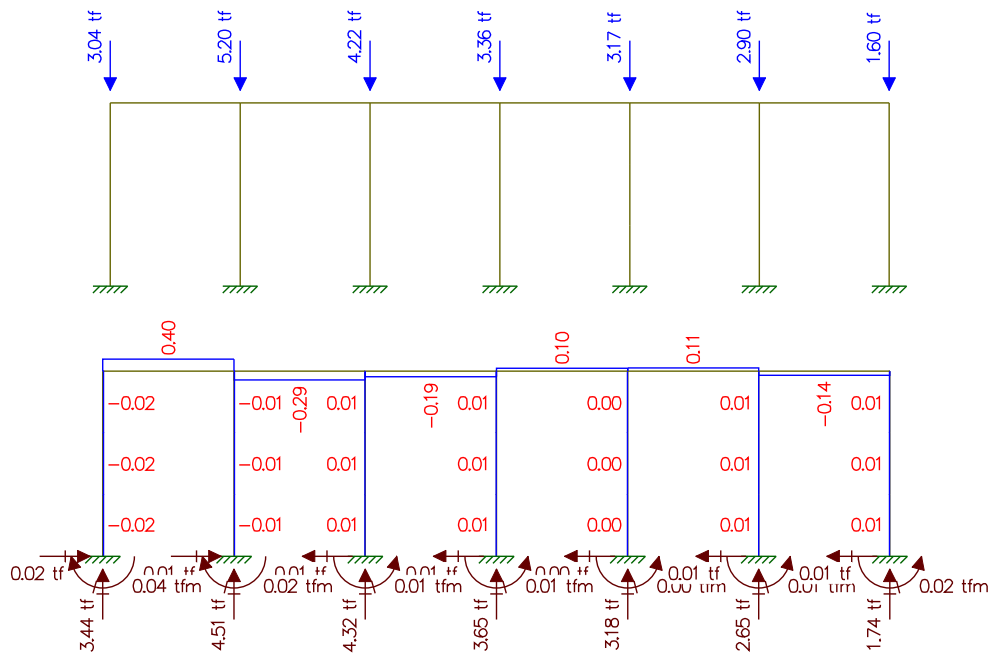


$Carga\ a - Carga\ b = Carga\ c \times distância = Momento\ Torsor\ (tf.m)$

	Carga 1 (tf)	Distância(m)	Momento Torsor (tf.m)
Pilar 1	20,29	0,150	3,04
Pilar 2	34,64	0,150	5,20
Pilar 3	28,15	0,150	4,22
Pilar 4	22,38	0,150	3,36
Pilar 5	21,15	0,150	3,17
Pilar 6	19,32	0,150	2,90
Pilar 7	10,66	0,150	1,60

## Resultado do Estudo do Momento Torsor

Analogia Cortante – Momento Torsor  
Cargas / Cortante





## Memória de Cálculo da Travessa – 21-21m

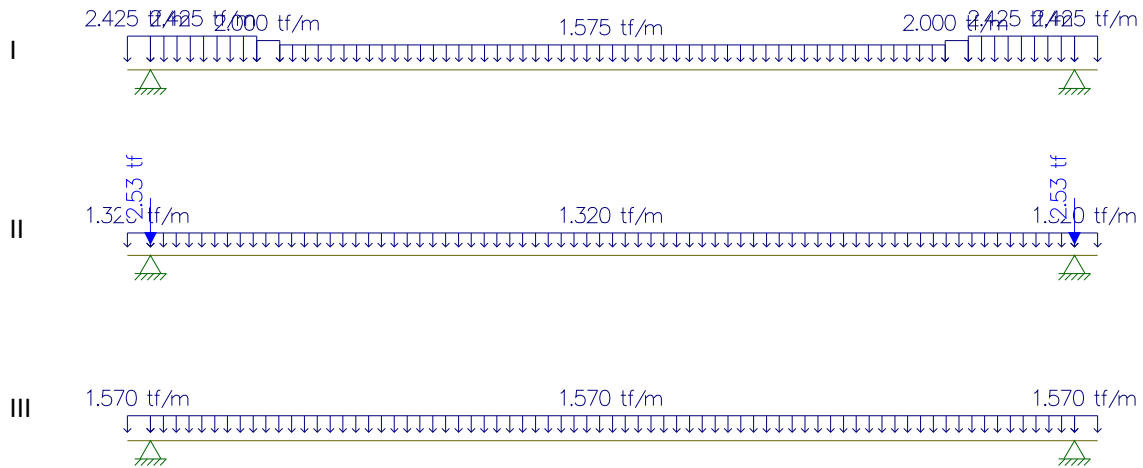
### Carga Permanente Estudo do Momento Fletor e da Cortante

#### Vão de 21 metros - Longitudinal - viga 1 e 5

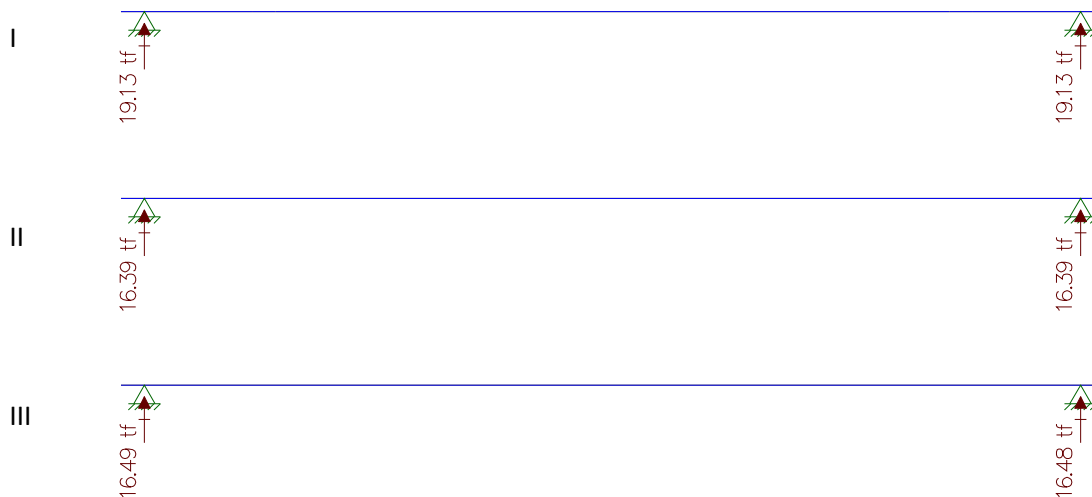
Peso da Viga

Peso da laje + Peso da transversina

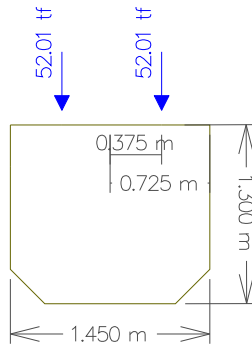
Peso do pavimento + Peso do guarda-rodas + recapeamento



#### Reações



**Reação resultante:  $19,13\text{tf} + 16,39\text{tf} + 16,49\text{tf} = 52,01\text{tf}$**



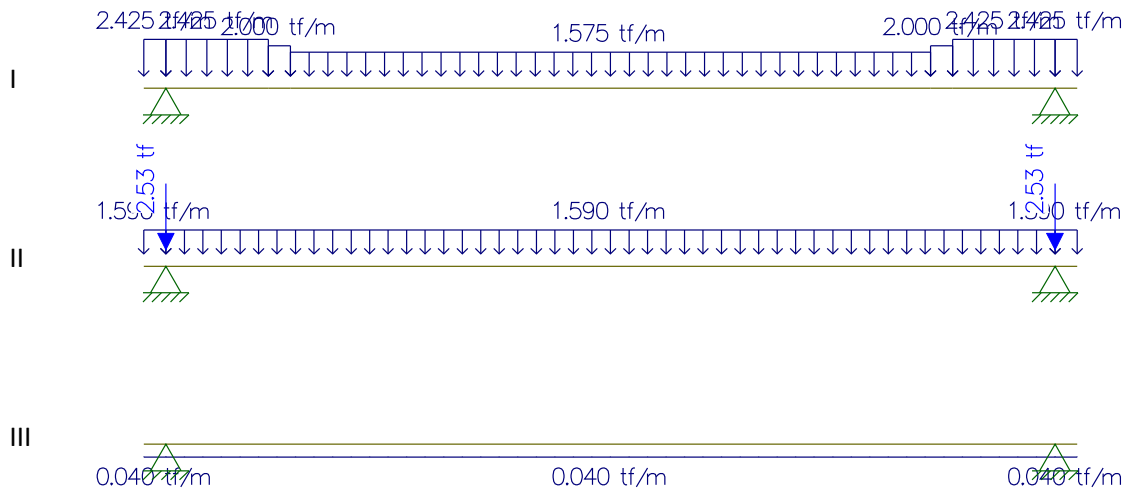
Total de cargas pontuais:  $52,01\text{tf} + 52,01\text{tf} = 104,02\text{tf}$

**Vão de 21 metros – Longitudinal – viga 2 e 4**

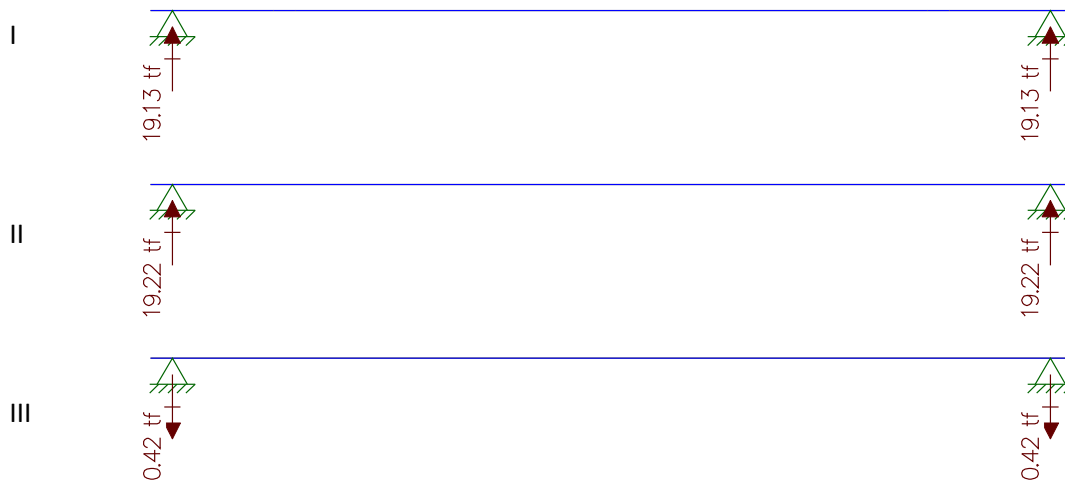
Peso da Viga

Peso da laje + Peso da transversina

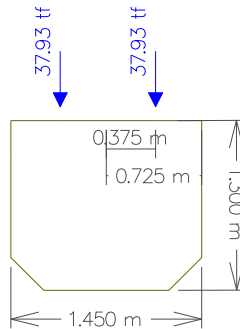
Peso do pavimento + Peso do guarda-rodas + recapeamento



**Reações**



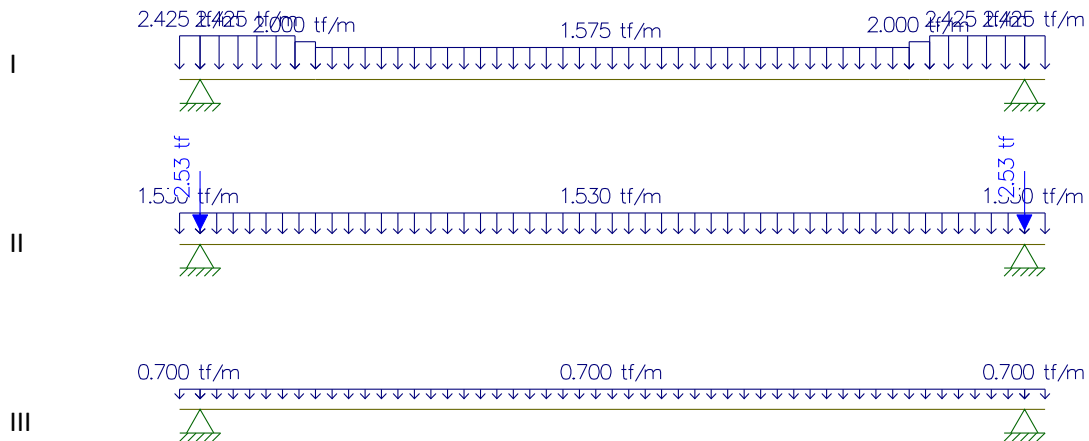
**Reação resultante:  $19,13\text{tf} + 19,22\text{tf} - 0,42\text{tf} = 37,93\text{tf}$**



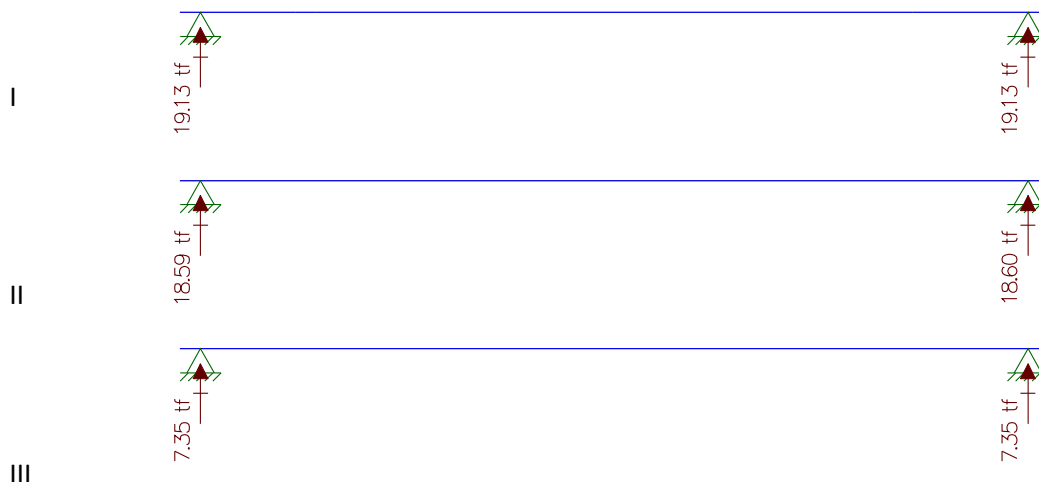
Total de cargas pontuais:  $37,93\text{tf} + 37,93\text{tf} = 75,86\text{tf}$

### Vão de 21 metros – Longitudinal - viga 3

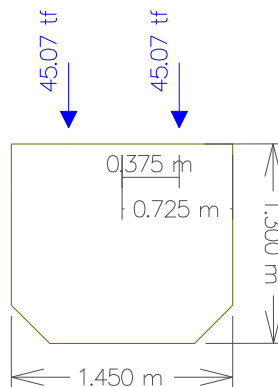
Respectivamente: Peso da Viga, Peso da laje + Peso da transversina, Peso do pavimento + Peso do guarda-rodas + recapeamento



### Reações



**Reação resultante:  $19,13\text{tf} + 18,59\text{tf} + 7,35\text{tf} = 45,07\text{tf}$**



**Total de cargas pontuais:  $45,07\text{tf} + 45,07\text{tf} = 90,14\text{tf}$**

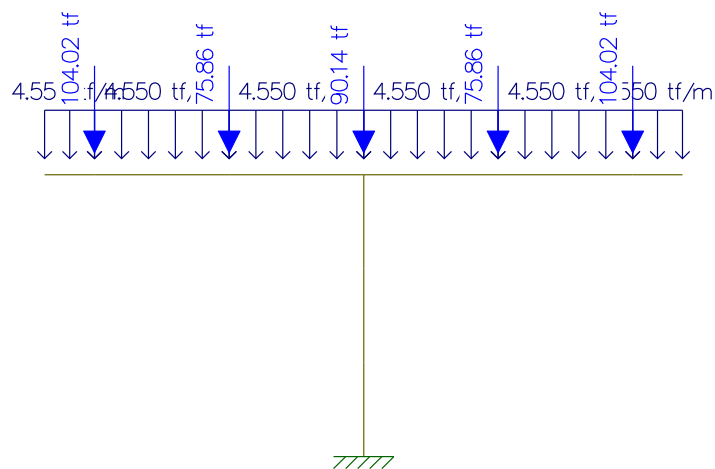
**Peso próprio da Travessa (21 – 21m)**

Área da seção =  $1,82\text{m}^2$

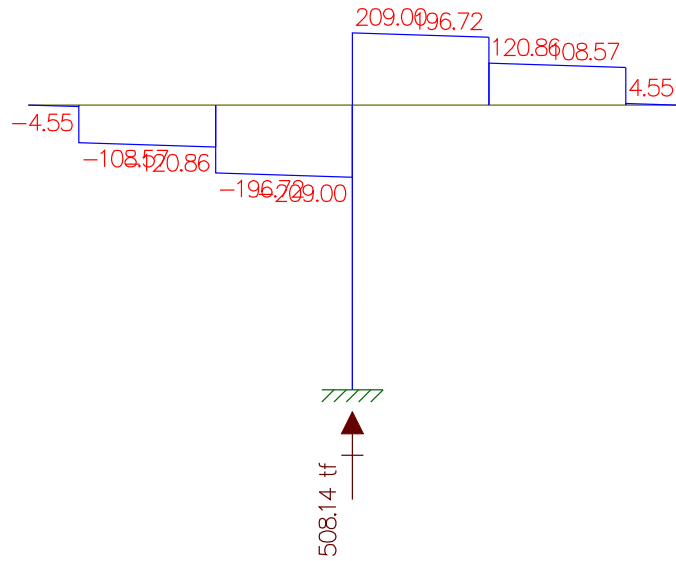
$1,82\text{m}^2 \times 2,5 \text{ tf/m}^3 = 4,55 \text{ tf/m}$

**Resultado do Estudo do Momento Fletor e da Cortante**

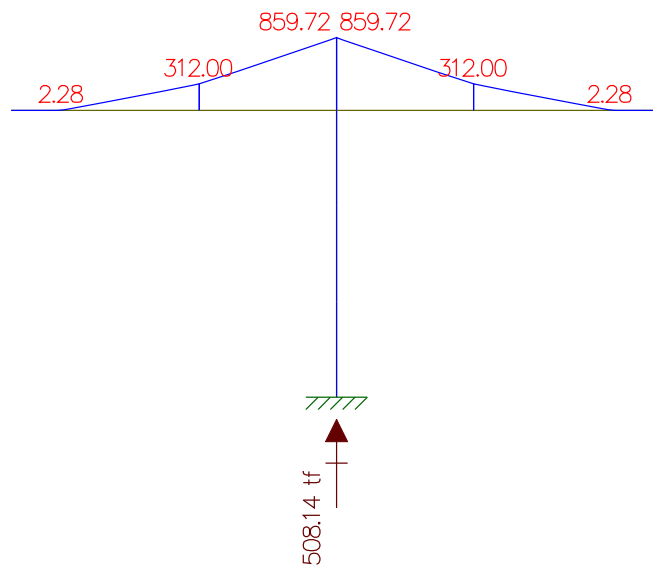
**Cargas**



**Cortante**

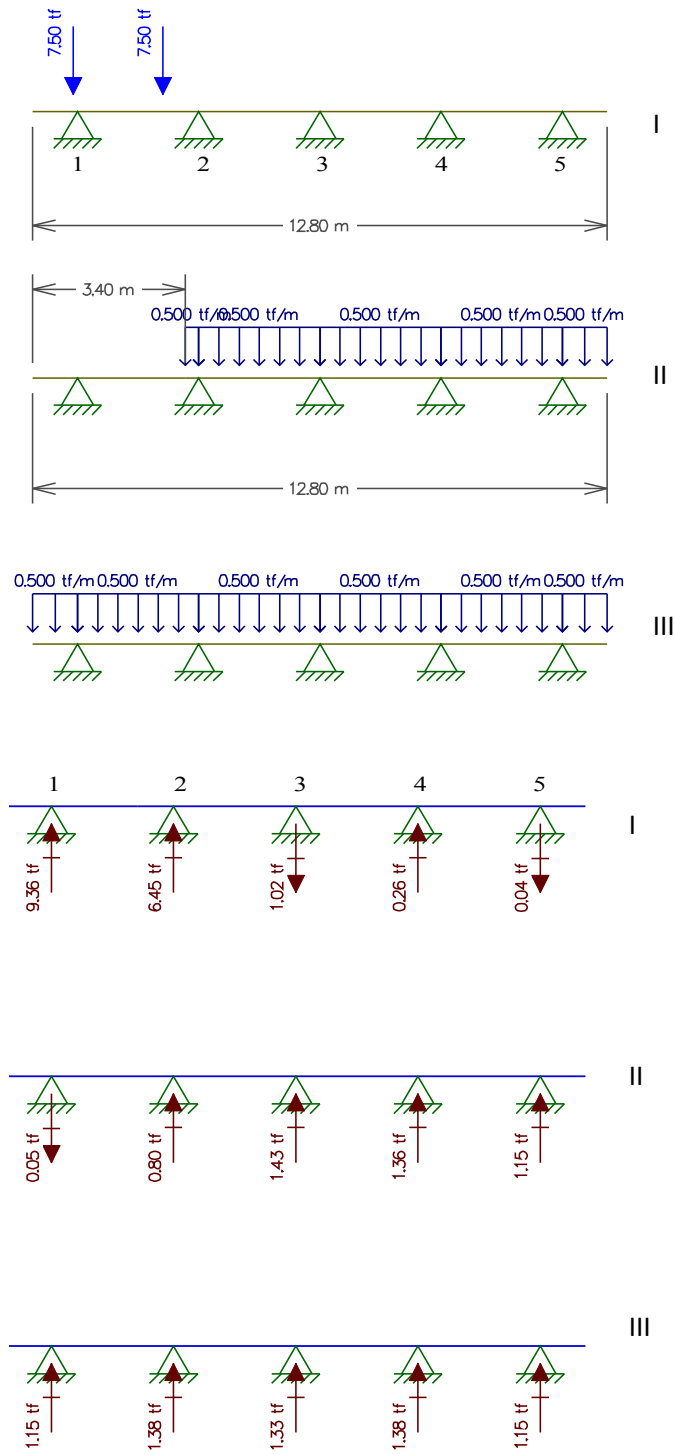


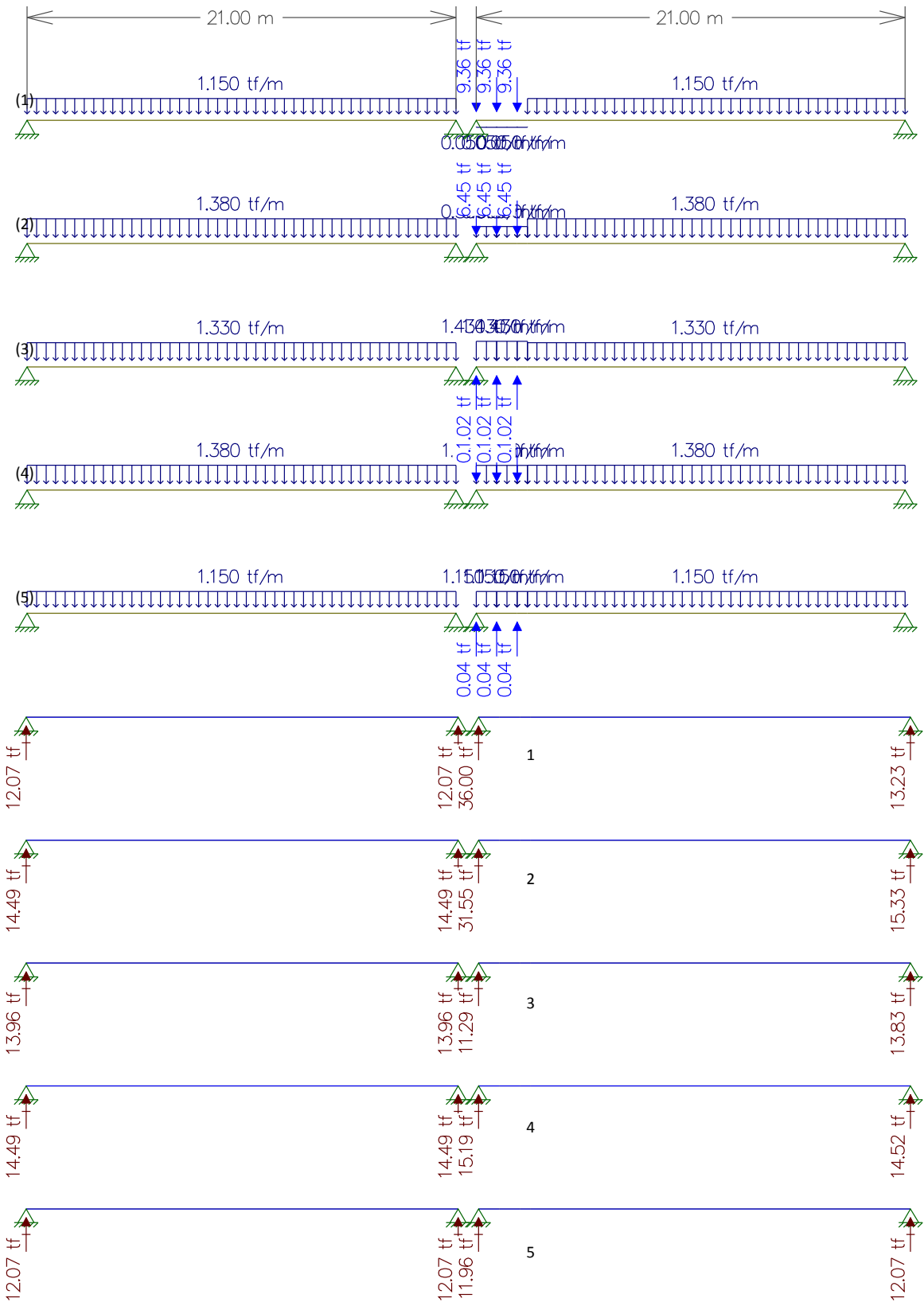
**Momento Fletor**



## Carga Móvel

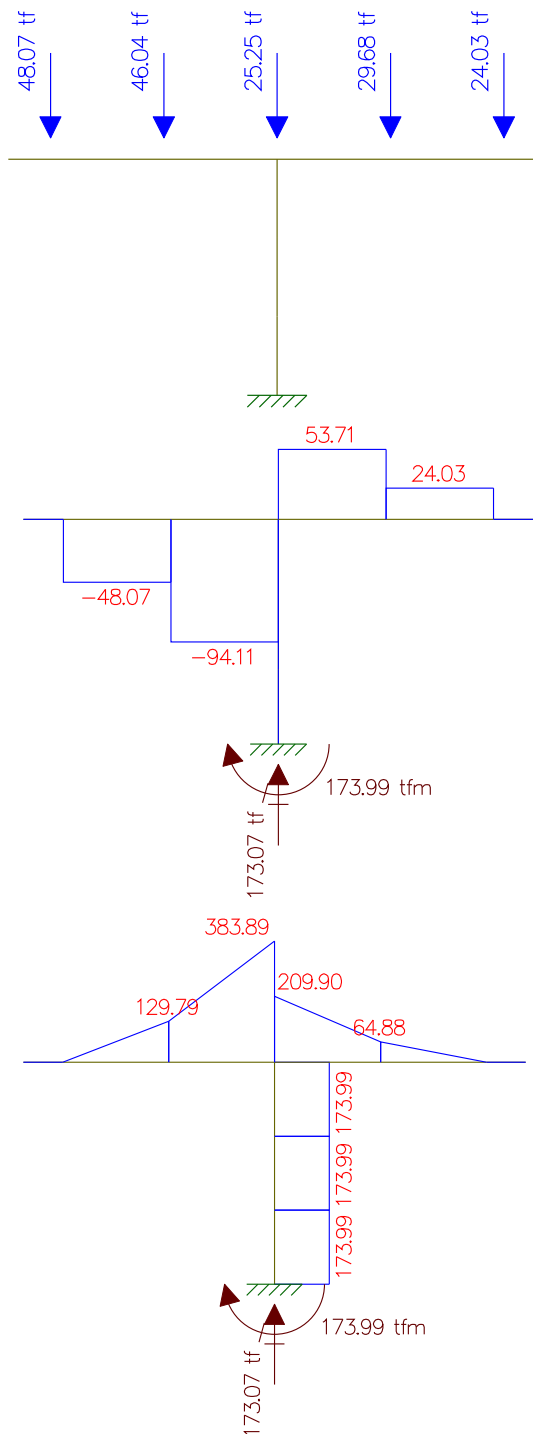
Estudo da Carga Móvel para situação de Máxima Flexão  
Com carga de multidão no menor vão





### Resultado do Estudo da Carga Móvel para situação de Máxima Flexão

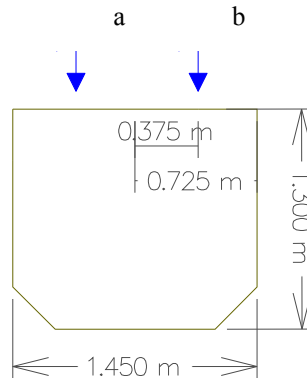
- Reação devido a Viga 1:  $12,07\text{tf} + 36,00\text{tf} = 48,07\text{tf}$
- Reação devido a Viga 2:  $14,49\text{tf} + 31,55\text{tf} = 46,04\text{tf}$
- Reação devido a Viga 3:  $13,96\text{tf} + 11,29\text{tf} = 25,25\text{tf}$
- Reação devido a Viga 4:  $14,49\text{tf} + 15,19\text{tf} = 29,68\text{tf}$
- Reação devido a Viga 5:  $12,07\text{tf} + 11,96\text{tf} = 24,03\text{tf}$





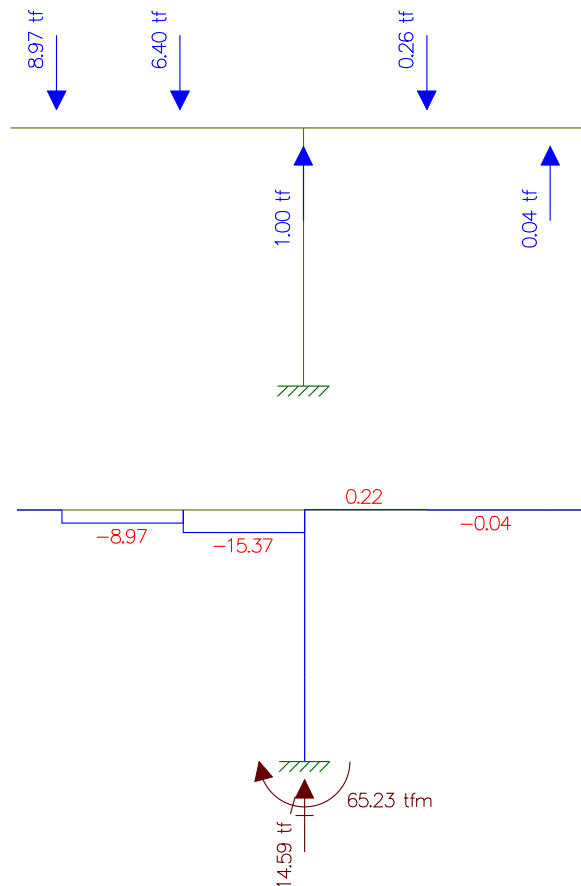
### Estudo do Momento Torsor

Torsor causado pela diferença de cargas dos vãos



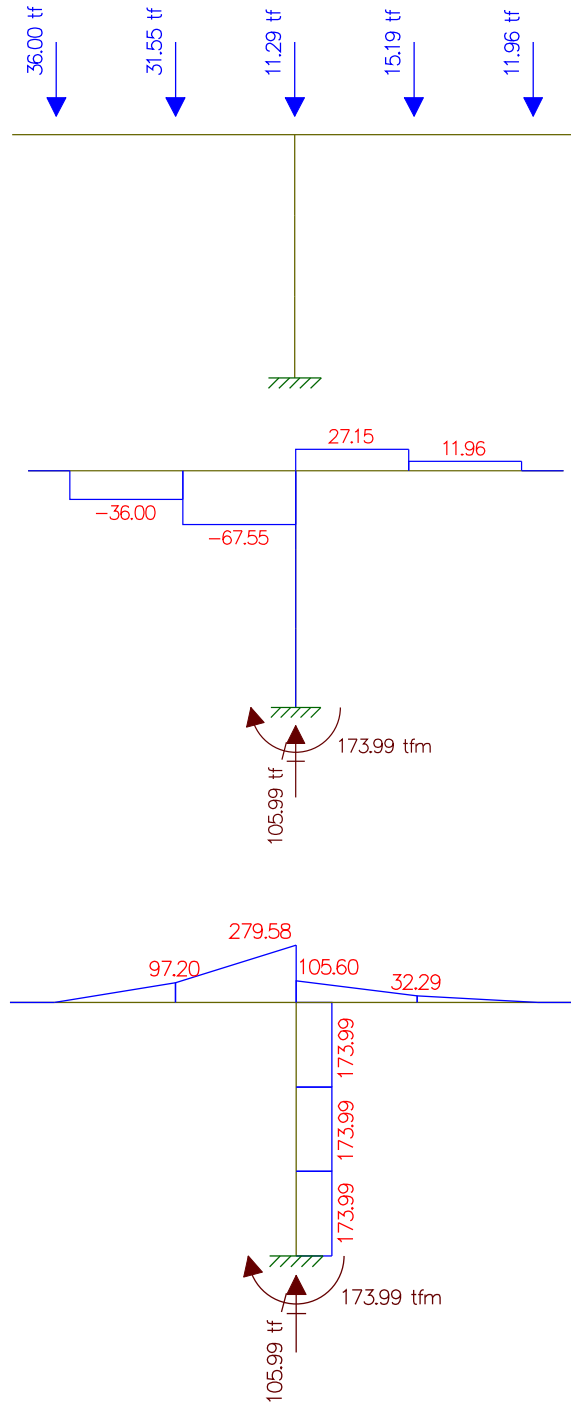
Carga a – Carga b = Carga c Carga c x distância = Momento torsor (tf.m)

	Carga 1 (tf)	Carga 2 (tf)	C1 - C2 (tf)	Distância(m)	Momento Torsor (tf.m)
Viga 1	36,00	12,07	23,93	0,375	8,97
Viga 2	31,55	14,49	17,06	0,375	6,40
Viga 3	11,29	13,96	- 2,67	0,375	-1,00
Viga 4	15,19	14,49	0,70	0,375	0,26
Viga 5	11,96	12,07	- 0,11	0,375	-0,04



**Sem carga de multidão no menor vão**

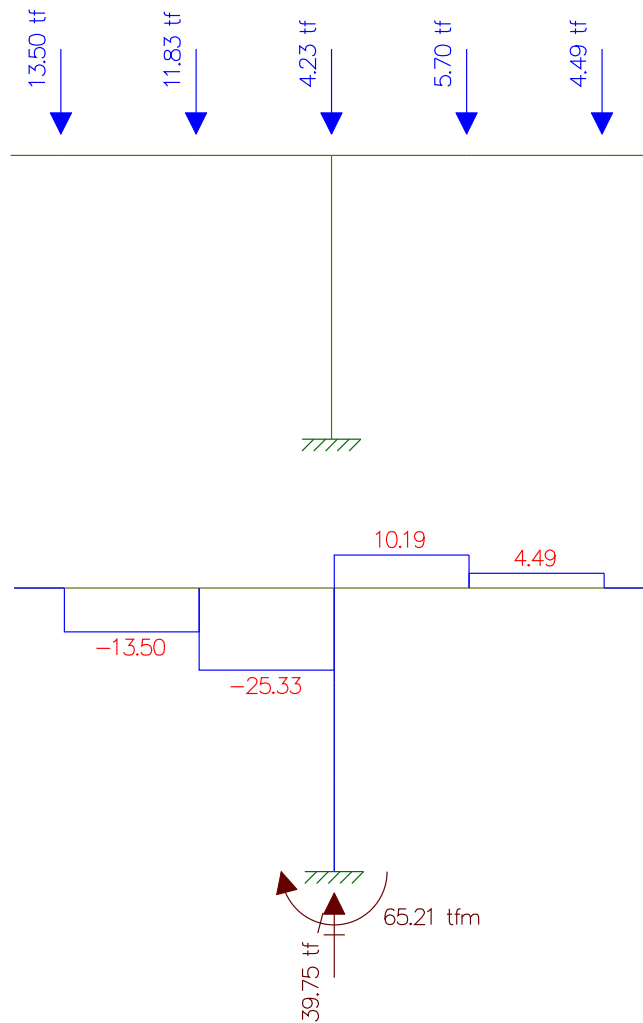
- Reação devido a Viga 1 sem a carga de multidão em um dos vãos: 36,00tf
- Reação devido a Viga 2 sem a carga de multidão em um dos vãos: 31,55tf
- Reação devido a Viga 3 sem a carga de multidão em um dos vãos: 11,29tf
- Reação devido a Viga 4 sem a carga de multidão em um dos vãos: 15,19tf
- Reação devido a Viga 5 sem a carga de multidão em um dos vãos: 11,96tf



## Estudo do Momento Torsor

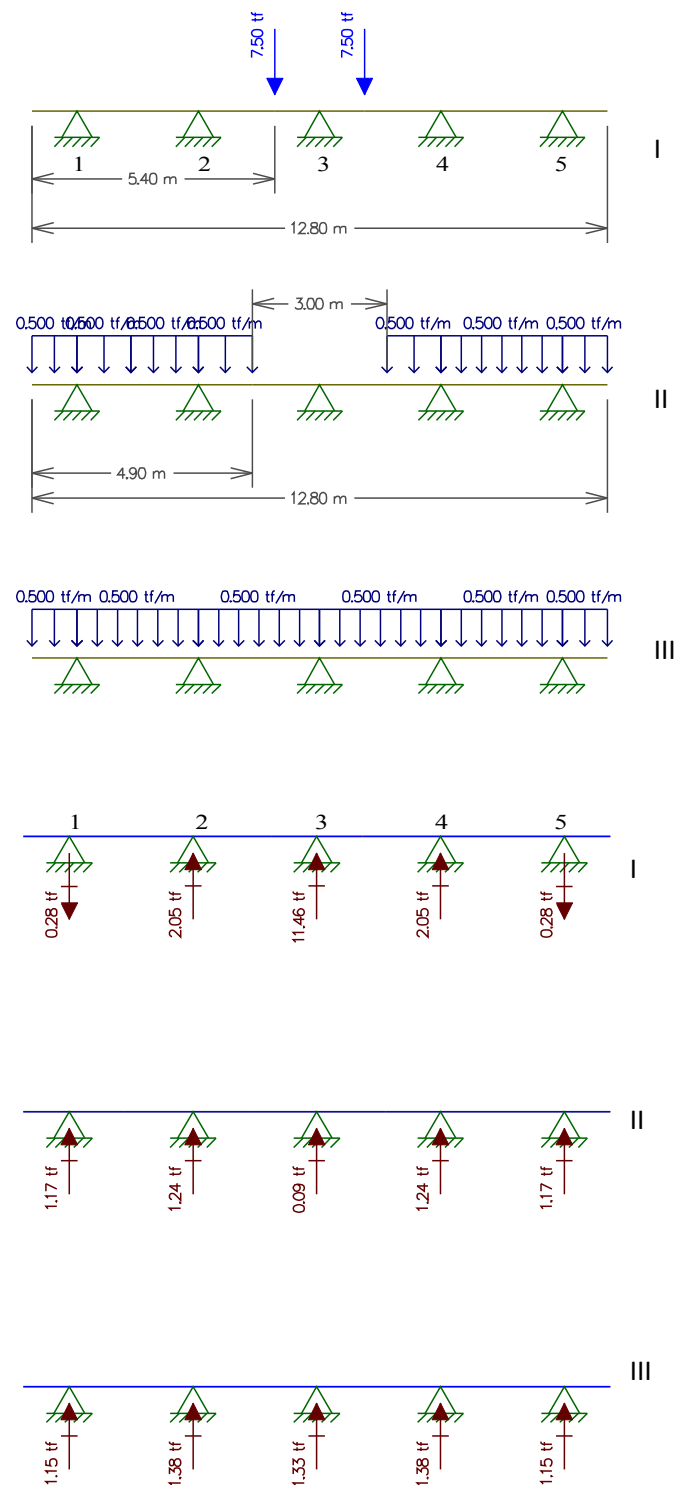
Torsor causado pela diferença de cargas dos vãos

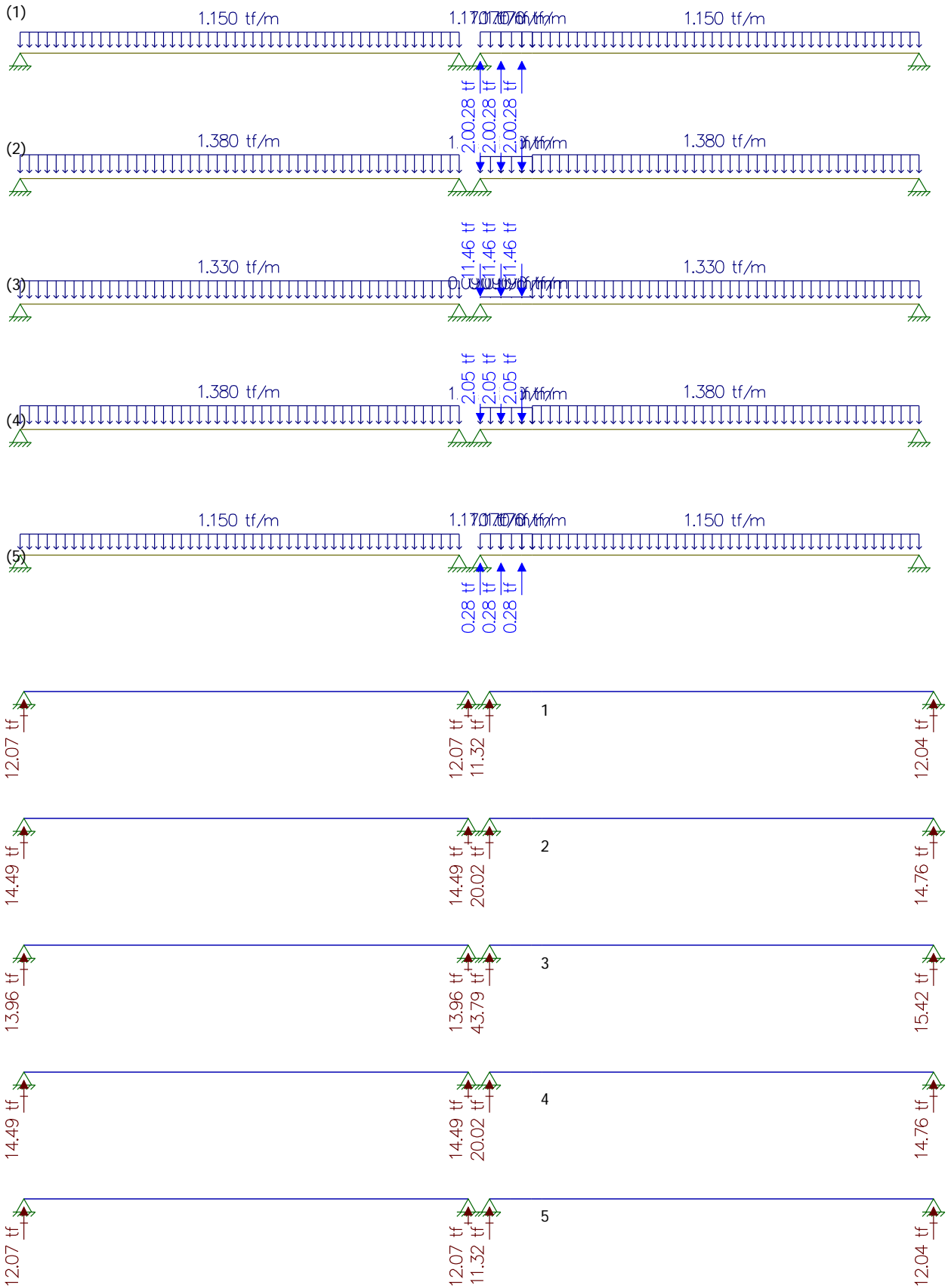
Viga 1: 36,0tf	$M_t = 36,0\text{tf} \times 0,375\text{m} = 13,5\text{tf.m}$
Viga 2: 31,55tf	$M_t = 31,55\text{tf} \times 0,375\text{m} = 11,83\text{tf.m}$
Viga 3: 11,29tf	$M_t = 11,29\text{tf} \times 0,375\text{m} = 4,23\text{tf.m}$
Viga 4: 15,19tf	$M_t = 15,19\text{tf} \times 0,375\text{m} = 5,70\text{tf.m}$
Viga 5: 11,96tf	$M_t = 11,96\text{tf} \times 0,375\text{m} = 4,49\text{tf.m}$



## Estudo da Carga Móvel para situação de Máxima Cortante

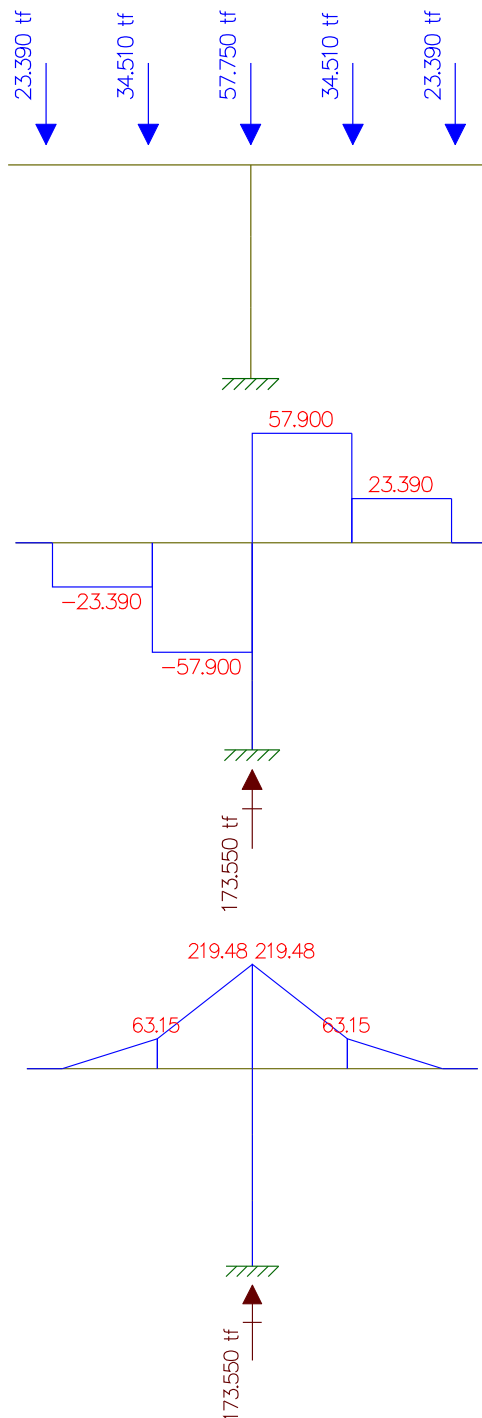
Com carga de multidão no menor vão





### Resultado do Estudo da Carga Móvel para situação de Máxima Cortante

- Reação devido a Viga 1:  $12,07\text{tf} + 11,32\text{tf} = 23,39\text{tf}$
- Reação devido a Viga 2:  $14,49\text{tf} + 20,02\text{tf} = 34,51\text{tf}$
- Reação devido a Viga 3:  $13,96\text{tf} + 43,79\text{tf} = 57,75\text{tf}$
- Reação devido a Viga 4:  $14,49\text{tf} + 20,02\text{tf} = 34,51\text{tf}$
- Reação devido a Viga 5:  $12,07\text{tf} + 11,32\text{tf} = 23,39\text{tf}$

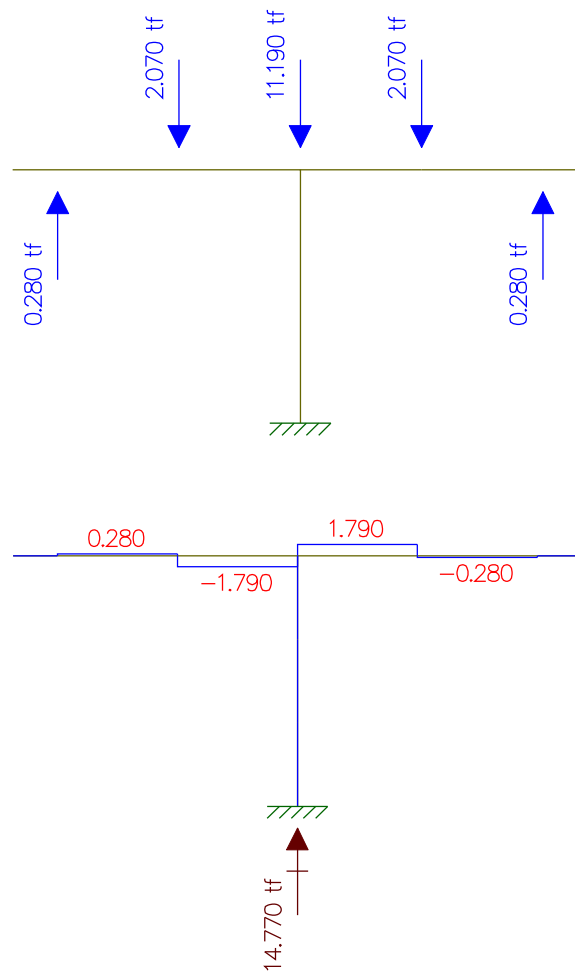


## Estudo do Momento Torsor

Torsor causado pela diferença de cargas dos vãos

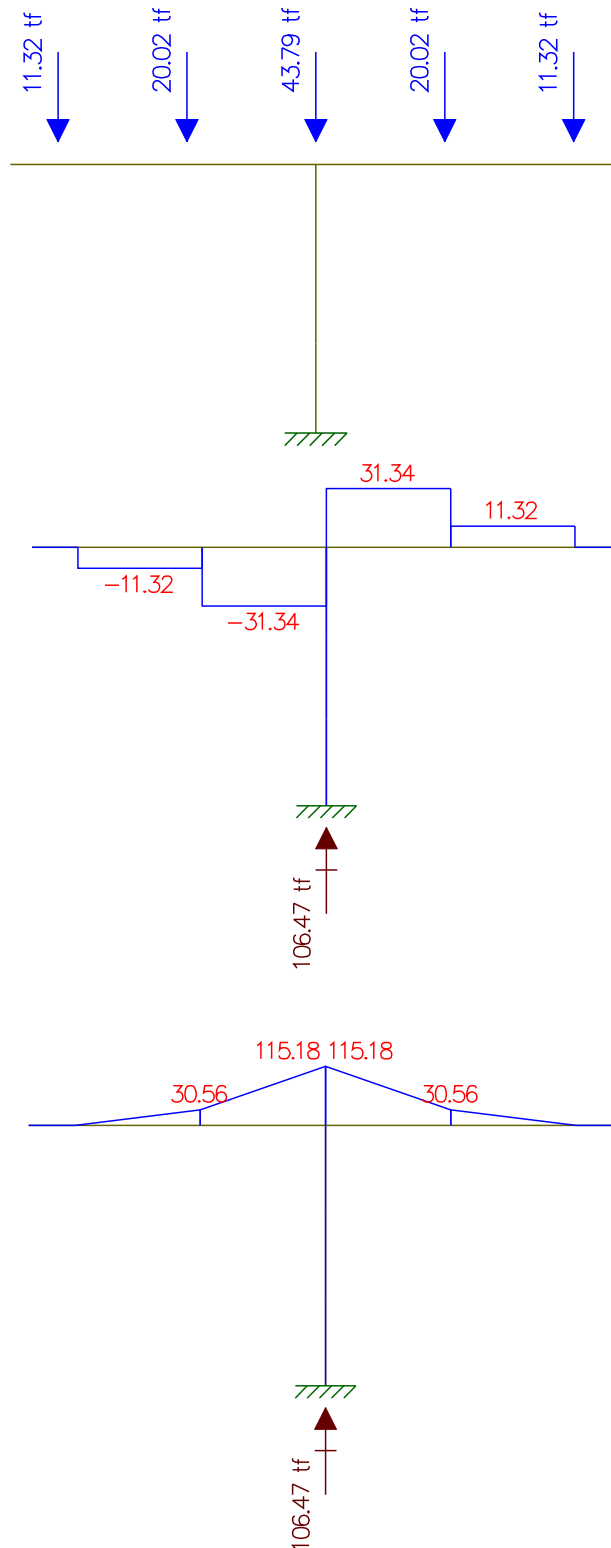
Carga a – Carga b = Carga c Carga c x distância = Momento torsor (tf.m)

	Carga 1 (tf)	Carga 2 (tf)	C1 - C2 (tf)	Distância(m)	Momento Torsor (tf.m)
Viga 1	11,32	12,07	-0,75	0,375	-0,28
Viga 2	20,02	14,49	5,53	0,375	2,07
Viga 3	43,79	13,96	29,83	0,375	11,19
Viga 4	20,02	14,49	5,53	0,375	2,07
Viga 5	11,32	12,07	-0,75	0,375	-0,28



**Sem carga de multidão no menor vão**

- Reação devido a Viga 1: 11,32tf
- Reação devido a Viga 2: 20,02tf
- Reação devido a Viga 3: 43,79tf
- Reação devido a Viga 4: 20,02tf
- Reação devido a Viga 5: 11,32tf

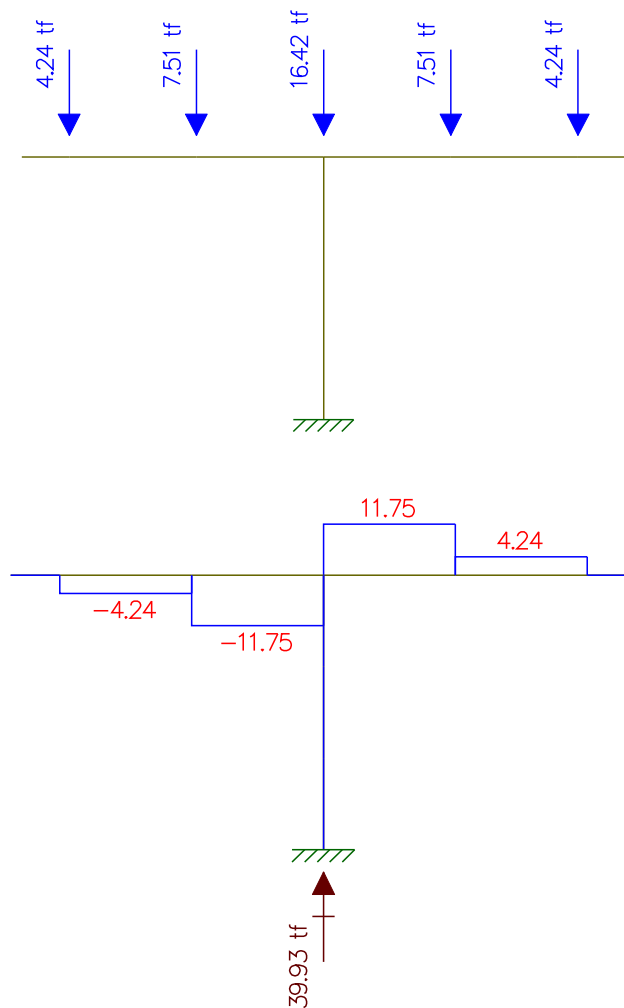




## Estudo do Momento Torsor

Torsor causado pela diferença de cargas dos vãos

Viga 1: 11,32tf	$M_t = 11,32\text{tf} \times 0,375\text{m} = 4,245\text{tf.m}$
Viga 2: 20,02tf	$M_t = 20,02\text{tf} \times 0,375\text{m} = 7,5075\text{tf.m}$
Viga 3: 43,79tf	$M_t = 43,79\text{tf} \times 0,375\text{m} = 16,42125\text{tf.m}$
Viga 4: 20,02tf	$M_t = 20,02\text{tf} \times 0,375\text{m} = 7,5075\text{tf.m}$
Viga 5: 11,32tf	$M_t = 11,32\text{tf} \times 0,375\text{m} = 4,245\text{tf.m}$



## Processamento Superestrutura

### Viga de 21m

\*\*\*\*\*  
DNIT - DER/RJ \* BR 230 Viaduto Estaca 647 \*\*\* Rev. 0 \*\*\*\*\*  
Fase 1 - Viga Isolada \*\* Viga A \* L = 21.00m \*\*\*\* Out/13 \*\*\*  
\*\*\*\*\*

### Fase 1 - Viga Isolada

#### Dimensões Constantes

ALT. = 1.500      LLSU = 1.000      LLIN = .600  
ELSE = .000      BTES = .000      BTEI = .000  
BTII = .000      HTII = .000      HTES = .000  
HTEI = .000      ELSI = .150      ELII = .200  
ALSE = .000

#### Dimensões Variáveis

Seção	EALM	BTIS	BTIN	HTIS	HTIN
1	.600	.400	.000	.053	.000
2	.600	.400	.000	.053	.000
3	.250	.750	.350	.100	.200
4	.250	.750	.350	.100	.200
5	.250	.750	.350	.100	.200
6	.250	.750	.350	.100	.200

Tipo	Área	VS	VI	Inércia	WS	WI	ME
1	.971	.702	.798	.198	.281	.248	.191
2	.971	.702	.798	.198	.281	.248	.191
3	.630	.695	.805	.170	.245	.211	.149
4	.630	.695	.805	.170	.245	.211	.149
5	.630	.695	.805	.170	.245	.211	.149
6	.630	.695	.805	.170	.245	.211	.149

OBS.- As demais seções não serão tabuladas, devido à simetria da Estrutura

\*\*\*\*\*  
DNIT - DER/RJ \* BR 230 Viaduto Estaca 647 \*\*\* Rev. 0 \*\*\*\*\*  
Fase 1 - Viga Isolada \*\* Viga A \* L = 21.00m \*\*\*\* Out/13 \*\*\*  
\*\*\*\*\*

Características do Cabo utilizado  
Fase Única

-----  
Unidade de Protensão = 9 $\phi$ 12.7mm  
Módulo de Elasticidade = 19500. Kg/mm\*\*2  
Área da Seção Transversal = 1202. mm\*\*2  
Tensão Inicial de Protensão = 140. Kg/mm\*\*2  
Acomodação de Ancoragem = 6. mm  
Perdas Def.(Lenta+Imediata) = 22. Kg/mm\*\*2  
Coef. de Atrito na Reta = .0025 /M  
Coef. de Atrito na Curva = .0040 /G  
-----

Cabo C1

Número de Cabos = 1 Tipo = AA XI= .00 XF= 24.30

Seção	YS	Ângulo	Tensões	*	Pk Superior			*	Pk Inferior			
					Fh	Fv	M		Fh	Fv	M	
1	1.21	-1.4	14000./12651.	*	130.	-3.	-66.	*	121.	-3.	-62.	*
2	1.27	-1.4	13915./12736.	*	131.	-3.	-74.	*	122.	-3.	-70.	*
3	1.33	-1.2	13818./12833.	*	132.	-3.	-84.	*	124.	-3.	-79.	*
4	1.37	-.8	13715./12937.	*	133.	-2.	-90.	*	125.	-2.	-84.	*
5	1.40	-.4	13606./13045.	*	134.	-1.	-95.	*	127.	-1.	-89.	*
6	1.40	.0	13504./13147.	*	135.	0.	-95.	*	128.	0.	-90.	*
7	1.40	.4	13606./13045.	*	134.	1.	-95.	*	127.	1.	-89.	*
8	1.37	.8	13715./12937.	*	133.	2.	-90.	*	125.	2.	-84.	*
9	1.33	1.2	13818./12833.	*	132.	3.	-84.	*	124.	3.	-79.	*
10	1.27	1.4	13915./12736.	*	131.	3.	-74.	*	122.	3.	-70.	*
11	1.21	1.4	14000./12651.	*	130.	3.	-66.	*	121.	3.	-62.	*

-----  
Alongamentos - (mm) \* Alongamentos Especificos \* Comprimentos (M)  
\* \* (mm/m) \* \*  
DA = 85.7 \* EA = 7.06 \* LA = 12.152  
DB = 85.7 \* EB = 7.06 \* LB = 12.152  
DA+DB = 171.5 \* EM = 7.06 \* L = 24.304  
-----

Cabo C2

Número de Cabos = 1 Tipo = AA XI= .00 XF= 24.30

Seção	YS	Ângulo	Tensões	*	Pk Superior			*	Pk Inferior			
					Fh	Fv	M		Fh	Fv	M	
1	.91	-4.9	14000./12402.	*	127.	-11.	-26.	*	118.	-10.	-24.	*
2	1.10	-4.0	13863./12539.	*	128.	-9.	-51.	*	120.	-8.	-48.	*
3	1.25	-2.9	13720./12681.	*	130.	-7.	-72.	*	122.	-6.	-68.	*
4	1.35	-1.8	13573./12828.	*	132.	-4.	-86.	*	124.	-4.	-81.	*
5	1.40	-.6	13427./12974.	*	133.	-1.	-94.	*	126.	-1.	-89.	*
6	1.40	.0	13315./13087.	*	135.	0.	-95.	*	127.	0.	-90.	*
7	1.40	.6	13427./12974.	*	133.	1.	-94.	*	126.	1.	-89.	*
8	1.35	1.8	13573./12828.	*	132.	4.	-86.	*	124.	4.	-81.	*
9	1.25	2.9	13720./12681.	*	130.	7.	-72.	*	122.	6.	-68.	*
10	1.10	4.0	13863./12539.	*	128.	9.	-51.	*	120.	8.	-48.	*
11	.91	4.9	14000./12402.	*	127.	11.	-26.	*	118.	10.	-24.	*

-----  
Alongamentos - (mm) \* Alongamentos Especificos \* Comprimentos (M)  
\* \* (mm/m) \* \*  
DA = 85.0 \* EA = 6.99 \* LA = 12.166  
DB = 85.0 \* EB = 6.99 \* LB = 12.166  
DA+DB = 170.1 \* EM = 6.99 \* L = 24.331  
-----

\*\*\*\*\*  
DNIT - DER/RJ \* BR 230 Viaduto Estaca 647 \*\*\* Rev. 0 \*\*\*\*\*  
Fase 1 - Viga Isolada \*\* Viga A \* L = 21.00m \*\*\*\* Out/13 \*\*\*  
\*\*\*\*\*

\*\* Peso-próprio da viga isolada \*\*

Vão 1 Núm. de Pt.s 11

Carga Distribuída

2.427	2.427	1.575	1.575	1.575	1.575
1.575	1.575	1.575	2.427	2.427	

Cargas Nodais

PT	P
1	.72
11	.72

Deslocam.s da Estrutura

Coord.	Deslocam.
1	-1.866
2	1.866

Momentos, Tensões e Cortantes

Vão	Seção	Momento	Sigma-S	Sigma-I	*	Cortante
1	1	.0	.0	.0	*	22.3
1	2	46.9	-166.6	189.4	*	16.4
1	3	79.8	-326.4	378.2	*	11.6
1	4	103.1	-421.4	488.4	*	7.7
1	5	117.0	-478.4	554.4	*	3.8
1	6	121.7	-497.4	576.5	*	.0
1	7	117.0	-478.4	554.4	*	-3.8
1	8	103.1	-421.4	488.4	*	-7.7
1	9	79.8	-326.4	378.2	*	-11.6
1	10	46.9	-166.6	189.4	*	-16.4
1	11	.0	.0	.0	*	-22.3

Reação Núm. 1 = 23.0  
Reação Núm. 2 = 23.0

\*\*\*\*\*  
DNIT - DER/RJ \* BR 230 Viaduto Estaca 647 \*\*\* Rev. 0 \*\*\*\*\*  
Fase 1 - Viga Isolada \*\* Viga A \* L = 21.00m \*\*\*\* Out/13 \*\*\*  
\*\*\*\*\*

\*\* Concretagem da laje superior \*\*

Vão 1 Núm. de Pt.s 11

Carga Distribuída

1.160	1.160	1.160	1.160	1.160	1.160
1.160	1.160	1.160	1.160	1.160	1.160

Cargas Concentradas

XR	P
12.15	.88

Cargas Nodais

PT	P
1	.98
11	.98

Deslocam.s da Estrutura

Coord.	Deslocam.
1	-1.354
2	1.354

Momentos, Tensões e Cortantes

Vão	Seção	Momento	Sigma-S	Sigma-I	*	Cortante
1	1	.0	.0	.0	*	14.5
1	2	31.9	-113.3	128.8	*	11.7
1	3	56.9	-232.7	269.7	*	8.9
1	4	75.1	-307.1	355.9	*	6.1
1	5	86.5	-353.5	409.6	*	3.3
1	6	91.0	-371.8	430.9	*	.0
1	7	86.5	-353.5	409.6	*	-3.3
1	8	75.1	-307.1	355.9	*	-6.1
1	9	56.9	-232.7	269.7	*	-8.9
1	10	31.9	-113.3	128.8	*	-11.7
1	11	.0	.0	.0	*	-14.5

Reações da Estrutura

Reação Núm.	1 =	15.5
Reação Núm.	2 =	15.5

\*\*\*\*\*  
DNIT - DER/RJ \* BR 230 Viaduto Estaca 647 \*\*\* Rev. 0 \*\*\*\*\*  
Fase 1 - Viga Isolada \*\* Viga A \* L = 21.00m \*\*\*\* Out/13 \*\*\*  
\*\*\*\*\*

DESLOCAM.S DA ESTRUTURA DEVIDOS A PROTENSÃO - Pk Superior

COORD.	DESLOCAM.
1	4.714
2	-4.714

MOMENTOS, TENSÕES E CORTANTES  
Isostático + Hiperestático de Protensão - Pk Superior

VÃO	SEÇÃO	MOMENTO	TENSÃO F.SUP.	TENSÃO F.INF.	TENSÃO C.G.	CORTANTE
1	1	-66.3	-153.6	-657.0	-389.2 *	-35.2
1	2	-144.5	118.4	-978.9	-395.1 *	-28.4
1	3	-210.1	241.0	-1613.3	-617.9 *	-20.1
1	4	-250.4	396.4	-1812.7	-626.9 *	-10.8
1	5	-268.6	463.6	-1906.9	-634.4 *	-3.2
1	6	-270.9	467.6	-1923.3	-639.9 *	.0
1	7	-268.6	463.6	-1906.9	-634.4 *	3.2
1	8	-250.4	396.4	-1812.7	-626.9 *	10.8
1	9	-210.1	241.0	-1613.3	-617.9 *	20.1
1	10	-144.5	118.4	-978.9	-395.1 *	28.4
1	11	-66.3	-153.6	-657.0	-389.2 *	35.2

\*\*\*\*\*  
DNIT - DER/RJ \* BR 230 Viaduto Estaca 647 \*\*\* Rev. 0 \*\*\*\*\*  
Fase 1 - Viga Isolada \*\* Viga A \* L = 21.00m \*\*\*\* Out/13 \*\*\*  
\*\*\*\*\*

QUADRO GERAL DE TENSÕES - Pk Superior - T=0

SEÇÃO		G1 I	PROT. II	I+II III	G2 IV	III+IV V
1	SS	.0	-142.1	-142.1	.0	-142.1
	SI	.0	-774.7	-774.7	.0	-774.7
2	SS	-166.6	151.1	-15.5	-113.3	-128.8
	SI	189.4	-1120.7	-931.3	128.8	-802.5
3	SS	-326.4	281.2	-45.1	-232.7	-277.8
	SI	378.2	-1822.9	-1444.6	269.7	-1174.9
4	SS	-421.4	450.3	28.9	-307.1	-278.2
	SI	488.4	-2038.2	-1549.9	355.9	-1194.0
5	SS	-478.4	525.3	46.8	-353.5	-306.6
	SI	554.4	-2141.5	-1587.0	409.6	-1177.4
6	SS	-497.4	529.3	31.8	-371.8	-340.0
	SI	576.5	-2157.8	-1581.4	430.9	-1150.5
7	SS	-478.4	525.3	46.8	-353.5	-306.6
	SI	554.4	-2141.5	-1587.0	409.6	-1177.4
8	SS	-421.4	450.3	28.9	-307.1	-278.2
	SI	488.4	-2038.2	-1549.9	355.9	-1194.0
9	SS	-326.4	281.2	-45.1	-232.7	-277.8
	SI	378.2	-1822.9	-1444.6	269.7	-1174.9
10	SS	-166.6	151.1	-15.5	-113.3	-128.8
	SI	189.4	-1120.7	-931.3	128.8	-802.5
11	SS	.0	-142.1	-142.1	.0	-142.1
	SI	.0	-774.7	-774.7	.0	-774.7

\*\*\*\*\*  
DNIT - DER/RJ \* BR 230 Viaduto Estaca 647 \*\*\* Rev. 0 \*\*\*\*\*  
Fase 1 - Viga Isolada \*\* Viga A \* L = 21.00m \*\*\*\* Out/13 \*\*\*  
\*\*\*\*\*

QUADRO GERAL DE TENSÕES - Pk Superior - T=Inf.

SEÇÃO		G1 I	PROT. II	I+II III	G2 IV	III+IV V
1	SS	.0	-153.6	-153.6	.0	-153.6
	SI	.0	-657.0	-657.0	.0	-657.0
2	SS	-166.6	118.4	-48.1	-113.3	-161.5
	SI	189.4	-978.9	-789.5	128.8	-660.7
3	SS	-326.4	241.0	-85.3	-232.7	-318.1
	SI	378.2	-1613.3	-1235.0	269.7	-965.4
4	SS	-421.4	396.4	-25.0	-307.1	-332.1
	SI	488.4	-1812.7	-1324.4	355.9	-968.5
5	SS	-478.4	463.6	-14.8	-353.5	-368.3
	SI	554.4	-1906.9	-1352.5	409.6	-942.9
6	SS	-497.4	467.6	-29.8	-371.8	-401.6
	SI	576.5	-1923.3	-1346.8	430.9	-915.9
7	SS	-478.4	463.6	-14.8	-353.5	-368.3
	SI	554.4	-1906.9	-1352.5	409.6	-942.9
8	SS	-421.4	396.4	-25.0	-307.1	-332.1
	SI	488.4	-1812.7	-1324.4	355.9	-968.5
9	SS	-326.4	241.0	-85.3	-232.7	-318.1
	SI	378.2	-1613.3	-1235.0	269.7	-965.4
10	SS	-166.6	118.4	-48.1	-113.3	-161.5
	SI	189.4	-978.9	-789.5	128.8	-660.7
11	SS	.0	-153.6	-153.6	.0	-153.6
	SI	.0	-657.0	-657.0	.0	-657.0



\*\*\*\*\*  
DNIT - DER/RJ \* BR 230 Viaduto Estaca 647 \*\*\* Rev. 0 \*\*\*\*\*  
Fase 1 - Viga Isolada \*\* Viga A \* L = 21.00m \*\*\*\* Out/13 \*\*\*  
\*\*\*\*\*

DESLOCAM.S DA ESTRUTURA DEVIDOS A PROTENSÃO - Pk Inferior

COORD.	DESLOCAM.
1	4.425
2	-4.425

MOMENTOS, TENSÕES E CORTANTES  
Isostático + Hiperestático de Protensão - Pk Inferior

VÃO	SEÇÃO	MOMENTO	TENSÃO F.SUP.	TENSÃO F.INF.	TENSÃO C.G.	CORTANTE
1	1	-62.2	-139.6	-612.3	-360.8 *	-32.5
1	2	-134.9	111.5	-912.5	-367.7 *	-26.4
1	3	-196.5	225.8	-1508.2	-577.4 *	-18.8
1	4	-234.9	372.1	-1701.0	-588.2 *	-10.1
1	5	-253.0	436.6	-1795.6	-597.3 *	-3.0
1	6	-255.8	441.5	-1815.5	-604.0 *	.0
1	7	-253.0	436.6	-1795.6	-597.3 *	3.0
1	8	-234.9	372.1	-1701.0	-588.2 *	10.1
1	9	-196.5	225.8	-1508.2	-577.4 *	18.8
1	10	-134.9	111.5	-912.5	-367.7 *	26.4
1	11	-62.2	-139.6	-612.3	-360.8 *	32.5

\*\*\*\*\*  
DNIT - DER/RJ \* BR 230 Viaduto Estaca 647 \*\*\* Rev. 0 \*\*\*\*\*  
Fase 1 - Viga Isolada \*\* Viga A \* L = 21.00m \*\*\*\* Out/13 \*\*\*  
\*\*\*\*\*

QUADRO GERAL DE TENSÕES - Pk Inferior - T=0

SEÇÃO		G1 I	PROT. II	I+II III	G2 IV	III+IV V
1	SS	.0	-125.5	-125.5	.0	-125.5
	SI	.0	-756.2	-756.2	.0	-756.2
2	SS	-166.6	151.4	-15.2	-113.3	-128.5
	SI	189.4	-1085.8	-896.4	128.8	-767.6
3	SS	-326.4	274.9	-51.4	-232.7	-284.2
	SI	378.2	-1764.4	-1386.2	269.7	-1116.5
4	SS	-421.4	437.9	16.5	-307.1	-290.6
	SI	488.4	-1976.6	-1488.2	355.9	-1132.4
5	SS	-478.4	512.0	33.5	-353.5	-319.9
	SI	554.4	-2082.2	-1527.8	409.6	-1118.2
6	SS	-497.4	516.9	19.4	-371.8	-352.4
	SI	576.5	-2102.2	-1525.7	430.9	-1094.9
7	SS	-478.4	512.0	33.5	-353.5	-319.9
	SI	554.4	-2082.2	-1527.8	409.6	-1118.2
8	SS	-421.4	437.9	16.5	-307.1	-290.6
	SI	488.4	-1976.6	-1488.2	355.9	-1132.4
9	SS	-326.4	274.9	-51.4	-232.7	-284.2
	SI	378.2	-1764.4	-1386.2	269.7	-1116.5
10	SS	-166.6	151.4	-15.2	-113.3	-128.5
	SI	189.4	-1085.8	-896.4	128.8	-767.6
11	SS	.0	-125.5	-125.5	.0	-125.5
	SI	.0	-756.2	-756.2	.0	-756.2

\*\*\*\*\*  
DNIT - DER/RJ \* BR 230 Viaduto Estaca 647 \*\*\* Rev. 0 \*\*\*\*\*  
Fase 1 - Viga Isolada \*\* Viga A \* L = 21.00m \*\*\*\* Out/13 \*\*\*  
\*\*\*\*\*

QUADRO GERAL DE TENSÕES - Pk Inferior - T=Inf.

SEÇÃO		G1 I	PROT. II	I+II III	G2 IV	III+IV V
1	SS	.0	-139.6	-139.6	.0	-139.6
	SI	.0	-612.3	-612.3	.0	-612.3
2	SS	-166.6	111.5	-55.1	-113.3	-168.4
	SI	189.4	-912.5	-723.2	128.8	-594.3
3	SS	-326.4	225.8	-100.6	-232.7	-333.3
	SI	378.2	-1508.2	-1130.0	269.7	-860.3
4	SS	-421.4	372.1	-49.3	-307.1	-356.4
	SI	488.4	-1701.0	-1212.7	355.9	-856.8
5	SS	-478.4	436.6	-41.8	-353.5	-395.2
	SI	554.4	-1795.6	-1241.1	409.6	-831.5
6	SS	-497.4	441.5	-55.9	-371.8	-427.8
	SI	576.5	-1815.5	-1239.1	430.9	-808.2
7	SS	-478.4	436.6	-41.8	-353.5	-395.2
	SI	554.4	-1795.6	-1241.1	409.6	-831.5
8	SS	-421.4	372.1	-49.3	-307.1	-356.4
	SI	488.4	-1701.0	-1212.7	355.9	-856.8
9	SS	-326.4	225.8	-100.6	-232.7	-333.3
	SI	378.2	-1508.2	-1130.0	269.7	-860.3
10	SS	-166.6	111.5	-55.1	-113.3	-168.4
	SI	189.4	-912.5	-723.2	128.8	-594.3
11	SS	.0	-139.6	-139.6	.0	-139.6
	SI	.0	-612.3	-612.3	.0	-612.3

\*\*\*\*\*  
DNIT - DER/RJ \* BR 230 Viaduto Estaca 647 \*\*\* Rev. 0 \*\*\*\*\*  
Fase 1 - Viga Isolada \*\* Viga A \* L = 21.00m \*\*\*\* Out/13 \*\*\*  
\*\*\*\*\*

Fase 2 - Viga Conjunta (Viga Isolada + Laje Superior)

Dimensões Constantes

ALT. = 1.700      LLSU = 2.320      LLIN = .600  
ELSE = .000      BTES = .000      BTEI = .000  
BTIS = .000      HTIS = .150      HTES = .000  
HTEI = .000      ELSI = .200      ELII = .200  
ALSE = .000

Dimensões Variáveis

Seção	EALM	BTII	BTIN	HTII	HTIN
1	.600	.400	.000	.053	.000
2	.600	.400	.000	.053	.000
3	.250	.750	.350	.100	.200
4	.250	.750	.350	.100	.200
5	.250	.750	.350	.100	.200
6	.250	.750	.350	.100	.200

Seção	Área	VS	VI	Inércia	WS	WI	ME
1	1.435	.643	1.057	.401	.624	.379	.335
2	1.435	.643	1.057	.401	.624	.379	.335
3	1.094	.558	1.142	.340	.610	.298	.267
4	1.094	.558	1.142	.340	.610	.298	.267
5	1.094	.558	1.142	.340	.610	.298	.267
6	1.094	.558	1.142	.340	.610	.298	.267

OBS.- As demais seções não serao tabuladas, devido a simetria da Estrutura

\*\*\*\*\*  
DNIT - DER/RJ \* BR 230 Viaduto Estaca 647 \*\*\* Rev. 0 \*\*\*\*\*  
Fase 1 - Viga Isolada \*\* Viga A \* L = 21.00m \*\*\*\* Out/13 \*\*\*  
\*\*\*\*\*

\*\* Carregamento G2 = Barreiras + Guarda-corpo

Vão 1 Núm. de Pt.s 11

Carga Distribuída

.788	.788	.788	.788	.788	.788
.788	.788	.788	.788	.788	.788

Cargas Nodais

PT	P
1	.28
11	.28

Deslocam.s da Estrutura

Coord.	Deslocam.
1	-.438
2	.438

Momentos, Tensões e Cortantes

Vão	Seção	Momento	Sigma-S	Sigma-I	*	Cortante
1	1	.0	.0	.0	*	9.6
1	2	20.9	-33.6	55.2	*	7.7
1	3	37.2	-61.0	124.9	*	5.7
1	4	48.9	-80.1	164.0	*	3.8
1	5	55.8	-91.5	187.4	*	1.9
1	6	58.2	-95.3	195.2	*	.0
1	7	55.8	-91.5	187.4	*	-1.9
1	8	48.9	-80.1	164.0	*	-3.8
1	9	37.2	-61.0	124.9	*	-5.7
1	10	20.9	-33.6	55.2	*	-7.7
1	11	.0	.0	.0	*	-9.6

Reações da Estrutura

Reação Núm.	1 =	9.9
Reação Núm.	2 =	9.9

\*\*\*\*\*  
DNIT - DER/RJ \* BR 230 Viaduto Estaca 647 \*\*\* Rev. 0 \*\*\*\*\*  
Fase 1 - Viga Isolada \*\* Viga A \* L = 21.00m \*\*\*\* Out/13 \*\*\*  
\*\*\*\*\*

Trem-tipo considerado - TB-45

Membro	Carga P	Carga Q
1	7.91	1.579

Deslocam.s - Carga Móvel - TT TB-45

=====

Deslocam.	DMax	DMin
1	.000	-1.700
2	1.700	.000

Reações - Carga Móvel - TT TB-45

=====

Reação	RMax	RMin
1	41.5	.0
2	41.5	.0

\*\*\*\*\*  
DNIT - DER/RJ \* BR 230 Viaduto Estaca 647 \*\*\* Rev. 0 \*\*\*\*\*  
Fase 1 - Viga Isolada \*\* Viga A \* L = 21.00m \*\*\*\* Out/13 \*\*\*  
\*\*\*\*\*

Esforço Cortante - Carga Móvel - TT TB-45  
=====

Seção	Cort Max	Cort Min
1	41.5	.0
2	35.4	-1.3
3	29.8	-4.0
4	24.6	-7.4
5	19.7	-11.1
6	15.2	-15.2
7	11.1	-19.7
8	7.4	-24.6
9	4.0	-29.8
10	1.3	-35.4
11	.0	-41.5

Momento Fletor - Carga Móvel - TT TB-45  
=====

SEÇÃO	MP+	MP-	TENSÃO F. SUP (MP+)	TENSÃO F. INF (MP+)	TENSÃO F. SUP (MP-)	TENSÃO F. INF (MP-)
1	.0	.0	.0	.0	.0	.0
2	90.3	.0	-144.7	238.2	.0	.0
3	159.8	.0	-261.8	536.2	.0	.0
4	208.4	.0	-341.4	699.3	.0	.0
5	238.5	.0	-390.8	800.4	.0	.0
6	248.9	.0	-407.9	835.4	.0	.0
7	238.5	.0	-390.8	800.4	.0	.0
8	208.4	.0	-341.4	699.3	.0	.0
9	159.8	.0	-261.8	536.2	.0	.0
10	90.3	.0	-144.7	238.2	.0	.0
11	.0	.0	.0	.0	.0	.0

\*\*\*\*\*  
DNIT - DER/RJ \* BR 230 Viaduto Estaca 647 \*\*\* Rev. 0 \*\*\*\*\*  
Fase 1 - Viga Isolada \*\* Viga A \* L = 21.00m \*\*\*\* Out/13 \*\*\*  
\*\*\*\*\*

Envoltória de Deslocamentos - D=DG+DP

TT TB-45

Deslocam.	Dg	Dp+	Dp-	D Max	D Min
1	.912	.000	-1.700	.912	-.788
2	-.912	1.700	.000	.788	-.912

OBS - Deslocamentos em mm  
Rotações em Rad/1000

Envoltória de Momento Fletor- NBR-6118

TT TB-45

Seção	1.0*MP+1.5*MQ		1.35*MP+1.5*MQ	
	M MAX	M MIN	M MAX	M MIN
1	.0	.0	.0	.0
2	156.4	20.9	163.7	28.3
3	276.9	37.2	289.9	50.3
4	361.4	48.9	378.5	66.0
5	413.5	55.8	433.1	75.4
6	431.5	58.2	451.9	78.5
7	413.5	55.8	433.1	75.4
8	361.4	48.9	378.5	66.0
9	276.9	37.2	289.9	50.3
10	156.4	20.9	163.7	28.3
11	.0	.0	.0	.0

Quadro Geral de Momentos e Tensões

TT TB-45

Seção	MMax	MMin	Tensão F. Sup (MMax)	Tensão F. Inf (MMax)	Tensão F. Sup (MMin)	Tensão F. Inf (MMin)
1	.0	.0	.0	.0	.0	.0
2	111.3	20.9	-178.3	293.4	-33.6	55.2
3	197.0	37.2	-322.8	661.2	-61.0	124.9
4	257.2	48.9	-421.5	863.3	-80.1	164.0
5	294.3	55.8	-482.3	987.8	-91.5	187.4
6	307.1	58.2	-503.2	1030.6	-95.3	195.2
7	294.3	55.8	-482.3	987.8	-91.5	187.4
8	257.2	48.9	-421.5	863.3	-80.1	164.0
9	197.0	37.2	-322.8	661.2	-61.0	124.9
10	111.3	20.9	-178.3	293.4	-33.6	55.2
11	.0	.0	.0	.0	.0	.0



\*\*\*\*\*  
DNIT - DER/RJ \* BR 230 Viaduto Estaca 647 \*\*\* Rev. 0 \*\*\*\*\*  
Fase 1 - Viga Isolada \*\* Viga A \* L = 21.00m \*\*\*\* Out/13 \*\*\*  
\*\*\*\*\*

Quadro Geral dos Cortantes- NBR-6118

TT TB-45

Seção	1.0*QP+1.5*QQ		1.35*QP+1.5*QQ	
	Q Max	Q Min	Q Max	Q Min
1	71.8	9.6	75.1	12.9
2	60.8	5.7	63.5	8.4
3	50.4	-3	52.5	1.7
4	40.7	-7.2	42.0	-5.9
5	31.4	-14.7	32.1	-14.1
6	22.8	-22.8	22.8	-22.8
7	14.7	-31.4	14.1	-32.1
8	7.2	-40.7	5.9	-42.0
9	.3	-50.4	-1.7	-52.5
10	-5.7	-60.8	-8.4	-63.5
11	-9.6	-71.8	-12.9	-75.1

Envoltória de Reações- NBR-6118

TT TB-45

Reação	1.0*RP+1.5*RQ		1.35*RP+1.5*RQ	
	R Max	R Min	R Max	R Min
1	110.7	48.4	127.6	75.5
2	110.7	48.4	127.6	75.5

\*\*\*\*\*  
 DNIT - DER/RJ \* BR 230 Viaduto Estaca 647 \*\*\* Rev. 0 \*\*\*\*\*  
 Fase 1 - Viga Isolada \*\* Viga A \* L = 21.00m \*\*\*\* Out/13 \*\*\*  
 \*\*\*\*\*

QUADRO GERAL DE TENSÕES - Pk Superior

SEÇÃO	F1 I	PROT. II	I+II III	G3 IV	III+IV V	MP+ VI	MP- VII	V+VI VIII	V+VII IX
1	SS 0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	SS' -153.6	0.0	-153.6	0.0	-153.6	0.0	0.0	-153.6	-153.6
	SI -657.0	0.0	-657.0	0.0	-657.0	0.0	0.0	-657.0	-657.0
2	SS 0.0	0.0	0.0	-33.6	-33.6	-144.7	0.0	-178.3	-33.6
	SS' -161.5	0.0	-161.5	-23.2	-184.7	-99.7	0.0	-284.3	-184.7
	SI -660.7	0.0	-660.7	55.2	-605.5	238.2	0.0	-367.3	-605.5
3	SS 0.0	0.0	0.0	-61.0	-61.0	-261.8	0.0	-322.8	-61.0
	SS' -318.1	0.0	-318.1	-39.1	-357.2	-167.9	0.0	-525.1	-357.2
	SI -965.4	0.0	-965.4	124.9	-840.5	536.2	0.0	-304.3	-840.5
4	SS 0.0	0.0	0.0	-80.1	-80.1	-341.4	0.0	-421.5	-80.1
	SS' -332.1	0.0	-332.1	-51.4	-383.5	-219.0	0.0	-602.4	-383.5
	SI -968.5	0.0	-968.5	164.0	-804.5	699.3	0.0	-105.2	-804.5
5	SS 0.0	0.0	0.0	-91.5	-91.5	-390.8	0.0	-482.3	-91.5
	SS' -368.3	0.0	-368.3	-58.7	-427.0	-250.7	0.0	-677.6	-427.0
	SI -942.9	0.0	-942.9	187.4	-755.5	800.4	0.0	44.9	-755.5
6	SS 0.0	0.0	0.0	-95.3	-95.3	-407.9	0.0	-503.2	-95.3
	SS' -401.6	0.0	-401.6	-61.1	-462.7	-261.6	0.0	-724.4	-462.7
	SI -915.9	0.0	-915.9	195.2	-720.7	835.4	0.0	114.7	-720.7
7	SS 0.0	0.0	0.0	-91.5	-91.5	-390.8	0.0	-482.3	-91.5
	SS' -368.3	0.0	-368.3	-58.7	-427.0	-250.7	0.0	-677.6	-427.0
	SI -942.9	0.0	-942.9	187.4	-755.5	800.4	0.0	44.9	-755.5
8	SS 0.0	0.0	0.0	-80.1	-80.1	-341.4	0.0	-421.5	-80.1
	SS' -332.1	0.0	-332.1	-51.4	-383.5	-219.0	0.0	-602.4	-383.5
	SI -968.5	0.0	-968.5	164.0	-804.5	699.3	0.0	-105.2	-804.5
9	SS 0.0	0.0	0.0	-61.0	-61.0	-261.8	0.0	-322.8	-61.0
	SS' -318.1	0.0	-318.1	-39.1	-357.2	-167.9	0.0	-525.1	-357.2
	SI -965.4	0.0	-965.4	124.9	-840.5	536.2	0.0	-304.3	-840.5
10	SS 0.0	0.0	0.0	-33.6	-33.6	-144.7	0.0	-178.3	-33.6
	SS' -161.5	0.0	-161.5	-23.2	-184.7	-99.7	0.0	-284.3	-184.7
	SI -660.7	0.0	-660.7	55.2	-605.5	238.2	0.0	-367.3	-605.5
11	SS 0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	SS' -153.6	0.0	-153.6	0.0	-153.6	0.0	0.0	-153.6	-153.6
	SI -657.0	0.0	-657.0	0.0	-657.0	0.0	0.0	-657.0	-657.0

\*\*\*\*\*  
DNIT - DER/RJ \* BR 230 Viaduto Estaca 647 \*\*\* Rev. 0 \*\*\*\*\*  
Fase 1 - Viga Isolada \*\* Viga A \* L = 21.00m \*\*\*\* Out/13 \*\*\*  
\*\*\*\*\*

QUADRO GERAL DE TENSÕES - Pk Inferior

SEÇÃO	F1 I	PROT. II	I+II III	G3 IV	III+IV V	MP+ VI	MP- VII	V+VI VIII	V+VII IX
1 SS	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SS'	-139.6	0.0	-139.6	0.0	-139.6	0.0	0.0	-139.6	-139.6
SI	-612.3	0.0	-612.3	0.0	-612.3	0.0	0.0	-612.3	-612.3
2 SS	0.0	0.0	0.0	-33.6	-33.6	-144.7	0.0	-178.3	-33.6
SS'	-168.4	0.0	-168.4	-23.2	-191.6	-99.7	0.0	-291.2	-191.6
SI	-594.3	0.0	-594.3	55.2	-539.1	238.2	0.0	-300.9	-539.1
3 SS	0.0	0.0	0.0	-61.0	-61.0	-261.8	0.0	-322.8	-61.0
SS'	-333.3	0.0	-333.3	-39.1	-372.4	-167.9	0.0	-540.3	-372.4
SI	-860.3	0.0	-860.3	124.9	-735.4	536.2	0.0	-199.2	-735.4
4 SS	0.0	0.0	0.0	-80.1	-80.1	-341.4	0.0	-421.5	-80.1
SS'	-356.4	0.0	-356.4	-51.4	-407.8	-219.0	0.0	-626.7	-407.8
SI	-856.8	0.0	-856.8	164.0	-692.8	699.3	0.0	6.5	-692.8
5 SS	0.0	0.0	0.0	-91.5	-91.5	-390.8	0.0	-482.3	-91.5
SS'	-395.2	0.0	-395.2	-58.7	-453.9	-250.7	0.0	-704.5	-453.9
SI	-831.5	0.0	-831.5	187.4	-644.1	800.4	0.0	156.3	-644.1
6 SS	0.0	0.0	0.0	-95.3	-95.3	-407.9	0.0	-503.2	-95.3
SS'	-427.8	0.0	-427.8	-61.1	-488.9	-261.6	0.0	-750.6	-488.9
SI	-808.2	0.0	-808.2	195.2	-613.0	835.4	0.0	222.4	-613.0
7 SS	0.0	0.0	0.0	-91.5	-91.5	-390.8	0.0	-482.3	-91.5
SS'	-395.2	0.0	-395.2	-58.7	-453.9	-250.7	0.0	-704.5	-453.9
SI	-831.5	0.0	-831.5	187.4	-644.1	800.4	0.0	156.3	-644.1
8 SS	0.0	0.0	0.0	-80.1	-80.1	-341.4	0.0	-421.5	-80.1
SS'	-356.4	0.0	-356.4	-51.4	-407.8	-219.0	0.0	-626.7	-407.8
SI	-856.8	0.0	-856.8	164.0	-692.8	699.3	0.0	6.5	-692.8
9 SS	0.0	0.0	0.0	-61.0	-61.0	-261.8	0.0	-322.8	-61.0
SS'	-333.3	0.0	-333.3	-39.1	-372.4	-167.9	0.0	-540.3	-372.4
SI	-860.3	0.0	-860.3	124.9	-735.4	536.2	0.0	-199.2	-735.4
10 SS	0.0	0.0	0.0	-33.6	-33.6	-144.7	0.0	-178.3	-33.6
SS'	-168.4	0.0	-168.4	-23.2	-191.6	-99.7	0.0	-291.2	-191.6
SI	-594.3	0.0	-594.3	55.2	-539.1	238.2	0.0	-300.9	-539.1
11 SS	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SS'	-139.6	0.0	-139.6	0.0	-139.6	0.0	0.0	-139.6	-139.6
SI	-612.3	0.0	-612.3	0.0	-612.3	0.0	0.0	-612.3	-612.3

\*\*\*\*\*  
DNIT - DER/RJ \* BR 230 Viaduto Estaca 647 \*\*\* Rev. 0 \*\*\*\*\*  
Fase 1 - Viga Isolada \*\* Viga A \* L = 21.00m \*\*\*\* Out/13 \*\*\*  
\*\*\*\*\*

CÁLCULO DA ARMADURA TRANSVERSAL DEVIDA AO CORTANTE - NBR-6118

Ponte totalmente carregada

SEÇÃO	VDMAX	VDMIN	VRDMAX	TWD	TC	TD	RO	AS/S (CM)
1	125.	46.	96.	113.	0.	130.	.00299	.179
2	101.	34.	78.	92.	0.	106.	.00243	.146
3	80.	20.	63.	203.	0.	234.	.00538	.135
4	61.	6.	51.	166.	0.	190.	.00438	.109
5	42.	-8.	39.	126.	0.	144.	.00332	.083
6	-23.	23.	-23.	73.	0.	84.	.00194	.049
7	-42.	8.	-39.	126.	0.	144.	.00332	.083
8	-61.	-6.	-51.	166.	0.	190.	.00438	.109
9	-80.	-20.	-63.	203.	0.	234.	.00538	.135
10	-101.	-34.	-78.	92.	0.	106.	.00243	.146
11	-125.	-46.	-96.	113.	0.	130.	.00299	.179

Armadura Total (Cortante+Torção+Fadiga)- NBR-6118

Ponte totalmente carregada

Seção	AS/S (CM)		Espacamento Long. (CM)				Espacamento Transv. (CM)			
	Long.	Nerv.	1/4	5/16	3/8	1/2	1/4	5/16	3/8	1/2
1	.000	.179	30.	30.	30.	30.	0.	5.	8.	14.
2	.000	.156	30.	30.	30.	30.	0.	6.	9.	16.
3	.000	.168	30.	30.	30.	30.	0.	6.	8.	15.
4	.000	.172	30.	30.	30.	30.	0.	6.	8.	15.
5	.000	.172	30.	30.	30.	30.	0.	6.	8.	15.
6	.000	.100	30.	30.	30.	30.	6.	10.	14.	25.
7	.000	.172	30.	30.	30.	30.	0.	6.	8.	15.
8	.000	.172	30.	30.	30.	30.	0.	6.	8.	15.
9	.000	.168	30.	30.	30.	30.	0.	6.	8.	15.
10	.000	.156	30.	30.	30.	30.	0.	6.	9.	16.
11	.000	.179	30.	30.	30.	30.	0.	5.	8.	14.

## Dimensionamento da Laje

Os parâmetros para determinação dos momentos, serão aqueles fornecidos pelas tabelas do Prof. Rüsçh, de acordo com cada caso estrutural correspondente.

### Laje do balanço

Para Carga Permanente ( p.próprio e pavimento ):

$$l_x = 1,16\text{m}$$

$$l_x \text{ para guarda rodas} = 0,90\text{cm}$$

Para Carga Permanente :

$$\text{Guarda - rodas} = 0,60\text{t/m}$$

$$p. \text{ próprio} + \text{ pavimento} = 0,72\text{t/m}^2$$

Carga Móvel – Trem tipo Classe 450kN

$$\text{Balanço reduzido} = 1,16 - 0,40 - 0,225 = 0,535\text{m}$$

$$P = 7,50\text{t}$$

$$\phi = 1,40 - 2 \times 0,535 \times 0,007 = 1,393$$

$$P\phi = 10,444\text{t}$$

$$p\phi = 0,697\text{t/m}^2$$

Esforços Atuantes

Carga Permanente :

$$m_{xe} = 0,60 ( 1,16 - 0,20 ) + 0,74 \times 1,16^2/2 = -1,074\text{mt/m}$$

Seção junto ao Guarda - rodas :

$$m_{xe} = 0,60 \times 0,20 + 0,74 \times 0,20^2/2 = -0,135\text{mt/m}$$

Carga Móvel

Parâmetros para entrada na Tabela N° 98 do Prof. Rüsçh

$$l_x/a = 0,535/2 = 0,268$$

$$t/a = 0,425\text{m}$$

Temos então :

$$m_{xe} = 0,35 \times 10,444 = -3,655\text{mt/m}$$

$$m_{yr} = 0,18 \times 10,344 = 1,862\text{mt/m}$$

$$m_{xm} = 0,24 \times 10,344 = 2,483\text{mt/m}$$

$$m_{ym} = 0,115 \times 10,344 = 1,190\text{mt/m}$$

Impacto do Veículo na Barreira

Largura de distribuição a 45°

$$l = 2 \times 0,97 = 1,94\text{m}$$

$$m_{xe} = 6,0 \times 0,97/1,94 = -3,00\text{mt/m na junção do guarda - rodas.}$$

Distribuindo até o eixo da viga extrema, temos :

$$l = ( 1,16 - 0,40 ) \times 2 + 1,94 = 3,46\text{m}$$

$$m_{xe} = 6 \times 0,97/3,46 = -1,682\text{mt/m}$$

Pesquisando na seção do balanço com 20cm de espessura, temos :

Distribuição a 45°

$$l = (1,30 - 0,40 - 0,85/2) \cdot 2 + 1,94 = 3,29\text{m}$$

$$mxe = -6 \times 0,97/3,29 = -1,769\text{mt/m}$$

Dimensionamento :

Seção junto ao Guarda - rodas :

$$mxd = 1,35 \times 0,135 + 1,50 \times 3,00 = -5,177\text{mt/m}$$

Seção na laje do balanço junto a aba da viga pré-moldada :

$$mxd = -1,35 \times 0,673 - 1,240 \times 1,50 = -2,769\text{mt/m}$$

Seção no eixo da viga extrema :

$$mxd = 1,35 \times 1,074 + 1,50 (3,655 + 1,682) = -9,455\text{mt/m}$$

Armaduras necessárias sem fadiga

Seção 1 – Junto ao Guarda - rodas :

$$mxd = -5,177\text{mt/m}$$

$$b = 1,00\text{m} \quad d = 0,175$$

$$bd^2 fcd = 1,00 \times 0,175^2 \times 2000 = 61,25$$

$$kmd = 0,085 \text{ **ok!**}$$

Seção 2 – Junto a Aba da Viga Pré-Moldada :

$$mxd = -7,449\text{mt/m}$$

$$kmd = 0,122 \text{ **ok!**}$$

Seção de aço Necessária :

$$As1 = 5,177/0,90 \times 4,348 \times 0,175 = 7,60 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$As2 = -5,469/0,9 \times 4,348 \times 0,175 = 7,98\text{cm}^2/\text{m}$$

$$As3 = -9,465/0,9 \times 4,48 \times 0,275 = 8,83\text{cm}^2/\text{m}$$

Seção 3 – Eixo da Viga Pré-Moldada

$$b = 1,00\text{m} \quad h = 0,30\text{m} \quad d = 0,275\text{m} \quad mxe = -9,465\text{mt/m}$$

$$bd^2 fcd = 1,00 \times 0,275^2 \times 2000 = 151,25$$

$$kmd = 0,063 \text{ **ok!**}$$

Cálculo e dimensionamento da lajota que servirá como forma/escoramento da laje do tabuleiro.

Do ponto de vista estrutural, a lajota pré-moldada fará parte integrante da altura útil da laje do tabuleiro, devido as treliças de união desta lajota com a concretagem da laje do tabuleiro propriamente dita.

Vão da lajota pré-moldada

$$l_x = 2,32 - 1,00 + 0,07 = 1,79\text{m}$$

$$h = 0,07\text{m}$$

$$d = 0,07 - 0,025 = 0,045\text{m}$$

$$pp. \text{ total} = 0,20 \times 2,50 = 0,50\text{t/m}^2$$

Para placa com 30cm de largura, temos :

$$g = 0,20\text{t/m}^2$$

$$M_k = 0,20 \times 1,39^2/8 = 0,048\text{mt/placa}$$

$$M_d = 0,068\text{mt/placa}$$

$$bd^2 f_{cd} = 0,30 \times 0,045^2 \times 2000 = 1,21$$

$$k_{md} = 0,068/1,21 = 0,056$$

Embora a placa prescindia da armadura de compressão para sua estabilidade durante período de execução, esta armadura será colocada para “ligação placa pré-moldada x concreto posterior”.

Cálculo da fadiga, com limite de flutuação de tensão no aço de 1800kg/cm<sup>2</sup>, em serviço, considerando:

Laje Central :

$$m_{xm} \quad b = 1,00\text{m}$$

$$h = 0,20\text{m}$$

$$d = 0,175\text{m}$$

$$f_{yk} = 5000\text{kg/m}^2$$

$$f_{ck} = 3000\text{t/m}^2$$

$$M_{\text{máx}} = 1,441\text{mt/m}$$

$$M_{\text{mín}} = 0,154\text{mt/m}$$

$$A_s = 0,0003122\text{m}^2$$

$$m_{ym} \quad b = 1,00\text{m}$$

$$h = 0,20\text{m}$$

$$d = 0,175\text{m}$$

$$f_{yk} = 50000\text{t/m}^2$$

$$f_{ck} = 3000\text{t/m}^2$$

$$M_{\text{máx}} = 0,860 \text{ mt/m}$$

$$M_{\text{mín}} = 0,026\text{mt/m}$$

$$A_s = 0,0002528\text{m}^2$$

$$M_{xe} \quad b = 1,00\text{m}$$

$$h = 0,30\text{m}$$

$$d = 0,275\text{m}$$

$$f_{yk} = 50000\text{t/m}^2$$

$$f_{ck} = 3000\text{t/m}^2$$

$$M_{\text{máx}} = -2,989\text{mt/m}$$

$$M_{\text{mín}} = -0,308\text{mt/m}$$

$$A_s = 0,0003489\text{m}^2$$

Laje do Balanço:

Seção 1 – Junto ao Guarda - Rodas

$$b = 1,00\text{m}$$

$$h = 0,20\text{m}$$

$$d = 0,175\text{m}$$

$$f_yk = 50000\text{t/m}^2$$

$$f_{ck} = 3000\text{t/m}^2$$

$$M_{\text{máx}} = -3,134\text{mt/m}$$

$$M_{\text{mín}} = -0,134\text{mt/m}$$

$$A_s = 0,000760\text{m}^2$$

Seção 2 – Junto a Aba da Viga Extrema

$$b = 1,00\text{m}$$

$$h = 0,20\text{m}$$

$$d = 0,175\text{m}$$

$$f_yk = 50000\text{t/m}^2$$

$$f_{ck} = 3000\text{t/m}^2$$

$$M_{\text{máx}} = 1,913\text{t/m}$$

$$M_{\text{mín}} = 0,673\text{mt/m}$$

$$A_s = 0,000798\text{m}^2$$

Seção 3 – Seção no Eixo da Viga Extrema

$$b = 1,00\text{m}$$

$$h = 0,30\text{m}$$

$$d = 0,275\text{m}$$

$$f_yk = 50000\text{t/m}^2$$

$$f_{ck} = 3000\text{t/m}^2$$

$$M_{\text{máx}} = 4,872\text{mt/m}$$

$$M_{\text{mín}} = 1,252\text{mt/m}$$

$$A_s = 0,0008828\text{m}^2$$

Verificação do coeficiente de majoração das armaduras pelo efeito da fadiga.

Adotado critério da Tabela 23,2, com  $\Delta f_{sd}$ ,  $f_{ad}$ , min para  $2 \times 10^6$  ciclos, armadura passiva do aço CA-50, para o caso de “Barras retas ou dobradas com  $D > 25\varnothing$ ”.

Considerando que a bitola máxima é de 12.5mm, temos o valor para amplitude da variação da tensão da armadura de 190MPa.

As unidades para determinação da tensão “máxima” e “mínima” na armadura são:

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

$$E_f = 210.000\text{MPa}$$

$$\text{Área de aço em m}^2$$

Momento máximo e mínimo em mt/m

Tensão na armadura em kg/cm<sup>2</sup>

A seguir, os resultados para Laje Central do Balanço :



## Lajes centrais

Dimensionamento através das tabelas de Rüsçh.

Materiais

$$l_x = 2,32\text{m}$$

$$l_y/a = \infty$$

$$h = 0,20\text{m}$$

$$d = 0,175\text{m}$$

Antes de iniciarmos o cálculo da Laje Central, necessita-se a verificação da condição de ligação laje balanço x primeira laje interna.

Momento de engastamento do balanço :

$$M_{xeg} = -1,074\text{mt/m}$$

Momento de engastamento perfeito da laje adjacente :

$$l = 2,32\text{m} \quad g = 0,74\text{t/m}$$

$$M_{eng.} = 0,74 \times 2,32^2/12 = -0,332\text{mt/m}$$

Pelos valores acima, podemos concluir que o balanço “engasta” a laje adjacente.

### Tabela de Rüsçh – Caso Nr 27

Carga Permanente

$$\left. \begin{array}{l} g_1 = 0,20 \times 2,50 = 0,500\text{t/m}^2 \text{ peso próprio} \\ g_2 = 0,10 \times 2,40 = 0,24\text{t/m}^2 \text{ pavimentação} \end{array} \right\} 0,740\text{t/m}^2$$

Carga Móvel

$$P = 7,50\text{t}$$

$$p = 0,50\text{t/m}^2$$

Impacto

$$\varphi = 1,40 - 0,7\% \times 2,32 = 1,384$$

$$P\varphi = 10,379\text{t}$$

$$p\varphi = 0,692\text{t/m}^2$$

### Esforços Atuantes

Carga Permanente

$$m_{xm} = 0,417 \times g \times l_x^2 = 0,154\text{mt/m}$$

$$m_{ym} = 0,069 \times g \times l_x^2 = 0,026\text{mt/m}$$

$$m_{xe} = -0,0833 \times g \times l_x^2 = 0,308\text{mt/m}$$

$$\text{onde, } g \times l_x^2 = 0,74 \times 2,32^2 = 3,983$$

**Carga Móvel**

Parâmetros para entrada na tabela Nr 27, correspondente ao sentido de tráfego paralelo ao eixo Y.

$$l_x/a = 2,32/2,00 = 1,16$$

$$t/a = (0,45 + 2 \times 0,20) / 2 = 0,425$$

Temos então,

**Carga Móvel**

$$m_{xm} = 0,122 \times 10,379 + 0,03 \times 0,692 = 1,287 \text{ mt/m}$$

$$m_{ym} = 0,076 \times 10,379 + 0,02 \times 0,692 = 0,834 \text{ mt/m}$$

$$m_{xe} = -(0,235 \times 10,379 + 0,35 \times 0,692) = -2,681 \text{ mt/m}$$

**Momentos de Cálculo para o Dimensionamento**

$$m_{xmd} = 1,35 \times 0,154 + 1,50 \times 1,287 = 2,138 \text{ mt/m}$$

$$m_{ymd} = 1,35 \times 0,026 + 1,50 \times 0,834 = 1,286 \text{ mt/m}$$

$$m_{xed} = 1,35 \times 0,308 + 1,50 \times 2,681 = -4,437 \text{ mt/m}$$

**Cálculo das Armaduras**

Para  $M_{xmd} = 2,138 \text{ mt/m}$

$$h = 0,175 \text{ m}$$

$$d = 0,175 \text{ m}$$

$$b = 1,00 \text{ m}$$

$$bd^2 f_{cd} = 1,00 \times 0,175^2 \times 2000 = 61,25$$

$$k_{md} = M_d / bd^2 f_{cd} = 0,035 \text{ ok!}$$

Para  $M_{ym} = 1,250 \text{ mt/m}$

$$d = 0,130 \text{ m}$$

$$bd^2 f_{cd} = 1,00 \times 0,13^2 \times 2000 = 33,80$$

$$k_{md} = 0,038 \text{ ok!}$$

Para  $M_{xed} = -4,437 \text{ mt/m}$

$$h = 0,35 \text{ m}$$

$$d = 0,325 \text{ m}$$

$$bd^2 f_{cd} = 1,00 \times 0,375^2 \times 2000 = 211,25$$

$$k_{md} = 0,021 \text{ ok!}$$

**Armaduras sem Coeficiente de Fadiga**

$$A_s = 2,138 / 0,175 \times 0,90 \times 4,348 = 3,122 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_s = 1,286 / 0,13 \times 4,348 \times 0,90 = 2,528 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_s = 4,437 / 0,90 \times 0,325 \times 4,348 = 3,489 \text{ cm}^2/\text{m}$$

## Dimensionamento da laje de continuidade

### Cálculo da Placa de Continuidade

-  $l_x = 0,83m$  / Faixa de 1m de Largura

- Área de Concreto -  $0,19 \times 1,0 = 0,19m^2$

- Inércia da Placa -  $I_{Placa} = \frac{b \times h^3}{12} = \frac{1,0 \times 0,19^3}{12} = 5,72 \times 10^{-4} m^4$

- FCK = 30MPa

- Módulo de Elasticidade -  $E_{ct} = 5.600 \sqrt{f_{ck}} = 5.600 \sqrt{30} = 30.672,50 MPa$

### Momento de inércia do conjunto (vigas+laje)

-  $I_{ca21} = 1,75m^4$  - P/ Viga de 21m

-  $I_{ca30} = 2,57m^4$  - P/ Viga de 30m

### Trem -Tipo Simplificado

$P = 6 \times 7,5t = 45t$

$q_1 = 3 \times 0,5 t/m^2 = 1,5 t/m$

$q_2 = 9,8 \times 0,5 t/m^2 = 4,9 t/m$

$q = 6,4 t/m$

### 1 - Efeito devido a rotação de um único vão carregado.

$$M_0 = \frac{-4E_{ct}I_{Placa}}{l_x} = 0$$

$$M_1 = \frac{M_0}{2} = 0$$

$$\theta_1 = \frac{q_1 l^3}{16E_{ct}I_c}$$

$$\theta_2 = \frac{q_2 l^3}{24E_{ct}I_c}$$

$$\theta\theta_1 = \frac{45 \times 20,83^3}{16 \times 3067250 \times 1,75} = 4,16 \times 10^{-4} rad$$

$$\theta\theta_2 = \frac{6,4 \times 20,30^3}{24 \times 3067250 \times 1,75} = 4,16 \times 10^{-4} rad$$

$$M_0 = \left( \frac{-4 \times 3067250 \times 5,72 \times 10^{-4}}{0,83} \right) \times 6,32 \times 10^{-4}$$

$$M_0 = -5,34 t/m$$

$$M_1 = \frac{M_0}{2} = + \frac{5,34}{2} = 2,67 \text{ tm/m}$$

## 2- Dois vãos adjacentes carregados

$$M_0 = \left( \frac{-2 \times E_C \times J_{Placa}}{lx} \right) \times \theta \left( \frac{-2 \times 30672250 \times 5,72 \times 10^{-4}}{0,83} \right) \times 6,32 \times 10^{-4}$$

$$M_0 = -2,67 \text{ t/m}$$

$$M_1 = \left( \frac{-2 \times 30672250 \times 5,72 \times 10^{-4}}{0,83} \right) \times 1,59 \times 10^{-3} = M_1 = -6,47 \text{ t/m}$$

$$\theta_1 = \frac{45 \times 29,3^2}{16 \times 30672250 \times 2,57} = 3,06 \times 10^{-3}$$

$$\theta_2 = \frac{6,4 \times 29,3^2}{16 \times 30672250 \times 2,67} = 1,28 \times 10^{-3} \text{ rad}$$

$$\theta = \theta_1 + \theta_2$$

$$\theta = 1,59 \times 10^{-3} \text{ rad}$$

## 3 - Recalque do aparelho de apoio quando só um dos vãos é carregado.

$$M_0 = \frac{6 \times E_C \times J_F \times \Delta n}{l^2 x^2}$$

$$a = 0,25 \text{ m}$$

$$b = 0,40 \text{ m}$$

$$h = 0,078 \text{ m}$$

$$E_n$$

$$E_n = 2 \times 100 \times 0,69 (0,047)^2$$

$$E_n = 9995,50 \text{ t/m}^2$$

### Relação vertical compatível com (θ) por apoio

$$R_1 = [45 + (6,4 \times 20,3)] \times \frac{1}{2} = 87,46t - \text{Vão } 21m$$

$$R_2 = [45 + (6,4 \times 29,3)] \times \frac{1}{2} = 116,26t - \text{Vão } 30m$$

$$R_1 = \frac{87,46}{5} = 17,49 \text{ t /Ap. Apoio}$$

$$R_2 = \frac{116,26}{5} = 23,25t/\text{Apolo}$$

$$\sigma_{n1} = \frac{R1}{ab} = \frac{17,49}{0,25 \times 0,4} = 174,9 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_{n2} = \frac{R2}{ab} = \frac{23,25}{0,25 \times 0,4} = 232,5 \text{ t/m}^2$$

$$\Delta_n = \frac{\sigma_{n1}}{E_n} h = \frac{232,5}{9995,5} \times 0,047 = 8,22 \times 10^{-4}$$

$$\Delta_n = \frac{\sigma_{n2}}{E_n} h = \frac{232,5}{9995,5} \times 0,047 = 1,09 \times 10^{-3}$$

$$M_0 = \left( \frac{6 \times 8067260 \times 5,72 \times 10^{-4}}{0,88^2} \right) \times 8,22 \times 10^{-4}$$

$$M_0 = 12,56 \text{ tm}$$

$$M_1 = -12,56 \text{ tm}$$

### Dimensionamento do guarda-rodas

$$M = 6,0 \times 0,87 = 5,22 \text{ tm}$$

$$M/m = 5,22 / 1,74 = 3,0 \text{ t.m/m}$$

$$M_d = 1,4 \times 3,0 = 4,2 \text{ t.m/m}$$

$$b = 100 \text{ cm} = 1,0 \text{ m}$$

$$d = 40 - 4 = 36 \text{ cm} = 0,36 \text{ m}$$

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

Aço CA-50

$$K_{md} = M_d / (b \times d^2 \times f_{cd}) = 42,0 / (1,0 \times 0,36^2 \times 30 \times 10^3 / 1,4) = 0,015$$

Pela tabela:  $K_z = 0,991$

$$A_s = M_d / (K_z \times d \times f_{yd}) = 42,0 / (0,991 \times 0,36 \times 43,47) = 2,70 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_{smin} = A_c \times \rho_{min} \times 0,01 = 100 \times 36 \times 0,15 \times 0,01 = 5,4 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$b = 100 \text{ cm} = 1,0 \text{ m}$$

$$d = 22 - 4 = 18 \text{ cm} = 0,18 \text{ m}$$

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

Aço CA-50

$$K_{md} = M_d / (b \times d^2 \times f_{cd}) = 42,0 / (1,0 \times 0,18^2 \times 30 \times 10^3 / 1,4) = 0,060$$

Pela tabela:  $K_z = 0,963$

$$A_s = M_d / (K_z \times d \times f_{yd}) = 42,0 / (0,963 \times 0,18 \times 43,47) = 5,57 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_{s\min} = A_c \times \rho_{\min} \times 0,01 = 100 \times 18 \times 0,15 \times 0,01 = 2,7 \text{ cm}^2/\text{m}$$

### Dimensionamento da laje de transição

$$M_d = 1,35 \times M_g + 1,5 \times \varphi \times M_q$$

$$\varphi = 1,4 - 0,007 \times L$$

$$\varphi = 1,4 - 0,007 \times 4,0 = 1,372$$

$$\text{Peso Próprio: } \gamma \times h = 2,5 \times 0,25 = 0,625 \text{ tf/m}^2$$

$$\text{Carga Móvel: TB45} = 6 \times 7,5 / (6 \times 3) = 2,5 \text{ tf/m}^2$$

$$M_g = 1,25 \text{ tfm}$$

$$M_q = 5,00 \text{ tfm}$$

$$M_d = 1,35 \times 1,25 + 1,5 \times 1,372 \times 5,0 = 11,98 \text{ tfm} = 119,8 \text{ kNm}$$

$$b = 100 \text{ cm} = 1,0 \text{ m}$$

$$d = 25 - 4 = 21 \text{ cm} = 0,21 \text{ m}$$

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

Aço CA-50

$$K_{md} = M_d / (b \times d^2 \times f_{cd}) = 119,8 / (1,0 \times 0,21^2 \times 30 \times 10^3 / 1,4) = 0,126$$

Pela tabela:  $K_z = 0,920$

$$A_s = M_d / (K_z \times d \times f_{yd}) = 119,8 / (0,920 \times 0,21 \times 43,47) = 14,26 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_{s\min} = A_c \times \rho_{\min} \times 0,01 = 100 \times 25 \times 0,15 \times 0,01 = 3,75 \text{ cm}^2/\text{m}$$

**Dimensionamento da viga transversina**  
**Vão de 21,00m**

Cargas Permanentes:  
Peso Próprio

$$g_1 = \gamma_c \times A = 2,5 \text{ t/m}^3 \times 0,30 \times 1,60 = 1,20 \text{ t/m}$$

Laje + Pav.

$$g_2 = ((\gamma_c \times h_{\text{laje}} + \gamma_{\text{pav}} \times h_{\text{pav}}) \times A) / l_{\text{viga}} = (2,5 \times 0,22 + 2,40 \times 0,07) \times 0,985 / 2,21 = 0,32 \text{ t/m}$$

$$g_1 + g_2 = 1,20 + 0,32 = 1,52 \text{ t/m}$$

Estrutura e Carregamento:

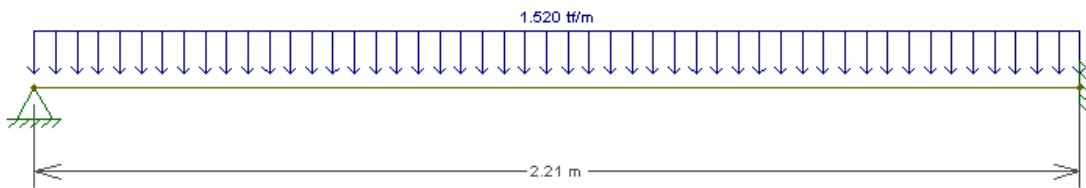


Diagrama de Momento – (tf.m):



Cargas Móveis:

Carga TB-45 Centrada

Estrutura e Carregamento

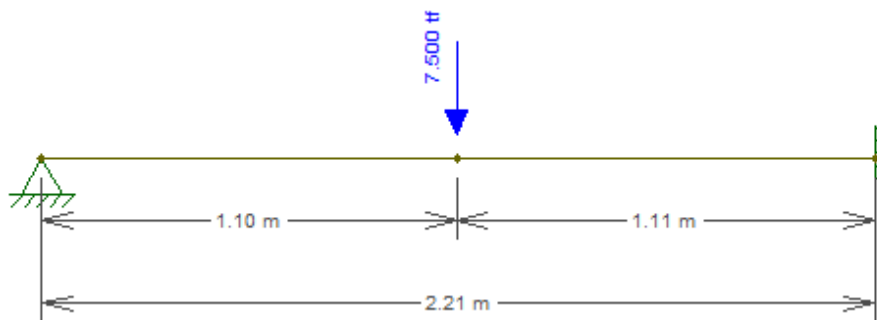


Diagrama de Momento – (tf.m):



Verificação dos Momentos Máximos:

$$M_d = 1,35 \times M_g + 1,5 \times \phi \times M_q$$

$$\phi = 1,40 - 0,007 \times 1 = 1,40 - 0,007 \times 2,21 = 1,385$$

Momento	Mg (tf.m)	Mq (tf.m)	Md (tf.m)
Positivo	0,522	2,590	6,08
Negativo	0,928	3,103	7,7

Dimensionamento:

Momento Positivo:

$$K_{md} = 0,0061$$

$$K_z = 0,997$$

$$A_s = 1,12 \text{ cm}^2$$

$$A_s \text{ min} = 8,30 \text{ cm}^2$$

Momento Negativo:

$$K_{md} = 0,0077$$

$$K_z = 0,994$$

$$A_s = 1,43 \text{ cm}^2$$

$$A_s \text{ min} = 8,30 \text{ cm}^2$$

Verificação a fadiga:

Momento Positivo:

$$x = 26,65 \text{ (Posição da linha neutral)}$$

Tensões na Armadura

$$\sigma_{\text{max.}} = 295,68 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{min.}} = 36,69 \text{ kgf/cm}^2$$

Coefficiente de Fadiga:

$$K_f = 0,14 \text{ - O efeito da fadiga pode ser desconsiderado nesta viga.}$$

Momento Negativo:

$$x = 26,65 \text{ (Posição da linha neutral)}$$

Tensões na Armadura

$$\sigma_{\text{max.}} = 295,68 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{min.}} = 43,04 \text{ kgf/cm}^2$$

Coefficiente de Fadiga:

$$K_f = 0,14 \text{ - O efeito da fadiga pode ser desconsiderado nesta viga.}$$



## Processamento da mesoestrutura

### Dimensionamento da ala e cortina

Esforços nas alas:

Trecho 1(retângulo):

$$\sigma_1 = \gamma \times h \times K_a = 1,8 \times 0,9 \times 0,33 = 0,53 \text{ t/m}^2 \rightarrow \text{Terreno}$$

$$\sigma_2 = q \times K_a = 0,5 \times 0,33 = 0,165 \text{ t/m}^2 \rightarrow \text{Sobrecarga}$$

$$E_1 = \sigma_1 \times h / 2 = 0,53 \times 0,9 / 2 = 0,24 \text{ t/m}$$

$$E_2 = \sigma_2 \times h = 0,165 \times 0,9 = 0,15 \text{ t/m}$$

$$M_1 = E_1 \times L / 2 = 0,24 \times 1,5 = 0,36 \text{ t.m/m}$$

$$M_2 = E_2 \times L / 2 = 0,15 \times 1,5 = 0,23 \text{ t.m/m}$$

$$M_{\text{total}} = 0,59 \text{ t.m/m}$$

Trecho2(triângulo):

$$\sigma_1 = \gamma \times h \times K_a = 1,8 \times 2,5 \times 0,33 = 1,49 \text{ t/m}^2 \rightarrow \text{Terreno}$$

$$\text{Media } \sigma_1 = (0,53 + 1,49) / 2 = 1,01 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_2 = q \times K_a = 0,5 \times 0,33 = 0,165 \text{ t/m}^2 \rightarrow \text{Sobrecarga}$$

$$E_1 = \sigma_1 \times h / 2 = 0,53 \times 1,6 + 1,49 \times 1,6 / 2 = 2,04 \text{ t/m}$$

$$E_2 = \sigma_2 \times h = 0,165 \times 1,6 = 0,26 \text{ t/m}$$

$$M_1 = E_1 \times L / 3 = 2,04 \times 1,0 = 2,04 \text{ t.m/m}$$

$$M_2 = E_2 \times L / 3 = 0,26 \times 1,5 = 0,26 \text{ t.m/m}$$

$$M_{\text{total}} = 2,3 \text{ t.m/m}$$

$$M_{1\text{total}} = 2,40 \text{ t.m/m}$$

$$M_{2\text{total}} = 0,49 \text{ t.m/m}$$

$$M_d = 1,35 \times M_{1\text{total}} + 1,5 \times M_{2\text{total}} = 1,35 \times 2,4 + 1,5 \times 0,49 = 3,975 \text{ t.m/m}$$

$$b = 100 \text{ cm} = 1,0 \text{ m}$$

$$d = 30 - 4 = 26 \text{ cm} = 0,26 \text{ m}$$

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

Aço CA-50

$$K_{md} = M_d / (b \times d^2 \times f_{cd}) = 39,75 / (1,0 \times 0,26^2 \times 30 \times 10^3 / 1,4) = 0,027$$

Pela tabela:  $K_z = 0,984$

$$A_s = M_d / (K_z \times d \times f_{yd}) = 39,75 / (0,984 \times 0,21 \times 43,47) = 3,57 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_{s\text{min}} = A_c \times \rho_{\text{min}} \times 0,01 = 100 \times 25 \times 0,15 \times 0,01 = 3,75 \text{ cm}^2/\text{m}$$

#### 4.1.2 - Esforços nas cortinas: (Vão de 21,0m)

Altura da cortina de 1,90m:

$$\sigma_1 = \gamma \times h \times K_a = 1,8 \times 1,9 \times 0,33 = 1,12 \text{ t/m}^2 \rightarrow \text{Terreno}$$

$$\sigma_2 = q \times K_a = 0,5 \times 0,33 = 0,165 \text{ t/m}^2 \rightarrow \text{Sobrecarga}$$

$$E_1 = \sigma_1 \times h / 2 = 1,12 \times 1,9 / 2 = 1,06 \text{ t/m}$$

$$E_2 = \sigma_2 \times h = 0,165 \times 1,9 = 0,31 \text{ t/m}$$

$$M_1 = E_1 \times z_2 = 1,06 \times 0,63 = 0,67 \text{ t.m/m}$$

$$M_2 = E_2 \times z_1 = 0,31 \times 0,95 = 0,29 \text{ t.m/m}$$

$$M_d = 1,35 \times 0,67 + 1,5 \times 0,29 = 1,34 \text{ t.m/m}$$

$$b = 100 \text{ cm} = 1,0 \text{ m}$$

$$d = 30 - 4 = 26 \text{ cm} = 0,26 \text{ m}$$

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

Aço CA-50

$$K_{md} = M_d / (b \times d^2 \times f_{cd}) = 13,4 / (1,0 \times 0,26^2 \times 30 \times 10^3 / 1,4) = 0,009$$

Pela tabela:  $K_z = 0,995$

$$A_s = M_d / (K_z \times d \times f_{yd}) = 13,4 / (0,995 \times 0,26 \times 43,47) = 1,19 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_{smin} = A_c \times \rho_{min} \times 0,01 = 100 \times 30 \times 0,15 \times 0,01 = 4,50 \text{ cm}^2/\text{m}$$

### Dimensionamento do console de macaqueamento

#### Para as vigas de 25,00 m

$$P. \text{ laje} = 37,67 \text{ tf}$$

$$P. \text{ Próprio viga} = 30,46 \text{ tf}$$

$$\text{Total: } P = 68,13 \text{ tf}$$

$$\sigma_{yd} = 435 \text{ Mpa} = 4,35 \text{ tf/cm}^2$$

$$A / d = 25 / 50 = 0,50 < 1,0 \rightarrow \text{Console curto}$$

$$T_d = 1,4 \times P \times a / (0,8 \times d)$$

$$T_d = 1,4 \times 68,13 \times 25 / (0,8 \times 51) = 58,44 \text{ tf}$$

$$A_s = T_d / f_{yd}$$

$$A_s = 58,44 / (5 / 1,15) = 13,44 \text{ cm}^2$$

Verificação cisalhamento do concreto.

$$\text{Logo } \tau_d = 1,4 \times P / (b \times d) \leq 0,25 f_{cd}$$

$$\tau_d = 1,4 \times 58,44 / (0,5 \times 0,51) = 320,85 \text{ tf/m}^2$$

$$0,25 f_{cd} = 0,25 \times 3000 / 1,4 = 535,7 \text{ tf/m}^2$$

$$\tau_d \leq 0,25 f_{cd} \rightarrow 320,85 \text{ tf/m}^2 \leq 535,7 \text{ tf/m}^2 \text{ OK!}$$

**Dimensionamento do aparelho de apoio**  
**Carga normal máxima**

Todos os apoios são iguais :

<b>g1</b>	<b>g2</b>	<b>g3</b>	<b>CM</b>
23	15,5	9,9	41,5

Valor p/cada apoio =  $23 + 15,5 + 9,9 + 41,5 = 89,9t$

**Esforços horizontais longitudinais de longa duração**

$\Delta_{Temp.}$

$$Ap1 \rightarrow 17,084/5 = 3,417$$

$$Ap2 \rightarrow 2,834/5 = 0,567$$

$$Ap3 \rightarrow -2,974/5 = -0,595$$

$$Ap4 \rightarrow -16,944/5 = -3,389$$

**Esforços horizontais longitudinais de curta duração**  
**Frenagem**

$$Ap1 \rightarrow 6,656/5 = 1,331$$

$$Ap2 \rightarrow 3,265/5 = 0,653$$

$$Ap3 \rightarrow 3,511/5 = 0,702$$

$$Ap4 \rightarrow 6,656/5 = 1,331$$

**Esforços horizontais transversais de curta duração**

$$Ap1 \rightarrow 6,390/5 = 1,278$$

$$Ap2 \rightarrow 7,876/5 = 1,575$$

$$Ap3 \rightarrow 8,157/5 = 1,631$$

$$Ap4 \rightarrow 6,295/5 = 1,259$$

**Rotação de apoio na montagem**  
1,866

**Rotação de carregamento**  
1,7

## Dimensionamento da Viga Travessa

Temos os seguintes valores já transformados em “Md” através de  $1,35Mg + 1,50Mq$ .

### Momentos Fletores :

Sobre os pilares :  $Md = -376 \text{ tf.m}$

No centro da travessa :  $Md = 187 \text{ tf.m}$

### Cortantes :

Junto aos pilares, na parte externa :  $Vd = 239 \text{ tj}$

Junto aos pilares, na parte interna :  $Vd = 344 \text{ tf}$

A partir da figura acima, temos :

Para  $M(+)$   $b = 1,60 \text{ m}$   $h = 1,26 \text{ m}$   $bd^2 fcd = 1,60 \times 1,26^2 \times 2500/1,40 = 4536,00$

Para  $M(-)$   $b = 1,30 \text{ m}$   $h = 1,26 \text{ m}$   $bd^2 fcd = 1,30 \times 1,26^2 \times 2500/1,40 = 3685,50$

$kmd+ = 376/4.536 = 0,083$

$kmd- = 187/3.685 = 0,051$

$As(+)= 37,93 \text{ cm}^2 \rightarrow 14 \text{ } \varnothing 20.0 \text{ mm}$

$As(-)= 76,26 \text{ cm}^2 \rightarrow 16 \text{ } \varnothing 25.0 \text{ mm}$

### Esforços Cortantes

$\tau = 334,0 ( 1,26 \times 1,30 ) = 203,91 \text{ t/m}^2$

$\tau d = 1,15 \times \tau m = 234,5 \text{ t/m}^2$

$H = \tau \times 1,30 \times 1,00 = 304,89 \text{ t/m}$

$As = 304,84 ( 4 \times 4,348 ) = 17,53 \text{ cm}^2/\text{m}$

$As = 12,54 \text{ cm}^2/\text{m}$  com 6 pernas  $\varnothing 12^5$  c.12  
 $\varnothing 12^5$  c.15<sup>5</sup>

A seguir, o estudo da fadiga :

CÁLCULO DO FATOR DE FADIGA			CÁLCULO DO FATOR DE FADIGA		
Travessa Central			Travessa Extrema		
Mxe (Seção 3 e 7)			Mxm (Seção 5)		
Dados			Dados		
Fck	25	Mpa	Fck	25	Mpa
Ef	210000	Mpa	Ef	210000	Mpa
As	0,0078750	m <sup>2</sup>	As	0,0044100	m <sup>2</sup>
b	1,600	m	b	1,600	m
d	1,260	m	d	1,260	m
Mmáx	267,428	mt/m	Mmáx	125,516	mt/m
Mmin	157,872	mt/m	Mmin	96,150	mt/m
$\Delta\sigma$ limite	1850	kg/cm <sup>2</sup>	$\Delta\sigma$ limite	1850	kg/cm <sup>2</sup>
Ec	23800	Mpa	Ec	23800	Mpa
n	8,823529412	-	n	8,823529412	-
Prof. da linha neutra			Prof. da linha neutra		
x	0,29	m	x	0,22	m
Tensão na armadura			Tensão na armadura		
$\sigma$ máx	2919,31054	Kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma$ máx	2401,44568	Kg/cm <sup>2</sup>
$\sigma$ min	1723,37001	Kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma$ min	1839,59815	Kg/cm <sup>2</sup>
$\Delta\sigma$	1195,94054	Kg/cm <sup>2</sup>	$\Delta\sigma$	561,84752	Kg/cm <sup>2</sup>
Fator de Fadiga			Fator de Fadiga		
Kf	0,65	-	Kf	0,30	-
Armação fadigada			Armação fadigada		
Asfad	78,75	cm <sup>2</sup>	Asfad	44,10	cm <sup>2</sup>

## Dimensionamento dos Pilares

### Cargas Permanentes – Pilar BR 230

#### Pilar Central

#### Carga Permanente

##### V1/V5

Vão 21m – 52,01t

Vão 30m – 78,75t  
130,76t

##### V2/V4

Vão 21m – 37,93t

Vão 30m – 58,65t  
96,58t

##### V3

Vão 21m – 45,07t

$$PP_{Trav} = A_s f_x Y_c$$

Vão 30m – 68,85t  
113,92t

$$PP_{Traw} = 2,035 \times 12,8 \times 2,5 = 65,13t$$

$$PP_{Pillar} = 2,9 \times 0,6 \times 4,9 \times 2,5 = 21,5t$$

$$N_{gk} = [(2 \times (130,76 + 96,58)) + 113,92] + 65,13 + 21,5 = 655,23t$$

### Carga móvel

#### V1/V5

Vão 21m – 35,48t  
Vão 30m – 41,04t  
76,52t

#### V2/V4

Vão 21m – 44,42t  
Vão 30m – 51,12t  
95,54t

#### V3

Vão 21m – 42,84 t  
Vão 30m – 49,30t  
92,14t

$$N_{gk} = [(2 \times (76,52 + 95,54)) + 92,14] = 436,26t$$

$$N_d = 1,35 \times N_{gk} + 1,5 \times \phi 1,25 \times 436,26$$

$$N_d = 1702,55 \text{ t}$$

### Cargas horizontais

Frenagem e aceleração

$$H_f = (0,3 \times 45) / 2 = 6,75$$

### Cargas transversais

Carga de vento

$$F_v = 0,1 \text{ t/m}^2$$

Carregada

$$H_{V21} = \left[ 0,1 \times 4,0 \times \left( \frac{21}{2} \right) \right] = 4,2t - \text{Vão 21m}$$

$$H_{V30} = 0,1 \times 4,0 \times \left( \frac{30}{2} \right) = 6t - \text{Vão 30m}$$

$$H_v = 4,2 + 6 = 10,2t$$

Descarregada

$$H_{V21} = 0,1 \times 2,9 \times \left( \frac{21}{2} \right) = 3,05t - 21m$$

$$H_{V30} = 0,1 \times 2,9 \times \left( \frac{30}{2} \right) = 4,35t - \text{Vão 30m}$$

$$H_v = 3,05 + 4,35 = 7,4t$$

### Momento torsor

Carga permanente -  $M_{tg} = 10,03 \text{ tfm}$

Carga móvel -  $M_{tq} = 18,83 \text{ tfm}$

$M_{td} = 1,35M_{tg} + 1,5 \varphi M_{tq}$

$M_{td} = 1,35 \times 10,03 + 1,5 \times 1,25 \times 18,83$

$M_{td} = 48,85 \text{ tfm}$

### Esforços de cálculo

Combinação elu

$$F_d = 1,35 c_p + 1,5 \varphi c_m + 1,5 (0,7 H_{v_y} + 0,5 H_{t_{ca}})$$

$$H_{d_x} = 1,5 \times 1,25 \times 6,75 = 12,66t$$

$$H_{d_z} = 1,5 \times 0,7 \times 10,2 = 10,71t$$

### Momento na base do pilar

1ª ordem

$$M_g = H_{d_x} \times h - M_{d_x} = 12,66 \times 6,2 \cong 78,5tm$$

$$M_{dt} = (10,71 \times 6,3) + (1,5 \times 1,25 \times 176,55) = 398,50tm$$

### Excentricidades mínimas

$$e_{1y,mins} = 1,5 + 0,03h = 1,5 + 0,03 \times 60 = 3,3cm$$

$$e_{1y,mins}' = 1,5 + 0,03 \times 200 = 7,50cm$$

### Momentos mínimos

$$M_{1dx,mins} = Nd \times C_{1x,mins}$$

$$M_{1dx,mins} = 1702,55 \times 0,033 = 56,18tm$$

$$M_{1dx,mins} = Nd \times C_{1x,mins}$$

$$1702,55 \times 0,075 = 127,7tm$$

### Comprimento de flambagem

Para Pilar engastado na base e livre no topo

$$l_e = 2l = 2 \times 6,30 = 12,60m$$

$$\lambda_1 = 35 \quad \lambda_x = \frac{l}{i} \quad A_B = 0,6 \times 2 = 1,2m^2$$

$$\lambda_x = \frac{3,46 f_g}{h_x} = \frac{3,46 \times 12,60}{0,6} = 72,66 \quad I_w = \frac{2 \times 0,6^3}{12} = 0,036 m^4$$

Como  $\lambda_x > \lambda_1$  serão considerados os efeitos de 2ª ordem.

$$\lambda_y = \frac{3,46 f_g}{h_y} \quad A_b = 1,2 m^2$$

$$\lambda_y = \frac{3,46 \times 12,6}{2} = 21,8 \quad I_y = \frac{0,6 \times 2^3}{12} = 0,4 m^4$$

Como  $\lambda_y < \lambda_1$  – não serão considerados os efeitos de 2ª ordem.

$$A_c = 0,6 \times 2,0 = 1,20 m^2$$

$$Fcd = \frac{fck}{\gamma_f} = \frac{2500}{1,4} = 1785,7 t/m^2 \quad A_{cfed} = 2142,86 t$$

**Força normal adimensional**

$$Y = \frac{Nd}{A_{cfed}} = \frac{1702,55}{2142,86} = 0,79$$

**Curvatura sujeita a efeitos de 2ª ordem**

$$\frac{1}{V_x} = \frac{0,005}{hx(V + 0,5)} = \frac{0,005}{60 \times (0,79 + 0,5)} = 6,5 \times 10^{-5} cm^{-1} \leq \frac{0,005}{h_x} = 8,3x/c$$

$$\frac{1}{V_y} = \frac{0,005}{200x(0,79 + 0,5)} = 19 \times 10^{-5} cm^{-1} \leq \frac{0,005}{200} = 2,5 \times 10^{-5} cm^{-1}$$

**Excentricidade de 2ª ordem**

$$e_{2x} = \frac{f_g^2}{10} \left( \frac{1}{V_x} \right) = \frac{1260^2}{10} \times 6,5 \times 10^{-5} = \frac{1260^2}{10} \times 6,5 \times 10^{-5} = 10,32 cm$$

$$e_{2y} = \frac{f_g^2}{10} \left( \frac{1}{V_y} \right) = \frac{1260^2}{10} \times 1,9 \times 10^{-5} = \frac{1260^2}{10} \times 1,9 \times 10^{-5} = 3,02 cm$$

**Momentos finais**

$$M_{dx} = \alpha_b M_{1dx} + Nd_{e2x} = (1 \times 78,5 + 48,85) + (1702,55 \times 0,1032) = 303,0 tm$$

$$M_{dy} = \alpha_b M_{1dy} + Nd_{e2y} = (1 \times 398,50 + 1702,55 \times 0,03) = 449,6 tm$$

**Esforços adimensionais**

$$\mu_x = \frac{M_{dx}}{h_y A_c fcd} = \frac{303}{0,60 \times 2142,86} \simeq 0,24$$



$$\mu_y = \frac{M_{dy}}{h_y A_c f_{cd}} = \frac{449,6}{2,0 \times 2142,86} \cong 0,10$$

- Pelo ábaco de J. Montoya temos para taxa mecânica de armadura:

$$W=0,82$$

$$A_s = \frac{w A_c f_{cd}}{f_{yd}} = \left( \frac{0,82 \times 2142,86}{5000} \right) \times 1,15 = 40,4 \text{ cm}^2$$

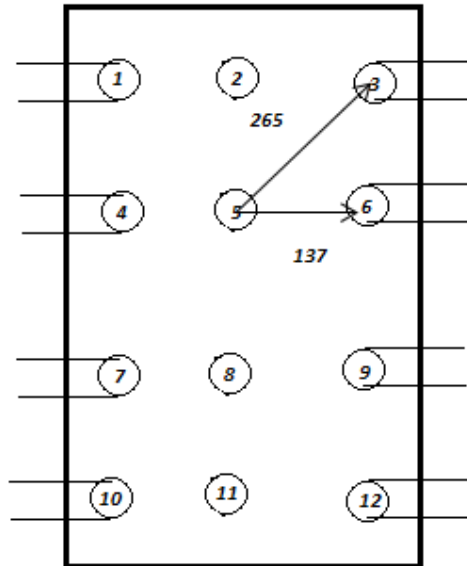
**Armadura mínima**

$$A_{s,min} = 0,15 \frac{N d}{f_{yd}} \geq 0,4\% A_c$$

$$A_{s,min} = 0,15 \frac{17025,5}{50} = 44,4 \text{ cm}^2 \geq 0,004 \times 60 \times 200 = 48 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,min} = 48 \text{ cm}^2$$

**Processamento da Infraestrutura**  
Dimensionamento dos Blocos  
Bloco Central



$$a_2^2 = b_2^2 + c_2^2$$

$$a_2^2 = 110^2 + 240^2$$

$$a^2 = 265 \text{ cm}$$

$$a_6^2 = b_6^2 + c_6^2$$

$$a_6^2 = 110^2 + 80^2$$

$$a^2 = 137 \text{ cm}$$

**EST 3**

$$a_3 = 265 \text{ cm}$$

$$h = 140 \text{ cm}$$

$$\text{tg} \alpha = 140/265 = 0,53$$

$$\alpha = 28^\circ$$

$$z = R/\text{tg} \alpha = 79,98/0,53 = 151 \text{ tf}$$

$$x = 110 \text{ cm}$$

$$y = 240 \text{ cm}$$

$$\text{tg} \theta = 110/240 = 0,46$$

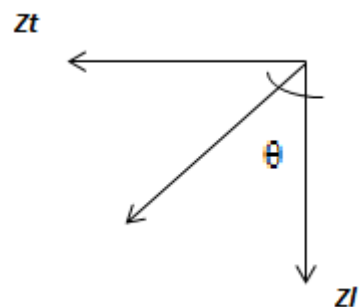
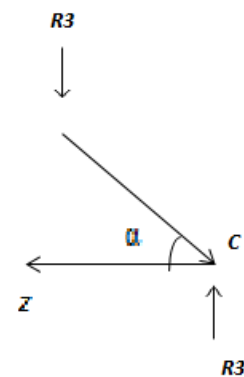
$$\theta = 22,6^\circ$$

$$z_{l3} = z \cdot \cos \theta$$

$$151 \cdot \cos 22,6^\circ = 139,4 \text{ tf}$$

$$z_{t3} = z \cdot \sin \theta$$

$$151 \cdot \sin 22,6^\circ = 58 \text{ tf}$$



**EST 6**

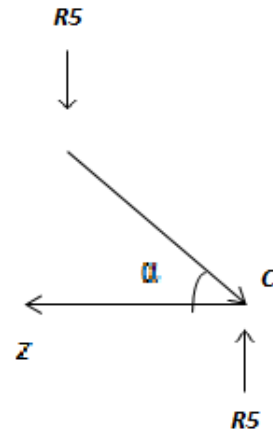
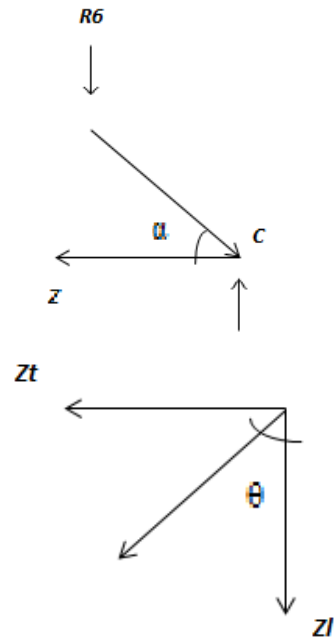
$a_3 = 137 \text{ cm}$   
 $h = 140 \text{ cm}$   
 $\text{tg}\alpha = 137/140 = 0,98$   
 $z = R/\text{tg}\alpha = 79,98/0,98 = 81,6 \text{ tf}$

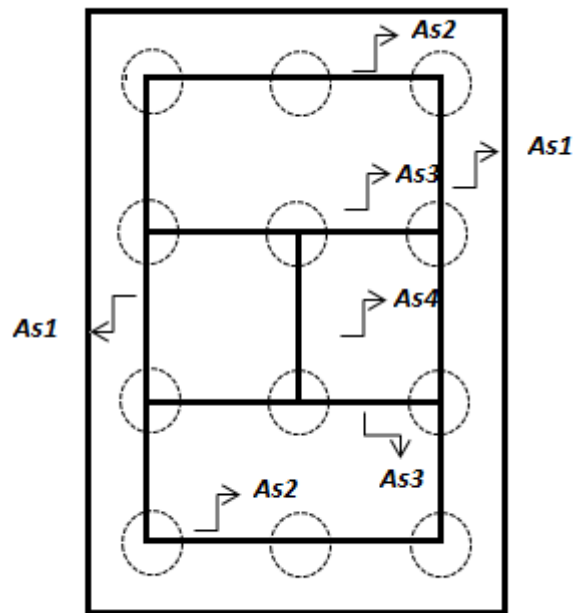
$x = 110 \text{ cm}$   
 $y = 80 \text{ cm}$   
 $\text{tg}\theta = 110/80 = 1,375$   
 $\theta = 53,97^\circ$

$z_{l3} = z \cdot \cos \theta = 81,6 \cdot \cos 53,97^\circ = 48 \text{ tf}$   
 $z_{t3} = z \cdot \sin \theta = 81,6 \cdot \sin 53,97^\circ = 66 \text{ tf}$

**EST 5**

$d = 80 \text{ cm}$   
 $h = 140 \text{ cm}$   
 $\text{tg}\alpha = 140/80 = 1,75$   
 $z = R/\text{tg}\alpha = 83,52/1,75 = 47,73 \text{ tf}$





$$As1 = (139,4 + 48) / 4,348 = 43 \text{ cm}^2 \quad 14 \Phi 20 \text{ mm}$$

$$As2 = (58) / 4,348 = 13,34 \text{ cm}^2 \quad 5 \Phi 20 \text{ mm}$$

$$As3 = (66) / 4,348 = 15,18 \text{ cm}^2 \quad 5 \Phi 20 \text{ mm}$$

$$As4 = (47,73) / 4,348 = 10,98 \text{ cm}^2 \quad 4 \Phi 20 \text{ mm}$$

### Cinta de ligação dos blocos dos encontros

Dados os diagramas:

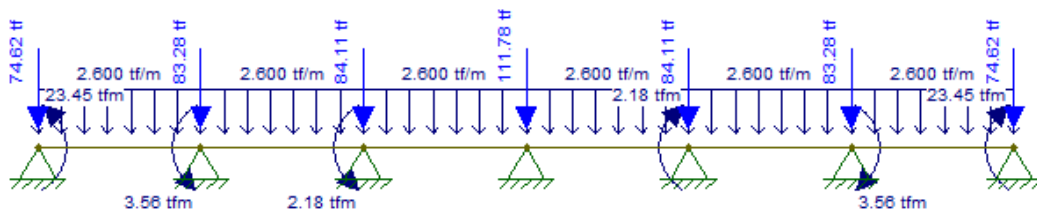
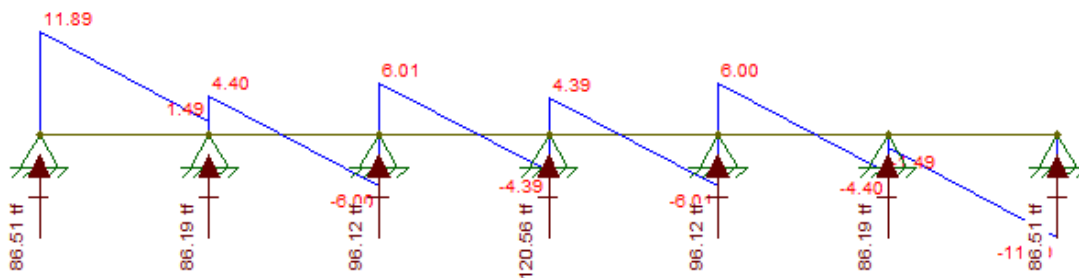
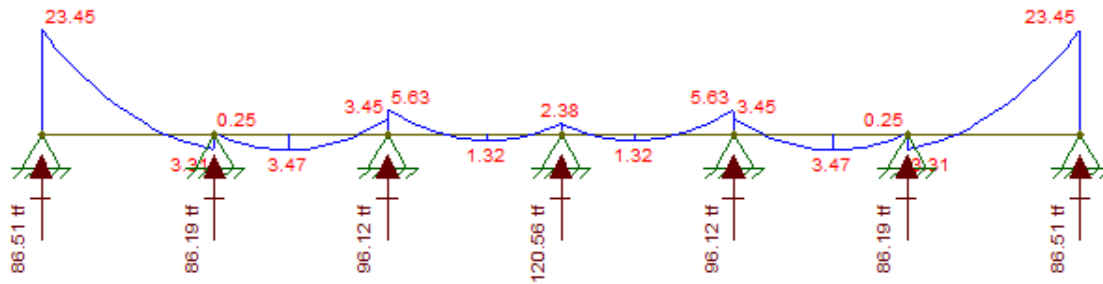


Diagrama de esforços Cortantes:



### Diagrama de momentos fletores:



$$M_d = \gamma_f \times M_k$$

$$M_d = 1,4 \times 23,45 = \mathbf{32,83 \text{ tfm}}$$

$$V_d = \mathbf{16,65 \text{ tf}}$$

Para uma seção de 40 x 80 cm

### Dimensionamento à Flexão

<b>d</b>	76	cm
<b>f<sub>cd</sub></b>	21,43	MPa
<b>k<sub>md</sub></b>	0,066	-
<b>k<sub>x</sub></b>	0,102	-
<b>k<sub>z</sub></b>	0,959	-
<b>x</b>	7,73	cm
<b>z</b>	72,91	cm
<b>ε<sub>c</sub></b>	0,113	-
<b>ε<sub>s</sub></b>	1,000	-
<b>Domínio</b>	2	-
<b>σ<sub>Sd</sub></b>	4,35	tf/cm <sup>2</sup>
<b>A<sub>s,min</sub></b>	5,54	cm <sup>2</sup>
<b>A<sub>s,max</sub></b>	128,00	cm <sup>2</sup>
<b>A<sub>s</sub></b>	<b>10,36</b>	<b>cm<sup>2</sup></b>

Adotou-se 6 Φ 16 mm

### Dimensionamento ao Corte

<b>f<sub>ctd</sub></b>	1,45	MPa
<b>f<sub>ywd</sub></b>	434,78	MPa
<b>α<sub>v2</sub></b>	0,88	-
<b>V<sub>Rd2</sub></b>	154,78	tf
<b>V<sub>c</sub></b>	26,42	tf
<b>V<sub>sw</sub></b>	-9,77	tf
<b>A<sub>sw,min/s</sub></b>	5,33	cm <sup>2</sup> /m
<b>A<sub>sw/s</sub></b>	<b>-3,28</b>	<b>cm<sup>2</sup>/m</b>

**Dimensionamento das Estacas**

\*\*\*\*\*  
 ‡ PROJETO 3771 ESTACA 647 extremidade vão 21 M  
 CALCULO DO ESTAQUEAMENTO  
 \*\*\*\*\*

Uso licenciado para a firma:  
 SFENG Consultoria Ltda.

Num. de Estacas = 2

E = 2100000. G = 875000.

Estacas rotuladas no Bloco e na Base

Caracteristicas Geometricas das Estacas

AX= 0.1300 IX= 0.000140 IY= 0.001400 IZ= 0.001400

EST.	XI	YI	ZI	XF	YF	ZF	COMPR.
1	-0.700	0.000	0.000	-0.700	-10.000	0.000	10.000
2	0.700	0.000	0.000	0.700	-10.000	0.000	10.000

\*\*\*\*\*  
 ‡ PROJETO 3771 ESTACA 647 extremidade vão 21 M  
 CALCULO DO ESTAQUEAMENTO  
 \*\*\*\*\*

B1: 2 estacas

Forca-X	Forca-Y	Forca-Z	Mom. -X	Mom. -Y	Mom. -Z
-2.26	-155.83	-1.04	-31.49	0.00	-35.47

Deslocamentos e Rotacoes no Topo do Bloco

Desl. -X	Desl. -Y	Desl. -Z	Rot. -X	Rot. -Y	Rot. -Z
0.00000	-0.00285	0.00000	-0.00003	0.00000	-0.00133

-----

Forcas e Momentos no Topo da Estaca (Sistema Local)

EST.	FORC-X	FORC-Y	FORC-Z	MOM. -X	MOM. -Y	MOM. -Z
1	52.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	103.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

-----

-----

Forcas e Momentos na Base da Estaca (Sistema Local)

EST.	FORC-X	FORC-Y	FORC-Z	MOM. -X	MOM. -Y	MOM. -Z
1	-52.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-103.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

-----

\*\*\*\*\*  
 PROJETO 3771 ESTACA 647 INTEGRAÇÃO ENTRE VÃO DE 21M E 21M  
 CALCULO DO ESTAQUEAMENTO  
 \*\*\*\*\*

Uso licenciado para a firma:  
 SFENG Consultoria Ltda.

Num. de Estacas = 12

E = 2100000.                      G = 875000.

Estacas rotuladas no Bloco e na Base

Características Geométricas das Estacas

AX= 0.1300    IX= 0.000140    IY= 0.001400    IZ= 0.001400

EST.	XI	YI	ZI	XF	YF	ZF	COMPR.
1	-1.100	0.000	-2.400	-3.179	-9.781	-2.400	10.000
2	0.000	0.000	-2.400	0.000	-10.000	-2.400	10.000
3	1.100	0.000	-2.400	3.179	-9.781	-2.400	10.000
4	-1.100	0.000	-0.800	-3.179	-9.781	-0.800	10.000
5	0.000	0.000	-0.800	0.000	-10.000	-0.800	10.000
6	1.100	0.000	-0.800	3.179	-9.781	-0.800	10.000
7	-1.100	0.000	0.800	-3.179	-9.781	0.800	10.000
8	0.000	0.000	0.800	0.000	-10.000	0.800	10.000
9	1.100	0.000	0.800	3.179	-9.781	0.800	10.000
10	-1.100	0.000	2.400	-3.179	-9.781	2.400	10.000
11	0.000	0.000	2.400	0.000	-10.000	2.400	10.000
12	1.100	0.000	2.400	3.179	-9.781	2.400	10.000

O ESTAQUEAMENTO NAO TEM RIGIDEZ NA DIRECAO 3

\*\*\*\*\*  
 PROJETO 3771 ESTACA 647 INTEGRAÇÃO ENTRE VÃO DE 21M E 21M  
 CALCULO DO ESTAQUEAMENTO  
 \*\*\*\*\*

B1: 12 estacas com inclinação vertical de 12°

Forca-X	Forca-Y	Forca-Z	Mom. -X	Mom. -Y	Mom. -Z
-2.26	-764.94	-1.04	-181.92	0.00	-125.66

Deslocamentos e Rotacoes no Topo do Bloco

Desl.-X    Desl.-Y    Desl.-Z    Rot.-X    Rot.-Y    Rot.-Z  
 \*\*\*\*\* -0.00240    0.00000    -0.00018    -0.00060\*\*\*\*\*

-----

Forças e Momentos no Topo da Estaca (Sistema Local)

EST.	FORC-X	FORC-Y	FORC-Z	MOM.-X	MOM.-Y	MOM.-Z
1	26.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	77.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	79.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	26.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	69.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	79.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	26.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	61.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	79.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	26.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	53.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	79.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

-----

-----

Forças e Momentos na Base da Estaca (Sistema Local)

EST.	FORC-X	FORC-Y	FORC-Z	MOM.-X	MOM.-Y	MOM.-Z
1	-26.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-77.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	-79.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	-26.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	-69.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	-79.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	-26.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	-61.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	-79.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	-26.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	-53.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	-79.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

-----

3.7.3 – Memória de Cálculo das Quantidades



INFRAESTRUTURA					
2 S 03 322 00	Conc.estr.fck=10 MPa-contr.raz.uso ger.conf.e lanç				
Q =		11,07 m3			
Concreto de regularização					
	X (m)	Y (m)	Z (m)	Quantidade	Volume (m³)
BE1=BE2 (A,C,D,E,F,G)	2,30	1,10	0,10	12	3,04
BE1=BE2 (B)	2,30	2,10	0,10	2	0,97
B1=B2 (A,B)	3,10	5,70	0,10	4	7,07
<b>TOTAL (m³)</b>					<b>11,07</b>
Estaca raiz D=410mm, perfurada em solo incluindo fornecimento de todos os materiais e injeção					
	Quantidade	Comprimento (m)	Total (m)		
BE1	14	10,00	140,00		
BE2	14	10,00	140,00		
B1	20	10,00	200,00		
B2	20	10,00	200,00		
<b>TOTAL (m)</b>			<b>680,00</b>		
2 S 03 323 03	Conc.estr.fck=25 MPa-contr.raz.uso ger.conf.e lanç				
Q =		174,24 m3			
	X (m)	Y (m)	Z (m)	Quantidade	Volume (m³)
BE1=BE2 (A,C,D,E,F,G)	2,20	1,00	1,40	12	36,96
BE1=BE2 (B)	2,20	2,00	2,40	2	21,12
B1=B2 (A,B)	3,00	5,60	1,50	4	100,80
CE1=CE2 (a,b,c,d,e,f)	0,40	4,00	0,80	12	15,36
<b>TOTAL (m³)</b>					<b>174,24</b>
2 S 03 580 02	Fornecimento, preparo e colocação formas aço CA 50 - Blocos				
	Peso (kg)				
Blocos	<b>6039</b>				
2 S 03 580 02	Fornecimento, preparo e colocação formas aço CA 50 -Cintas				
	Peso (kg)				
Cintas	1105				
2 S 03 580 02	Fornecimento, preparo e colocação formas aço CA 50 -Encontros				
	Peso (kg)				
Encontro A	11367				
Encontro B	101				
<b>Total</b>	<b>11468</b>				
2 S 03 370 00	Forma comum de madeira				
Q =		347,04 m2			
Blocos e cintas					
	Perímetro (m)	Altura (m)	Quantidade	Forma (m²)	
BE1=BE2 (A,C,D,E,F,G)	6,40	1,40	12	107,52	
BE1=BE2 (B)	8,40	2,40	2	40,32	
B1=B2 (A,B)	17,20	1,50	4	103,20	
CE1=CE2 (a,b,c,d,e,f)	2,00	4,00	12	96,00	
<b>TOTAL (m²)</b>				<b>347,04</b>	
2 S 03 000 02	Escavação manual de cavas em material 1a cat				
Q escav. =		#REF!			
No volume de escavação foi considerado um acréscimo de 1,00 m na horizontal em cada direção. (blocos) e 0,5m em cada sentido para as cintas de travamento As laterais foram consideradas escavadas em diagonal (45°). O volume foi aproximado ao volume de um tronco de pirâmide para o cálculo.					
Blocos					
	Área em corte	Comprimento (m)	Quantidade	Volume (m³)	
BE1(A,C,D,E,F,G)-220x100x140	6,44	3,78	6,0	146,06	
BE1B-(220x200x240)	13,44	6,10	1,0	81,98	
BE2(A,C,D,E,F,G)-220x100x140	6,44	3,78	6,0	146,06	
BE2B-(220x200x240)	13,44	6,10	1,0	81,98	
B1A/B1B (300x560x150)	12,15	5,73	2,0	139,24	
B2A/B2B (300x560x150)	12,15	5,73	2,0	139,24	
<b>TOTAL (m³)</b>				<b>734,56</b>	
Cintas					
	Área em corte	Comprimento (m)	Quantidade	Volume (m³)	
CE1 (a,b,c,d,e,f) - 400x40x80	1,12	4,00	6,0	26,88	
CE2 (a,b,c,d,e,f) - 400x40x80	1,12	4,00	6,0	26,88	
<b>TOTAL (m³)</b>				<b>53,76</b>	
2 S 01 510 00	Compactação de aterros a 95% procto normal				
Q compact =		614,08 m3			
Blocos					
	Ve (m³)	Vb (m³)	Compactação (m³)		
BE1(A,C,D,E,F,G)-220x100x140	146,06	18,48	127,58		
BE1B-(220x200x240)	81,98	10,56	71,42		
BE2(A,C,D,E,F,G)-220x100x140	146,06	18,48	127,58		
BE2B-(220x200x240)	81,98	10,56	71,42		
B1A/B1B (300x560x150)	139,24	50,40	88,84		
B2A/B2B (300x560x150)	139,24	50,40	88,84		
<b>TOTAL (m³)</b>			<b>575,68</b>		
Cintas					
	Ve (m³)	Vc (m³)	Compactação (m³)		
CE1 (a,b,c,d,e,f) - 400x40x80	26,88	7,68	19,20		
CE2 (a,b,c,d,e,f) - 400x40x80	26,88	7,68	19,20		
<b>TOTAL (m³)</b>			<b>38,40</b>		
<b>Total (blocos e cintas)</b>		<b>614,08</b>			
Ve – Volume de escavação Vvt – Volume da viga travessa enterrada					

**MESOESTRUTURA**

2 S 03 510 00 Aparelho de apoio em neoprene fretado forn. e aplic.

Q = 845,72 kg

Comprimento (m)	Largura (m)	Espessura (m)	Volume (m³)	Peso esp. (kg/m³)	Quantidade	Peso (kg)
0,25	0,4	0,047	0,005	2999	60	845,72
<b>TOTAL (kg)</b>						<b>845,72</b>

2 S 03 329 03 Conc.estr.fck=30 MPa-contr.raz.uso ger.conf.e lanç

Q = 55,17 m³

	Área (m²)	Quantidade	Comprimento (m)	Volume (m³)
PE1=PE2 (A,B,C,D,E,F,G) - 80x40	0,32	14	4,90	21,95
P1=P2 (A) - 60xVAR	13,84	2	0,60	16,61
P1=P2 (B) - 60xVAR	13,84	2	0,60	16,61
<b>TOTAL (m³)</b>				<b>55,17</b>

2 S 03 370 00 Forma comum de madeira

Q = 299,24 m²

	Perímetro (m)	Altura (m)/ Comprimento (m)	Unidades	Forma (m²)
PE1=PE2 (A,B,C,D,E,F,G) - 80x40	2,4	4,90	14	164,64
P1=P2 (A) - 60xVAR	-	-	2	67,30
P1=P2 (B) - 60xVAR	-	-	2	67,30
<b>TOTAL (m²)</b>				<b>299,24</b>

2 S 03 580 02 Fornecimento, preparo e colocação formas aço CA 50 - Pilares

	Peso (kg)
Pilares	18283

2 S 03 119 01 Escoramento com madeira de OAE

Q = 298,70 m³

	Largura (m)	Comprimento (m)	Altura (m)	Quantidade	Área
	0,8	0,4		14	164,64
<b>Total (m³)</b>				<b>11,52</b>	<b>298,7</b>

**SUPERESTRUTURA**

2 S 03 370 00 Forma comum de madeira

Q = 5.735,78 m²

	Largura (m)	Comprimento (m)	Altura (m)	Perímetro (m)	Quantidade	Forma (m²)
Laje do tabuleiro	25,62	63,12	0,22	26,06	1	1656,21
Longarinas 21m	0,60	21,00	1,50	3,60	30	2322,00
Viga travessa (encontro)	1,30	25,62	1,30	3,90	2	206,60
Viga travessa	1,45	25,62	1,30	4,05	2	215,06
Console (viga travessa)	0,50	0,50	0,55	0,83	60	48,90
Laje de transição	4,00	12,50	0,25	4,50	4	233,00
Transversinas (vão 21m)	0,30	12,00	1,30	2,90	12	417,60
Guarda-rodas	0,40	63,12	0,87	1,74	4	441,16
Cortina	0,30	25,62	1,82	3,76	2	195,26
<b>TOTAL (m²)</b>						<b>5735,78</b>

2 S 03 329 04 Conc.estr.fck=30 MPa-contr.raz. c/adit.conf.e lanç

Q = 1.317,15 m³

	Largura (m)	Comprimento (m)	Altura (m)	Área (m²)	Quantidade	Volume (m³)
Laje do tabuleiro	25,62	63,12	0,22	5,64	1	356,00
Longarinas 21m	0,60	21,00	1,50	0,9	30	567,00
Viga travessa (encontro)	1,30	25,62	1,30	1,69	2	86,60
Viga travessa	1,45	25,62	1,30	2,03	2	104,02
Console (viga travessa)	0,50	0,50	0,55	0,20	60	6,00
Laje de transição	4,00	12,50	0,25	1,00	4	50,00
Transversinas (vão 21m)	0,30	12,00	1,30	0,39	12	56,16
Guarda-rodas	0,40	63,12	0,87	0,23	4	58,07
Cortina	0,30	25,62	1,82	0,65	2	33,31
<b>TOTAL (m³)</b>						<b>1317,15</b>

2 S 03 580 02 Fornecimento, preparo e colocação formas aço CA 50 - Pré laje

	Peso (kg)
Pré laje	10590

p

2 S 03 580 02 Fornecimento, preparo e colocação formas aço CA 50 - Laje do tabuleiro

	Peso (kg)
Laje do tabuleiro 21 m	14015
<b>Total</b>	<b>14015</b>

p

2 S 03 580 02 Fornecimento, preparo e colocação formas aço CA 50 - Longarinas 21m

	Peso (kg)
Longarinas 21 m	45690

p

2 S 03 580 02 Fornecimento, preparo e colocação formas aço CA 50 - Viga travessa

	Peso (kg)
Viga travessa (encontro)	7610

p

2 S 03 580 02 Fornecedor, preparo e colocação formas aço CA 50 - Laje de transição

-	Peso (kg)
Laje de transição	3620

p

2 S 03 580 02 Fornecedor, preparo e colocação formas aço CA 50 -Transversinas 2 (vão 21m)

-	Peso (kg)
Transversinas 2 (vão 21m)	5790

p

2 S 03 580 02 Fornecedor, preparo e colocação formas aço CA 50 - laje elástica

-	Peso (kg)
Laje elástica	6512

p

Fornecedor, corte e colocação de cabos em aço CP-190 RB 9 D=12,7mm

-	Peso (kg)
Vão de 21m	9510
TOTAL (kg)	

Fornecedor, colocação e protensão de ancoragens ativas p/cabos 9 D=12,7mm

-	Unidade
Vão de 21m	120
TOTAL (un)	

Fornecedor, corte, colocação e injeção com nata de cimento de bainhas metálicas diâm. = 62mm

-	Comprimento (m)
Vão de 21m	1124
TOTAL (m)	

4.10 - Lançamento de vigas pré-fabricadas em concreto conforme especificação para vigas de 21 m de extensão até 40 tf de peso

-	Quantidade
Vão de 21 m	30

Pré-Laje

Largura (m)	Comprimento (m)	Forma (m²)	Volume (m³)	Taxa (Kg/m³)	Peso (Kg)
VAR	63,12	1021,00	71,00	100	7100,00

4 S 06 030 11 Barreira de segurança dupla DNER PRO 176/86

Q1 = 252,50 m

Comprimento (m)	Total (m)
252,50	252,50

2 S 03 991 02 Dreno de PVC D=100 mm

Q1 = 32,00 m

Quantidade
32,00

2 S 03 930 00 Junta de cantoneira  
Junta de dilatação e vedação em perfil elastomérico com lábios poliméricos de 25 mm, JJ 2540 V-V

Quantidade	Largura (m)	Total (m)
4	25,62	102,48

2 S 03 119 01 Escoramento com madeira de OAE

Q = 690,50 m3

-	Volume (m³)
Viga travessa	690,50
TOTAL (m³)	690,50

**CONTENÇÃO**

5 S 05 303 02 Terra armada - ECE - greide 6,0<h<9,00

Q = 568,00 m2

Terra Armada - ECE - Greide 6,0<h<9,0m	Total (m²)
	568,00

5 S 05 303 05 Terra armada - ECE - pé de talude 6,0<h<9,00m

Q = 23,00 m2

Terra Armada - ECE -Pé de Talude - 6,0<h<9,0m	Total (m²)
	23,00

5 S 05 303 09 Escamas de concreto armado para terra armada

Q = 85,00 m3

Escamas de concr.armado para Terra armada AC/BC	Total (m³)
	85,00