	Código: MC-BR0000277-344-0.350-2-6C4-C04-001	REV. 00
	Emissão: 10/07/2015	Folha: 1/43

	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.7 - Memorial de Cálculo Passarela 01**		Aprovado - DER/PR:

Documentos de Referência:

Documentos Resultantes:

00	10/07/2015	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.7

MEMORIAL DE CÁLCULO PASSARELA 01

JULHO/2015

PARANÁ GOVERNO DO ESTADO

DER PARANÁ

ZOCCO PROJETOS ESTRUTURAIS

ecoCATARATAS ecoRODOVIAS

ÍNDICE

1. MAPA DE SITUAÇÃO 6
2. MEMORIAL DE CÁLCULO DE OBRAS DE ARTE ESPECIAIS 8
2.1 Introdução 9
2.1.1 Descrição da Estrutura 9
2.1.2 Bibliografia 9
2.1.3 Objetivo 10
2.1.4 Método Construtivo 10
2.1.5 Materiais 10
2.1.6 Modelo Estrutural 11
2.1.7 Geometria da Estrutura 11
2.1.8 Geometria dos Elementos 11
2.2 Carregamentos Considerados 12
2.2.1 Cargas Permanentes 12
2.2.2 Cargas Acidentais 13
2.2.3 Cargas Horizontais 13
2.3 Combinações 13
2.4 Análise Estrutural 14
2.4.1 Esforços Permanentes 15
2.4.2 Esforços Acidentais 16
2.4.3 Análise de ação do vento 18
2.5 Esforços Concomitantes – Estado Limite Ultimo 24
2.5.1 Viga principal – Metálica 24
2.5.2 Vigas rampa 26
2.5.3 Pilares 27
2.5.4 Vigas com balanço 31
2.5.5 Lajes 32
2.6 Dimensionamento 33
2.6.1 Treliça metálica 33
2.6.2 Vigas rampa 35
2.6.3 Pilares 35
2.6.4 Vigas em balanço 35

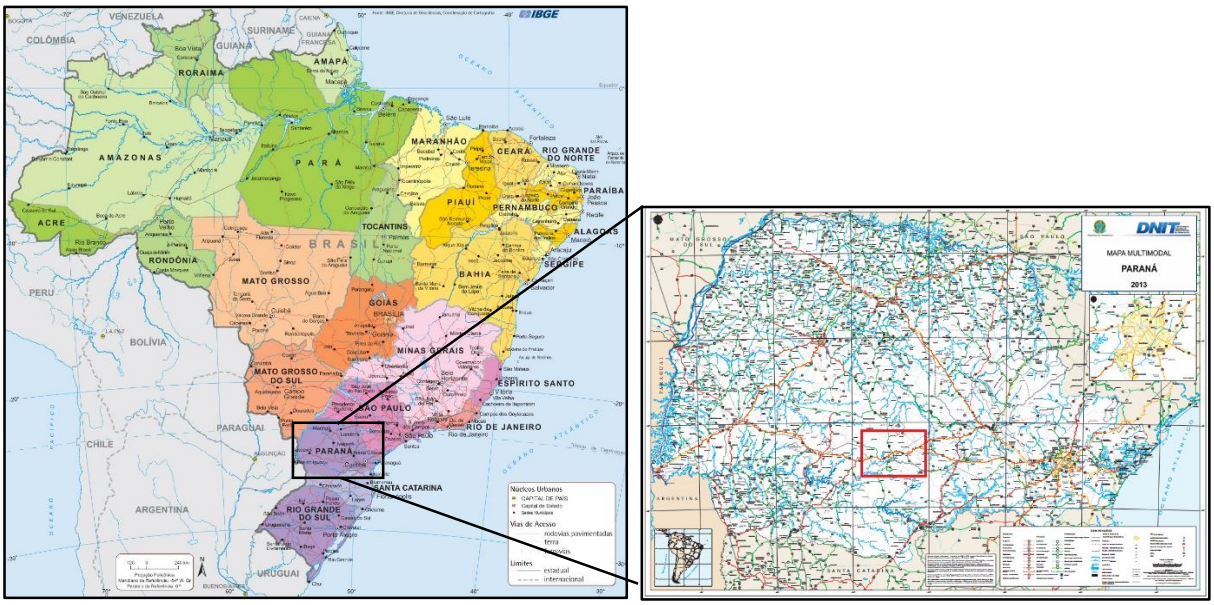
2.6.5 Lajes 36
2.6.6 Cálculo do Aparelho de apoio 36
2.6.7 Blocos de fundação 37
2.6.8 Verificação dos deslocamentos 39
2.7 Dimensionamento da Fundação 40
2.7.1 Locação dos pontos de sondagem 40
2.8 Dimensionamento as estacas 41
2.8.1 Ensaio – SM 01 41
2.8.2 Ensaio – SPT 02 43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Mapa de Localização da Obra 7
Figura 2 – Foto Aérea do Local – Fonte: Google Maps 7
Figura 3 - Imagem renderizada da passarela 9
Figura 4 – Implantação da passarela 11
Figura 5 – Vista superior da passarela 11
Figura 6 – Seção transversal da passarela 12
Figura 7 – Seção longitudinal da passarela lado esquerdo 12
Figura 8 - Seção longitudinal da passarela lado direito 12
Figura 9 – Modelo analítico da passarela 15
Figura 10 – Peso próprio da passarela 15
Figura 11 – Revestimento de 5cm de espessura 16
Figura 12 - Carga acidental 01 16
Figura 13 – Carga acidental 02 17
Figura 14 – Carga acidental 03 17
Figura 15 – Carga acidental 04 18
Figura 16 – Carga acidental 05 18
Figura 17 - Gráfico figura 6 NBR 6123/1988 20
Figura 18 - Gráfico figura 8 NBR 6123/1988 21
Figura 19 – Vento 0º 22
Figura 20 – Vento 90º 22
Figura 21 – Vento 180º 23
Figura 22 – Vento 270º 23
Figura 23 - Esforços solicitantes e a deformada das vigas principais 24
Figura 24 - Esforços solicitantes e a deformada das vigas rampa 26
Figura 25 - Esforços solicitantes e a deformada dos pilares ($40x40cm^2$) 28
Figura 26 - Esforços solicitantes das vigas com balanço de $150cm$ 31
Figura 27 - Treliça metálica 33
Figura 28 - Detalhe de ligação soldada 34
Figura 29 - Detalhe ligação parafusada 34
Figura 30 – Verificação do deslocamento da treliça 39
Figura 31 - Localização da sondagem 40

1. MAPA DE SITUAÇÃO

1. Mapa de Situação



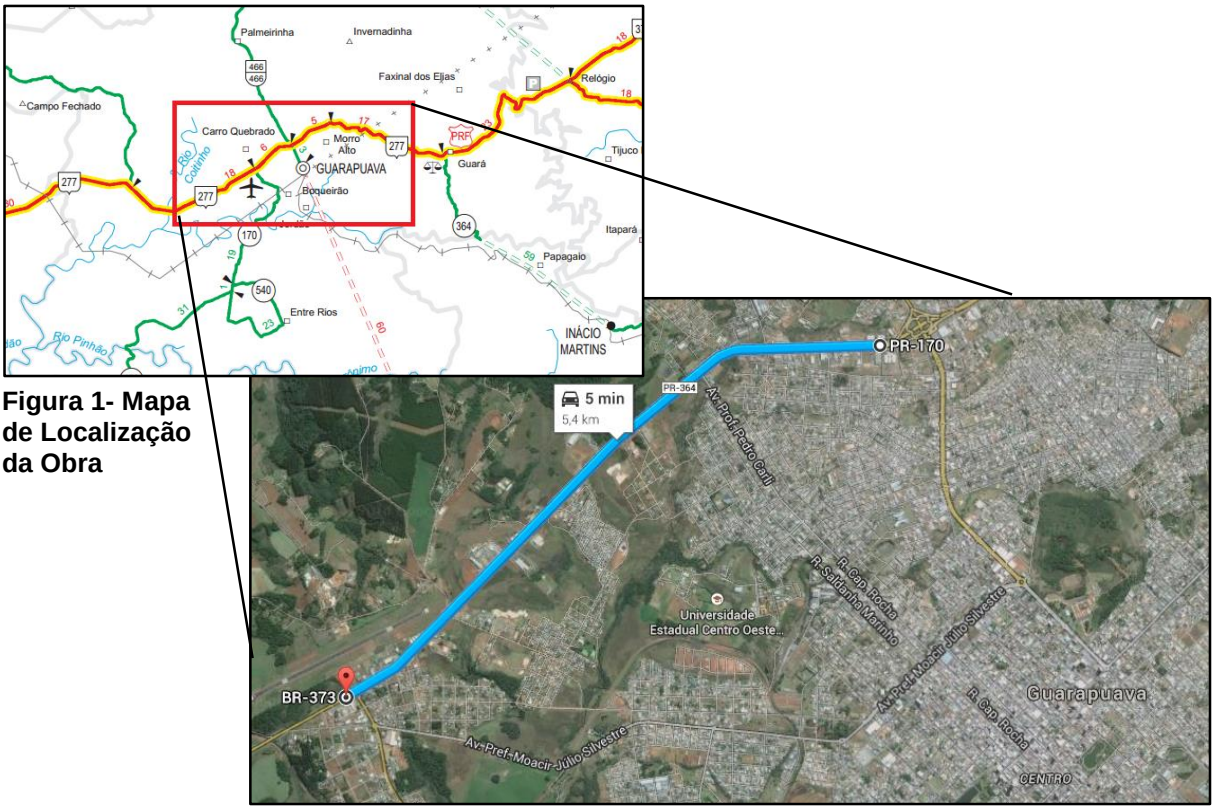


Figura 1- Mapa de Localização da Obra

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

2.1.1 Descrição da Estrutura

Trata-se de uma estrutura pré-moldada, para uma passarela de pedestres, a ser construída na cidade de Guarapuava localizada no estado do Paraná, para facilitar a passagem de pedestres sobre a BR-277.

O sistema é composto por rampas de acesso em concreto protendido, patamares em concreto armado, pilares pré-moldados, e uma treliça metálica com vão de 22,44 metros para permitir a passagem de pedestres.

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

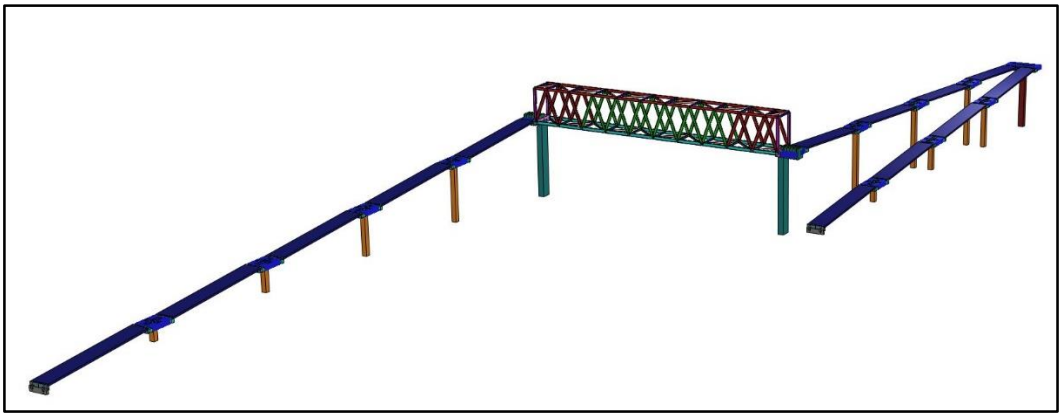


Figura 3 - Imagem renderizada da passarela

2.1.2 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 7187 – Projeto e execução de pontes de concreto armado e protendido;

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

NBR 8681 – Ações e segurança nas estruturas – Procedimento;

NBR 9050 – Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos;

NBR 8800 – Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas e aço e concreto de edifícios.

2.1.3 Objetivo

Este memorial tem como objetivo apresentar os resultados técnicos obtidos na elaboração do projeto da Passarela da BR-277, assim como as considerações feitas em seu dimensionamento.

2.1.4 Método Construtivo

Foi considerado que a estrutura da passarela será do tipo pré–moldada. Para a montagem das peças, deve-se começar pela execução fundação projetada com estacas tipo raiz diâmetro de 31cm e profundidade variada, onde em seguida serão executados os blocos de fundação, para que em seguida poça ser dada continuidade na montagem dos pilares, vigas rampas e treliça metálica.

2.1.5 Materiais

Concreto estrutural $\geq 30\ MPa$

Groute $\geq 25\ MPa$

Fator água/cimento $\leq 0{,}50$

Aço CA-50: $f_{yk} \geq 500\ MPa$

Aço CA-60: $f_{yk} \geq 600\ MPa$

Aço CP-190RB 15,2 mm

Aço ASTM A36 - $\boldsymbol{f_y \geq 250\ MPa}$; $\boldsymbol{f_u \geq 400\ MPa}$

Parafuso ASTM A325 - $\boldsymbol{f_y \geq 560\ MPa}$; $\boldsymbol{f_u \geq 725\ MPa}$

Metal solda - $\boldsymbol{f_w \geq 485\ MPa}$

2.1.6 Modelo Estrutural

A modelagem e o processamento da estrutura foram realizados com o auxílio o *software* STRAP 2010.

2.1.7 Geometria da Estrutura

Seguem desenhos mostrando a geometria da passarela.

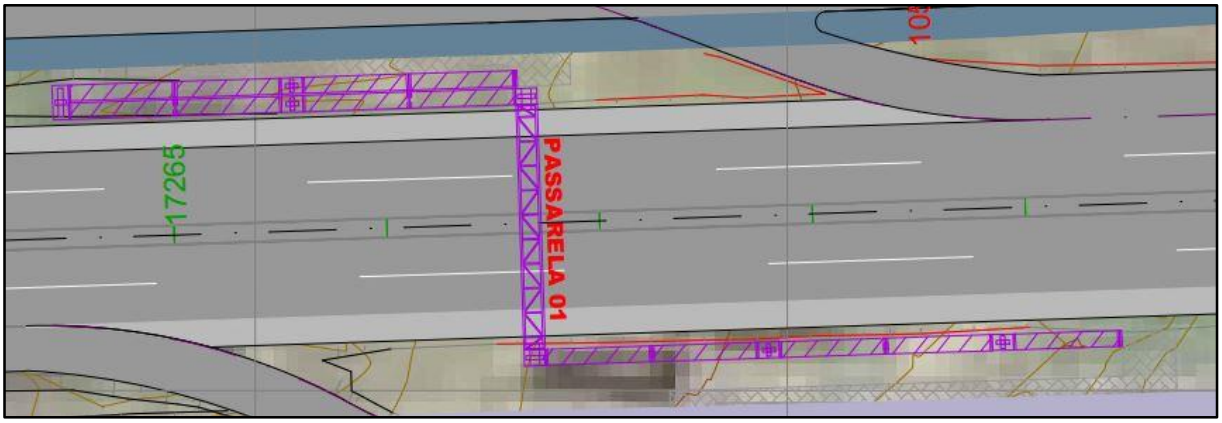


Figura 4 – Implantação da passarela

2.1.8 Geometria dos Elementos

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

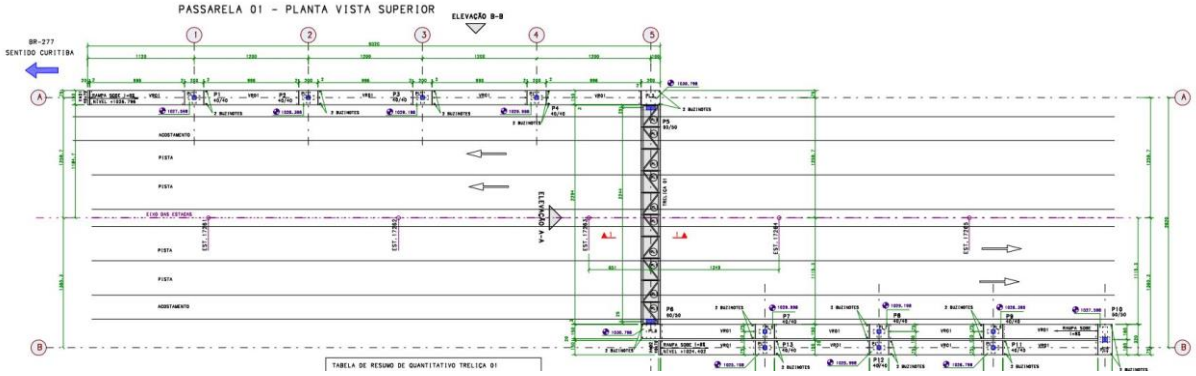


Figura 5 – Vista superior da passarela

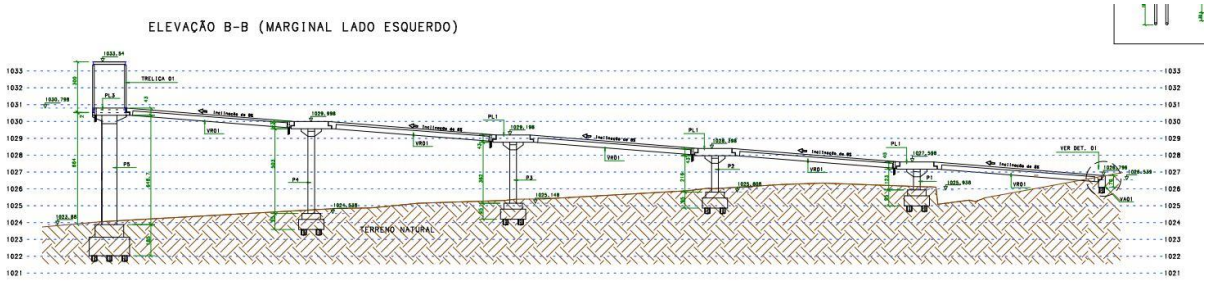


Figura 6 – Seção transversal da passarela

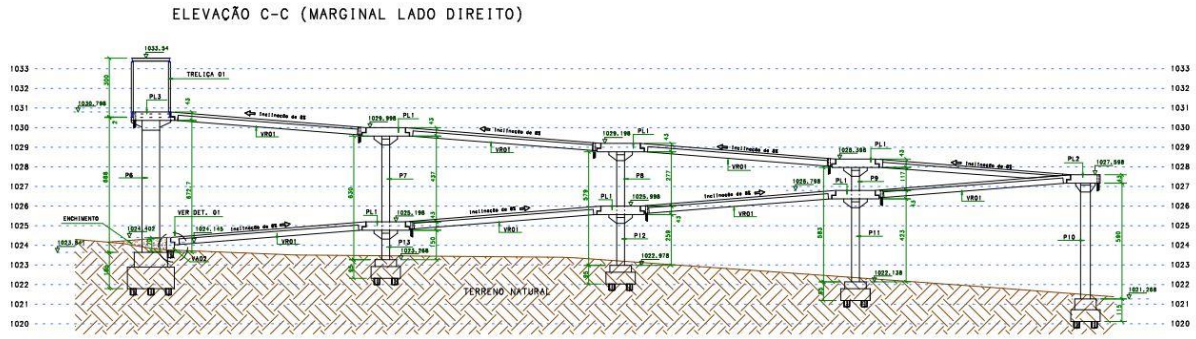


Figura 7 – Seção longitudinal da passarela lado esquerdo

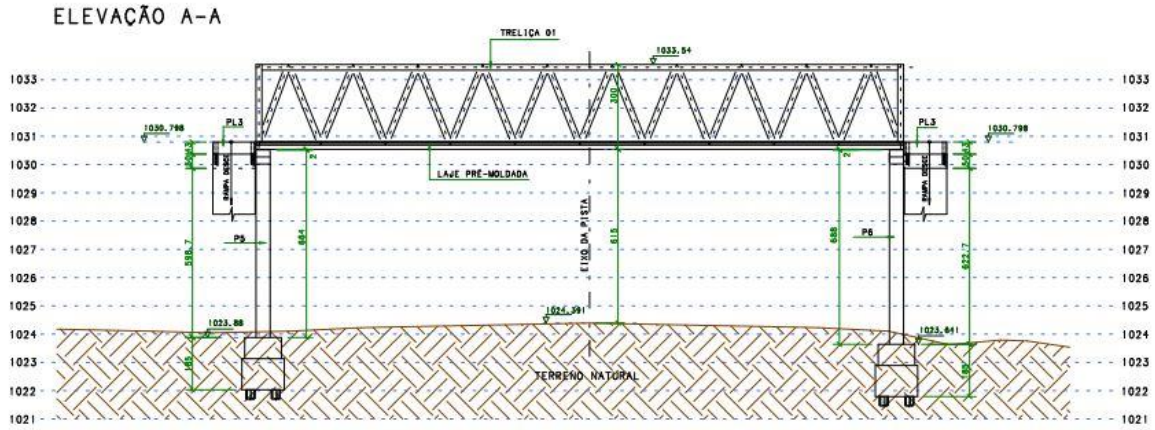


Figura 8 - Seção longitudinal da passarela lado direito

2.2 Carregamentos Considerados

2.2.1 Cargas Permanentes

Segundo a norma NBR 6120/1980 – Cargas para o cálculo das estruturas de edificações, esse carregamento é constituído pelo peso de todos 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 do peso próprio da estrutura, foram adicionadas as cargas do guarda corpo (padrão DNIT) e do revestimento, com espessura de $5cm$.

2.2.2 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. Tratando-se de uma obra em que ocorrerá trafego contínuo de pedestres sobre a mesma, foi adotada a carga de multidão de $5kN/m^2$ ($500kgf/m^2$), sem o coeficiente de impacto.

2.2.3 Cargas Horizontais

Como carga horizontal agindo sobre a passarela foi considerada a ação do vento. Seguindo como referência para a análise e cálculos a NBR 6123/1987 – Forças devidas ao vento em edificações.

2.3 Combinações

As combinações foram feitas no próprio *software* STRAP, que se encarrega de verificar as piores situações e fornece como resultado a envoltória dos carregamentos.

	Peso próprio	Sobre Carga Permanente	Corrimão e Tela	Acid. 01	Acid.02	Vento 0	Vento 180	Vento 270	Acid. 03	Acid.04	Acid.05	Vento 90
Peso próprio +Permanente	1,3	1,4	1,4									
Peso próprio +Permanente+Acid.01	1,3	1,4	1,4	1,4								
Peso próprio +Permanente+Acid.02	1,3	1,4	1,4		1,4							
Peso próprio +Permanente+Acid.01+Acid.02	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4							
Peso próprio +Permanente+Vento 0	1,3	1,4	1,4			1,2						
Peso próprio +Permanente+Vento 180	1,3	1,4	1,4				1,2					
Peso próprio +Permanente+Vento 90	1,3	1,4	1,4									1,2
Peso próprio +Permanente+Vento 270	1,3	1,4	1,4					1,2				
Peso próprio +Permanente+Acid. (pred) + Vento 0	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4	0,72						
Peso próprio +Permanente+Acid. (pred) + Vento 180	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4		0,72					
Peso próprio +Permanente+Acid. (pred) + Vento 90	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4							0,72
Peso próprio +Permanente+Acid. (pred) + Vento 270	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4			0,72				
Peso próprio +Permanente+Acid. + Vento 0 (pred)	1,3	1,4	1,4	0,84	0,84	1,2						
Peso próprio +Permanente+Acid. + Vento 180 (pred)	1,3	1,4	1,4	0,84	0,84		1,2					
Peso próprio +Permanente+Acid. + Vento 90 (pred)	1,3	1,4	1,4	0,84	0,84							1,2
Peso próprio +Permanente+Acid. + Vento 270 (pred)	1,3	1,4	1,4	0,84	0,84			1,2				
ELS = Peso próprio + Permanente + Acid.	1	1	1	1	1	1						
ELS = Peso próprio + Permanente + 0,7 Acid. + Vento 0	1	1	1	0,7	0,7							
ELS = Peso próprio + Permanente + 0,7 Acid. + Vento 90	1	1	1	0,7	0,7		1					1
ELS = Peso próprio + Permanente + 0,7 Acid. + Vento 180	1	1	1	0,7	0,7			1				
ELS = Peso próprio + Permanente + 0,7 Acid. + Vento 270	1	1	1	0,7	0,7				1,4			
Peso próprio + Permanente + Acid. 03	1,3	1,4	1,4							1,4		
Peso próprio + Permanente + Acid. 04	1,3	1,4	1,4									
Peso próprio + Permanente + Acid. 05	1,3	1,4	1,4								1,4	
Peso próprio + Permanente + Acid. 06	1,3	1,4	1,4									

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.

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.

2.4 Análise Estrutural

A análise estrutural foi desenvolvida mediante o uso do *software* STRAP 2010 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.

O modelo desenvolvido simula a montagem da estrutura. Essa análise possibilita observar as solicitações que a estrutura fica sujeita a cada etapa de montagem até a sua consolidação total.

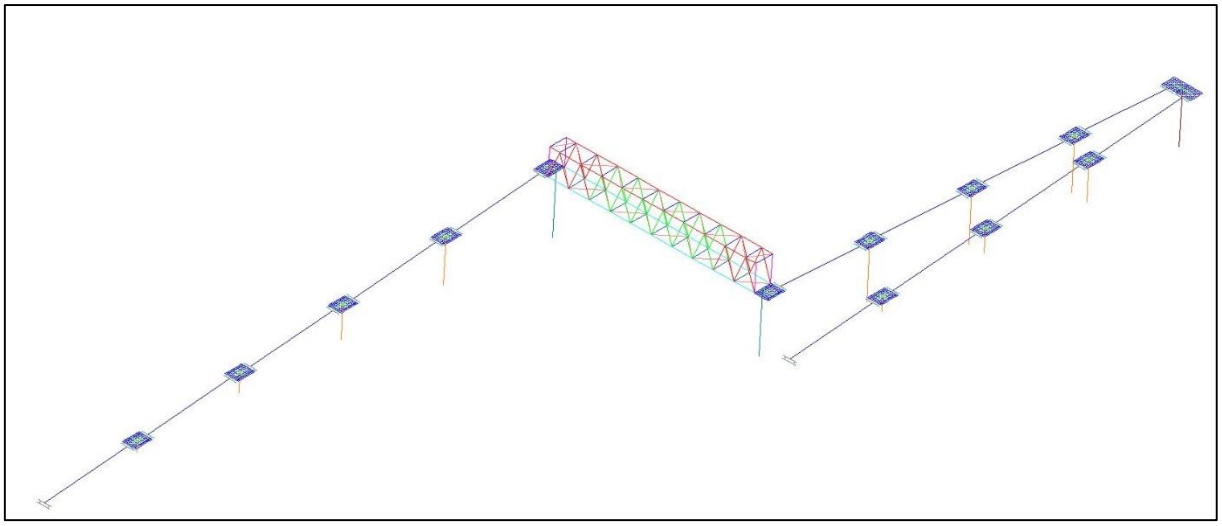


Figura 9 – Modelo analítico da passarela

2.4.1 Esforços Permanentes

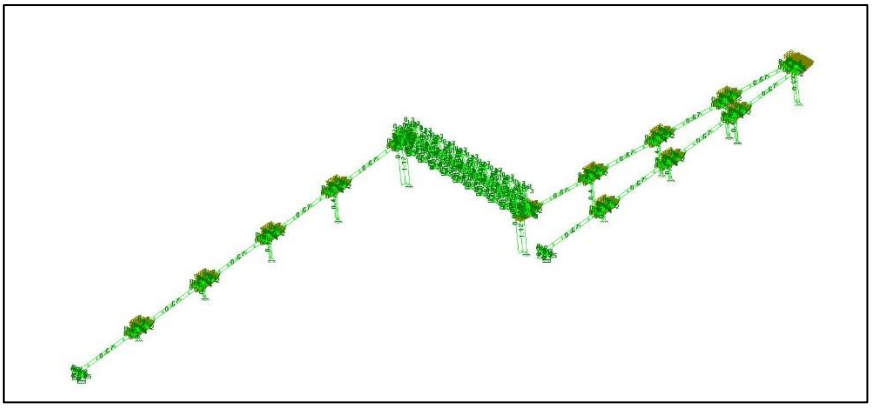


Figura 10 – Peso próprio da passarela

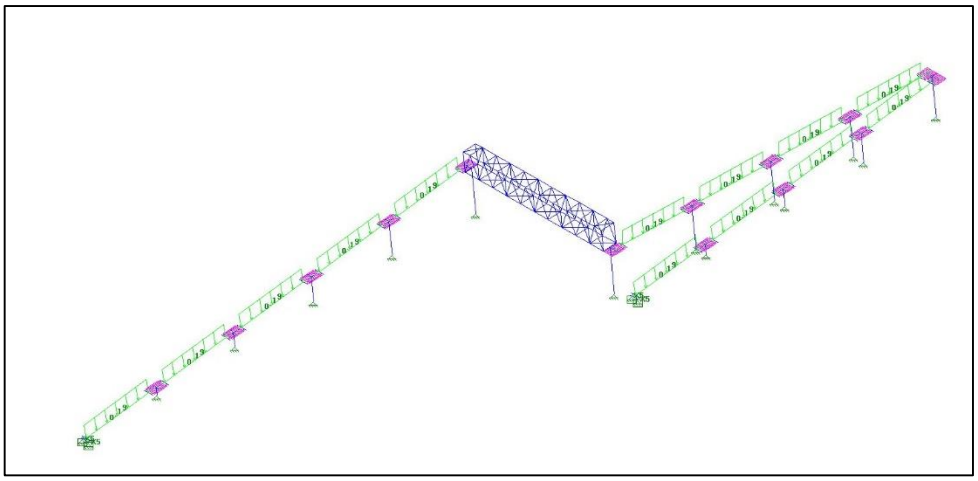


Figura 11 – Revestimento de 5cm de espessura

2.4.2 Esforços Acidentais

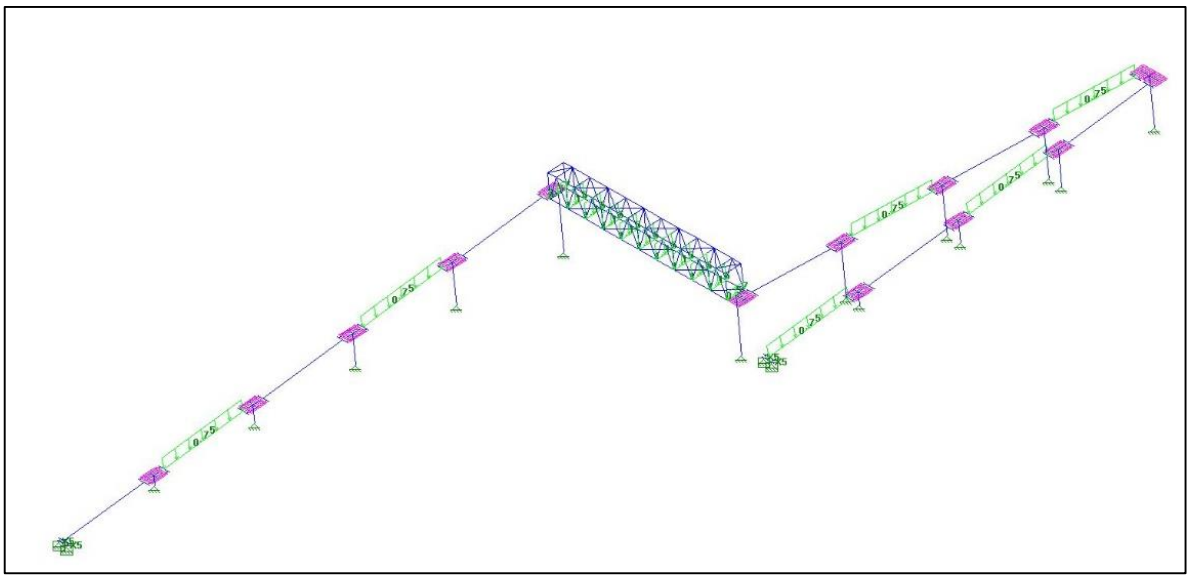


Figura 12 - Carga acidental 01

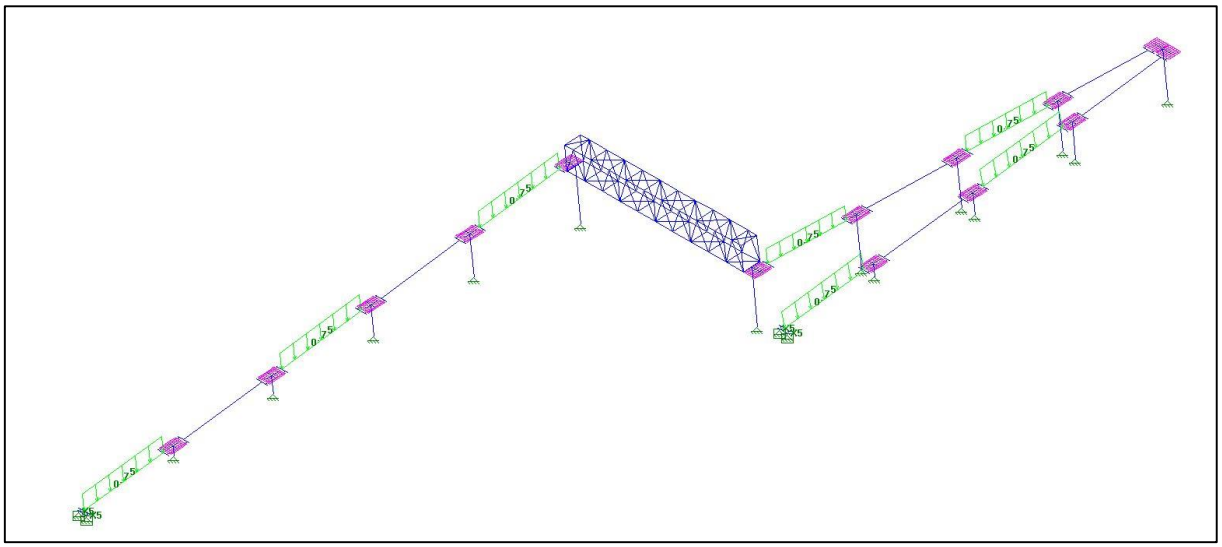


Figura 13 – Carga acidental 02

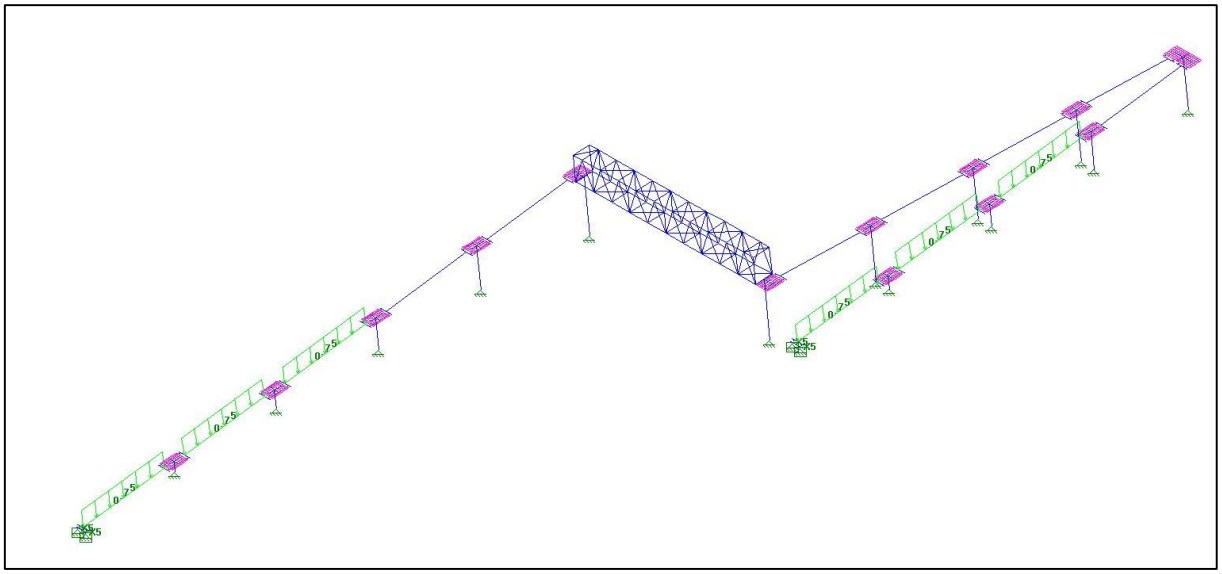


Figura 14 – Carga acidental 03

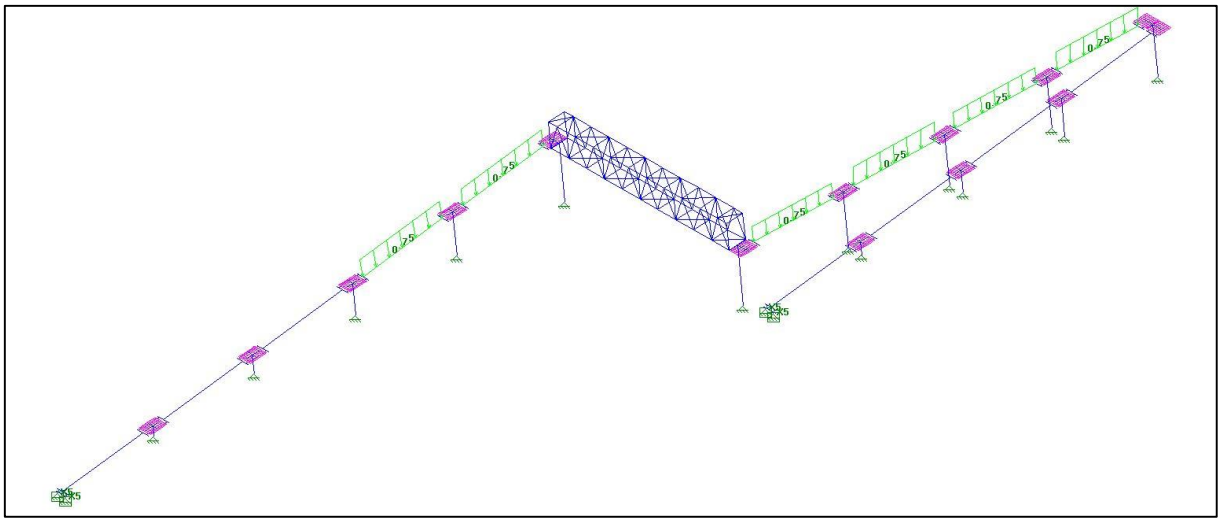


Figura 15 – Carga acidental 04

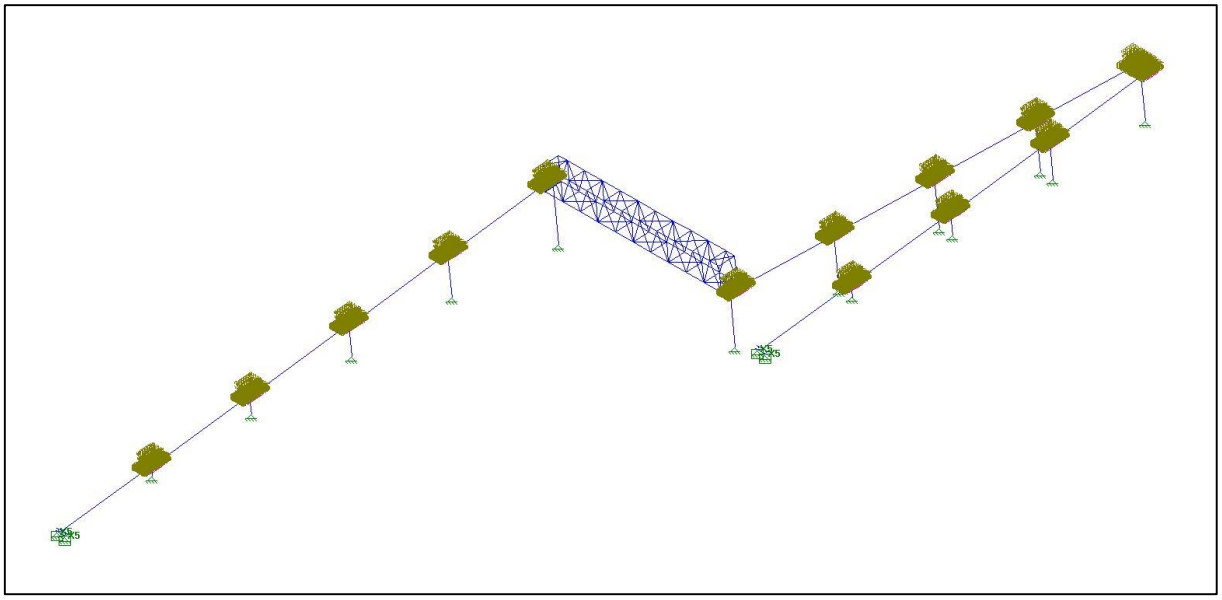


Figura 16 – Carga acidental 05

2.4.3 Análise de ação do vento

Para o cálculo da ação do vento foi utilizado os seguintes fatores para classificar o carregamento decorrente da ação do vento. Para a estrutura pré-moldada os cálculos foram elaborados de acordo com os a tabela 12 do item 7.2 da NBR 6123. Para o carregamento na treliça fez se uso do item 7.6 da NBR 6123 onde se verifica a ação do vento em reticulados em planos múltiplos.

Considerações para calculo do vento:

Velocidade básica do vento

$V_0 = 42\ m/s$

Fatores de consideração:

Fator topográfico $S_1 = 1{,}0$

Fator de rugosidade do terreno: Categoria II

Altura do terreno: Z = 8,20m

Classe A

$S_2 = 0{,}98$

Fator estátistico

$S_3 = 1{,}10$

Cálculo do vento caracterísitico

$V_k = 42 \times 1 \times 0{,}98 \times 1{,}1 = 45{,}3\ m/s$

$q = 0{,}613 \times V_k^2 = 0{,}613 \times 45{,}3 = 1.257{,}93 \frac{N}{m^2}$

$q = 126{,}3 \frac{kgf}{m^2}$

Calculo do coeficiente de arrasto de acordo com a tabela 12 da NBR 6123.

$C_x = +2{,}0$

$C_y = +2{,}0$

Análise de vento								
Pilar	**x (cm)**	**y (cm)**	**q (tf/m²)**	**K**	**Cx**	**Cy**	**Fx (tf/m)**	**Fy (tf/m)**
P1	40	40	0,126	1	2,00	2,00	**0,10**	**0,10**
P2	40	60	0,126	1	2,00	2,00	**0,10**	**0,15**
P3	40	40	0,126	1	2,00	2,00	**0,10**	**0,10**
P4	40	60	0,126	1	2,00	2,00	**0,10**	**0,15**
P5	50	90	0,126	1	2,00	2,00	**0,13**	**0,23**
P6	50	90	0,126	1	2,00	2,00	**0,13**	**0,23**
P7	40	60	0,126	1	2,00	2,00	**0,10**	**0,15**
P8	40	40	0,126	1	2,00	2,00	**0,10**	**0,10**
P9	40	60	0,126	1	2,00	2,00	**0,10**	**0,15**
P10	50	50	0,126	1	2,00	2,00	**0,13**	**0,13**
P11	40	40	0,126	1	2,00	2,00	**0,10**	**0,10**

Calculo de reticulados em planos multiplos

$C_{an} = C_{a1}[1 + (n-1)n]$

C_{a1}= coeficiente de arrasto de um reticulado isolado, determinado de acordo com o item 7.5 da NBR 6123.

Força de arrasto do conjunto de n reticulados é dado por:

$F_{an} = C_{an} \times q \times A_e$

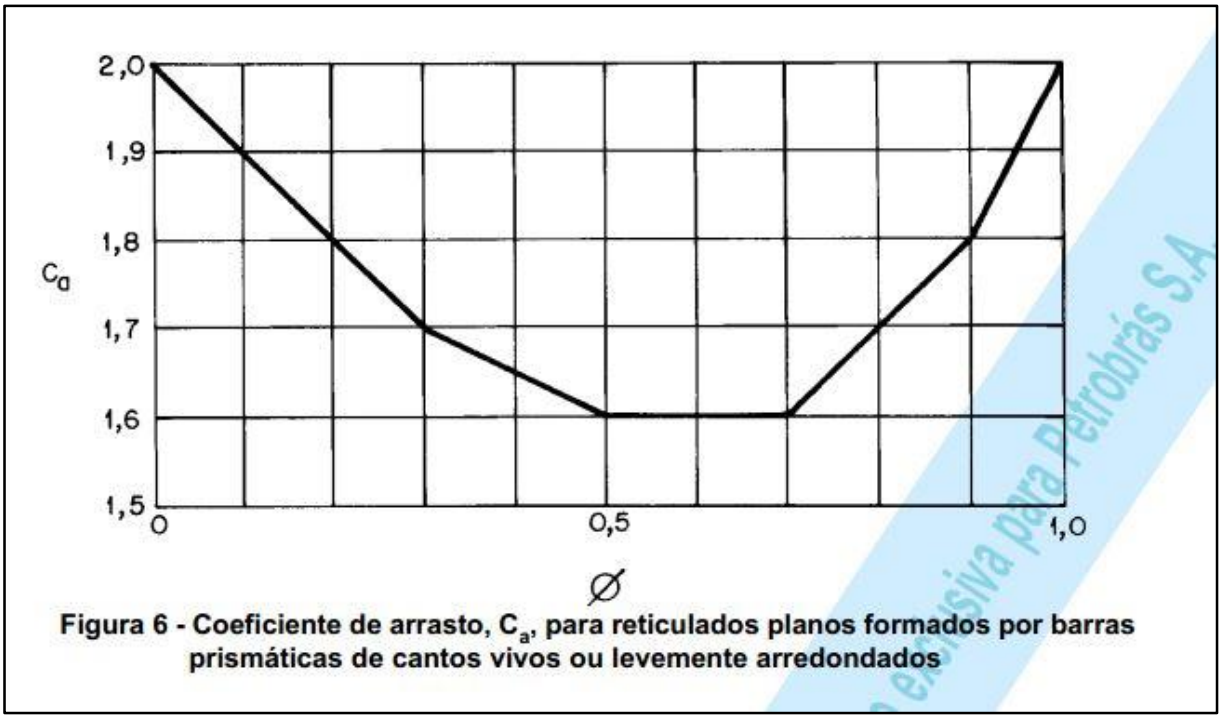


Figura 17 - Gráfico figura 6 NBR 6123/1988

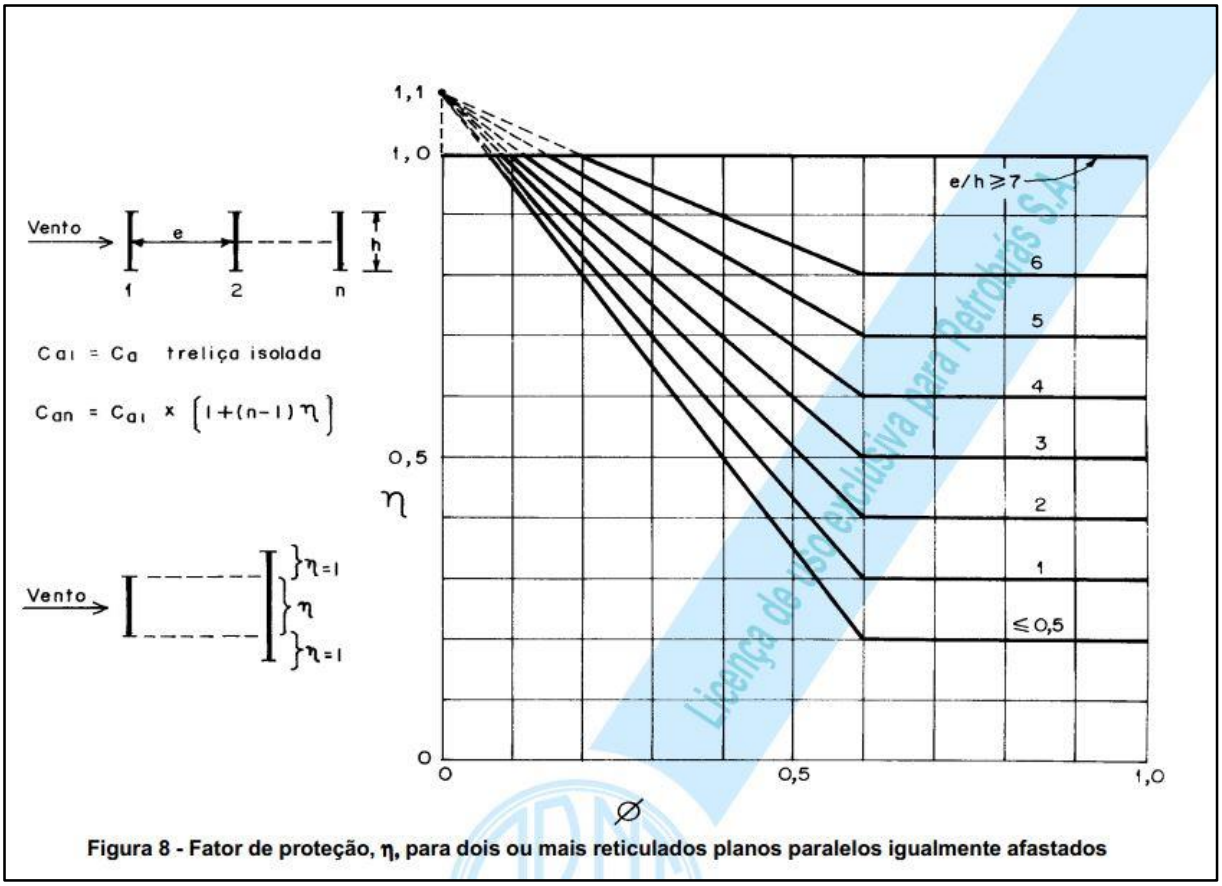


Figura 18 - Gráfico figura 8 NBR 6123/1988

De acordo com os graficos apresentados chegou se ao seguinte valor de coeficiente de arrasto C_{an}.

C_{a1}=1,88 para treliça isolada e C_{a1} = 3,76 para treliça de planos multiplos.

Força para treliça isolada

$F_a = 1{,}88 \times 0{,}1263 \times 0{,}2 = 0{,}048\ tf/m$

Força para treliça multipla

$F_a = 3{,}76 \times 0{,}1263 \times 0{,}2 = 0{,}095\ tf/m$

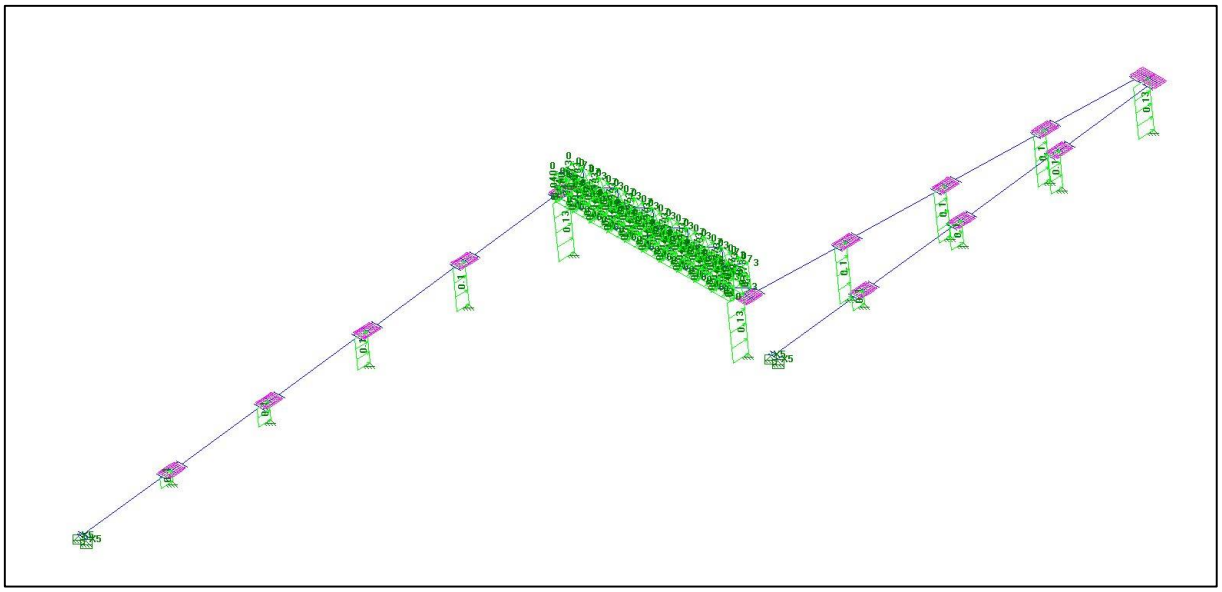


Figura 19 – Vento 0º

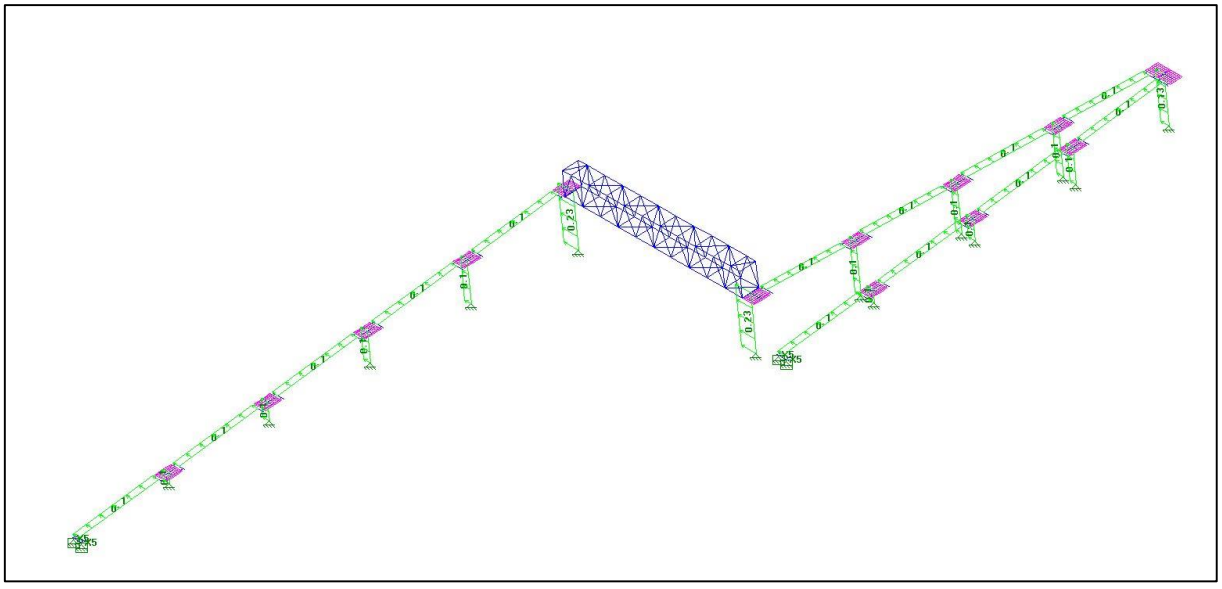


Figura 20 – Vento 90º

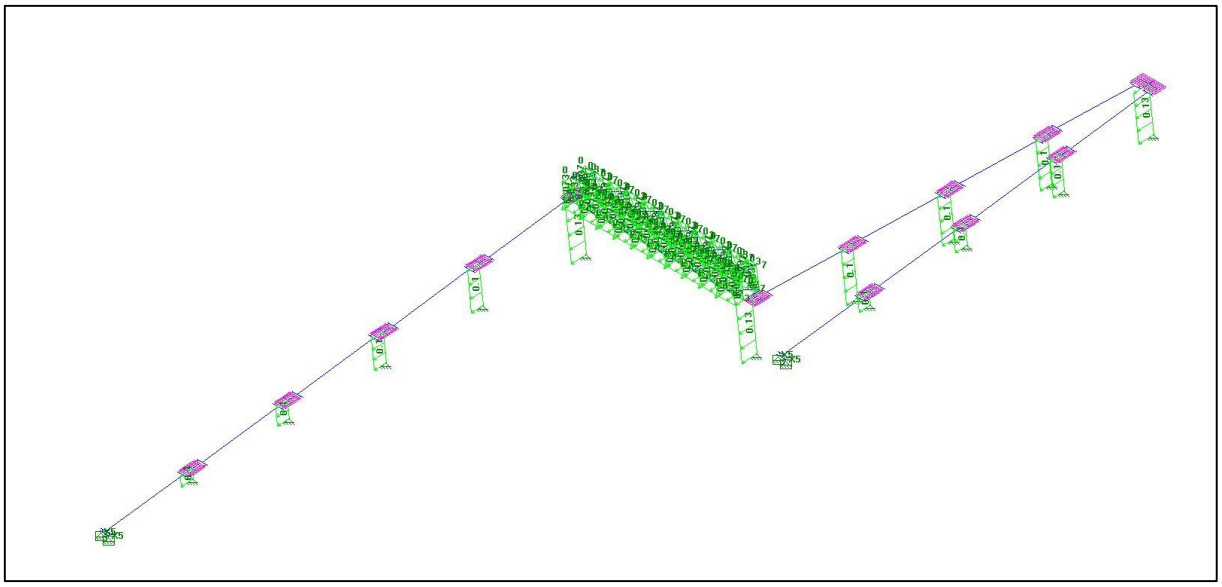


Figura 21 – Vento 180º

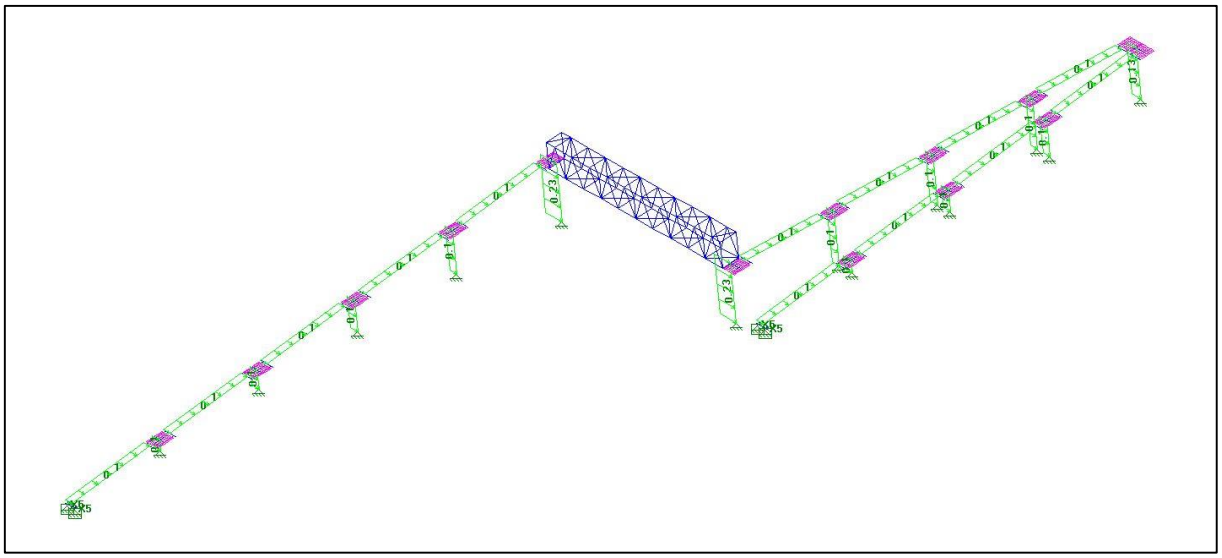
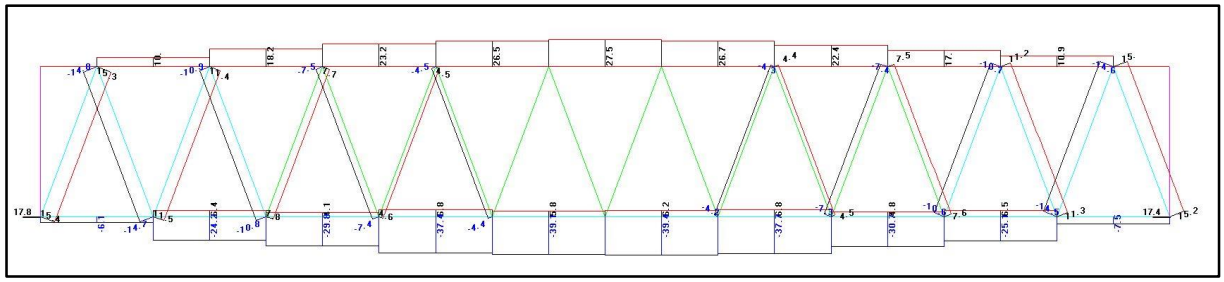


Figura 22 – Vento 270º

2.5 Esforços Concomitantes – Estado Limite Ultimo

De acordo com as envoltórias mínimas e máximas do modelo descrito foram encontrados os seguintes esforços para os elementos da passarela.

2.5.1 Viga principal – Metálica



2.5.1.1 Banzo Inferior

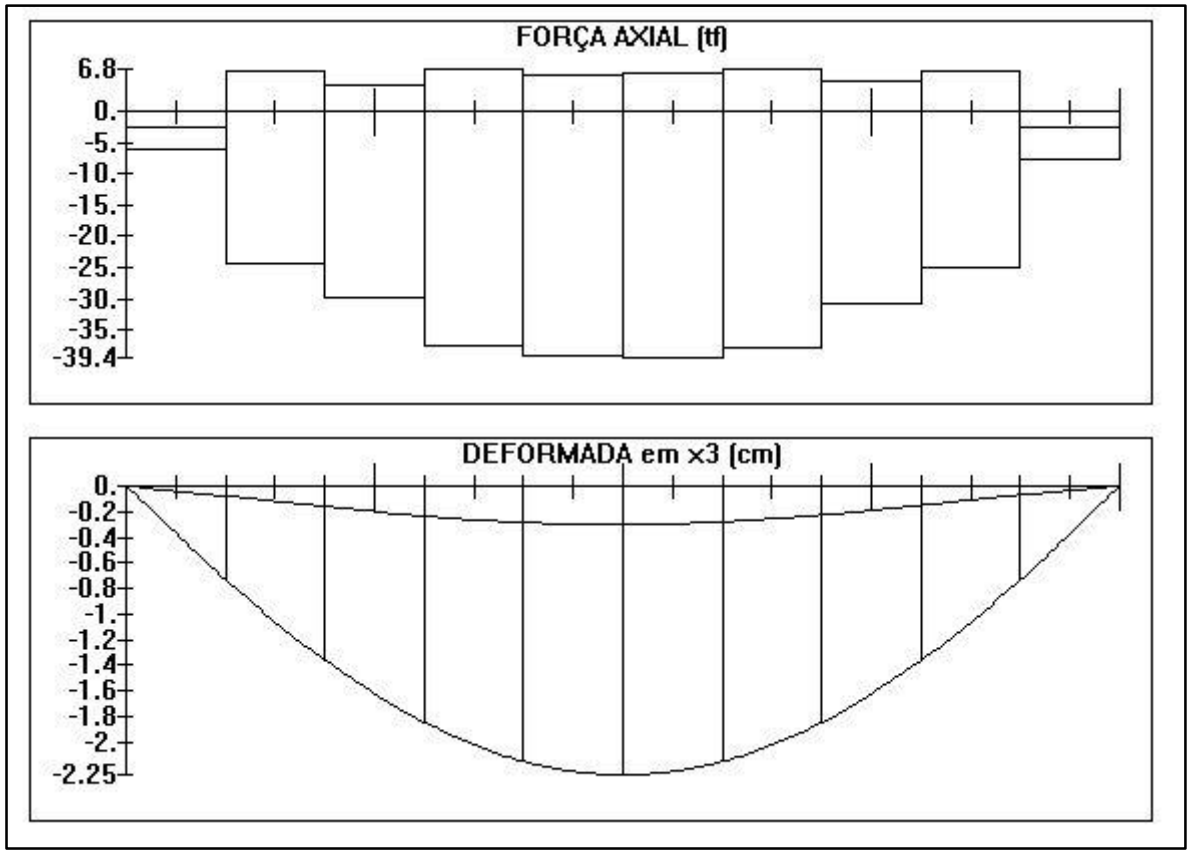
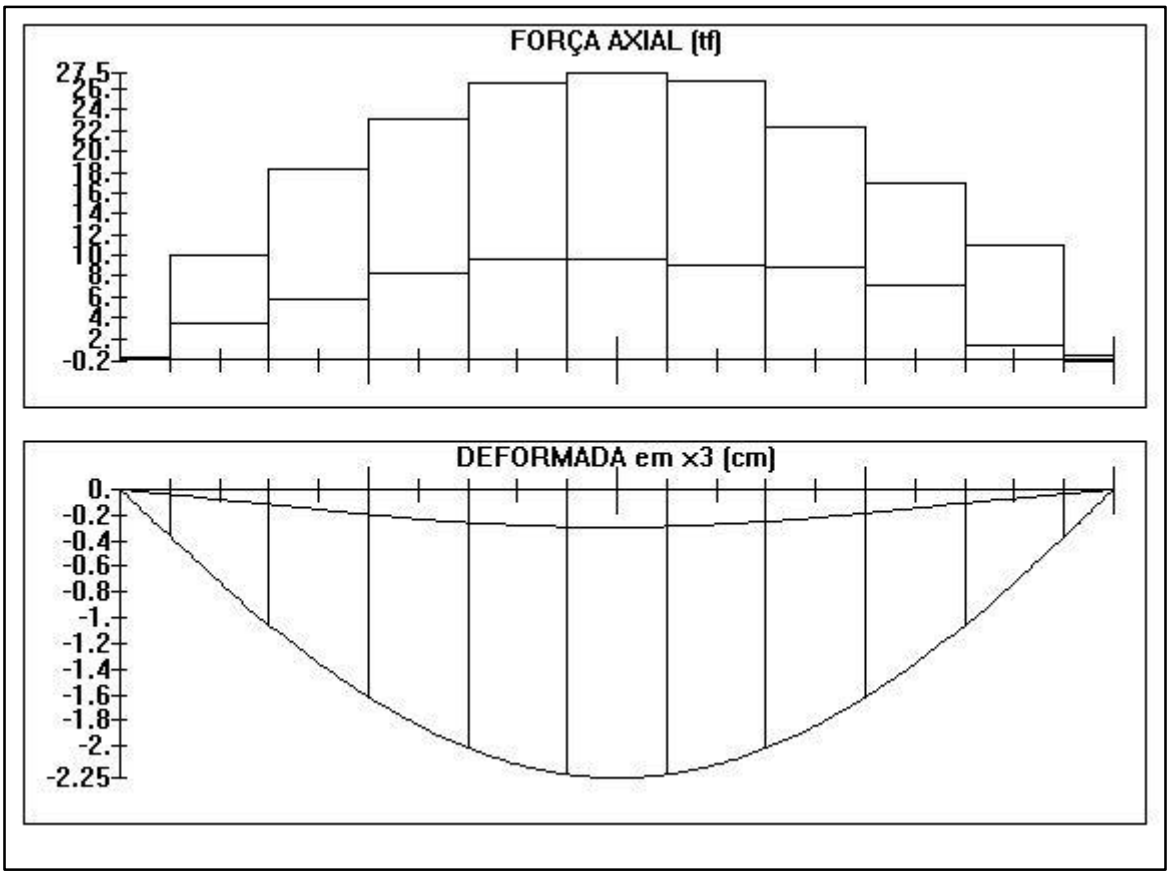
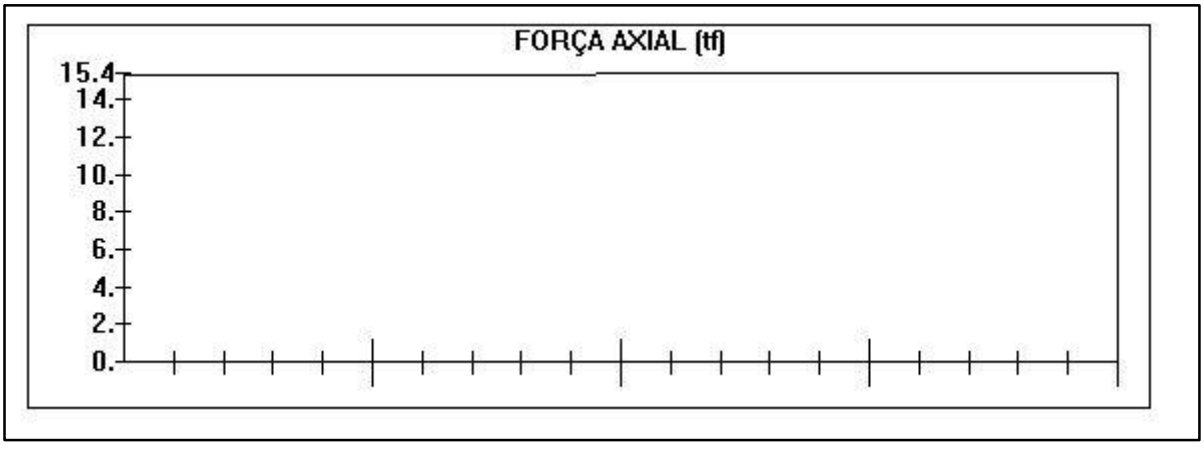


Figura 23 - Esforços solicitantes e a deformada das vigas principais

2.5.1.2 Banzo Superior



2.5.1.3 Diagonal



2.5.2 Vigas rampa

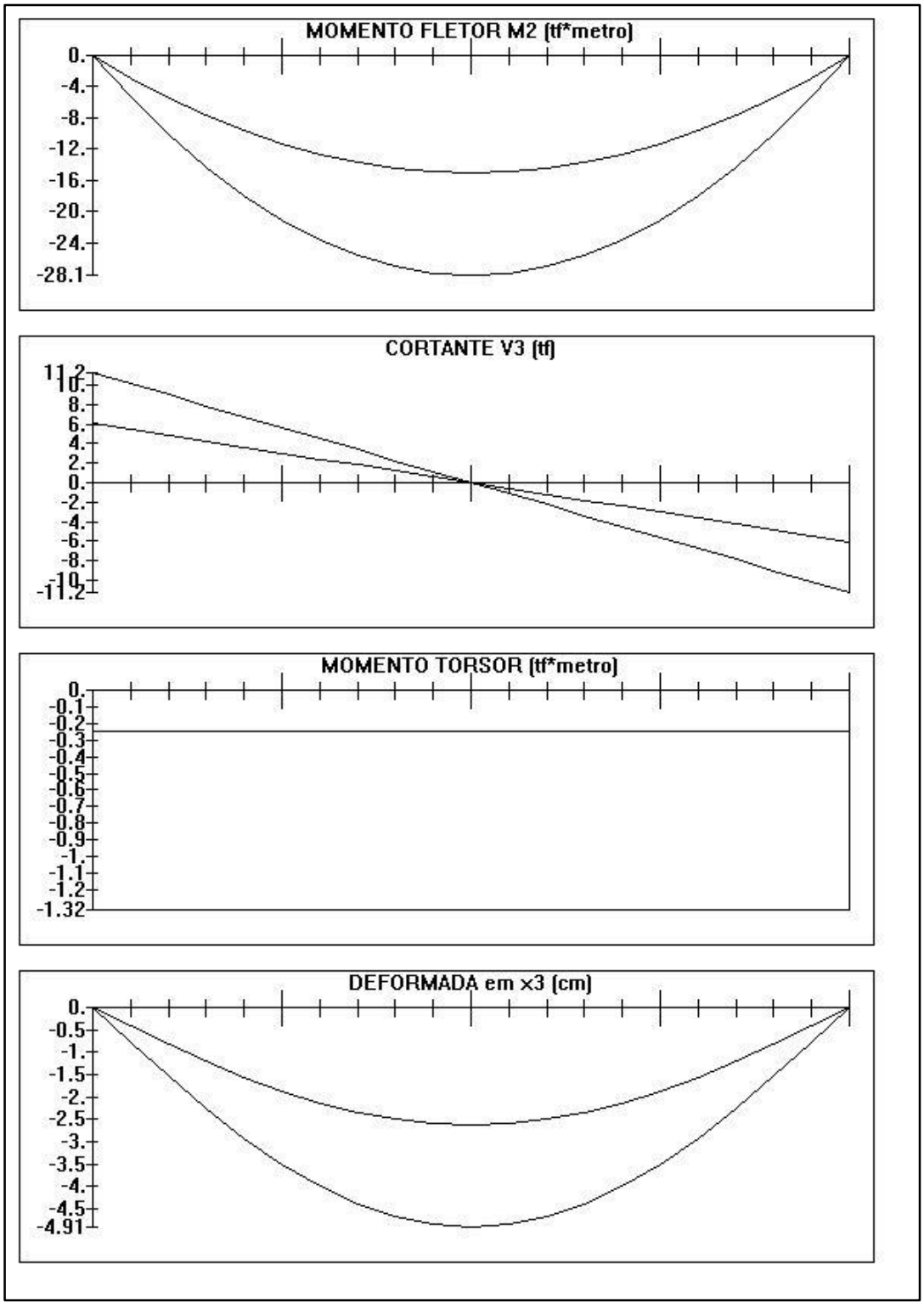
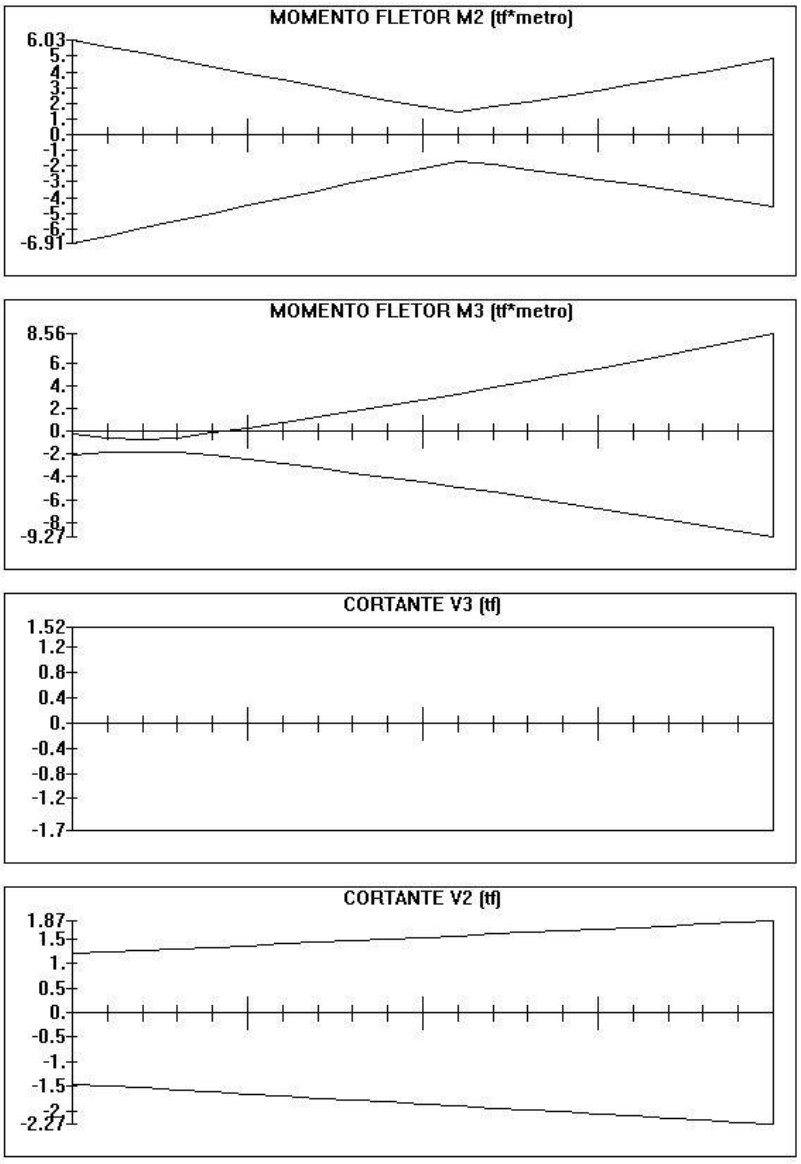


Figura 24 - Esforços solicitantes e a deformada das vigas rampa

2.5.3 Pilares

Seção $40cm\ x\ 40cm$



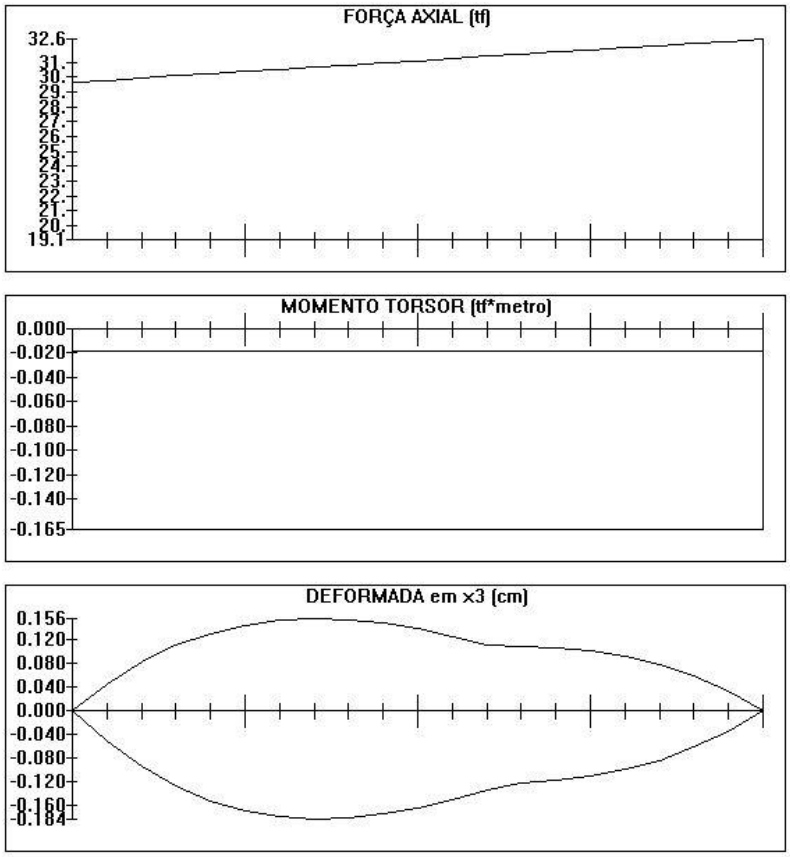
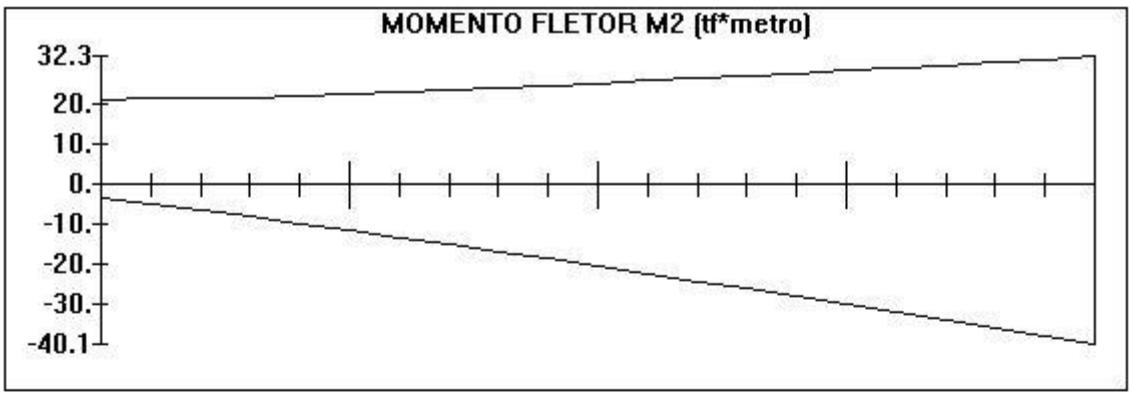
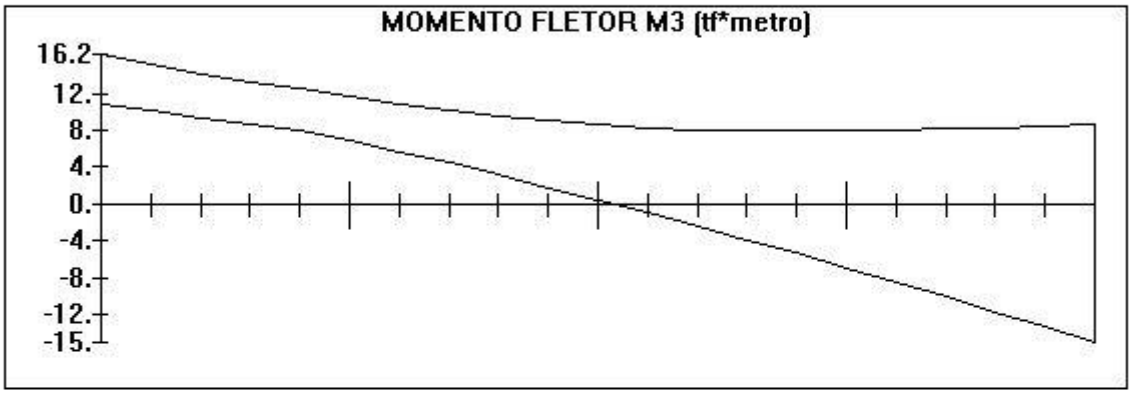
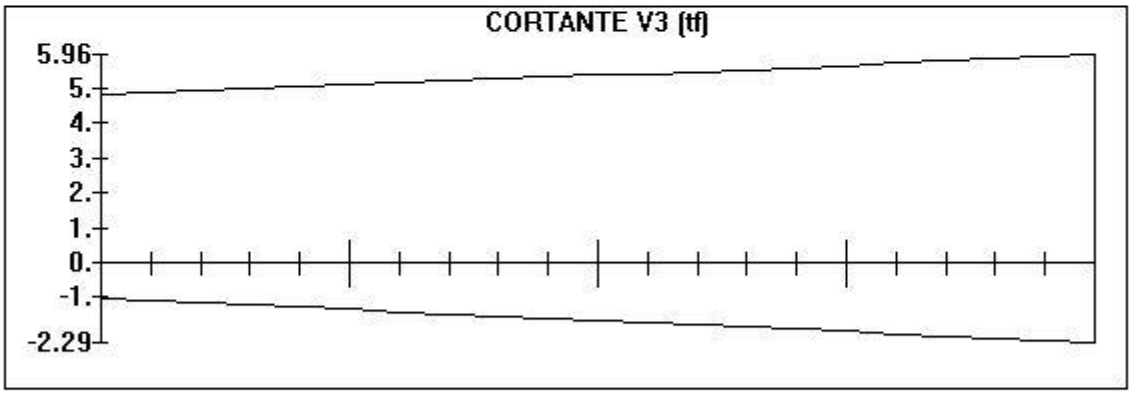


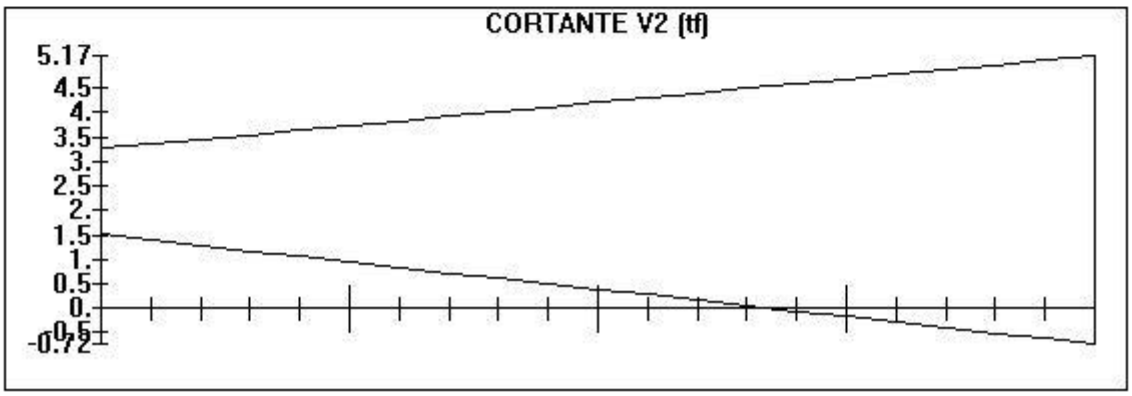
Figura 25 - Esforços solicitantes e a deformada dos pilares ($40x40cm^2$)

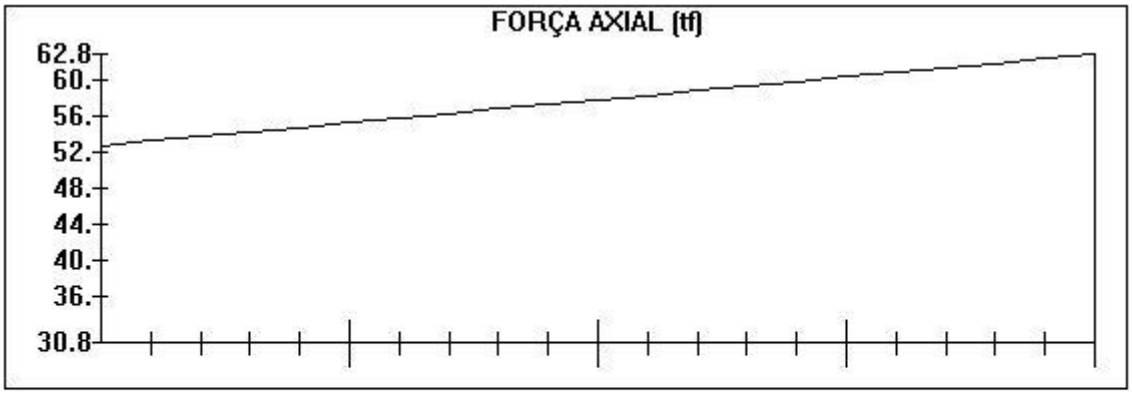
Seção 50 x 90

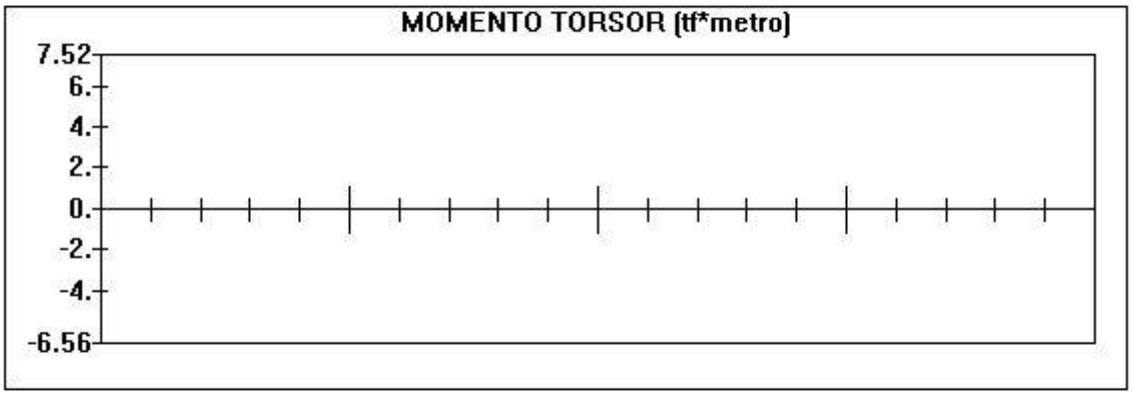

MOMENTO FLETOR M2 (tf*metro)
32.3
20.
10.
0.
-10.
-20.
-30.
-40.1

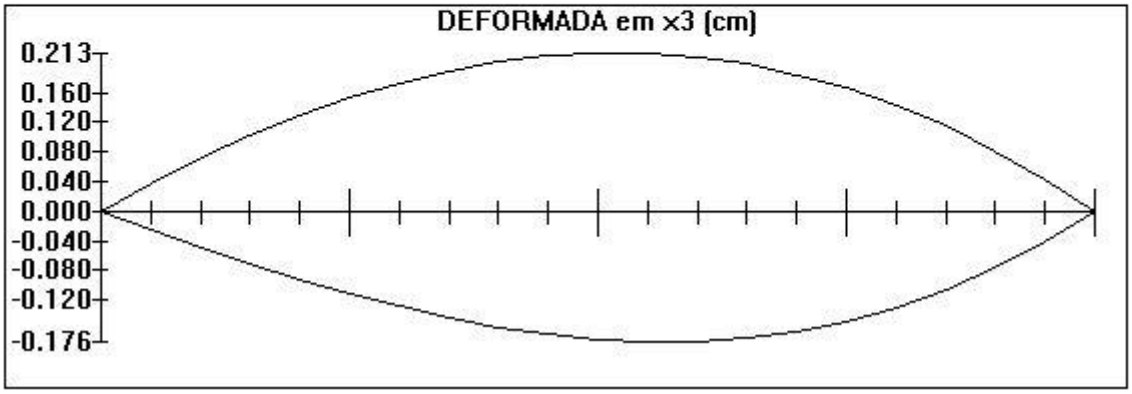

MOMENTO FLETOR M3 (tf*metro)
16.2
12.
8.
4.
0.
-4.
-8.
-12.
-15.


CORTANTE V3 (tf)
5.96
5.
4.
3.
2.
1.
0.
-1.
-2.29


CORTANTE V2 (tf)
5.17
4.5
4.
3.5
3.
2.5
2.
1.5
1.
0.5
0.
-0.5
-0.72


FORÇA AXIAL (tf)
62.8
60.
56.
52.
48.
44.
40.
36.
30.8


MOMENTO TORSOR (tf*metro)
7.52
6.
4.
2.
0.
-2.
-4.
-6.56


DEFORMADA em x3 (cm)
0.213
0.160
0.120
0.080
0.040
0.000
-0.040
-0.080
-0.120
-0.176

2.5.4 Vigas com balanço

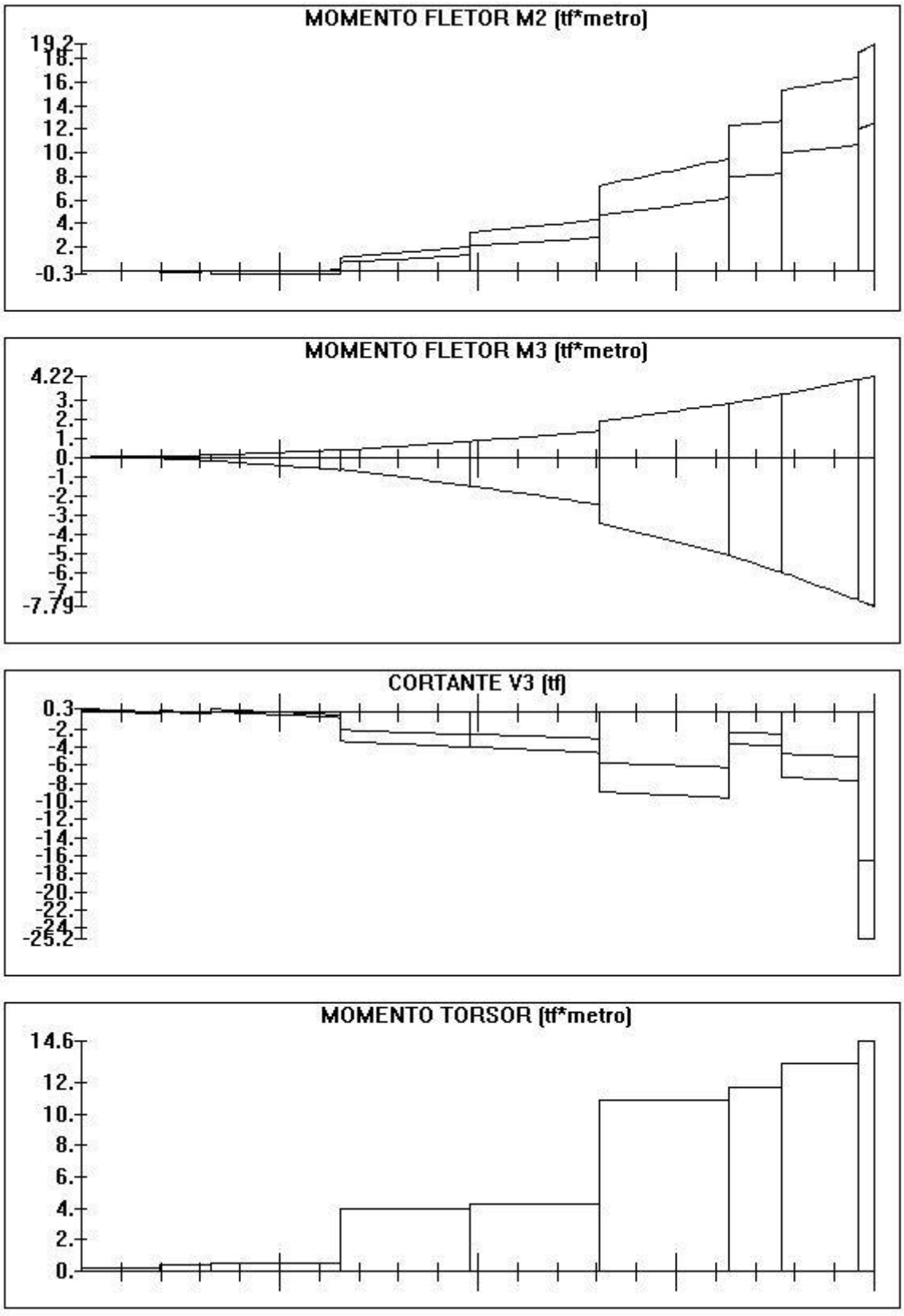
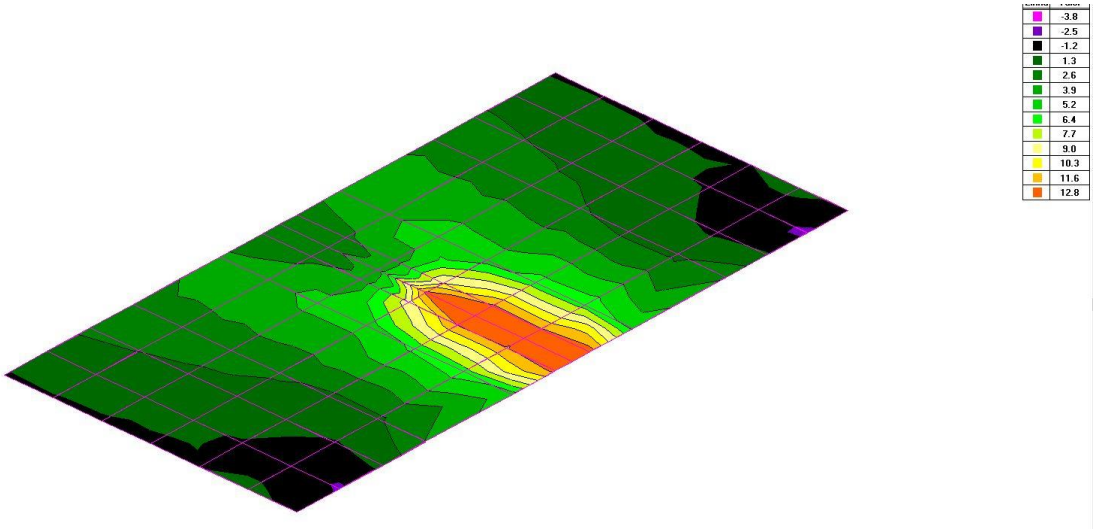


Figura 26 - Esforços solicitantes das vigas com balanço de $150cm$

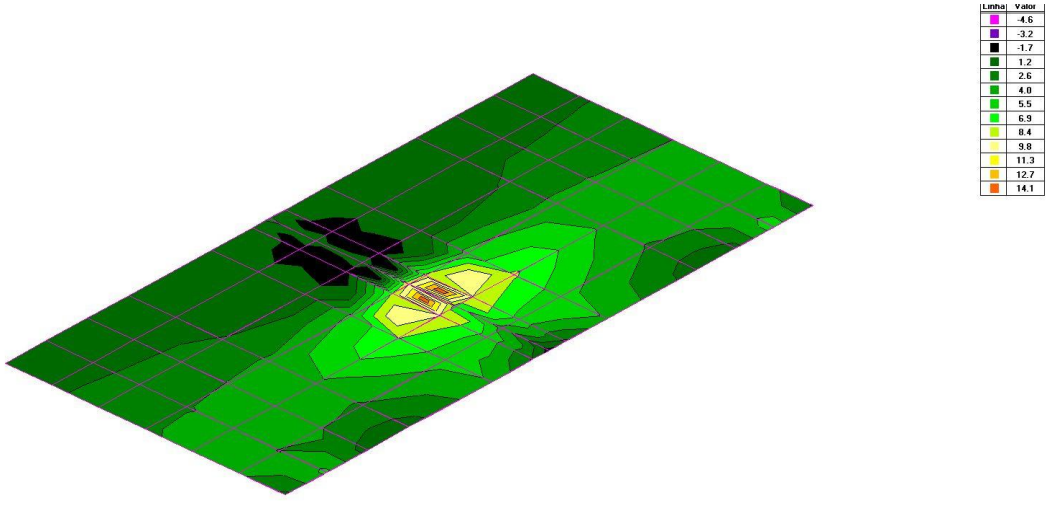
2.5.5 Lajes

Envoltória de combinações máximas.

Momentos na direção x



Momentos na direção y



2.6 Dimensionamento

De acordo com os esforços internos solicitantes apresentados foram feitos os dimensionamentos e a armadura utilizada e os perfis metálicos são apresentados neste capítulo.

2.6.1 Treliça metálica

A treliça metálica foi dimensionada de acordo com a **NBR 8800/2008 – Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas e aço e concreto de edifícios.**

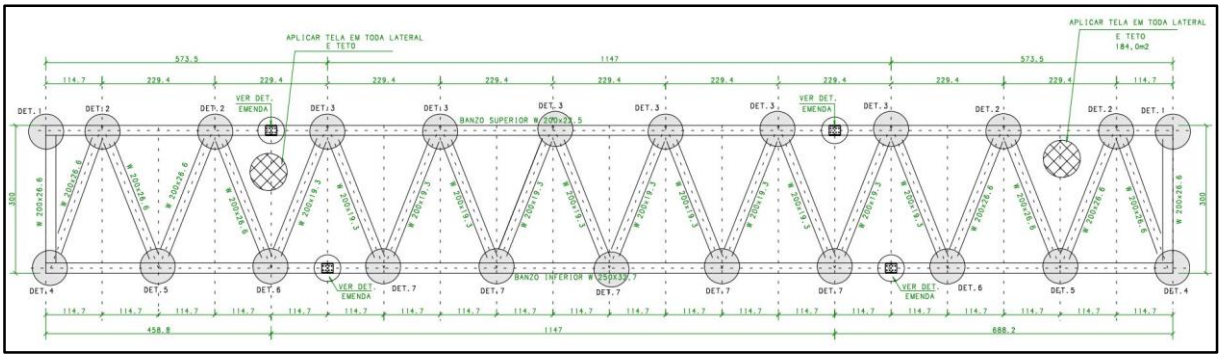


Figura 27 - Treliça metálica

Banzo Superior

W200 x 22,5

Banzo Inferior

W250 x 32,7

Diagonal

W200 x 19,3 – região central

W200 x 26,0 – próximo ao apoio

Perfil de travamento superior

W150 x 13,0

Perfil de travamento inferior

W150 x 13,0

Cordão de solda

Solda filete E70XX de 1 cm em todo o contorno do perfil

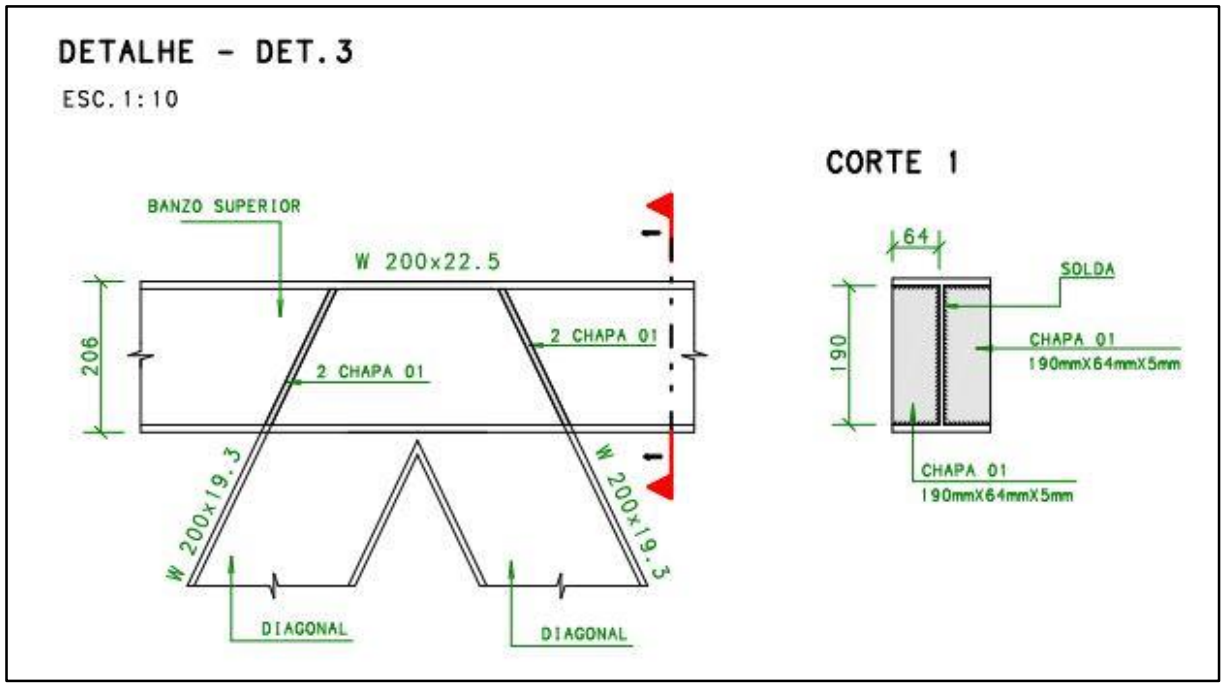


Figura 28 - Detalhe de ligação soldada

Detalhe de ligação parafusada

Parafusos de alta resistência (rosca no plano de corte)									
fu (kN/cm2)	diâm. (cm)	Td (kN)	Vd (kN)	Ag (cm2)	ϕv.Rnv	ϕt.Rnt	T+V		
72,50	1,900	0,00	40,00	2,84	56,12	115,63	64,64		
Pressão de contato no furo - furo padrão								ϕ.Rn	ϕ.Rn
fu ch. (kN/cm2)	t ch. (cm)	diâm. (cm)	Vd (kN)	d furo-borda (cm)	d furo-furo (cm)	α furo-borda	α furo-furo	furo-borda	furo-furo
40,00	0,90	1,900	40,00	4,00	6,60	2,11	2,97	108,00	152,55

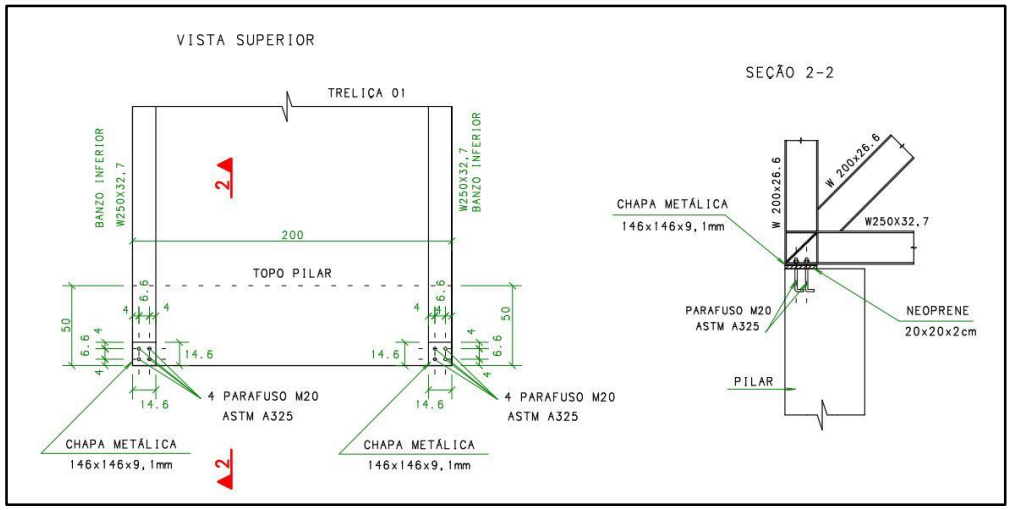


Figura 29 - Detalhe ligação parafusada

2.6.2 Vigas rampa

Amadura passiva (Inferior)

4 ø 12,5 mm

Estribos 2 Ramos ø 8 c/15cm.

Armadura Ativa

CP 190 RB 12,7 mm

2.6.3 Pilares

Pilar	Armadura Longitudinal (cm²)	Armadura Transversal (cm²)	As (long.) Utilizado	As (trans.) utilizado
P1	16,088	4,16	8ϕ16	ϕ6,3c/15
P2	16,088	4,16	8ϕ16	ϕ6,3c/15
P3	16,088	4,16	8ϕ16	ϕ6,3c/15
P4	16,088	4,16	8ϕ16	ϕ6,3c/15
P5	37,68	4,16	12ϕ20	ϕ6,3c/15
P6	37,68	4,16	12ϕ20	ϕ6,3c/15
P7	16,088	4,16	8ϕ16	ϕ6,3c/15
P8	16,088	4,16	8ϕ16	ϕ6,3c/15
P9	16,088	4,16	8ϕ16	ϕ6,3c/15
P10	20,11	4,16	10ϕ16	ϕ6,3c/15
P11	16,088	4,16	8ϕ16	ϕ6,3c/15
P12	16,088	4,16	8ϕ16	ϕ6,3c/15
P13	16,088	4,16	8ϕ16	ϕ6,3c/15

2.6.4 Vigas em balanço

Seção 40x60

$f_{ck} = 25MPa$;

$d' = 3{,}5cm$;

$A_{s,calc} = 13{,}84\ cm^2 - Longitudinal$

Utilizado 5 ø 20mm → ok

Calculo do estribo

$A_{sw} = 7{,}60\ cm^2/m$

Utilizado – 2 Ramos de ø 8,0 mm c/10 cm → ok

Seção 90x50

$f_{ck} = 25MPa$;

$d' = 3{,}5cm$;

$A_{s,calc} = 12{,}58\ cm^2 - Longitudinal$

Utilizado 5 ø 20mm → ok

Calculo do estribo

$A_{sw} = 10{,}60\ cm^2/m$

Utilizado – 2 Ramos de ø 8,0 mm c/10 cm → ok

2.6.5 Lajes

Armadura Positiva

$h = 43cm$;

$f_{ck} = 25MPa$;

$d' = 3{,}5cm$;

Armadura mínima:

$$A_{s,mín} = 6{,}45\ cm^2/m$$

Armadura calculada:

$$M_d = \frac{14{,}6}{1{,}4} = 11{,}00tfm/m$$

$$A_{s,calc} = 10{,}00\ cm^2/m$$

Armadura adotada ∅ 12,5 $c/10cm$.

Fissuras:

$\omega_2 = 0{,}228mm < \omega_{lim} = 0{,}3mm$

2.6.6 Cálculo do Aparelho de apoio

Tensão de compressão sobre o aparelho de apoio:

$$\sigma_c = \frac{10000}{20x20} = 25\ kgf/cm^2$$

Fator de forma, considerando espessura $t_i = 1\ cm$

$$S = \frac{ab}{2t_e(a+b)} = \frac{20 \times 20}{2 \times 1{,}8 \times 2{,}0 \times (20+20)} = 1{,}38$$

Módulo de elasticidade transversal para Dureza Shore A

$G = 10\ kgf/cm^2$

Verificação

$\sigma_c \leq 2GS \rightarrow \sigma_c \leq 2x10x1{,}38 \rightarrow \sigma_c \leq 27{,}6\ kgf/cm^2$ → OK

e

$\sigma_c \leq 5G \rightarrow \sigma_c \leq 5x10 \rightarrow \sigma_c \leq 50{,}0\ kgf/cm^2$ → OK

2.6.7 Blocos de fundação

Fck= 300.00 kgf/cm2 Armad. Princ.: CA50A Recobrimento = 3.00 cm

BLOCO: B1=B2=B3=B4=B7=B8=B9=B11=B12=B13

TOTAL DE CARREGAMENTOS = 4 / CARREGAMENTOS PRINCIPAIS:							
Caso	Nk[tf]	Mxk[tf.m]	Myk[tf.m]	Fxk[tf]	Fyk[tf]	Mx*[tf.m]	My*[tf.m]
1(Dim)	27.26	-5.09	10.00	1.770	.900	-5.63	11.06
4(Rmin)	27.26	-5.09	10.00	1.770	.900	-5.63	11.06

GEOMETRIA[cm,m2,m3]	CARGAS[tf,m]	TENSOES[kgf/cm2]	VERIF.[cm,graus]
	Dimensionam.	Bielas	Altura/Ang.Biela
Estacas= 4 fi = 31.0	FN= 27.3	TensLimP= 405.0	dmin = 49.5
DisX= 90.0 DisY= 90.0	MX= -5.6	TensPil = 309.0	dmax = 70.7
Xbl = 150.0 Ybl = 150.0	MY= 11.1		d = 51.3
Alt = 60.0 Vol = 1.350		TensLimE= 405.0	Angulo = 46.0
Xpil= 40.0 Ypil= 40.0	FEq= 67.7	TensEst = 72.8	
Área de forma: 3.60	Fmx= 16.9		
	Fmn= -1.6		

ARMADURAS [cm2,cm]	Peso Próprio: 3.4 tf (x1)
Prin.X: 8.9 = 8 {12.5 C/ 20.0	Prin.Y: 8.9 = 8 {12.5 C/ 20.0
Susp.X: 2.7 = 10 { 6.3 C/ 15.0	Susp.Y: 2.7 = 10 { 6.3 C/ 15.0
Laterl: 1.3 = 5 { 6.3 C/ 12.5	

BLOCO: 5 - B5 Retang. (1x)

CARREGAMENTO			
Caso	N [tf]	Mx [tf.m]	My [tf.m]
1 (Dim)	63.00	15.00	16.00
1 (Rmin)	63.00	15.00	16.00

GEOMETRIA[cm,m3]	CARGAS[tf,m]	TENSOES[kgf/cm2]	VERIF.[cm,graus]
Estacas= 6 fi = 31.0	FN= 63.0	TensLimP= 530.4	dmin = 68.2
DisX= 90.0 DisY= 90.0	MX= 15.0	TensPil = 125.7	dmax = 97.5
Xbl = 240.0 Ybl = 150.0	MY= 16.0		dutil = 96.3
Alt = 110.0 Vol = 3.960		TensLimE= 530.4	AnguloX= 54.7
Xpil= 90.0 Ypil= 50.0	FE= 132.9	TensEst = 74.1	AnguloY= 71.4
Formas: 8.58 m2	F1= 22.1		

**********			****
ARMADURAS [cm2,cm]	Peso Próprio:	9.9 tf (x1)	
Prin.X: 10.7 = 10 {12.5 C/ 15.0		Prin.Y: 8.7 = 12 {10.0 C/ 20.0	
Susp.X: 2.7 = 10 { 6.3 C/ 15.0		Susp.Y: 3.6 = 12 { 6.3 C/ 20.0	
Laterl: 1.6 = 6 { 6.3 C/ 20.0			

BLOCO: 6 - B6 Retang. (1x)

CARREGAMENTO			
Caso	N [tf]	Mx [tf.m]	My [tf.m]
1 (Dim)	63.00	15.00	40.00
1 (Rmin)	63.00	15.00	40.00

GEOMETRIA[cm,m3]	CARGAS[tf,m]	TENSOES[kgf/cm2]	VERIF.[cm,graus]
Estacas= 6 fi = 31.0	FN= 63.0	TensLimP= 530.4	dmin = 68.2
DisX= 90.0 DisY= 90.0	MX= 15.0	TensPil = 185.5	dmax = 97.5
Xbl = 240.0 Ybl = 150.0	MY= 40.0		dutil = 96.3
Alt = 110.0 Vol = 3.960		TensLimE= 530.4	AnguloX= 54.7
Xpil= 90.0 Ypil= 50.0	FE= 172.9	TensEst = 96.3	AnguloY= 71.4
Formas: 8.58 m2	F1= 28.8		
**********		****	

ARMADURAS [cm2,cm]	Peso Próprio:	9.9 tf (x1)	
Prin.X: 13.9 = 12 {12.5 C/ 12.5		Prin.Y: 11.3 = 16 {10.0 C/ 15.0	
Susp.X: 3.5 = 12 { 6.3 C/ 12.5		Susp.Y: 3.6 = 12 { 6.3 C/ 20.0	
Laterl: 2.1 = 7 { 6.3 C/ 15.0			

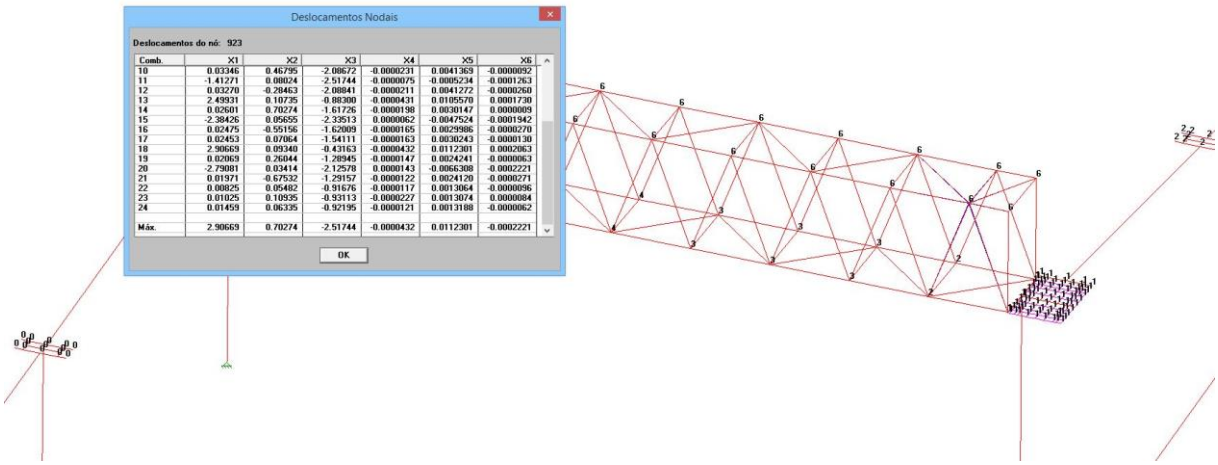
BLOCO: 10 - B10 Retang. (1x)

CARREGAMENTO			
Caso	N [tf]	Mx [tf.m]	My [tf.m]
1 (Dim)	37.00	11.00	14.00
1 (Rmin)	37.00	11.00	14.00

GEOMETRIA[cm,m3]	CARGAS[tf,m]	TENSOES[kgf/cm2]	VERIF.[cm,graus]
Estacas= 4 fi = 31.0	FN= 37.0	TensLimP= 405.0	dmin = 46.0
DisX= 90.0 DisY= 90.0	MX= 11.0	TensPil = 226.5	dmax = 65.6
Xbl = 150.0 Ybl = 150.0	MY= 14.0		dutil = 51.3
Alt = 60.0 Vol = 1.350		TensLimE= 405.0	Angulo = 48.1
Xpil= 50.0 Ypil= 50.0	FE= 95.9	TensEst = 96.2	
Formas: 3.60 m2	F1= 24.0		

ARMADURAS [cm2,cm]	Peso Próprio:	3.4 tf (x1)	
Prin.X: 11.7 = 10 {12.5 C/ 15.0		Prin.Y: 11.7 = 10 {12.5 C/ 15.0	
Susp.X: 3.5 = 12 { 6.3 C/ 12.5		Susp.Y: 3.5 = 12 { 6.3 C/ 12.5	
Laterl: 1.8 = 4 { 8.0 C/ 15.0			

2.6.8 Verificação dos deslocamentos



Comb.	X1	X2	X3	X4	X5	X6
10	0.03346	0.46795	-2.08672	-0.0000231	0.0041369	-0.0000092
11	-1.41271	0.08024	-2.51744	-0.0000075	-0.0005234	-0.0001263
12	0.03270	-0.28463	-2.08841	-0.0000211	0.0041272	-0.0000260
13	2.49931	0.10735	-0.88380	-0.0000431	0.0105570	0.0001730
14	0.02601	0.70274	-1.61726	-0.0000198	0.0030147	0.0000089
15	-2.38426	0.05655	-2.33513	0.0000062	-0.0047524	-0.0001942
16	0.02475	-0.55156	-1.62089	-0.0000165	0.0029986	-0.0000270
17	0.02453	0.07064	-1.54111	-0.0000163	0.0030243	-0.0000130
18	2.90669	0.09340	-0.43163	-0.0000432	0.0112301	0.0002063
19	0.02069	0.26044	-1.28945	-0.0000147	0.0024241	-0.0000063
20	-2.79081	0.03414	-2.12578	0.0000143	-0.0066308	-0.0002221
21	0.01971	-0.67532	-1.29157	-0.0000122	0.0024120	-0.0000271
22	0.00825	0.05482	-0.91676	-0.0000117	0.0013064	-0.0000096
23	0.01025	0.10935	-0.93113	-0.0000227	0.0013074	0.0000084
24	0.01459	0.06335	-0.92195	-0.0000121	0.0013188	-0.0000062
Máx.	2.90669	0.70274	-2.51744	-0.0000432	0.0112301	-0.0002221

Figura 30 – Verificação do deslocamento da treliça

O deslocamento em serviço foi da ordem de 2,55 cm para o vão de 22,44 metros.

2.7 Dimensionamento da Fundação

2.7.1 Locação dos pontos de sondagem

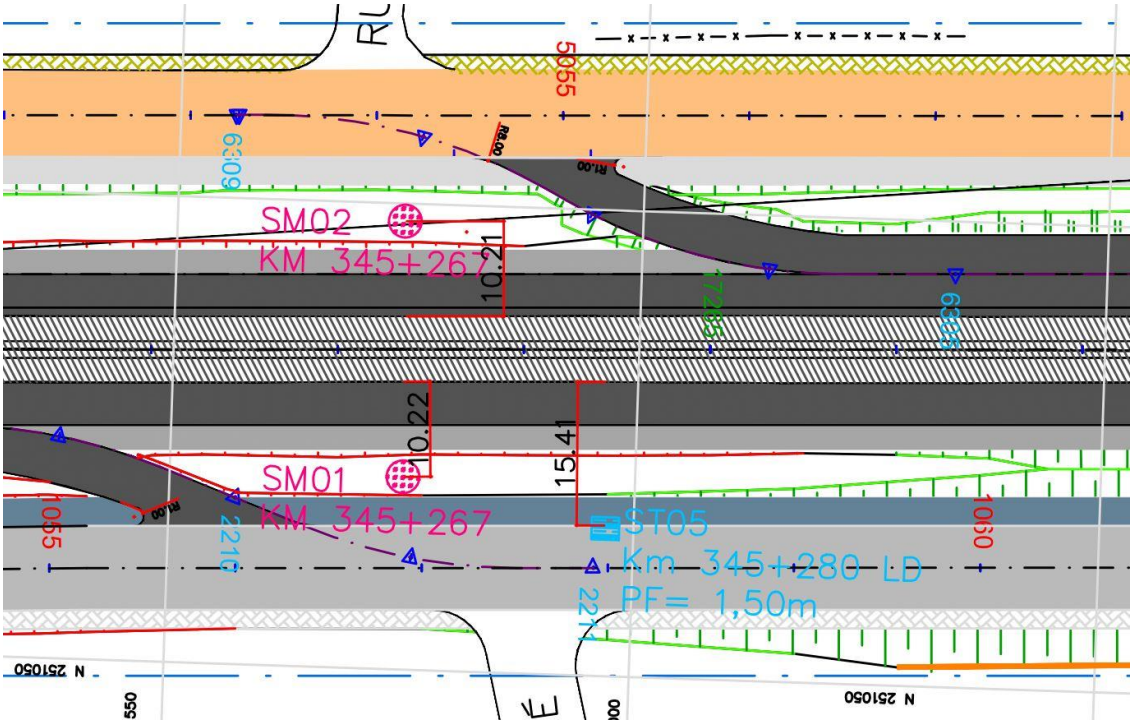
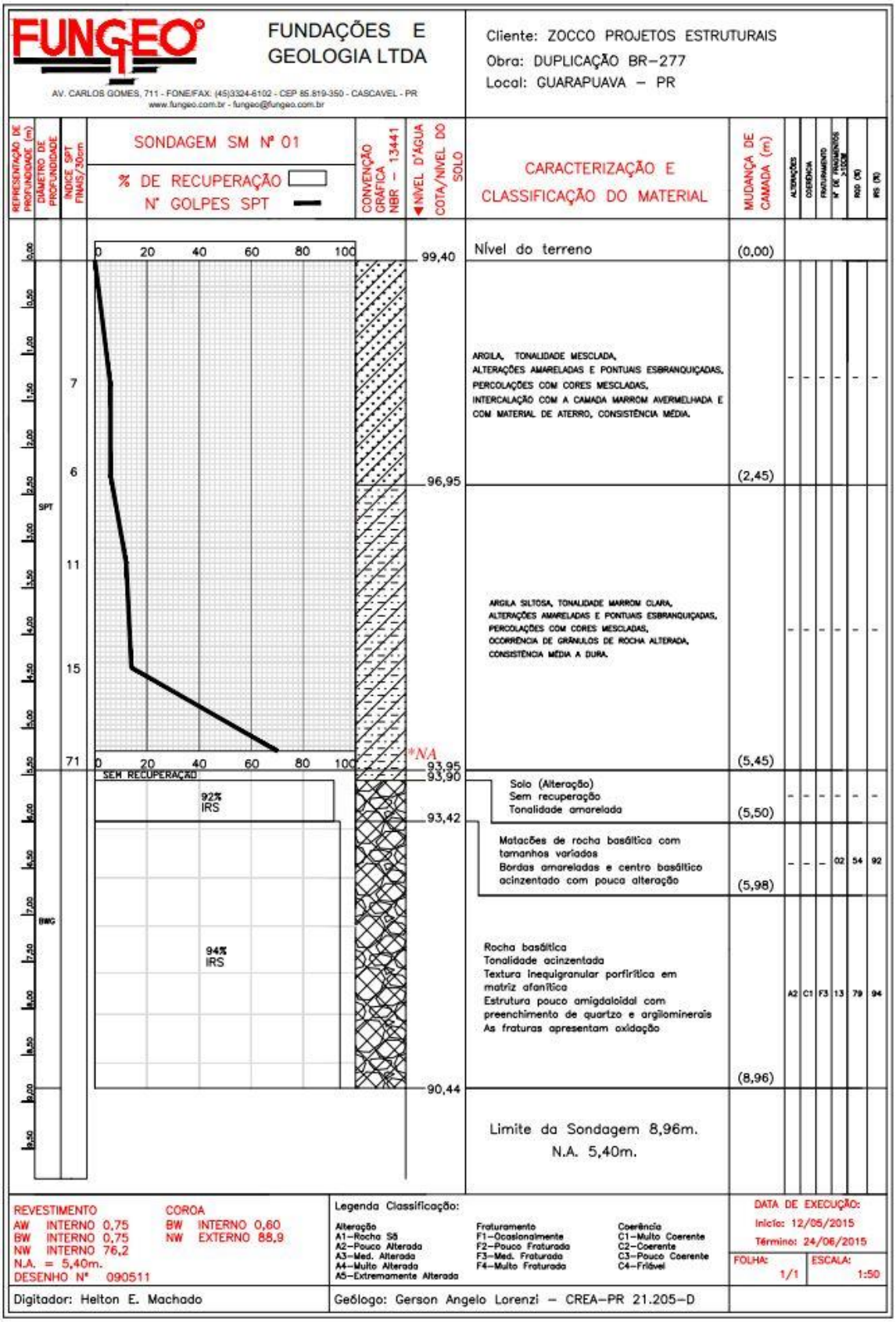


Figura 31 - Localização da sondagem

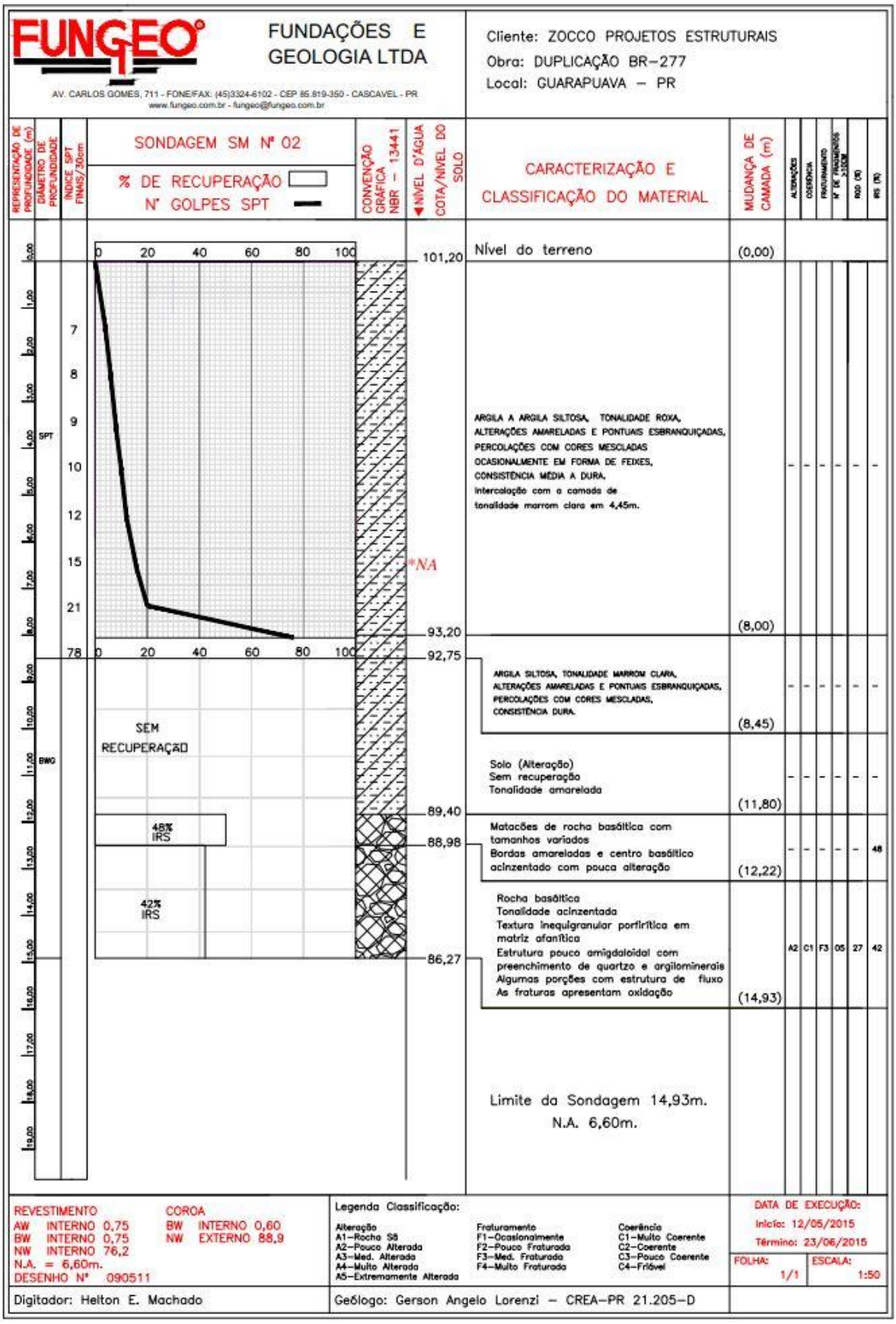
2.8 Dimensionamento as estacas

2.8.1 Ensaio – SM 01



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	6,16	4,38	4,38	4,91	5,27	1,53	4,91
3	11	Argila	0,85	1,50	12,0	2,0	8,21	6,82	11,20	10,67	9,71	3,92	9,71
4	15	Argila	0,85	1,50	12,0	2,0	24,89	8,77	19,96	21,58	22,43	6,99	21,58
5	71	Argila	0,85	1,50	12,0	2,0	22,07	25,81	45,77	40,73	33,92	16,02	33,92
6	-	Argila	0,85	1,50	12,0	2,0	18,22	2,92	48,69	42,01	33,46	17,04	33,46
7	-	Argila	0,85	1,50	12,0	2,0	0,00	2,92	51,62	39,70	25,81	18,07	25,81
8	-	Argila	0,85	1,50	12,0	2,0	0,00	2,92	54,54	41,95	27,27	19,09	27,27
9	-	Argila	0,85	1,50	12,0	2,0	0,00	2,92	57,46	44,20	28,73	20,11	28,73
10	-	Areia	0,50	1,50	40,0	6,0	0,00	2,92	60,38	46,45	30,19	21,13	30,19
11	-	Areia	0,50	1,50	40,0	6,0	0,00	2,92	63,30	48,69	31,65	22,16	31,65
12	-	Areia	0,50	1,50	40,0	6,0	0,00	2,92	66,22	50,94	33,11	23,18	33,11
13	-	Areia	0,50	1,50	40,0	6,0	0,00	2,92	69,15	53,19	34,57	24,20	34,57
14	-	Areia	0,50	1,50	40,0	6,0	0,00	2,92	72,07	55,44	36,03	25,22	36,03
15	-	Areia	0,50	1,50	40,0	6,0	0,00	2,92	74,99	57,68	37,49	26,25	37,49

2.8.2 Ensaio – SPT 02



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	6	Argila	0,85	1,50	12,0	2,0	-	-	-	-	-	-	-
2	8	Argila	0,85	1,50	12,0	2,0	5,90	5,36	5,36	5,60	5,63	1,87	5,60
3	9	Argila	0,85	1,50	12,0	2,0	6,93	5,84	11,20	10,35	9,06	3,92	9,06
4	10	Argila	0,85	1,50	12,0	2,0	7,96	6,33	17,53	15,47	12,74	6,14	12,74
5	12	Argila	0,85	1,50	12,0	2,0	9,49	7,30	24,83	21,48	17,16	8,69	17,16
6	15	Argila	0,85	1,50	12,0	2,0	12,06	8,77	33,60	28,86	22,83	11,76	22,83
7	20	Argila	0,85	1,50	12,0	2,0	29,00	11,20	44,80	41,71	36,90	15,68	36,90
8	78	Argila	0,85	1,50	12,0	2,0	25,15	25,81	70,61	60,60	47,88	24,71	47,88
9	-	Argila	0,85	1,50	12,0	2,0	20,02	2,92	73,53	61,56	46,77	25,74	46,77
10	-	Areia	0,50	1,50	40,0	6,0	0,00	2,92	76,45	58,81	38,23	26,76	38,23
11	-	Areia	0,50	1,50	40,0	6,0	0,00	2,92	79,37	61,06	39,69	27,78	39,69
12	-	Areia	0,50	1,50	40,0	6,0	0,00	2,92	82,29	63,30	41,15	28,80	41,15
13	-	Areia	0,50	1,50	40,0	6,0	0,00	2,92	85,22	65,55	42,61	29,83	42,61
14	-	Areia	0,50	1,50	40,0	6,0	0,00	2,92	88,14	67,80	44,07	30,85	44,07
15	-	Areia	0,50	1,50	40,0	6,0	0,00	2,92	91,06	70,05	45,53	31,87	45,53