



Código:
MC-BR0000277-344-0.350-2-6C4-C01-751

REV.
00

Emissão:
07/07/2015

Folha:
1/84



Resp. Técnico/Projetista:
Marcelo Montans Zamarian - CREA PR 60.055/D
Luiz Fernando Cirino Zocco - CREA PR 48.415/D

Resp. Técnico/Concessionária:

Lote:

03

Rodovia:

BR-277/PR

DE - DER:

Trecho:

GUARAPUAVA - km 344+000 a 350+200

Verificado - DER/PR:

Objeto:

Volume 3B.5 - Memorial de Cálculo da Ponte 03

Aprovado - DER/PR:

Documentos de Referência:

Documentos Resultantes:



00	07/07/2015	Luiz Fernando Cirino Zocco				
Rev.	Data	Resp. Téc/Proj.	Resp. Téc/Conces.	DE - DER	Verificado - DER/PR	Aprovado - DER/PR

GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ

SECRETARIA DE ESTADO DE INFRAESTRUTURA E LOGÍSTICA

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM - DER

PROJETO EXECUTIVO PARA IMPLANTAÇÃO DA DUPLICAÇÃO DA BR-277 DO KM 344+000 AO KM 350+200 – TRECHO DE GUARAPUAVA

RODOVIA: BR-277/PR

TRECHO: km 344 (Guarapuava) ao km 731 (Foz do Iguaçu)

SUBTRECHO: km 344+000m ao km 350+200m (Trecho Guarapuava)

EXTENSÃO: 6,20 km

LOTE: 03

VOLUME 3B.5
MEMORIAL DE CÁLCULO PONTE 03

JULHO/2015



ÍNDICE

1. MAPA DE SITUAÇÃO	7
2. MEMORIAL DE CÁLCULO DE OBRAS DE ARTE ESPECIAIS.....	9
2.1 Introdução	10
2.2 Descrição da Estrutura.....	10
2.2.1 Bibliografia.....	11
2.2.2 Objetivo	11
2.2.3 Método Construtivo.....	11
2.2.4 Materiais	11
2.2.5 Modelo Estrutural.....	12
2.2.6 Geometria da Estrutura	12
2.2.7 Geometria dos Elementos	15
2.3 Carregamentos Considerados	17
2.3.1 Cargas Permanentes.....	17
2.3.2 Cargas Acidentais.....	17
2.3.3 Cargas Horizontais	21
2.4 Combinações	22
2.5 Análise Estrutural	24
2.5.1 Análises da Estrutura.....	24
2.5.2 Esforços Concomitantes no tabuleiro	25
2.6 Dimensionamento das lajes	27
2.6.1 Verificação da pré-laje	29
2.6.2 Verificação do cortante	30
2.7 Dimensionamento da Longarina	31
2.7.1 Esforços decorrentes das cargas de peso próprio e utilização.....	31
2.8 Dimensionamento da Protensão	34
2.8.1 Força de protensão e perdas.....	36
2.8.2 Verificação do ato de protensão, combinação quase permanente e combinação frequente de ações.....	42
2.9 Verificação do Deslocamento.....	44
2.9.1 Relatório de deslocamento mínimo das longarinas - ELS	44
2.9.2 Relatório de deslocamento das longarinas – Combinação Quase Permanente.....	46

2.9.3 Relatório de deslocamento das longarinas – Combinação Frequente de ações	48
2.10 Dimensionamento da Armadura Passiva – Longarinas	51
2.10.1 Diagrama de Momento fletor	51
2.10.2 Diagrama de esforço cortante.....	52
2.10.3 Armadura passiva.....	52
2.11 Dimensionamento das Travessas.....	53
2.11.1 Diagrama de esforço cortante.....	53
2.11.2 Diagrama de momento fletor	54
2.12 Dimensionamento das Transversinas de apoio	55
2.13 Dimensionamento do Neoprene	57
2.14 Dimensionamento das Estacas.....	58
2.14.1 Ensaio – SM 11	59
2.14.2 Ensaio – SM 12	60
2.14.3 Ensaio – SM 13	61
2.14.4 Ensaio – SM 14	62
2.14.5 Dimensionamento da profundidade das estacas	63
2.14.6 Estudo do coeficiente de mola das estacas.....	65
2.14.7 Discretização da Estrutura.....	65
2.14.8 Coeficiente de mola	66
2.14.9 Barra equivalente de neoprene.....	72
2.14.10 Carregamento estrutura 3D	72
2.15 Dimensionamento das alas.....	78
2.15.1 Modelo analisado em elementos finitos	80
2.15.2 Empuxo do solo	80
2.15.3 Carregamento gerado pela ação do veiculo	81
2.15.4 Dimensionamento das alas	82
2.16 Dimensionamento da Placa de Transição.....	84

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Mapa de Localização da Obra	8
Figura 2 – Foto Aérea do Local – Fonte: Google Maps.....	8
Figura 3 - Imagem renderizada da ponte	10
Figura 4 – Implantação da ponte.....	12
Figura 5 - Implantação do viaduto	13
Figura 6 - Forma do tabuleiro	13
Figura 7 - Corte longitudinal da ponte	14
Figura 8 - Corte transversal da ponte	14
Figura 9 - Longarina 1	15
Figura 10 - Longarina 2	16
Figura 11 - Carregamento de trem tipo	19
Figura 12 - Multidão	19
Figura 13 - Carregamento de passeio.....	20
Figura 14 - Carregamento ciclovia	20
Figura 15 - Corte transversal do viaduto	21
Figura 16 - Modelo analítico RM Bridge	24
Figura 17 - Imagem do traçado da protensão	34
Figura 18 - Traçado da protensão	35
Figura 19 – Detalhamento viga protendida	35
Figura 20 - Gráfico de perdas de protensão.....	42
Figura 21 - Momentos no ato da protensão	42
Figura 22 - Tensões no ato da protensão	43
Figura 23 - Tensões combinação frequente	43
Figura 24 - Tensões combinação frequente	44
Figura 25 - Verificação deslocamento	46
Figura 26 - Deslocamento combinação quase permanente	48
Figura 27 – Deslocamento combinação frequente de ações.....	50
Figura 28 - Visão geral dos momentos fletores das longarinas.....	51
Figura 29 - Gráfico de momento fletor.....	51
Figura 30 - Esforço cortante	52
Figura 31 - Armadura passiva	52

Figura 32 - Modelo analítico das estacas	66
Figura 33 - Seção da ala	79
Figura 34 - Centro da seção.....	79
Figura 35 - Modelo de analise em elementos finitos	80
Figura 36 - Carregamento de empuxo	81
Figura 37 - Momentos gerados pelo empuxo	81
Figura 38 - Carregamento de trem tipo na ala.....	82
Figura 39 - Momento gerado pelo trem tipo	82



1. MAPA DE SITUAÇÃO

1. Mapa de Situação

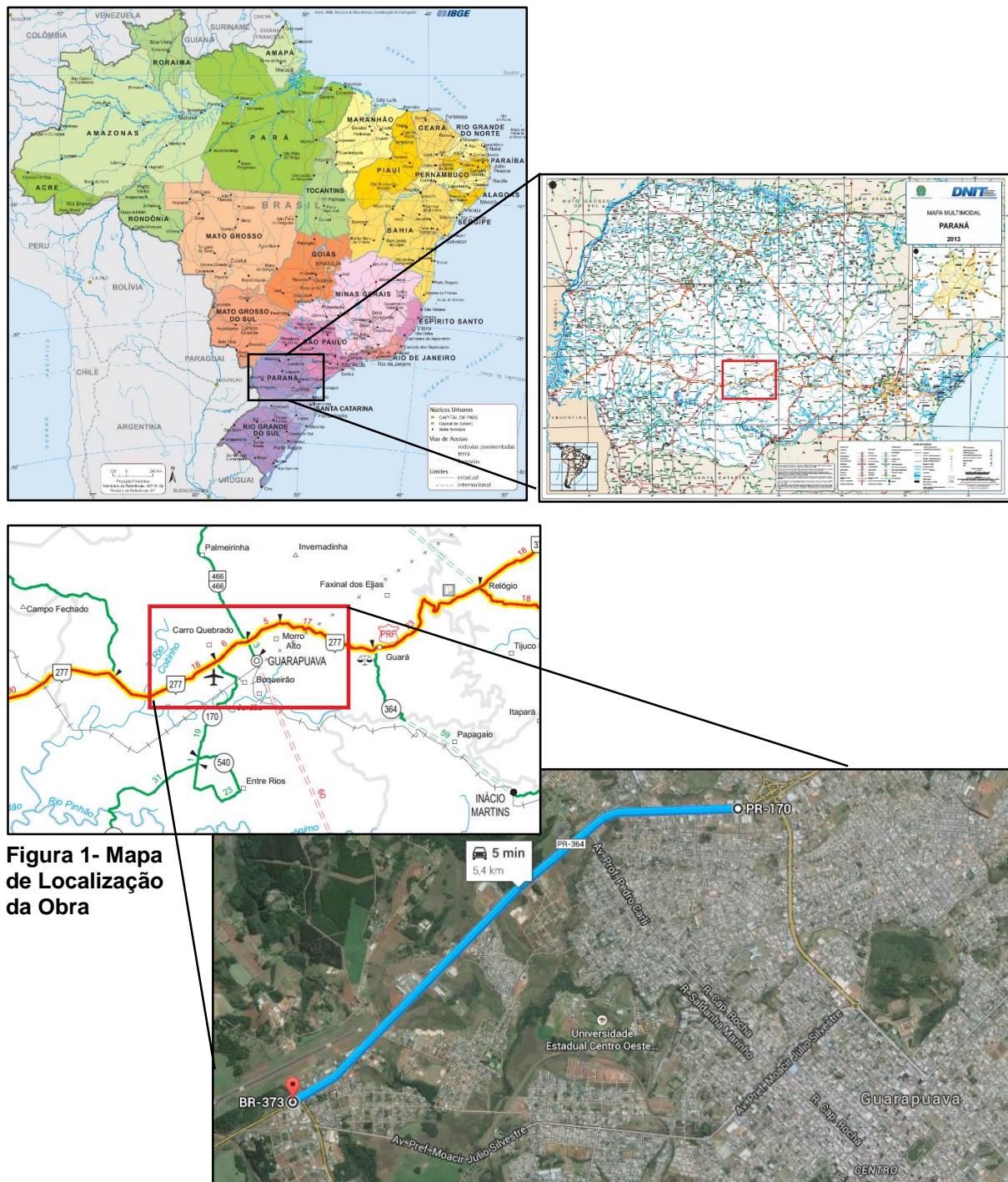


Figura 1- Mapa de Localização da Obra

Figura 2 – Foto Aérea do Local – Fonte: Google Maps

<p>Rodovia: BR-277/PR</p> <p>Trecho: km 344 (Guarapuava) ao km 731 (Foz do Iguaçu)</p> <p>Subtrecho: km 344+000 m ao km 352+000 m</p> <p>Segmento: km 344+000 m ao km 350+200 m</p> <p>Extensão: 6,20 km</p>	<h3>MAPA DE SITUAÇÃO</h3>
---	---------------------------



2. MEMORIAL DE CÁLCULO DE OBRAS DE ARTE ESPECIAIS

2. Memorial de cálculo de obras de arte especiais

2.1 Introdução

2.2 Descrição da Estrutura

Trata-se do projeto de uma ponte a ser construída na cidade de Guarapuava localizada no estado do Paraná, para facilitar o tráfego de veículos sobre a BR-277.

O Sistema é composto por longarinas protendidas, lajes e transversinas de apoio em concreto armado. O tabuleiro são formados por 10 longarinas protendidas com altura de 1,20m. A laje + pré-laje perfazem um conjunto com 20 cm de espessura.

O tabuleiro possui vão teórico de 17,80 metros. As travessas fornecem rigidez ao conjunto e estão calculadas para suportar o macaqueamento da obra.

Os tabuleiros são apoiados em vigas transversinas externas.

A fundação da obra é constituída de estacas tipo raiz com diâmetro de 31 cm.

As vigas transversinas estão ligadas a cortinas, alas e laje de aproximação.

A seção transversal da obra é de 17,80 m na esconsidade, possuindo um leito carroçável de 9,00 m, ciclovia de 3,16 m e passeio de 2,20 m. o leito carroçável possui faixas de rolamento, com inclinação de 2% para apenas um lado.

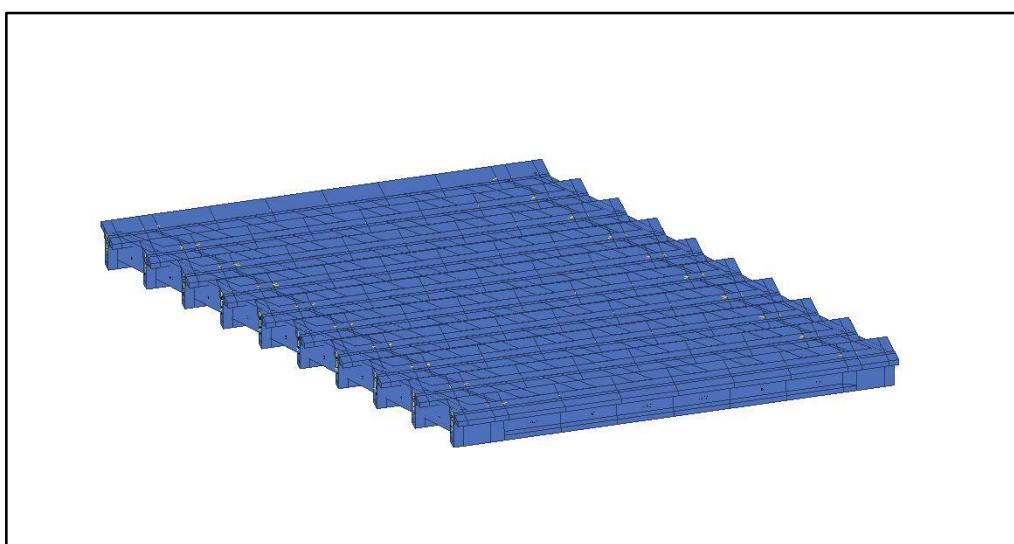


Figura 3 - Imagem renderizada da ponte

2.2.1 Bibliografia

Foram obedecidas as normas técnicas da ABNT em vigor:

NBR 6118 – Projeto e execução de obras de concreto – Procedimento;

NBR 6122 – Projeto e execução de Fundações;

NBR 6123 – Forças devido ao vento nas edificações;

NBR 7483 – Cordoalhas de aço para concreto protendido - Requisitos

NBR 7187 – Projeto e execução de pontes de concreto armado e protendido;

NBR 7188 – Carga móvel em ponte rodoviária e passarela de pedestre;

NBR 7189 – Cargas móveis para projeto estrutural de obras ferroviárias;

NBR 8681 – Ações e segurança nas estruturas – Procedimento;

NBR 9062 – Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado;

2.2.2 Objetivo

Este memorial tem como objetivo apresentar os resultados técnicos obtidos durante o dimensionamento da trincheira em concreto descrito neste memorial, e as considerações feitas em tais dimensionamentos.

2.2.3 Método Construtivo

O projeto da ponte foi desenvolvido considerando o seu método construtivo. Primeiramente executa-se a fundação com estacas para receber a estrutura da viga transversina. Após esta etapa é feita a montagem das vigas longarinas pré-moldadas, pré-laje de concreto com espessura de 7 cm e por último executa-se a concretagem do tabuleiro solidarizando a estrutura. Após cura úmida do concreto faz-se a aplicação da camada asfáltica.

2.2.4 Materiais

Concreto estrutural $\geq 30 \text{ MPa}$

Fator água/cimento $\leq 0,60$

Aço CA-50: $f_{yk} \geq 500 \text{ MPa}$

Aço CP-190RB 15,2 mm

Cobrimento da armadura: 3,5 cm

Cobrimento da armadura em contato com solo: 4,5 cm

2.2.5 Modelo Estrutural

O processamento e modelagem da estrutura foram elaborados com software STRAP 2010 e RM Bridge, fazendo uso de métodos em análise em elementos finitos.

2.2.6 Geometria da Estrutura

Seguem desenhos mostrando a geometria da trincheira.

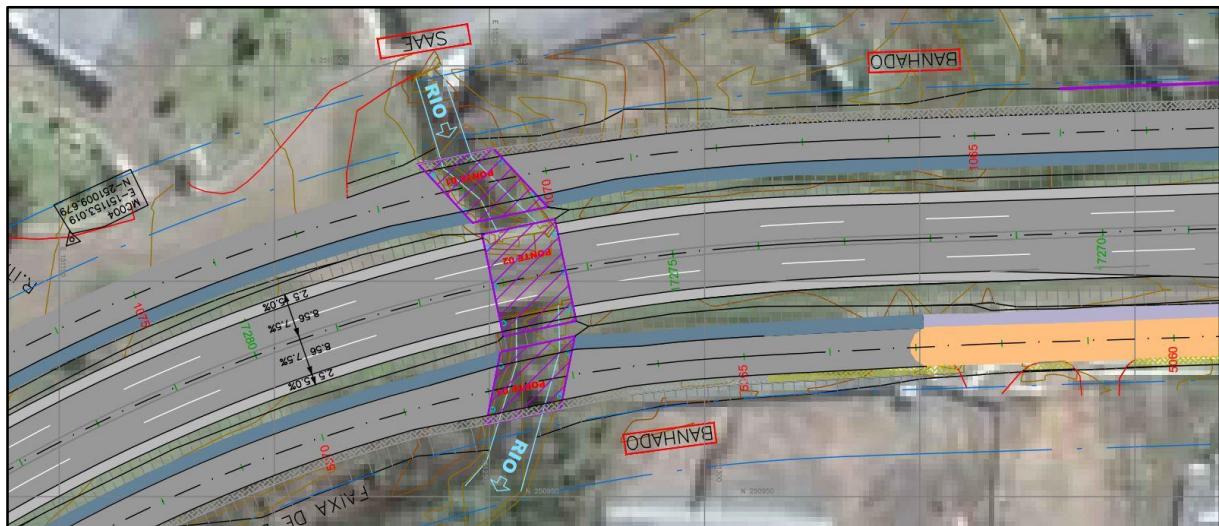


Figura 4 – Implantação da ponte

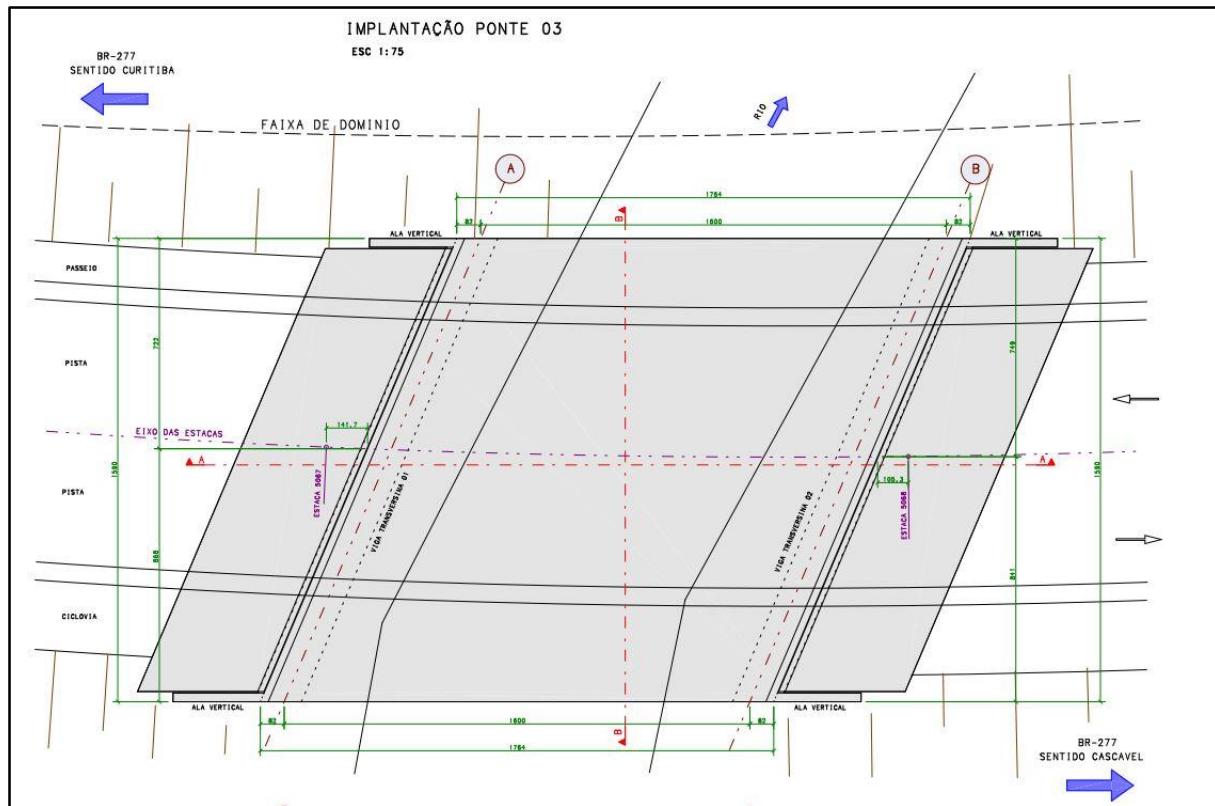


Figura 5 - Implantação do viaduto

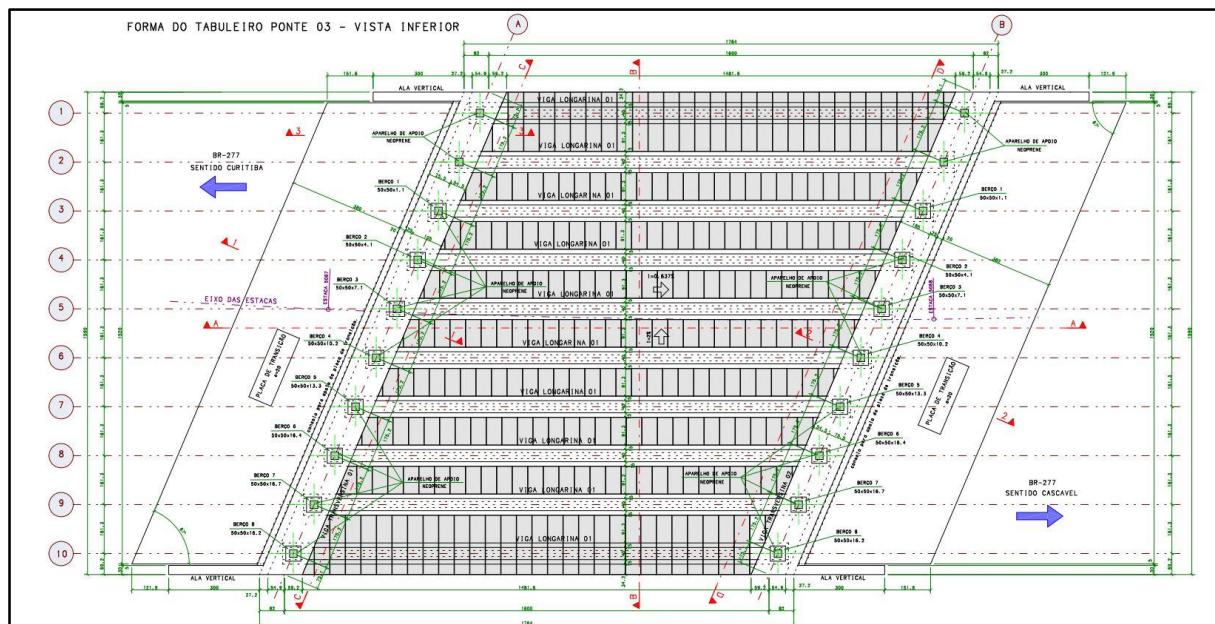


Figura 6 - Forma do tabuleiro

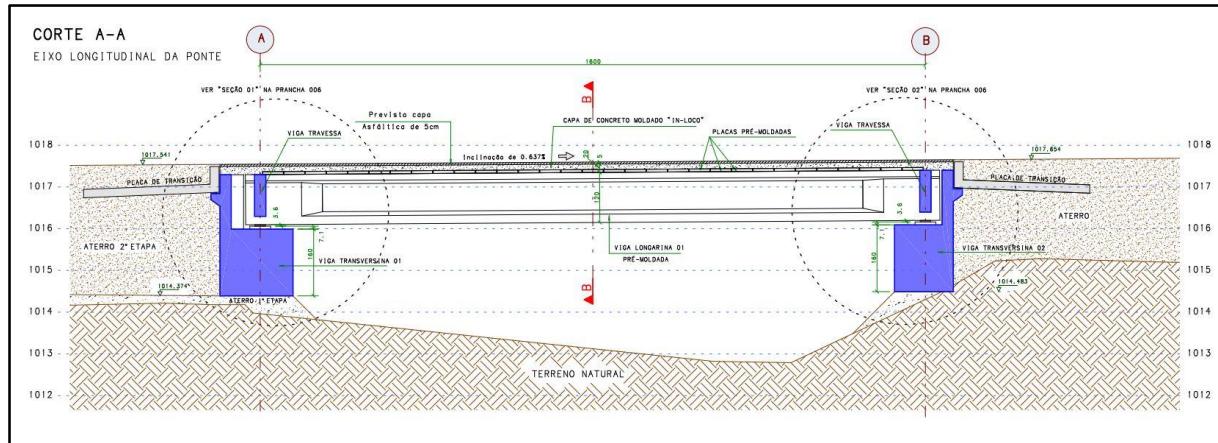


Figura 7 - Corte longitudinal da ponte

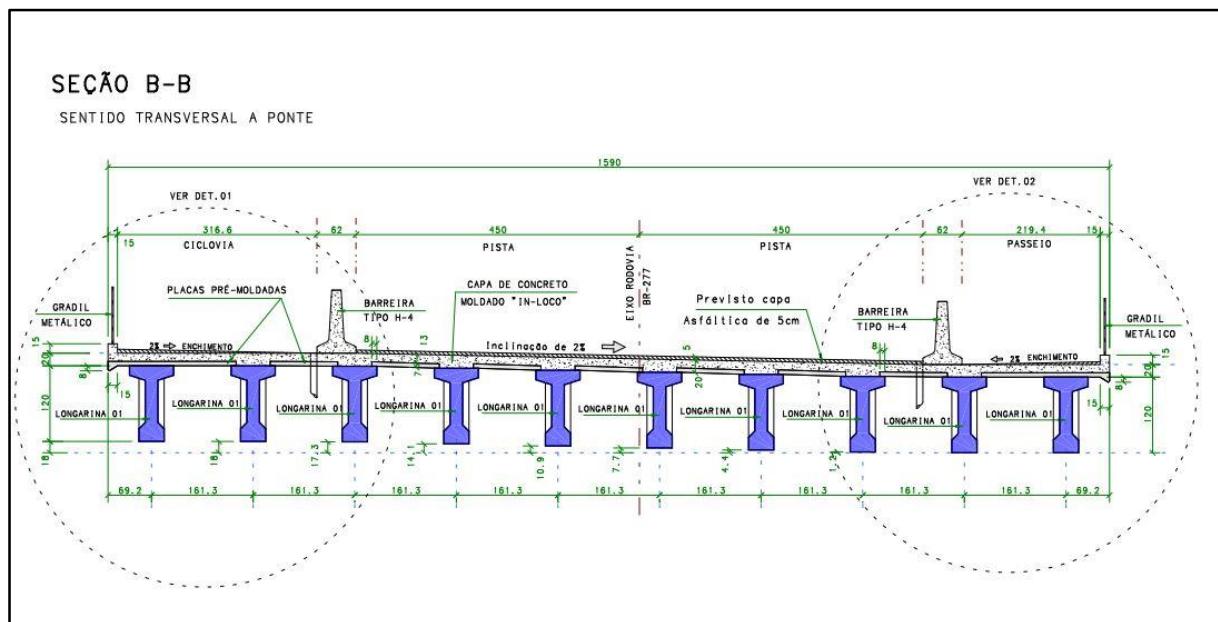


Figura 8 - Corte transversal da ponte

2.2.7 Geometria dos Elementos

Seguem desenhos mostrando a geometria dos elementos que compõem a estrutura:

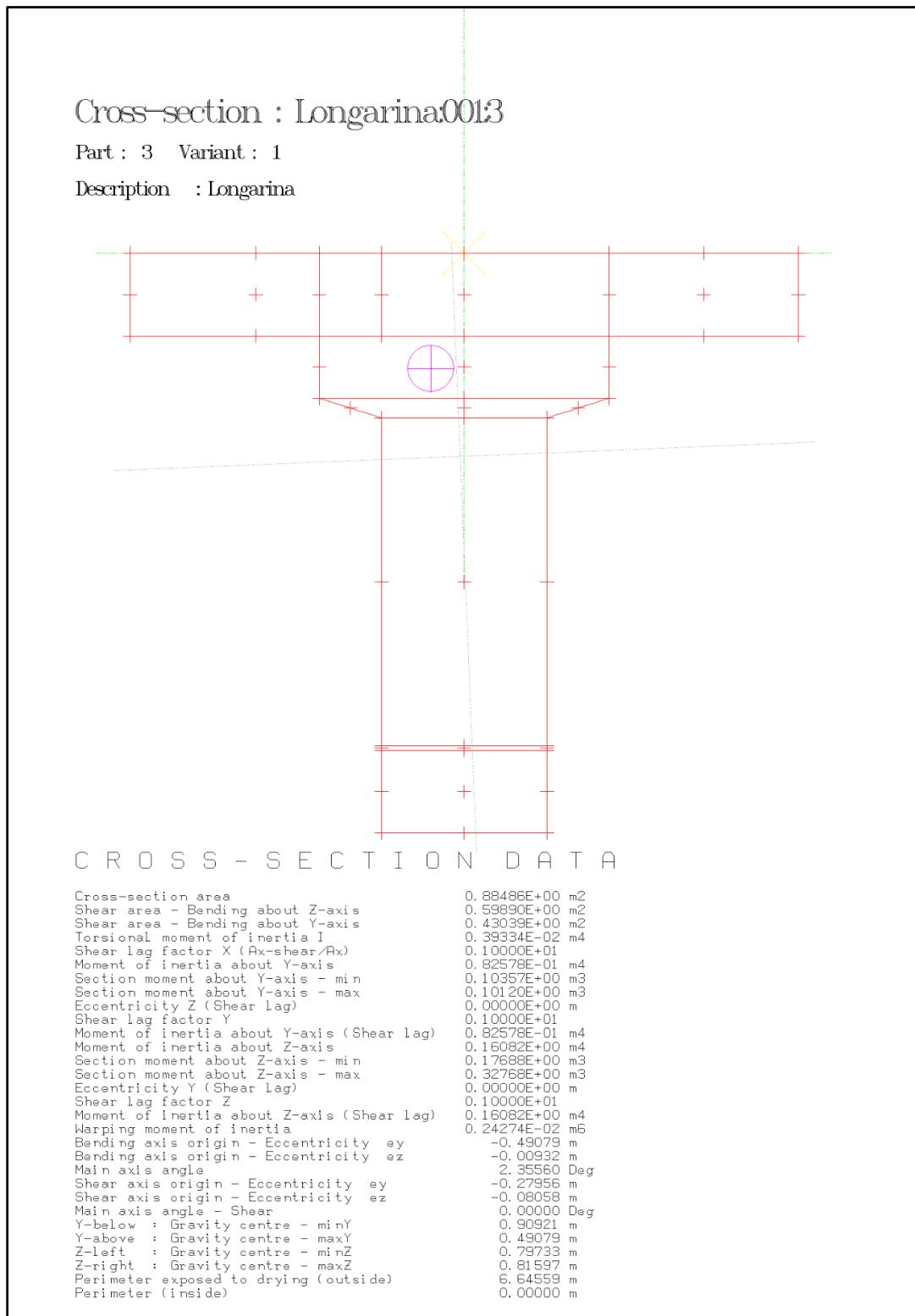
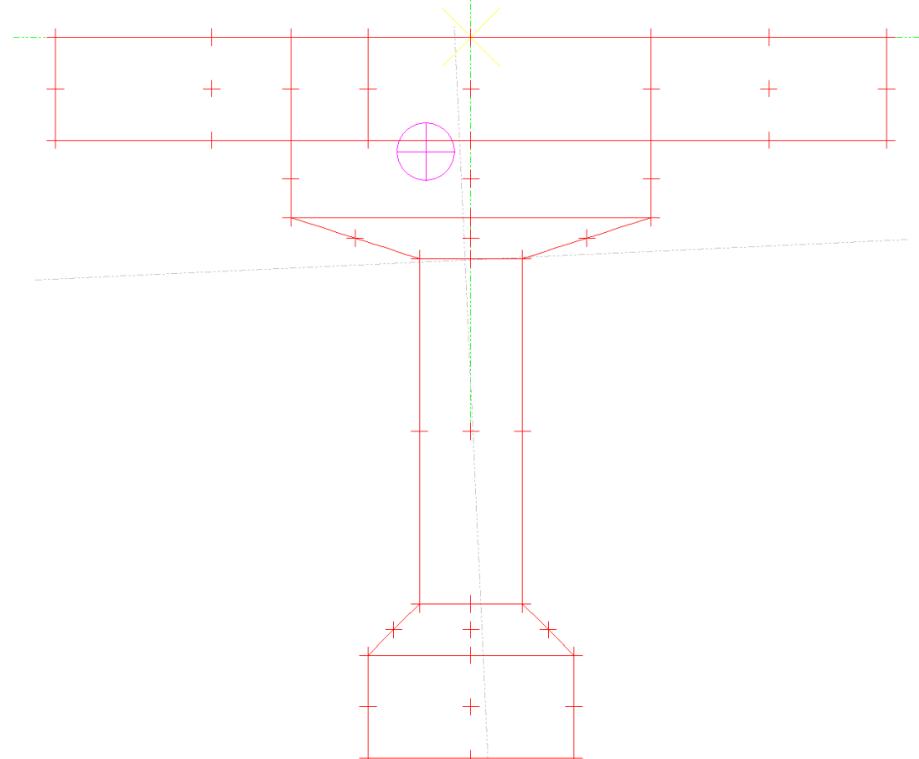


Figura 9 - Longarina 1

Cross-section : Longarina0023

Part : 3 Variant : 1

Description : Longarina



C R O S S - S E C T I O N D A T A

Cross-section area	0. 73766E+00 m ²
Shear area - Bending about Z-axis	0. 40136E+00 m ²
Shear area - Bending about Y-axis	0. 37554E+00 m ²
Torsional moment of inertia I	0. 20511E-02 m ⁴
Shear lag factor X (Ax-shear/Ax)	0. 10000E+01
Moment of inertia about Y-axis	0. 79062E-01 m ⁴
Section moment about Y-axis - min	0. 99391E-01 m ³
Section moment about Y-axis - max	0. 96672E-01 m ³
Eccentricity Z (Shear lag)	0. 00000E+00 m
Shear lag factor Y	0. 10000E+01
Moment of inertia about Y-axis (Shear lag)	0. 79062E-01 m ⁴
Moment of inertia about Z-axis	0. 13908E+00 m ⁴
Section moment about Z-axis - min	0. 14376E+00 m ³
Section moment about Z-axis - max	0. 32152E+00 m ³
Eccentricity Y (Shear lag)	0. 00000E+00 m
Shear lag factor Z	0. 10000E+01
Moment of inertia about Z-axis (Shear lag)	0. 13908E+00 m ⁴
Warping moment of inertia	0. 16510E-02 m ⁶
Bending axis origin - Eccentricity ey	-0. 43257 m
Bending axis origin - Eccentricity ez	-0. 01118 m
Main axis angle	2. 61202 Deg
Shear axis origin - Eccentricity ey	-0. 22245 m
Shear axis origin - Eccentricity ez	-0. 08750 m
Main axis angle - Shear	0. 00000 Deg
Y-below : Gravity centre - minY	0. 96743 m
Y-above : Gravity centre - maxY	0. 43257 m
Z-left : Gravity centre - minZ	0. 79547 m
Z-right : Gravity centre - maxZ	0. 81783 m
Perimeter exposed to drying (outside)	6. 87442 m
Perimeter (inside)	0. 00000 m

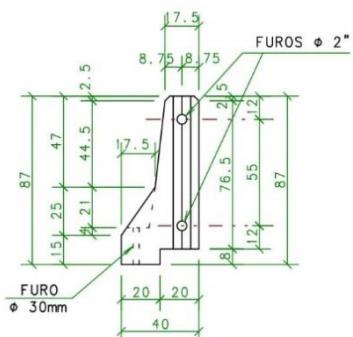
Figura 10 - Longarina 2

2.3 Carregamentos Considerados

2.3.1 Cargas Permanentes

Segundo a norma NBR 6120/1980 – Cargas para o cálculo das estruturas de edificações, esse carregamento é constituído pelo peso de todo os elementos construtivos fixos e instalações permanentes junto com o peso próprio dos elementos que compõem a estrutura.

O peso próprio da estrutura é considerado pelo próprio programa de análise estrutural utilizado, adotando-se peso específico do concreto $2,50\text{tf/m}^3$. Além disso, foi adicionada a carga oriunda das barreiras New Jersey e das barreiras metálicas na faixa de circulação de pedestres.



Para esta foi considerado as New Jersey como tendo dimensões transversais $40cm \times 60cm$, que multiplicando pelo γ do concreto ($\gamma_c = 2,5\text{ tf/m}^3$). $0,4 \times 0,6 \times 2,5 = 0,6\text{ tf/m}$ distribuído ao longo do tabuleiro onde serão acoplados.

Para esta obra está prevista acabamento com camada asfáltica com espessura de 7cm, gerando = 0,17 tf/m^2 .

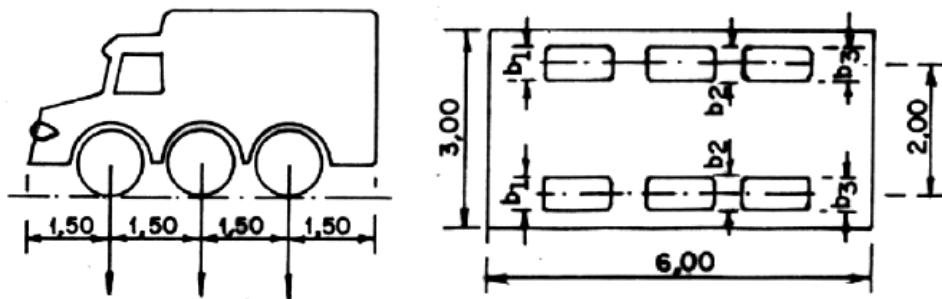
Também foi prevista uma carga de $0,2 \text{ tf/m}^2$ para atender a um eventual recapeamento.

2.3.2 Cargas Acidentais

De acordo com a norma NBR 6120/1980, carga accidental é toda aquela que pode atuar sobre a estrutura em função de seu uso.

Neste presente caso foi utilizada a norma NBR7188/1982 – Carga móvel em ponte rodoviária e passarela de pedestre. E, tratando-se de uma obra em que ocorrerá tráfego pesado sobre a mesma (circulação de caminhões), foi adotado o TREM-TIPO CLASSE 45, no qual a base do sistema é um veículo-tipo de 45 toneladas peso total.

TIPOS 45 E 30



Neste caso, foi considerada uma carga de 7,5 toneladas provinda de cada roda, sendo $7,5 \times 6 = 45\text{ton}$, e um carregamento de $0,5 \text{ ton/m}^2$ por toda a pista de rolamento.

De acordo com o item 7.2.1.2 da NBR-7187/1987, o efeito dinâmico das cargas móveis deve ser analisado pela teoria da *Dinâmica das Estruturas*. É permitido, no entanto, considerar as cargas móveis às cargas estáticas através da multiplicação pelo coeficiente de impacto definido como:

$$\varphi = 1,4 - 0,007 \cdot l > 1,0$$

Para o valor de “ l ” no vão central do tabuleiro admitiu-se o comprimento igual a 17,80m, resultando assim em φ :

$$\varphi = 1,4 - 0,007 \cdot 17,80 = 1,2754$$

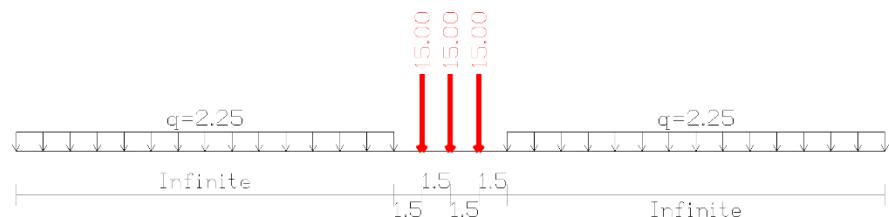
Portanto para cargas temos:

- $3 \times 15 \text{ ton} = 45 \text{ ton}$, representando o trem tipo;
- $0,5 \text{ ton/m}^2 \times 4,50\text{m} = 2,25 \text{ ton/m}$, carga multidão na pista de rolamento;
- $0,3 \text{ ton/m}^2 \times 2,20\text{m} = 0,66 \text{ ton/m}$, carga pedestres na pista de pedestres.
- $0,3 \text{ ton/m}^2 \times 3,16\text{m} = 0,95 \text{ ton/m}$, carga pedestres na pista de pedestres.

Graphical presentation of load train 1

Units : Length(m),Force(t)

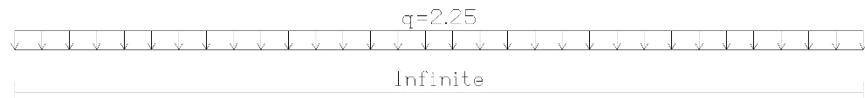
Load train 1 - NBR 7188:1984 - Classe 45: Veiculo TT 45t
 $+ p = 3 \times 150 \text{ kN} + 5 \text{ kN/m}^2 \times 4,50 \text{ m}$

**Figura 11 - Carregamento de trem tipo**

Graphical presentation of load train 2

Units : Length(m),Force(t)

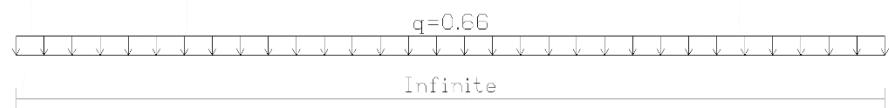
Load train 2 - NBR 7188:1984 - Classe 45: $p=5 \text{ kN/m}^2 \times 4,5 \text{ m}$
Carga uniformemente distrib. - Multidão

**Figura 12 - Multidão**

Graphical presentation of load train 3

Units : Length(m),Force(t)

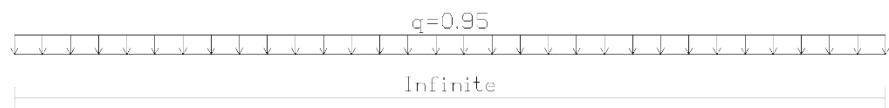
Load train 3 - NBR 7188:1984 - Passeio: $p=3\text{kN}/\text{m}^2 \times 2,2\text{m}$ Carga uniform. distrib.

**Figura 13 - Carregamento de passeio**

Graphical presentation of load train 4

Units : Length(m),Force(t)

Load train 4 - NBR 7188:1984 - Ciclovia: $p=3\text{kN}/\text{m}^2 \times 3,16\text{m}$ Carga uniform. distrib.

**Figura 14 - Carregamento ciclovia**

O "load train 1" e o "load train 2" foram considerados na estrutura no eixo das pistas de rolamento, conforme imagem abaixo, o 1 representa a carga multidão + o trem tipo, já o 2 considera que apenas a carga multidão está atuando.

No eixo das faixas de pedestres foram considerados apenas o "load train 3" no qual somente a carga pedestres é levada em conta e a "load train 4" referente ao carregamento da ciclovia.

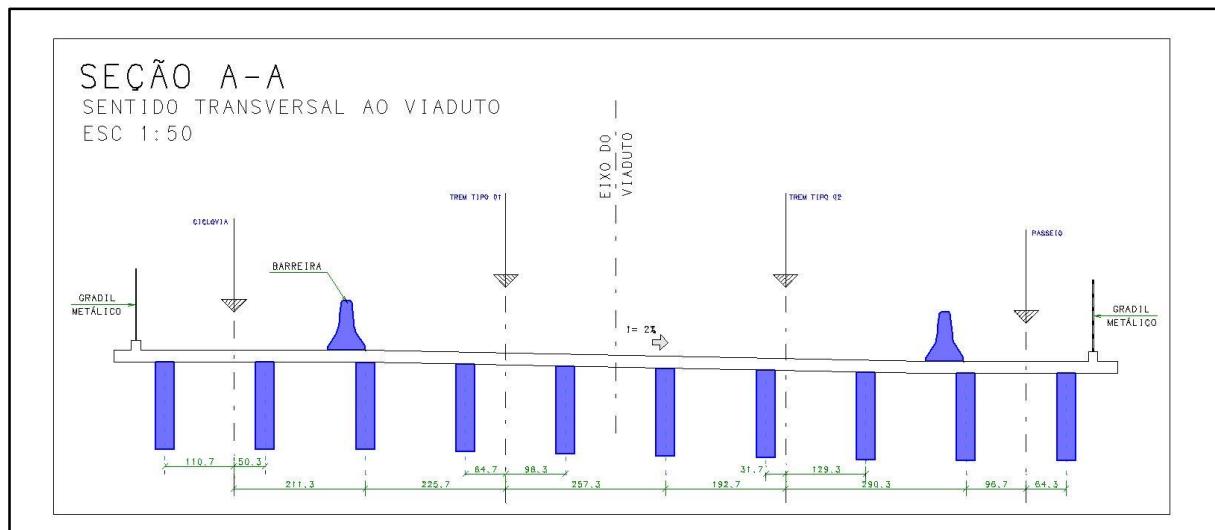


Figura 15 - Corte transversal do viaduto

2.3.3 Cargas Horizontais

2.3.3.1 Fretagem e aceleração

Segundo a norma NBR 7187/1987, “Nas pontes rodoviárias, a força longitudinal devida a frenação ou à aceleração dos veículos deve ser considerada [...]. De acordo com o item 7.2.1.5 o valor da força horizontal corresponde a 30% do peso do trem-tipo ou 5% da carga da multidão P' presente em todo o leito carroçável. Em ambas as considerações não se deve majorar o carregamento com o coeficiente de impacto.

No primeiro caso tem-se 30% do peso do veículo tipo:

$$0,30 \cdot TT = 0,30 \cdot 45tf = 13,5tf$$

Já na segunda consideração, temos 5% da carga P' :

$$0,05 \cdot P' = 0,05 \left[\frac{0,5tf}{m^2} \cdot (17,80m \cdot 15,90m) \right] = 7,08tf$$

Considerando a área da faixa de rolamento igual a $17,80m \times 15,90m$.

Desse modo a carga devida a frenagem e aceleração considerada foi a de 30% do peso do trem tipo igual a $13,5tf$ e, portanto, $13,5\,tf/(17,80 \cdot 15,90\,m^2) = 0,048\,tf/m^2$ disposta por todo o leito carroçável.

2.3.3.2 Variação de temperatura

De acordo com o item 7.1.9.1. da NBR 7187/1987 deve ser considerada uma variação uniforme de temperatura de $15^\circ C$.

Variação de temperatura a considerada:

$$\Delta_t = -15^\circ C$$

2.3.3.3 Empuxo

Foi considerado um solo com as seguintes características:

$$\gamma_{solo} = 1,80\,ton/m^3$$

$$\phi_{solo} = 30^\circ \rightarrow K_{adotado} = 0,49$$

2.4 Combinações

As combinações foram feitas no próprio software RM Bridge, que se encarrega de verificar as piores situações e fornece como resultado uma envoltória desses carregamentos.

COD.	CARREGAMENTO	COMBINAÇÕES						
		1 (ELS)	2 (ELS)	3 (ELS)	4 (ELU)	5 (ELU)	6 (ELS)	7 (ELS)
500	protensão	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
100	peso-próprio	1,00	1,00	1,00	1,35	1,35	1,00	1,00
200	pavimento+guarda-rodas	1,00	1,00	1,00	1,35	1,35	1,00	1,00
600	creep/shrinkage of substructure	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
700	creep/shrinkage of whole structure	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Traffic	tráfego	0,80	0,40	0,40	1,50	0,75		1,00
Brake	frenagem	0,40	0,80	0,40	0,75	1,50		1,00
Temp	temperatura	1,00	1,00	1,00	0,75	1,00	1,00	1,00
Empuxo	empuxo	1,00	1,00	1,00	1,40	1,40	1,00	1,00

As combinações representadas com a sigla ELS (Estado Limite de Serviço), foram usadas para verificação das deformações, enquanto que, as combinações com a sigla ELU (Estado Limite Último) foram usadas no dimensionamento das peças estruturais.

As combinações foram feitas no próprio software RM Bridge, para determinar as combinações foi usada a NBR 8681/2003, Item 5.1.3.1 Combinações últimas especiais ou de construção.

$$F_d = \sum_{i=1}^m \gamma_{gi} F_{Gi,k} + \gamma_q \left[F_{Q1k} + \sum_{j=2}^n \psi_{0,j} F_{Qj,k} \right]$$

Onde:

$F_{Gi,k}$: Valor característico das ações permanentes.

F_{Q1k} : Valor característico da ação variável considerada como ação principal para a combinação.

γ_{gi} : Coeficiente de ponderação para ações permanentes.

γ_q : Coeficiente de ponderação para ações variáveis principais.

$\psi_0 j$: Fator de combinação de ações variáveis.

F_d : Valor de cálculo da ação.

2.5 Análise Estrutural

A análise estrutural foi desenvolvida mediante o uso de duas ferramentas de análise, software STRAP 2010 e *RM Bridge* devido a sua capacidade de modelar estruturas em três dimensões. Esta ferramenta é capaz de analisar estruturas das mais variadas formas e graus de complexidade, simulando os carregamentos e seus respectivos efeitos.

Sua análise estrutural abrange os conceitos e procedimentos matemáticos, o que permite determinar deformações, deslocamentos e os esforços internos solicitantes para o auxílio do dimensionamento das peças que compõe a estrutura e seu detalhamento.

2.5.1 Análises da Estrutura

Foi montado um modelo onde ocorre à interação entre a laje do tabuleiro e as vigas transversinas. As vigas e os pilares foram idealizados como elementos lineares de barras, já a capa de concreto do tabuleiro foi discretizada com elementos planos, bi-dimensionais de placas (elementos finitos).

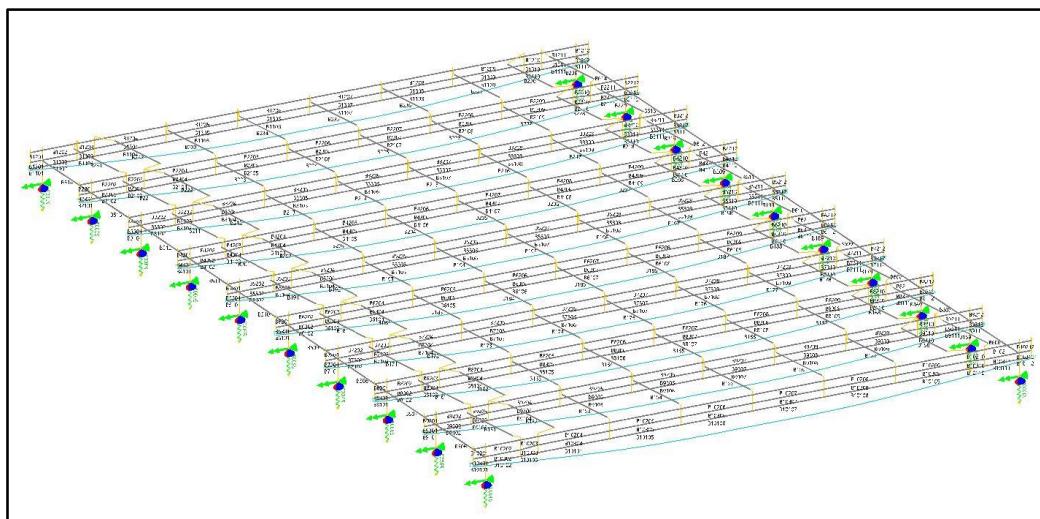


Figura 16 - Modelo analítico RM Bridge

2.5.2 Esforços Concomitantes no tabuleiro

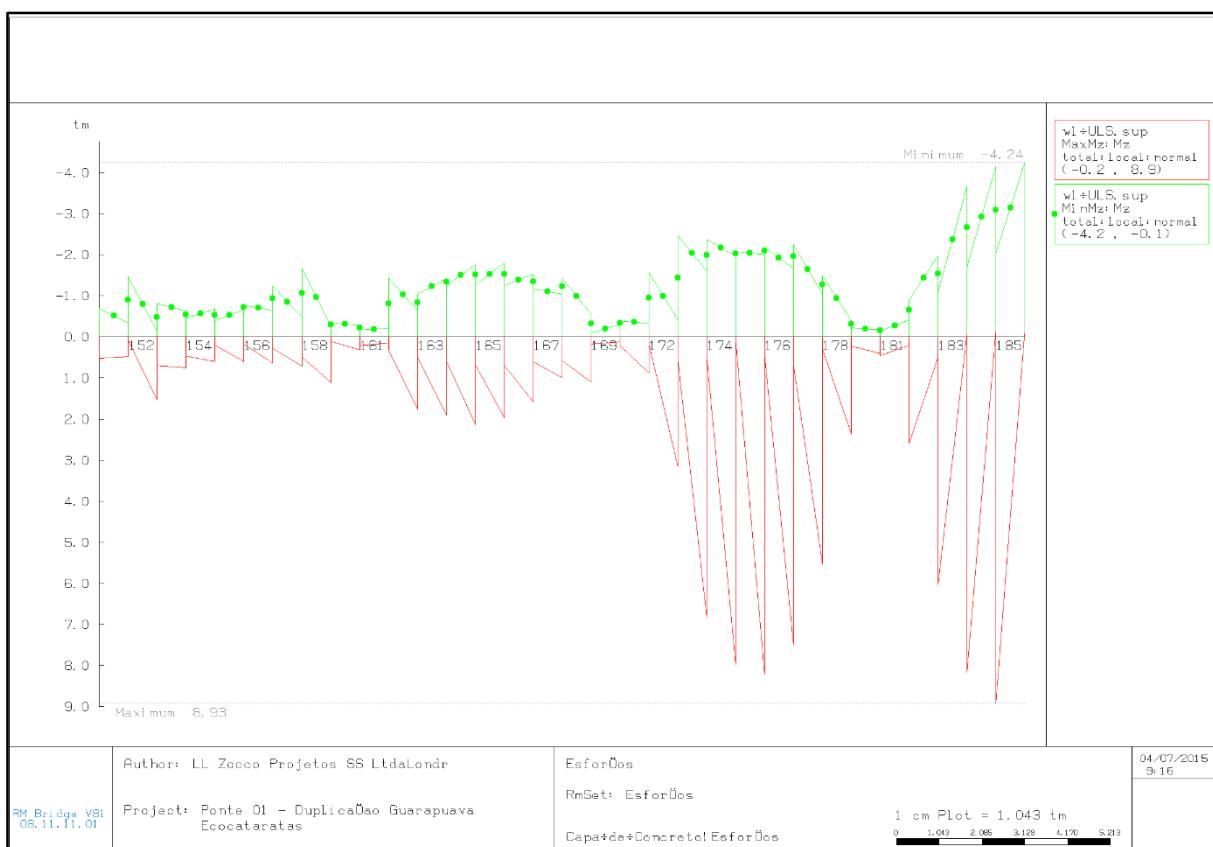
A partir do modelo descrito foram encontrados os seguintes esforços para as vigas do tabuleiro de acordo com os carregamentos analisados.

2.5.2.1 Esforços de Momento Fletor

Esforços Estado Limite de Serviço (ELS)



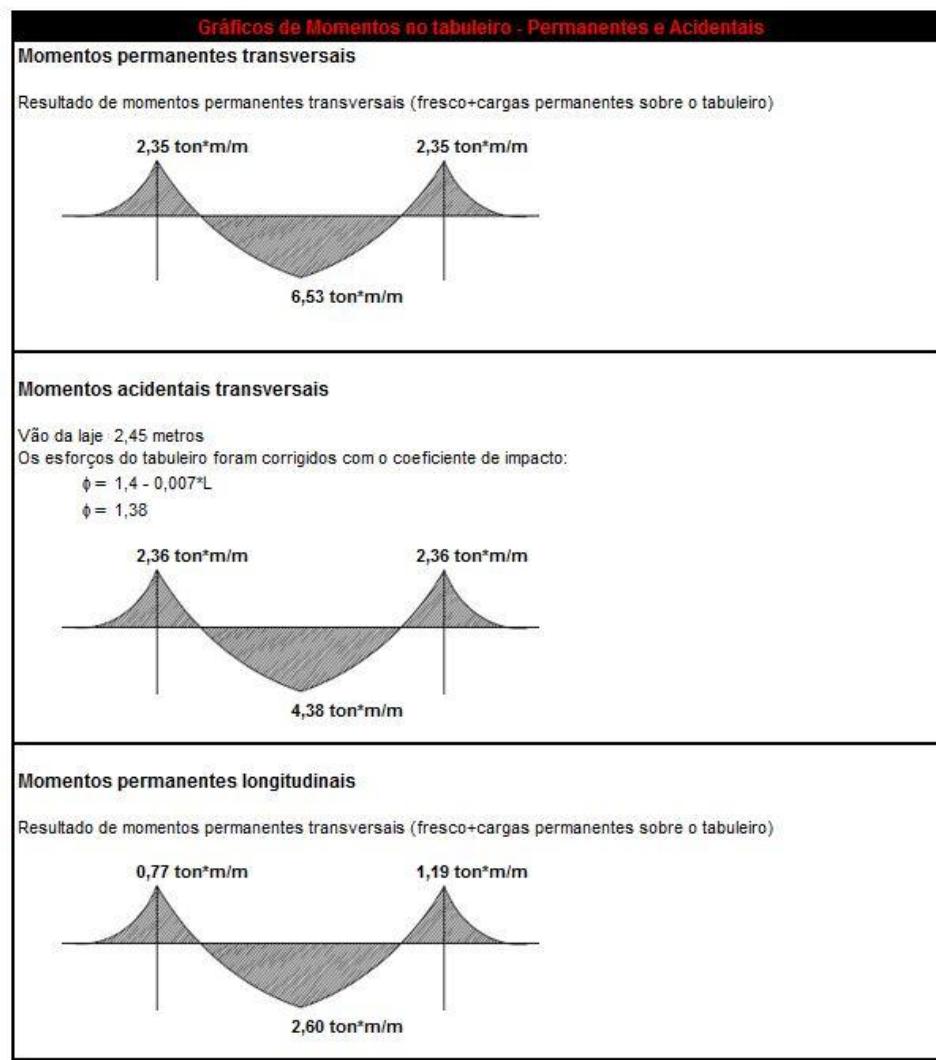
Esforços Estado Limite Último (ELU)



2.6 Dimensionamento das lajes

Entrada de dados	
Dados dos Materiais	
fck	30 MPa
fyk	500 MPa
Dados da Obra	
h	7,00 cm
h'	13,00 cm
I	107,00 cm
L	161,00 cm
Y	120,00 cm
Comprimento Longitudinal	1600,00 cm
Cobrimento (pré laje)	3,00 cm
Cobrimento (laje in loco)	3,00 cm
Trem Tipo	
Veículos	7,50 tf
Multidão	0,50 tf/m ²
Momentos no Tabuleiro	
M transversal positivo max	3,0 tn*m/m
M transversal positivo min	0,2 tn*m/m
M transversal negativo max	3,0 tn*m/m
M transversal negativo min	0,2 tn*m/m
Armadura Longitudinal	
Armadura Positiva	
Φ 8,0 mm	c/ 15 cm
Armadura Negativa	
Φ 10,0 mm	c/ 15 cm

Cálculos
INÍCIO



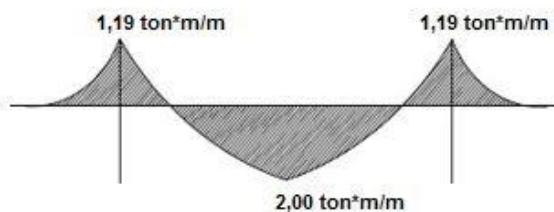
Momentos accidentais longitudinais

Vão da laje: 25,00 metros

Os esforços do tabuleiro foram corrigidos com o coeficiente de impacto:

$$\phi = 1,4 - 0,007 \cdot L$$

$$\phi = 1,23$$

**Verificação da Cortante****Lajes - Verificação da Cortante**

Segundo a NBR 6118, a largura "bw" é obtida pela seguinte expressão:

$$bw = b + al \times (1 - b/l)$$

Sendo: "al" a distância do apoio até o centro de carga da roda, "b" a largura do pneu com projeção no centro da laje, e "l" a distância entre longarinas.

Supondo que as tensões provocadas pela carga da roda se distribuem com um ângulo de 45°, a projeção do contato da roda no pavimento no meio da laje tem as seguintes dimensões:

$$a = 50 + 2 \times 17 = 84\text{cm}$$

$$b = 20 + 2 \times 17 = 54\text{cm}$$

A carga permanente distribuída por unidade de área de laje é obtida pela seguinte equação:

$$V_{pp} = (h_{laje} \times \gamma_{laje}) + (h_{pav} \times \gamma_{pav}) + V_{rec}$$

$$V_{pp} = 0,868$$

Através da linha de influência do esforço cortante na seção, tem-se:

$$V_{gk} = V_{pp} \times \text{Área}$$

$$V_{gk} = 0,030$$

Já o esforço cortante devido à carga móvel (roda) na seção, é encontrada pela equação:

$$P = 6,0 \text{ ton} \quad \text{Valor adotado segundo a NBR 7188}$$

$$\Phi = 1,39 \quad \text{Coeficiente de Impacto}$$

$$\gamma = 0,366 \quad \text{Coordenada obtida na linha de influência do esforço cortante na seção "S"}$$

Portanto:

$$V_q = 2,51$$

A força cortante de cálculo V_{sd} é obtida através da combinação fundamental expressa no item 10.2.1.1 da NBR 7187. Sendo assim:

$$V_{sd} = 1,35 \times V_g + 1,50 \times V_p$$

$$V_{sd} = 3,80$$

De acordo com o item 19.4.1 da NBR 6118/2003, a força cortante resistente V_{rd1} é dada pela seguinte equação:

$$V_{rd1} = trd \times K_x \times (1,2 + 40 p1) \times bw \times d$$

$$\tau_{rd} = 0,331$$

$$K = 1,443$$

$$p1 = 0,006 < 2\% \quad \text{OK!}$$

$$bw = 121,789$$

$$d = 15,700$$

$$V_{rd1} = 10,91$$

Como $V_{sd} < V_{rd1}$, pode-se dispensar a armadura transversal da laje.

Com base nos esforços e nas áreas de armaduras obtidos, foram utilizadas:

- **Armadura Positiva Transversal (Pré-Laje):**
 $\phi 12,5\text{mm c/10cm (As=12,27cm}^2/\text{m)}$
- **Armadura Negativa Transversal:**
 $\phi 12,5\text{mm c/12,5cm (As=9,82cm}^2/\text{m)}$
- **Armadura Positiva Longitudinal:**
 $\phi 8,0\text{mm c/15cm (As=3,35cm}^2/\text{m)}$
- **Armadura Negativa Longitudinal (Capa de Concreto):**
 $\phi 10,0\text{mm c/15cm (As=5,23cm}^2/\text{m)}$

2.6.1 Verificação da pré-laje

$$g_1 = 0,07 \times 2,50 = 0,18 \text{ton / m}^2 \text{ (peso próprio da pré-laje)}$$

$$g_2 = 0,13 \times 2,50 = 0,33 \text{ton / m}^2 \text{ (peso do concreto fresco da laje moldada no local)}$$

$$\rightarrow g_{total} = 0,18 + 0,33 = 0,51 \text{ton / m}^2$$

$$\rightarrow q = 0,20 \text{ ton/m}^2 \text{ (carga accidental durante a construção)}$$

Verificação da Flexão:

$$Mg = \frac{0,51 \times 1,07^2}{8} = 0,07 \text{tonxm}$$

$$Mp = \frac{0,20 \times 1,07^2}{8} = 0,028 \text{tonxm}$$

$$\text{Com } h = 7,0\text{cm} \rightarrow d = 7,0 - 2,50 = 4,0\text{cm} \rightarrow (h - \text{cobr} - \frac{1}{2} \cdot F)$$

Pelo dimensionamento foi calculado As = 0,73cm²/m.

Temos → $\phi 12,5\text{mmc / 10}$ → ok !!

2.6.2 Verificação do cortante

$$Vg = \frac{g \cdot l}{2} = \frac{0,51 \times 1,07}{2} = 0,27 \text{ ton/m}$$

$$Vp = \frac{p \cdot l}{2} = \frac{0,2 \times 1,07}{2} = 0,107 \text{ ton/m}$$

$$V_{sd} = 1,35 \times 0,27 + 1,50 \times 0,107 = 0,53 \text{ ton/m}$$

$$V_{Rd1} = \{\tau_{Rd} \cdot K \cdot (1,2 + 40 \cdot \rho_1) + 0,15 \cdot \sigma_{cp}\} \cdot bw \cdot d$$

$$\rho_1 = \frac{12,27}{100,7} = 1,75\% < 2\%$$

$$K = 1,6 - d = 1,6 - 0,04 = 1,56 \text{ m}$$

$$\tau_{Rd} = 0,25 \times f_{ctd}^{\frac{2}{3}} = 0,25 \cdot (0,7 \cdot 0,3 \cdot 20^{\frac{2}{3}}) / 1,4 = 0,28 \text{ MPa} = 27,6 \text{ ton/m}^2$$

$$V_{Rd1} = \{27,6 \times 1,56 \times (1,2 + 40 \times 0,0175) + 0,15 \times 0,00\} \times 100 \times 0,04 \rightarrow V_{Rd1} = 3,27 \text{ ton/m}$$

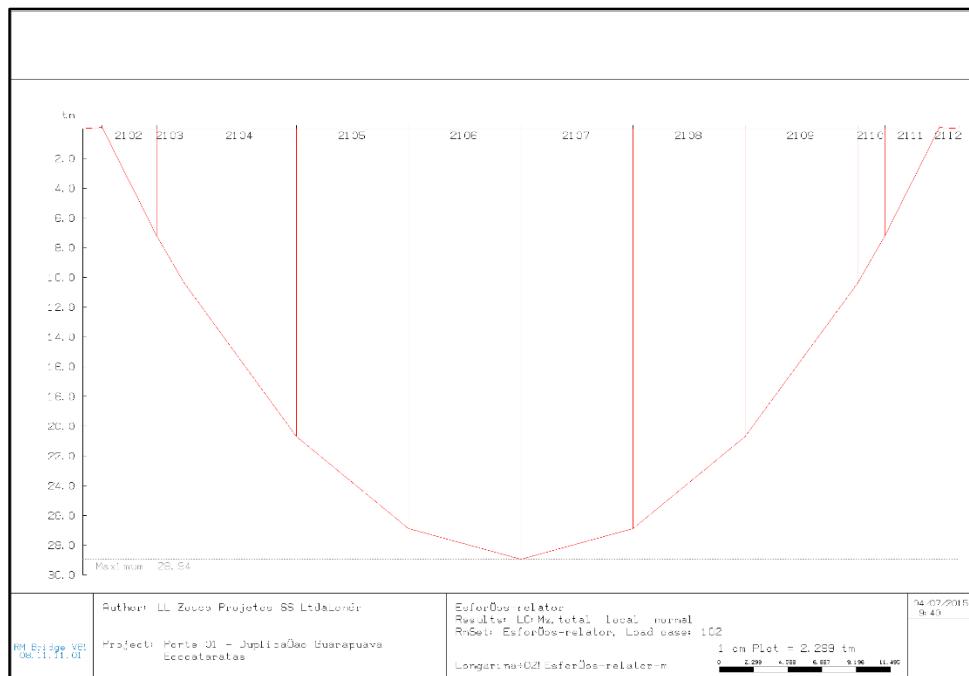
como $V_{sd} < V_{Rd1}$ pode-se dispensar a armadura transversal na pré-laje.

Geometria da seção transversal	
Entre-eixo (cm)	245
Largura da mesa superior (cm)	100
Espessura da laje	20
Altura do pavimento (cm)	7
Cálculo da largura Útil (bw)	
a1 (cm)	102
b (cm)	54
bw (cm)	134
Calculo de Vrd1 (NBR-6118/2014)	
τrd (MPa)	0,38
d (cm)	22
k	1,38
ρ1	0,00465
Vsd (t/m)	5,97
Vrd1 (t/m)	15,97
Como $V_{rd1} > V_{sd}$ dispensa armadura de cortante	

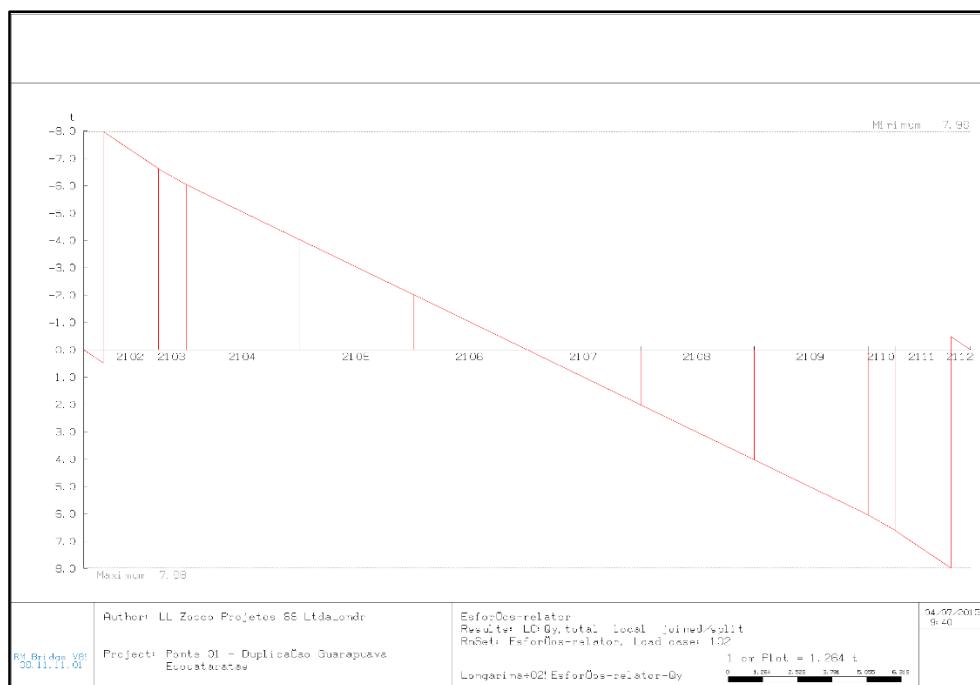
2.7 Dimensionamento da Longarina

2.7.1 Esforços decorrentes das cargas de peso próprio e utilização

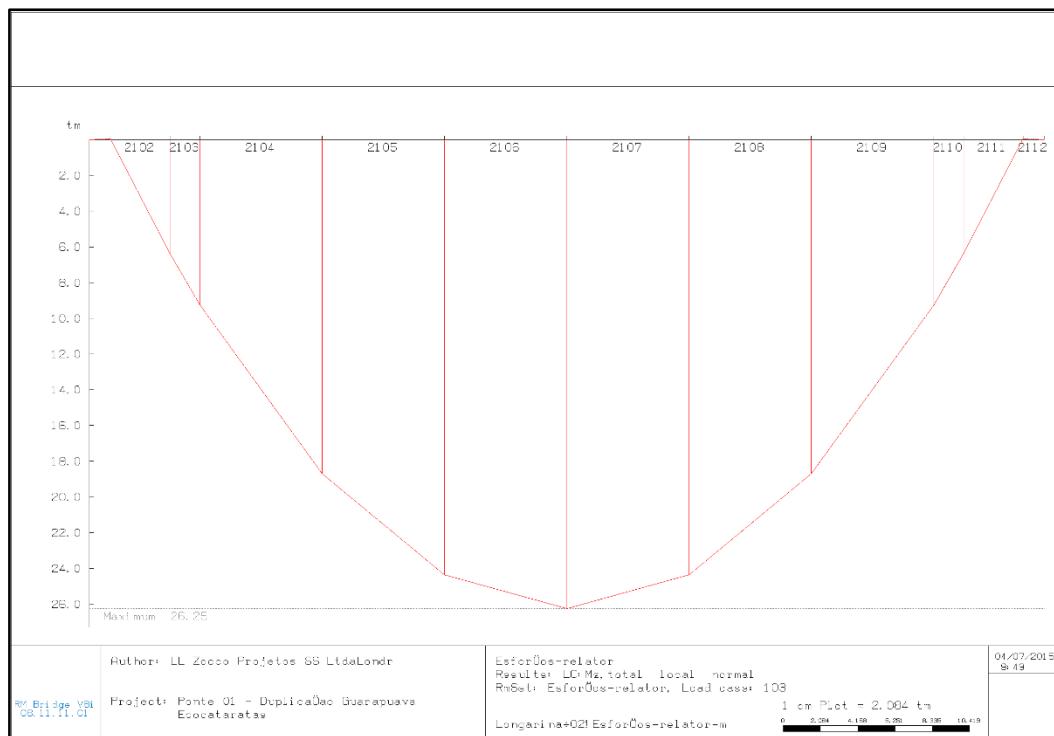
2.7.1.1 Momentos fletores devido à ação do peso próprio:



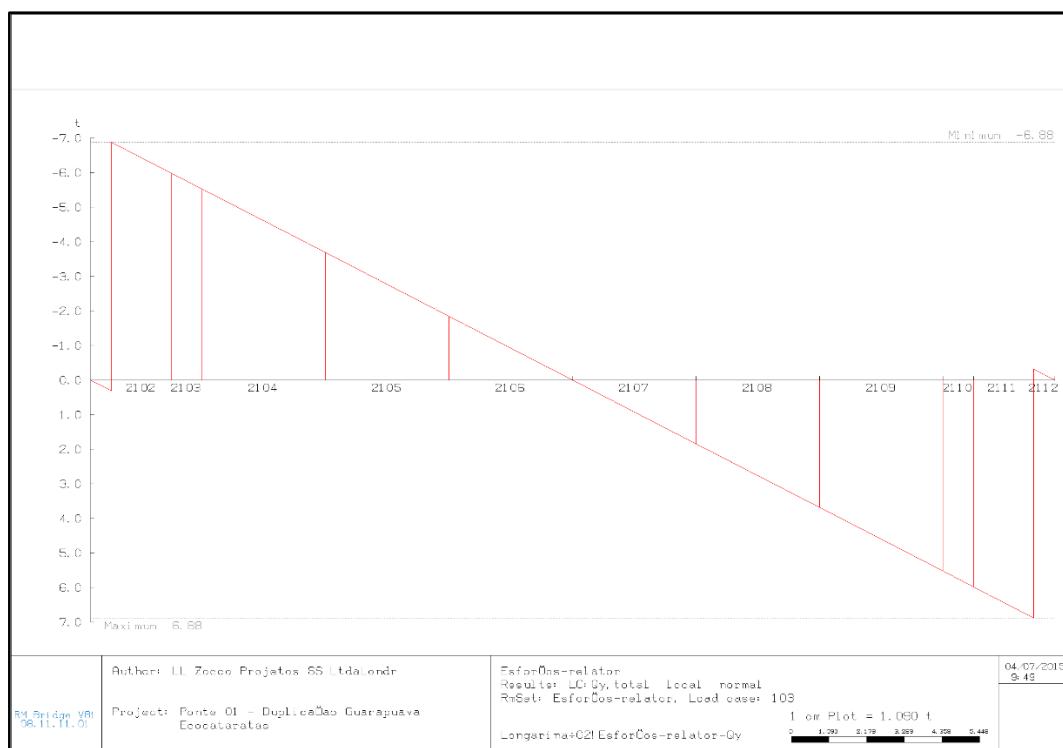
2.7.1.2 Esforço cortante devido ao peso próprio:



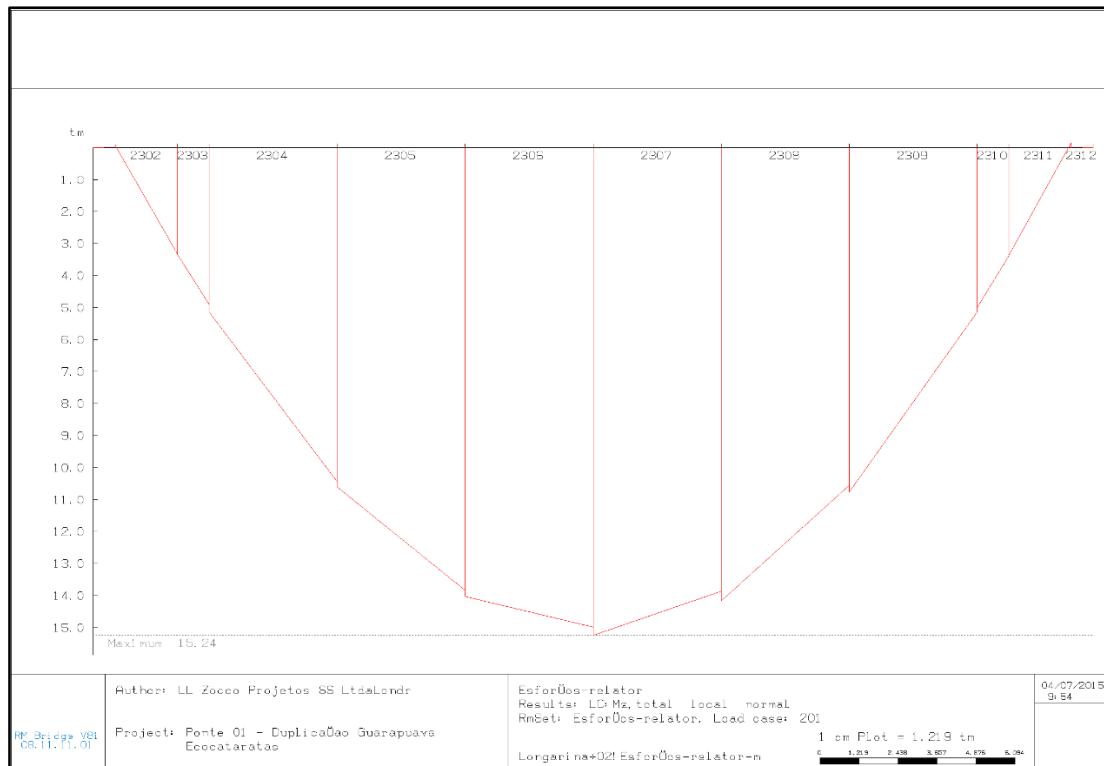
2.7.1.3 Momento fletor devido a capa de concreto:



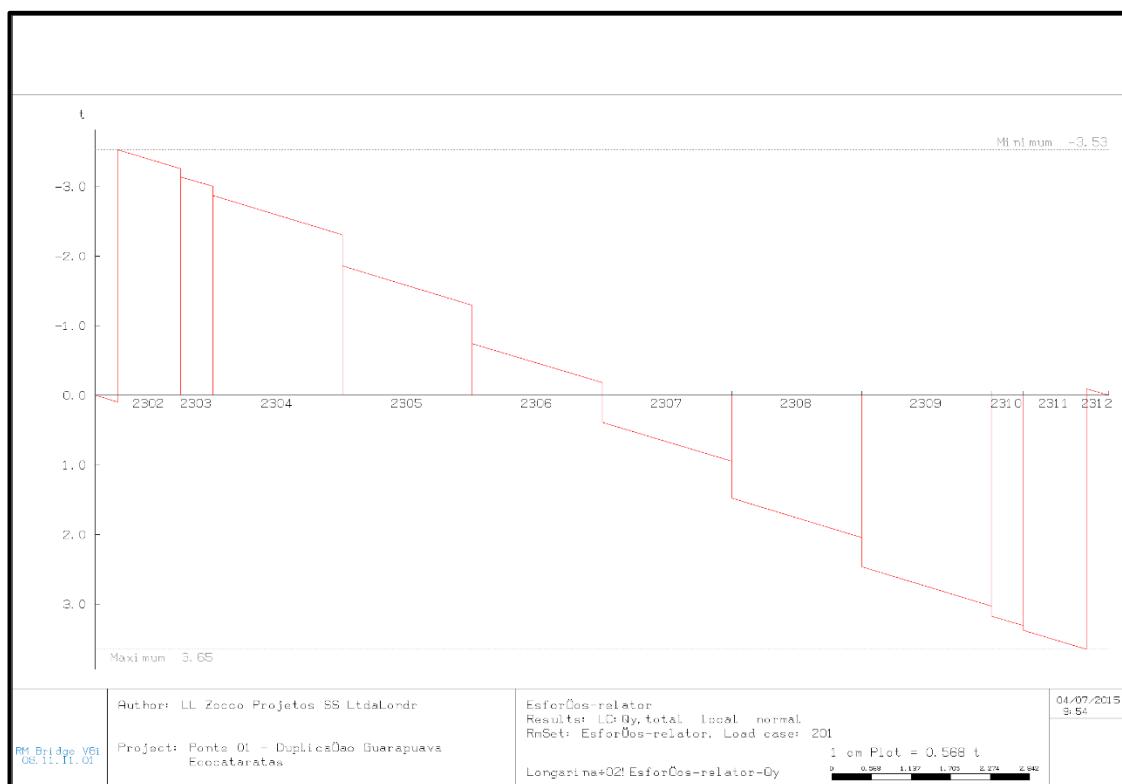
2.7.1.4 Esforço Cortante devido a capa de concreto:



2.7.1.5 Momento devido barreiras new Jersey, camada asfáltica:



2.7.1.6 Esforço cortante devido barreira new Jersey, camada asfáltica:



2.8 Dimensionamento da Protensão

Para a protensão, foi utilizado em todas as vigas longarinas 1 cabo com 7 cordoalhas de CP-190 RB ø15,2 mm, utilizando uma bainha de 57mm, protendidos apenas por uma extremidade de apoio.

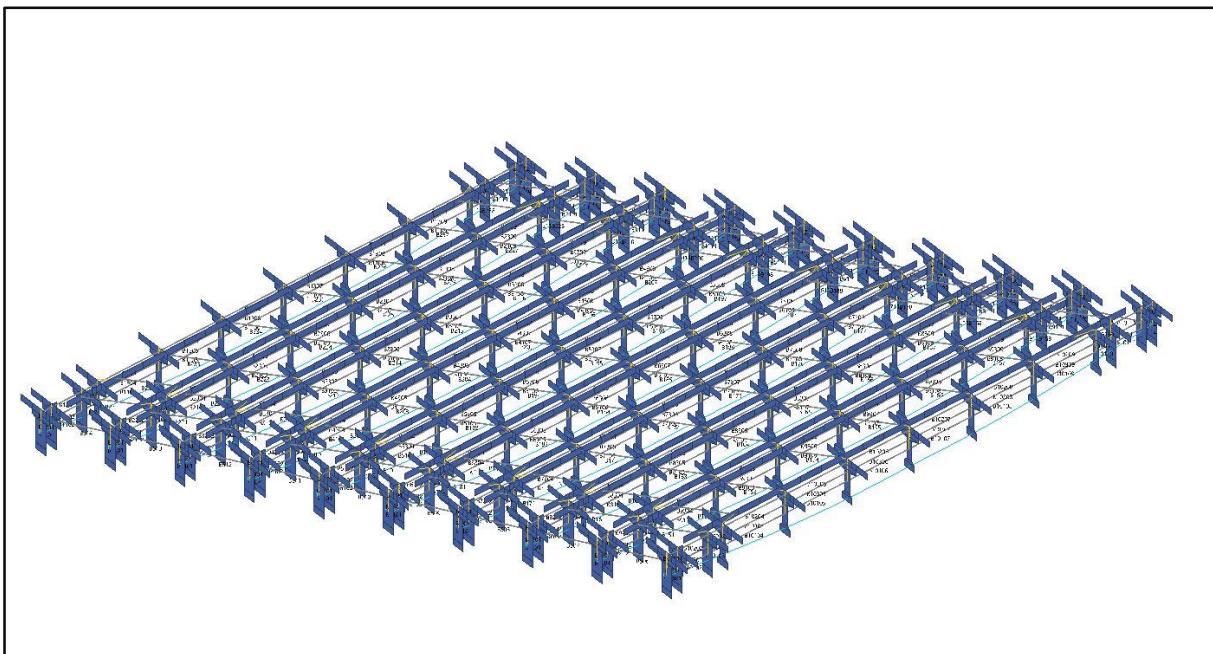


Figura 17 - Imagem do traçado da protensão

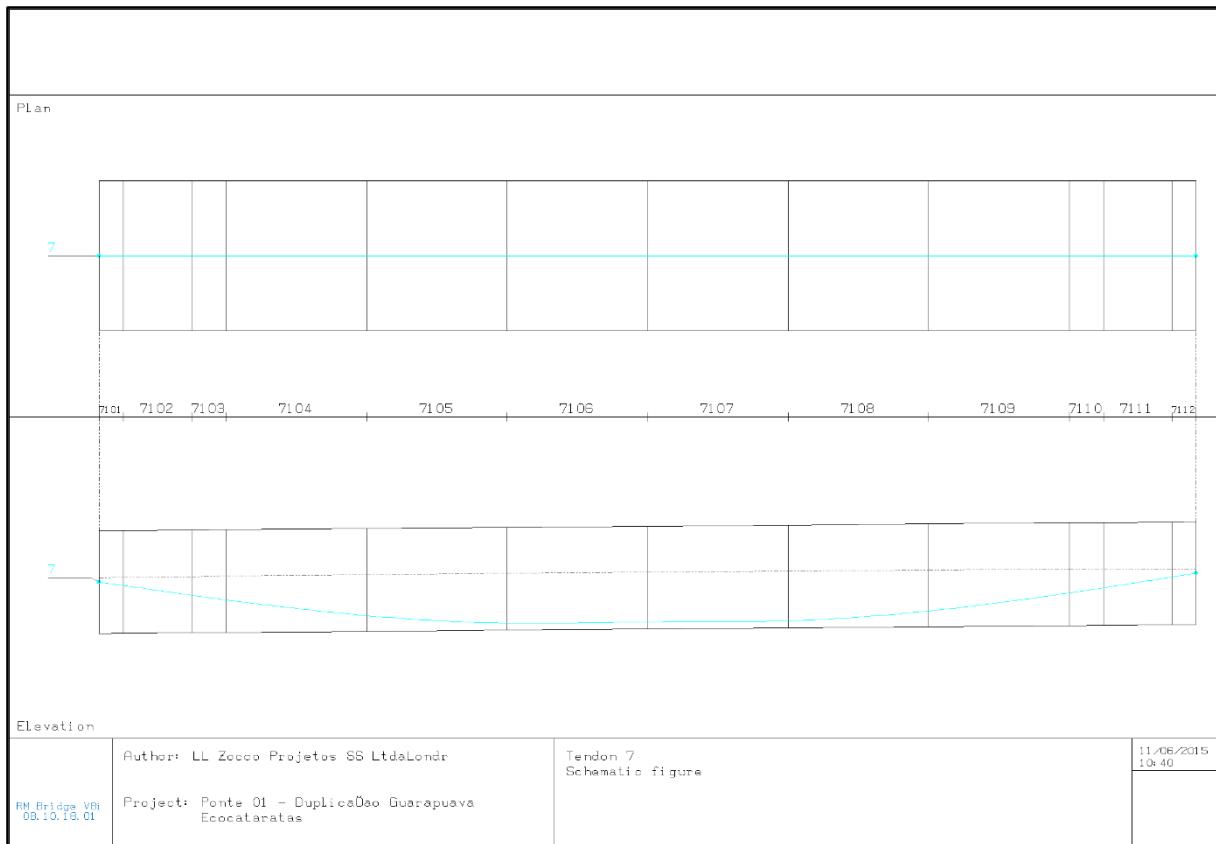


Figura 18 - Traçado da protensão

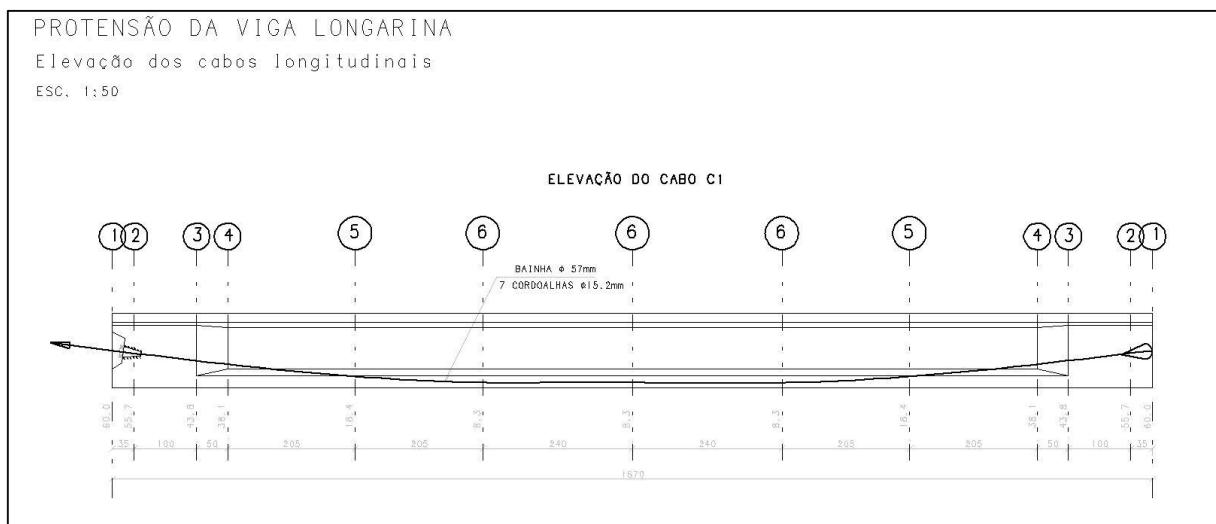


Figura 19 – Detalhamento viga protendida



2.8.1 Força de protensão e perdas

Prog.:RMV8I REV. 08.10.18.01 Date :01/06/2015 12:03 Page :
431

Auth.: ** BENTLEY Systems Austria **
LL Zocco Projetos SS LtdaLondr

Ponte 01 - Duplicação Guarapuava
Ecocataratas

P R E S T R E S S I N G A C T I O N S

Units : Length(m), Cross-section(m), Force(t), Stress(kN/m²)

STAGE : w1_Precast Time: 15.000 "SL1"

=====

TENDON No. : 1 Number of tendons : 7
Material : CP-190RB

Tendon nominal area : +1.40000e-04
Tendon duct area : +4.50000e-04
Friction (my) : 0.20000
Wobble angle (Beta) : 0.12000
E-Modul - static : +2.00000e+08
E-Modul - prestress: +2.00000e+08
Allow. stress : +1.40500e+06

L	Tendon Action	Nb	Ne	dl
		Nb%	Ne%	
16.051	1 STRESS START	21.161	19.931	0.11547
		1.055	0.994	
13.911	1 WEDGE SLIP START	18.905	20.001	-0.00600
		0.943	0.997	

STAGE : w1_Precast Time: 15.000 "SL2"

=====

TENDON No. : 2 Number of tendons : 7
Material : CP-190RB

Tendon nominal area : +1.40000e-04
Tendon duct area : +4.50000e-04
Friction (my) : 0.20000
Wobble angle (Beta) : 0.12000



L	Tendon Action		Nb	Ne	dl
			Nb%	Ne%	
16.051	2	STRESS START	21.161	19.931	0.11547
13.911	2	WEDGE SLIP START	1.055 18.905 0.943	0.994 20.001 0.997	-0.00600

STAGE : w1_Precast Time: 15.000 "SL3"

Prog.:RMV8I REV. 08.10.18.01 Date :01/06/2015 12:03 Page :
432

Auth.: ** BENTLEY Systems Austria **
LL Zocco Projetos SS LtdaLondr

Ponte 01 - Duplicação Guarapuava
Ecocataratas

P R E S T R E S S I N G A C T I O N S

Units : Length(m), Cross-section(m), Force(t), Stress(kN/m²)

TENDON No. :	3	Number of tendons : 7		
		Material : CP-190RB		
		Tendon nominal area : +1.40000e-04		
		Tendon duct area : +4.50000e-04		
		Friction (my) : 0.20000		
		Wobble angle (Beta) : 0.12000		
L	Tendon Action	Nb	Ne	dl
		Nb%	Ne%	
16.051	3 STRESS START	21.161	19.931	0.11547
13.911	3 WEDGE SLIP START	1.055 18.905 0.943	0.994 20.001 0.997	-0.00600

STAGE : w1_Precast Time: 15.000 "SL4"

TENDON No. :	4	Number of tendons : 7
		Material : CP-190RB
		Tendon nominal area : +1.40000e-04



Tendon duct area : +4.50000e-04
Friction (my) : 0.20000
Wobble angle (Beta) : 0.12000

L	Tendon Action	Nb	Ne	dl
		Nb%	Ne%	
16.051	4 STRESS START	21.161	19.931	0.11547
13.911	4 WEDGE SLIP START	18.905	20.001	-0.00600
		0.943	0.997	
	STAGE : w1_Precast Time:	15.000	"SL5"	

TENDON No. : 5 Number of tendons : 7
Material : CP-190RB

Tendon nominal area : +1.40000e-04
Tendon duct area : +4.50000e-04
Friction (my) : 0.20000
Wobble angle (Beta) : 0.12000

Prog.:RMV8I REV. 08.10.18.01 Date :01/06/2015 12:03 Page :
433
Auth.: ** BENTLEY Systems Austria **
LL Zocco Projetos SS LtdaLondr

Ponte 01 - Duplicação Guarapuava
Ecocataratas

P R E S T R E S S I N G A C T I O N S

Units : Length(m), Cross-section(m), Force(t), Stress(kN/m²)

L	Tendon Action	Nb	Ne	dl
		Nb%	Ne%	
16.051	5 STRESS START	21.161	19.931	0.11547
13.911	5 WEDGE SLIP START	18.905	20.001	-0.00600
		0.943	0.997	
	STAGE : w1_Precast Time:	15.000	"SL6"	



TENDON No. : 6 Number of tendons : 7
Material : CP-190RB

Tendon nominal area : +1.40000e-04
Tendon duct area : +4.50000e-04
Friction (my) : 0.20000
Wobble angle (Beta) : 0.12000

L	Tendon Action	Nb	Ne	dl
		Nb%	Ne%	
16.051	6 STRESS START	21.161	19.931	0.11547
13.911	6 WEDGE SLIP START	18.905	20.001	-0.00600
		0.943	0.997	

STAGE : w1_Precast Time: 15.000 "SL7"

TENDON No. : 7 Number of tendons : 7
Material : CP-190RB

Tendon nominal area : +1.40000e-04
Tendon duct area : +4.50000e-04
Friction (my) : 0.20000
Wobble angle (Beta) : 0.12000

L	Tendon Action	Nb	Ne	dl
		Nb%	Ne%	
16.051	7 STRESS START	21.161	19.931	0.11547
13.911	7 WEDGE SLIP START	18.905	20.001	-0.00600
		0.943	0.997	

Prog.:RMV8I REV. 08.10.18.01 Date :01/06/2015 12:03 Page :
434

Auth.: ** BENTLEY Systems Austria **
LL Zocco Projetos SS LtdaLondr

Ponte 01 - Duplicação Guarapuava
Ecocataratas

P R E S T R E S S I N G A C T I O N S

Units : Length(m), Cross-section(m), Force(t), Stress(kN/m²)

STAGE : w1_Precast Time: 15.000 "SL8"

=====

TENDON No. : 8 Number of tendons : 7
Material : CP-190RB

Tendon nominal area : +1.40000e-04
Tendon duct area : +4.50000e-04
Friction (my) : 0.20000
Wobble angle (Beta) : 0.12000

L	Tendon Action		Nb	Ne	dl
			Nb%	Ne%	
16.051	8	STRESS START	21.161	19.931	0.11547
			1.055	0.994	
13.911	8	WEDGE SLIP START	18.905	20.001	-0.00600
			0.943	0.997	

STAGE : w1_Precast Time: 15.000 "SL9"

=====

TENDON No. : 9 Number of tendons : 7
Material : CP-190RB

Tendon nominal area : +1.40000e-04
Tendon duct area : +4.50000e-04
Friction (my) : 0.20000
Wobble angle (Beta) : 0.12000

L	Tendon Action		Nb	Ne	dl
			Nb%	Ne%	
16.051	9	STRESS START	21.161	19.931	0.11547
			1.055	0.994	
13.911	9	WEDGE SLIP START	18.905	20.001	-0.00600
			0.943	0.997	

STAGE : w1_Precast Time: 15.000 "SL10"

=====



TENDON No. : 10 Number of tendons : 7
Material : CP-190RB

Prog.:RMV8I REV. 08.10.18.01 Date :01/06/2015 12:03 Page :
435

Auth.: ** BENTLEY Systems Austria **
LL Zocco Projetos SS LtdaLondr

Ponte 01 - Duplicação Guarapuava
Ecocataratas

P R E S T R E S S I N G A C T I O N S

Units : Length(m), Cross-section(m), Force(t), Stress(kN/m²)

Tendon nominal area : +1.40000e-04
Tendon duct area : +4.50000e-04
Friction (my) : 0.20000
Wobble angle (Beta) : 0.12000

L	Tendon Action		Nb	Ne	dl
			Nb%	Ne%	
16.051	10 STRESS	START	21.161	19.931	0.11547
13.911	10 WEDGE SLIP	START	1.055 18.905 0.943	0.994 20.001 0.997	-0.00600

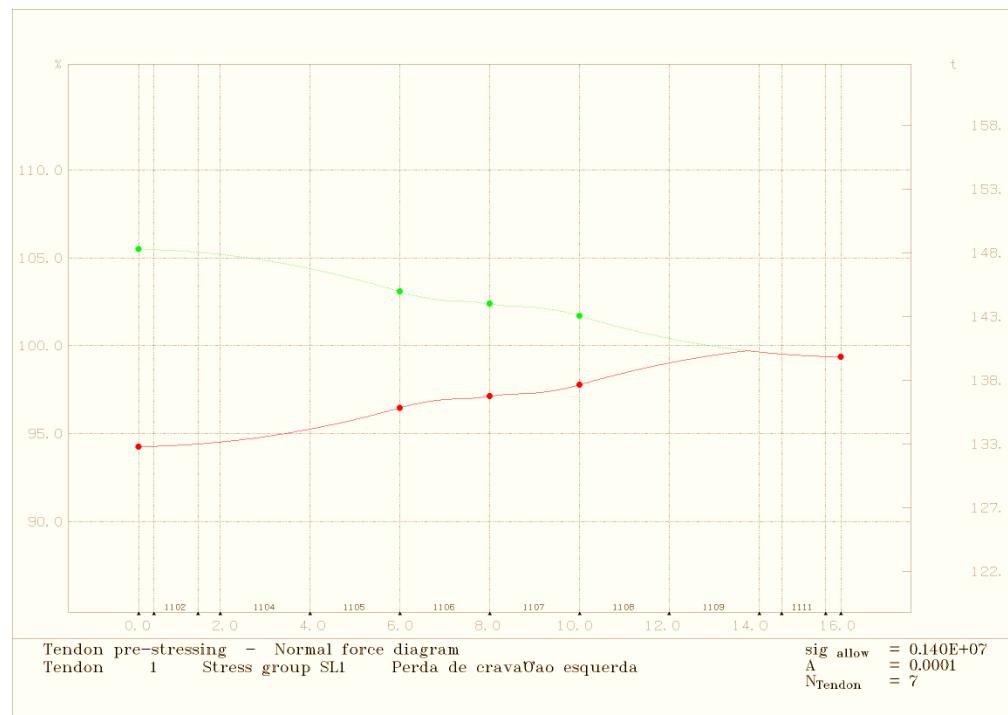


Figura 20 - Gráfico de perdas de protensão

2.8.2 Verificação do ato de protensão, combinação quase permanente e combinação frequente de ações.

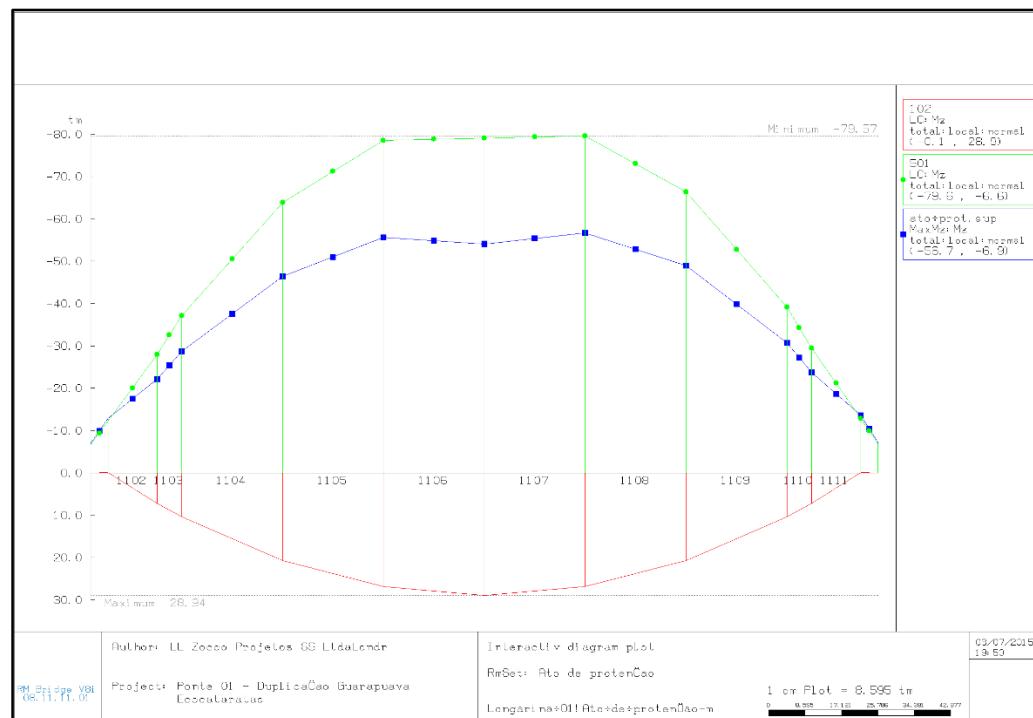


Figura 21 - Momentos no ato da protensão

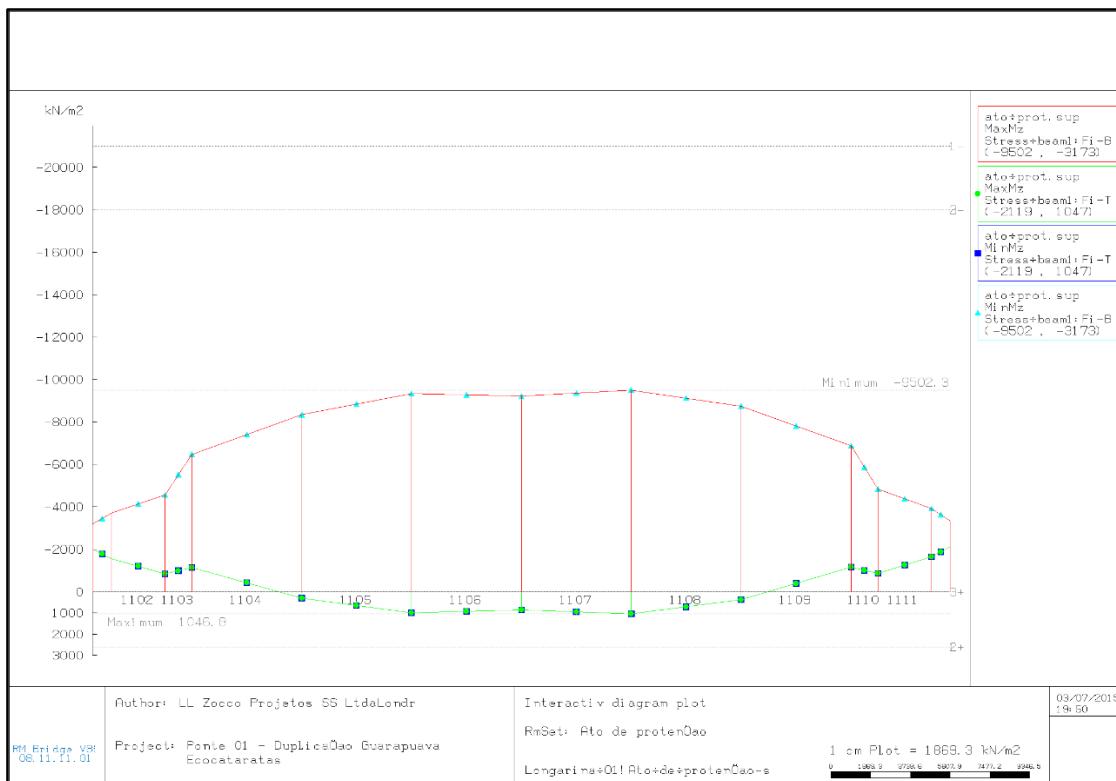


Figura 22 - Tensões no ato da protensão

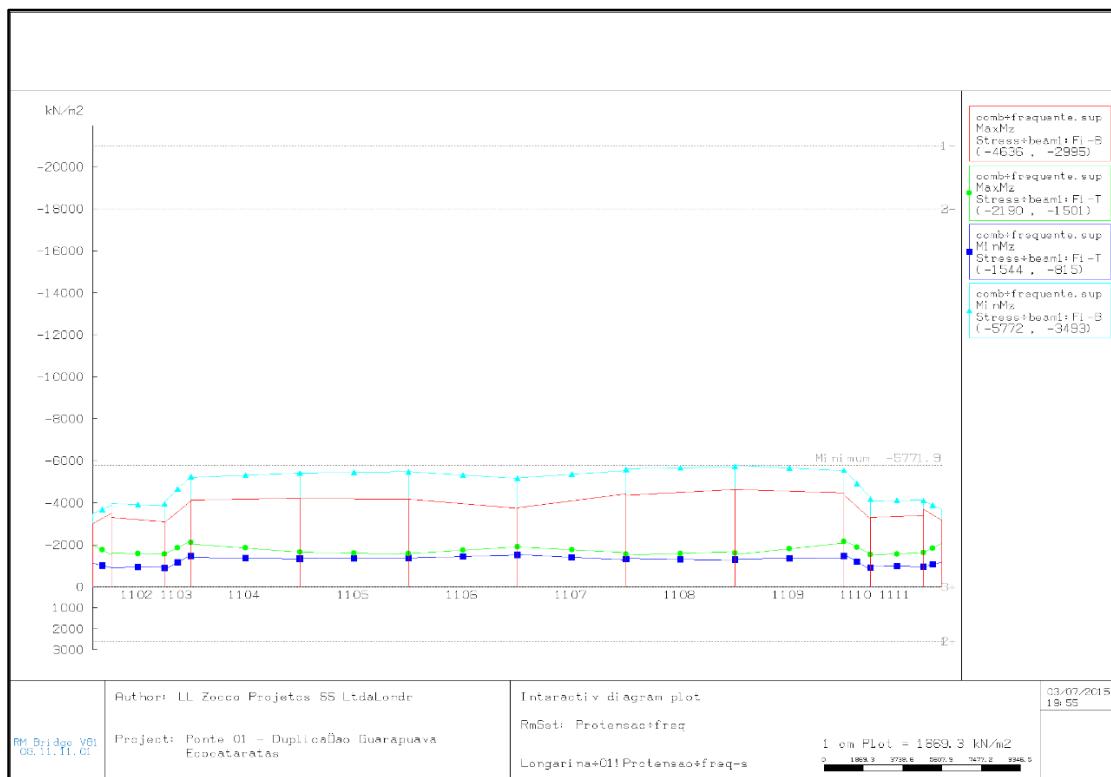
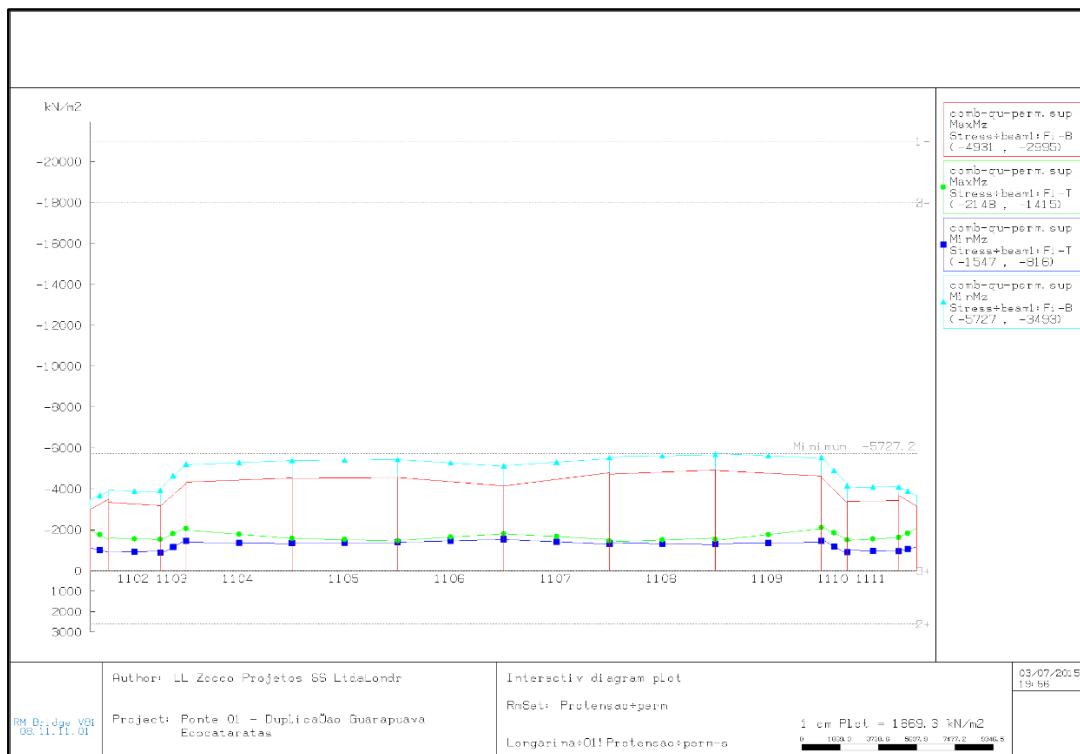


Figura 23 - Tensões combinação frequente


Figura 24 - Tensões combinação frequente

2.9 Verificação do Deslocamento

2.9.1 Relatório de deslocamento mínimo das longarinas - ELS

```

Prog.:RMV8I REV. 08.11.11.01 Date :03/07/2015 20:08 Page :
1
Auth.: ** BENTLEY Systems Austria ***
LL Zocco Projetos SS LtdaLondr

Ponte 01 - Duplicação Guarapuava
Ecocataratas

```

```

S U P E R P O S I T I O N FILE: w1_SLS.sup - Combination: MinVy
Units : Length(m), Force(t), Moment(tm)
Element group : Long_03_comp

RESULTS : Elem Displacement - global [ FACTOR: 100.000 ]

      ELEM   NODE ZP          VX          VY          VZ      PHI-X      PHI-Y
      PHI-Z

      3301   3101  1   0.01391  -0.09618  -0.24794   0.15943   0.01176  -
0.27609
      3301   3102  2   0.01007  -0.00154  -0.24410   0.15950   0.01226  -
0.26470
      3302   3102  1   0.01007  -0.00154  -0.24410   0.15950   0.01226  -
0.26470
      3302   3103  2   0.12651  -0.07637   0.03179  -0.03127   0.00140

```

0.07577

3303	3103	1	0.12651	-0.07637	0.03179	-0.03127	0.00140
0.07577							
3303	3104	2	0.13155	-0.11351	0.03460	-0.01851	0.00210
0.07370							
3304	3104	1	0.13155	-0.11351	0.03460	-0.01851	0.00210
0.07370							
3304	3105	2	0.13128	-0.25008	0.03772	0.00950	0.00059
0.05819							
3305	3105	1	0.13128	-0.25008	0.03772	0.00950	0.00059
0.05819							
3305	3106	2	0.13144	-0.34442	0.03850	0.04213	-0.00076
0.03266							
3306	3106	1	0.13144	-0.34442	0.03850	0.04213	-0.00076
0.03266							
3306	3107	2	0.13101	-0.37918	0.03487	0.06796	-0.00273
0.00091							
3307	3107	1	0.13101	-0.37918	0.03487	0.06796	-0.00273
0.00091							
3307	3108	2	-0.10043	-0.34817	0.02564	0.08053	-0.00477
0.03101							
3308	3108	1	-0.10043	-0.34817	0.02564	0.08053	-0.00477
0.03101							
3308	3109	2	-0.10127	-0.25543	0.01245	0.07904	-0.00625
0.05804							
3309	3109	1	-0.10127	-0.25543	0.01245	0.07904	-0.00625
0.05804							
3309	3110	2	-0.10216	-0.11692	-0.00403	0.06884	-0.00773
0.07501							
3310	3110	1	-0.10216	-0.11692	-0.00403	0.06884	-0.00773
0.07501							
3310	3111	2	-0.09914	-0.07876	-0.00430	0.05927	-0.00756
0.07706							
3311	3111	1	-0.09914	-0.07876	-0.00430	0.05927	-0.00756
0.07706							
3311	3112	2	-0.10021	-0.00060	-0.01152	0.04714	-0.00742
0.07808							
3312	3112	1	-0.10021	-0.00060	-0.01152	0.04714	-0.00742
0.07808							
3312	3113	2	0.04132	-0.09460	-0.03034	-0.16042	0.01758
0.28011							

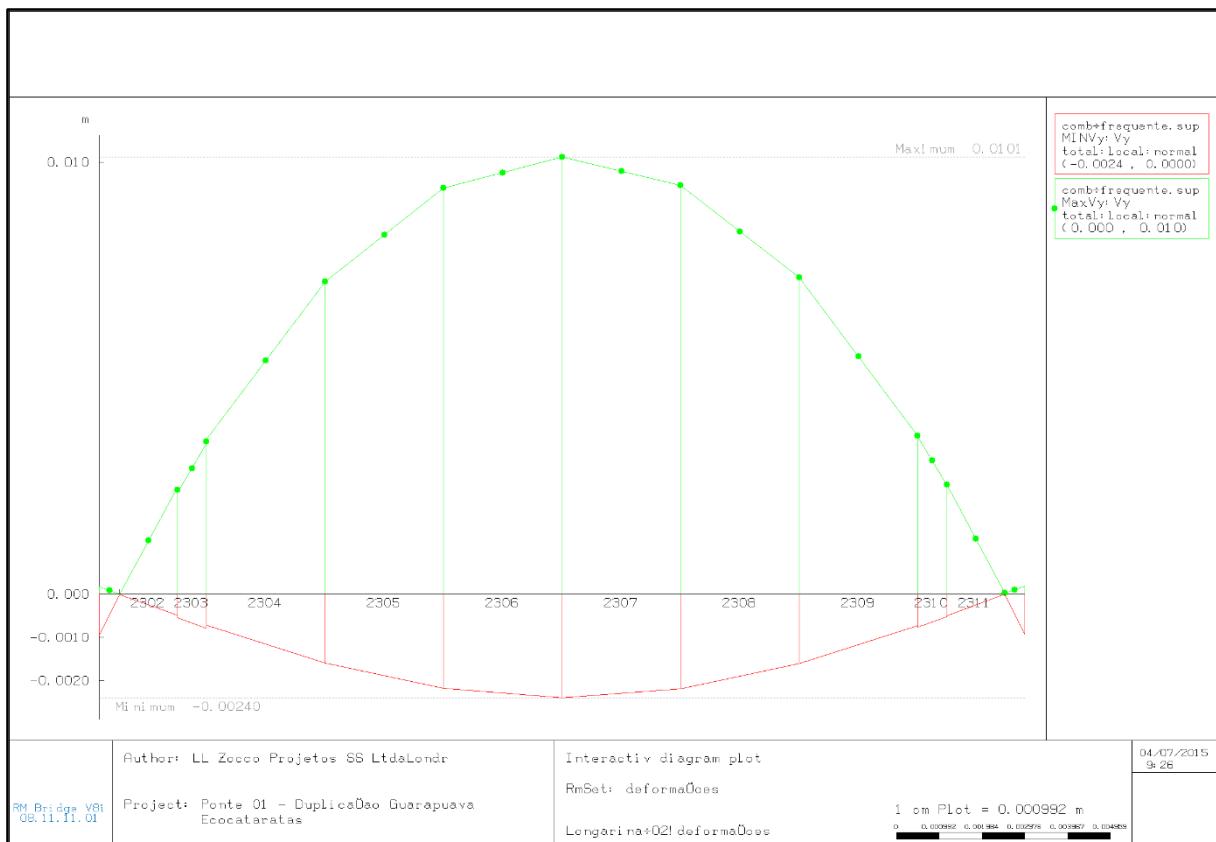


Figura 25 - Verificação deslocamento

2.9.2 Relatório de deslocamento das longarinas – Combinação Quase Permanente

Prog.:RMV8I REV. 08.11.11.01 Date :04/07/2015 11:15 Page :
1

Auth.: ** BENTLEY Systems Austria **
LL Zocco Projetos SS LtdaLondr

Ponte 01 - Duplicação Guarapuava
Ecocataratas

S U P E R P O S I T I O N FILE: comb-qu-perm.sup - Combination: MaxVy

Units : Length(m), Force(t), Moment(tm)
Element group : Long_03_comp

RESULTS : Elem Displacement - local [FACTOR: 100.000]

ELEM	NODE	ZP	VX	VY	VZ	PHI-X	PHI-Y
PHI-Z							
3301	3101	1	0.05301	0.01470	0.01698	-0.02543	0.00007
0.04253							
3301	3102	2	0.05285	-0.00019	0.01688	-0.02532	0.00002
0.04236							

3302 0.04236	3102	1	0.05285	-0.00019	0.01688	-0.02532	0.00002	
3302 0.23246	3103	2	0.06957	0.24621	-0.23300	0.13710	0.01216	-
3303 0.23195	3103	1	0.09842	0.23642	-0.23274	0.13844	-0.00387	-
3303 0.21483	3104	2	0.09312	0.34895	-0.23446	0.12360	-0.00305	-
3304 0.21529	3104	1	0.05130	0.35738	-0.23465	0.12232	0.01126	-
3304 0.14206	3105	2	0.02778	0.72320	-0.20964	0.07444	0.01209	-
3305 0.14206	3105	1	0.02778	0.72320	-0.20964	0.07444	0.01209	-
3305 0.07044	3106	2	0.00449	0.94062	-0.18303	0.02682	0.01310	-
3306 0.07044	3106	1	0.00449	0.94062	-0.18303	0.02682	0.01310	-
3306 0.00172	3107	2	-0.01877	1.01384	-0.15438	-0.01667	0.01428	-
3307 0.00172	3107	1	-0.01877	1.01384	-0.15438	-0.01667	0.01428	-
3307 0.06748	3108	2	0.05017	0.94697	-0.12332	-0.05771	0.01555	
3308 0.06748	3108	1	0.05017	0.94697	-0.12332	-0.05771	0.01555	
3308 0.14135	3109	2	0.02660	0.73365	-0.09016	-0.09877	0.01693	
3309 0.14135	3109	1	0.02660	0.73365	-0.09016	-0.09877	0.01693	
3309 0.21772	3110	2	0.00261	0.36607	-0.05507	-0.14236	0.01819	
3310 0.21825	3110	1	-0.03998	0.36389	-0.05507	-0.14270	0.00168	
3310 0.23594	3111	2	-0.04538	0.24966	-0.05429	-0.14465	0.00154	
3311 0.23540	3111	1	-0.01598	0.25323	-0.05435	-0.14438	0.01828	
3311 0.26793	3112	2	-0.02509	0.00160	-0.03825	-0.15990	0.01781	
3312 0.26793	3112	1	-0.02509	0.00160	-0.03825	-0.15990	0.01781	
3312 0.04310	3113	2	-0.03607	0.01499	-0.00883	0.02590	-0.00366	-

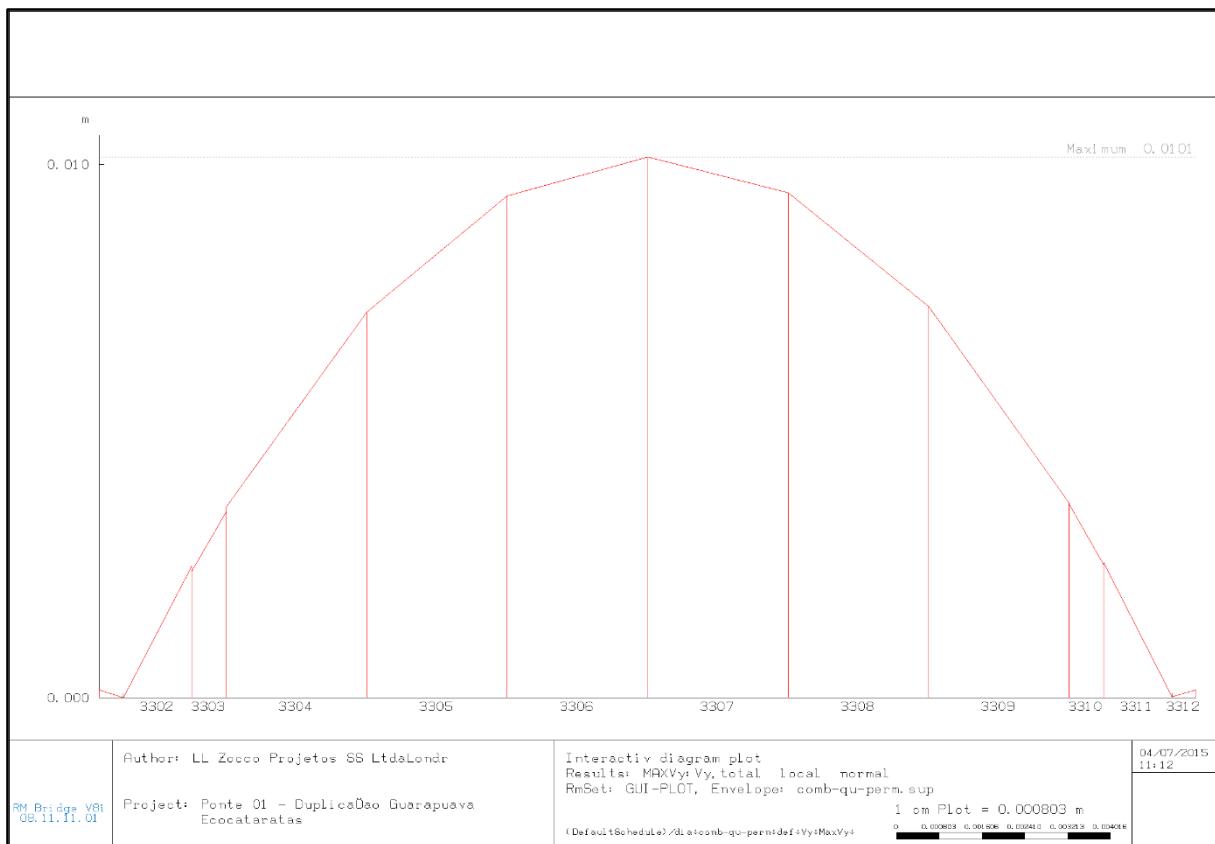


Figura 26 - Deslocamento combinação quase permanente

2.9.3 Relatório de deslocamento das longarinas – Combinação Frequente de ações

Prog.:RMV8I REV. 08.11.11.01 Date :04/07/2015 11:23 Page :

1
Auth.: ** BENTLEY Systems Austria **
LL Zocco Projetos SS LtdaLondr

Ponte 01 - Duplicação Guarapuava
Ecocataratas

S U P E R P O S I T I O N FILE: comb_frequente.sup - Combination: MaxVY

Units : Length(m), Force(t), Moment(tm)
Element group : Long_03_comp

RESULTS : Elem Displacement - local [FACTOR: 100.000]

ELEM	NODE	ZP	VX	VY	VZ	PHI-X	PHI-Y
3301	3101	1	0.05565	0.02278	0.02537	-0.03912	0.00100
			0.06542				

3301 0.06506	3102	2	0.05533	-0.00011	0.02547	-0.03890	0.00090	
3302 0.06506	3102	1	0.05533	-0.00011	0.02547	-0.03890	0.00090	
3302 0.23257	3103	2	0.02348	0.24664	-0.23302	0.13716	0.01215	-
3303 0.23206	3103	1	0.05268	0.24217	-0.23294	0.13851	-0.00389	-
3303 0.21491	3104	2	0.04738	0.35475	-0.23467	0.12365	-0.00306	-
3304 0.21537	3104	1	0.00519	0.35786	-0.23468	0.12238	0.01125	-
3304 0.14205	3105	2	-0.01834	0.72374	-0.20969	0.07443	0.01208	-
3305 0.14205	3105	1	-0.01834	0.72374	-0.20969	0.07443	0.01208	-
3305 0.07047	3106	2	0.00474	0.94089	-0.18290	0.02672	0.01303	-
3306 0.07047	3106	1	0.00474	0.94089	-0.18290	0.02672	0.01303	-
3306 0.00172	3107	2	-0.01852	1.01414	-0.15440	-0.01679	0.01421	-
3307 0.00172	3107	1	-0.01852	1.01414	-0.15440	-0.01679	0.01421	-
3307 0.06750	3108	2	0.05043	0.94724	-0.12347	-0.05785	0.01549	
3308 0.06750	3108	1	0.05043	0.94724	-0.12347	-0.05785	0.01549	
3308 0.14134	3109	2	0.07272	0.73359	-0.09006	-0.09877	0.01694	
3309 0.14134	3109	1	0.07272	0.73359	-0.09006	-0.09877	0.01694	
3309 0.21780	3110	2	0.04871	0.36595	-0.05496	-0.14241	0.01819	
3310 0.21833	3110	1	0.00583	0.36910	-0.05514	-0.14275	0.00168	
3310 0.23604	3111	2	0.00042	0.25482	-0.05435	-0.14472	0.00154	
3311 0.23551	3111	1	0.03011	0.25306	-0.05424	-0.14444	0.01828	
3311 0.26809	3112	2	0.02099	0.00130	-0.03813	-0.16000	0.01782	
3312 0.26809	3112	1	0.02099	0.00130	-0.03813	-0.16000	0.01782	
3312 0.06669	3113	2	-0.03233	0.02304	-0.01287	0.04017	-0.00644	-

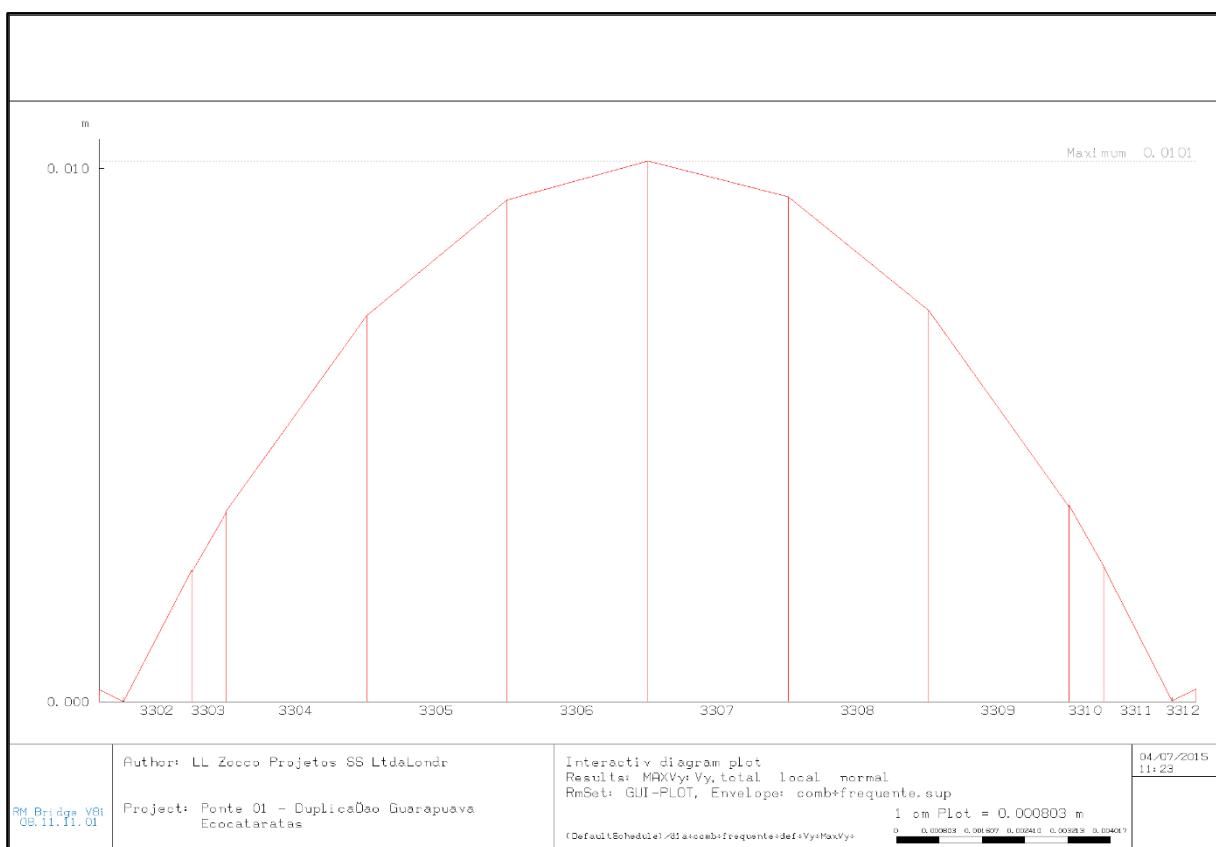


Figura 27 – Deslocamento combinação frequente de ações

2.10 Dimensionamento da Armadura Passiva – Longarinas

O software RM-Bridge faz o cálculo dos esforços atuantes nas longarinas com base nos carregamentos e utiliza destes esforços para fornecer as áreas de armadura.

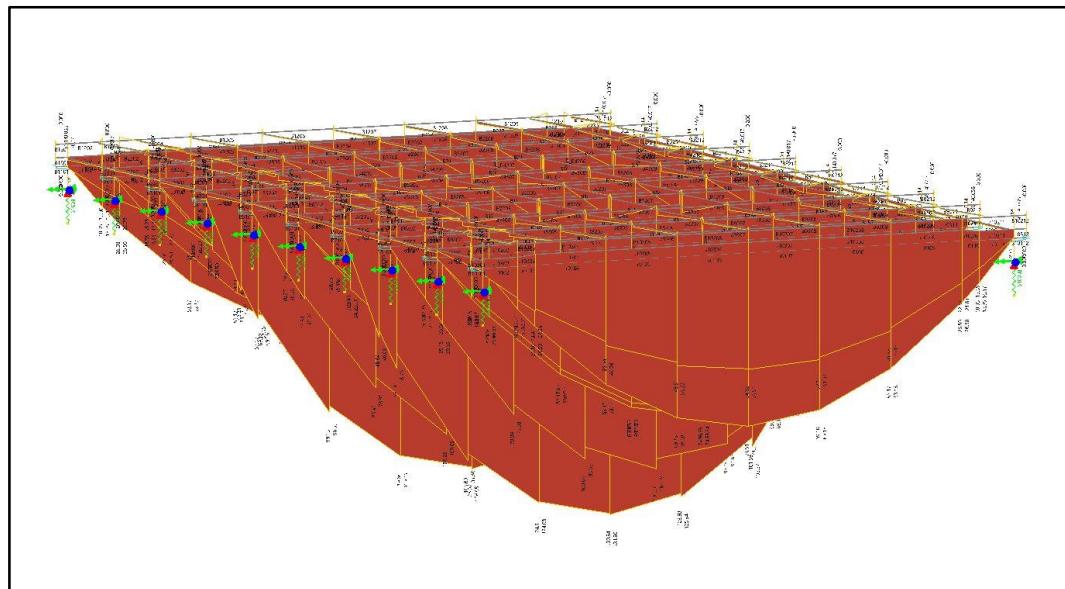


Figura 28 - Visão geral dos momentos fletores das longarinas

2.10.1 Diagrama de Momento fletor

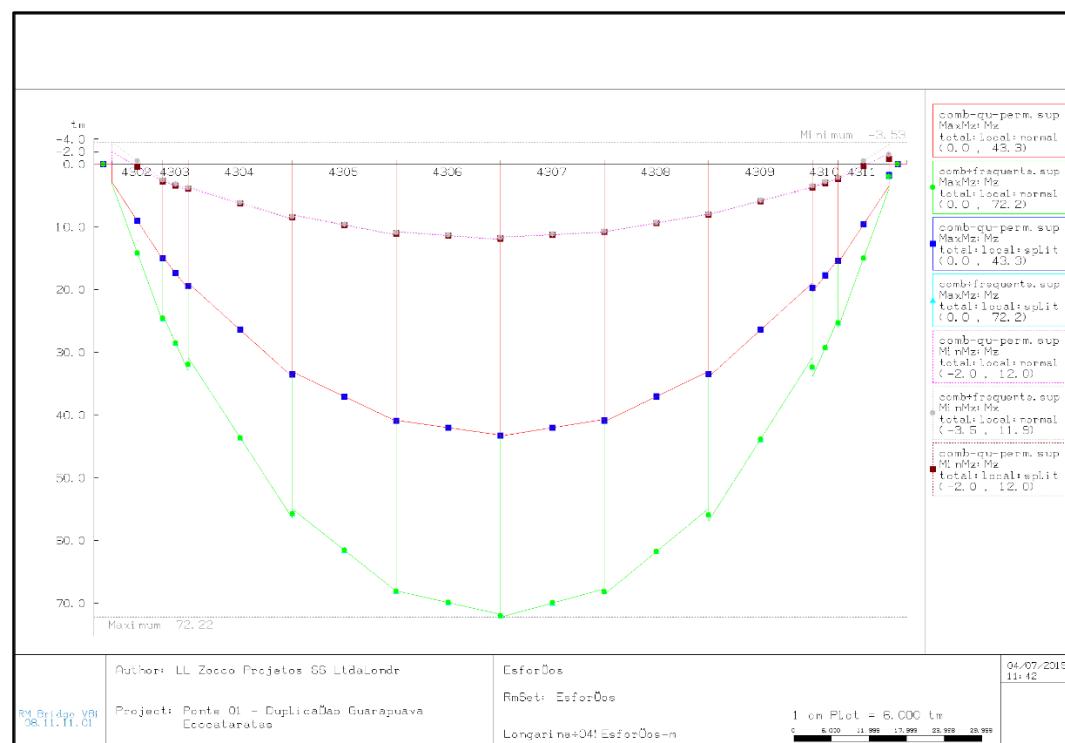


Figura 29 - Gráfico de momento fletor

2.10.2 Diagrama de esforço cortante

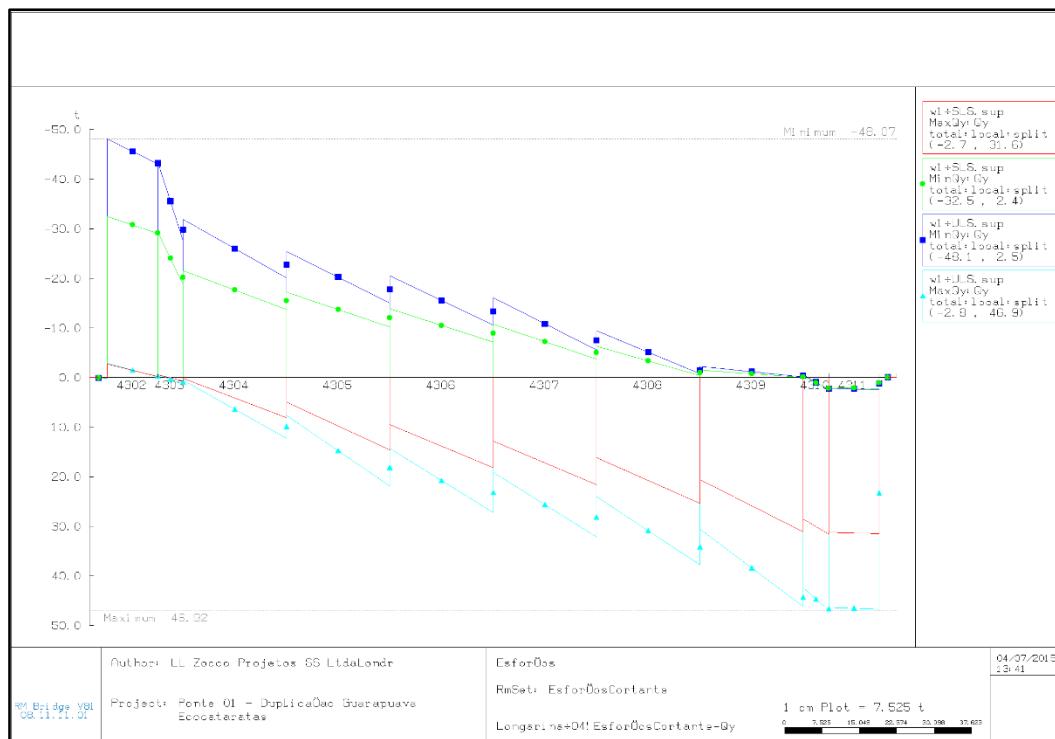


Figura 30 - Esforço cortante

2.10.3 Armadura passiva

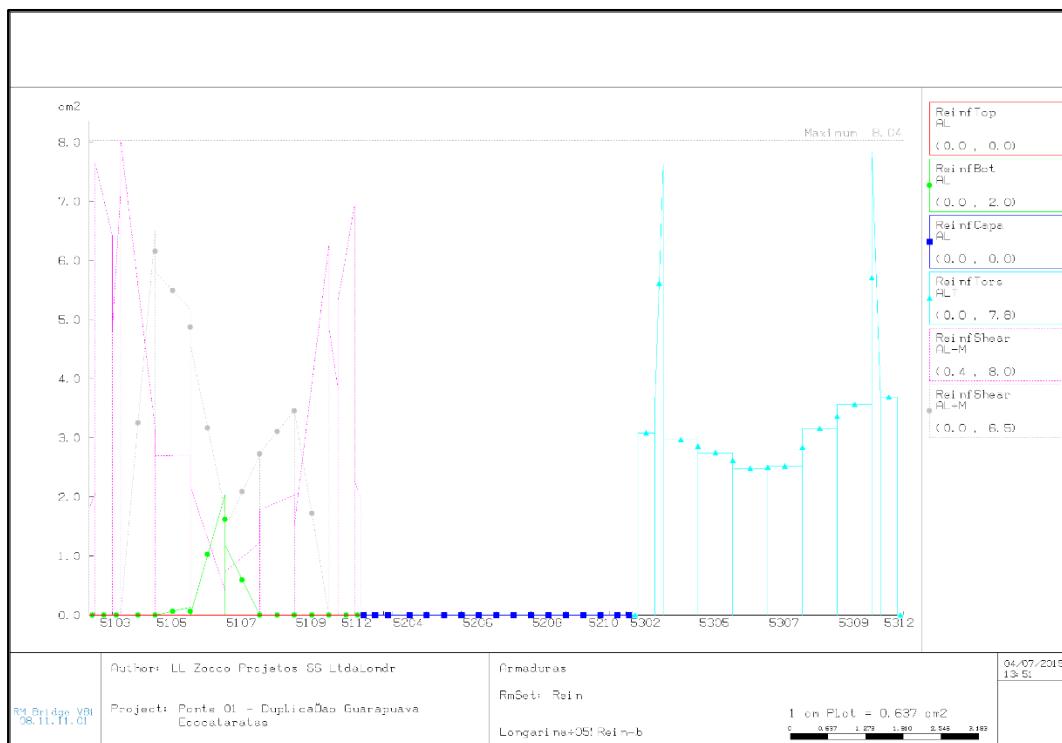


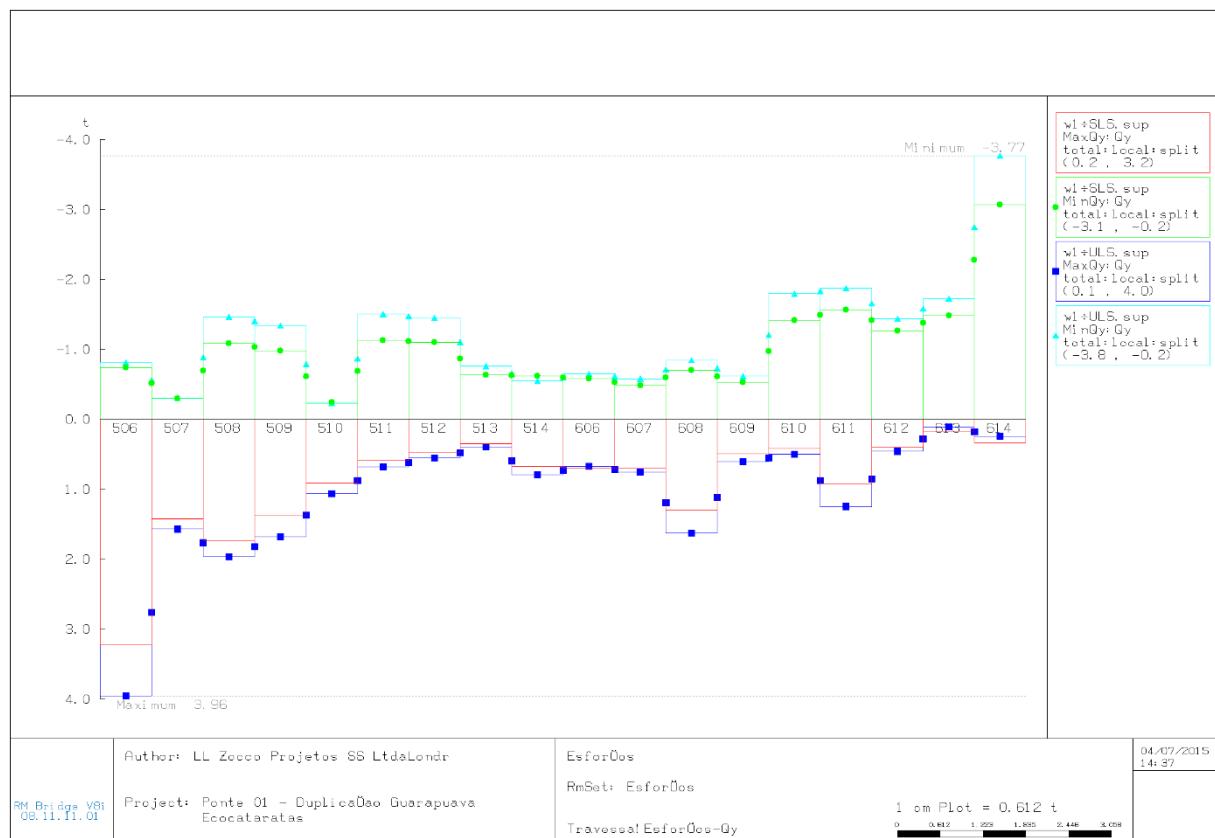
Figura 31 - Armadura passiva

Com base nas informações obtidas pelo software RM-Bridge, foram utilizadas:
Longarinas (vão = 16,70m):

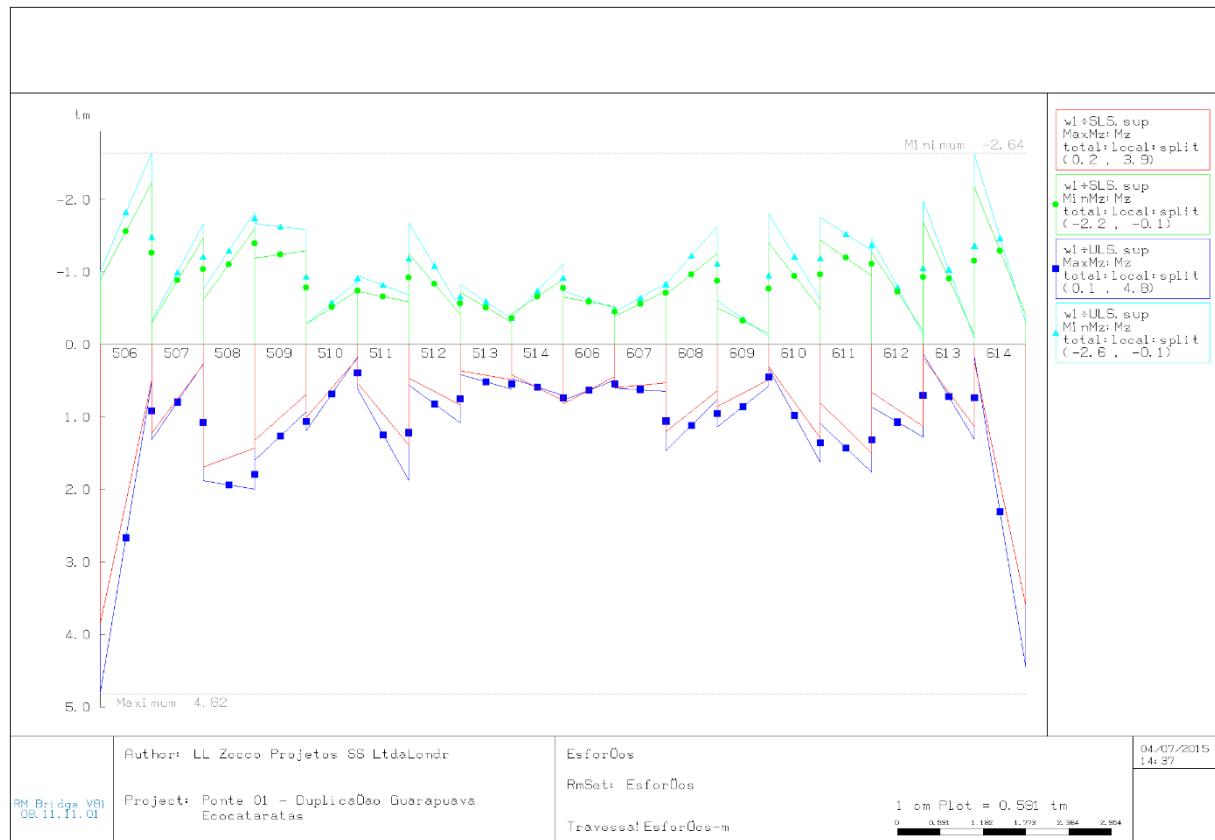
- **Armadura positiva:**
5 ø 16mm (As=10,06m²)
- **Armadura negativa:**
6 ø 8,0mm (As=3,00cm²)
- **Armadura lateral:**
2x8 ø 8,0mm (As=2x4,024cm²)
- **Estríbos:**
4 Ramos ø 8mm c/15cm (As=13,40cm²/m)

2.11 Dimensionamento das Travessas

2.11.1 Diagrama de esforço cortante



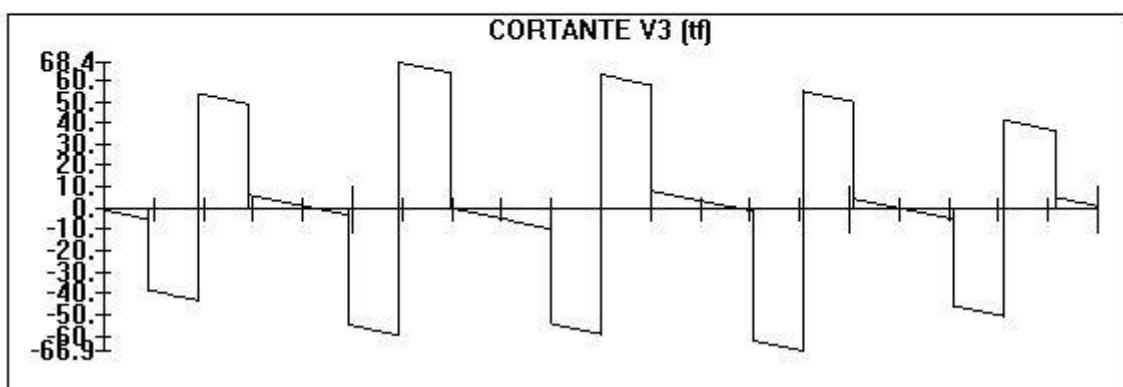
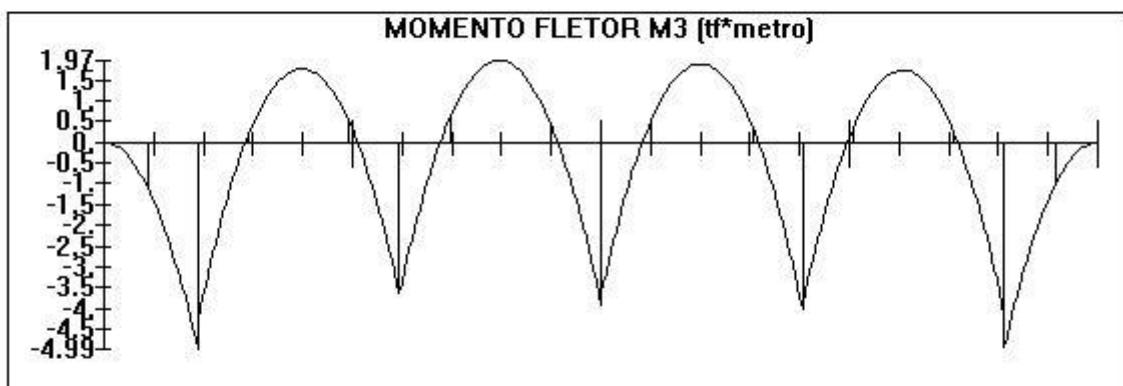
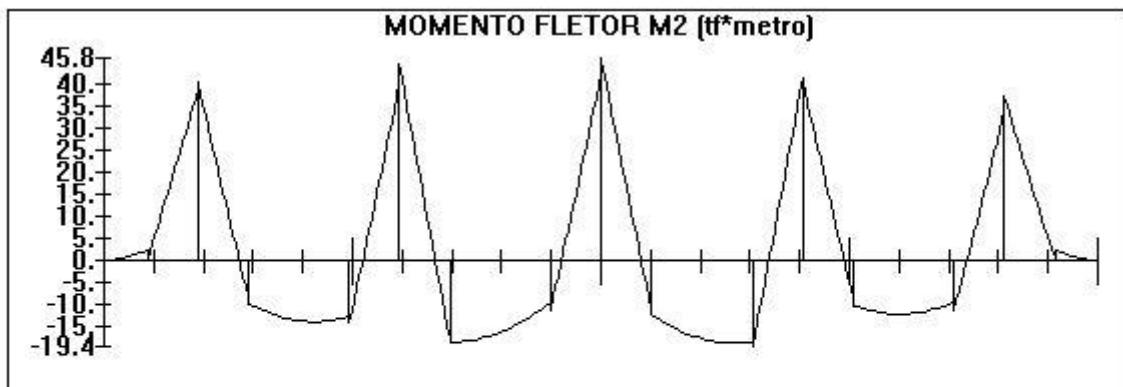
2.11.2 Diagrama de momento fletor

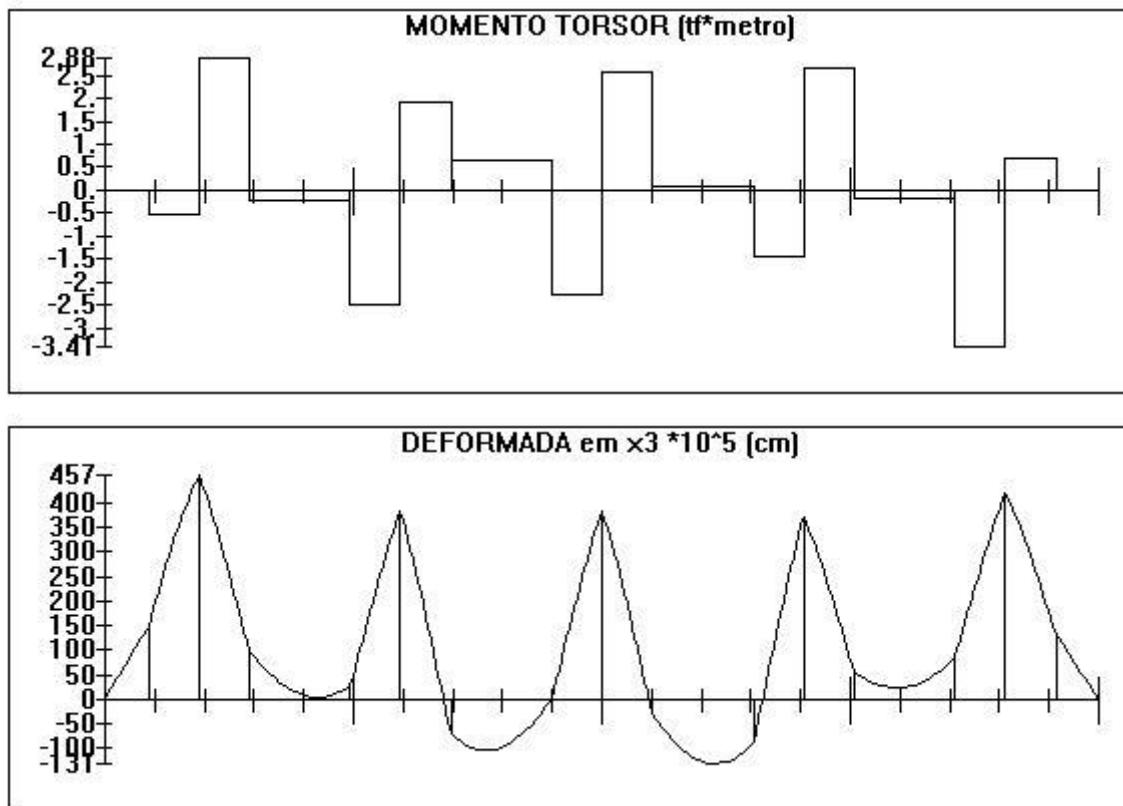


Com base nas informações obtidas pelo software RM-Bridge, foram utilizadas:

- **Armadura positiva: 6 ø 20mm (As=18,84cm²)**
- **Armadura negativa: 6 ø 20mm (As=18,84cm²)**
- **Armadura lateral: 6 ø 12,5mm (As=11,07cm²)**
- **Estríbos: 2 ramos ø 12,5mm c/ 10cm (As=16,36cm²/m)**

2.12 Dimensionamento das Transversinas de apoio





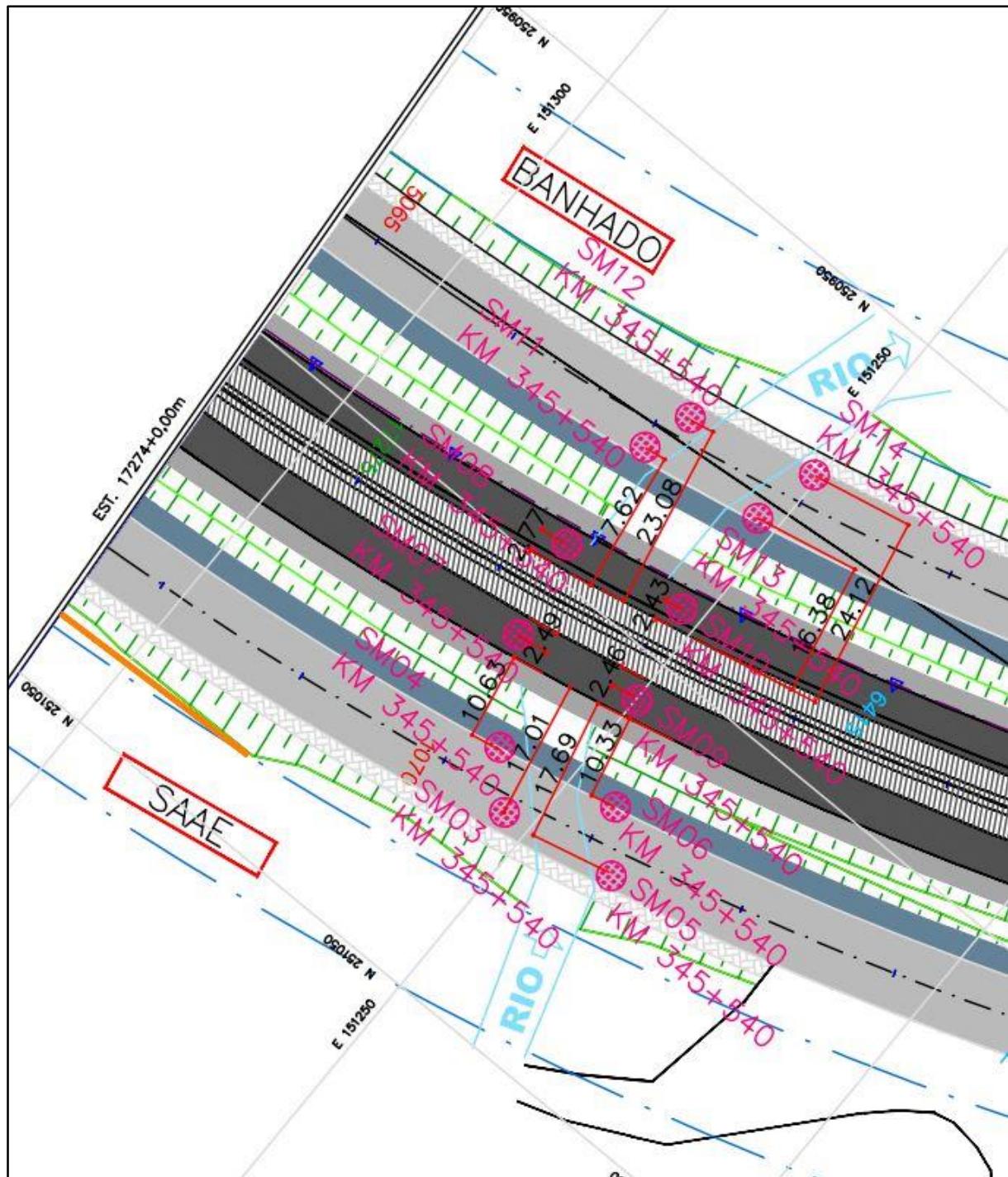
Com base nas informações obtidas pelo software STRAP 2010, foram utilizadas:

- **Armadura positiva: 12 ø 20mm (As=37,68cm²)**
- **Armadura negativa: 12 ø 20mm (As=38,68cm²)**
- **Armadura lateral: 8 ø 12,5mm (As=10,00cm²)**
- **Estríbos: 2 ramos ø 12,5mm c/ 12,5cm (As=19,63cm²/m)**

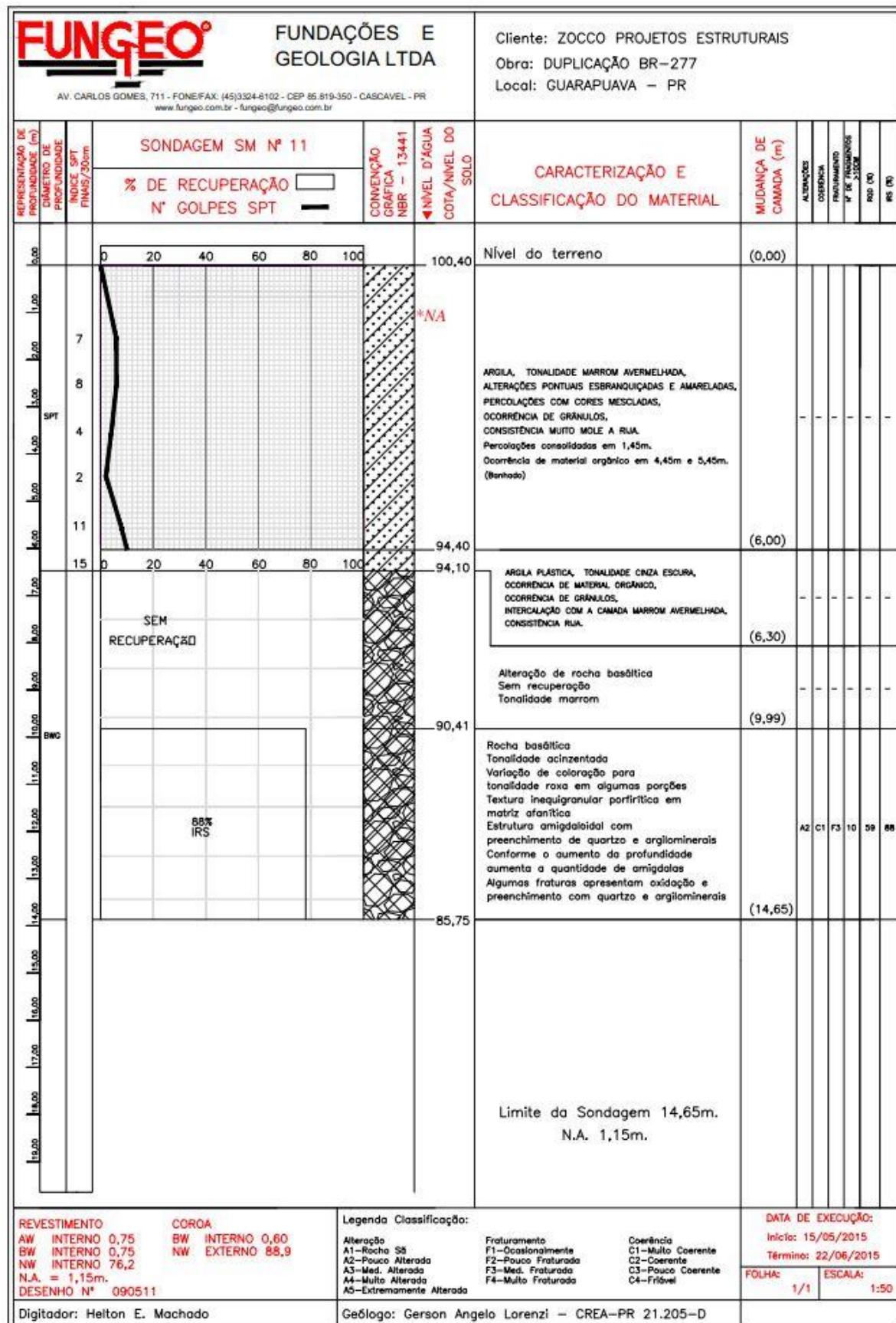
2.13 Dimensionamento do Neoprene

Aparelhos de apoio de elastômero fretado					NEOPREX - EN 1337		
Cliente:	Ecocataratas				Versão 0.0	Atualizada em:	#####
Obra:	Duplicação BR277 - Guarapuava				espessura da chapa externa	3	mm
Local:	Guarapuava - PR				espessura da chapa interna	3	mm
Data:	26/05/2015				cobertura vertical	3,5	mm
Carga permanente	20000	kgf	largura do aparelho: # eixo long. obra:		25	cm	
Carga acidental	49000	kgf	comprimento do aparelho:		25	cm	
Fator majoração cargas vivas	1,5		espessura camada de elastômero: t ₁		1	cm	
Rotação long. permanente	0,00E+00	rad	altura total elastômero = n.t ₁		2	cm	
Rotação long. acidental	1,30E-03	rad	G	10	kgf/cm ²		
Horizontal long. permanente	0	kgf	f _{yk}	2500	kgf/cm ²		
Horizontal long. acidental	2000	kgf	átrito: concreto (6) ou demais (2)	6	fator		
Deslocamento long. permanente	0	cm					
Deslocamento long. acidental	0	cm					
Deslocamento total permanente				0,00	cm	Fator de forma t ₁	6,05
Deslocamento total acidental				0,43	cm	Fator de forma cobertura	12,35
Tensão normal considerando área total do aparelho				110	kgf/cm ²	Total	36,0 mm
Tensão normal com área reduzida				120,0	kgf/cm ²	$\sigma_{m4,adm}$ em área reduzida	125 kgf/cm ²
Tensão normal permanente com área reduzida				34,2	kgf/cm ²	$\sigma_{m1,adm}$ em área reduzida	30 kgf/cm ²
T _{mín} - deslizamento - cargas permanentes				0,00	cm	Volume Unitário	2,250 dm ³
T _{mín} - deslizamento - cargas totais				0,52	cm	Volume Total para Compra	69.750 dm ³
T _{mín} - limitação deslocamento horizontal				0,62	cm		
T _{máx} para estabilidade				8,14	cm	VERIFICAÇÃO PELO UIC-CODE	
Soma das deflexões das camadas internas				0,2869	cm	Soma deflexões cam. internas	0,1183 cm
Soma das deflexões das camadas de cobertura				0,0149	cm	Soma deflexões cam. cobrim.	0,0115 cm
Deflexão total				0,3018	cm	Deflexão total	0,1298 cm
Rotação admissível pela análise da estabilidade				3,74E-02	rad	Rot. adm. por estabilidade (K=1)	3,11E-02 rad
Rotação admissível sem considerar camadas cobertura				3,56E-02	rad	Idem, sem cam. cobrimento (K=1)	2,84E-02 rad
Rotação adicional permanente pelo limite deformação 5				3,58E-03	rad	Rot. adm. permanente	9,26E-03 rad
Deformação de cisalhamento por esforços normais				4,03			
Deformação de cisalhamento por esforços horizontais				0,16			
Deformação de cisalhamento devida às rotações				0,29			
Deformações totais por cisalhamento no elastômero				4,48			
Deformações totais por cisalhamento no cobrimento				2,55			
Espessura mínima para a chapa interna de aço				1,25	mm		

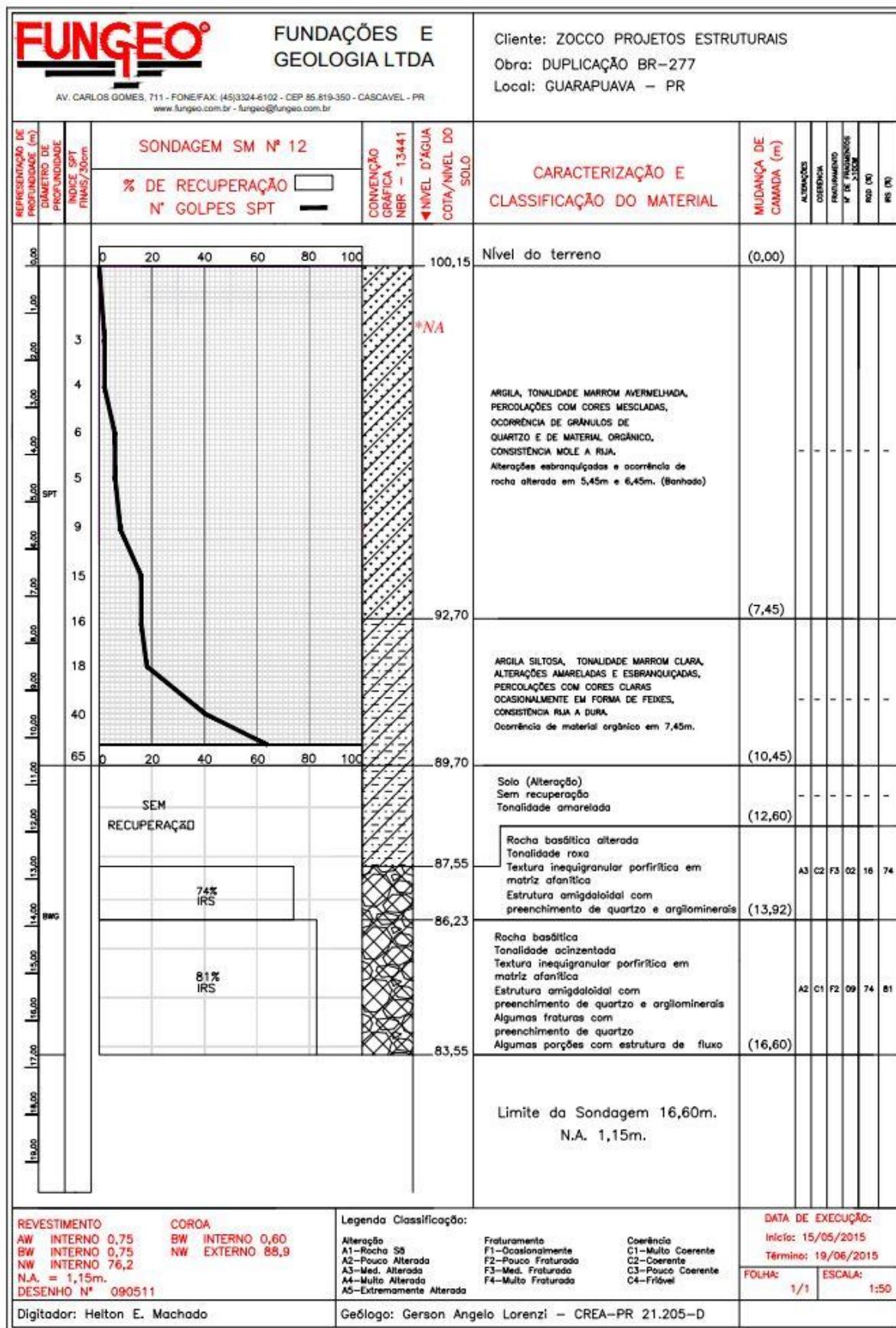
2.14 Dimensionamento das Estacas



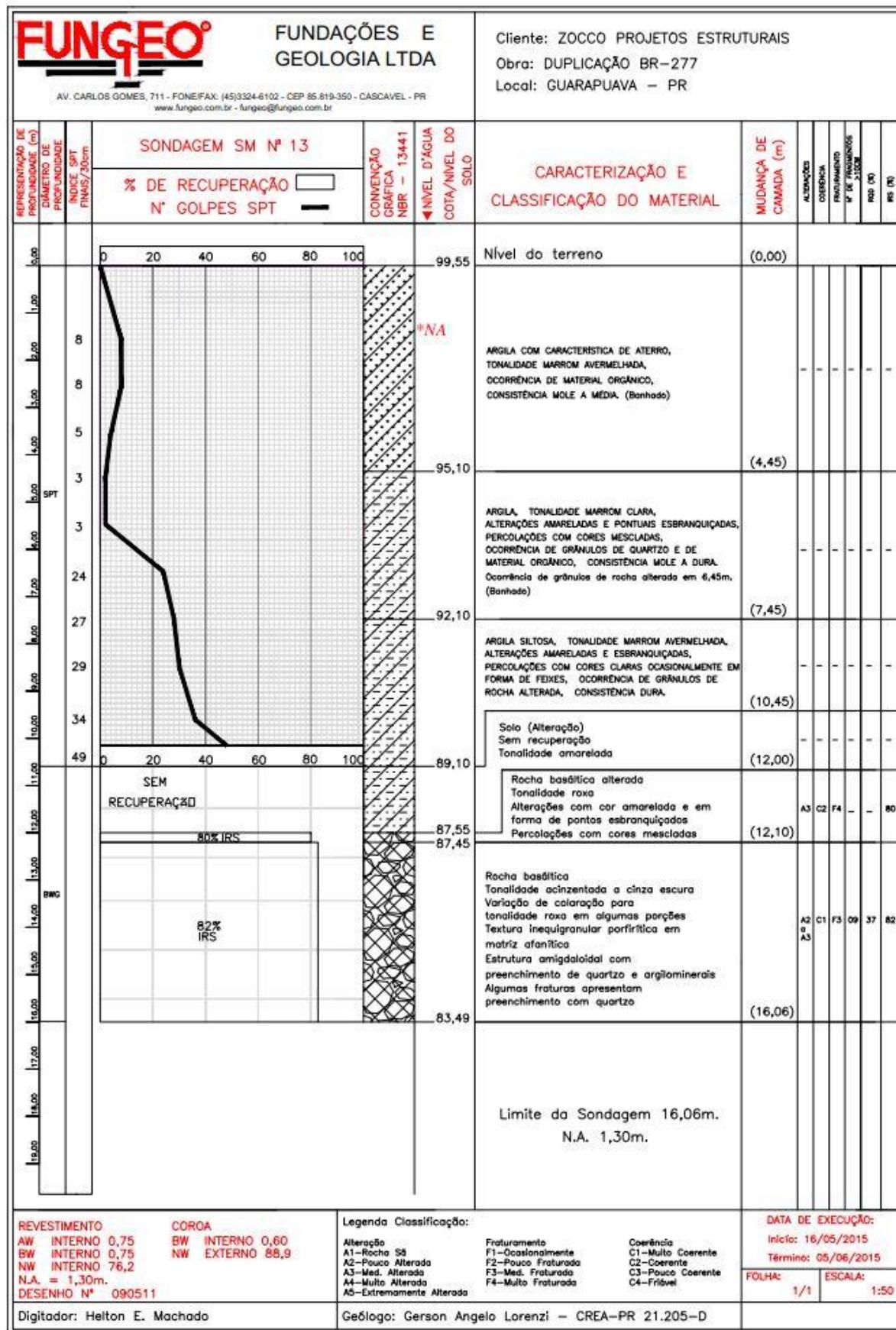
2.14.1 Ensaio – SM 11



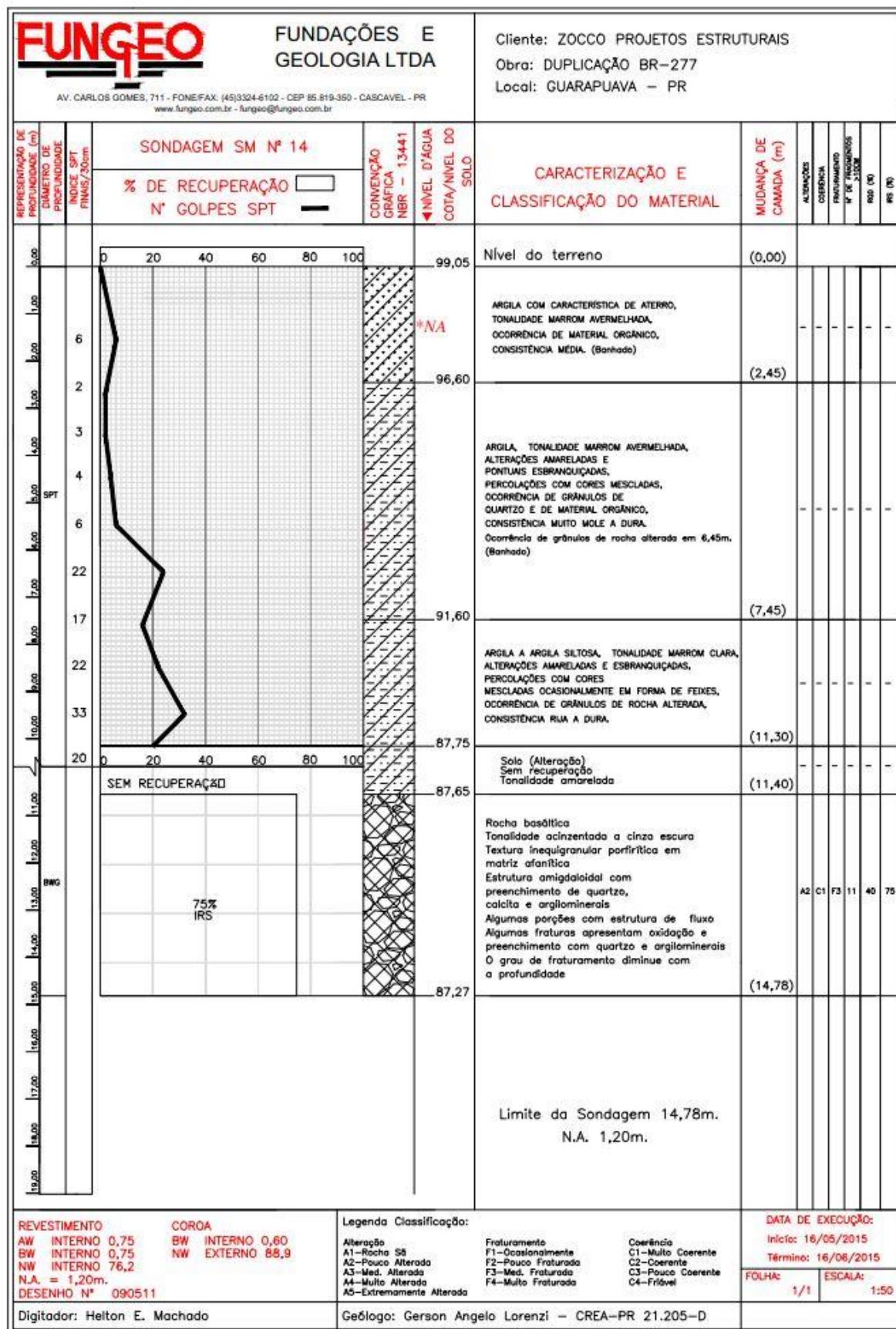
2.14.2 Ensaio – SM 12



2.14.3 Ensaio – SM 13



2.14.4 Ensaio – SM 14



2.14.5 Dimensionamento da profundidade das estacas

Para o dimensionamento foi considerado a cravação da estaca em rocha, dessa maneira pode ser considerado a resistência de ponta da estaca.

A planilha apresenta a resistência para a profundidade de 2,00 m de cravação da estaca em rocha.

SM 11

PREVISÃO DE CAPACIDADE DE CARGA DE ESTACA - MÉTODO DECOURT E QUARESMA (1978)											
Tipo de Estaca:		Raiz			Diâmetro (cm):		31	Área de Ponta (cm²):	754,8	Área Lateral (cm²/m):	9.738,9
Cota (m)	SPT (Golpes)	Tipo de solo	α	β	C (tf/m²)	Ref. Solo	Ponta	Atrito		Capacidade de carga para cada método	Capacidade de Carga
							Parcela de ponta (tf)	Parcela por atrito (tf)	Somatório da parcela por atrito (tf)		
1	7	Argila	0,85	1,50	12,0	2,0	-	-	-	-	-
2	8	Argila	0,85	1,50	12,0	2,0	4,88	5,36	5,36	5,34	5,12
3	4	Argila	0,85	1,50	12,0	2,0	3,59	3,41	8,77	7,64	6,18
4	2	Argila	0,85	1,50	12,0	2,0	4,36	2,92	11,69	10,08	8,02
5	11	Argila	0,85	1,50	12,0	2,0	7,19	6,82	18,50	16,03	12,84
6	15	Argila	0,85	1,50	12,0	2,0	6,67	8,77	27,27	22,64	16,97
										9,54	16,97

Determinação da resistencia em estacas ancorada na rocha								
Fck (MPa)	Perfil	Estaca (ϕ cm)	qu (MPa)	σ_a (KPa)	qs (KPa)	Carga admissivel (atrito lateral) tf	Carga Admissivel (Ponta) tf	Resistência total (tf)
25	1	31	3,5	100	769,09	24,97	79,25	104,22
25	2	31	3,5	100	769,09	49,93	79,25	129,18

qs-Capacidade de atrito lateral

qu-Resistencia de compressão simples da rocha

SM 12

PREVISÃO DE CAPACIDADE DE CARGA DE ESTACA - MÉTODO DECOURT E QUARESMA (1978)											
Tipo de Estaca:		Raiz			Diâmetro (cm):		31	Área de Ponta (cm²):	754,8	Área Lateral (cm²/m):	9.738,9
Cota (m)	SPT (Golpes)	Tipo de solo	α	β	C (tf/m²)	Ref. Solo	Ponta	Atrito		Capacidade de carga para cada método	Capacidade de Carga
							Parcela de ponta (tf)	Parcela por atrito (tf)	Somatório da parcela por atrito (tf)		
1	3	Argila	0,85	1,50	12,0	2,0	-	-	-	-	-
2	4	Argila	0,85	1,50	12,0	2,0	3,34	3,41	3,41	3,46	3,37
3	6	Argila	0,85	1,50	12,0	2,0	3,85	4,38	7,79	6,96	5,82
4	5	Argila	0,85	1,50	12,0	2,0	5,13	3,90	11,69	10,27	8,41
5	9	Argila	0,85	1,50	12,0	2,0	7,44	5,84	17,53	15,35	12,49
6	15	Argila	0,85	1,50	12,0	2,0	10,26	8,77	26,30	22,79	18,28
7	16	Argila	0,85	1,50	12,0	2,0	8,21	9,25	35,55	29,40	21,88
8	1	Argila	0,85	1,50	12,0	2,0	14,63	2,92	38,47	33,25	26,55
9	40	Argila	0,85	1,50	12,0	2,0	27,20	20,94	59,41	52,50	43,30
10	65	Argila	0,85	1,50	12,0	2,0	26,95	25,81	85,22	72,29	56,08
										29,83	56,08

Determinação da resistencia em estacas ancorada na rocha								
Fck (MPa)	Perfil	Estaca (ϕ cm)	qu (MPa)	σ_a (KPa)	qs (KPa)	Carga admissivel (atrito lateral) tf	Carga Admissivel (Ponta) tf	Resistência total (tf)
25	1	31	3,5	100	769,09	24,97	79,25	104,22
25	2	31	3,5	100	769,09	49,93	79,25	129,18

qs-Capacidade de atrito lateral

qu-Resistencia de compressão simples da rocha

SM 13

PREVISÃO DE CAPACIDADE DE CARGA DE ESTACA - MÉTODO DECOURT E QUARESMA (1978)											
Tipo de Estaca:		Raiz			Diâmetro (cm):		31	Área de Ponta (cm ²):	754,8	Área Lateral (cm ² /m):	9.738,9
Cota (m)	SPT (Golpes)	Tipo de solo	α	β	C (tf/m ²)	Ref. Solo	Ponta	Atrito	Capacidade de carga para cada método	Capacidade de Carga	
							Parcela de ponta (tf)	Parcela por atrito (tf)	Somatório da parcela por atrito (tf)	Carga Comp. Adm Quaresma	Carga Comp. Adm NBR-6122
1	8	Argila	0,85	1,50	12,0	2,0	-	-	-	-	-
2	8	Argila	0,85	1,50	12,0	2,0	5,39	5,36	5,36	5,47	5,37
3	5	Argila	0,85	1,50	12,0	2,0	4,11	3,90	9,25	8,14	6,68
4	3	Argila	0,85	1,50	12,0	2,0	2,82	2,92	12,17	10,07	7,50
5	3	Argila	0,85	1,50	12,0	2,0	7,70	2,92	15,10	13,54	11,40
6	24	Argila	0,85	1,50	12,0	2,0	13,86	13,15	28,24	25,19	21,05
7	27	Argila	0,85	1,50	12,0	2,0	13,34	14,61	42,85	36,30	28,10
8	1	Argila	0,85	1,50	12,0	2,0	15,91	2,92	45,77	39,19	30,84
9	34	Argila	0,85	1,50	12,0	2,0	19,25	18,02	63,79	53,88	41,52
10	40	Argila	0,85	1,50	12,0	2,0	18,99	20,94	84,73	69,92	51,86
											29,66
											51,86

Determinação da resistencia em estacas ancorada na rocha								
Fck (MPa)	Perfil	Estaca (ϕ cm)	qu (MPa)	σ_a (KPa)	qs (KPa)	Carga admissivel (atrito lateral) tf	Carga Admissivel (Ponta) tf	Resistência total (tf)
25	1	31	3,5	100	769,09	24,97	79,25	104,22
25	2	31	3,5	100	769,09	49,93	79,25	129,18

qs-Capacidade de atrito lateral

qu-Resistencia de compressão simples da rocha

SM 14

PREVISÃO DE CAPACIDADE DE CARGA DE ESTACA - MÉTODO DECOURT E QUARESMA (1978)											
Tipo de Estaca:		Raiz			Diâmetro (cm):		31	Área de Ponta (cm ²):	754,8	Área Lateral (cm ² /m):	9.738,9
Cota (m)	SPT (Golpes)	Tipo de solo	α	β	C (tf/m ²)	Ref. Solo	Ponta	Atrito	Capacidade de carga para cada método	Capacidade de Carga	
							Parcela de ponta (tf)	Parcela por atrito (tf)	Somatório da parcela por atrito (tf)	Carga Comp. Adm Quaresma	Carga Comp. Adm NBR-6122
1	6	Argila	0,85	1,50	12,0	2,0	-	-	-	-	-
2	2	Argila	0,85	1,50	12,0	2,0	2,82	2,92	2,92	2,95	2,87
3	3	Argila	0,85	1,50	12,0	2,0	2,31	2,92	5,84	5,07	4,08
4	4	Argila	0,85	1,50	12,0	2,0	3,34	3,41	9,25	7,95	6,29
5	6	Argila	0,85	1,50	12,0	2,0	8,21	4,38	13,63	12,54	10,92
6	22	Argila	0,85	1,50	12,0	2,0	11,55	12,17	25,81	22,74	18,68
7	17	Argila	0,85	1,50	12,0	2,0	15,65	9,74	35,55	31,26	25,60
8	22	Argila	0,85	1,50	12,0	2,0	18,48	12,17	47,72	41,33	33,10
9	33	Argila	0,85	1,50	12,0	2,0	19,25	17,53	65,25	55,00	42,25
10	20	Argila	0,85	1,50	12,0	2,0	13,60	11,20	76,45	62,21	45,03
											26,76
											45,03

Determinação da resistencia em estacas ancorada na rocha								
Fck (MPa)	Perfil	Estaca (ϕ cm)	qu (MPa)	σ_a (KPa)	qs (KPa)	Carga admissivel (atrito lateral) tf	Carga Admissivel (Ponta) tf	Resistência total (tf)
25	1	31	3,5	100	769,09	24,97	79,25	104,22
25	2	31	3,5	100	769,09	49,93	79,25	129,18

qs-Capacidade de atrito lateral

qu-Resistencia de compressão simples da rocha

O Comprimento total da estaca deve ter o comprimento mínimo 2 metros ancorados em rocha sã.

2.14.6 Estudo do coeficiente de mola das estacas

O valor do coeficiente de mola para cálculo das estacas foi retirado da bibliografia do prof. Davisson, informados na tabela a seguir:

Tabela 4.4 | n_h para argilas normalmente adensadas e areias [Davisson, 1963]

Solo	n_h (kgf/cm ³)	
	acima do NA	abaixo do NA
areia fofa	0,26	0,15
areia média	0,80	0,50
areia densa	2,00	1,25
sílte orgânico fofo	-	0,01 a 0,03
argila mole sob cargas estáticas	-	0,05
argila mole sob cargas repetidas	-	0,03

$$k_h = n_h \cdot z/b$$

$$K_h = n_h \cdot z$$

Tabela 4.3 | k_h para argilas sobre-adensadas (Davisson, 1963)

Argila	q_u (kgf/cm ²)	k_h (kgf/cm ²)
mole e média	0,2 a 0,4	8
rija	1,0 a 2,0	50
muito rija	2,0 a 4,0	100
dura	4,0	200

$$K_h = k_h \cdot B, \text{ ou seja, incorporando a dimensão transv.}$$

2.14.7 Discretização da Estrutura

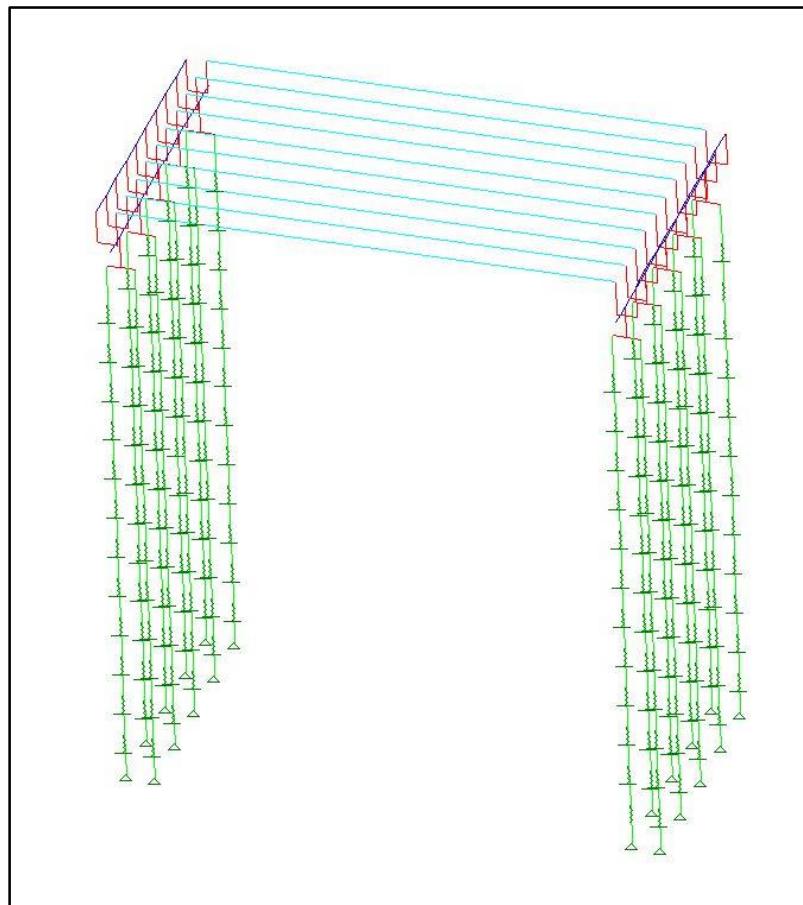


Figura 32 - Modelo analítico das estacas

2.14.8 Coeficiente de mola

TABELA DE MOLAS (unidades - tf metros)						
NÓ	S1	S2	S3	S4	S5	S6
113	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
114	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
115	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
116	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
117	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
118	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
119	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
120	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
121	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
122	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
123	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
124	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
125	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
126	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
127	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
128	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
129	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0

130	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
131	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
132	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
133	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
134	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
135	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
136	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
137	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
138	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
139	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
140	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
141	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
142	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
143	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
144	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
145	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
146	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
147	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
148	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
149	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
150	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
151	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
152	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
153	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
154	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
155	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
156	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
157	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
158	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
159	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
160	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
161	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
162	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
163	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
164	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
165	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
166	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
167	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
168	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
169	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
170	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
171	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
172	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
173	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
174	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0

175	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
176	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
177	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
178	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
179	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
180	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
181	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
182	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
183	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
184	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
185	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
186	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
187	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
188	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
189	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
190	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
191	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
192	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
193	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
194	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
195	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
196	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
197	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
198	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
199	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
200	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
201	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
202	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
203	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
204	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
205	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
206	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
207	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
208	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
209	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
210	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
211	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
212	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
213	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
214	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
215	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
216	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
217	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
218	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
219	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0

220	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
221	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
222	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
223	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
224	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
225	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
226	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
227	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
228	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
229	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
230	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
231	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
232	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
517	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
518	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
519	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
520	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
521	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
522	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
523	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
524	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
525	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
526	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
527	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
528	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
529	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
530	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
531	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
532	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
533	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
534	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
535	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
536	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
537	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
538	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
539	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
540	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
541	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
542	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
543	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
544	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
545	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
546	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
547	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
548	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0

549	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
550	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
551	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
552	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
553	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
554	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
555	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
556	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
557	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
558	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
559	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
560	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
561	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
562	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
563	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
564	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
565	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
566	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
567	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
568	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
569	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
570	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
571	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
572	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
573	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
574	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
575	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
576	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
577	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
578	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
579	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
580	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
581	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
582	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
583	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
584	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
585	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
586	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
587	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
588	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
589	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
590	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
591	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
592	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
593	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0

594	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
595	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
596	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
597	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
598	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
599	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
600	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
601	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
602	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
603	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
604	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
605	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
606	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
607	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
608	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
609	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
610	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
611	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
612	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
613	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
614	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
615	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
616	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
617	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
618	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
619	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
620	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
621	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
622	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
623	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
624	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
625	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
626	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
627	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
628	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
629	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
630	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
631	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
632	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
633	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
634	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
635	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
636	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0

2.14.9 Barra equivalente de neoprene

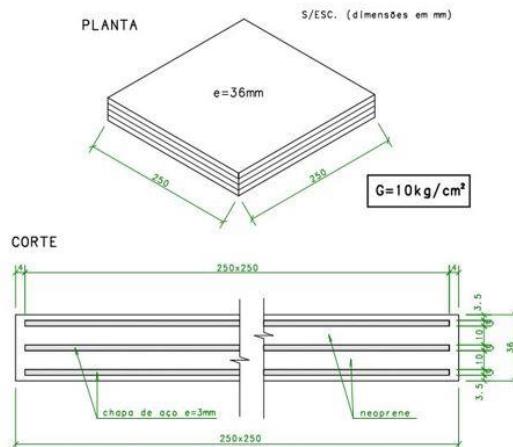
Calculo de Barra equivalente de neoprene

Neoprene							
a (cm)	b (cm)	Sc (mm)	a0 (cm)	b0 (cm)	G (kg/cm²)	hi (mm)	Numero de chapas de aço
25	25	36	24,2	24,2	10	10	3
Ec (t/m²)	Efr (t/m²)	Exemplo:					
2.700.000	29.282,00						
0,0338							

Exemplo:

**APARELHO DE APOIO DE ELASTÔMERO FRETADO
(NEOPRENE) (250x250mm) (20X)**

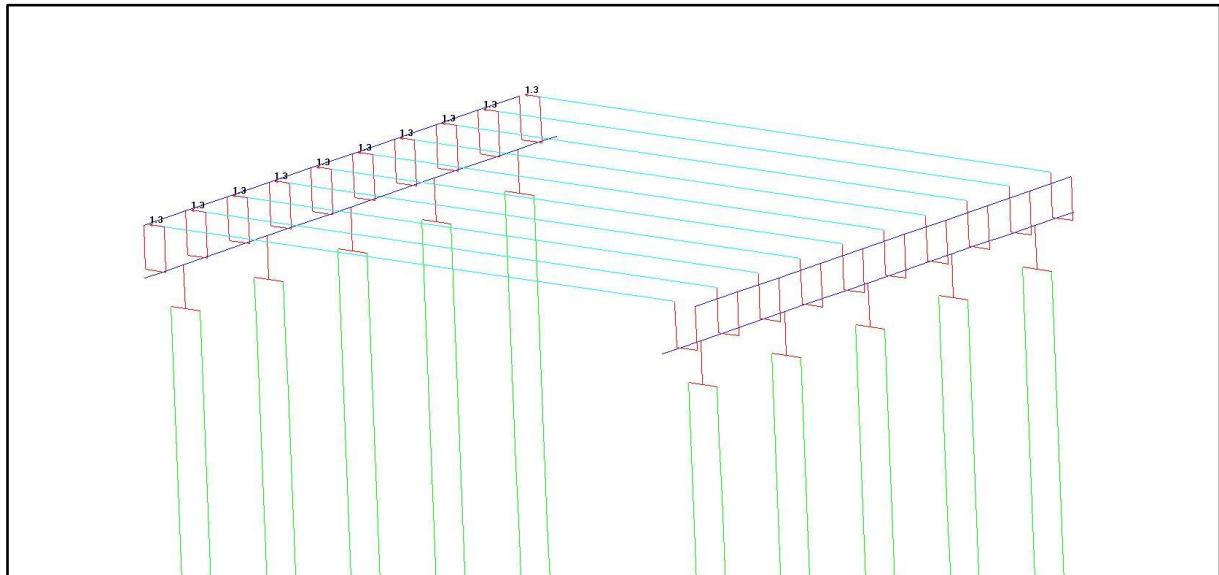
adotar uma barra de concreto com		
	lado (cm)	comprimento (cm)
	3,38	3,60



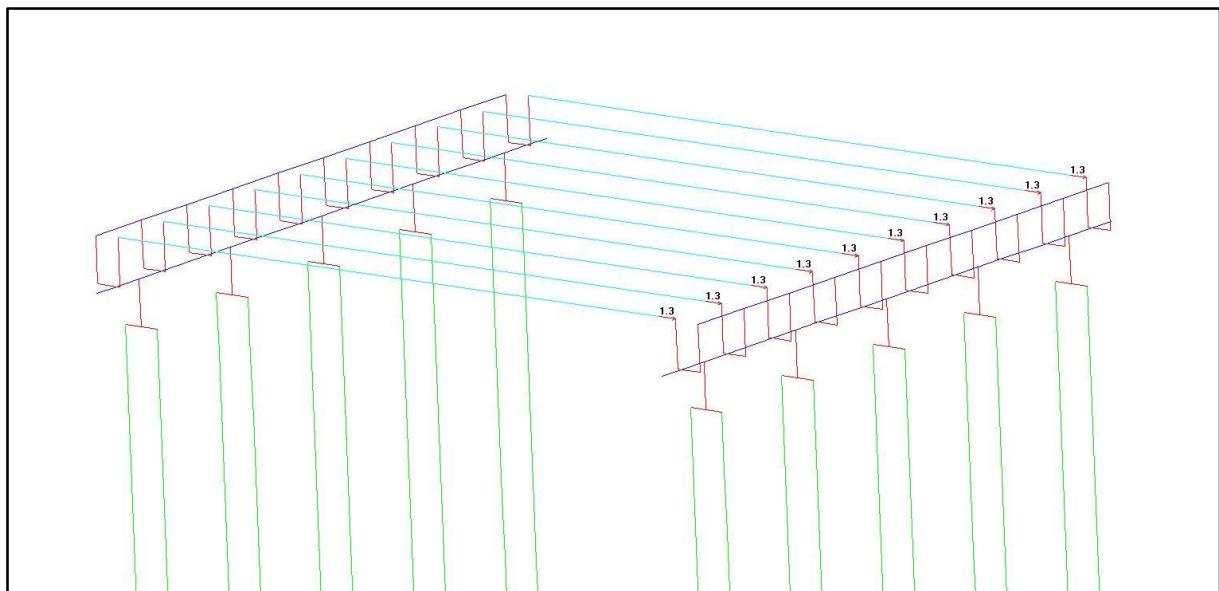
2.14.10 Carregamento estrutura 3D

Visualizar/Editar um carregamento	
Selecione o carregamento que deseja editar e/ou visualizar.	
Nº	Título
1	Frenagem +
2	Frenagem -
3	temperatura
4	Empuxo permanente +
5	Empuxo acidental +
6	Empuxo permanente -
7	Empuxo acidental -
8	Vento

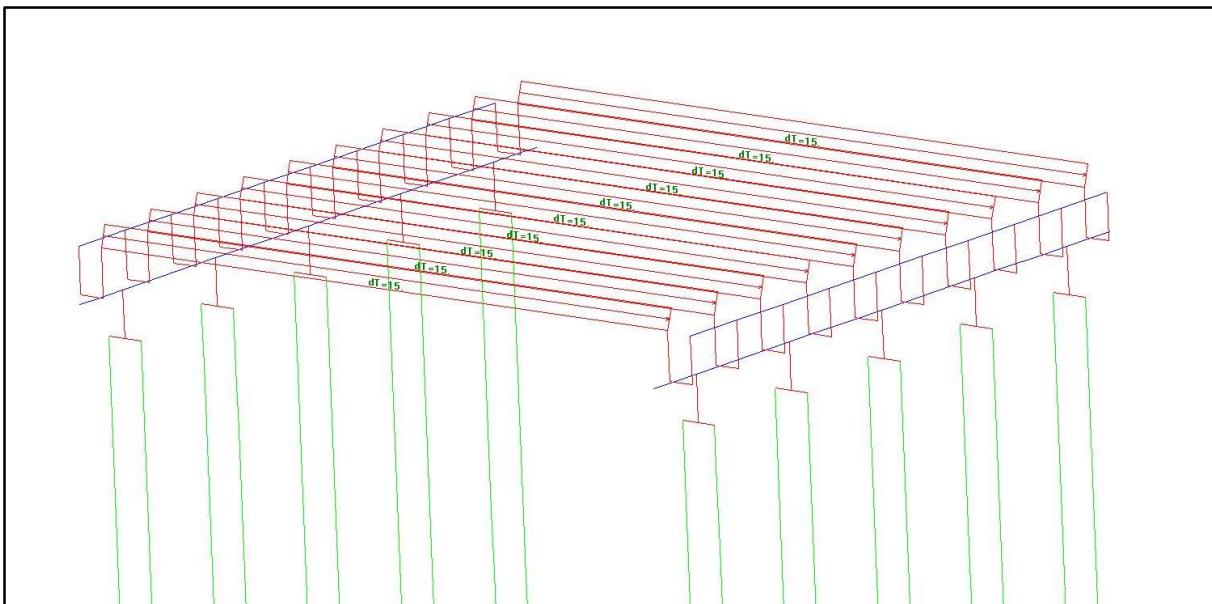
Frenagem +



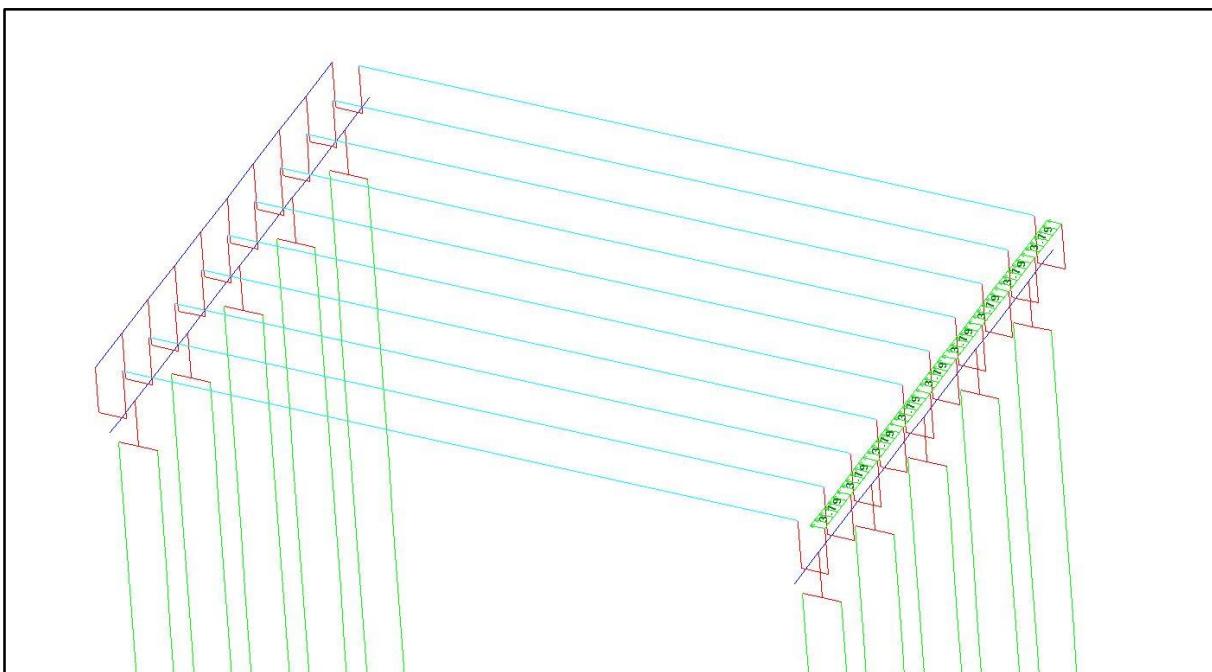
Frenagem -



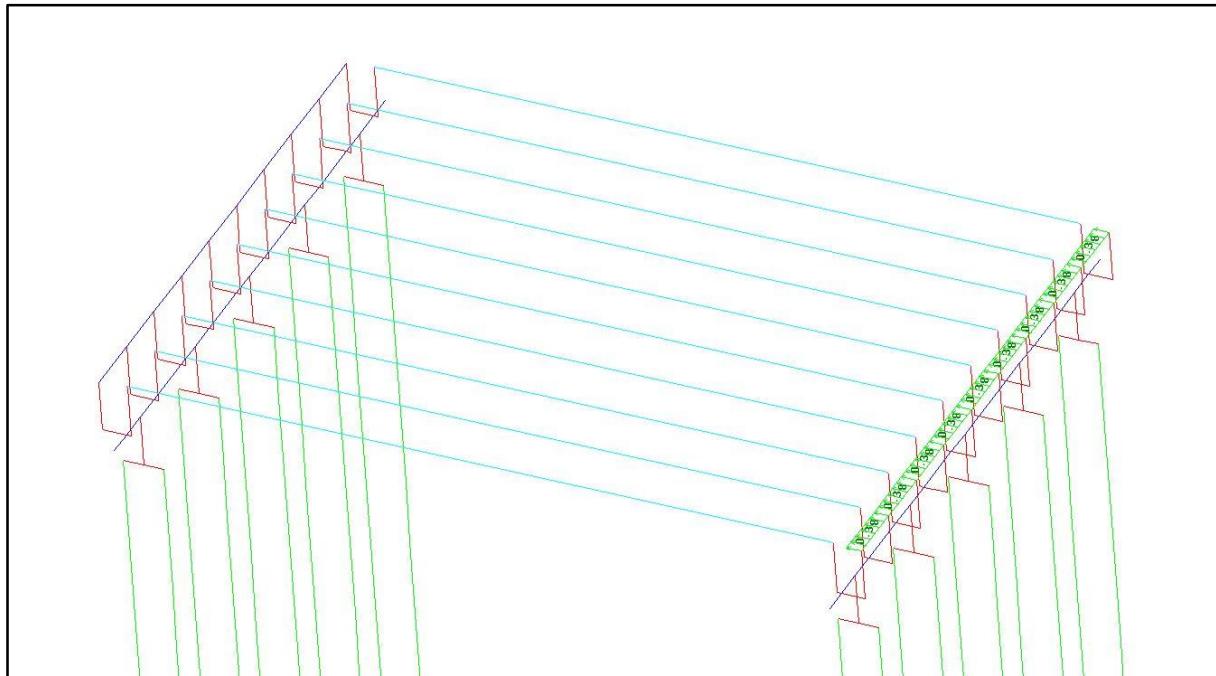
Temperatura



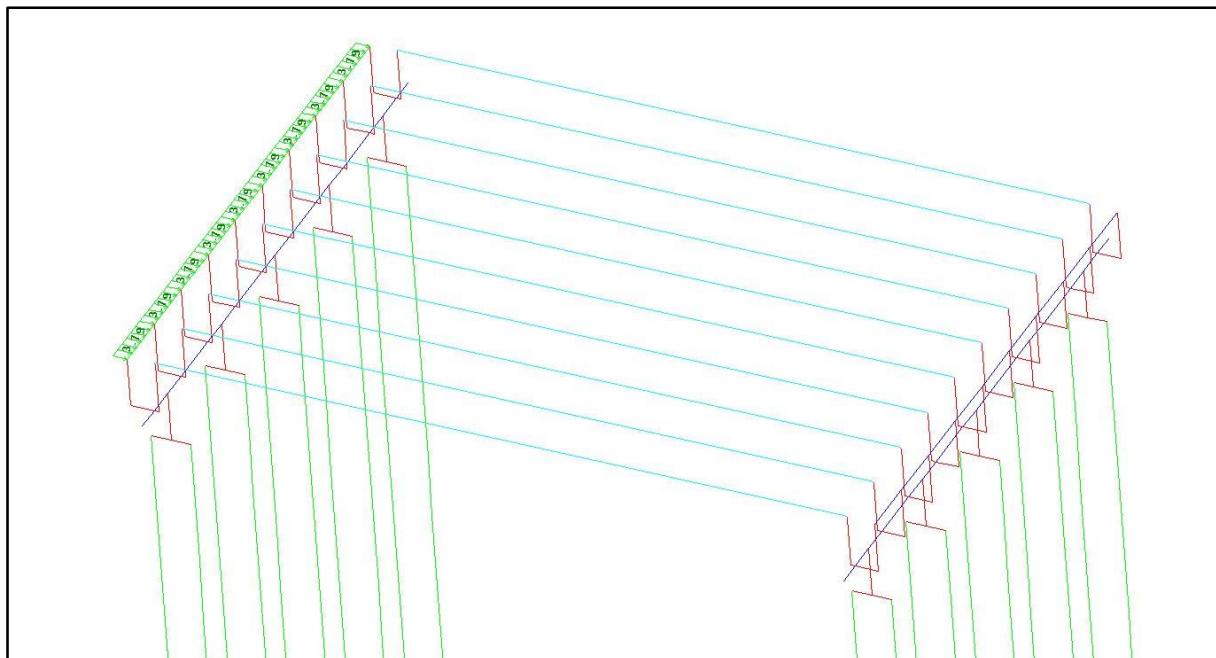
Empuxo Permanente +



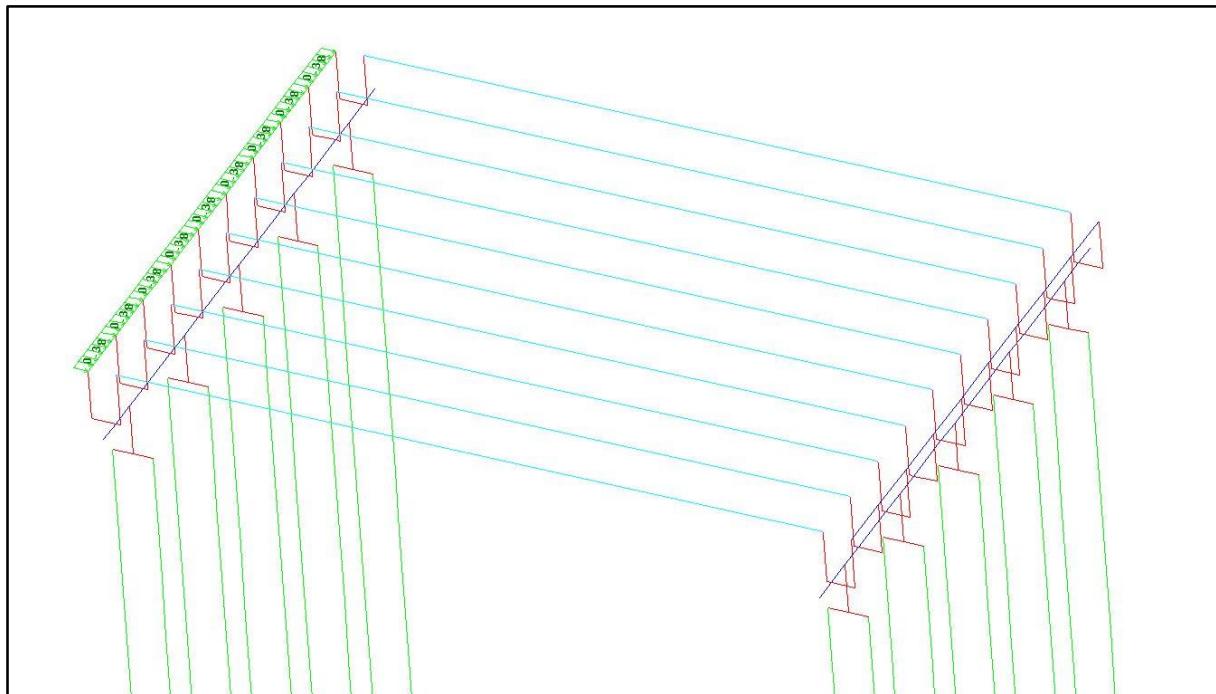
Empuxo Acidental +



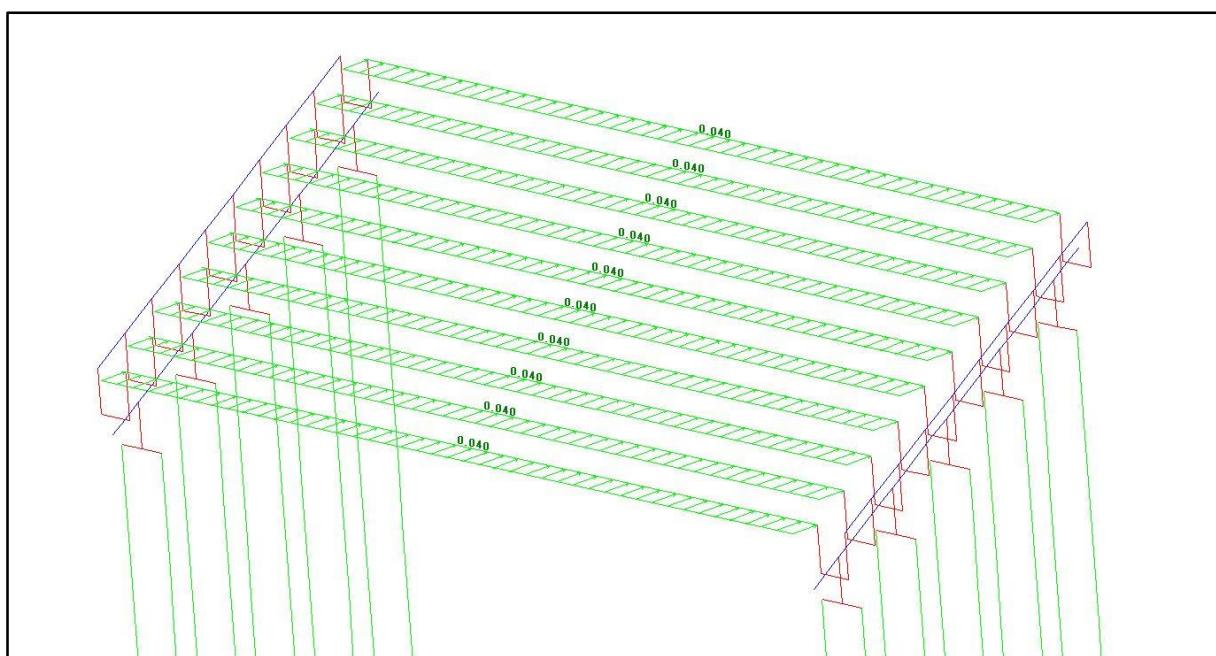
Empuxo Permanente –



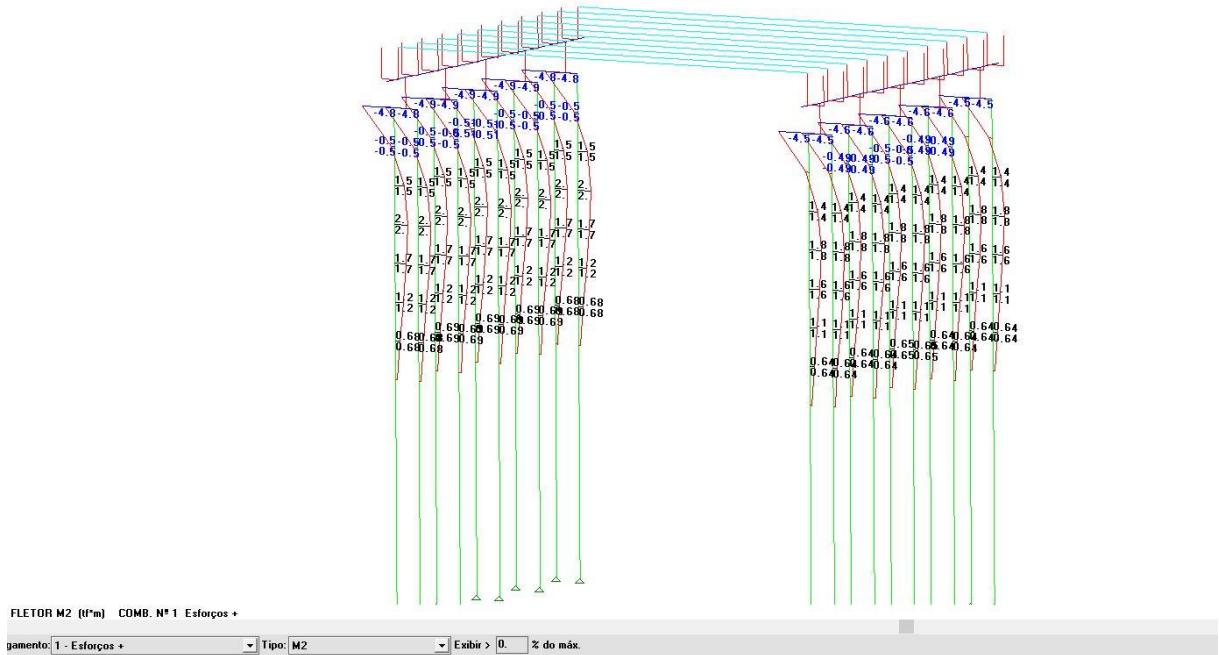
Empuxo Acidental –



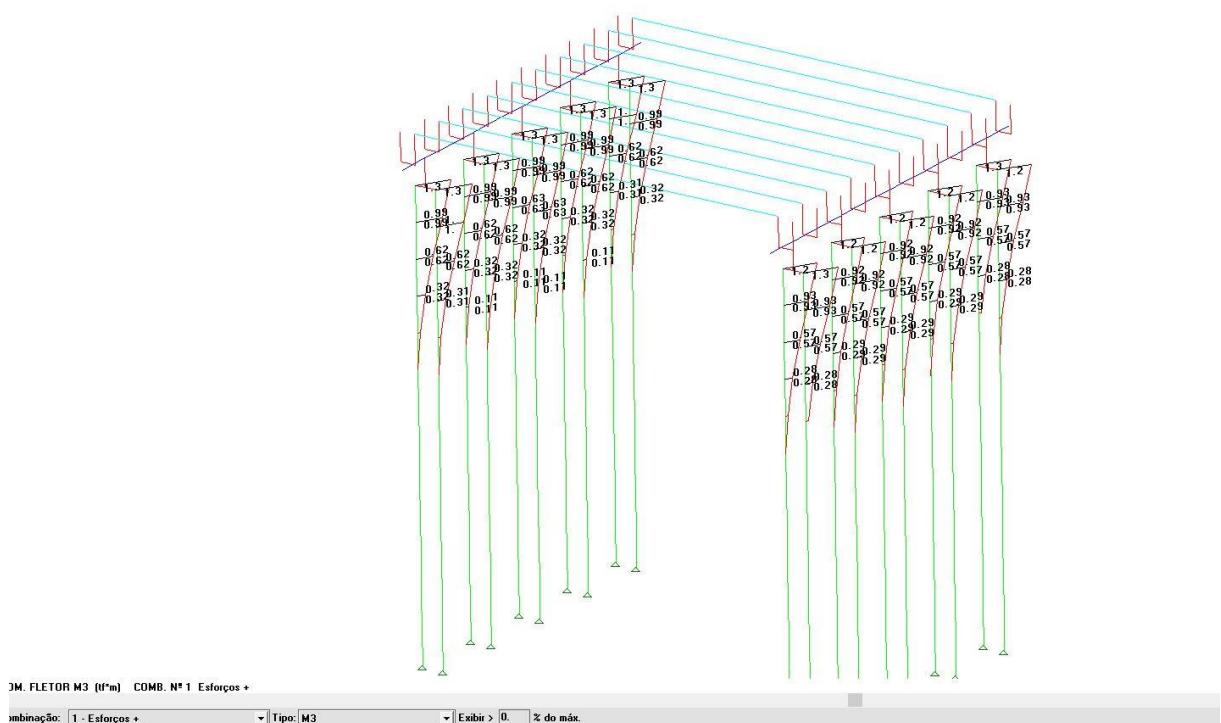
Vento

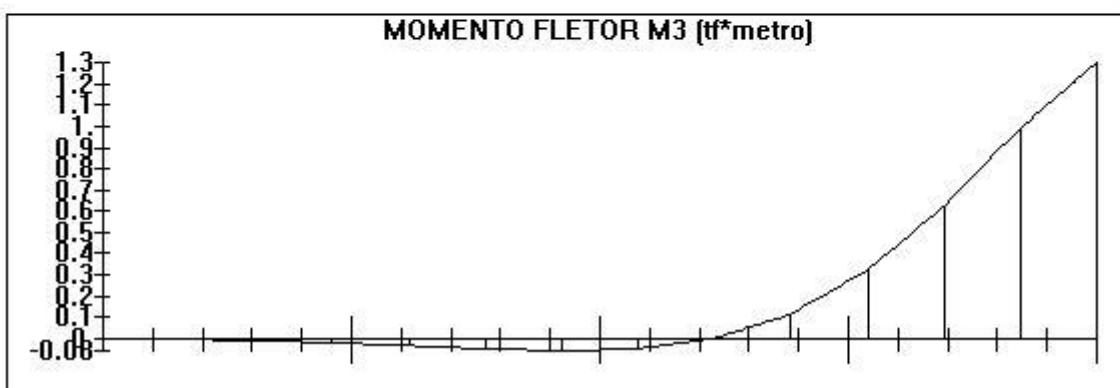
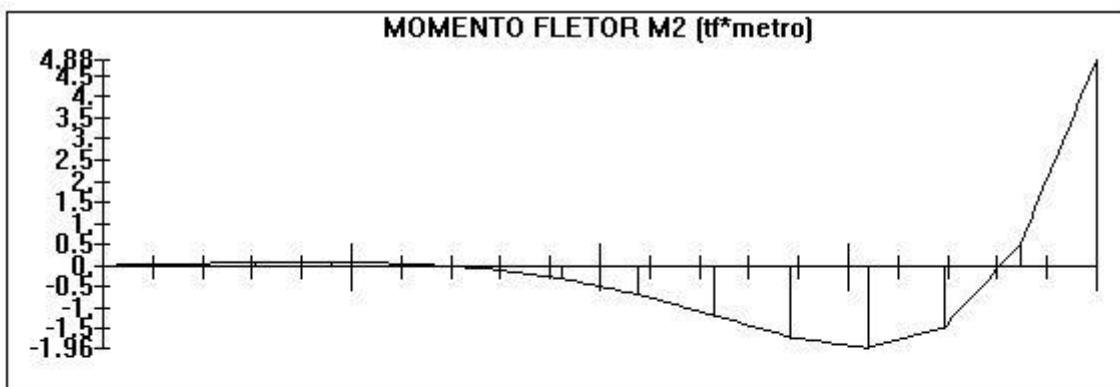


Momentos fletores nas estacas na direção M2



Momentos fletores nas estacas na direção M3





Armadura utilizada nas estacas

8ø16mm (16,00cm²)

2.15 Dimensionamento das alas

Tendo em vista que os esforços predominantes atuantes nas alas são as cargas horizontais oriundos do empuxo devido às cargas permanentes e acidentais, procede-se ao cálculo das alas, considerando-as em balanço, engastadas na cortina.

$$\gamma_{solo} = 1,80 \text{ ton/m}^3$$

$$K_{adotado} = 0,49$$

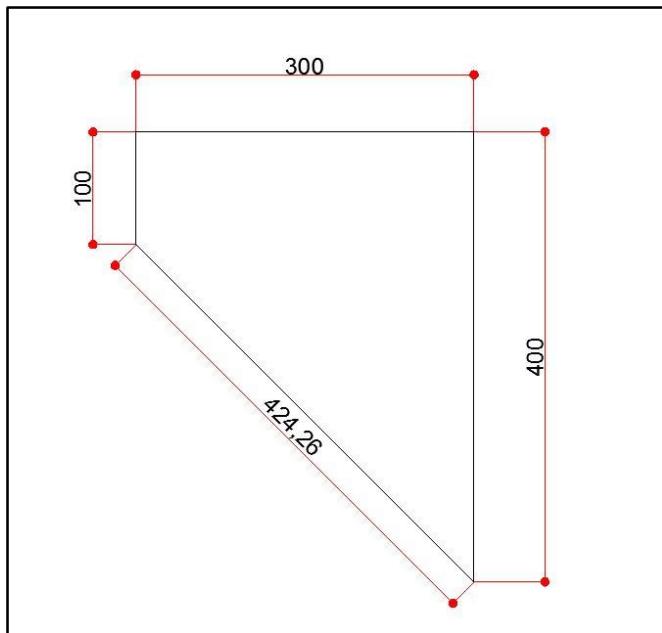


Figura 33 - Seção da ala

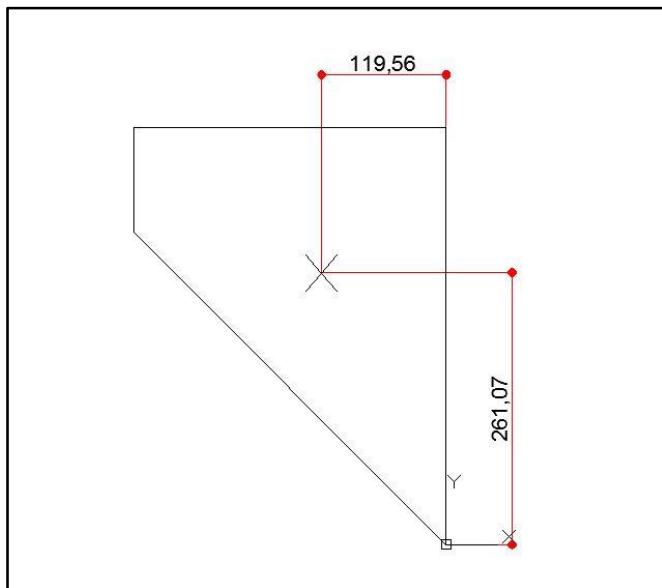


Figura 34 - Centro da seção

Cargas verticais

- peso próprio = $7,50 \times 0,30 \times 2,50 = 5,63\text{ton}$

- braço de alavanca = 1,20 m

Será feita a análise de uma viga em balanço:

$$M = 5,63 \times 1,20 = 6,78\text{ton} \cdot \text{m}$$

$$z \cong 0,6 \times H = 0,6 \times 4,00 = 2,40\text{m}$$

$$T = \frac{M}{z} = \frac{6,78}{2,40} = 2,83 \text{ton} \rightarrow As = \frac{Td}{fyd} = \frac{1,4 \times 2,83}{4,35} = 0,90 \text{cm}^2$$

→ Adotado 3 Ø 12,5mm (As=3,75cm²)

2.15.1 Modelo analisado em elementos finitos

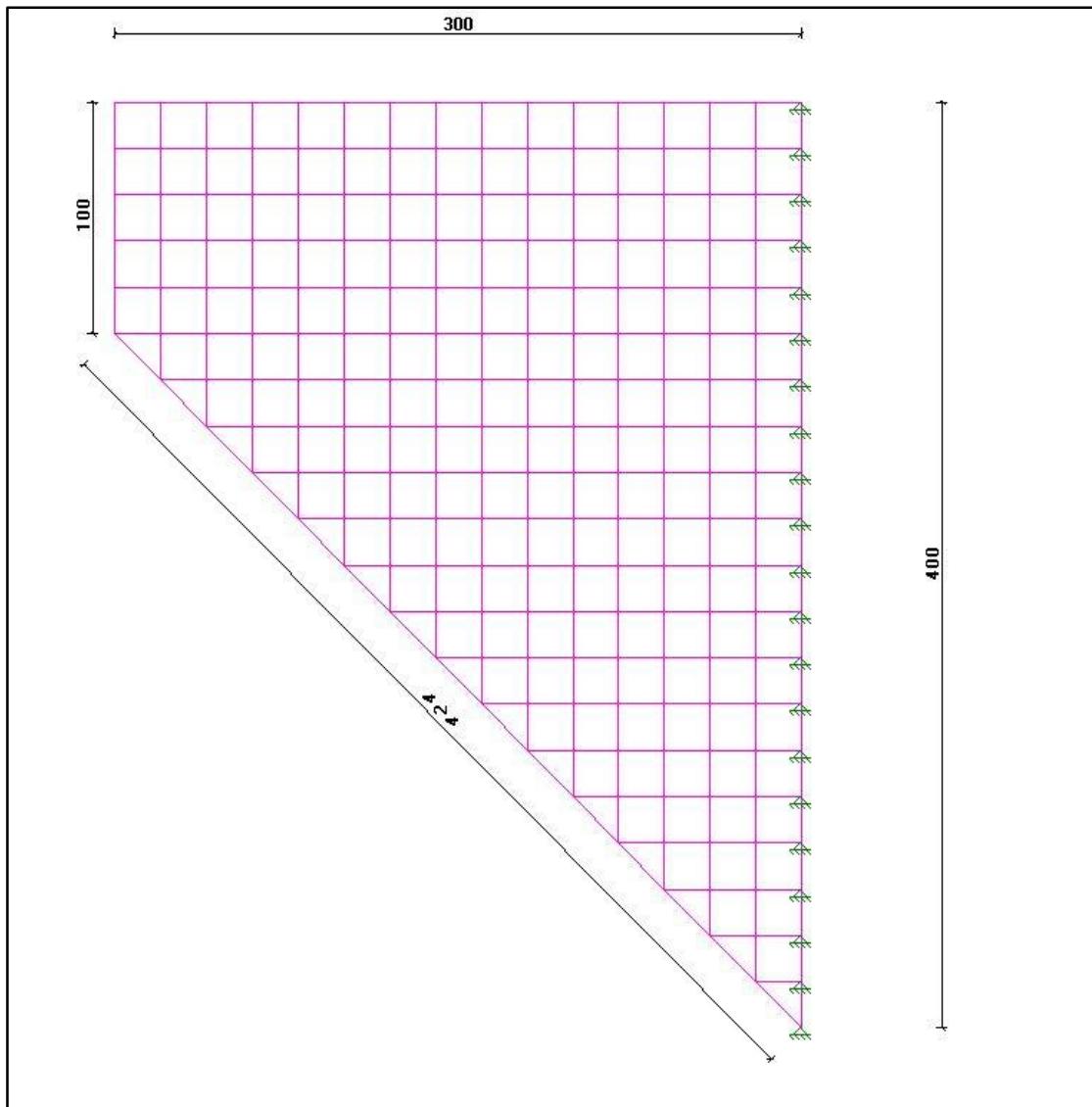


Figura 35 - Modelo de análise em elementos finitos

2.15.2 Empuxo do solo

$$e_{aterro} = Kx\gamma_{solo}xh \rightarrow e_{aterro} = 0,49 \times 1,80 \times 4,00 = 3,53 \text{ton/m}^2$$



Figura 36 - Carregamento de empuxo

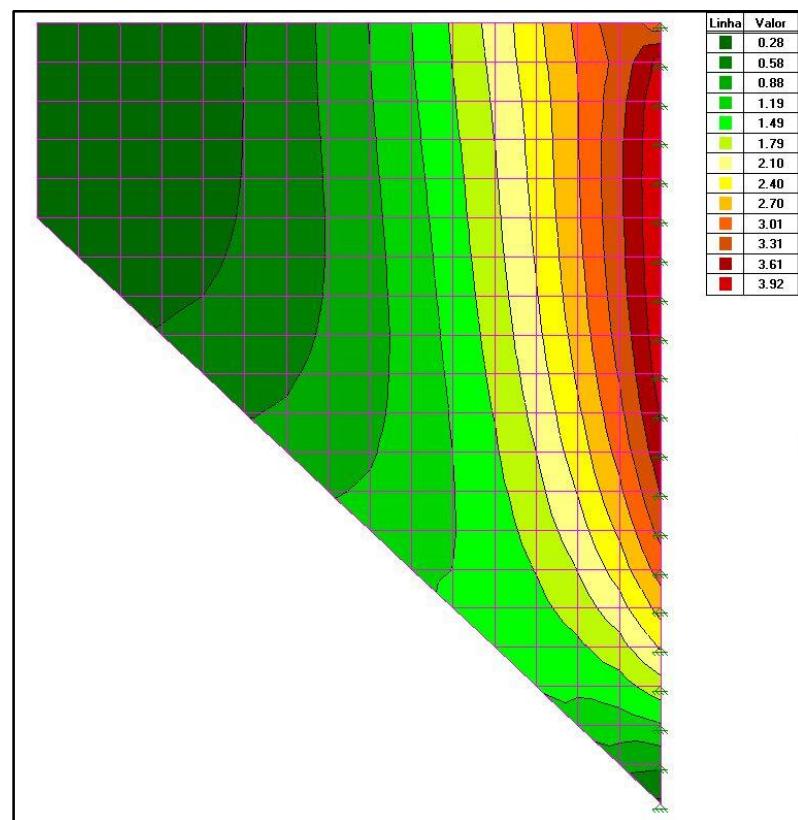


Figura 37 - Momentos gerados pelo empuxo

2.15.3 Carregamento gerado pela ação do veículo

$$q = \frac{P_{veículo}}{A_{veículo}} = \frac{45}{3,0 \times 6,0} = 2,50 \text{ ton/m}^2 \quad e_{veículo} = Kxq = 0,49 \times 2,50 = 1,23 \text{ ton/m}^2$$



Figura 38 - Carregamento de trem tipo na ala

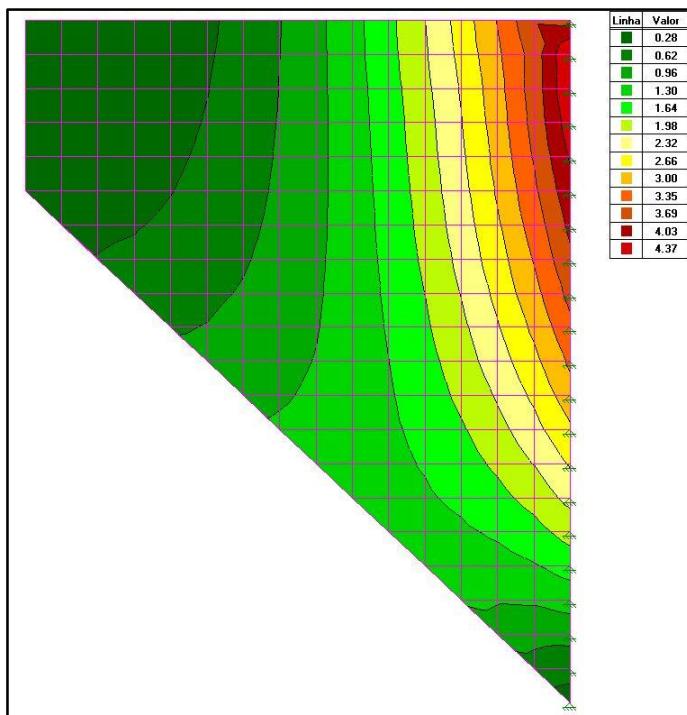


Figura 39 - Momento gerado pelo trem tipo

2.15.4 Dimensionamento das alas

Armadura na face do aterro

$h=30$ cm;

fck = 30MPa;

d' = 5,0cm;

Armadura mínima - As_{MIN}=5,19cm²/m.

M_k=8,21tf.m/m

Ascalc=11,47 cm²/m;

Armadura adotada Ø12,5mm c/10cm (As=12,27cm²/m)

Fissuras: ω1=0,186mm < ωLIM=0,2mm → OK!

Armadura vertical

h=30 cm;

fck = 30MPa;

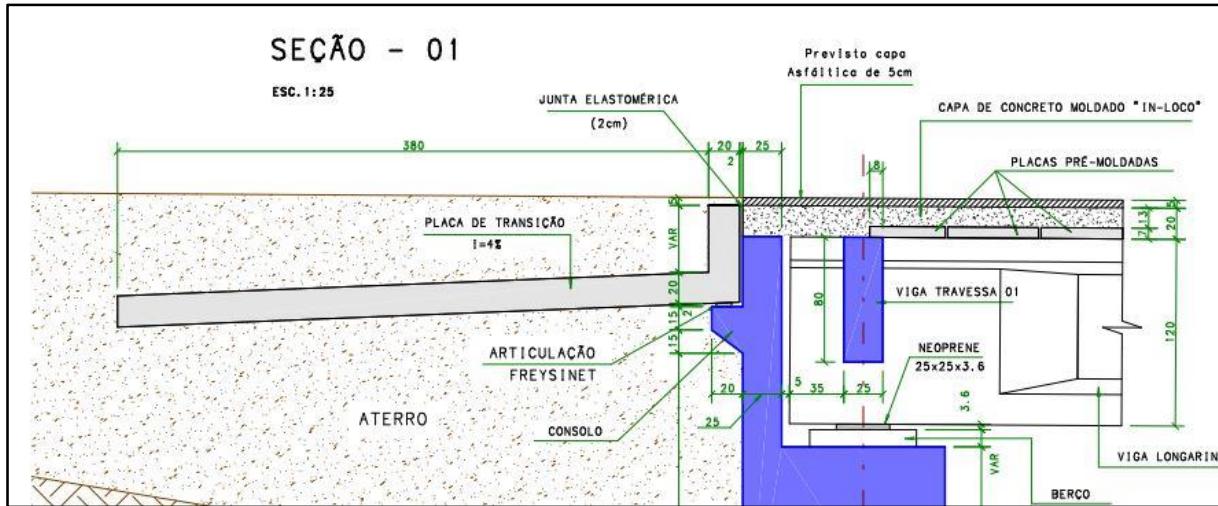
d' = 5,0cm;

Armadura mínima - As_{MIN}=5,19cm²/m.

Armadura adotada Ø8mm c/10cm (5,02cm²/m)

Fissuras: ω2=0,260mm < ωLIM=0,3mm → OK!

2.16 Dimensionamento da Placa de Transição



- espessura da laje = 20 cm
- comprimento da laje = 415 cm
- aba da laje = 63 cm
- espessura média do aterro = $(48,0 + 55,0)/2 = 52\text{cm}$

Carga permanente:

$$\text{Peso próprio} = (0,20 \cdot 3,70 + 0,20 \cdot 0,69) \cdot 2,50 = 2,20 \text{ t/m}$$

$$\text{Aterro} = 0,52 \cdot 1,80 / (2 \cdot 1,00) = 0,47 \text{ t/m}$$

Carga permanente total	$= 2,70 \text{ ton/m}$
-------------------------------	------------------------

Momento máximo:

$$M_{máx} = \frac{ql^2}{8} = \frac{2,70 \cdot 4,15^2}{8} = 5,81 \text{ ton} \cdot \text{m}$$

$$\mu_d = \frac{M_d}{b \cdot d^2 \cdot 0,85 \cdot f_{cd}} = \frac{5,81 \cdot 1,4}{1 \cdot 0,16^2 \cdot 0,85 \cdot 2143} = 0,148$$

$$\omega_d = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot \mu_d} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,153} = 0,167$$

$$A_s = \frac{\omega_d \cdot b \cdot d \cdot 0,85 \cdot f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{0,167 \cdot 100 \cdot 16 \cdot 0,85 \cdot 21,43}{435} = 11,19 \text{ cm}^2$$

Armadura adotada $\phi 12,5\text{mm c/10cm}$ ($A_s = 12,27\text{cm}^2/\text{m}$)