	Código: MC-BR0000277-344-0.350-2-6C4-C01-001	REV. 00
	Emissão: 07/07/2015	Folha: 1/85

	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.1 - Memorial de Cálculo Ponte 02**		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.1

MEMORIAL DE CÁLCULO PONTE 02

JULHO/2015

PARANÁ GOVERNO DO ESTADO

DER PARANÁ

ZOCCO PROJETOS ESTRUTURAIS

ecoCATARATAS ecoRODOVIAS

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 30
2.6.2 Verificação do cortante 31
2.7 Dimensionamento da Longarina 32
2.7.1 Esforços decorrentes das cargas de peso próprio e utilização 32
2.8 Dimensionamento da Protensão 35
2.8.1 Força de protensão e perdas 37
2.8.2 Verificação do ato de protensão, combinação quase permanente e combinação frequente de ações. 45
2.9 Verificação do Deslocamento 47
2.9.1 Relatório de deslocamento mínimo das longarinas - ELS 47

2.9.2 Relatório de deslocamento das longarinas – Combinação Quase Permanente....48
2.9.3 Relatório de deslocamento das longarinas – Combinação Frequente de ações 48
2.10 Dimensionamento da Armadura Passiva – Longarinas 49
2.10.1 Diagrama de Momento fletor 49
2.10.2 Diagrama de esforço cortante....50
2.10.3 Armadura passiva....50
2.11 Dimensionamento das Travessas....51
2.11.1 Diagrama de esforço cortante....51
2.11.2 Diagrama de momento fletor 52
2.12 Dimensionamento das Transversinas de apoio 53
2.13 Dimensionamento do Neoprene 55
2.14 Dimensionamento das Estacas....56
2.14.1 Ensaio – SM 07 57
2.14.2 Ensaio – SM 08 58
2.14.3 Ensaio – SM 09 59
2.14.4 Ensaio – SM 10 60
2.14.5 Dimensionamento da profundidade das estacas....61
2.14.6 Estudo do coeficiente de mola das estacas....63
2.14.7 Discretização da Estrutura....63
2.14.8 Coeficiente de mola....64
2.14.9 Barra equivalente de neoprene....73
2.14.10 Carregamento estrutura 3D 73
2.15 Dimensionamento das alas....80
2.15.1 Modelo analisado em elementos finitos....81
2.15.2 Empuxo do solo....82
2.15.3 Carregamento gerado pela ação do veiculo 83
2.15.4 Dimensionamento das alas 84
2.16 Dimensionamento da Placa de Transição....85

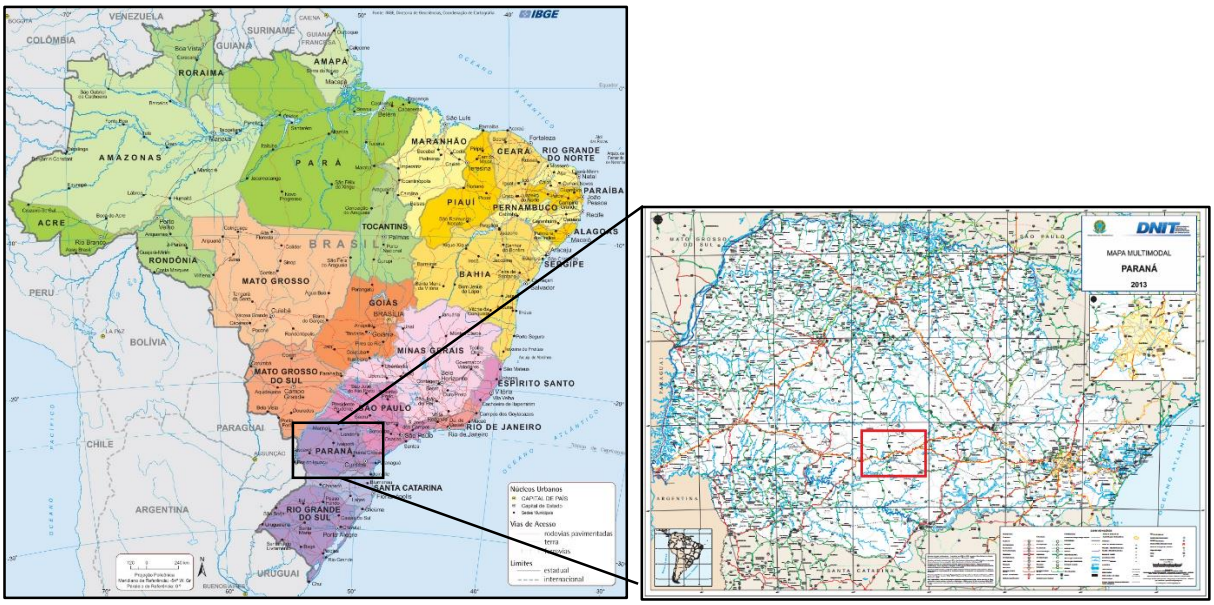
ÍNDICE DE FIGURAS

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 da ponte....13
Figura 6 - Vista do tabuleiro 13
Figura 7 - Corte Longitudinal....14
Figura 8 - Corte Transversal....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 35
Figura 18 - Traçado da protensão....36
Figura 19 – Detalhamento viga protendida 36
Figura 20 - Gráfico de perdas de protensão....45
Figura 21 - Momentos no ato da protensão 45
Figura 22 - Tensões no ato da protensão 46
Figura 23 - Tensões combinação frequente....46
Figura 24 - Tensões combinação permanente....47
Figura 25 - Verificação deslocamento....47
Figura 26 - Deslocamento combinação quase permanente....48
Figura 27 – Deslocamento combinação frequente de ações....49
Figura 28 - Visão geral dos momentos fletores das longarinas....49
Figura 29 - Gráfico de momento fletor....49
Figura 30 - Esforço cortante....50

Figura 31 - Armadura passiva 50
Figura 32 - Modelo analítico das estacas 63
Figura 33 - Seção da ala 80
Figura 34 - Centro da seção 80
Figura 35 - Modelo de analise em elementos finitos 81
Figura 36 - Carregamento de empuxo 82
Figura 37 - Momentos gerados pelo empuxo 82
Figura 38 - Carregamento de trem tipo na ala 83
Figura 39 - Momento gerado pelo trem tipo 83

1. MAPA DE SITUAÇÃO

1. Mapa de Situação



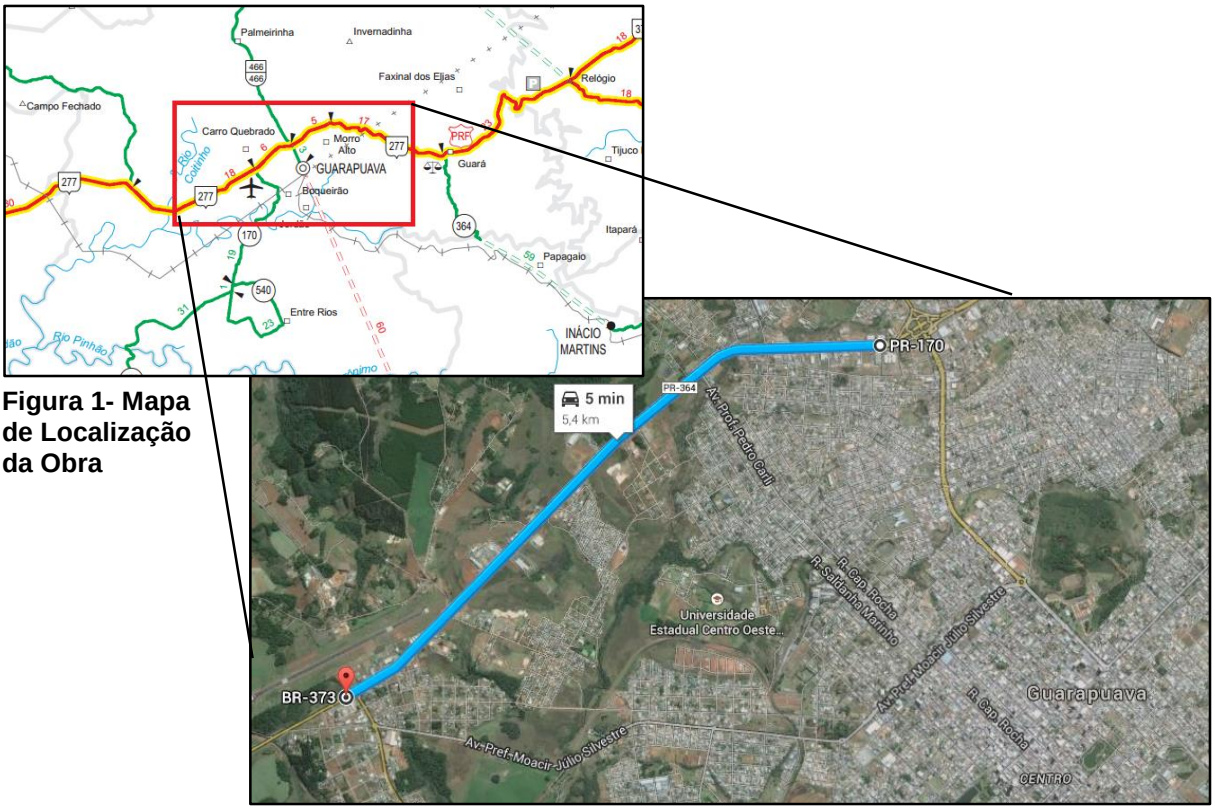


Figura 1- Mapa de Localização da Obra

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

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

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 formandos por 15 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 16,00 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 24,20 m, possuindo um leito carroçável de 15,32 m (2x 3,60m+2x4,06m), barreira central de 0,60m, faixa de segurança com 1,20m (2x0,60m) e 2,30 cm de barreira lateral (2 x 1,15m). O leito carroçável possui faixas de rolamento, com inclinação de 7,5% para apenas um lado, devido a sua localização na curva.

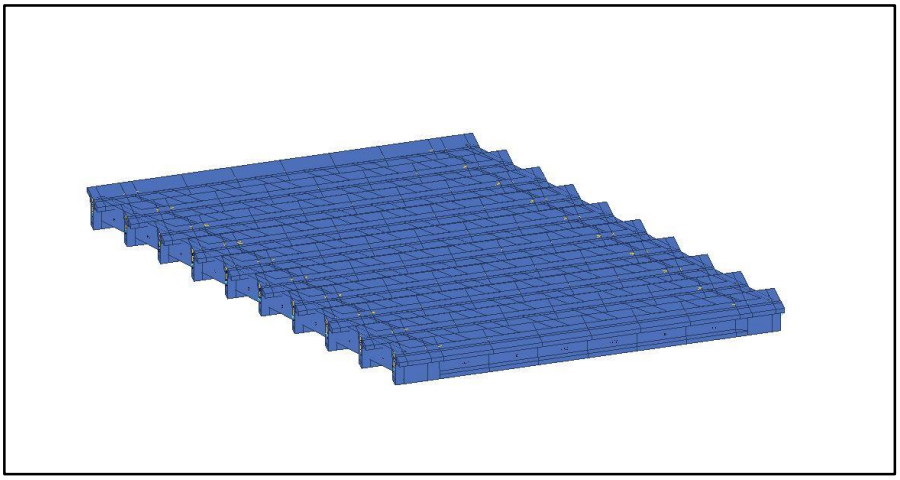


Figura 3 - Imagem renderizada da ponte

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 $\geq 30\ MPa$

Fator água/cimento $\leq 0{,}60$

Aço CA-50: $f_{yk} \geq 500\ MPa$

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 analise em elementos finitos.

2.2.6 Geometria da Estrutura

Seguem desenhos mostrando a geometria da trincheira.

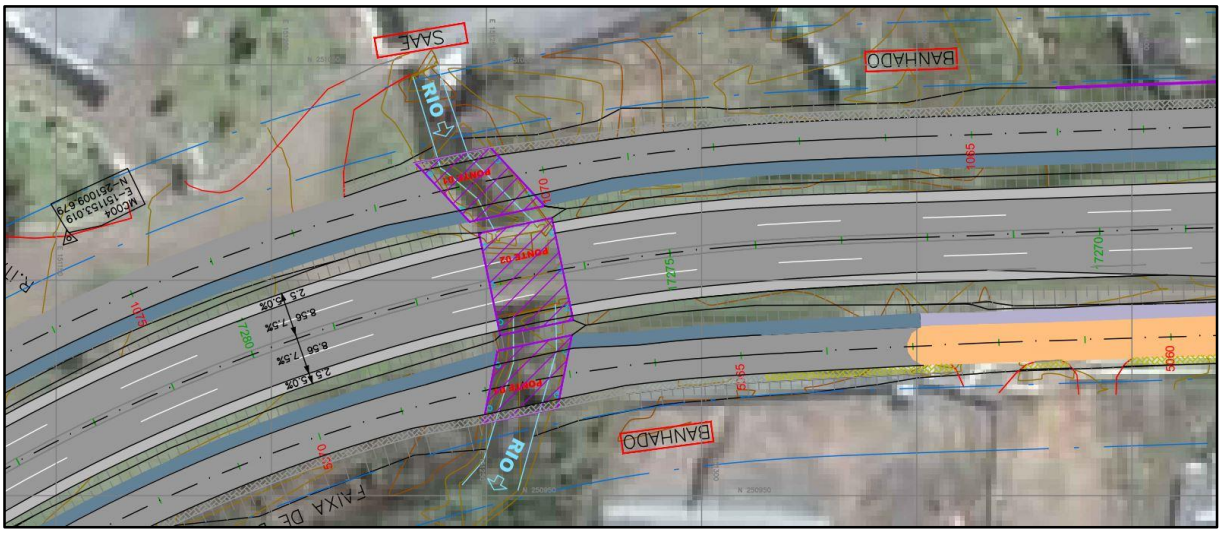


Figura 4 – Implantação da ponte

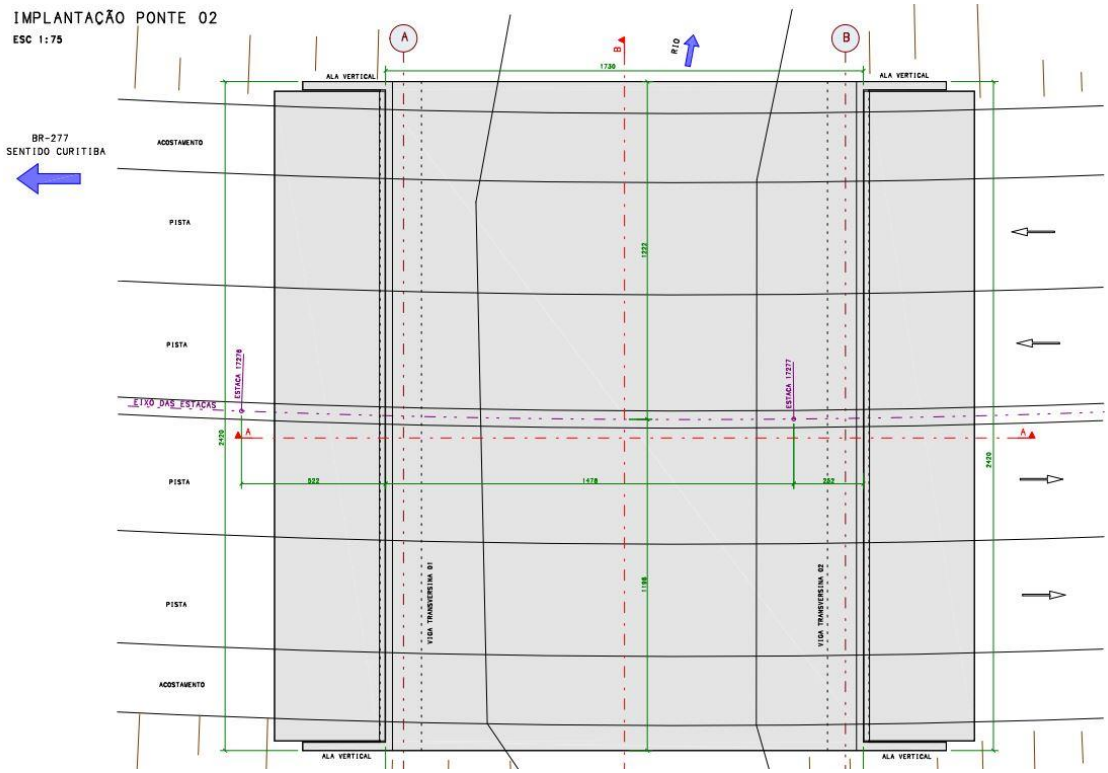


Figura 5 - Implantação da ponte

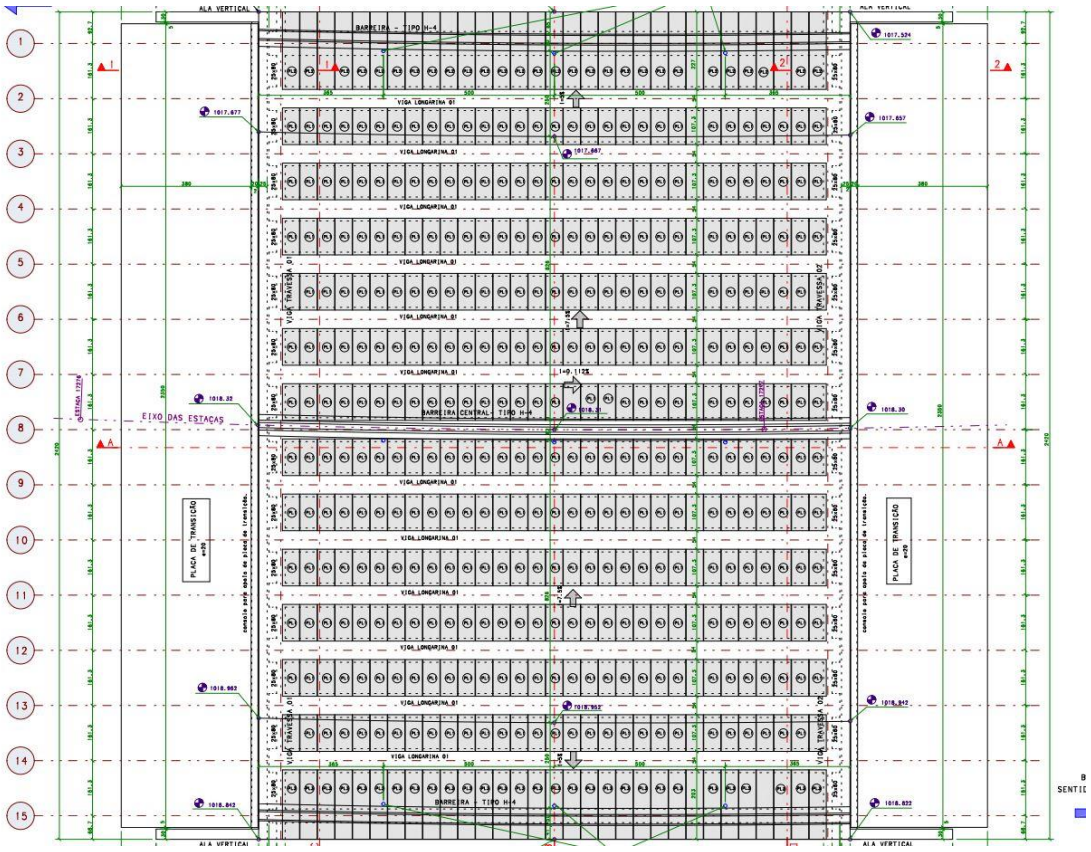


Figura 6 - Vista do tabuleiro

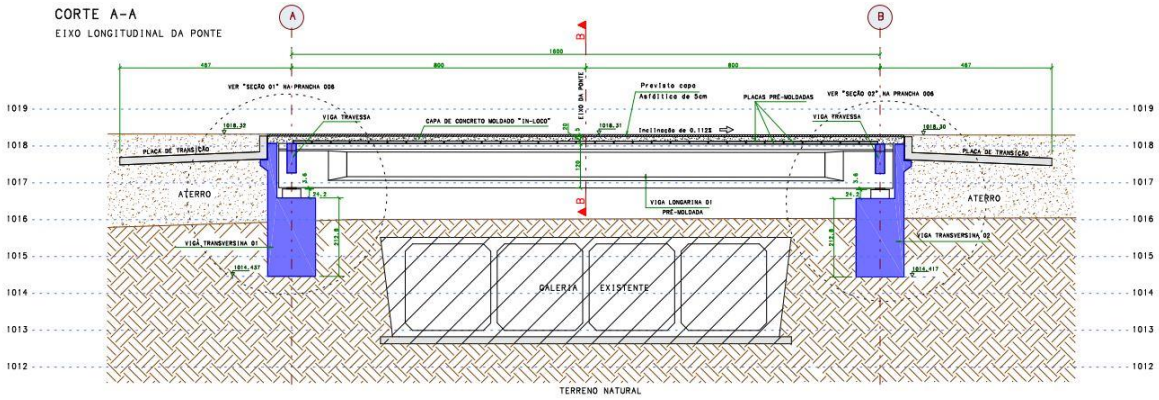


Figura 7 - Corte Longitudinal

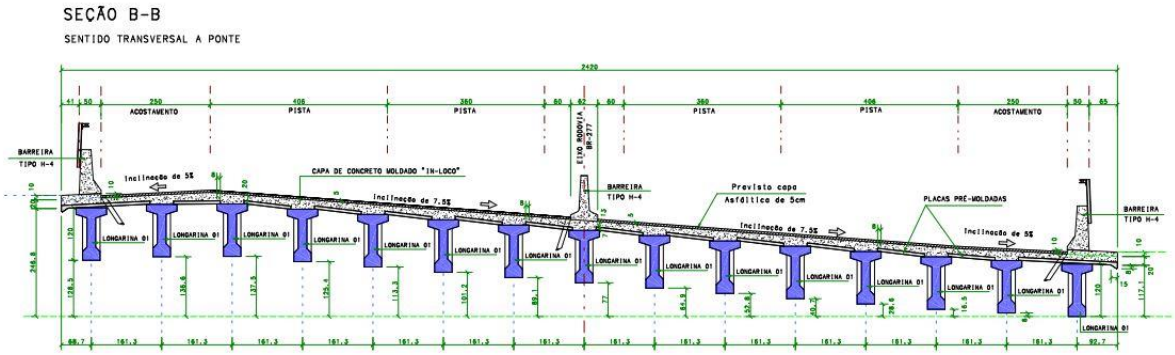


Figura 8 - Corte Transversal

2.2.7 Geometria dos Elementos

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

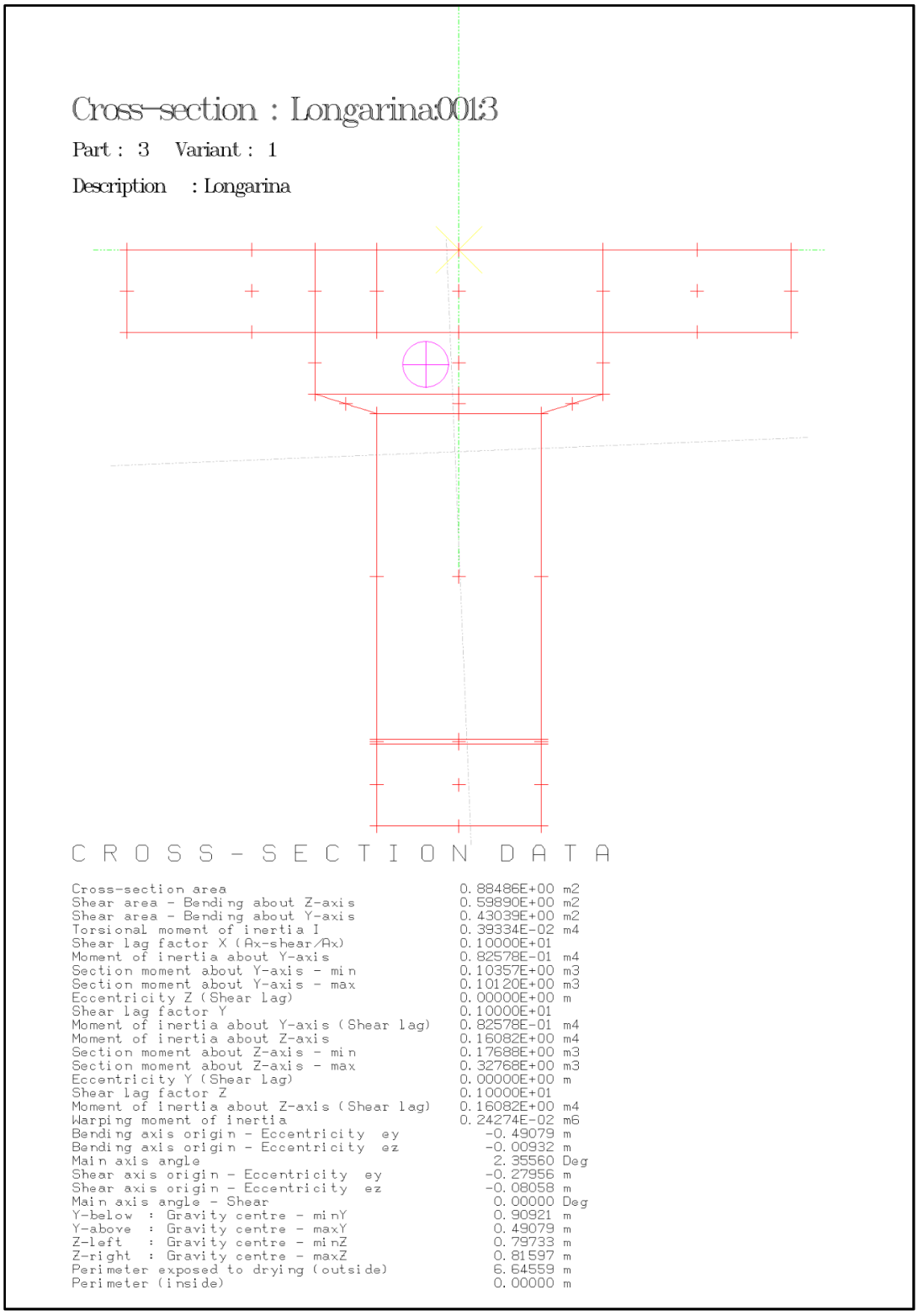


Figura 9 - Longarina 1

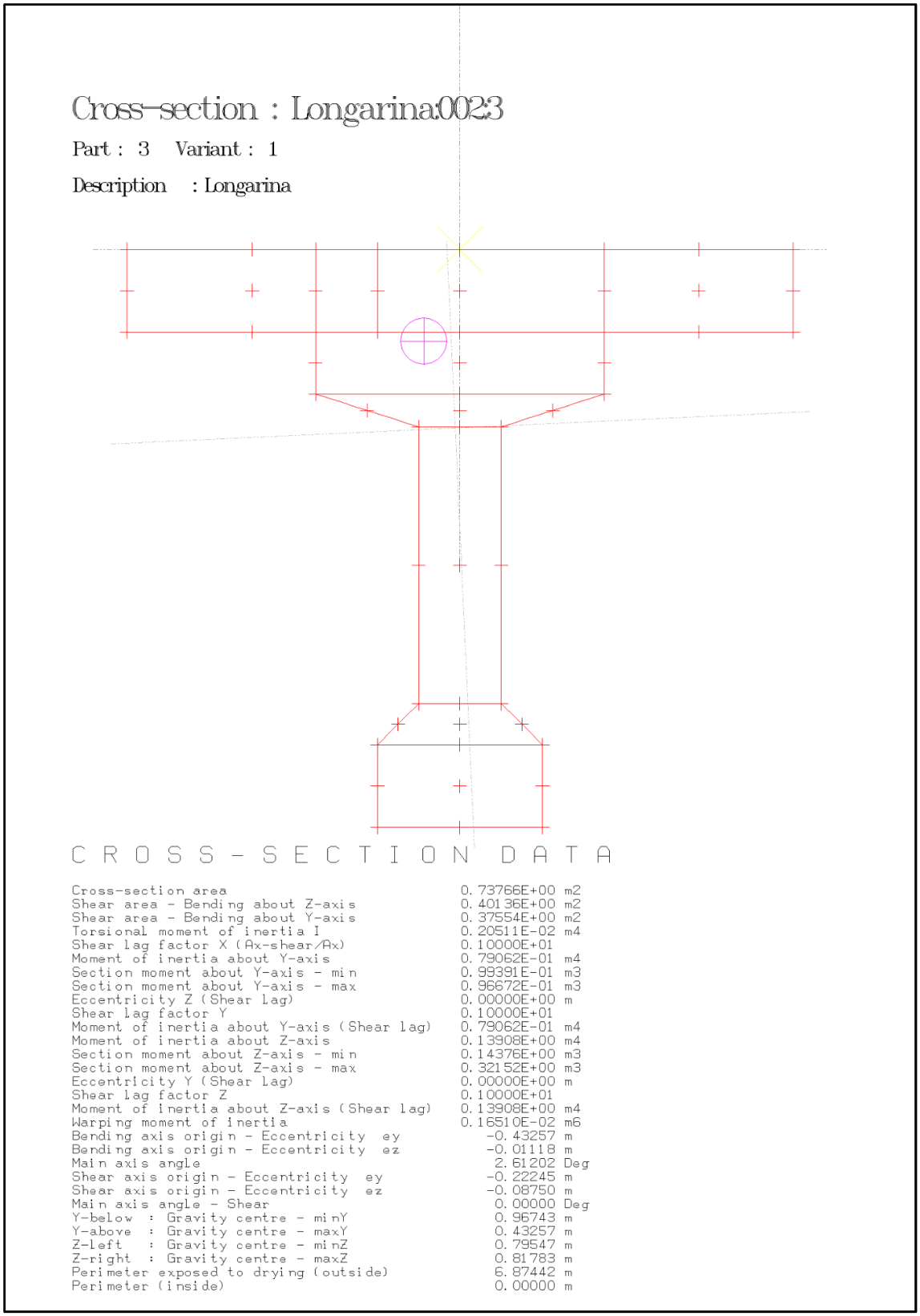


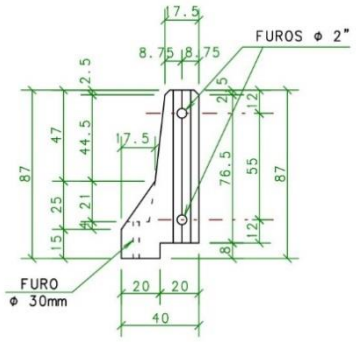
Figura 10 - Longarina 2

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 $2{,}50tf/m^3$. 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 $40cmx60cm$, que multiplicando pelo γ do concreto ($\gamma_c = 2{,}5\ tf/m^3$). $0{,}4x0{,}6x2{,}5 = 0{,}6tf/m$ distribuído ao longo do tabuleiro onde serão acoplados.

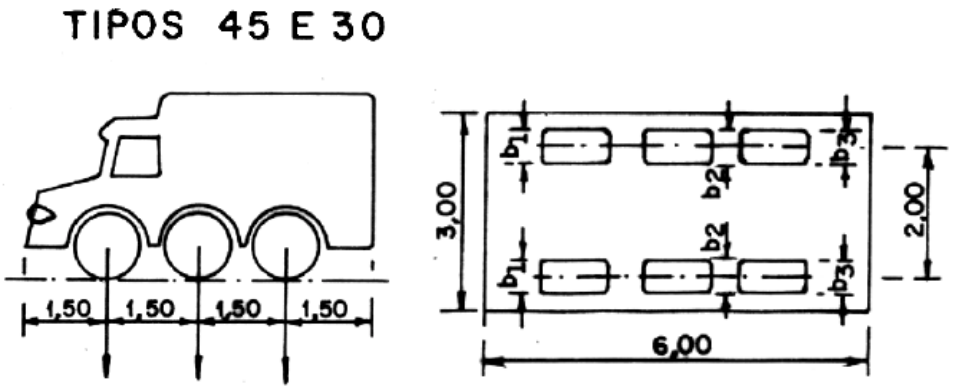
Para esta obra está prevista acabamento com camada asfáltica com espessura de $7cm$, gerando uma carga de $0{,}07x2{,}4\ tf/m^3\ =\ 0{,}17\ tf/m^2$.

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

2.3.2 Cargas Acidentais

De acordo com a norma NBR 6120/1980, carga acidental 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 trafego 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.



Neste caso, foi considerada uma carga de $7{,}5$ toneladas provinda de cada roda, sendo $7{,}5x\ 6 = 45ton$, e um carregamento de $0{,}5\ ton/m^2$ 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:

$$\varphi = 1{,}4 - 0{,}007 \cdot 17{,}30 = 1{,}2789$$

Portanto para cargas temos:

- 3 x 15 ton = 45 ton, representando o trem tipo;
- 0,5 ton/m² x 4,50m = 2,25 ton/m, carga multidão na pista de rolamento;
- 0,3 ton/m² x 2,20m = 0,66 ton/m, carga pedestres na pista de pedestres.
- 0,3 ton/m² x 3,16m = 0,95 ton/m, carga pedestres na pista de pedestres.

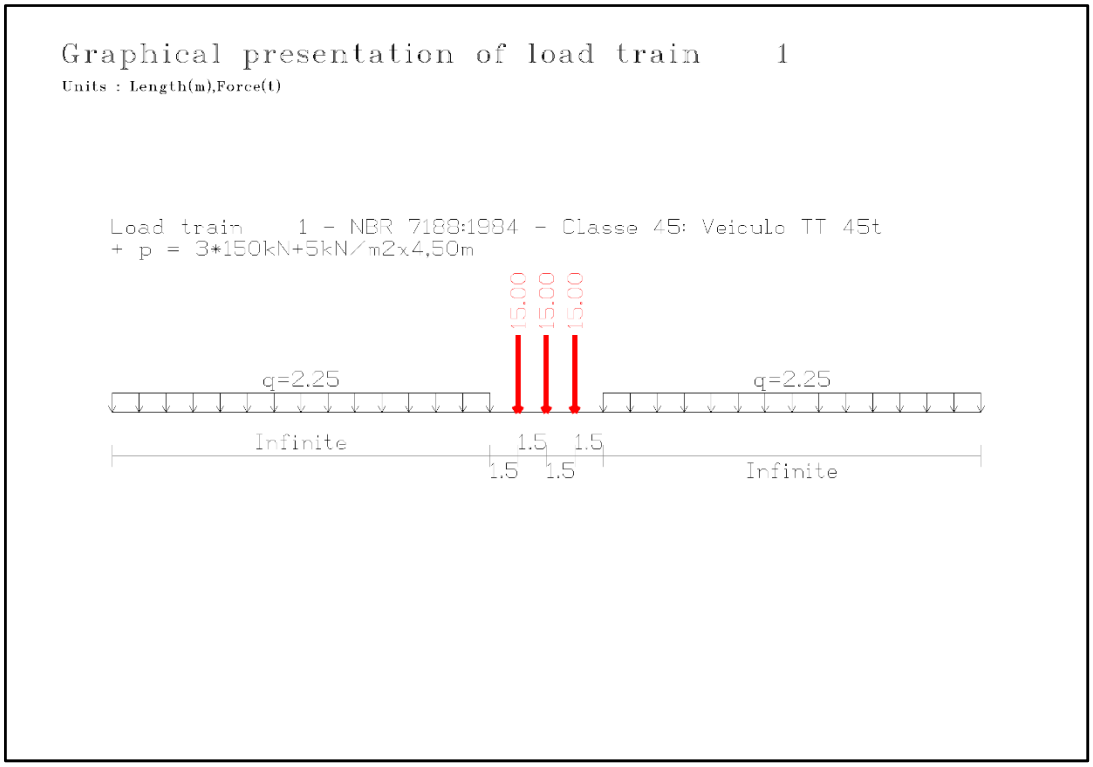


Figura 11 - Carregamento de trem tipo

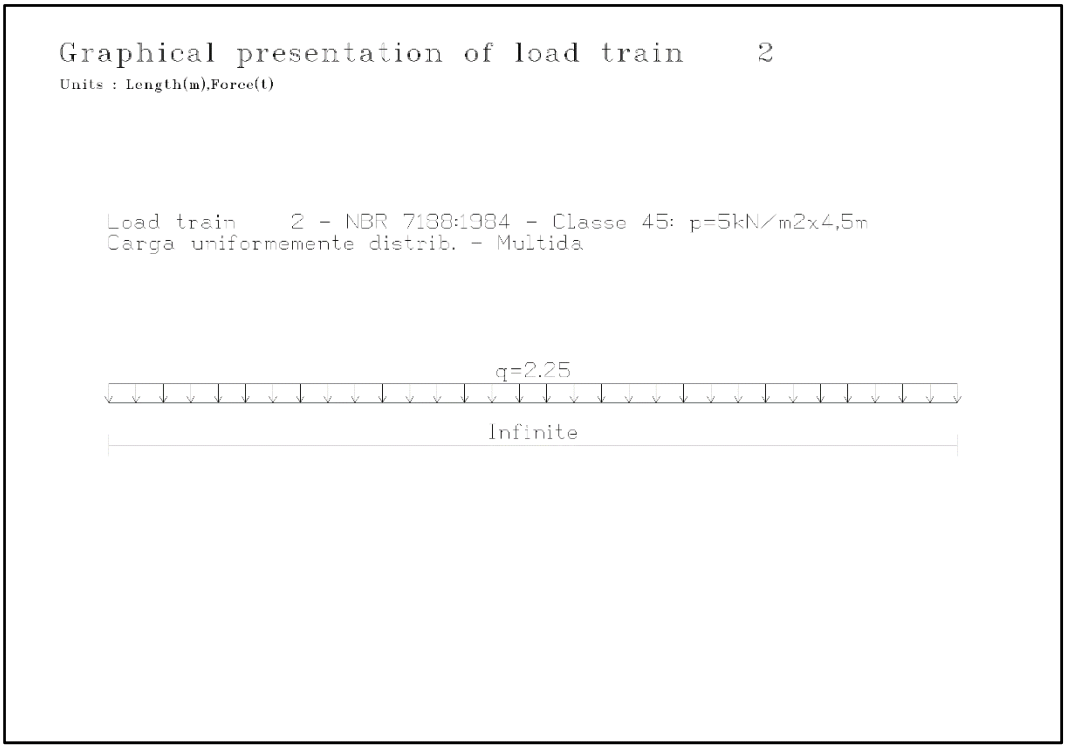


Figura 12 - Multidão

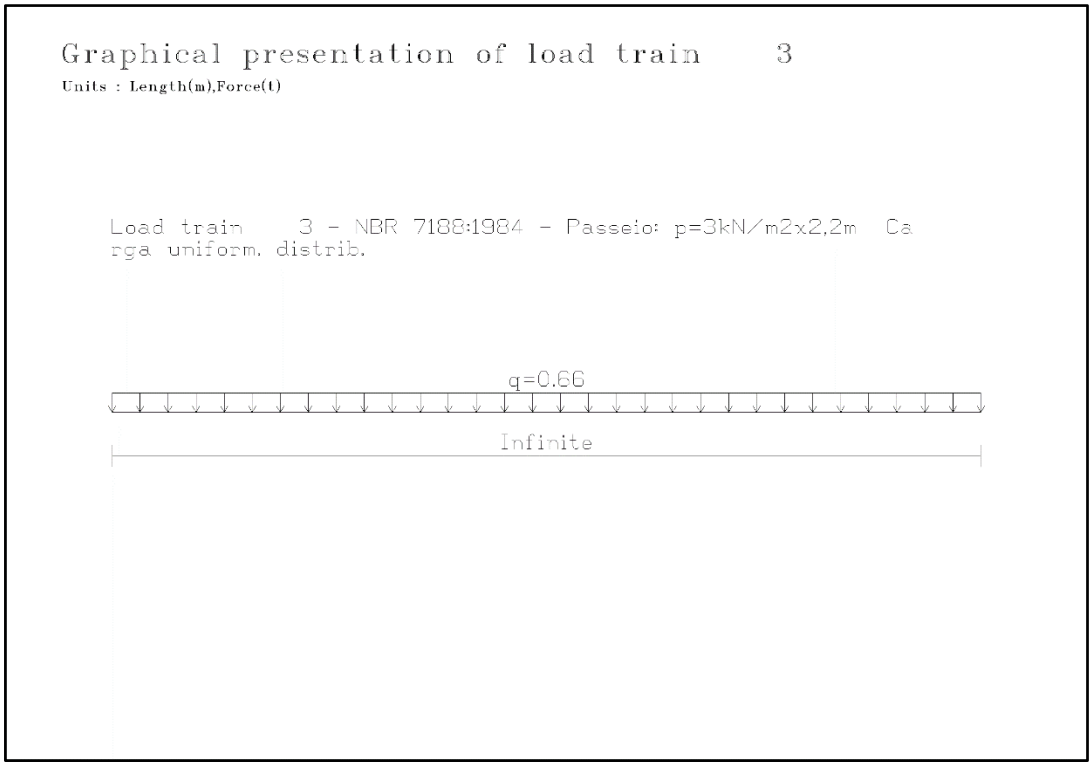


Figura 13 - Carregamento de passeio

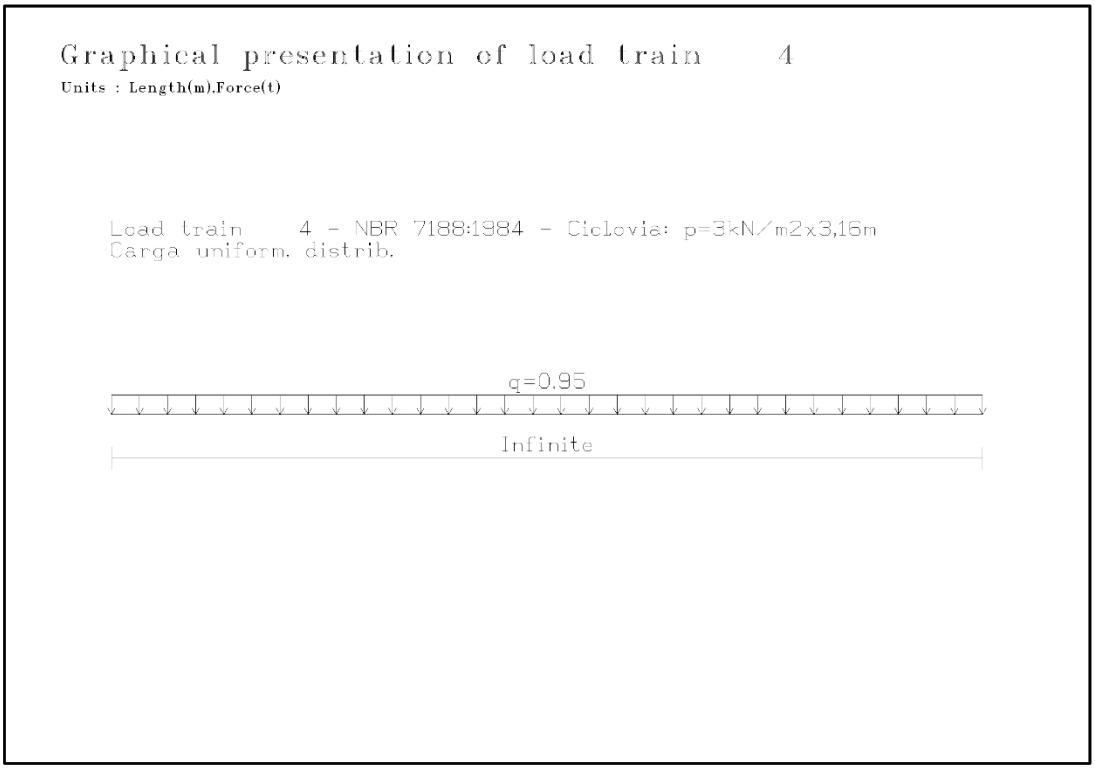


Figura 14 - Carregamento ciclovia

O "load train 1" ao 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.

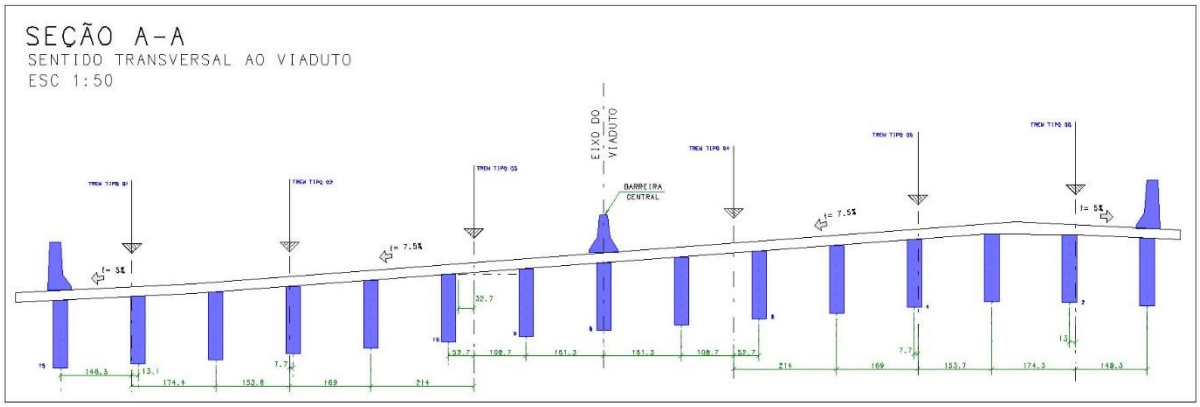


Figura 15 - Corte transversal do viaduto

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':

$$0{,}05 \cdot P' = 0{,}05 \left[\frac{0{,}5tf}{m^2} \cdot (24{,}20m \cdot 17{,}30m)\right] = 10{,}47tf$$

Considerando a área da faixa de rolamento igual a $24{,}20m\ x\ 17{,}30m$.

Desse modo a carga devido a frenagem e aceleração considerada foi a de 30% do peso do trem tipo igual a $13{,}5tf$ e, portanto, $13{,}5\ tf/(24{,}20 \cdot 17{,}30\ m^2) = 0{,}032\ tf/m^2$ 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 $15°C$.

Variação de temperatura a considerada:

$$\Delta_t = -15°C$$

2.3.3.3 Empuxo

Foi considerado um solo com as seguintes características:

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

$\phi_{solo} = 30° \longrightarrow K_{adotado} = 0{,}49$

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-roda*	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).

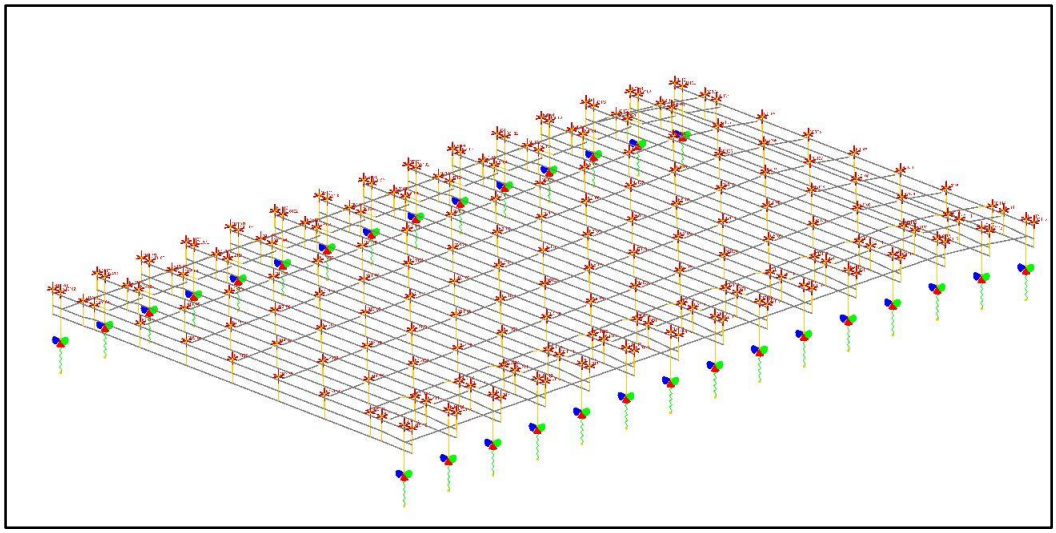


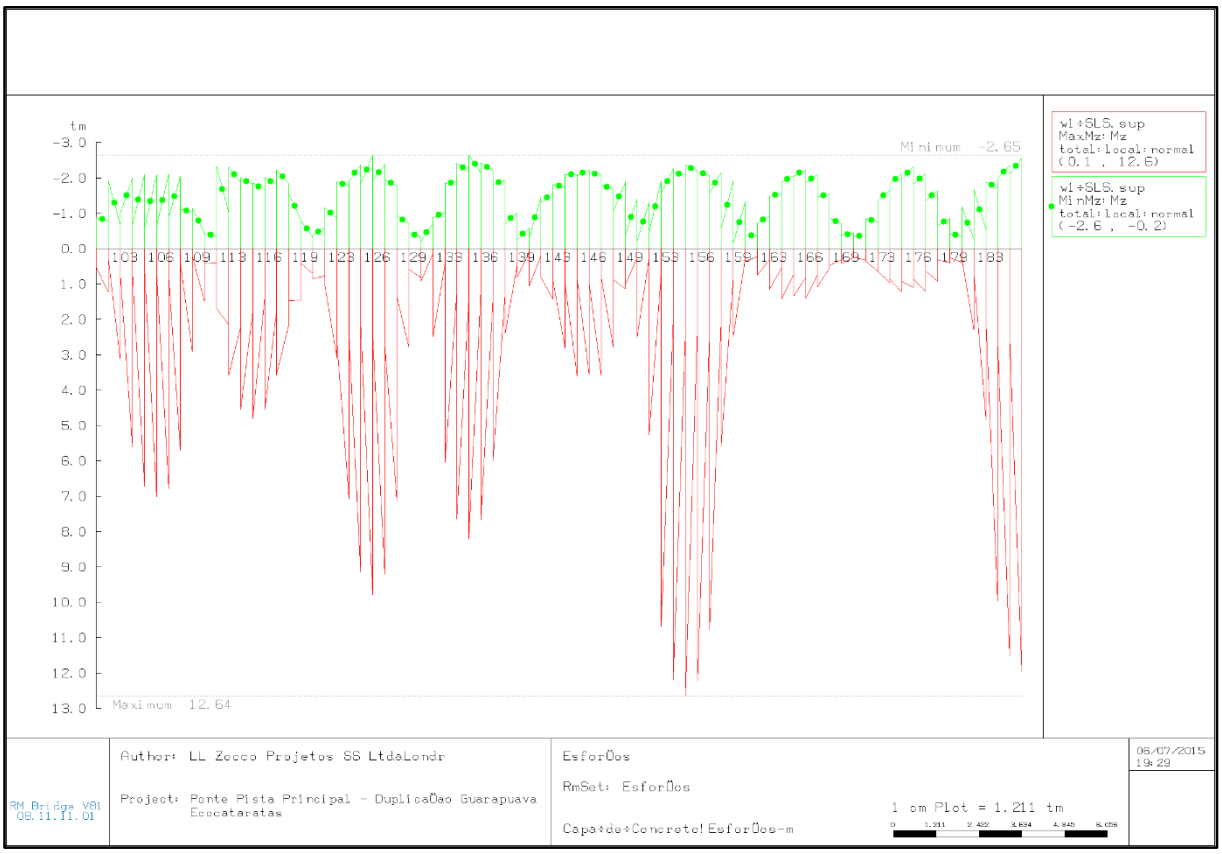
Figura 16 - Modelo analítico RM Bridge

2.5.2 Esforços Concomitantes no tabuleiro

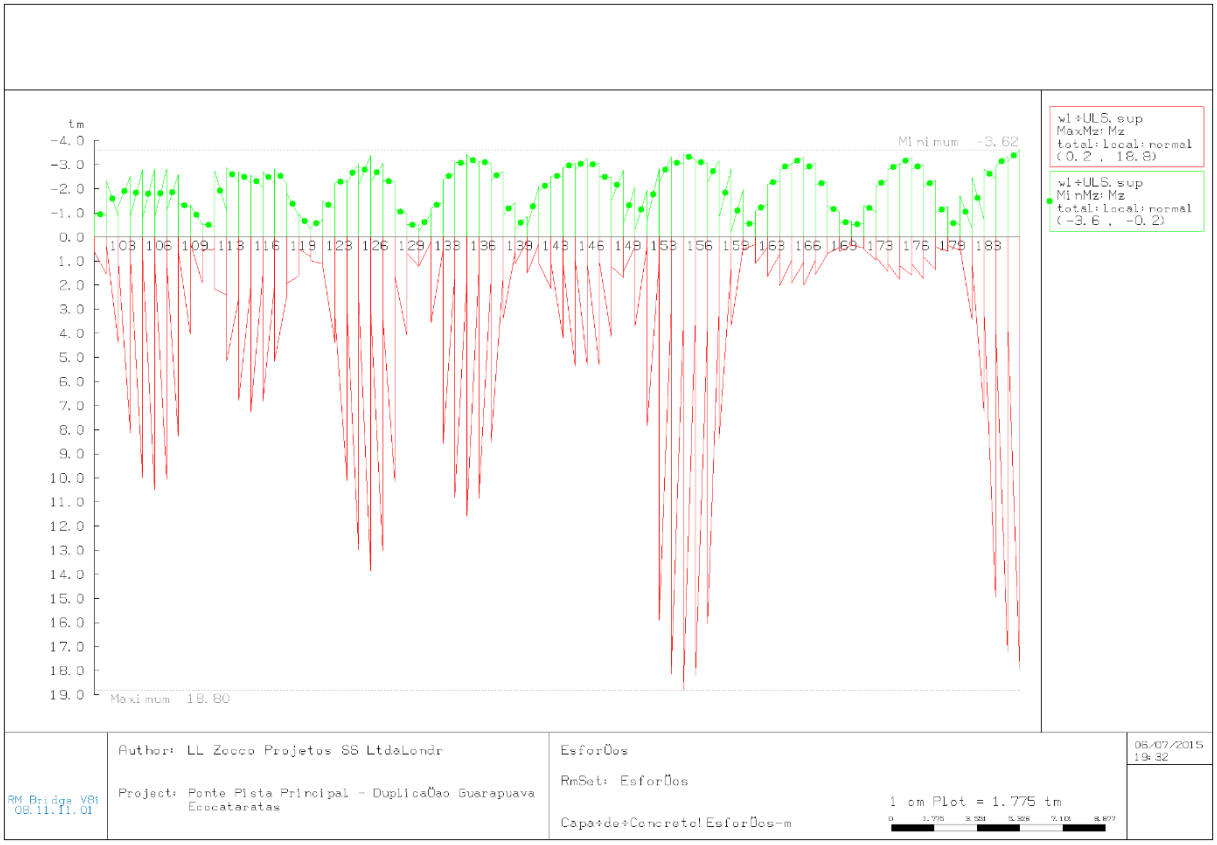
A partir do modelo descrito foram encontrados os seguintes esforços para as vigas do tabuleiro de acordo com os carregamentos analisados.

2.5.2.1 Esforços de Momento Fletor

Esforços Estado Limite de Serviço (ELS)

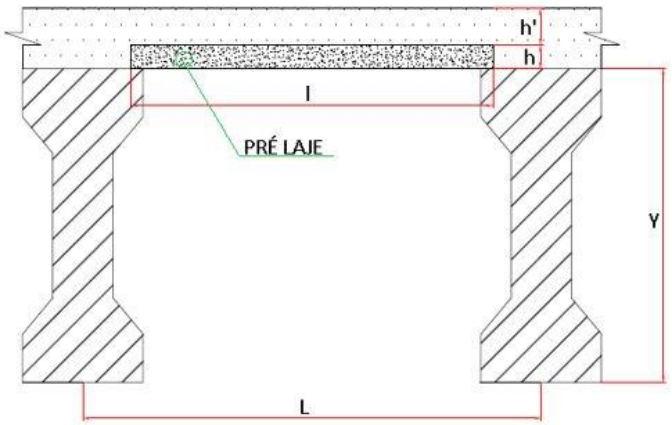


Esforços Estado Limite Ultimo (ELU)



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
l	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/m²
Momentos no Tabuleiro	
M transversal positivo max	6,0 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

Dimensionamento do tabuleiro

Dados dos materiais		Dados do Tabuleiro (cm)								
Fck (kgf/cm2)	Fyk (kgf/cm2)	h	h'	b	Cobrimento	d'	d	l	L	Comprimento Longitudinal
300	5000	7	13	100	3	3,9	15,7	107	161	1600

Dimensionamento da Pré - Laje

Cargas			Verificação da Flexão			Verificação da Cortante				
g1	g2	p - acidental	Mg	Mp	Md	Vg	Vp	V_{sd}	V_{rd1}	Dispensa armadura transversal
0,18	0,33	0,2	0,07	0,03	0,14	0,27	0,11	0,52	15,75	

Armadura		
AS_{min} (cm²)	As_{calc} (cm²)	As/As'
3	0,29	3,00

Dimensionamento da Laje moldada in loco

Cargas				Coeficiente de impacto	
pp	p - sobrecarga	t1 - trem tipo (veículo)	t2 - trem tipo (multidão)	φ1	φ2
0,5	0,2	7,5 tf	0,5 tf/m²	1,39	1,29

Verificação da Flexão

Mom. Transversal (+)						Mom. Transversal (-)					
Mg	$M_{compat.}$	$Mp_{vetc.}$	Mpmult	Mp*φ	Mk	Mg	$M_{compat.}$	Mp_{vetc}	Mpmult	Mp*φ	Mk
0,23	3,1	1,51	0,11	2,10	5,42	0,23	1,6	1,51	0,11	2,10	3,92

Armadura Calculada			Armadura Calculada		
AS_{min} (cm²)	As_{calc} (cm²)	As/As'	AS_{min} (cm²)	As_{calc} (cm²)	As/As'
3	12,27	**12,27**	3	8,61	**8,61**

Armadura adotada na laje do tabuleiro

Armadura Transversal (+)			Armadura Transversal (-)		
Bitola (mm)	Espaçamento	AS	Bitola (mm)	Espaçamento	AS
12,5	10	12,27	12,50	12,50	9,82

Armação Adotada:

Armadura positiva transversal = ϕ 12,5 mm c/ 10,0 cm (Pré laje)
Armadura negativa transversal = ϕ 12,5 mm c/ 12,5 cm
Armadura positiva longitudinal = ϕ 8,0 mm c/ 15,0 cm
Armadura negativa longitudinal = ϕ 10,0 mm c/ 15,0 cm

Verificação da Cortante

bw	Vpp	Área	Vgk	Vq	Vsd	τ_{rd}	d	k	p1	Vrd1
121,8 cm	0,868 tn/m²	0,035 m²	0,030 tn/m	2,507 tn/m	3,80 tn/m	0,33	15,7	1,44	0,0064	10,91

Dispensa armadura transversal

INÍCIO

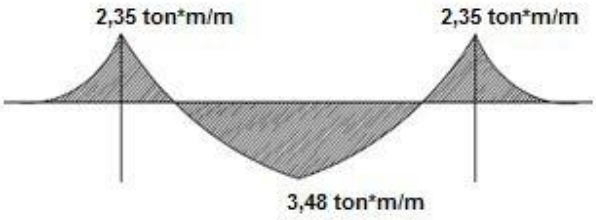
Entrada

Memorial

Gráficos de Momentos no tabuleiro - Permanentes e Acidentais

Momentos permanentes transversais

Resultado de momentos permanentes transversais (fresco+cargas permanentes sobre o tabuleiro)

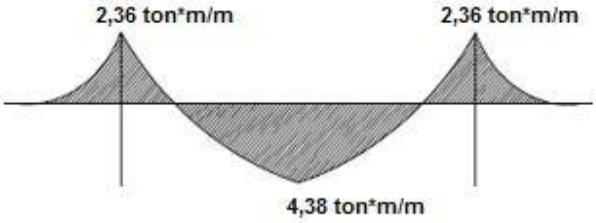


Momentos acidentais transversais

Vão da laje: 2,45 metros
Os esforços do tabuleiro foram corrigidos com o coeficiente de impacto:

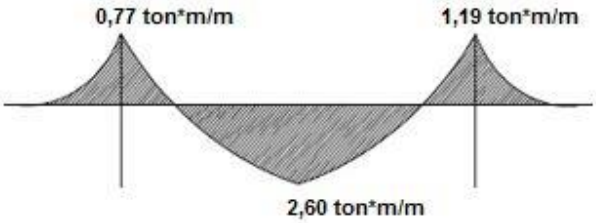
$\phi = 1,4 - 0,007*L$

$\phi = 1,38$



Momentos permanentes longitudinais

Resultado de momentos permanentes transversais (fresco+cargas permanentes sobre o tabuleiro)

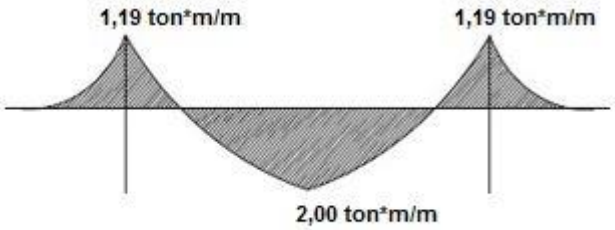


Momentos acidentais longitudinais

Vão da laje 25,00 metros
Os esforços do tabuleiro foram corrigidos com o coeficiente de impacto:

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

$\phi = 1,23$



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 cento 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:

$$a = 50 + 2 \times 17 = 84cm$$
$$b = 20 + 2 \times 17 = 54cm$$

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:

$V_{gk} = V_{pp} \times Área$

$V_{gk} = 0,030$

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

P = 6,0 ton	Valor adotado segundo a NBR 7188
Φ = 1,39	Coeficiente de Impacto
Y = 0,366	Coordenada obtida na linha de influência do esforço cortante na seção "S"

Portanto:

$V_q = 2,51$

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

Vsd = 1,35 x Vg + 1,50 x Vp

Vsd = 3,80

De acordo com o item 19.4.1 da NBR 6118/2003, a força cortante resistente Vrd1 é dada pela seguinte equação:

$$Vrd1 = \tau rd \times K \times (1,2 + 40\ \rho 1) \times bw \times d$$

$\tau_{rd} = 0,331$
k = 1,443
ρ1 = 0,006 < 2% 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):**

  Φ **12,5mm c/10cm (As=12,27cm²/m)**

- **Armadura Negativa Transversal:**

  Φ **12,5mm c/12,5cm (As=9,82cm²/m)**

- **Armadura Positiva Longitudinal:**

  Φ **8,0mm c/15cm (As=3,35cm²/m)**

- **Armadura Negativa Longitudinal (Capa de Concreto):**

  Φ **10,0mm c/15cm (As=5,23cm²/m)**

2.6.1 Verificação da pré-laje

$g1 = 0{,}07\,x\,2{,}50 = 0{,}18 ton/m2$ (peso próprio da pré-laje)

$g2 = 0{,}13 x 2{,}50 = 0{,}33 ton/m2$ (peso do concreto fresco da laje moldada no local)

$\rightarrow g_{total} = 0{,}18 + 0{,}33 = 0{,}51 ton/m2$

$\rightarrow$ q = 0,20 ton/m2 (carga acidental durante a construção)

Verificação da Flexão:

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

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

Com $h = 7{,}0cm \rightarrow\ d = 7{,}0 - 2{,}50 = 4{,}0cm$ $\rightarrow$(h – cobr – ½.F)

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

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

2.6.2 Verificação do cortante

$$Vg = \frac{g.l}{2} = \frac{0{,}51x1{,}07}{2} = 0{,}27ton/m$$

$$Vp = \frac{p.l}{2} = \frac{0{,}2x1{,}07}{2} = 0{,}107ton/m$$

$$Vsd = 1{,}35x0{,}27 + 1{,}50x0{,}107 = 0{,}53ton/m$$

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

$$\rho_1 = \frac{12{,}27}{100.7} = 1{,}75\% < 2\%$$

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

$$\tau_{Rd} = 0{,}25xf_{ctd} = 0{,}25.(0{,}7.0{,}3.20^{\frac{2}{3}})/1{,}4 = 0{,}28MPa = 27{,}6ton/m^2$$

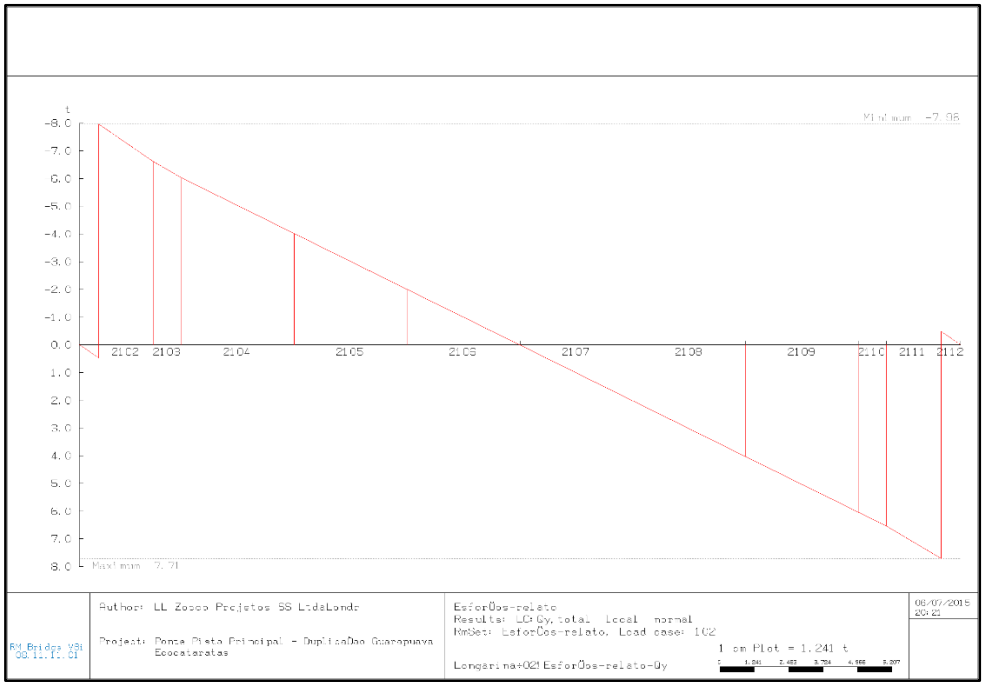
$$V_{Rd1} = \{27{,}6x1{,}56x(1{,}2 + 40x0{,}0175) + 0{,}15x0{,}00\}x100x0{,}04 \rightarrow V_{Rd1} = 3{,}27ton/m$$

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

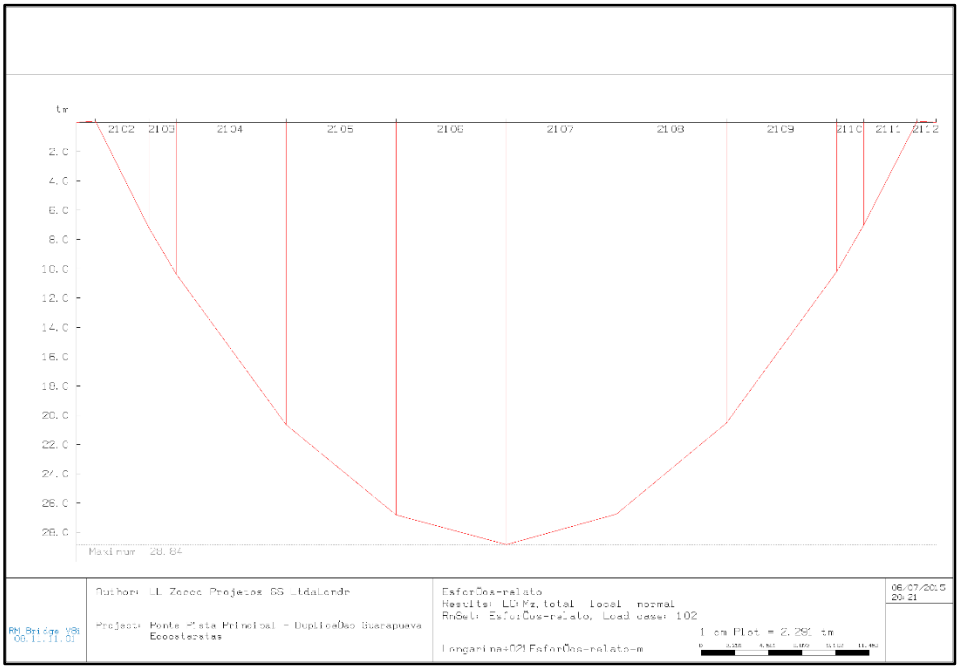
2.7 Dimensionamento da Longarina

2.7.1 Esforços decorrentes das cargas de peso próprio e utilização

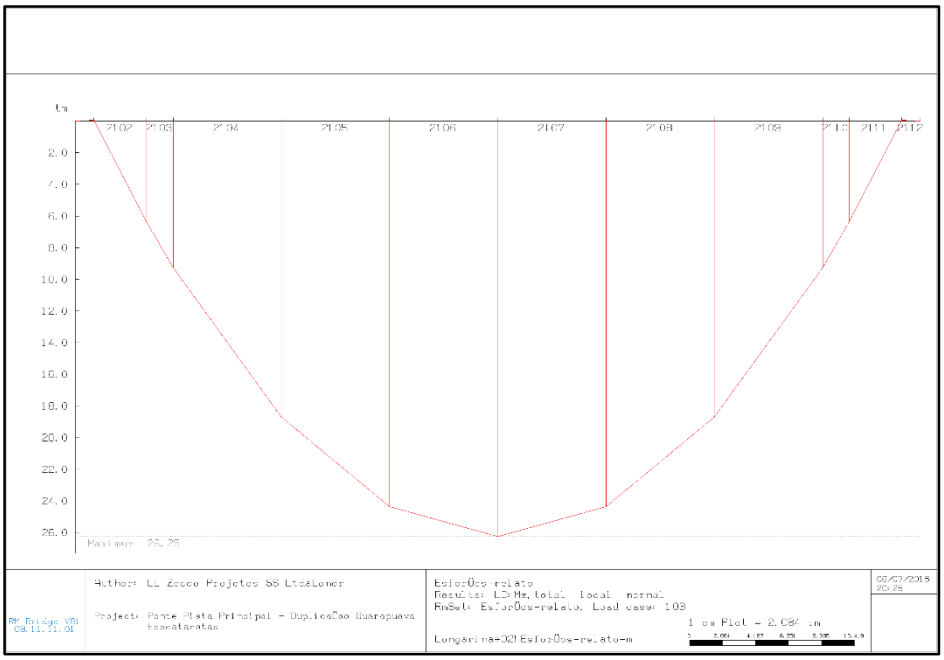
2.7.1.1 Momentos fletores devido ação do peso próprio:



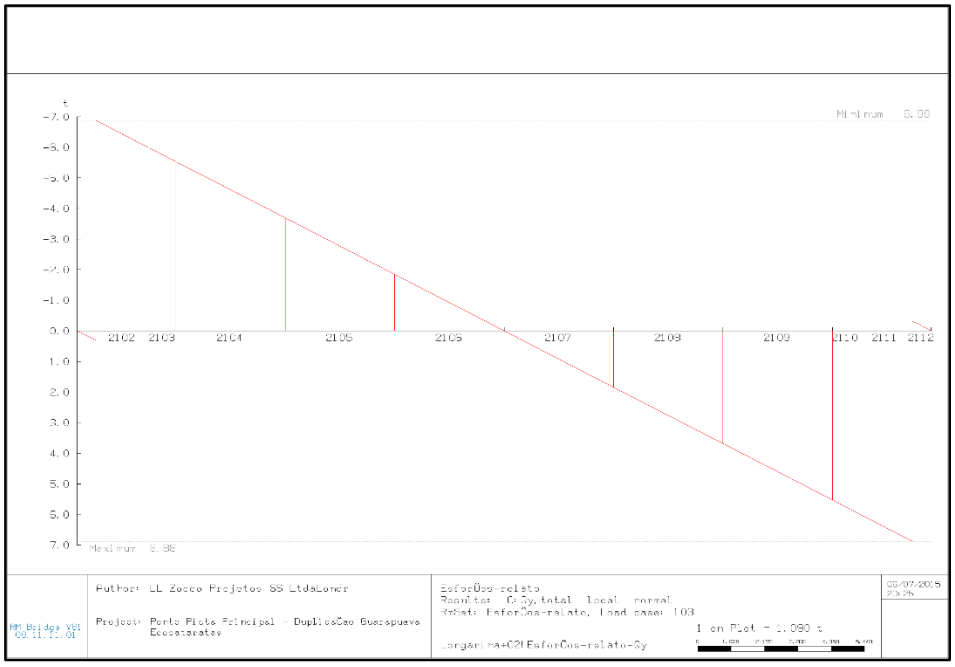
2.7.1.2 Esforço cortante devido ao peso próprio:



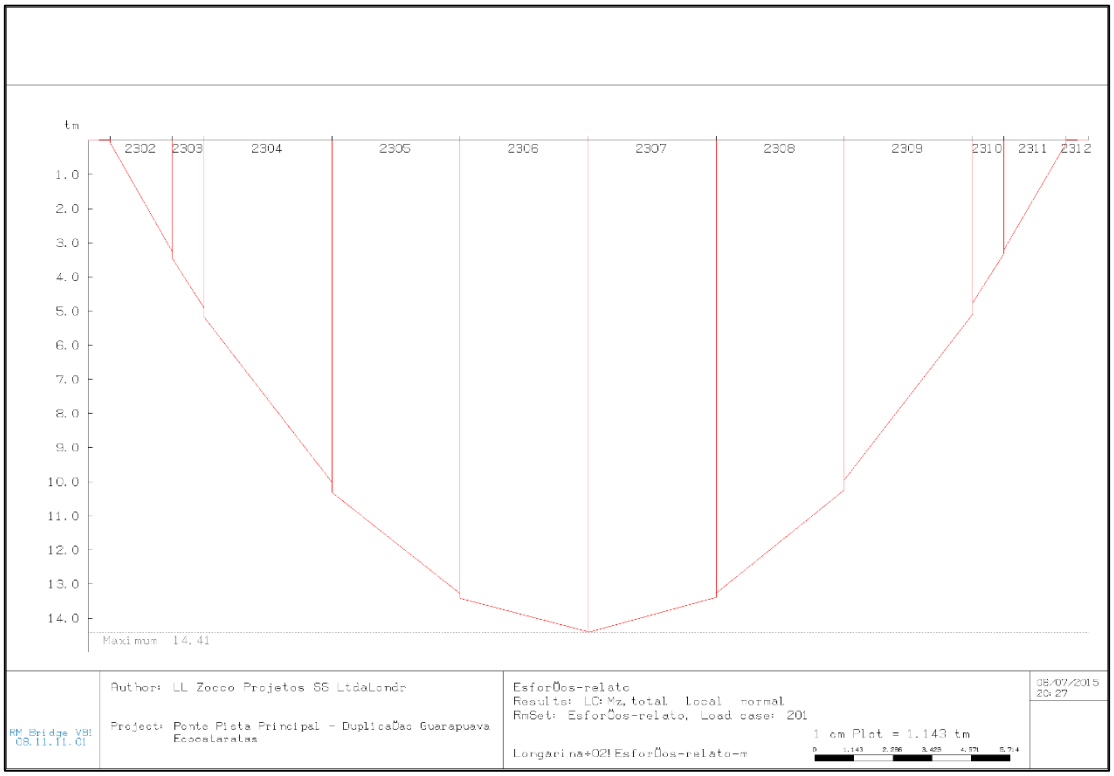
2.7.1.3 Momento fletor devido a capa de concreto:



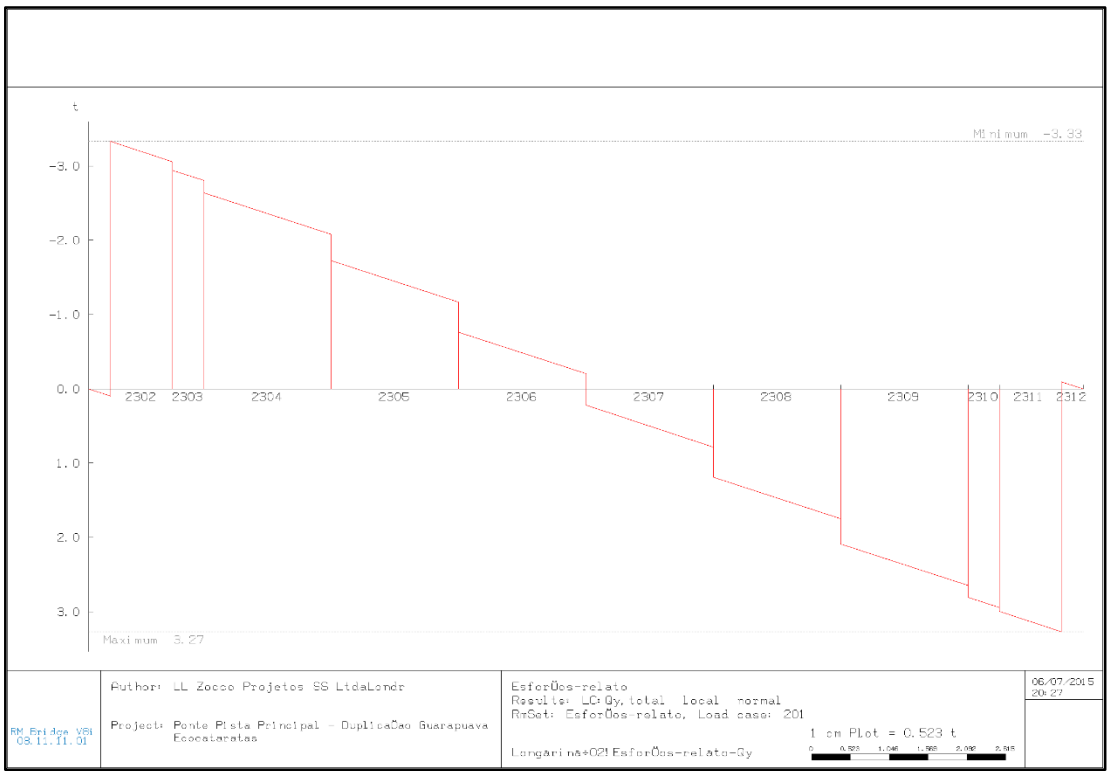
2.7.1.4 Esforço Cortante devido a capa de concreto:



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.

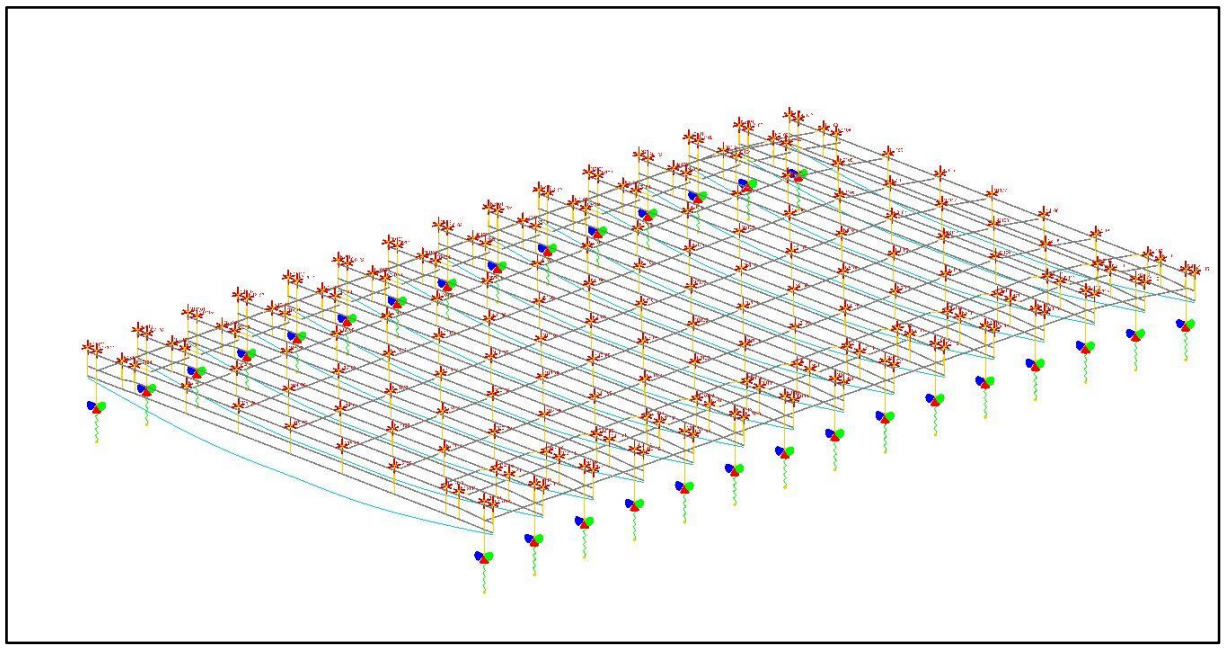


Figura 17 - Imagem do traçado da protensão

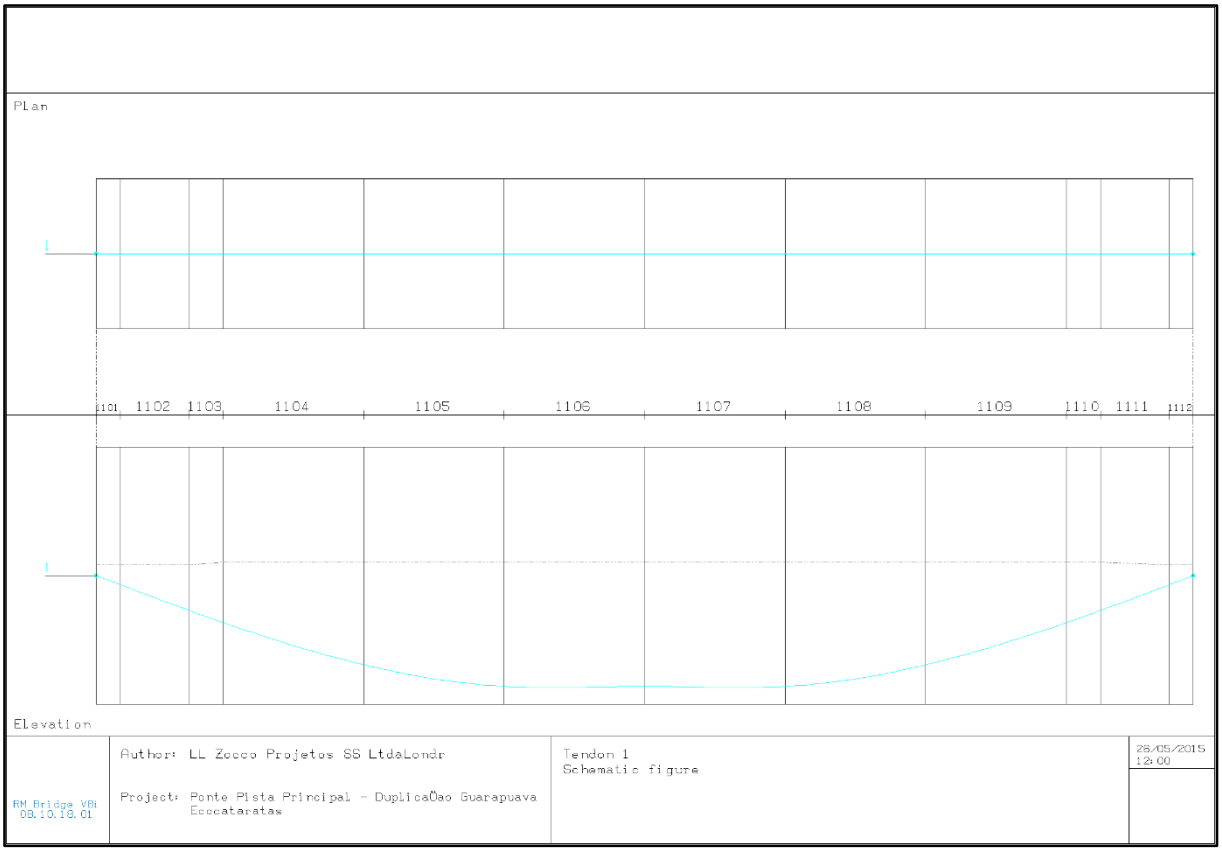


Figura 18 - Traçado da protensão

PROTENSÃO DA VIGA LONGARINA

Elevação dos cabos longitudinais

ESC. 1:50

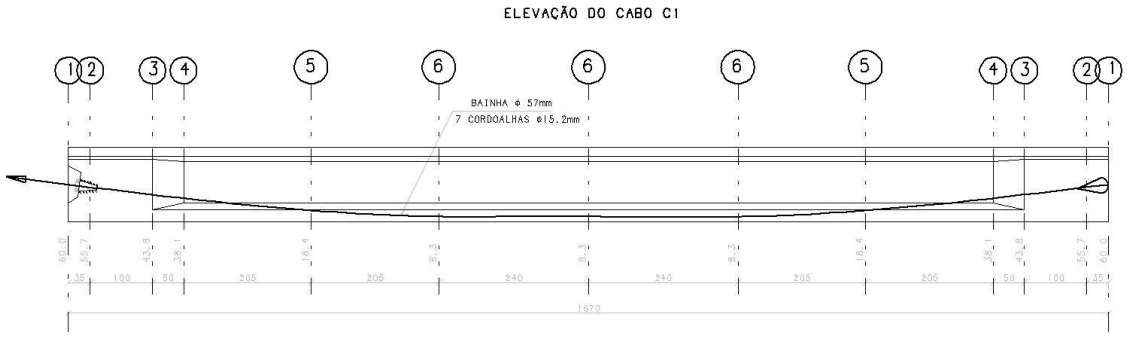


Figura 19 – Detalhamento viga protendida

2.8.1 Força de protensão e perdas

```
Prog.:RMV8I REV. 08.10.18.01          Date :26/05/2015    11:57  Page :
613
Auth.: ** BENTLEY Systems Austria **
LL Zocco Projetos SS LtdaLondr

Ponte Pista Principal - 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

    Tendon Action                        Nb            Ne          dl
L
                                        Nb%           Ne%
--------------------------------------------------------------------------------
    1      STRESS     START         21.161        19.931     0.11547
16.051
                                     1.055         0.994
    1      WEDGE SLIP START         18.906        20.002    -0.00600
13.907
                                     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
```

```
    Tendon Action                          Nb            Ne          dl
L
                                          Nb%           Ne%
-------------------------------------------------------------------------
    2       STRESS     START          21.161        19.931     0.11547
16.051
                                       1.055         0.994
    2       WEDGE SLIP START          18.906        20.002    -0.00600
13.907
                                       0.943         0.997


    STAGE       : w1_Precast Time:    15.000    "SL3"

=========================================================================

_
Prog.:RMV8I REV. 08.10.18.01          Date :26/05/2015    11:57  Page :
614
Auth.: ** BENTLEY Systems Austria **
LL Zocco Projetos SS LtdaLondr

Ponte Pista Principal - 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

    Tendon Action                          Nb            Ne          dl
L
                                          Nb%           Ne%
-------------------------------------------------------------------------
    3       STRESS     START          21.161        19.931     0.11547
16.051
                                       1.055         0.994
    3       WEDGE SLIP START          18.906        20.002    -0.00600
13.907
                                       0.943         0.997


    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

    Tendon Action                          Nb            Ne          dl
L
                                          Nb%           Ne%
-------------------------------------------------------------------------------
    4       STRESS     START         21.161        19.931     0.11547
16.051
                                      1.055         0.994
    4       WEDGE SLIP START         18.906        20.002    -0.00600
13.907
                                      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 :26/05/2015    11:57  Page :
615
Auth.: ** BENTLEY Systems Austria **
LL Zocco Projetos SS LtdaLondr

Ponte Pista Principal - 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 Action                          Nb            Ne          dl
L
                                          Nb%           Ne%
-------------------------------------------------------------------------------
    5       STRESS     START         21.161        19.931     0.11547
16.051
                                      1.055         0.994
    5       WEDGE SLIP START         18.906        20.002    -0.00600
13.907
                                      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

    Tendon Action                        Nb            Ne          dl
L
                                        Nb%           Ne%
-------------------------------------------------------------------------------
    6      STRESS     START         21.161        19.931     0.11547
16.051
                                      1.055         0.994
    6      WEDGE SLIP START         18.906        20.002    -0.00600
13.907
                                      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

    Tendon Action                        Nb            Ne          dl
L
                                        Nb%           Ne%
-------------------------------------------------------------------------------
    7      STRESS     START         21.161        19.931     0.11547
16.051
                                      1.055         0.994
    7      WEDGE SLIP START         18.906        20.002    -0.00600
13.907
                                      0.943         0.997

_
Prog.:RMV8I REV. 08.10.18.01          Date :26/05/2015    11:57  Page :
616
Auth.: ** BENTLEY Systems Austria **
LL Zocco Projetos SS LtdaLondr

Ponte Pista Principal - 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

    Tendon Action                        Nb            Ne          dl
L
                                        Nb%           Ne%
--------------------------------------------------------------------------------
    8      STRESS     START         21.161        19.931     0.11547
16.051
                                     1.055         0.994
    8      WEDGE SLIP START         18.906        20.002    -0.00600
13.907
                                     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

    Tendon Action                        Nb            Ne          dl
L
                                        Nb%           Ne%
--------------------------------------------------------------------------------
    9      STRESS     START         21.161        19.931     0.11547
16.051
                                     1.055         0.994
    9      WEDGE SLIP START         18.906        20.002    -0.00600
13.907
                                     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 :26/05/2015    11:57  Page :
617
Auth.: ** BENTLEY Systems Austria **
LL Zocco Projetos SS LtdaLondr
```

Ponte Pista Principal - 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

Tendon	Action		Nb	Ne	dl	L
			Nb%	Ne%		
10	STRESS	START	21.161	19.931	0.11547	16.051
			1.055	0.994		
10	WEDGE SLIP	START	18.906	20.002	-0.00600	13.907
			0.943	0.997		

STAGE : w1_Precast Time: 15.000 "SL11"

==========

TENDON No. : 11 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

Tendon	Action		Nb	Ne	dl	L
			Nb%	Ne%		
11	STRESS	START	21.161	19.931	0.11547	16.051
			1.055	0.994		
11	WEDGE SLIP	START	18.906	20.002	-0.00600	13.907
			0.943	0.997		

STAGE : w1_Precast Time: 15.000 "SL12"

==========

TENDON No. : 12 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

    Tendon Action                          Nb            Ne          dl
L
                                          Nb%           Ne%
_
Prog.:RMV8I REV. 08.10.18.01          Date :26/05/2015    11:57  Page :
618
Auth.: ** BENTLEY Systems Austria **
LL Zocco Projetos SS LtdaLondr

Ponte Pista Principal - 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)

-------------------------------------------------------------------------------
    12      STRESS     START         21.161        19.931     0.11547
16.051
                                      1.055         0.994
    12      WEDGE SLIP START         18.906        20.002    -0.00600
13.907
                                      0.943         0.997


    STAGE       : w1_Precast Time:    15.000    "SL13"

===============================================================================


    TENDON No.  :    13     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

    Tendon Action                          Nb            Ne          dl
L
                                          Nb%           Ne%
-------------------------------------------------------------------------------
    13      STRESS     START         21.161        19.931     0.11547
16.051
                                      1.055         0.994
    13      WEDGE SLIP START         18.906        20.002    -0.00600
13.907
                                      0.943         0.997


    STAGE       : w1_Precast Time:    15.000    "SL14"

===============================================================================
```

```
    TENDON No.  :    14     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

    Tendon Action                        Nb            Ne          dl
L
                                        Nb%           Ne%
-----------------------------------------------------------------------------
    14     STRESS     START         21.161        19.931     0.11547
16.051
                                      1.055         0.994
    14     WEDGE SLIP START         18.906        20.002    -0.00600
13.907
                                      0.943         0.997


    STAGE       : w1_Precast Time:    15.000    "SL15"

_
Prog.:RMV8I REV. 08.10.18.01          Date :26/05/2015    11:57  Page :
619
Auth.: ** BENTLEY Systems Austria **
LL Zocco Projetos SS LtdaLondr

Ponte Pista Principal - 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.  :    15     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

    Tendon Action                        Nb            Ne          dl
L
                                        Nb%           Ne%
-----------------------------------------------------------------------------
    15     STRESS     START         21.161        19.931     0.11547
16.051
                                      1.055         0.994
    15     WEDGE SLIP START         18.906        20.002    -0.00600
13.907
                                      0.943         0.997
```

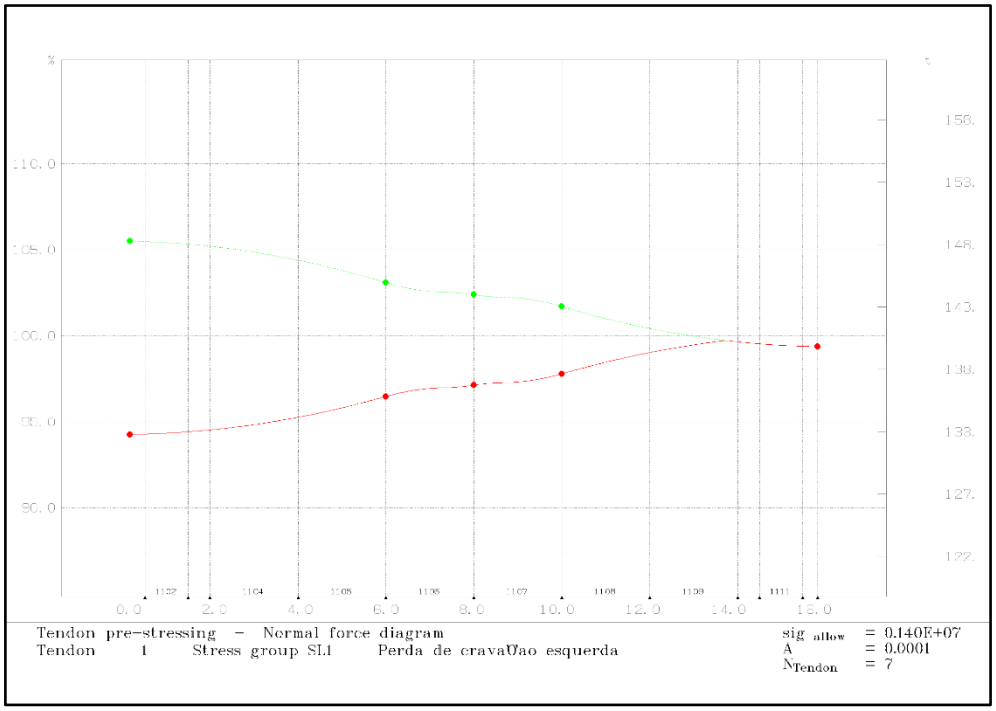


Figura 20 - Gráfico de perdas de protensão

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

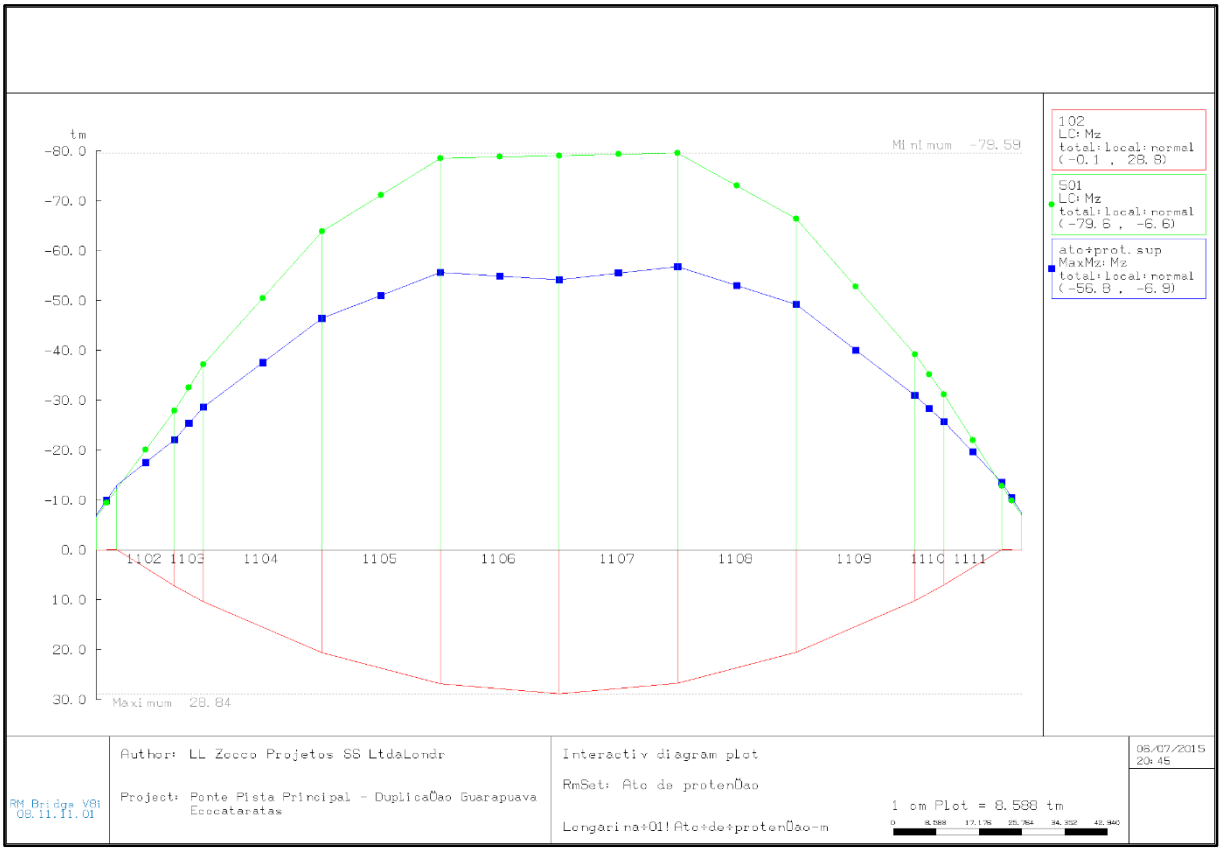


Figura 21 - Momentos no ato da protensão

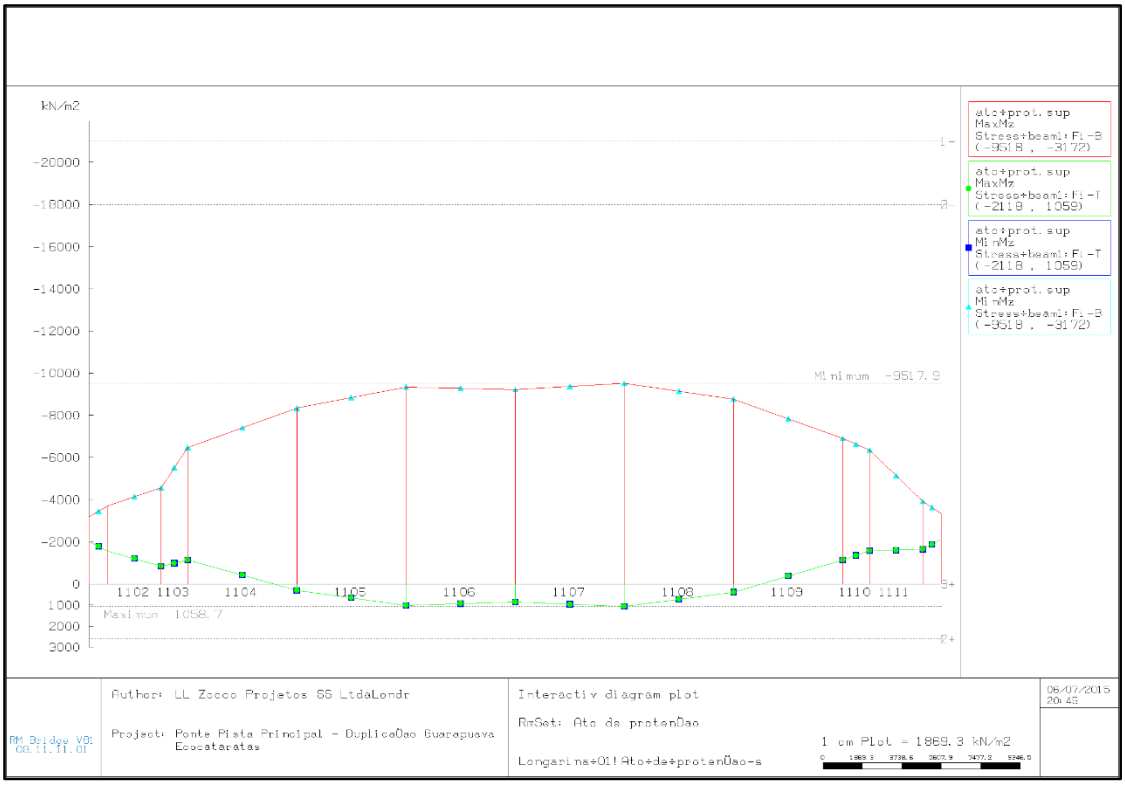


Figura 22 - Tensões no ato da protensão

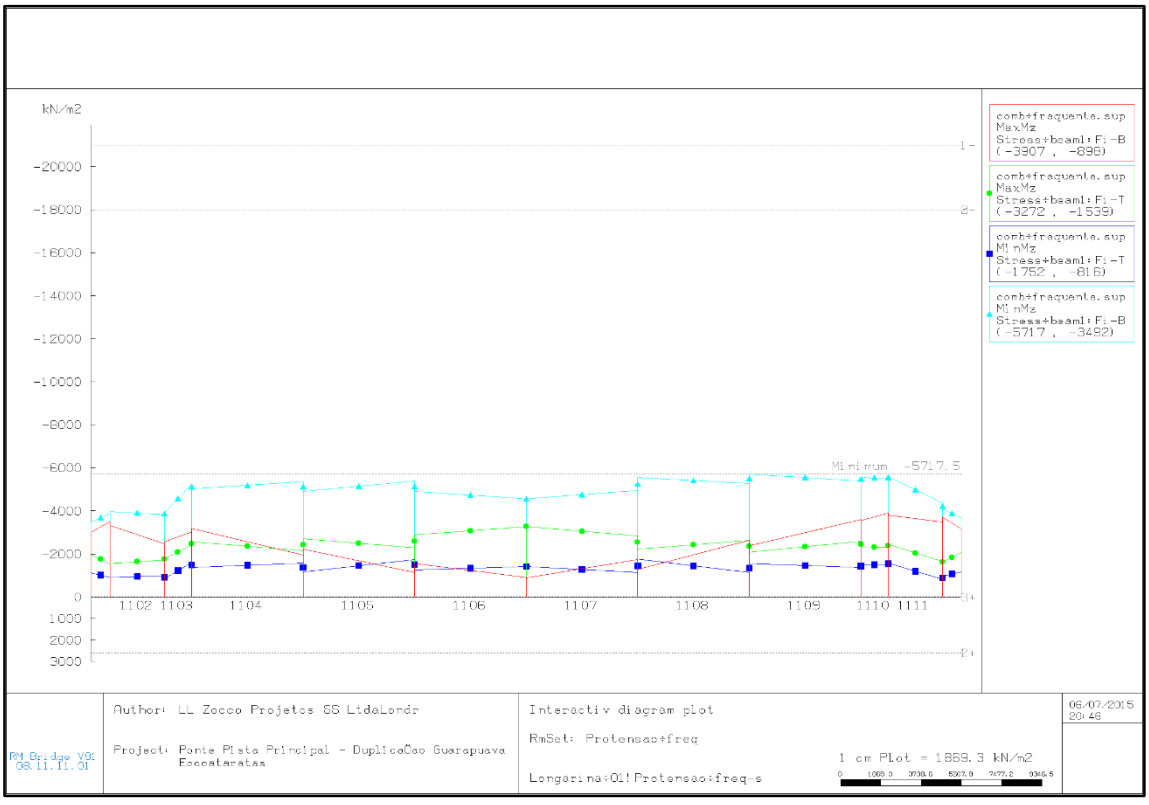


Figura 23 - Tensões combinação frequente

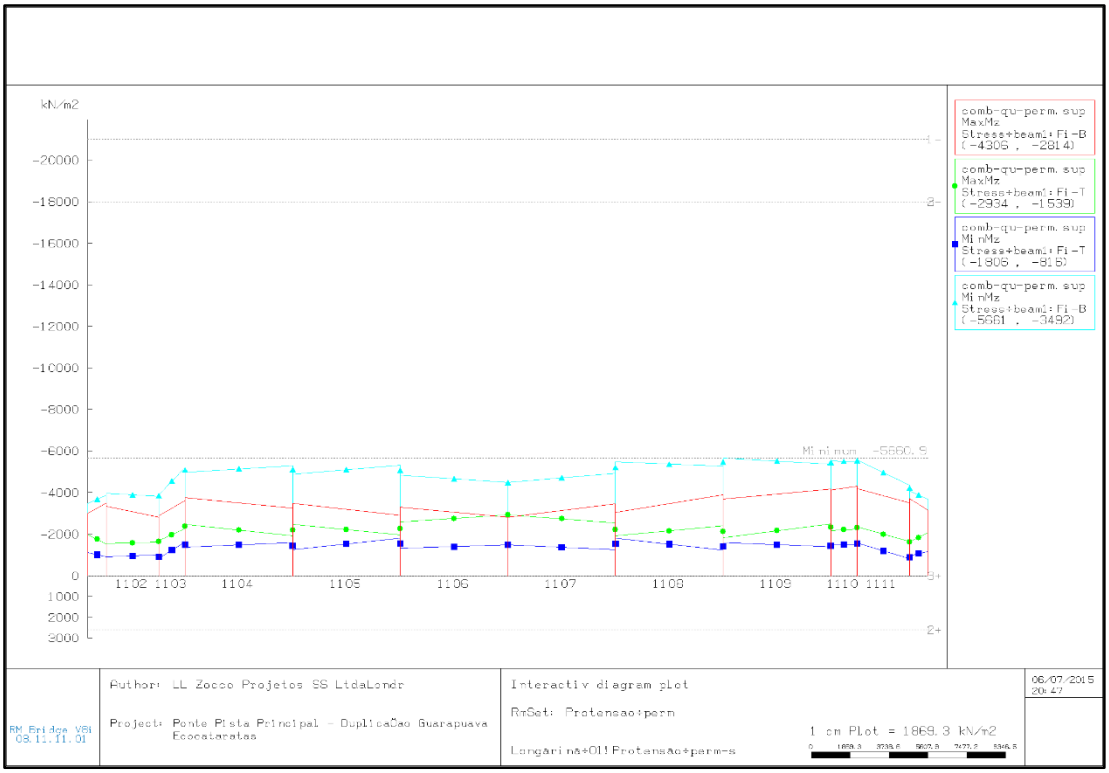


Figura 24 - Tensões combinação permanente

2.9 Verificação do Deslocamento

2.9.1 Relatório de deslocamento mínimo das longarinas - ELS

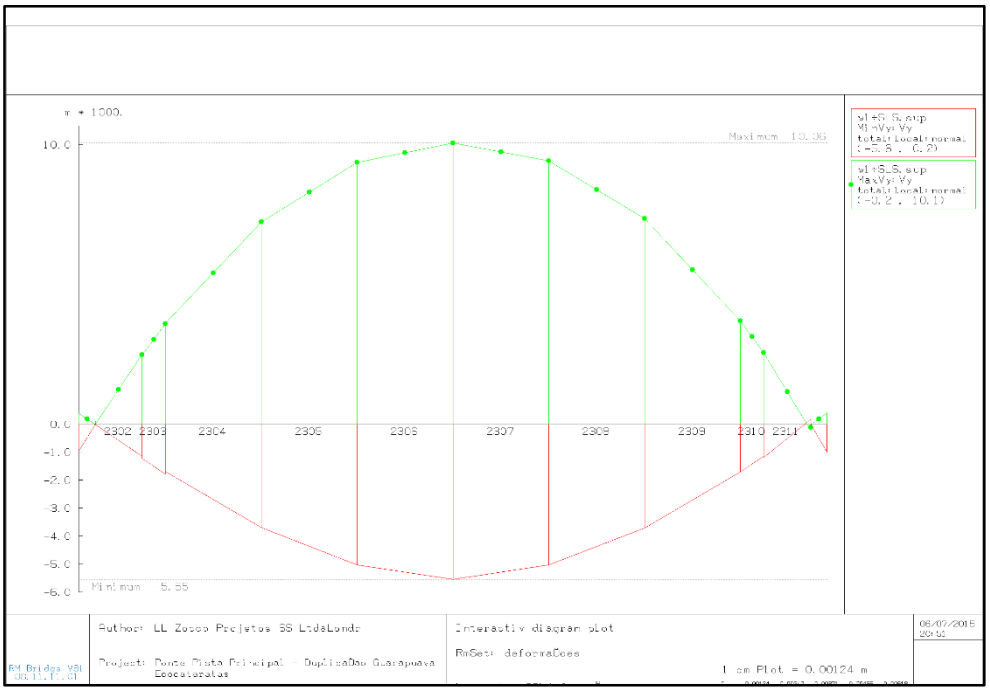


Figura 25 - Verificação deslocamento

2.9.2 Relatório de deslocamento das longarinas – Combinação Quase Permanente.

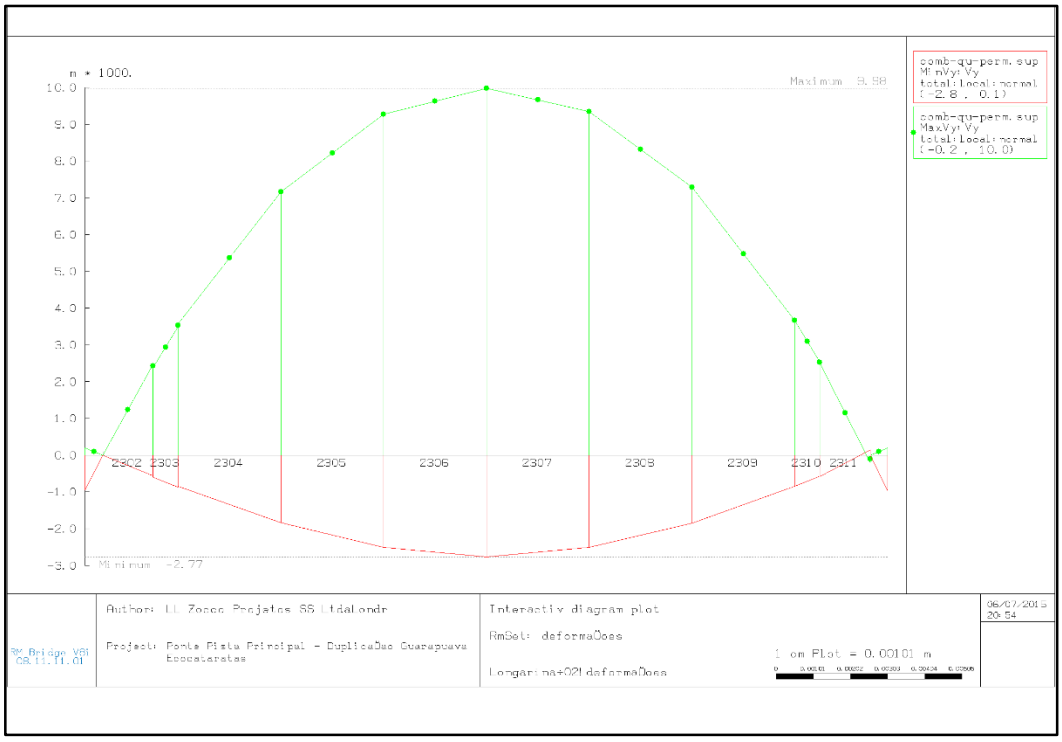


Figura 26 - Deslocamento combinação quase permanente

2.9.3 Relatório de deslocamento das longarinas – Combinação Frequente de ações

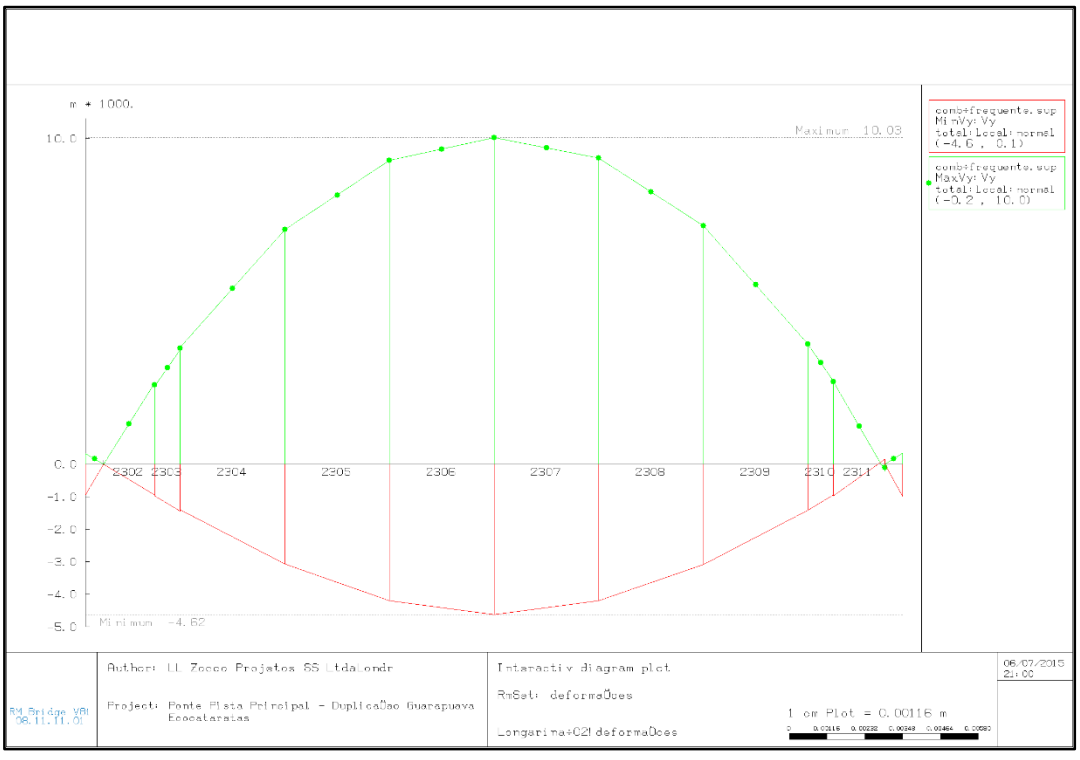


Figura 27 – Deslocamento combinação frequente de ações

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.

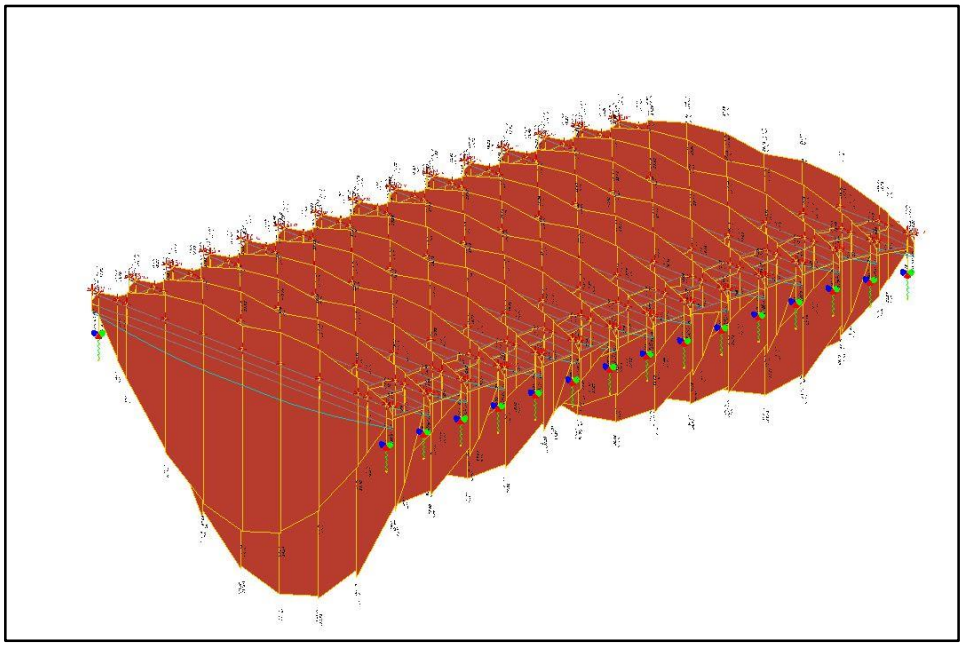


Figura 28 - Visão geral dos momentos fletores das longarinas

2.10.1 Diagrama de Momento fletor

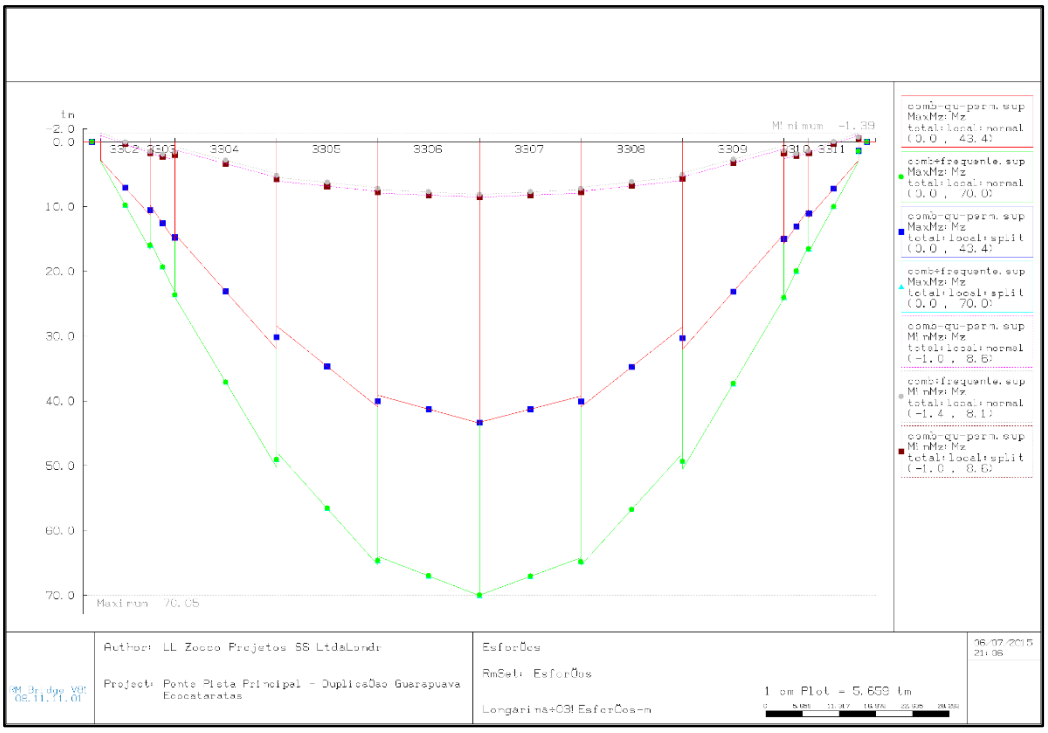


Figura 29 - Gráfico de momento fletor

2.10.2 Diagrama de esforço cortante

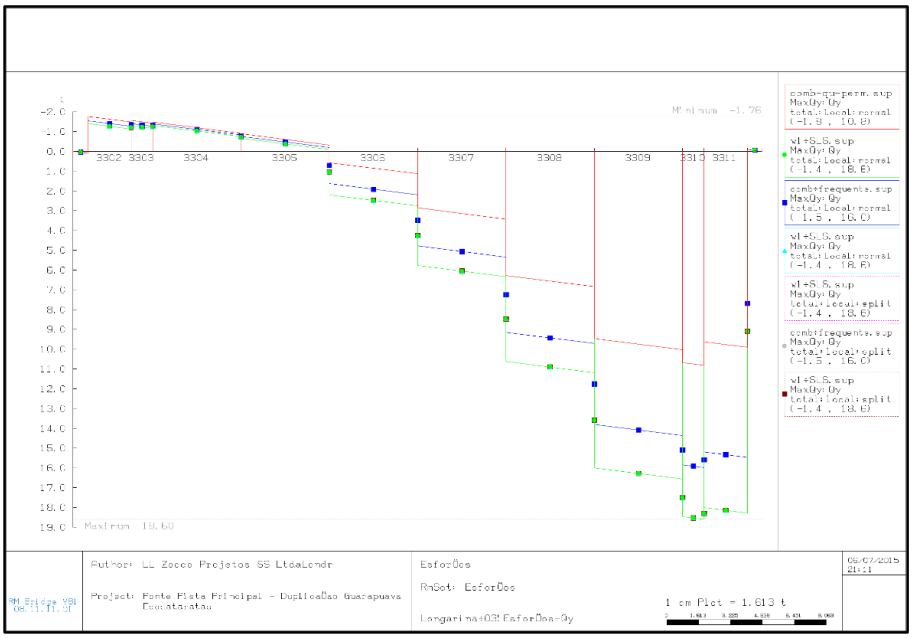


Figura 30 - Esforço cortante

2.10.3 Armadura passiva

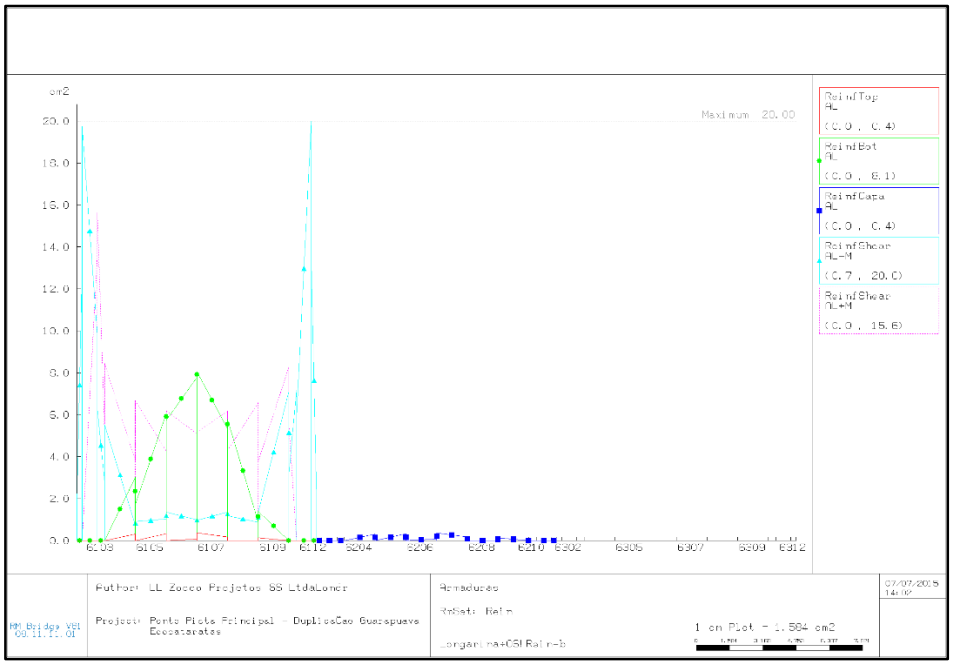


Figura 31 - Armadura passiva

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:**

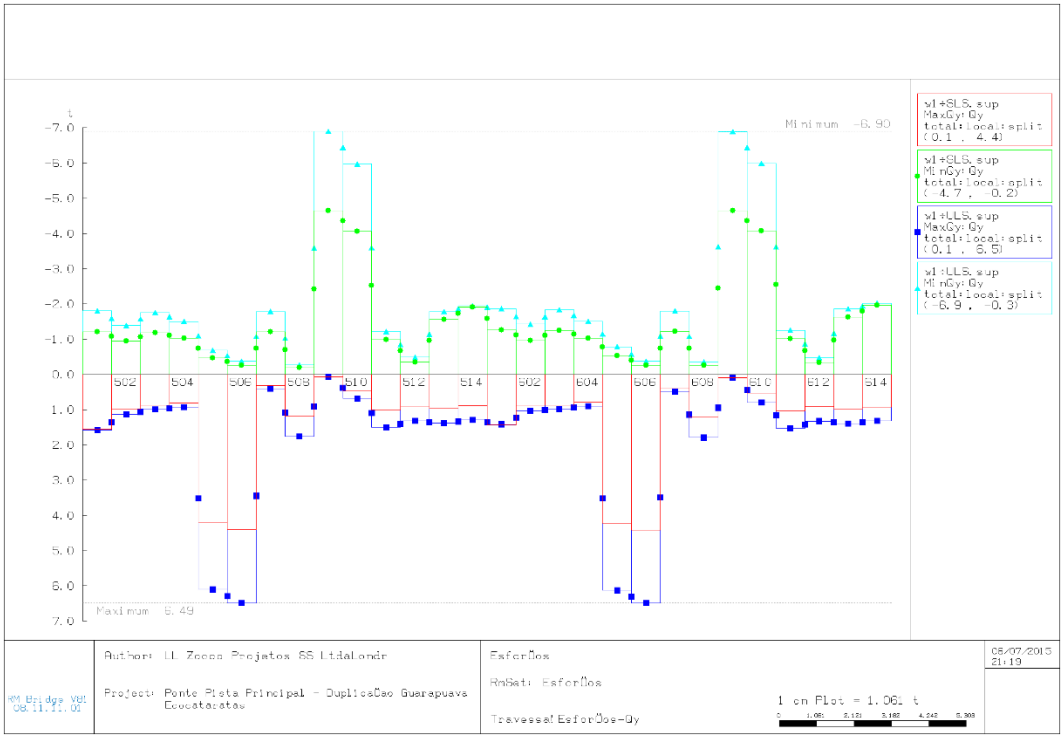
  6 ø 8,0mm (As=3,00cm²)
- **Armadura lateral:**

  2x8 ø 8,0mm (As=2x4,024cm²)
- **Estribos:**

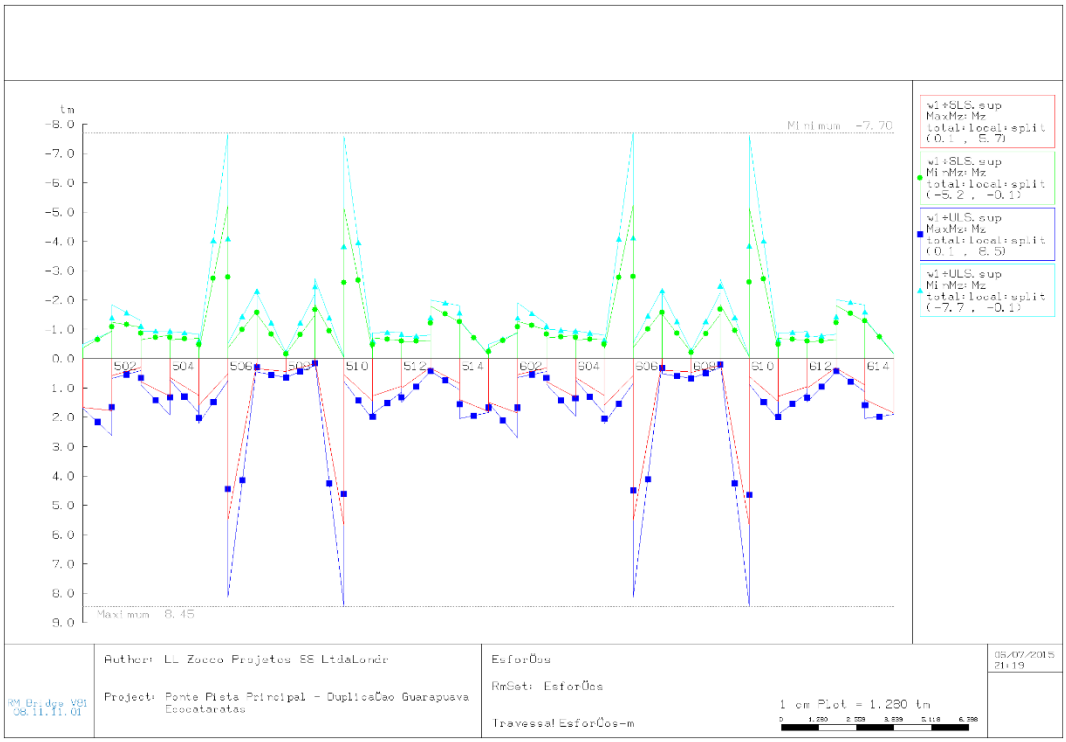
  4 Ramos ø 8mm c/15cm (As=13,40cm²/m)

2.11 Dimensionamento das Travessas

2.11.1 Diagrama de esforço cortante



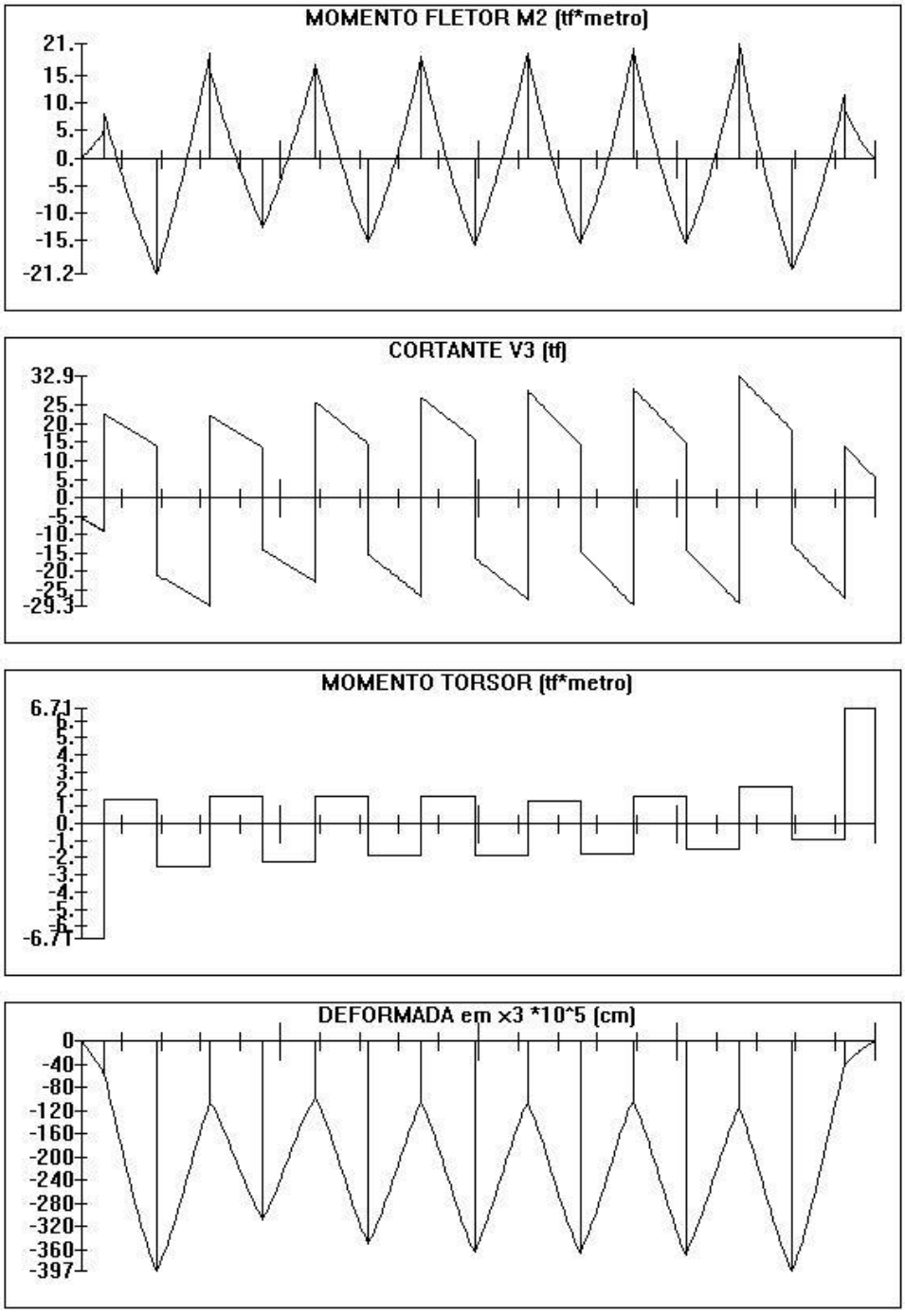
2.11.2 Diagrama de momento fletor



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)**
- **Estribos: 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 seção 130x160

- **Armadura positiva: 12 ø 20mm (As=37,68cm²)**
- **Armadura negativa: 12 ø 20mm (As=38,68cm²)**
- **Armadura lateral: 17 ø 12,5mm (As=21,25cm²)**
- **Estribos: 2 ramos ø 12,5mm c/ 12,5cm (As=19,63cm²/m)**

Armadura seção 130x213

- **Armadura positiva: 12 ø 25mm (As=58,91cm²)**
- **Armadura negativa: 12 ø 25mm (As=58,91cm²)**
- **Armadura lateral: 23 ø 12,5mm (As=28,75cm²)**
- **Estribos: 2 ramos ø 12,5mm c/ 12,5cm (As=19,63cm²/m)**

Armadura seção 130x273

- **Armadura positiva: 12 ø 25mm (As=58,91cm²)**
- **Armadura negativa: 12 ø 25mm (As=58,91cm²)**
- **Armadura lateral: 29 ø 12,5mm (As=36,25cm²)**
- **Estribos: 2 ramos ø 12,5mm c/ 12,5cm (As=19,63cm²/m)**

2.13 Dimensionamento do Neoprene

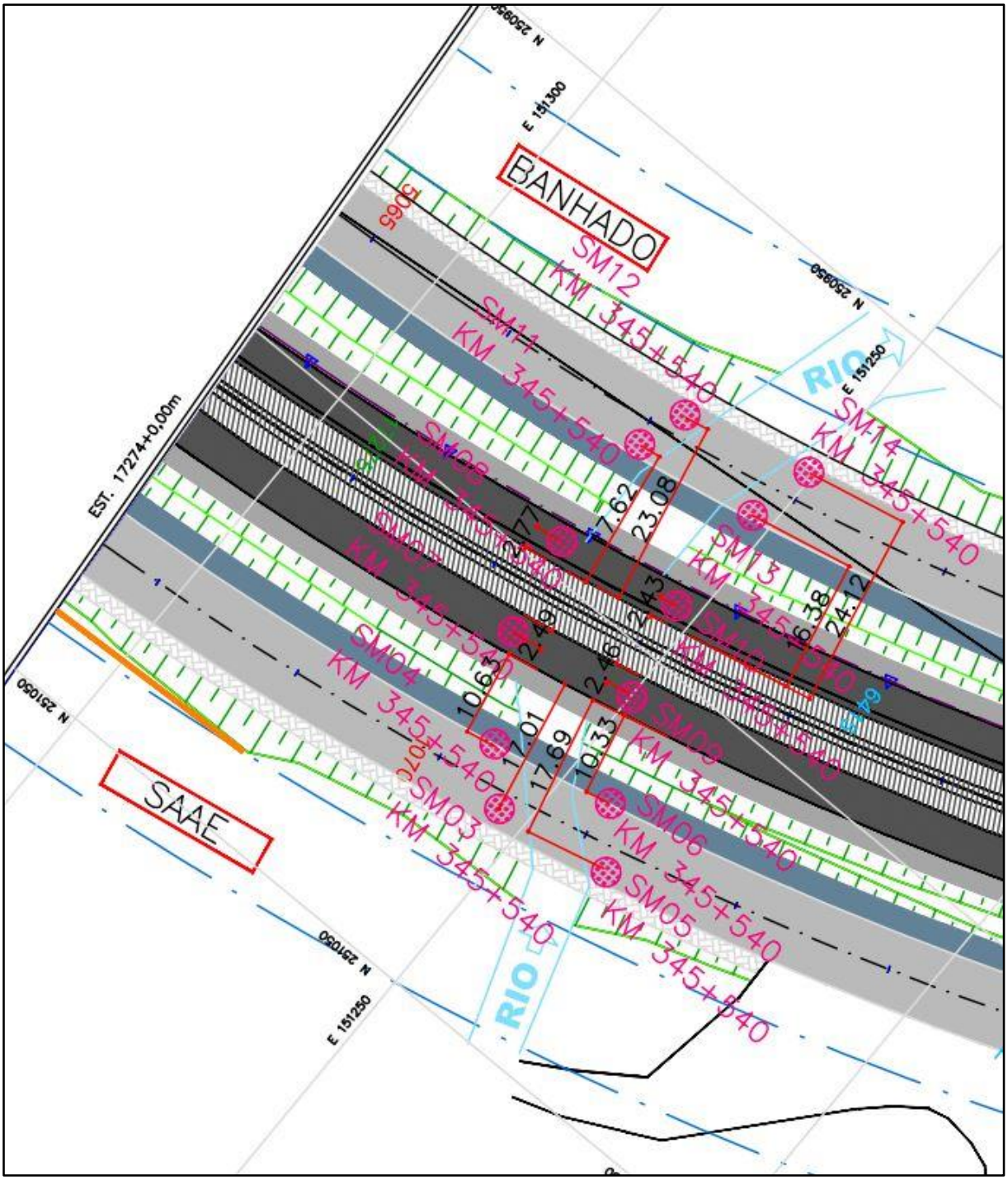
Aparelhos de apoio de elastômero fretado

NEOPREX - EN 1337

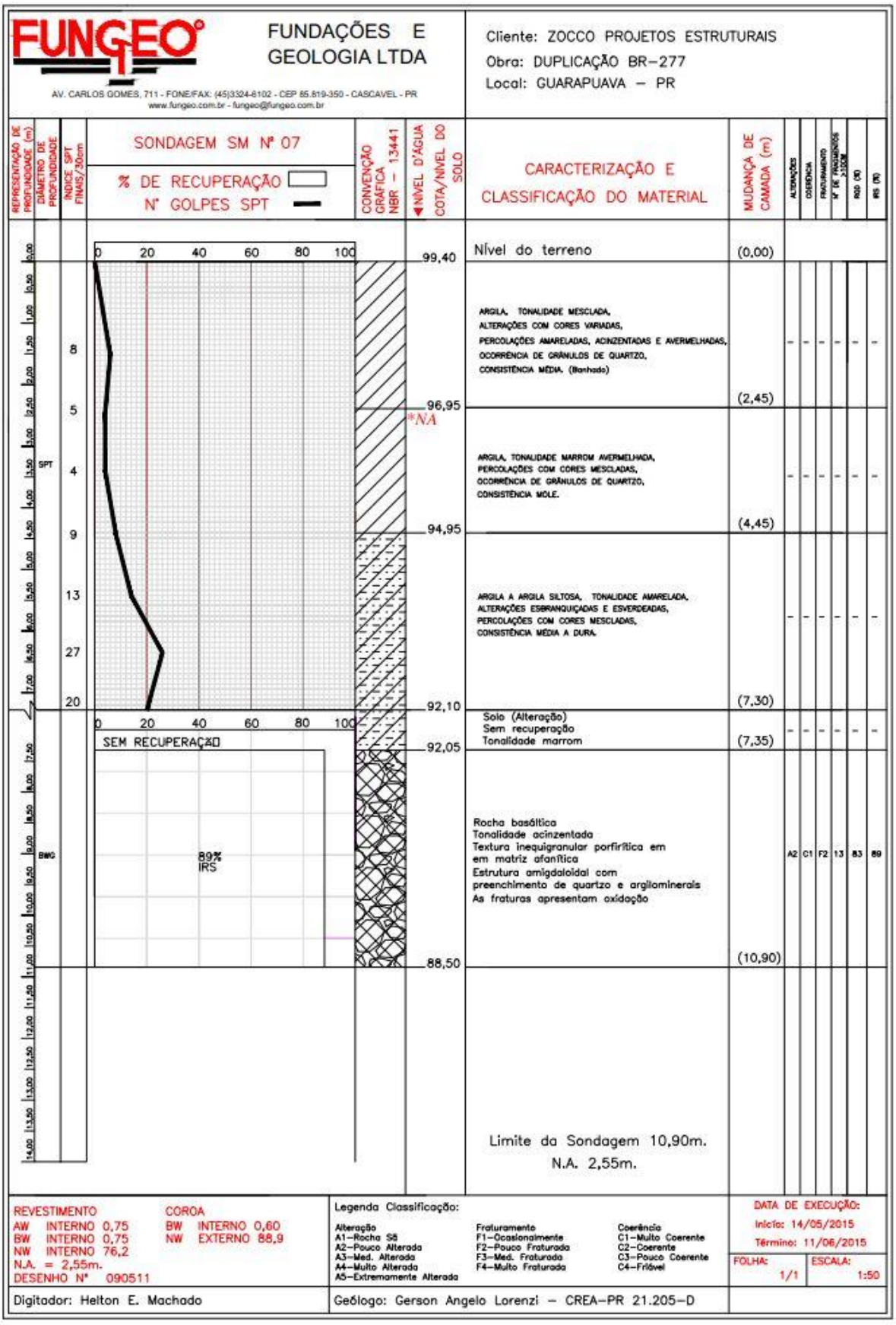
Vivan Engenharia

Cliente:	**Ecocataratas**										
Obra:	Duplicação BR277 - Guarapuava										
Local:	Guarapuava -PR										
Data:	26/05/2015								Versão 0.0	Atualizada em:	########
	Carga permanente	20000	kgf	largura do aparelho: /// eixo long. obra:	25	cm			espessura da chapa externa	3	mm
	Carga acidental	49000	kgf	comprimento do aparelho:	25	cm			espessura da chapa interna	3	mm
	Fator majoração cargas vivas	1,5		espessura camada de elastômero: ti	1	cm			cobrimento vertical	3,5	mm
	Rotação long. permanente	0,00E+00	rad	altura total elastômero = n.ti	2	cm			cobrimento horizontal	4	mm
	Rotação long. acidental	1,30E-03	rad	G	10	kgf/cm2			nº de aparelhos para uso	30	unidades
	Horizontal long. permanente	0	kgf	fyk	2500	kgf/cm2			nº de aparelhos p/ ensaio	1	unidades
	Horizontal long. acidental	2000	kgf	atrito: 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 ti	6,05	
	Deslocamento total acidental				0,43	cm			Fator de forma cobrimento	12,35	
	Tensão normal considerando área total do aparelho				110	kgf/cm2			H total	36,0	mm
	Tensão normal com área reduzida				120,0	kgf/cm2			$\sigma_{máx}$ adm em area reduzida	125	kgf/cm2
	Tensão normal permanente com área reduzida				34,2	kgf/cm2			$\sigma_{mín}$ adm em área reduzida	30	kgf/cm2
	Tmin - deslizamento - cargas permanentes				0,00	cm			Volume Unitário	2,250	dm3
	Tmin - deslizamento - cargas totais				0,52	cm			Volume Total para Compra	69,750	dm3
	Tmin - 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 cobrimento				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 cobrimento				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					

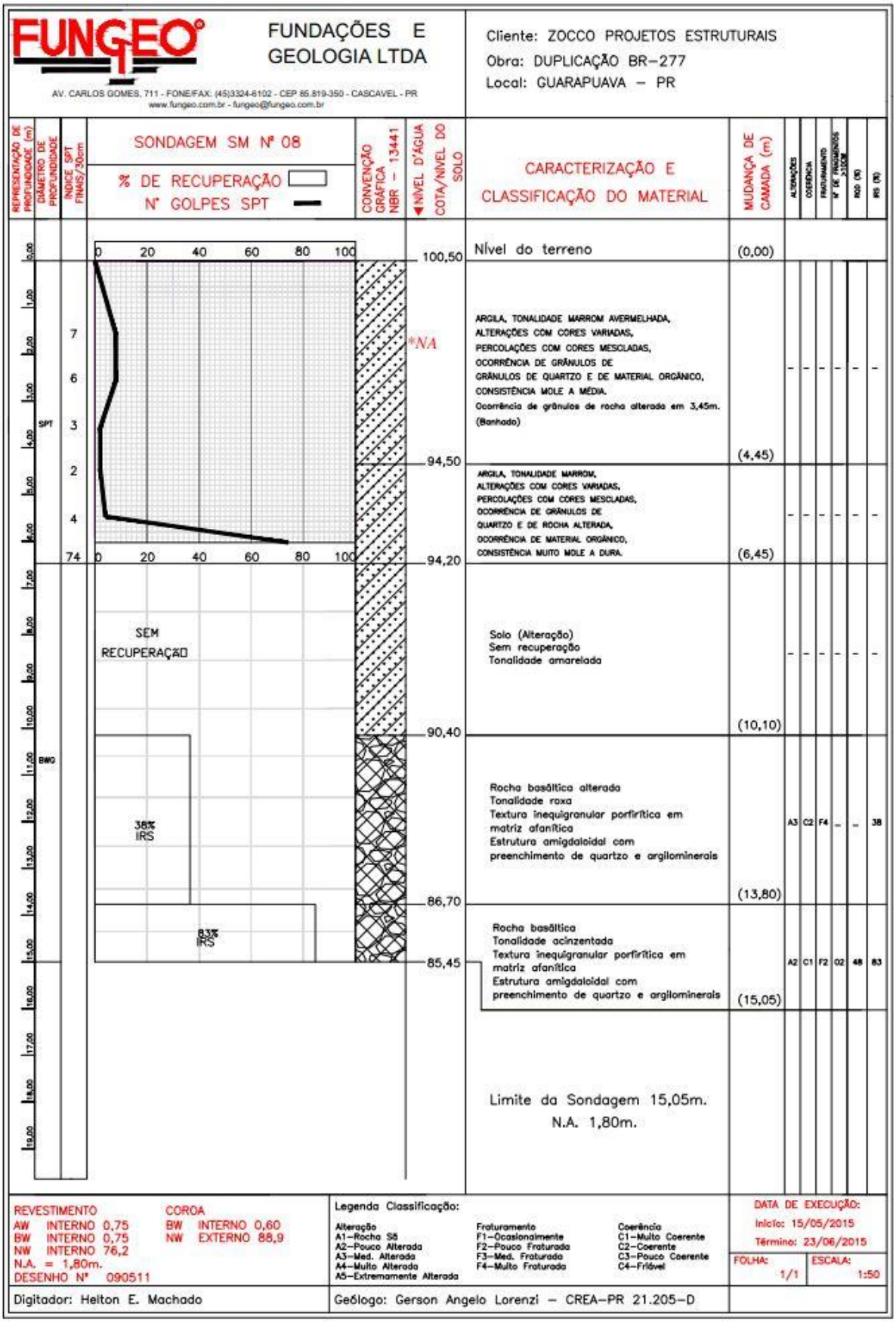
2.14 Dimensionamento das Estacas



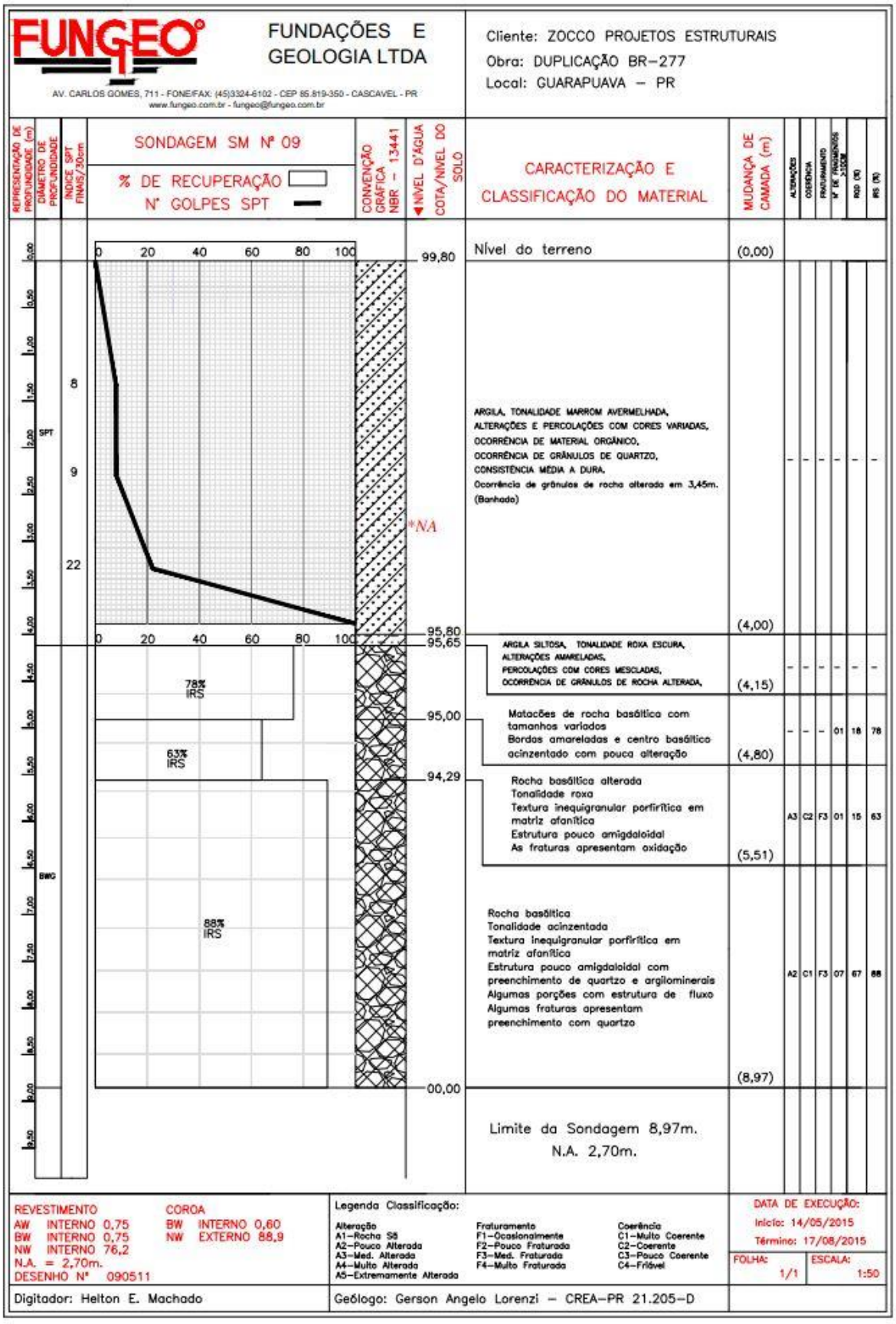
2.14.1 Ensaio – SM 07



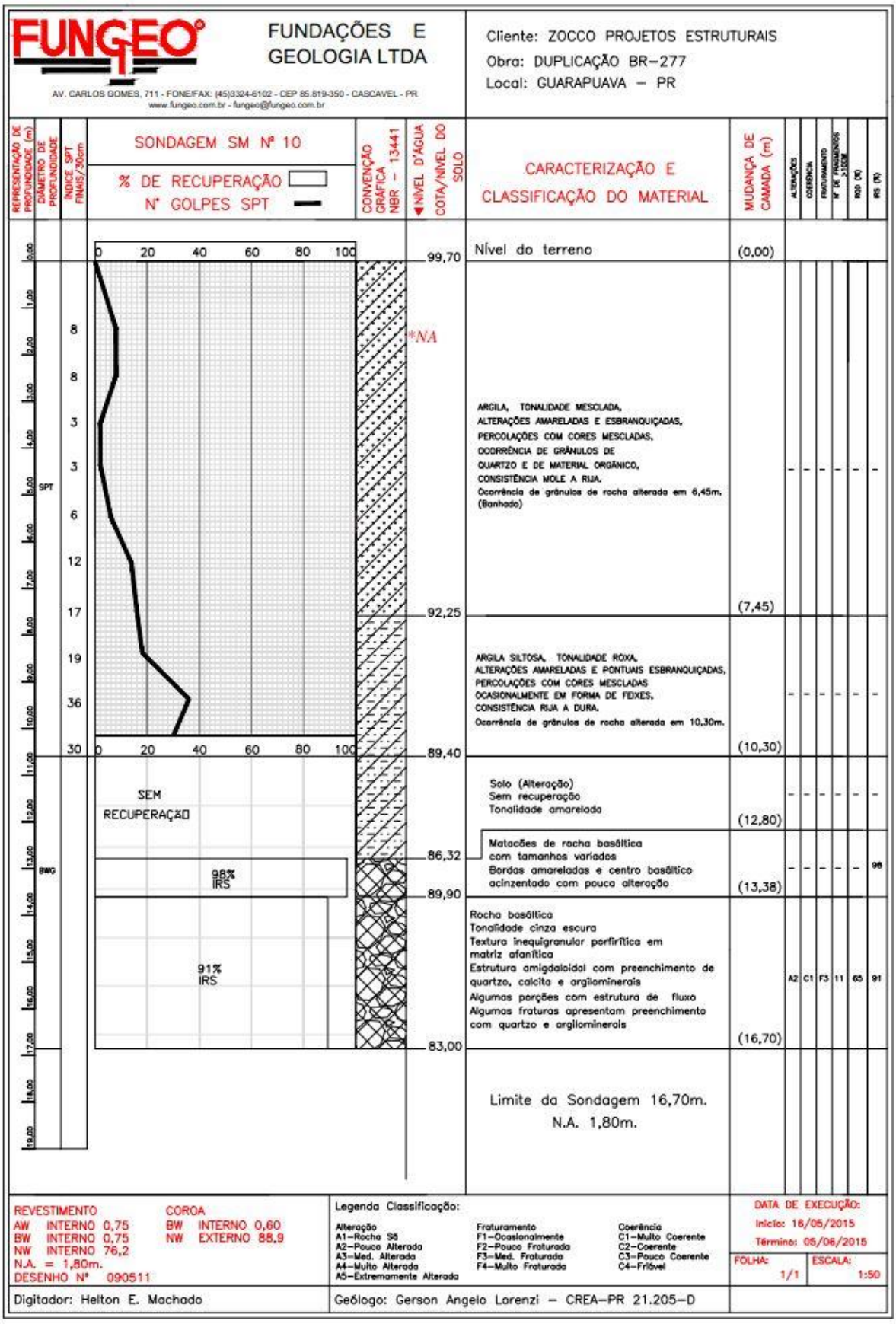
2.14.2 Ensaio – SM 08



2.14.3 Ensaio – SM 09



2.14.4 Ensaio – SM 10



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 07

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)	Carga Comp. Adm Quaresma	Carga Comp. Adm NBR-6122	Tração (tf)	Compressão (tf)
1	8	Argila	0,85	1,50	12,0	2,0	-	-	-	-	-	-	-
2	5	Argila	0,85	1,50	12,0	2,0	4,36	3,90	3,90	4,09	4,13	1,36	4,09
3	4	Argila	0,85	1,50	12,0	2,0	4,62	3,41	7,30	6,77	5,96	2,56	5,96
4	9	Argila	0,85	1,50	12,0	2,0	6,67	5,84	13,15	11,78	9,91	4,60	9,91
5	13	Argila	0,85	1,50	12,0	2,0	12,57	7,79	20,94	19,25	16,76	7,33	16,76
6	27	Argila	0,85	1,50	12,0	2,0	15,40	14,61	35,55	31,19	25,47	12,44	25,47
7	20	Argila	0,85	1,50	12,0	2,0	12,06	11,20	46,75	38,97	29,40	16,36	29,40

Determinação da resistencia em estacas ancorada na rocha								
Fck (MPa)	Perfil	Estaca (ϕ cm)	qu (MPa)	σa (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**

SM 08

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)	Carga Comp. Adm Quaresma	Carga Comp. Adm NBR-6122	Tração (tf)	Compressão (tf)
1	7	Argila	0,85	1,50	12,0	2,0	-	-	-	-	-	-	-
2	6	Argila	0,85	1,50	12,0	2,0	4,11	4,38	4,38	4,40	4,24	1,53	4,24
3	3	Argila	0,85	1,50	12,0	2,0	2,82	2,92	7,30	6,32	5,06	2,56	5,06
4	2	Argila	0,85	1,50	12,0	2,0	2,31	2,92	10,23	8,44	6,27	3,58	6,27
5	4	Argila	0,85	1,50	12,0	2,0	20,53	3,41	13,63	15,62	17,08	4,77	15,62
6	74	Argila	0,85	1,50	12,0	2,0	20,02	25,81	39,44	35,34	29,73	13,80	29,73

Determinação da resistencia em estacas ancorada na rocha								
Fck (MPa)	Perfil	Estaca (ϕ cm)	qu (MPa)	σa (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**

SM 09

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)	Carga Comp. Adm Quaresma	Carga Comp. Adm NBR-6122	Tração (tf)	Compressão (tf)
1	8	Argila	0,85	1,50	12,0	2,0	-	-	-	-	-	-	-
2	8	Argila	0,85	1,50	12,0	2,0	6,42	5,36	5,36	5,72	5,89	1,87	5,72
3	9	Argila	0,85	1,50	12,0	2,0	10,01	5,84	11,20	11,12	10,60	3,92	10,60
4	22	Argila	0,85	1,50	12,0	2,0	13,60	12,17	23,37	21,38	18,49	8,18	18,49
5	22	Argila	0,85	1,50	12,0	2,0	11,29	12,17	35,55	30,17	23,42	12,44	23,42

Determinação da resistencia em estacas ancorada na rocha								
Fck (MPa)	Perfil	Estaca (ϕ cm)	qu (MPa)	σa (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**

SM 10

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)	Carga Comp. Adm Quaresma	Carga Comp. Adm NBR-6122	Tração (tf)	Compressão (tf)
1	8	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	1,87	5,12
3	3	Argila	0,85	1,50	12,0	2,0	3,59	2,92	8,28	7,27	5,94	2,90	5,94
4	3	Argila	0,85	1,50	12,0	2,0	3,08	2,92	11,20	9,39	7,14	3,92	7,14
5	6	Argila	0,85	1,50	12,0	2,0	5,39	4,38	15,58	13,33	10,49	5,45	10,49
6	12	Argila	0,85	1,50	12,0	2,0	8,98	7,30	22,89	19,85	15,93	8,01	15,93
7	17	Argila	0,85	1,50	12,0	2,0	12,32	9,74	32,63	28,18	22,47	11,42	22,47
8	19	Argila	0,85	1,50	12,0	2,0	18,48	10,71	43,34	37,96	30,91	15,17	30,91
9	36	Argila	0,85	1,50	12,0	2,0	21,81	18,99	62,33	53,40	42,07	21,82	42,07
10	30	Argila	0,85	1,50	12,0	2,0	16,94	16,07	78,40	64,54	47,67	27,44	47,67

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/cm³)	
	acima do NA	abaixo do NA
areia fofa	0,26	0,15
areia média	0,80	0,50
areia densa	2,00	1,25
silte 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/cm²)	k_h (kgf/cm²)
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

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

2.14.7 Discretização da Estrutura

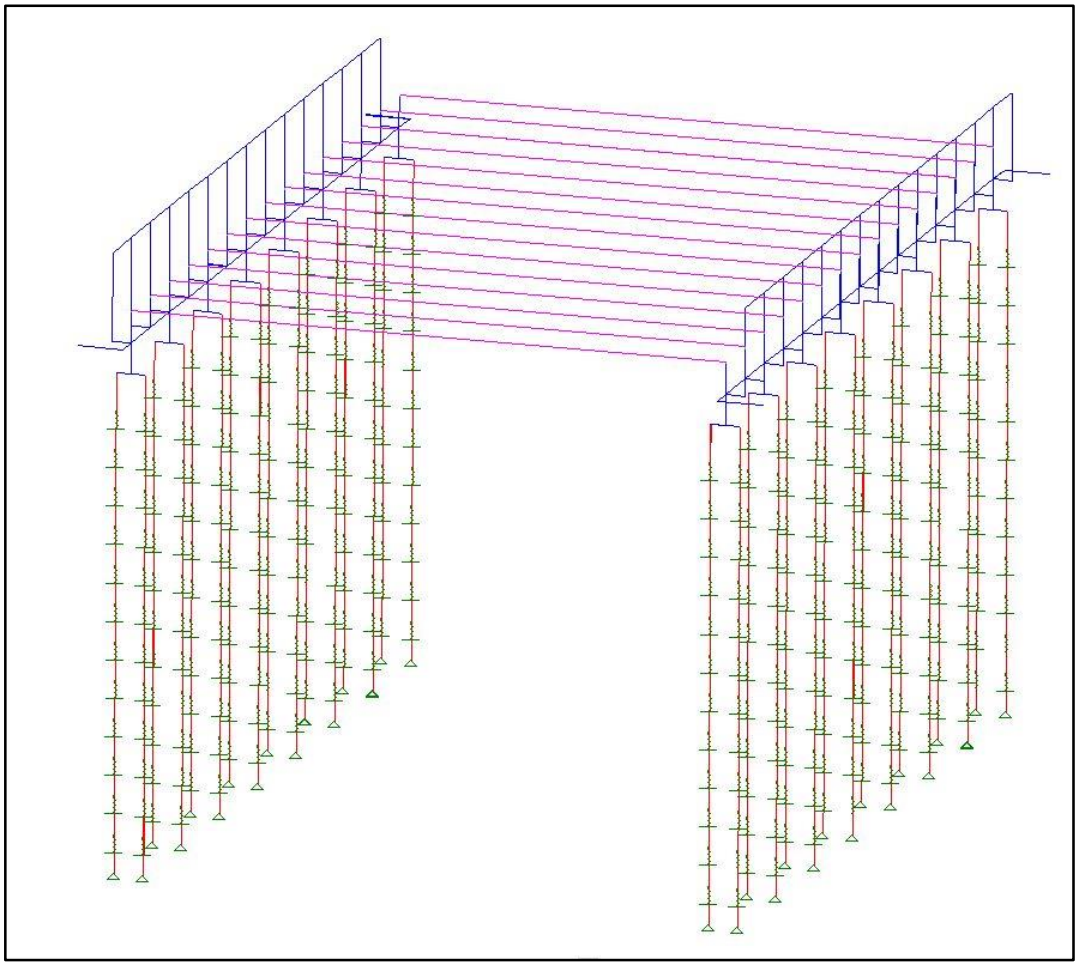


Figura 32 - Modelo analítico das estacas

2.14.8 Coeficiente de mola

TABELA DE MOLAS (unidades - tf metros)						
NÓ	S1	S2	S3	S4	S5	S6
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
233	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
234	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
235	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
236	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
237	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
238	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
239	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
240	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
241	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
242	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
243	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
244	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
245	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
246	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
247	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
248	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
249	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
250	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
251	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
252	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
253	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
254	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
255	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
256	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
257	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0

258	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
259	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
260	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
261	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
262	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
263	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
264	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
265	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
266	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
267	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
268	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
269	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
270	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
271	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
272	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
273	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
274	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
275	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
276	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
277	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
278	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
279	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
280	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
281	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
282	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
283	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
284	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
285	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
286	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
287	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
288	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
289	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
290	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
291	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
292	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
293	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
294	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
295	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
296	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
297	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
298	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
299	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
300	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
301	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
302	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0

303	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
304	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
305	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
306	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
307	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
308	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
309	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
310	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
311	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
312	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
313	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
314	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
315	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
316	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
317	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
318	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
319	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
422	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
423	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
424	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
425	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
426	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
427	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
428	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
429	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
430	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
431	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
432	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
433	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
434	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
435	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
436	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
437	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
438	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
439	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
440	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
441	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
442	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
443	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
444	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
445	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
446	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
447	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
448	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
449	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0

450	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
451	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
452	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
453	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
454	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
455	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
456	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
457	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
458	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
459	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
460	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
461	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
462	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
463	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
464	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
465	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
466	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
467	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
468	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
469	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
470	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
471	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
472	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
473	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
474	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
475	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
476	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
477	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
478	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
479	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
480	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
481	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
482	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
483	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
484	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
485	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
486	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
487	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
488	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
489	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
490	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
491	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
492	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
493	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
494	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0

495	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
496	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
497	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
498	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
499	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
500	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
501	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
502	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
503	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
504	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
505	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
506	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
507	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
508	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
509	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
510	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
511	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
512	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
513	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
514	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
515	150.0	150.0	0.0	0.0	0.0	0.0
516	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

2.14.9 Barra equivalente de neoprene

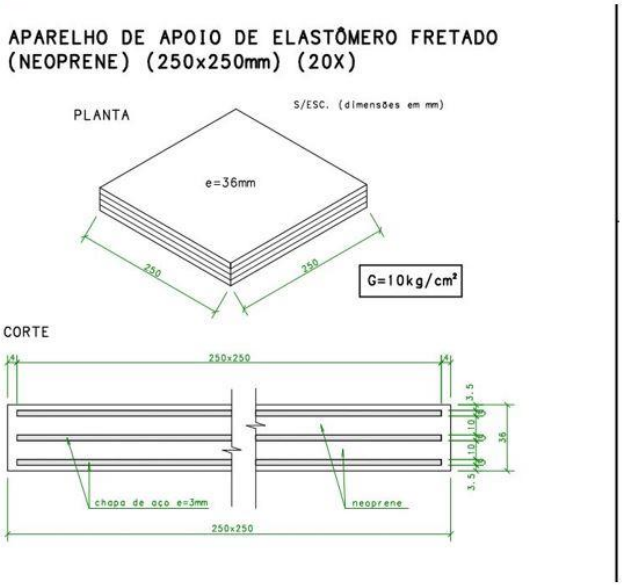
Calculo de Barra equivalente de neoprene	
Obra	Ponte 01 - Guarapuava
Data	06/07/2015

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

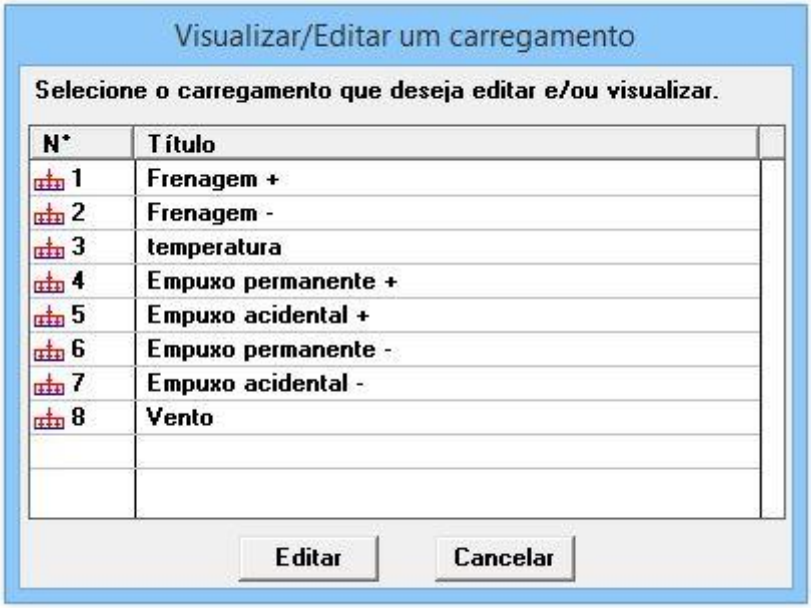
Ec (t/m²)	Efr (t/m²)	Ac (m)
2.700.000	29.282,00	0,0338

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

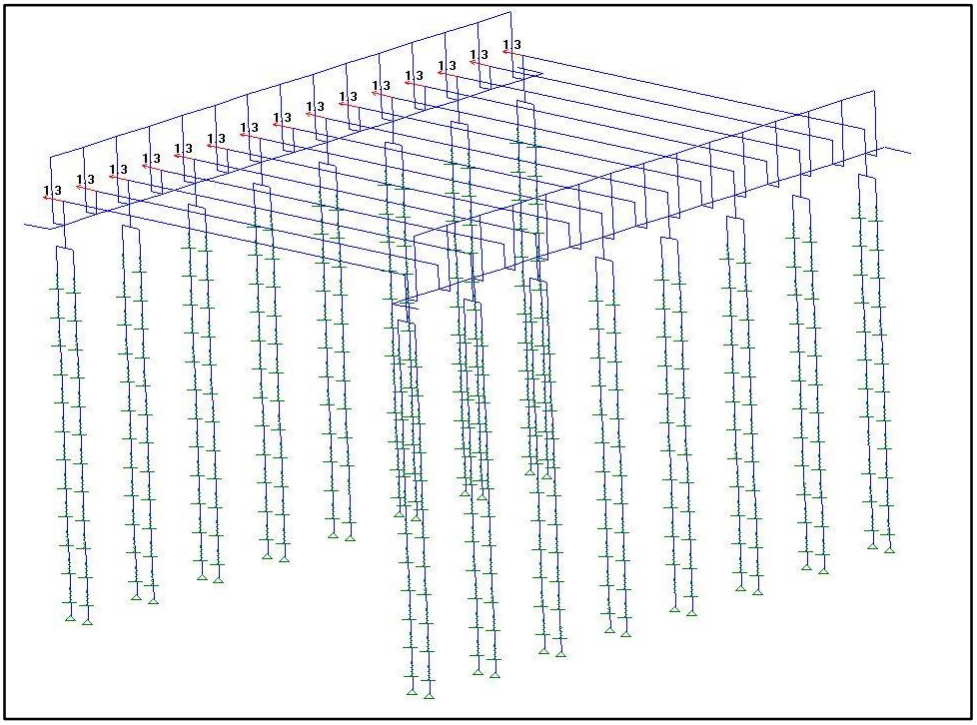
Exemplo:



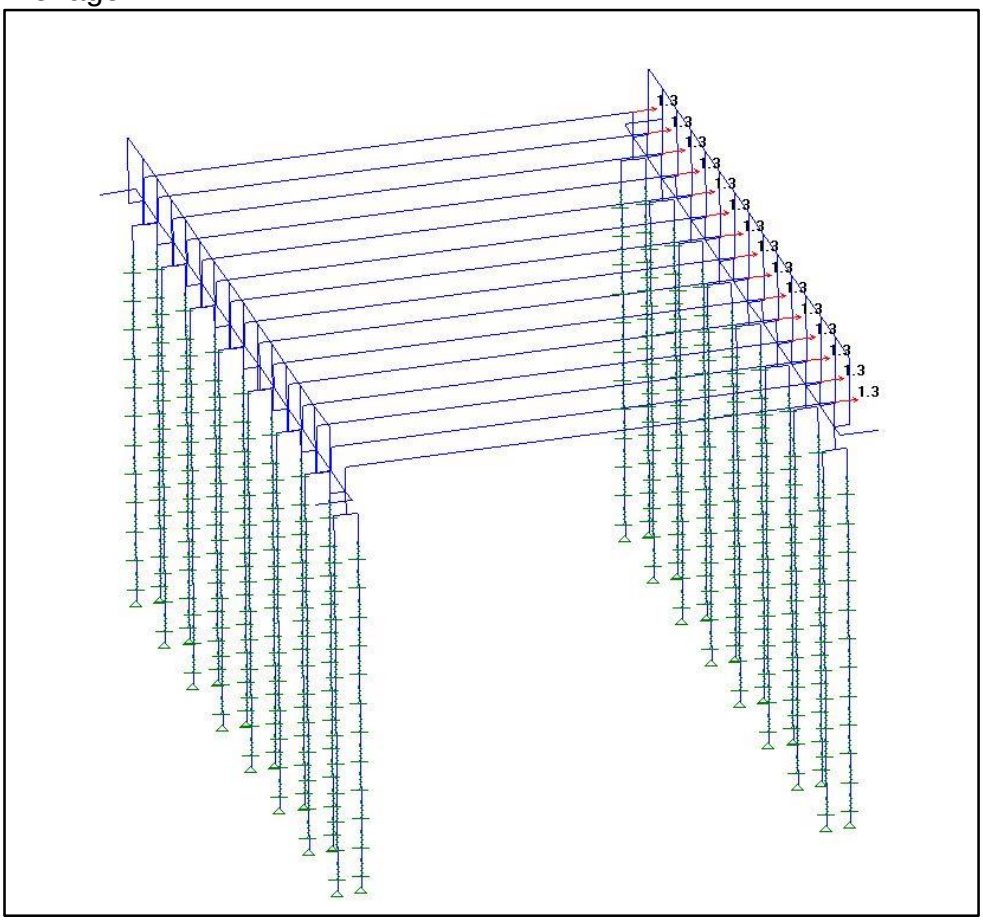
2.14.10 Carregamento estrutura 3D



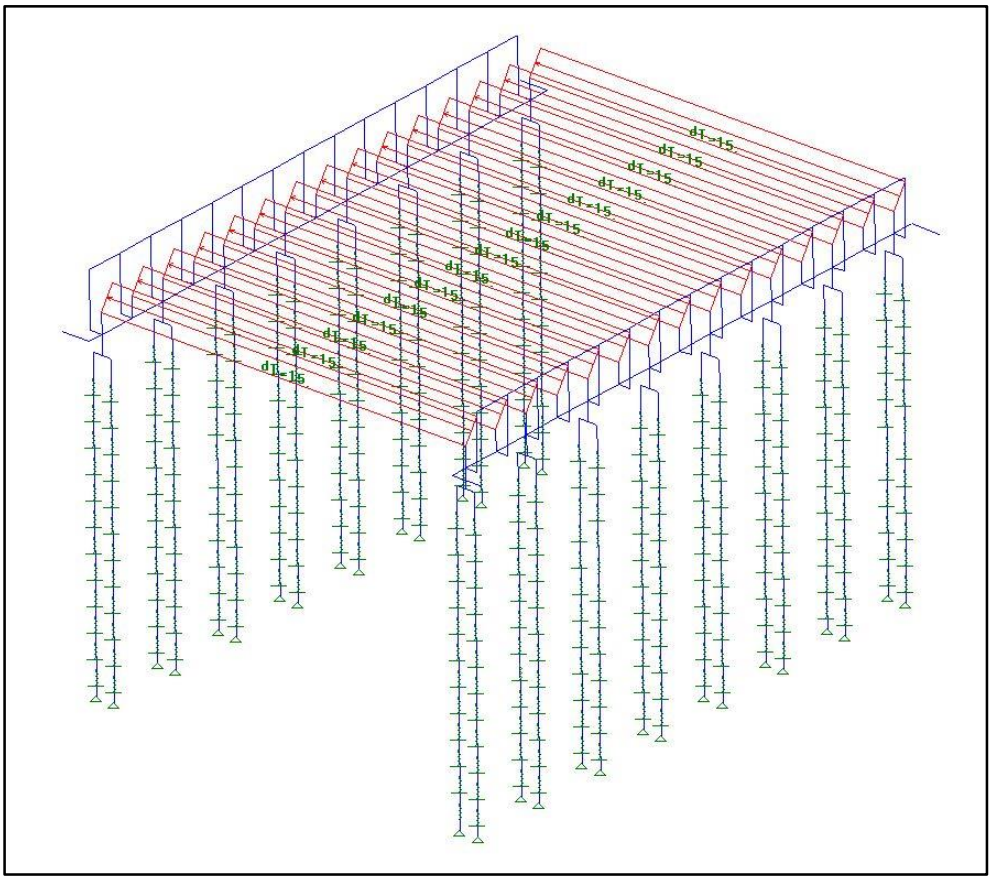
Frenagem +



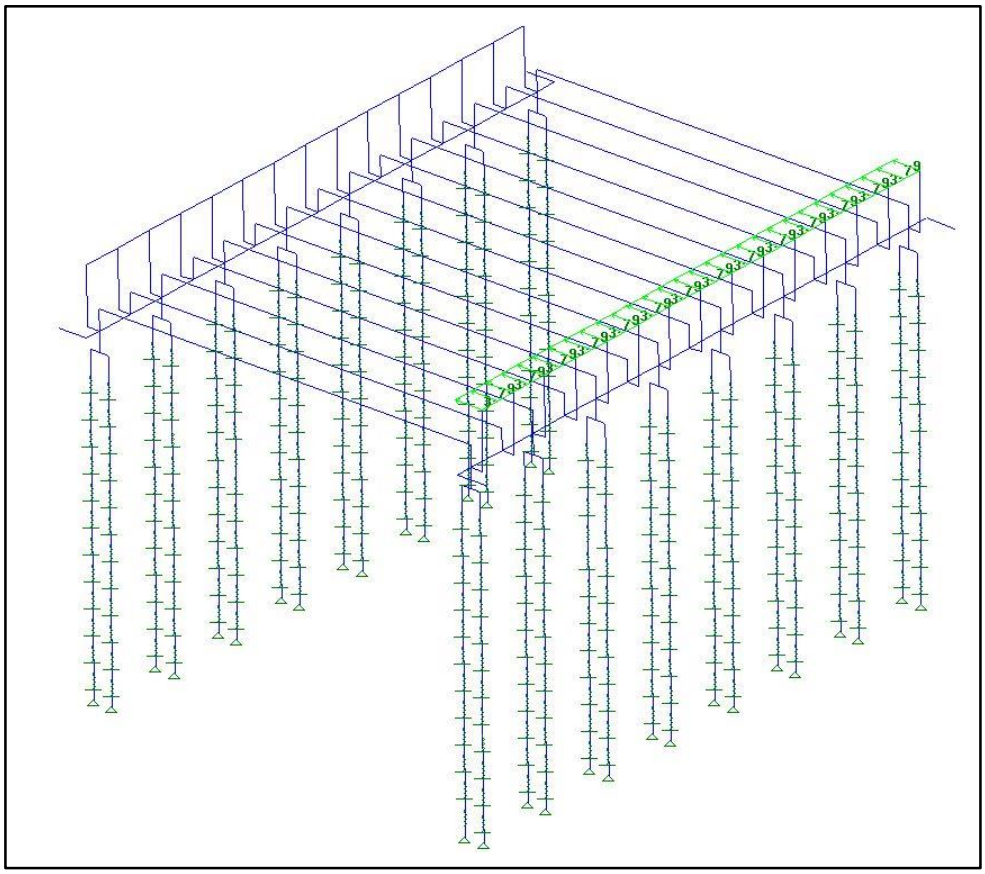
Frenagem –



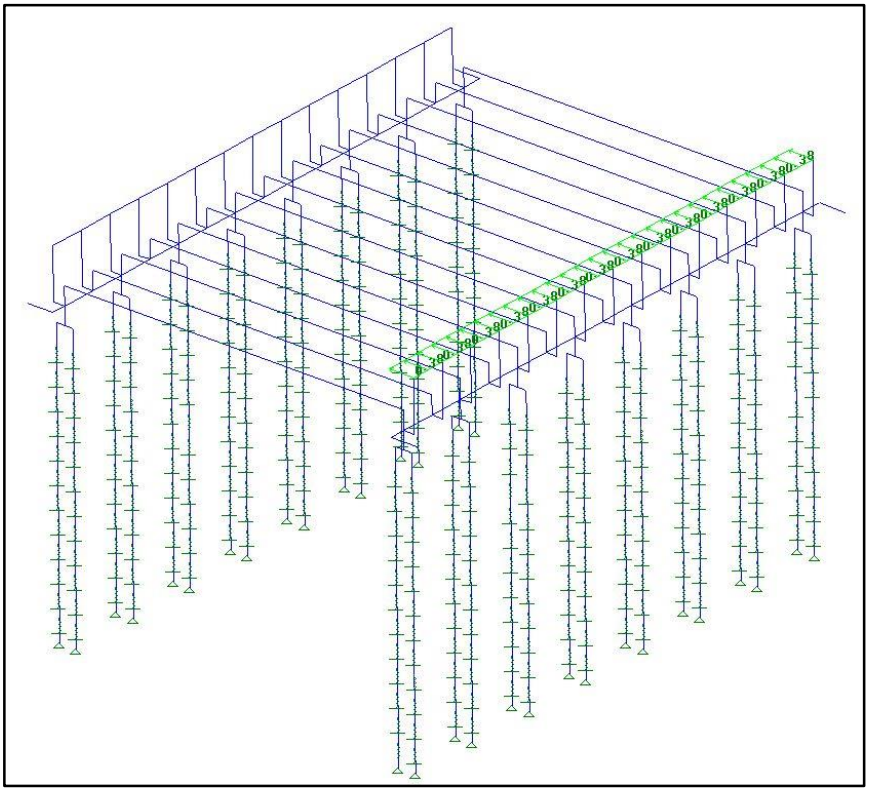
Temperatura



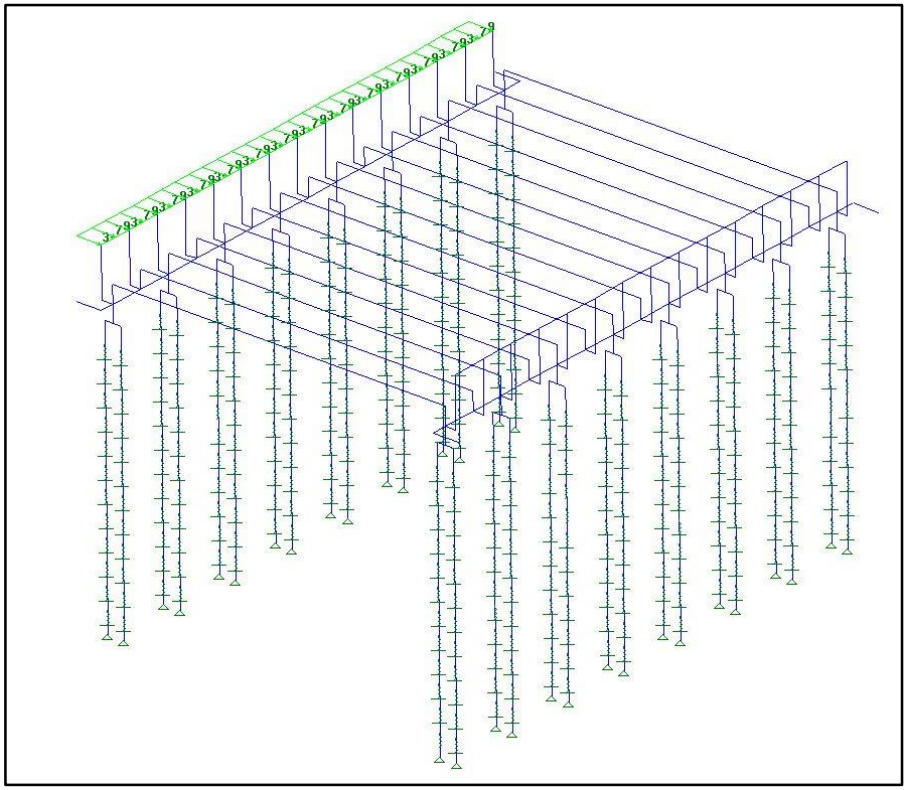
Empuxo Permanente +



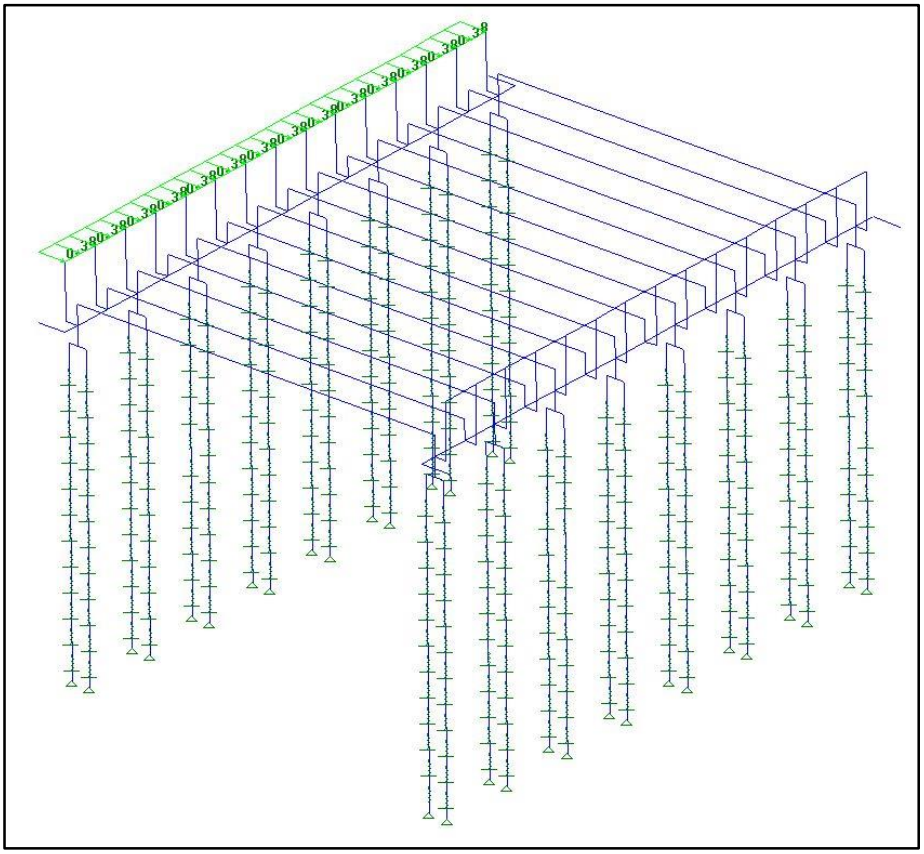
Empuxo Acidental +



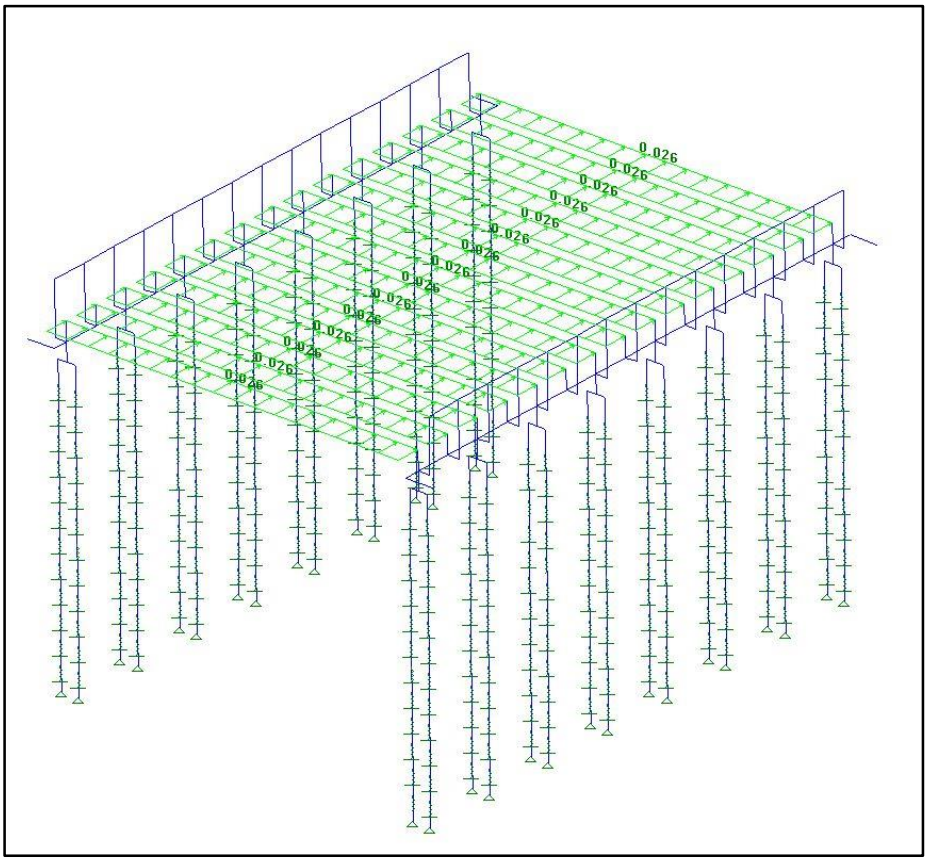
Empuxo Permanente –



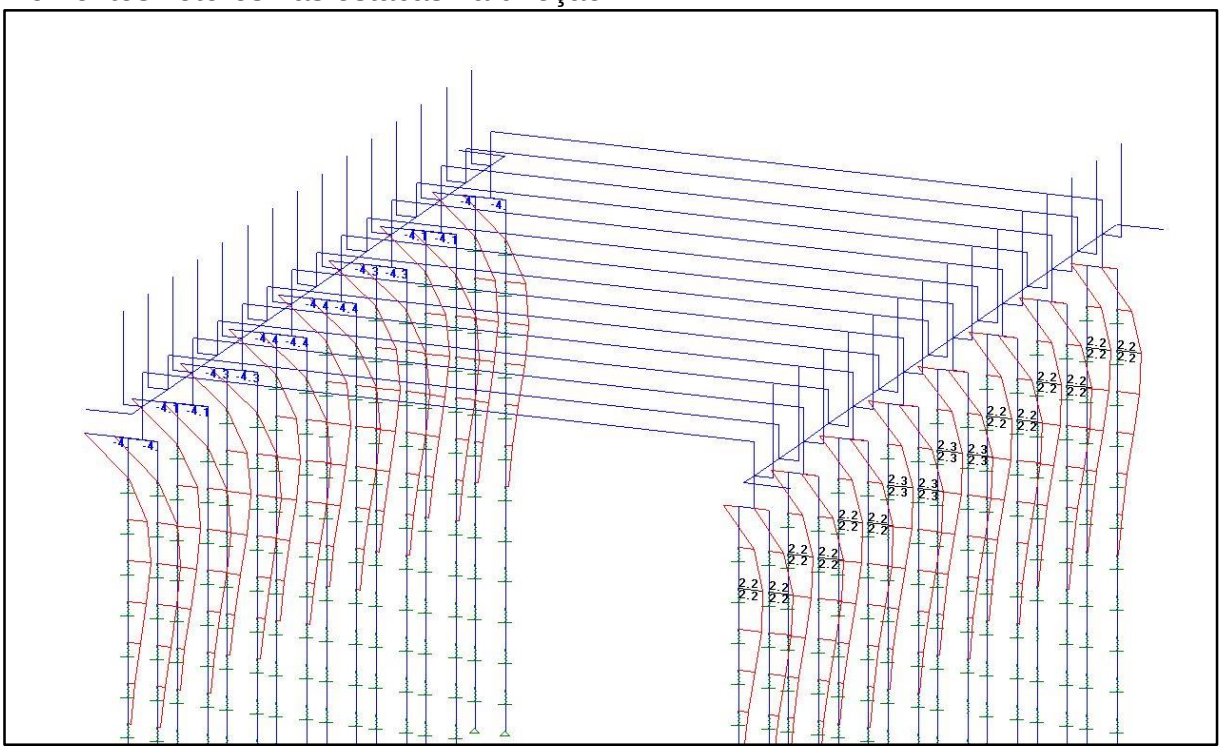
Empuxo Acidental –



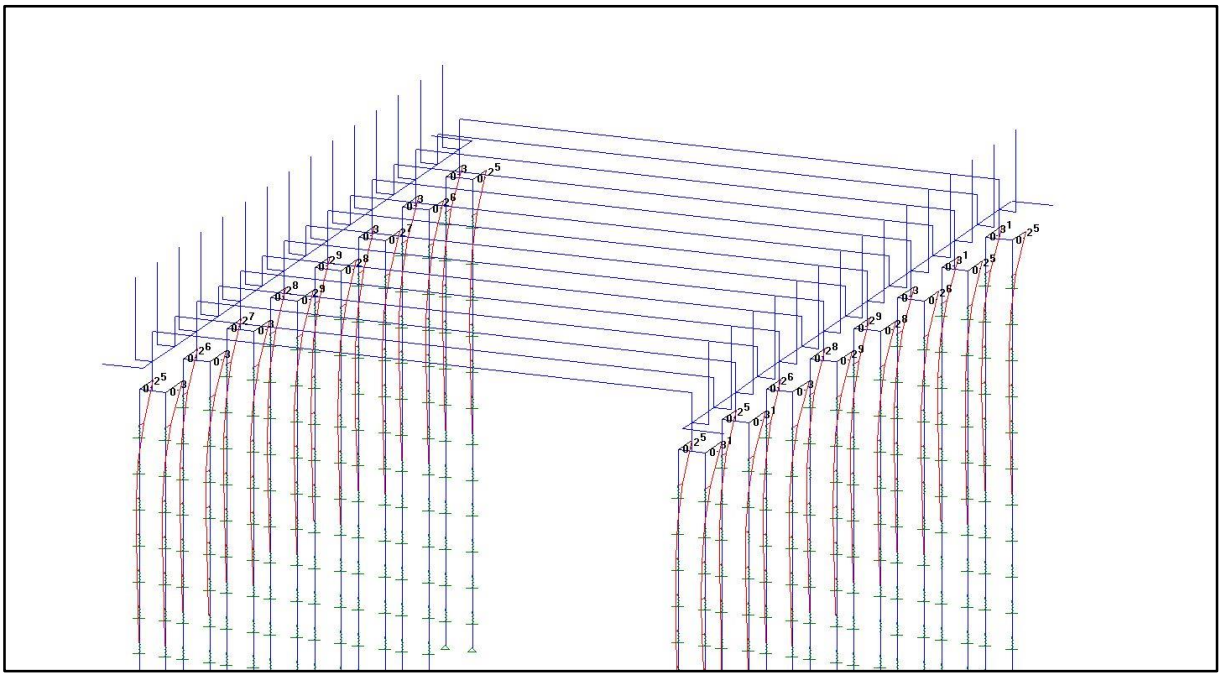
Vento

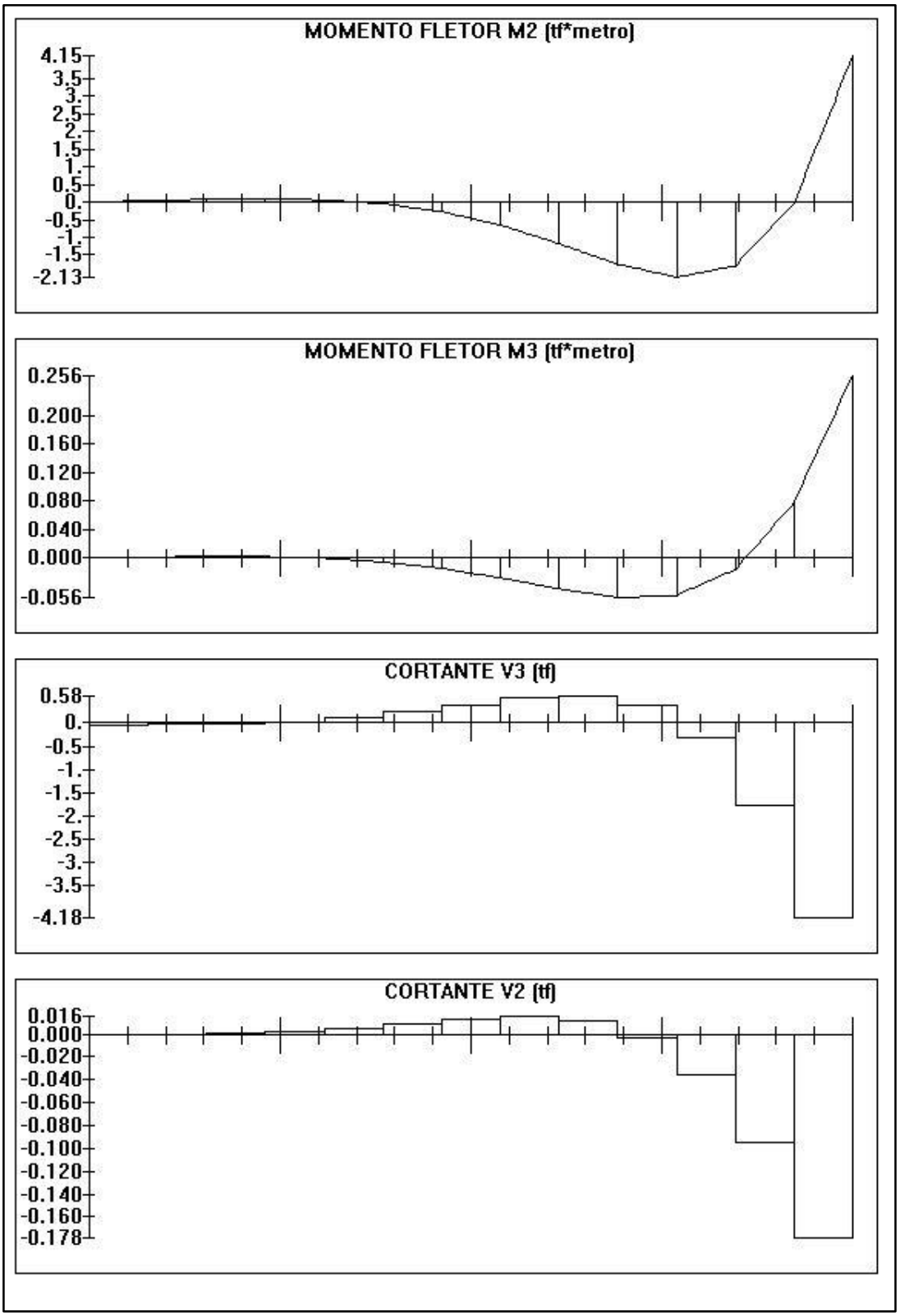


Momentos fletores nas estacas na direção M2



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.

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

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

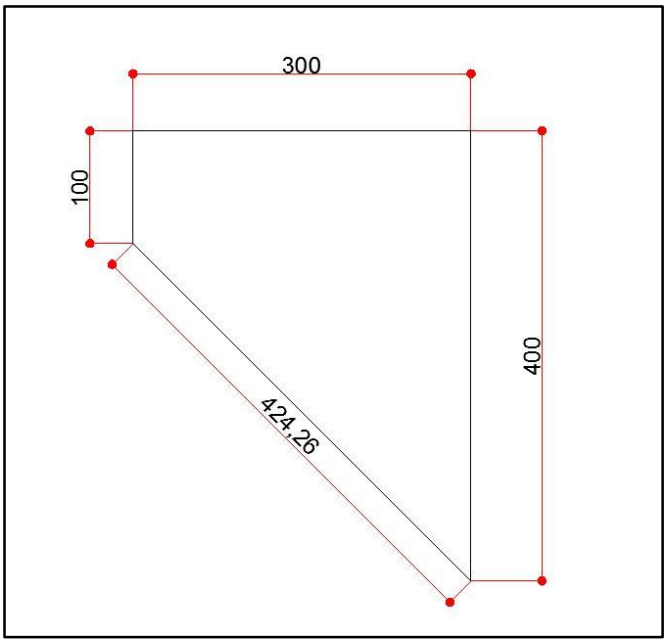


Figura 33 - Seção da ala

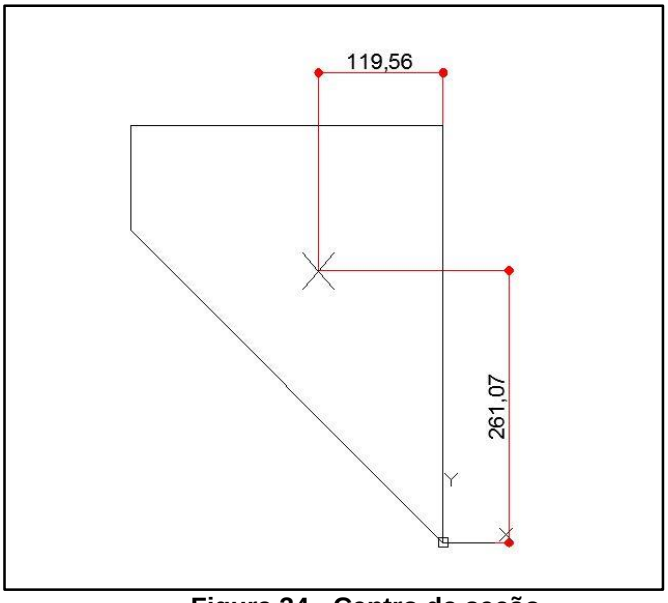


Figura 34 - Centro da seção

Cargas verticais

- peso próprio = $7,50 x 0,30 x 2,50 = 5,63 ton$

- braço de alavanca = 1,20 m

Será feita a análise de uma viga em balanço:

$M = 5,63 x 1,20 = 6,78 ton \cdot m$

$z \cong 0,6 x H = 0,6 x 4,00 = 2,40 m$

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

→ Adotado 3 Ø 12,5mm (As=3,75cm²)

2.15.1 Modelo analisado em elementos finitos

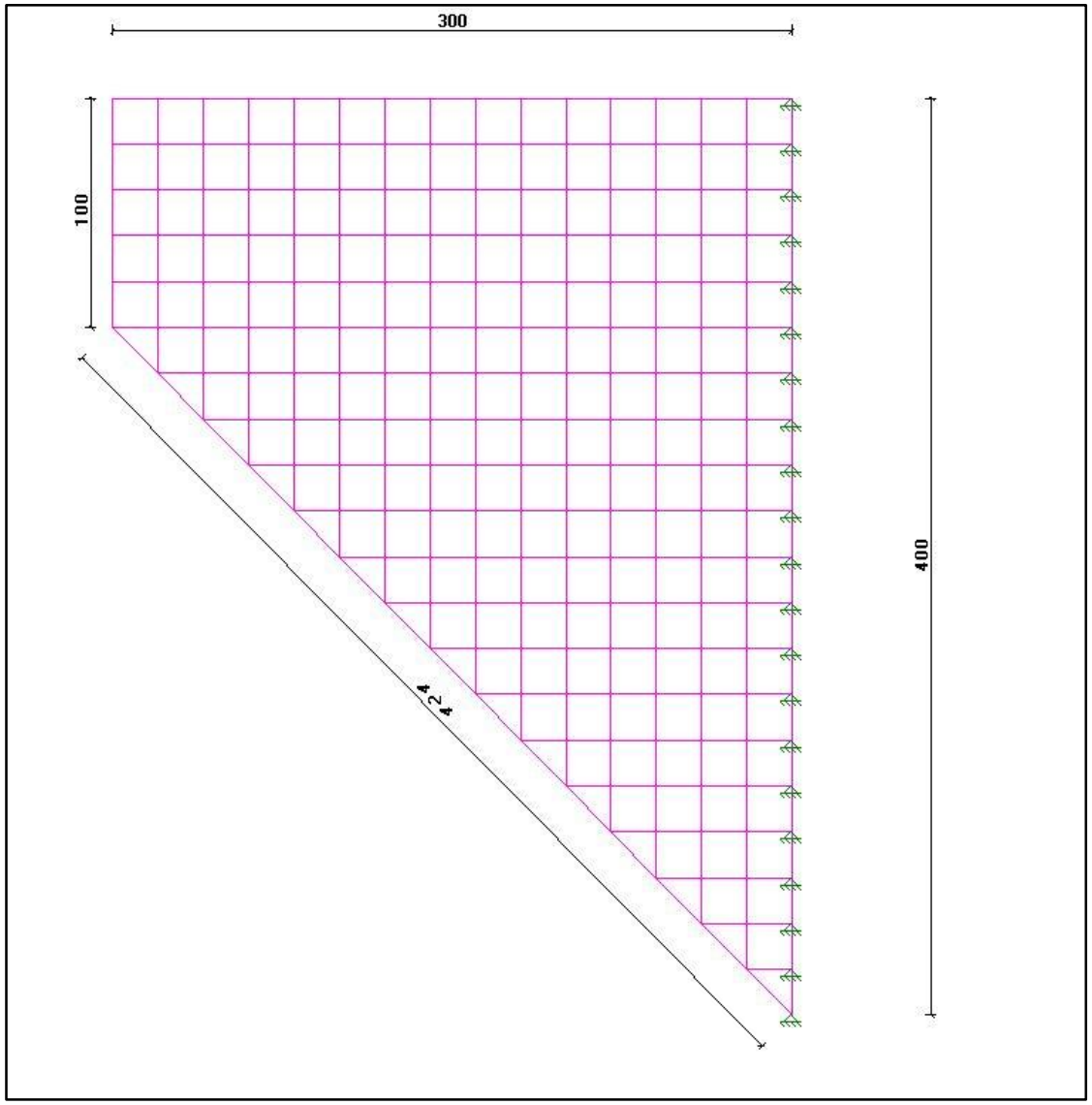


Figura 35 - Modelo de analise em elementos finitos

2.15.2 Empuxo do solo

$$e_{aterro} = Kx\gamma_{solo}xh \rightarrow e_{aterro} = 0{,}49\,x1{,}80\,x4{,}00 = 3{,}53ton/m^2$$

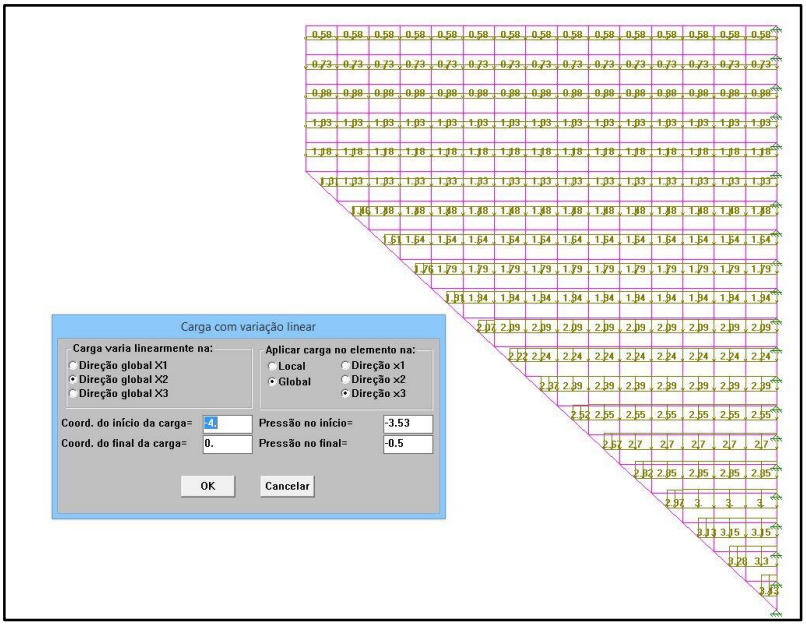


Figura 36 - Carregamento de empuxo

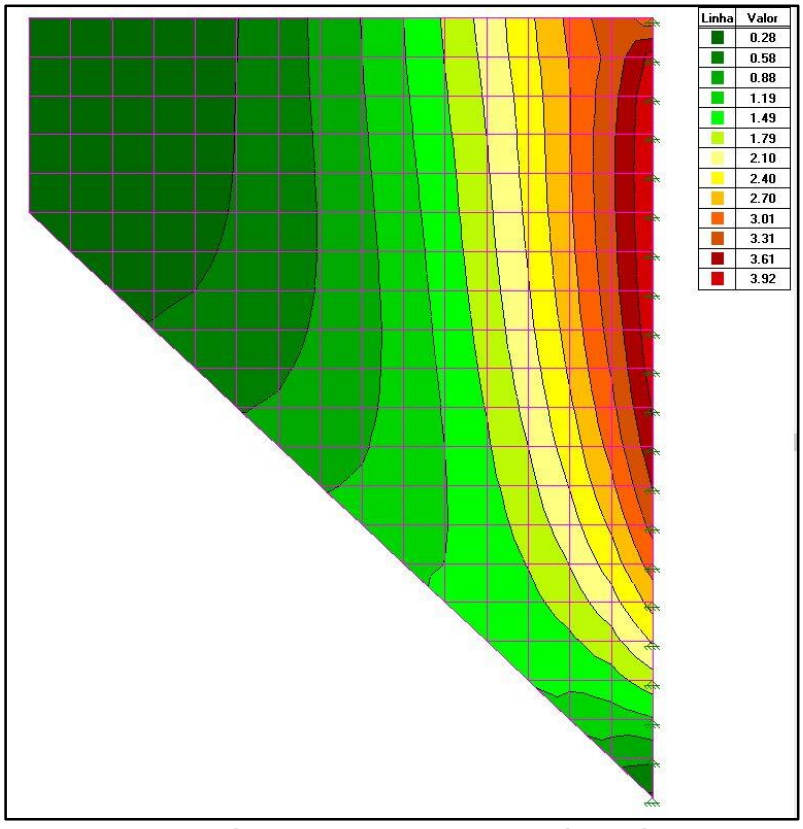


Figura 37 - Momentos gerados pelo empuxo

2.15.3 Carregamento gerado pela ação do veiculo

$$q = \frac{P_{veículo}}{A_{veículo}} = \frac{45}{3{,}0x6{,}0} = 2{,}50ton/m2 \qquad e_{veículo} = Kxq = 0{,}49x2{,}50 = 1{,}23ton/m2$$

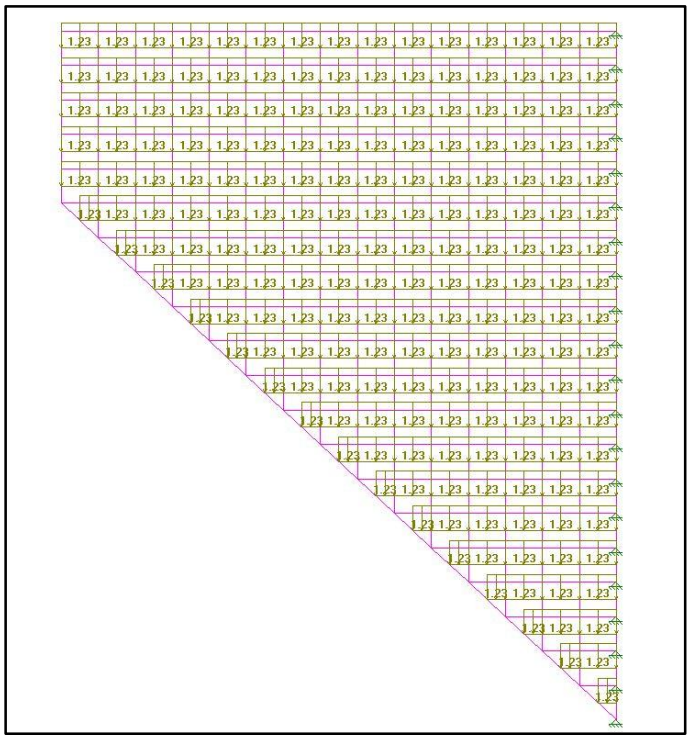


Figura 38 - Carregamento de trem tipo na ala

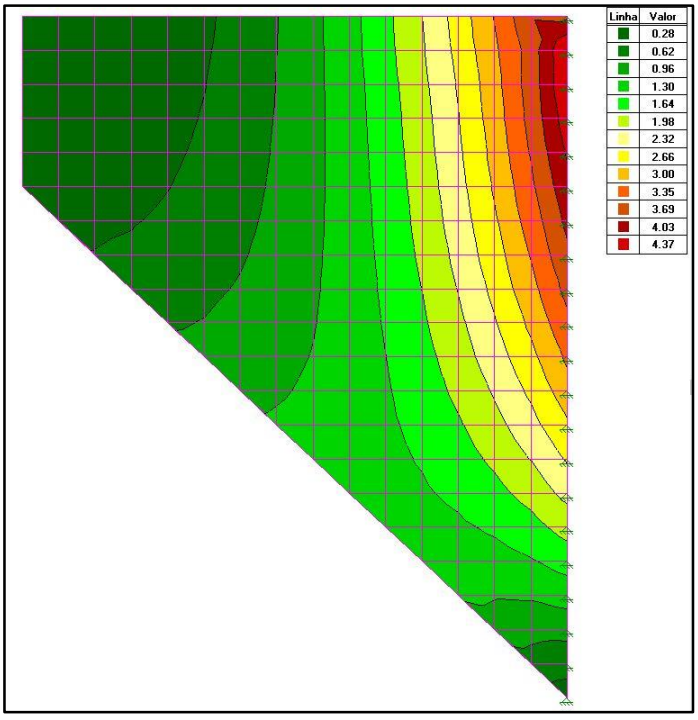


Figura 39 - Momento gerado pelo trem tipo

2.15.4 Dimensionamento das alas

Armadura na face do aterro

h=30 cm;

fck = 30MPa;

d'= 5,0cm;

Armadura mínima - As_{MIN}=5,19cm^2/m.

M_k=8,21tf.m/m

Ascalc=11,47 cm^2/m;

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

Fissuras: ω1=0,186mm< ω_{LIM}=0,2mm → OK!

Armadura vertical

h=30 cm;

fck = 30MPa;

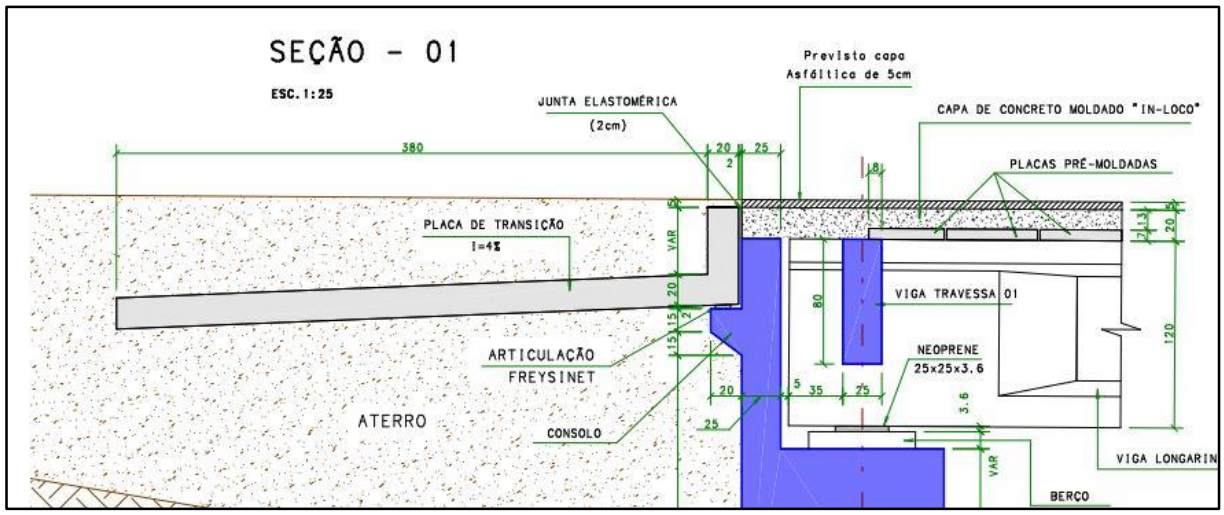
d'= 5,0cm;

Armadura mínima - As_{MIN}=5,19cm^2/m.

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

Fissuras: ω2=0,260mm< ω_{LIM}=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 $= \ (48{,}0 + 55{,}0)/2 = \ 52cm$

Carga permanente:

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

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

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

Momento máximo:

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

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

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

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

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