




# CANTAREIRA ENERGIA

## LINHA DE TRANSMISSÃO 500 kV CIRCUITO DUPLO

### ESTREITO / FERNÃO DIAS

#### TORRE TIPO CEL

#### CÁLCULO ESTRUTURAL

0A	FGS	RCM	PRRLS	27/08/14	EMISSÃO INICIAL				
REV.	FEITO	VERIF.	APROV.	DATA	DESCRIÇÃO				
PROJETO ESTRUTURAL:					CLIENTE:				
					 LEME 				
FEITO	VERIF.	V. PROJ.	APROV.	DATA	O.S.	Nº ENGETOWER	Nº CLIENTE	REV.	TOT. FOLHAS
FGS	RCM	RCM	PRRLS	27/08/14	1530	36.80-C1001		0A	1/37

## ÍNDICE

1 NOTAS GERAIS DE CÁLCULO	Pág.	3		
2 ESQUEMA ESTRUTURAL	Pág.	4		
3 HIPÓTESES DE CARGA	Pág.	5	a	18
4 CARGAS DEVIDAS AO VENTO SOBRE A TORRE	Pág.	19	a	20
5 DIMENSIONAMENTO DE BARRAS E CONEXÕES	Pág.	21	a	31
6 CARGAS ÚLTIMAS SOBRE FUNDAÇÃO DO MASTRO	Pág.	32	a	35
7 DIMENSIONAMENTO DOS ESTAIS E DE SUAS CONEXÕES À TORRE	Pág.	36		
8 CÁLCULO DO APOIO DA BASE DO MASTRO	Pág.	37		

# 1 NOTAS GERAIS DE CÁLCULO

## 1.1 PARÂMETROS BÁSICOS DA TORRE

Tensão	500 kV	
Circuito	DUPLLO, COM 2 PÁRA-RAIOS	
Aplicação	SUSPENSÃO	
Vão básico (m)	550	
Ângulo de deflexão	0°	2°
Vão médio (m)	575	505
Vão gravante (m)	Condutor: 355 a 750 Pára-raios: 355 a 800	
Cabo pára-raios	cabo OPGW Ø17.9mm ou cabo OPGW Ø13.4mm ou CAA 176.9 MCM "DOTTEREL" ou cabo de aço galvanizado Ø3/8" EAR	
Cabo condutor (4 cabos/fase)	ACAR 1000 MCM 30/7	

## 1.2 MATERIAIS EMPREGADOS

Aço estrutural:

ASTM A36	$F_y = 2531 \text{ kgf/cm}^2$ (Tensão de fluência)
	$F_u = 4077 \text{ kgf/cm}^2$ (Tensão de ruptura)
ASTM A572 GRAU 50	$F_y = 3515 \text{ kgf/cm}^2$ (Tensão de fluência)
	$F_u = 4570 \text{ kgf/cm}^2$ (Tensão de ruptura)
ASTM A572 GRAU 60	$F_y = 4218 \text{ kgf/cm}^2$ (Tensão de fluência)
	$F_u = 5273 \text{ kgf/cm}^2$ (Tensão de ruptura)

Parafusos (rosca excluída da seção de corte):

ISO 898/1 CLASSE 5.8	$F_v = 2620 \text{ kgf/cm}^2$ (Tensão admissível ao corte)
----------------------	--

Estais:

Ø1 3/8"	CR = 103000 kgf (Carga mínima de ruptura)
---------	---

## 1.3 NORMAS E ESPECIFICAÇÕES PARA DIMENSIONAMENTO

O dimensionamento da torre (barras e ligações) foi feito de acordo com a Norma ASCE 10-97 ("Design of Latticed Steel Transmission Structures"), adotando-se um coeficiente de minoração de resistências igual a 0.93. Isto significa que as tensões admissíveis utilizadas no dimensionamento estrutural foram obtidas multiplicando-se as tensões limites recomendadas pela ASCE pelo fator 0.93.

## 1.4 SOFTWARE USADO NO CÁLCULO

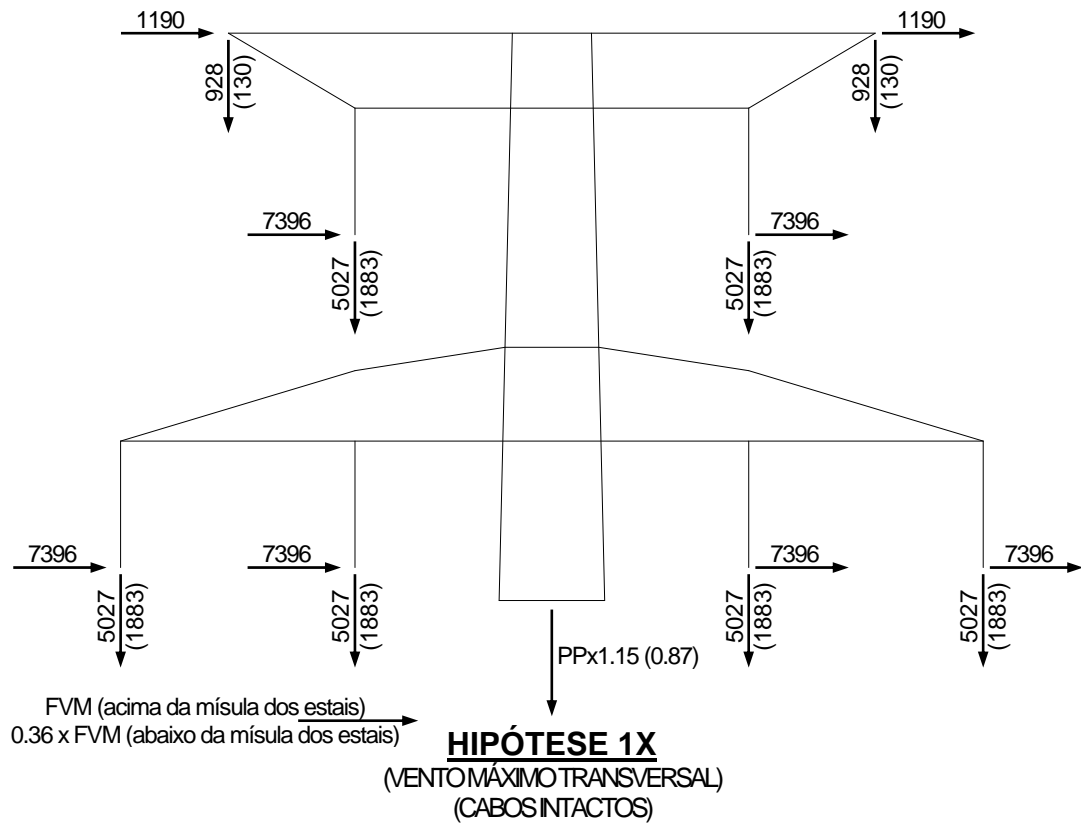
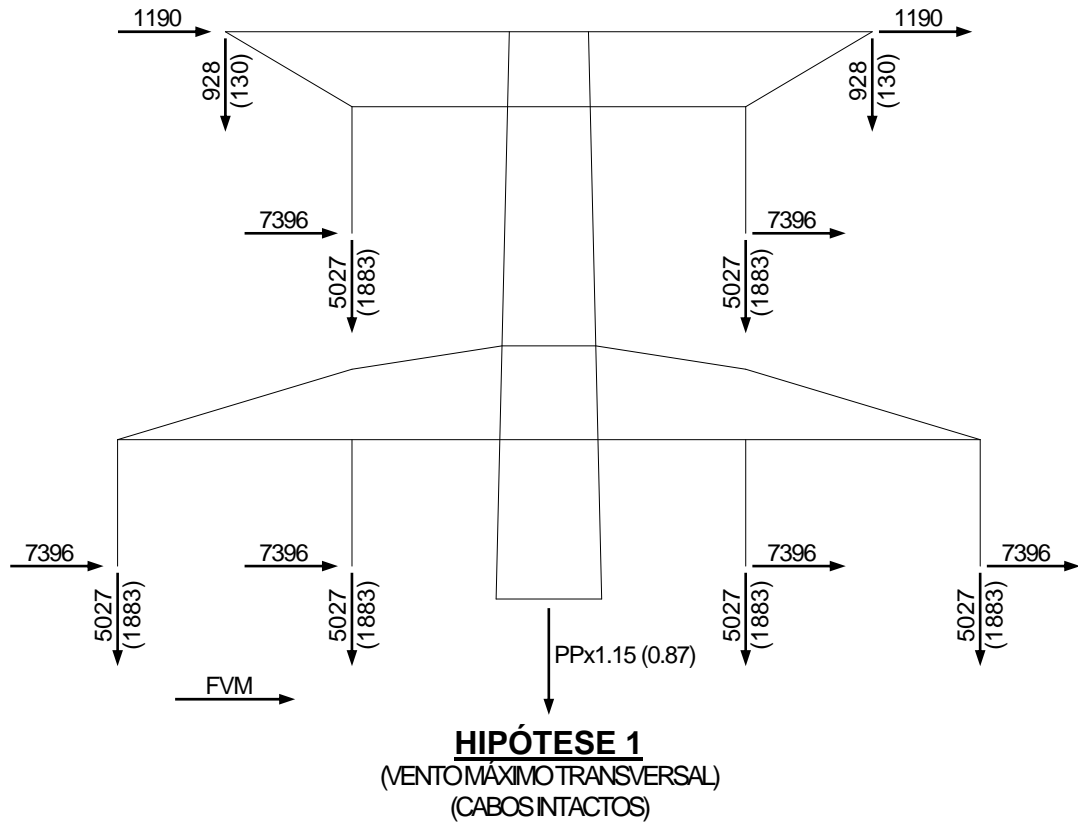
O cálculo estrutural foi feito com a utilização de programas de computador desenvolvidos por ENGETOWER, baseados no método dos elementos finitos e que fazem a análise estática não-linear de estruturas reticuladas. O modelo estrutural empregado foi o de treliça espacial.

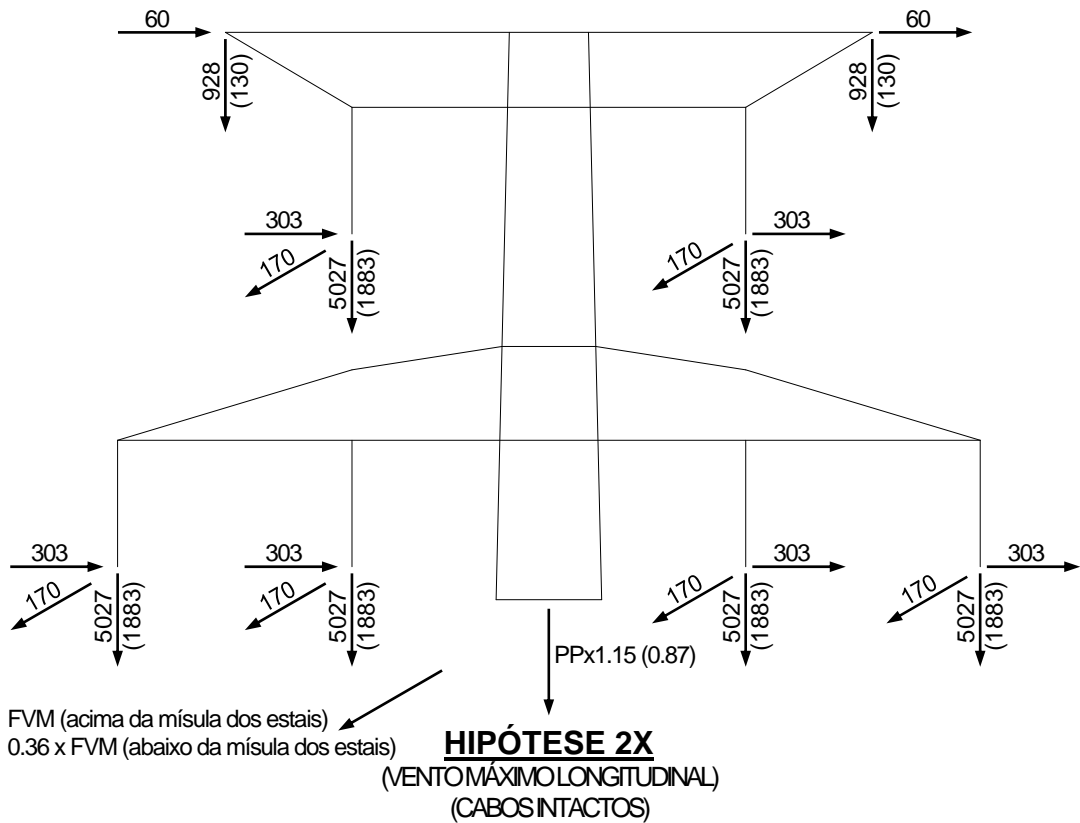
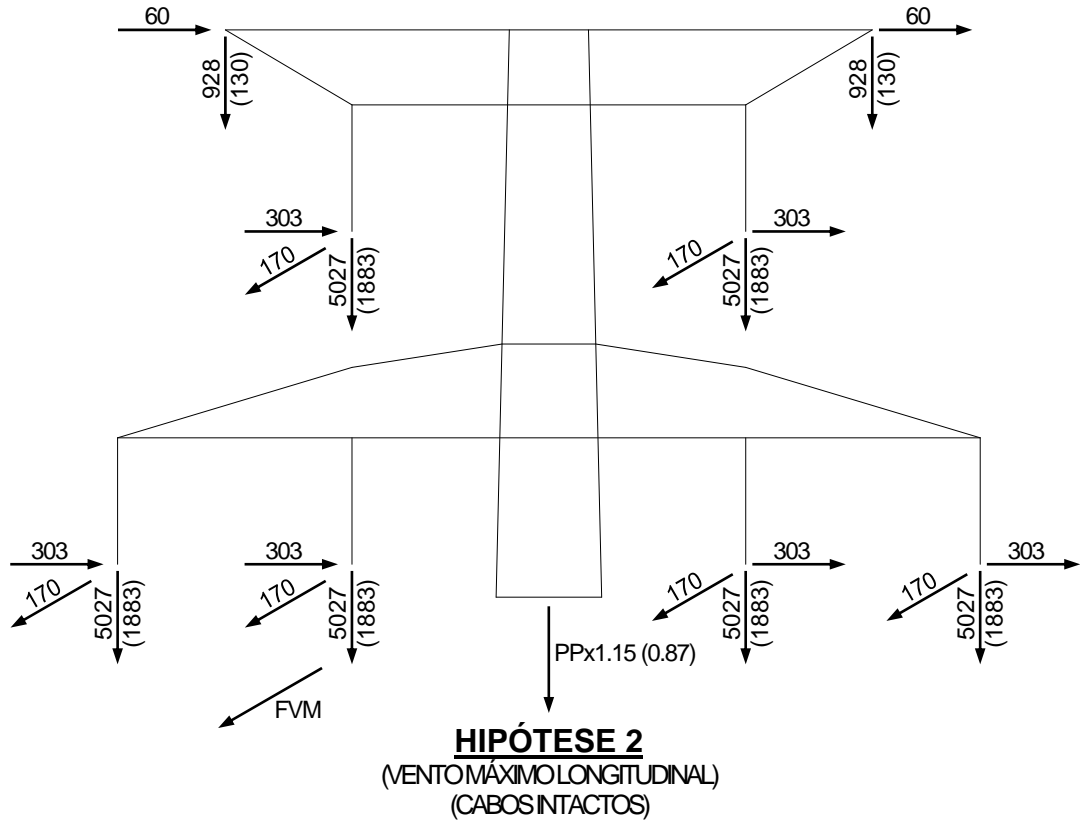
## 2 ESQUEMA ESTRUTURAL

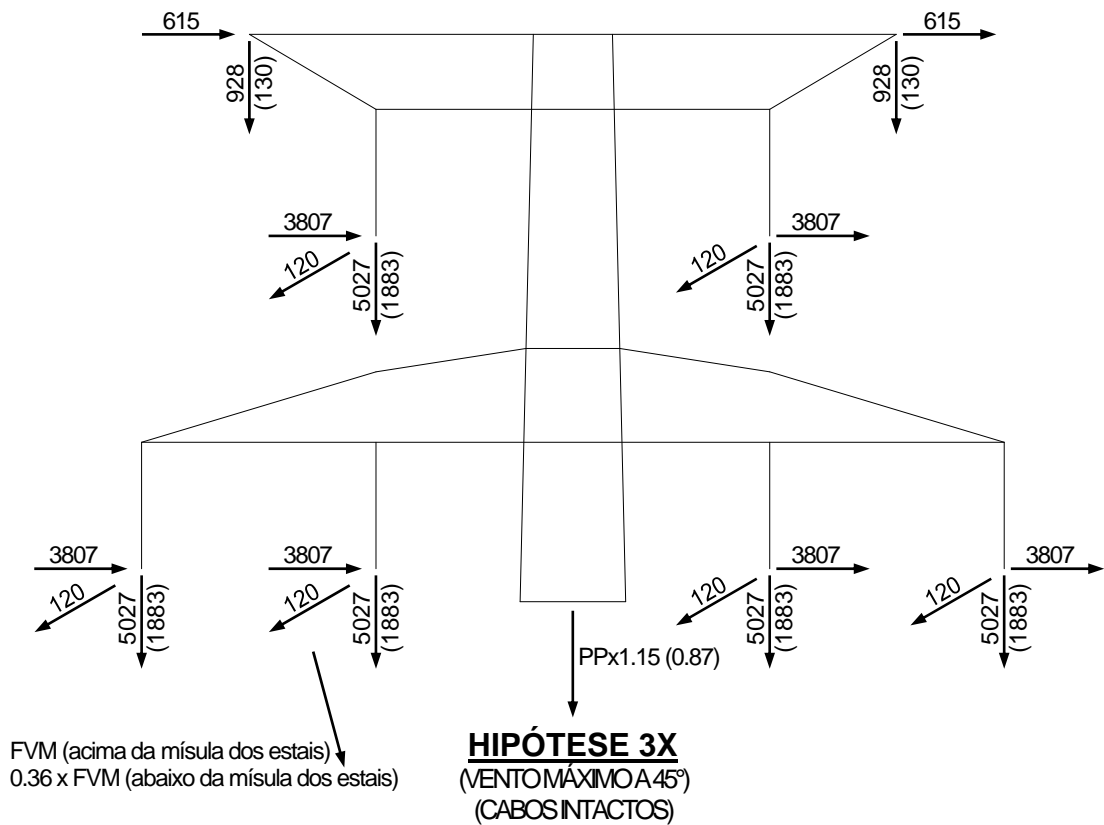
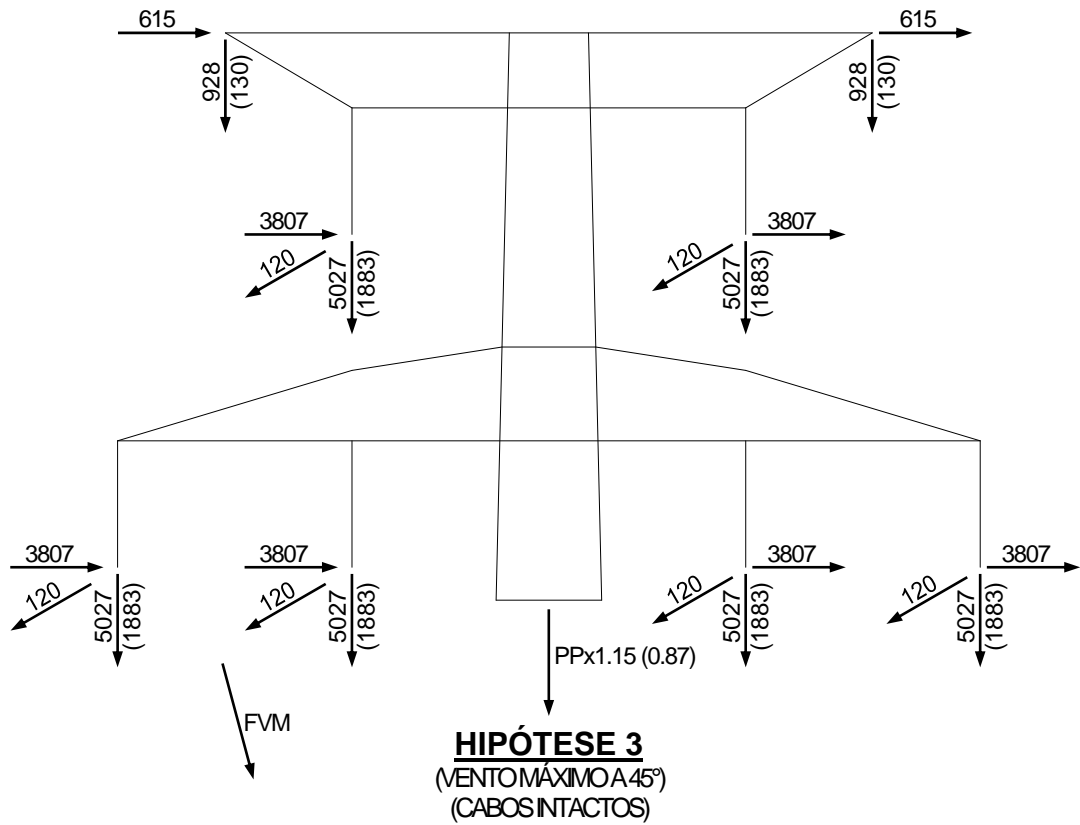
O desenho ENGETOWER n° 36.80-D1000 apresenta a silhueta da torre. Nesse desenho estão indicadas as barras carregadas (traço cheio) e respectivas denominações de cálculo, as barras redundantes (traço interrompido) e os painéis/níveis de aplicação das cargas devidas ao vento sobre a estrutura.

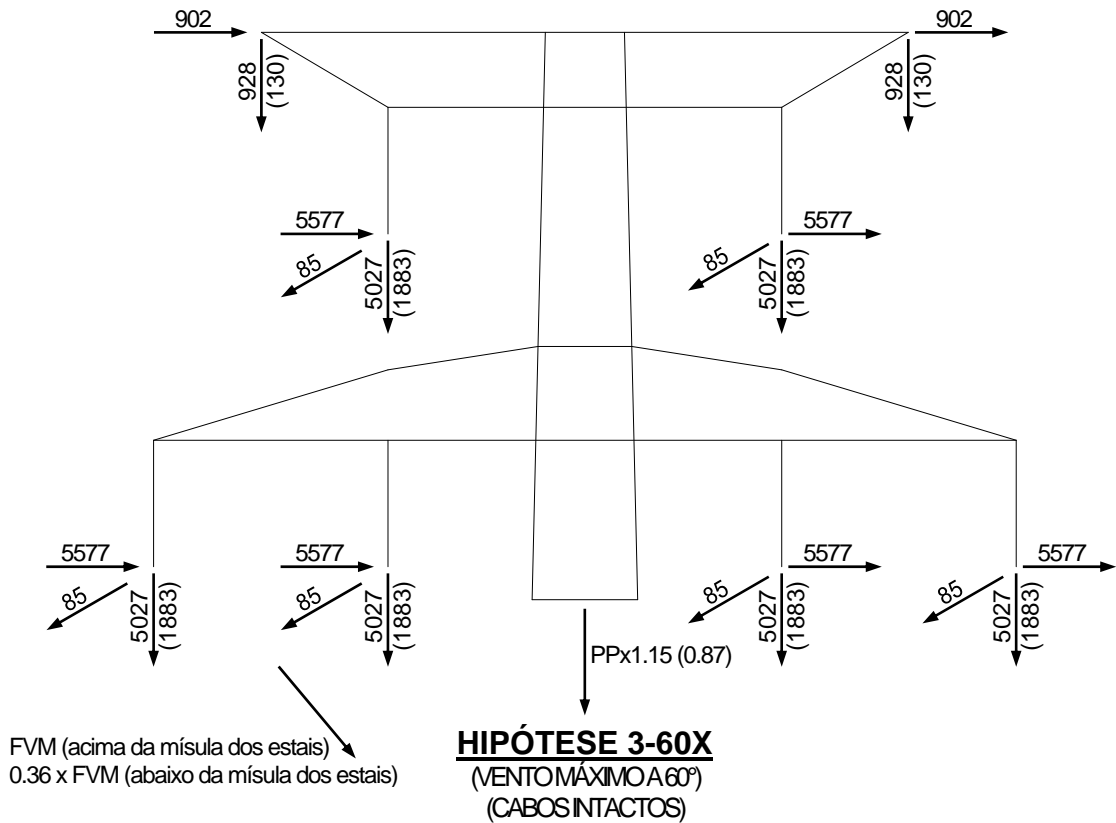
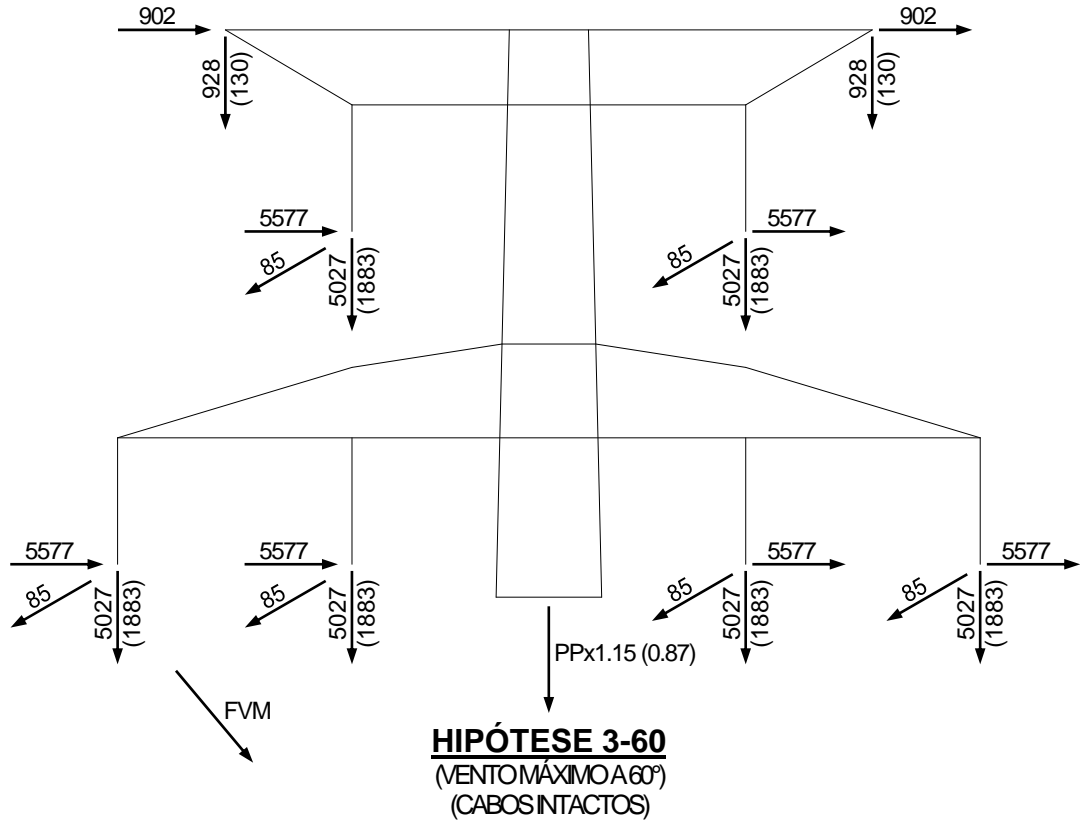
### 3 HIPÓTESES DE CARGA

#### 3.1 ÁRVORES DE CARGA

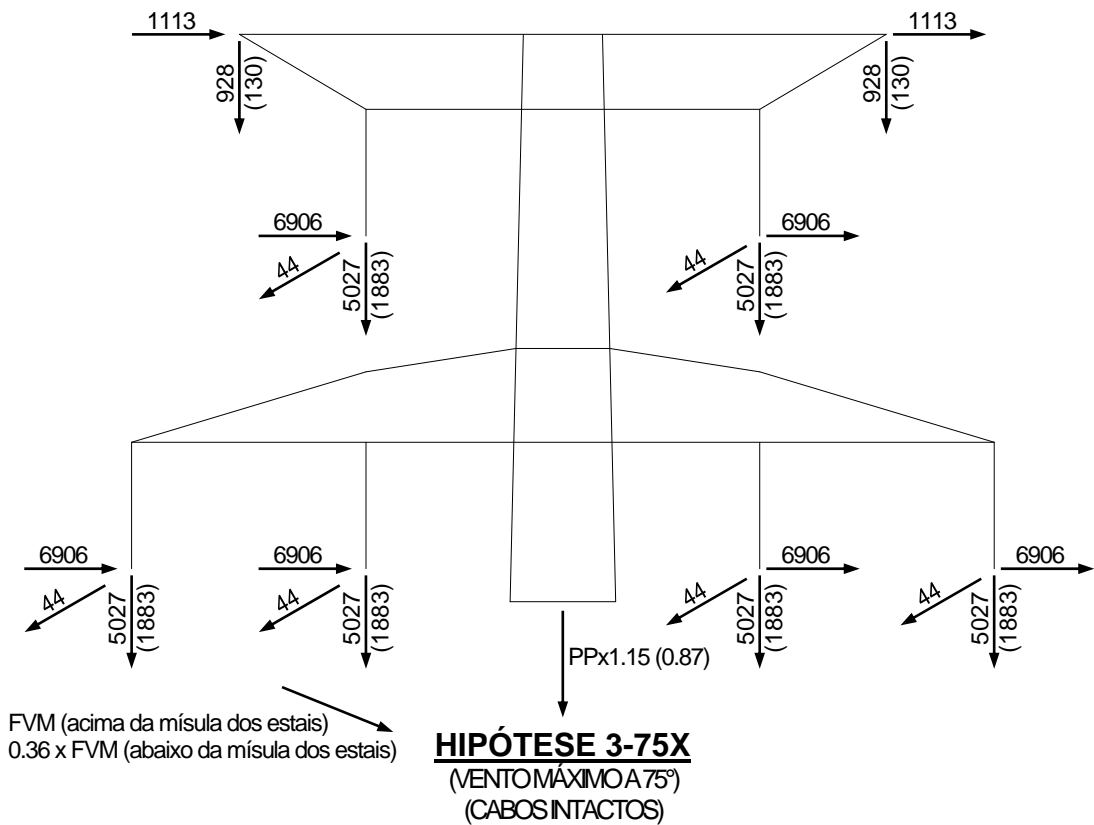
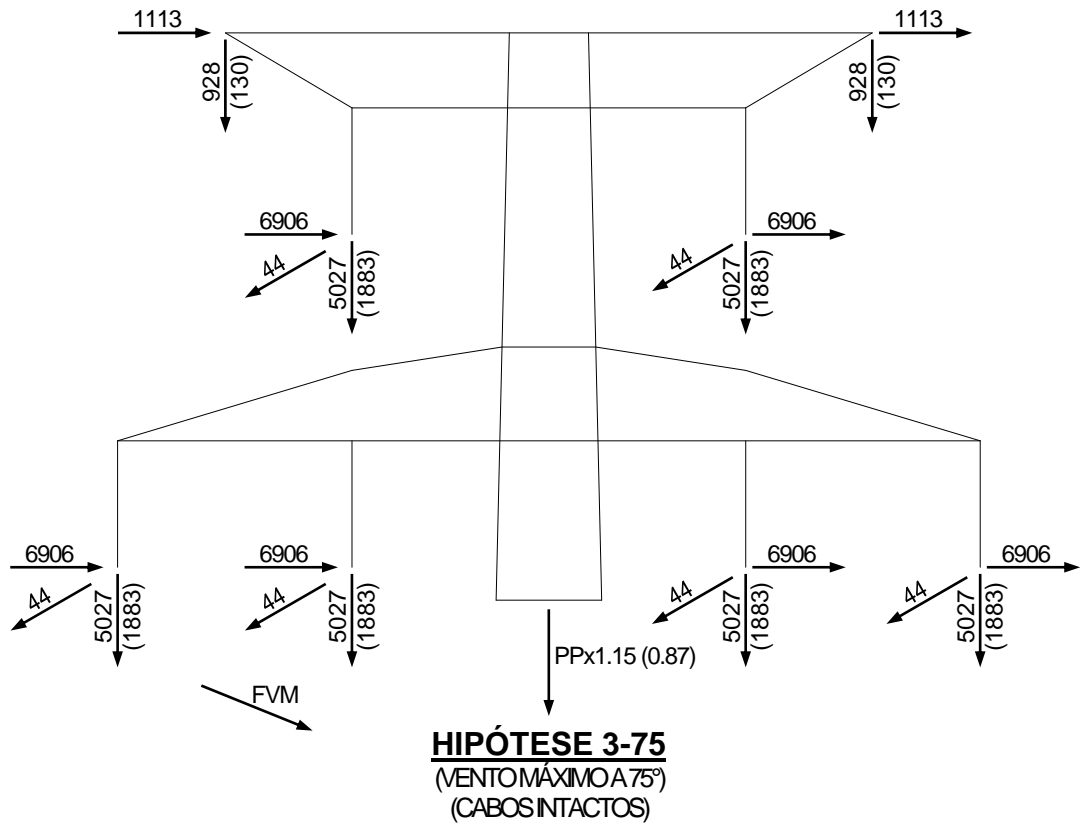


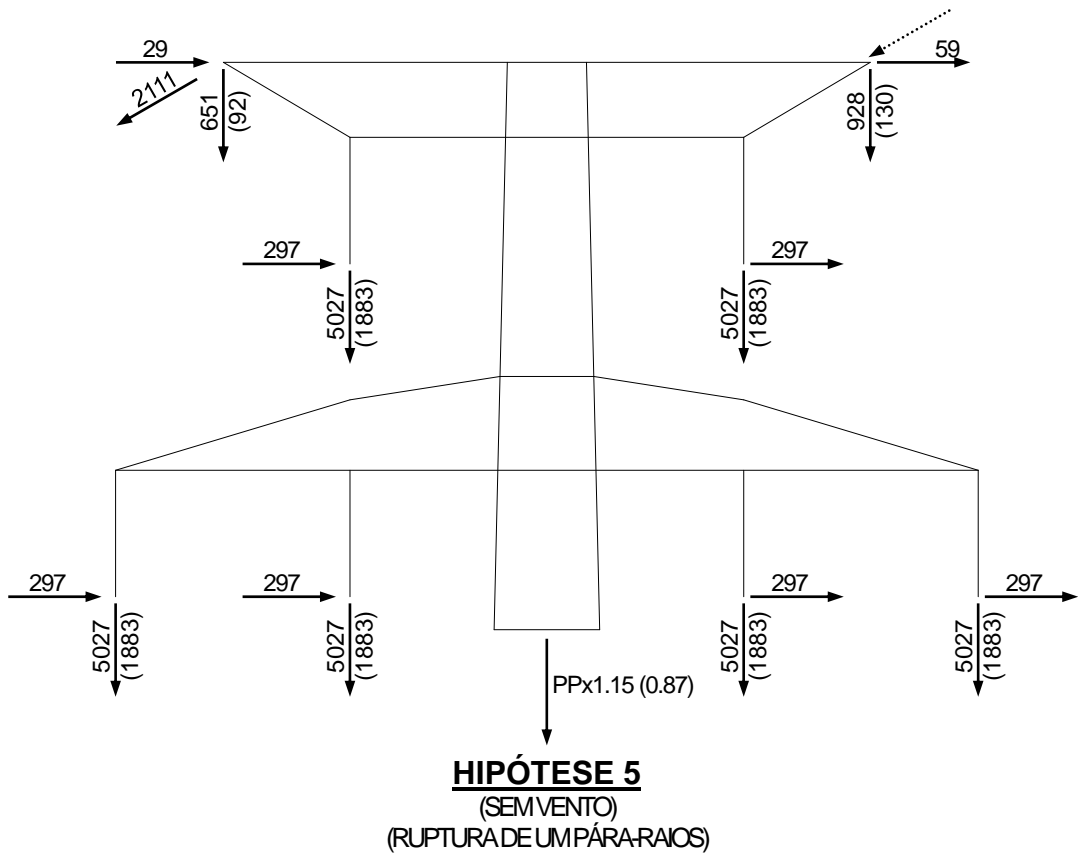
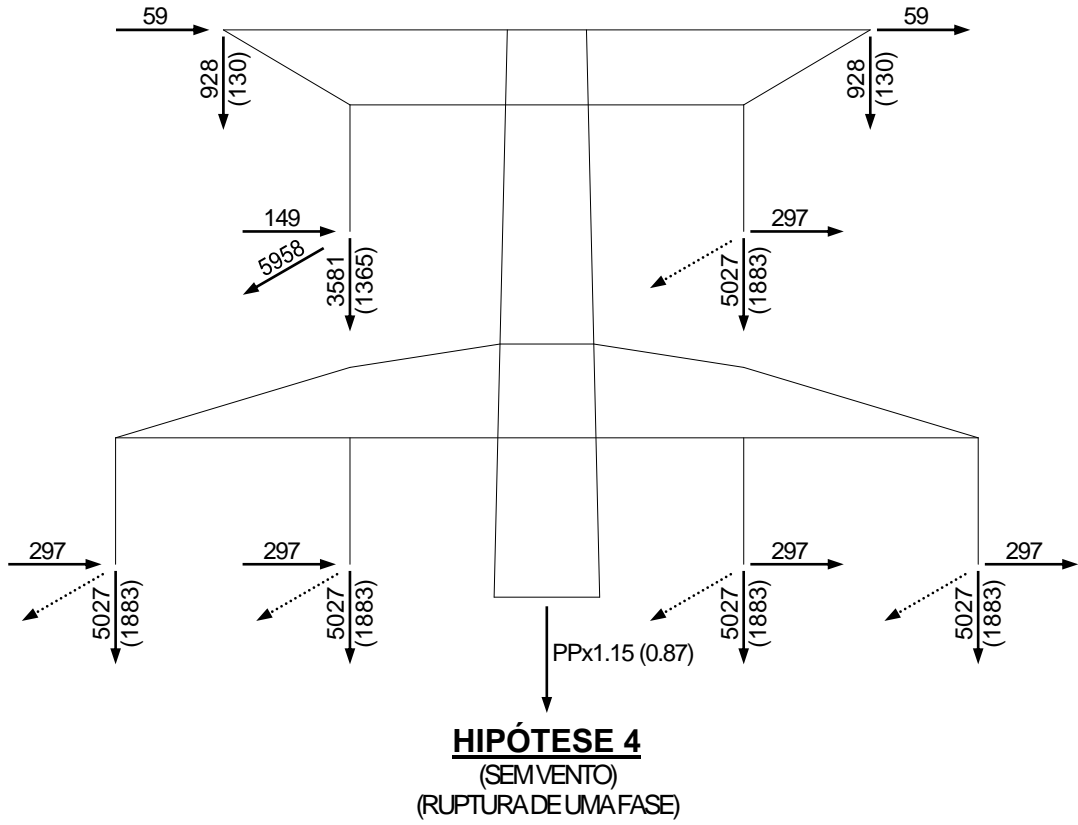


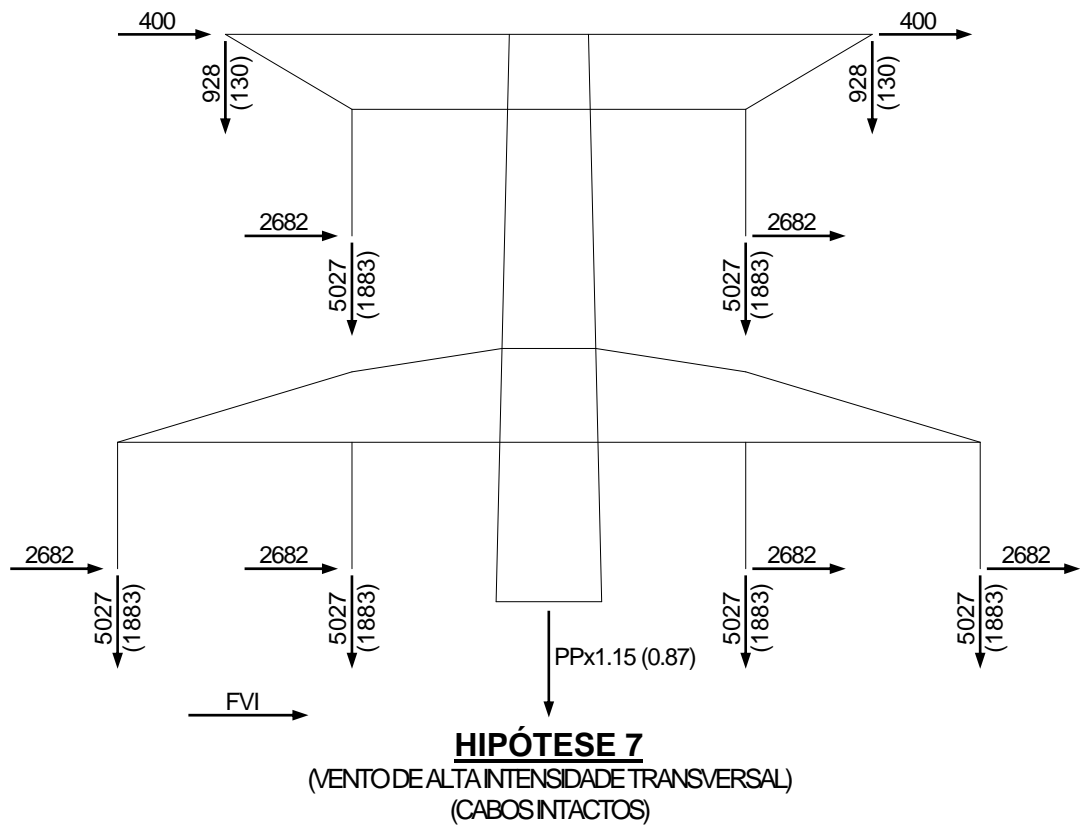
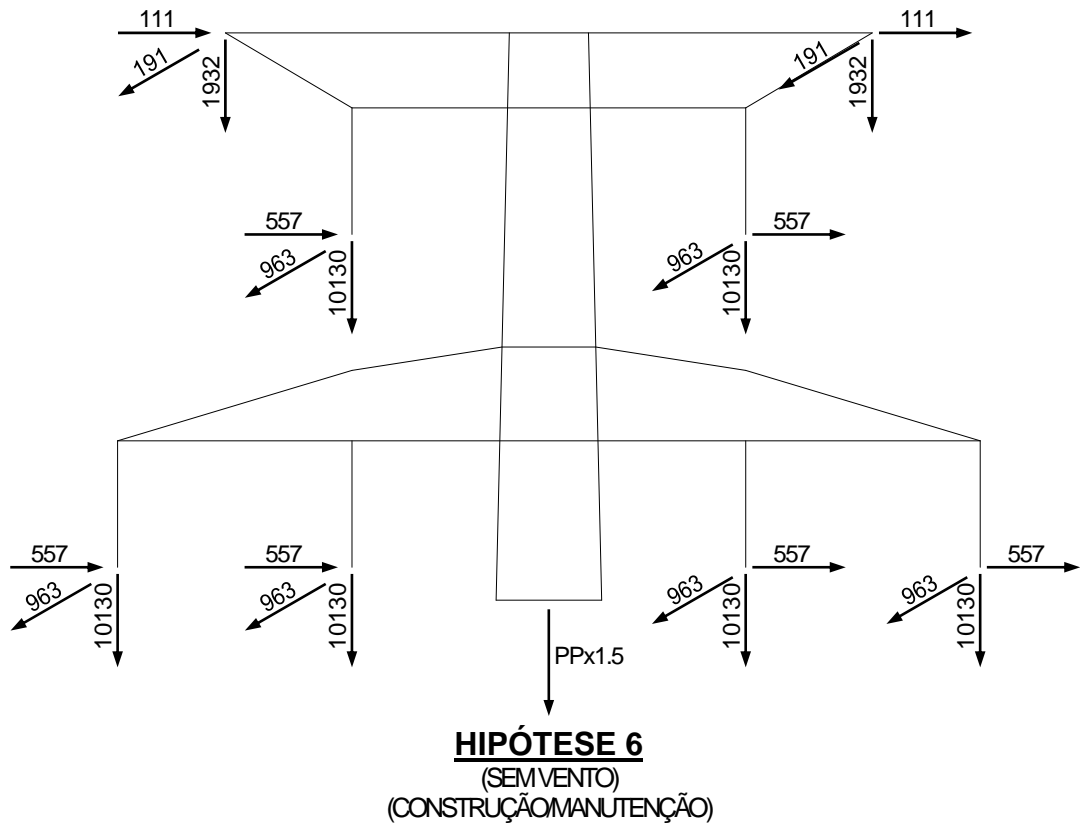


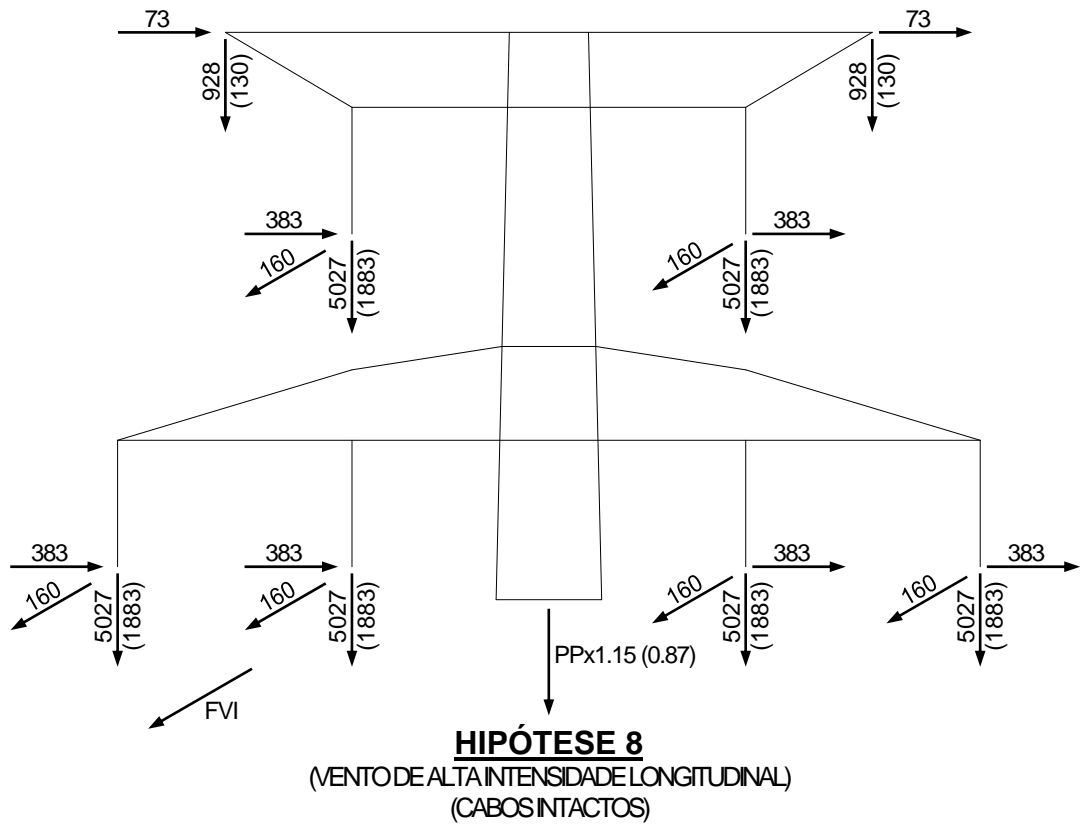
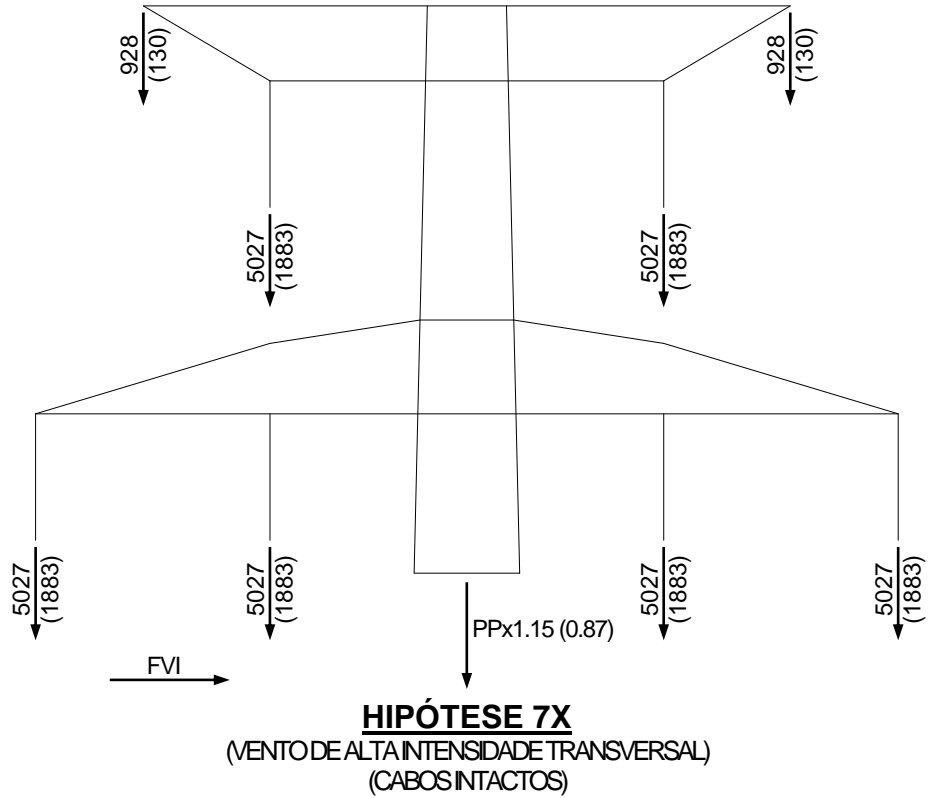


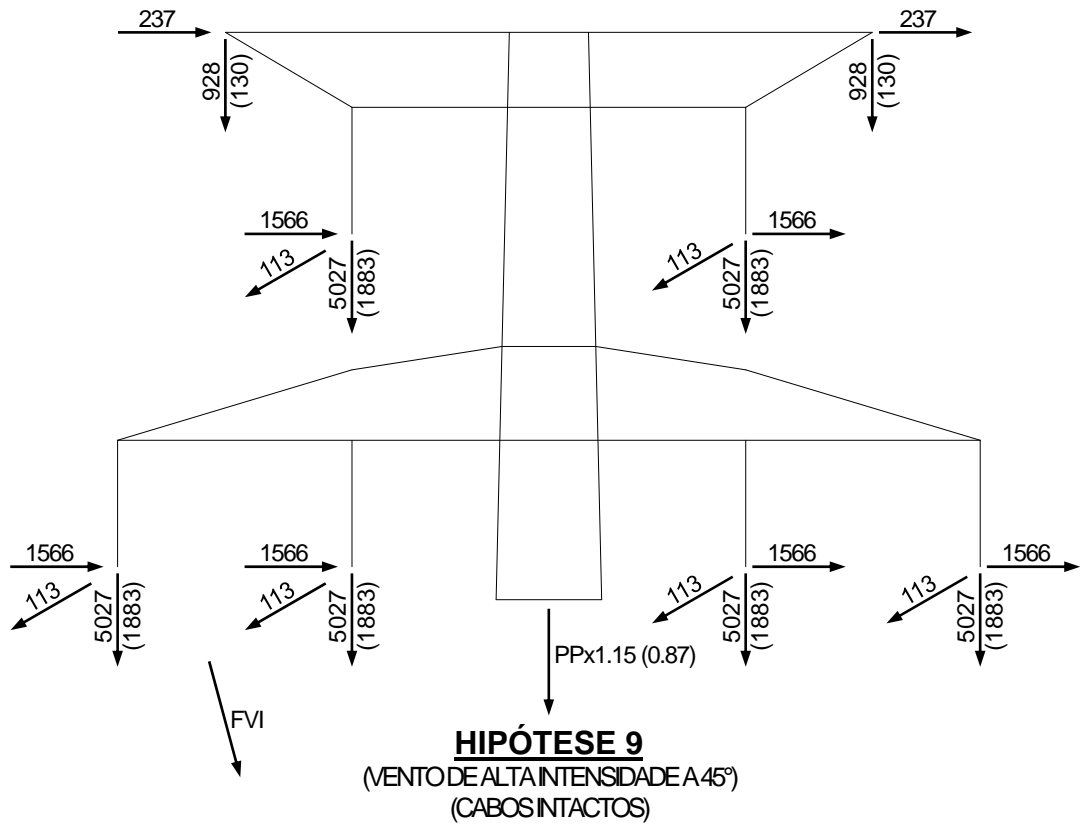
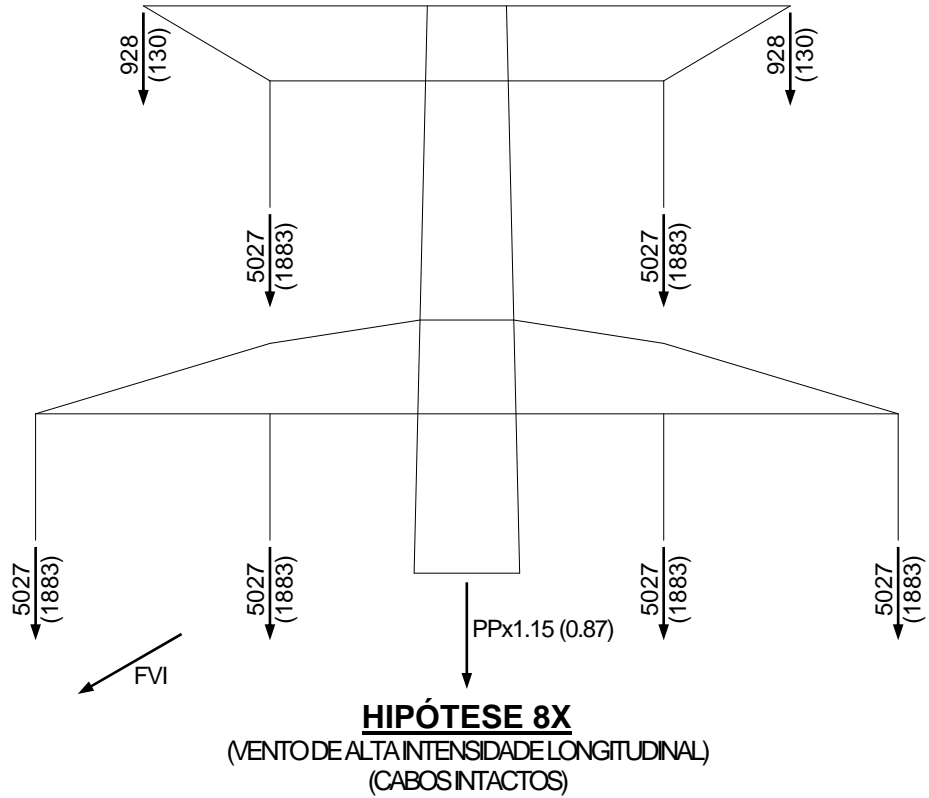


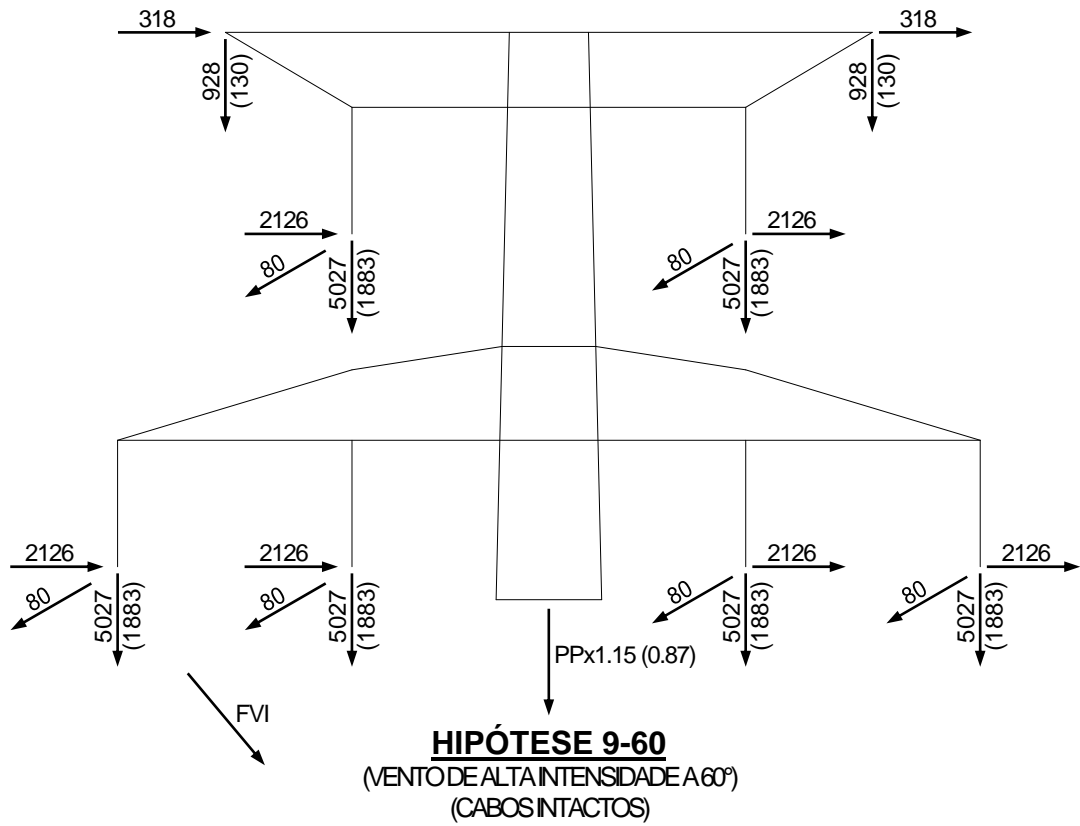
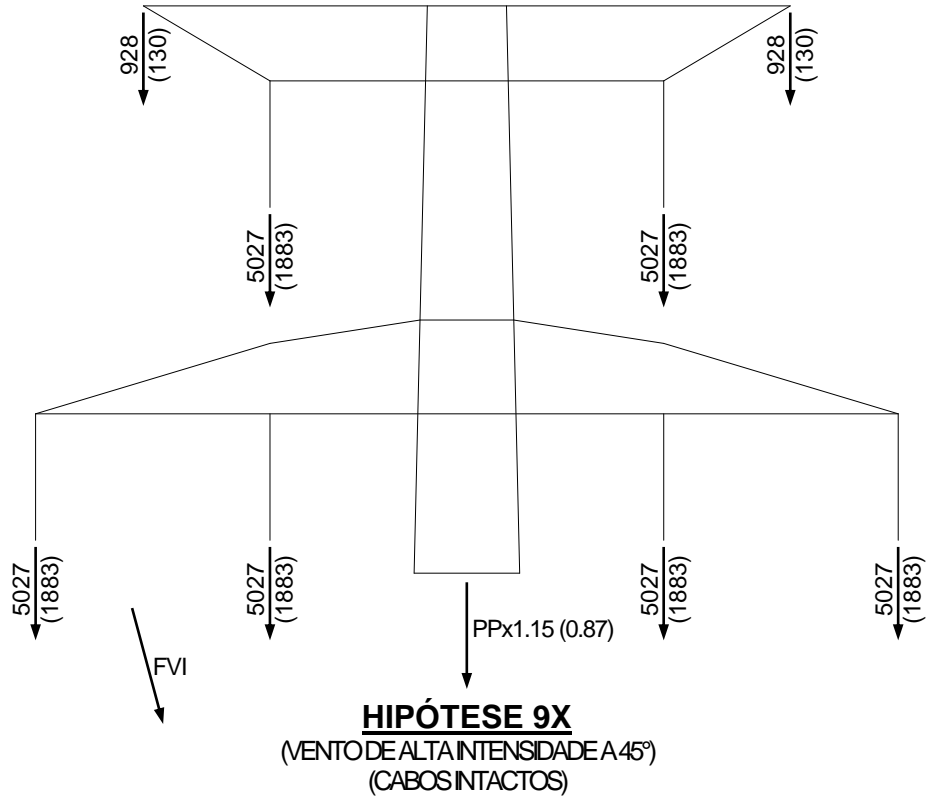


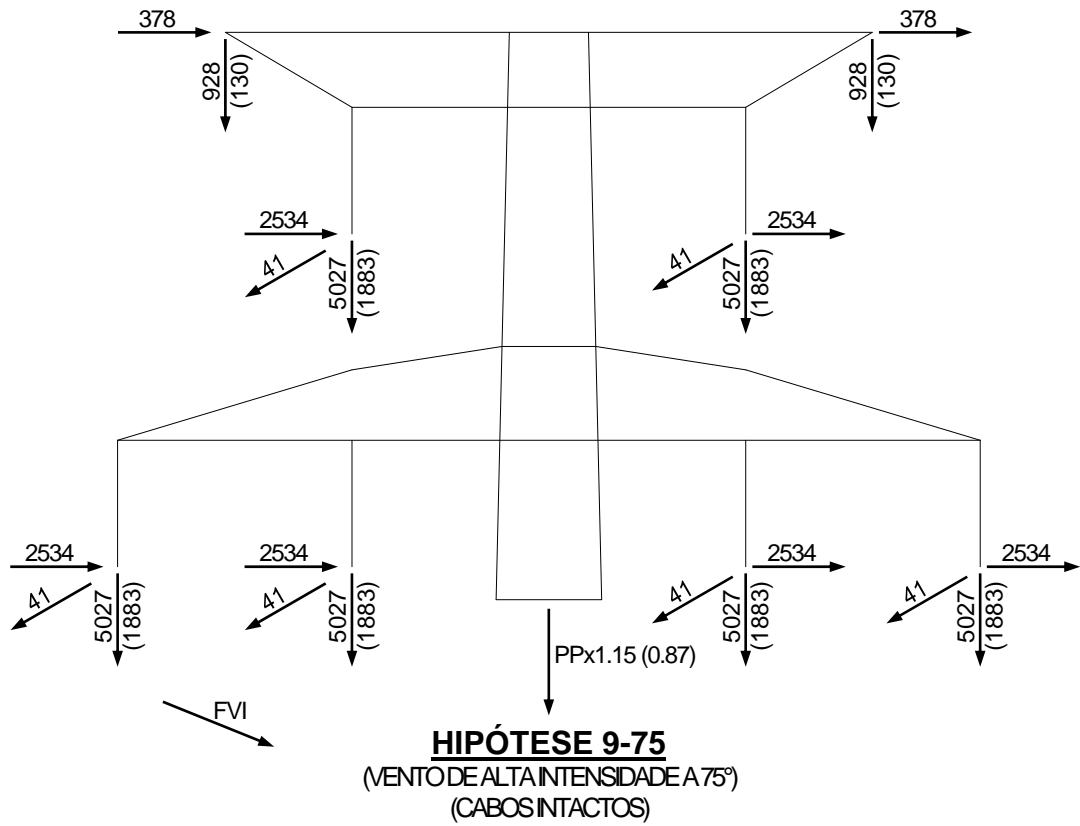
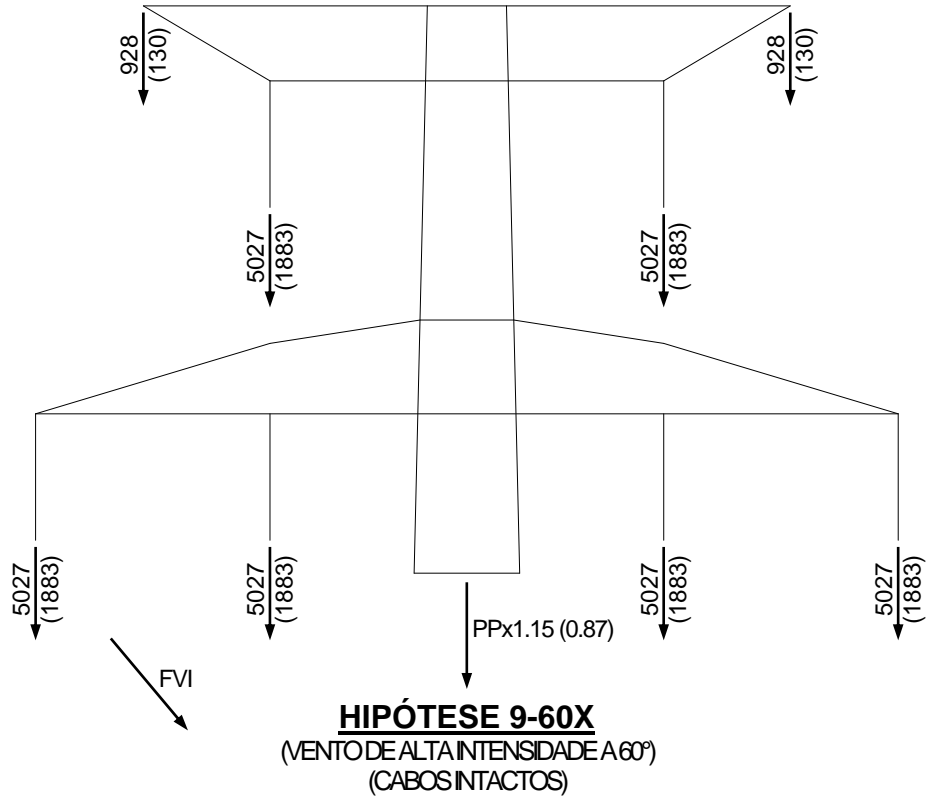


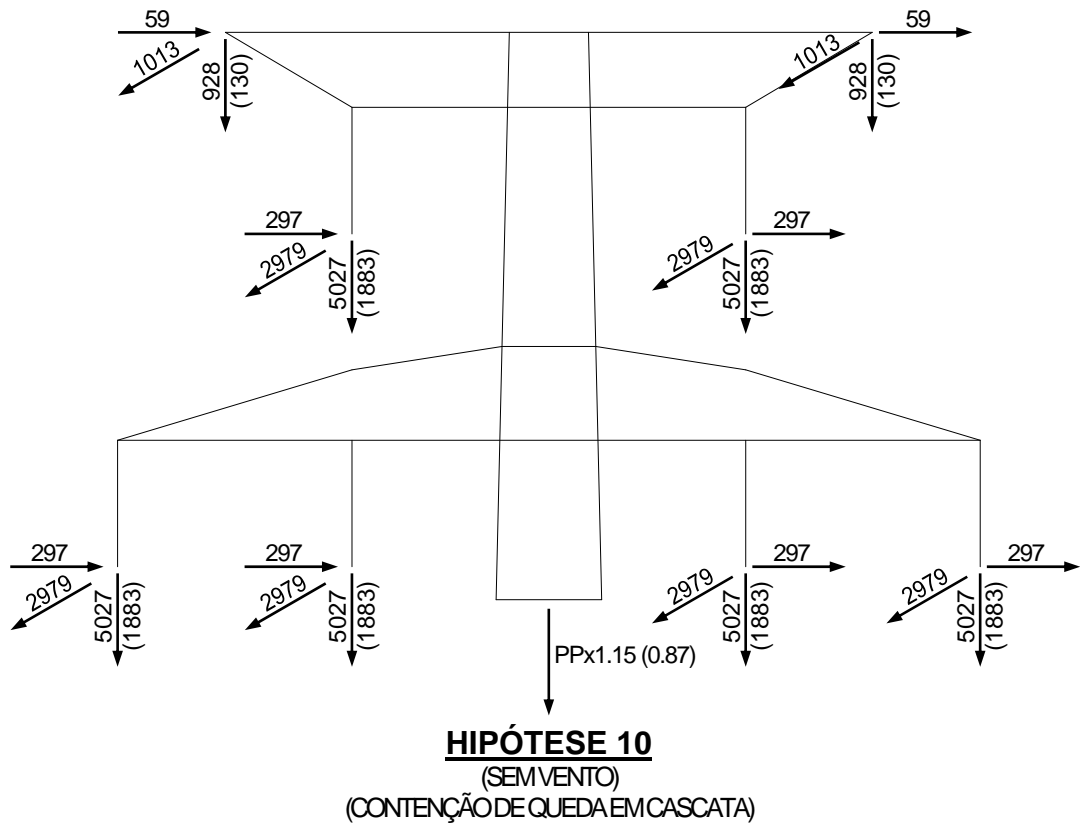
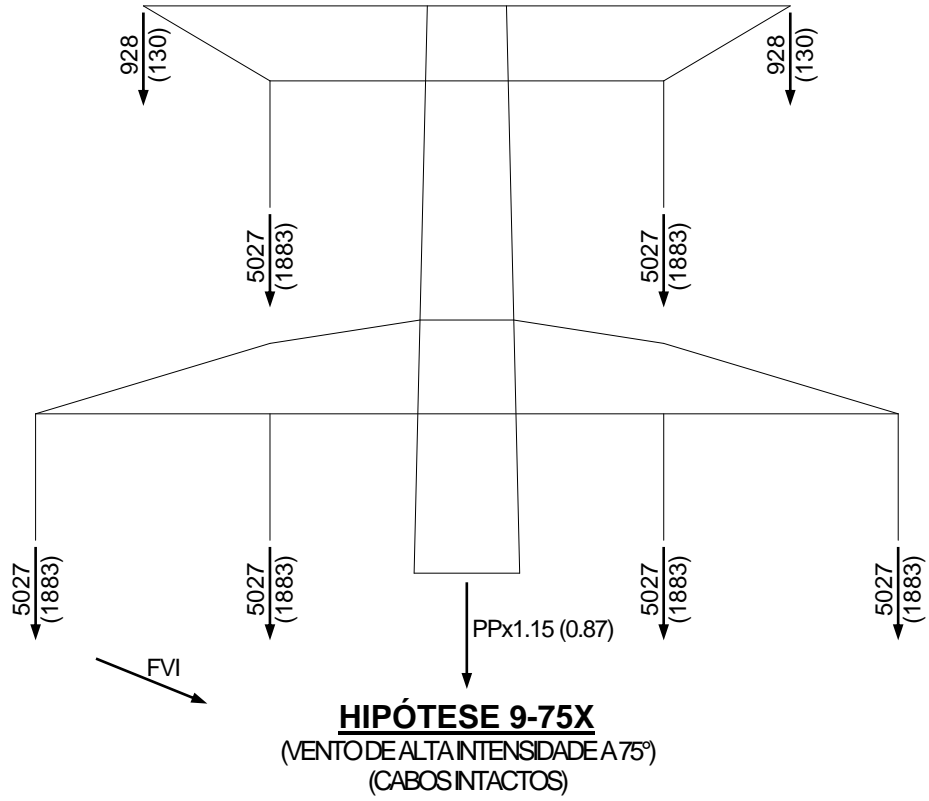




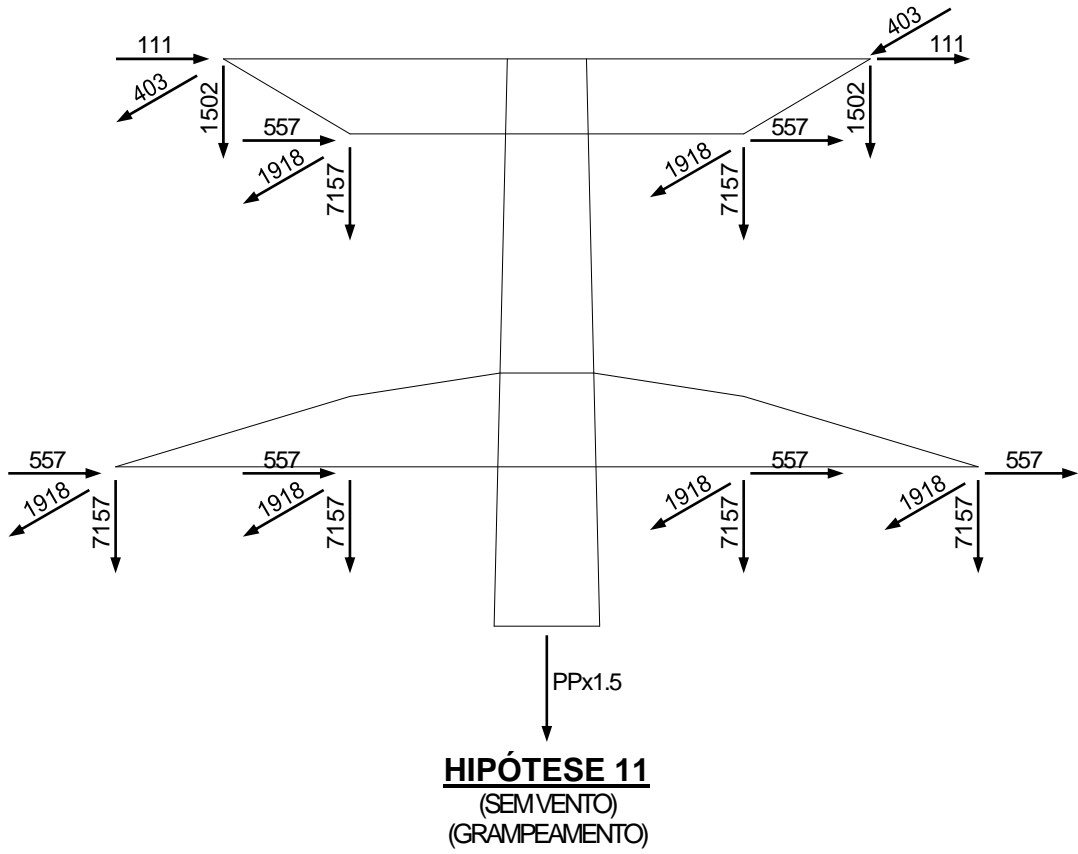












### 3.2 NOTAS PARA ÁRVORES DE CARGA

- a) Cargas são últimas (incluem os respectivos fatores de sobrecarga) e estão em kgf.
- b) **FVM** indica a força devida à ação do vento máximo sobre a própria torre e **FVI** indica a força devida à ação do vento de alta intensidade. Para cálculo de **FVM** e **FVI**, ver páginas seguintes.
- c) **PP** indica o peso próprio da torre.
- d) Vento sobre a estrutura nas hipóteses **1X, 2X, 3X, 3-60X e 3-75X**:
  - Acima da mísula dos estais: vento máximo, produzindo forças iguais a **FVM**;
  - Abaixo da mísula dos estais: vento reduzido (igual a 60% da velocidade máxima de vento), produzindo forças iguais a **0.36 x FVM**.
- e) As árvores de carga apresentadas representam as hipóteses de carga básicas consideradas no cálculo. Algumas destas hipóteses foram desdobradas para a análise estrutural, conforme se esclarece nas notas subsequentes.
- f) **Hipóteses 4** (ruptura de 1 fase): **s** na denominação da hipótese de carga indica carga longitudinal na fase superior, **m** indica carga longitudinal na fase inferior externa e **i** indica carga longitudinal na fase inferior interna. Ademais, para o caso de dois circuitos montados, **e** indica ruptura de fase no circuito da esquerda e **d** indica ruptura de fase no circuito da direita.
- g) **Hipóteses 5** (ruptura de 1 pára-raios): no caso de 2 circuitos montados, **e** na denominação da hipótese de carga indica carga longitudinal no PR da esquerda e **d** indica carga longitudinal no PR da direita.
- h) Todas as hipóteses de carga foram verificadas considerando-se um ou dois circuitos montados. **D** na denominação da hipótese de carga indica apenas circuito da direita montado, **E** indica apenas circuito da esquerda montado e ausência desses símbolos indica ambos os circuitos montados.
- i) **R** na denominação da hipótese de carga indica cargas verticais mínimas (valores entre parênteses nas árvores de carga).

## 4 CARGAS DEVIDAS AO VENTO SOBRE A TORRE

### 4.1 CARGAS DEVIDAS AO VENTO MÁXIMO SOBRE A TORRE

As cargas devidas à ação do vento máximo sobre a torre foram calculadas conforme metodologia da Publicação IEC/TR 60826, considerando-se a seguinte pressão dinâmica de referência:

- vento máximo:  $q_0 = 53.3 \text{ kgf/m}^2$ .

### 4.2 CARGAS DEVIDAS AO VENTO DE ALTA INTENSIDADE SOBRE A TORRE

As cargas devidas à ação do vento de alta intensidade sobre a torre foram calculadas com base na seguinte pressão dinâmica, constante ao longo da altura:

- vento de alta intensidade:  $q_i = 127.2 \text{ kgf/m}^2$ .

### 4.3 CARGAS DEVIDAS AO VENTO, POR PAINEL

Painel	H (m)	Ae (m <sup>2</sup> )	Ab (m <sup>2</sup> )	Ae/Ab	Ca	Gt	FW (kgf)	FWi (kgf)
1	67.40	3.43	9.60	0.36	2.33	2.60	1108	1017
		6.88	34.20	0.20	2.92		2784	2555
2	65.40	3.51	20.16	0.17	3.05	2.59	1478	1362
		3.64	22.49	0.16	3.10		1558	1435
3	57.00	4.33	12.00	0.36	2.33	2.54	1366	1283
		10.31	43.64	0.24	2.75		3838	3606
4	54.50	4.53	17.98	0.25	2.71	2.52	1649	1562
		5.17	23.48	0.22	2.83		1965	1861
5	49.50	2.99	12.94	0.23	2.79	2.49	1107	1061
		3.54	17.55	0.20	2.92		1372	1315
6	43.55	2.93	10.26	0.29	2.56	2.44	975	954
		3.41	14.58	0.23	2.79		1237	1210
7	37.60	2.77	9.00	0.31	2.49	2.39	879	877
		3.23	13.20	0.24	2.75		1132	1130
8	31.60	2.93	11.25	0.26	2.67	2.33	972	995
		3.61	16.50	0.22	2.83		1269	1300
9	24.10	2.93	11.25	0.26	2.67	2.23	930	995
		3.61	16.50	0.22	2.83		1214	1300
10	16.60	2.36	9.00	0.26	2.67	2.11	709	802
		2.91	13.20	0.22	2.83		926	1048
11	10.60	2.36	9.00	0.26	2.67	1.98	665	802
		2.56	11.10	0.23	2.79		754	909
12	4.60	1.26	3.45	0.37	2.30	1.75	270	369

#### NOTAS:

- Para indicação dos painéis de vento, ver desenho ENGETOWER nº 36.80-D1000.
- A linha superior refere-se à face longitudinal da torre (vento transversal) e a linha inferior refere-se à face transversal da torre (vento longitudinal).
- H = altura sobre o solo.
- Gt = fator de rajada (para terreno com rugosidade B).
- Ae = área exposta ao vento.
- Ab = área de contorno associada a Ae.
- Ca = coeficiente de arrasto (calculado com base na relação Ae/Ab).
- FW e FWi = componente transversal (FWT) ou longitudinal (FWL) das forças de vento FVM e FVI.
- $FW = q_0 \times Gt \times Ca \times Ae$ , onde  $q_0 = 53.3 \text{ kgf/m}^2$ .
- $FWi = q_i \times Ca \times Ae$ , onde  $q_i = 127.2 \text{ kgf/m}^2$ .
- As forças devidas à ação do vento sobre os estais não estão incluídas na tabela acima. Para o valor considerado para esta força, ver nota seguinte.
- FWe = força devida ao vento máximo sobre 1 estai:  
220 kgf (torre H=49.5m) ou 184 kgf (torre H=42.0m) ou 148 kgf (torre H=34.5m)
- FWei = força devida ao vento de alta intensidade sobre 1 estai:  
224 kgf (torre H=49.5m) ou 192 kgf (torre H=42.0m) ou 158 kgf (torre H=34.5m).

#### 4.4 CARGAS DEVIDAS AO VENTO, POR NÍVEL

VENTO MÁXIMO (kgf)					
NÍVEL	VENTO a 90° (TRANSVERSAL)	VENTO a 0° (LONGITUDINAL)	VENTO a 45°	VENTO a 60°	VENTO a 75°
	FWT (FWL = 0)	(FWT = 0) FWL	FWT = FWL	FWT/FWL	FWT/FWL
1	554	1392	826	760/439	619/166
2	1293	2171	1470	1506/870	1371/367
3	1422	2698	1748	1734/1001	1529/410
4	1508	2902	1871	1848/1067	1624/435
4*	440	440	311	381/220	425/114
5	1378	1669	1293	1445/834	1417/380
6	1041	1305	995	1102/636	1074/288
7	927	1185	896	987/570	958/257
8	926	1201	902	990/572	957/257
9	951	1242	930	1019/589	984/264
10	820	1070	802	879/507	848/227
11	687	840	648	722/417	707/189
12	468	512	416	477/275	477/128
13	135+440	135+440	115+312	134+381/78+220	137+425/37+114
14	905	1173	881	968/559	936/251
15	794	1029	773	849/490	821/220

VENTO DE ALTA INTENSIDADE (kgf)					
NÍVEL	VENTO a 90° (TRANSVERSAL)	VENTO a 0° (LONGITUDINAL)	VENTO a 45°	VENTO a 60°	VENTO a 75°
	FWT (FWL = 0)	(FWT = 0) FWL	FWT = FWL	FWT/FWL	FWT/FWL
1	509	1278	758	698/403	568/152
2	1190	1995	1351	1385/800	1261/338
3	1323	2521	1630	1615/933	1423/381
4	1423	2734	1763	1743/1006	1532/410
4*	448	448	317	388/224	433/116
5	1312	1588	1230	1375/794	1349/361
6	1008	1263	963	1067/616	1039/278
7	916	1170	885	975/563	946/253
8	936	1215	913	1002/578	968/259
9	995	1300	974	1067/616	1030/276
10	899	1174	879	963/556	930/249
11	802	979	755	843/487	825/221
12	586	639	520	596/344	597/160
13	185+448	185+448	157+316	184+388/106+224	187+433/50+116
14	936	1215	913	1002/578	968/259
15	840	1089	818	898/519	868/233

#### NOTAS:

1. Para indicação dos níveis de vento, ver desenho ENGETOWER nº 36.80-D1000.
2. O nível 4\* corresponde à ponta superior dos estais.
3. FWT = componente transversal das forças de vento FVM ou FVI.  
FWL = componente longitudinal das forças de vento FVM ou FVI.  

$$FWT = [1 + 0.2\text{sen}^2(\varnothing)] \times (FW(V.TRANSV)\text{sen}^2\varnothing + FW(V.LONGIT)\text{cos}^2\varnothing) \times \text{sen}\varnothing$$

$$FWL = [1 + 0.2\text{sen}^2(\varnothing)] \times (FW(V.TRANSV)\text{sen}^2\varnothing + FW(V.LONGIT)\text{cos}^2\varnothing) \times \text{cos}\varnothing.$$
4. As forças indicadas nos níveis 4\* e 13 (segunda parcela) correspondem à carga devida à ação do vento sobre os estais na torre H=49.5m.

## 5 DIMENSIONAMENTO DE BARRAS E CONEXÕES

### NOTAS :

- 1 - As forças máximas indicadas são últimas, ou seja, incluem os fatores de sobrecarga especificados.
- 2 - Aços estruturais : ASTM/A36  
ASTM/A572, grau 50  
ASTM/A572, grau 60 (indicado por ASTM A572\*)
- 3 - Parafusos : ISO 898/1, classe 5.8
- 4 - Estais : Ø1 3/8", com carga mínima de ruptura = 103000 kgf
- 5 - Módulo de elasticidade longitudinal :
  - Perfis e chapas : 2038894 kgf/cm<sup>2</sup>
  - Estais : 1250000 kgf/cm<sup>2</sup>
- 6 - Tensão de cisalhamento máxima nos parafusos : 2620 kgf/cm<sup>2</sup>
  - O valor acima foi estabelecido considerando-se que os parafusos estão permanentemente submetidos a uma carga de tração de cerca de 40% de sua carga de ruptura, tração esta produzida pelo torque com que são instalados.
  - Para a determinação da resistência ao cisalhamento dos parafusos, considerou-se rosca excluída da seção de corte.
- 7 - Tensão de esmagamento considerando bordas padrões ( $F_p = 1.0833 \times F_u$ ) :
  - Aço ASTM/A36 : 4417 kgf/cm<sup>2</sup>
  - Aço ASTM/A572, grau 50 : 4950 kgf/cm<sup>2</sup>
  - Aço ASTM/A572, grau 60 : 5712 kgf/cm<sup>2</sup>
- 8 - Curvas de flambagem (dimensionamento à compressão): conforme "Design of Latticed Steel Transmission Structures", ASCE, edição 1998, itens 3.6 e 3.7.
- 9 - Área líquida ( $A_n$ ) para o dimensionamento à tração :
  - Cantoneiras presas em uma só aba :  $A_n = 0.90 \times (A_b - A_a)$
  - Cantoneiras presas em ambas as abas :  $A_n = A_b - A_a$

onde :

  - $A_b$  = Área bruta
  - $A_a$  = Área dos furos
- 10 - Na análise estrutural considerou-se que os estais estavam pré-tensionados com uma carga igual a 8% de sua carga mínima de ruptura ( $0.08 \times$  de 103000 = 8240 kgf).
- 11 - No dimensionamento das barras e conexões, e também dos estais (item 7) e do apoio da base do mastro (item 8), adotou-se um coeficiente de minoração de resistências igual a 0.93, ou seja, as tensões e cargas admissíveis utilizadas foram obtidas multiplicando-se os valores limites pelo fator 0.93.

---

---

VERIFICACAO DOS PERFILADOS E LIGACOES

CANTAREIRA - LT 500 kV C.D. - TORRE TIPO CEL

---

---

---

---

CONVENCOES ADOTADAS

---

---

NB = DENOMINACAO DA BARRA  
HIP = HIPOTESE DE CARREGAMENTO GOVERNANTE  
FMAX= ESFORCO MAXIMO (KGF)  
L = COMPRIMENTO DE FLAMBAGEM CRITICO (CM)  
R = RAO DE GIRACAO CRITICO (CM)  
A = AREA DA SECAO TRANSVERSAL (CM<sup>2</sup>)  
ESB = ESBELTEZ CRITICA EFETIVA  
C = CURVA DO ASCE P/ CORRECAO DA ESBELTEZ  
TA = TENSAO ADMISSIVEL NA BARRA (KGF/CM<sup>2</sup>)  
FA = ESFORCO ADMISSIVEL NA BARRA (KGF)  
NP = NUMERO DE PARAFUSOS  
D = DIAMETRO DO PARAFUSO (MM)  
SD = CISALHAMENTO DUPLO NO CORPO DO PARAFUSO (SECAO DUPLA)  
FCA = FORCA DE CISALHAMENTO ADMISSIVEL NA LIGACAO (KGF)  
FEA = FORCA DE ESMAGAMENTO ADMISSIVEL NA LIGACAO (KGF)  
EC = ESPESURA DA CHAPA ADOTADA P/ CALCULO DE FEA (MM)  
% = TAXAS MAXIMAS DE TRABALHO (%) - BARRA/LIGACAO

## VERIFICACAO DOS PERFILADOS E LIGACOES

NB	* HIP *	FMAX	* L *	BITOLA	* R *	A	*ESB*	C	* TA *	FA	*NP	D	SD*	FCA	* FEA/EC*	%
M1	6D	-14413	200	1L90x90x6	2.76	10.60	72	1	2427	-25725						.56
	6E	6947		ASTIM-A572		8.30			3269	27132						
M2a	6D	-22450	210	1L90x90x6	2.76	10.60	76	1	2358	-24992						.90
	6D	14869		ASTIM-A572		8.30			3269	27132						
M2b	6D	-23897	210	1L90x90x6	2.76	10.60	76	1	2358	-24992	8	16.0		39193	35359	.96
	6D	13908		ASTIM-A572		8.30			3269	27132					6.0	.68
M2c	3-75	-25142	210	1L100x100x10	3.04	19.20	69	1	2588	-49688						.51
	3-75R	20088		ASTIM-A572		15.36			3269	50232						
M2d	3-75	-33732	210	1L100x100x10	3.04	19.20	69	1	2588	-49688						.68
	3-75R	26846		ASTIM-A572		15.36			3269	50232						
M3a	6D	-46312	125	1L100x100x10	1.95	19.20	64	1	2683	-51505						.90
	3-75D	30713		ASTIM-A572		15.36			3269	50232						
M3b	6D	-49033	125	1L100x100x10	1.95	19.20	64	1	2683	-51505	12	16.0		58789	88398	.95
	3-75R	31728		ASTIM-A572		15.36			3269	50232					10.0	.83
TP	5eR	-6051	124	1L60x60x4	1.19	4.72	108	2	1599	-7549	3	16.0		14697	8840	.80
	5D	7158		ASTIM-A572		2.87			3269	9374					4.0	.81
PP	5d	-3014	141	1L60x60x4	1.19	4.72	119	2	1324	-6247	2	16.0		9798	5893	.48
	5dR	1883		ASTIM-A572		2.87			3269	9374					4.0	.51
TM1	5eR	-6050	185	1L75x75x5	1.48	7.27	125	4	1197	-8701	3	16.0		14697	11050	.70
	5D	7158		ASTIM-A572		4.82			3269	15749					5.0	.65
FM1a	6	-22478	183	1L90x90x6	2.76	10.60	80	2	2439	-25854	6	16.0		29394	30599	.87
	4DsR	7010		ASTIM-A572*		7.47			3923	29302					6.0	.76
FM1b	6E	-20856	183	1L90x90x6	2.76	10.60	66	1	2751	-29157						.72
	4dsR	4124		ASTIM-A572*		8.30			3923	32558						
FM1c	6	-20628	183	1L90x90x6	2.76	10.60	80	2	2439	-25854	5	16.0		24495	25499	.80
	5dR	1113		ASTIM-A572*		7.47			3923	29302					6.0	.84
DM1a	4EsR	-860	170	1L45x45x3	0.88	2.66	193	4	501	-1333	2	16.0		9798	4420	.65
	4ds	1808		ASTIM-A572		1.88			3269	6134					3.0	.41
DM1b	4ds	-2704	173	1L60x60x4	1.19	4.72	145	4	885	-4176	2	16.0		9798	5893	.65
	4EsR	1850		ASTIM-A572		3.56			3269	11631					4.0	.46
BM1a	6E	-5293	200	1L75x75x5	1.48	7.27	135	4	1024	-7445	2	16.0		9798	7367	.71
				ASTIM-A572											5.0	.72
BM1b	6	19676	590	1L75x75x5	2.31	5.68	255	4	3923	22284	5	16.0		24495	21250	.88
				ASTIM-A572*											5.0	.93

## VERIFICACAO DOS PERFILADOS E LIGACOES

NB	HIP	FMAX	L	BITOLA	R	A	ESB	C	TA	FA	NP	D	SD	FCA	FEA/EC	%
BM1	6E	-1291	97	1L60x60x4	1.19	4.72	101	3	1802	-8506	1	16.0		4899	2947	.15
				ASTIM-A572											4.0	.44
BM2	5e	-54	49	2L100x100x12	1.95	45.40	73	3	2841	-128959	4	16.0		19596	20626	.00
	5E	18		ASTIM-A572*		32.58			3923	127801					7.0	.00
BM3	4es	-8046	196	1L90x90x6	1.78	10.60	115	3	1413	-14974	2	16.0		9798	8840	.54
	4Ds	8299		ASTIM-A572		7.47			3269	24418					6.0	.94
BM4	1XR	-911	145	1L50x50x3	0.99	2.96	146	4	872	-2580	1	16.0		4899	2210	.48
	1X	1414		ASTIM-A572		0.90			3269	2958					3.0	.64
BM5	4es	-3001	142	1L50x50x4	0.98	3.89	145	4	891	-3465	1	16.0		4899	3400	.87
	4EsR	2441		ASTIM-A572		2.81			3269	9189	Fp=1.25Fu				4.0	.88
BM6	4EsR	-1686	157	1L50x50x3	0.99	2.96	159	4	744	-2201	1	16.0		4899	2550	.77
	4es	2065		ASTIM-A572		2.15			3269	7017	Fp=1.25Fu				3.0	.81
BM7	6E	5453	206	1L45x45x4	0.88	2.45	234	4	3269	8012	2	16.0		9798	6800	.68
				ASTIM-A572							Fp=1.25Fu				4.0	.80
TM2a	6	20614	531	1L75x75x6	2.30	6.60	231	4	3923	25879	4	20.0		30619	25499	.80
				ASTIM-A572*											6.0	.81
TM2b	6	21313	732	1L75x75x6	2.30	6.60	318	4	3923	25879	4	20.0		30619	25499	.82
				ASTIM-A572*											6.0	.84
FM2a	6	-43885	174	1L100x100x10	3.04	19.20	73	2	2830	-54329	7	20.0		53584	71894	.81
	4DnR	21496		ASTIM-A572*		13.11			3923	51426					12.5	.82
FM2b	6E	-42104	174	1L100x100x10	3.04	19.20	57	1	3250	-62391						.67
	4dnR	18692		ASTIM-A572*		15.36			3923	60279						
FM2c	6E	-40961	174	1L100x100x10	3.04	19.20	73	2	2830	-54329						.75
	4DnR	13441		ASTIM-A572*		13.83			3923	54251						
FM2d	4Em	-25244	118	1L90x90x7	1.77	12.20	80	2	2355	-28737	5	20.0		38274	32228	.88
	4DnR	16829		ASTIM-A572		8.06			3269	26350					7.0	.78
DM2	4dm	-12562	191	1L90x90x6	1.78	10.60	110	2	1532	-16241	3	16.0		14697	15300	.77
	4EmR	8190		ASTIM-A572		8.50			3269	27804	Fp=1.25Fu				6.0	.85
BM8	6E	-8500	190	1L75x75x7	1.46	10.10	130	4	1104	-11152	2	16.0		9798	10313	.76
				ASTIM-A572											7.0	.87
BM9	6E	20587	583	1L75x75x6	2.30	6.60	253	4	3923	25879	4	20.0		30619	25499	.80
				ASTIM-A572*											6.0	.81
BM10	4DnR	-1827	100	2L100x100x12	1.95	45.40	86	3	2415	-109648	4	16.0		19596	33999	.02
	4Em	2450		ASTIM-A572*		32.58			3923	127801					10.0	.13



## VERIFICACAO DOS PERFILADOS E LIGACOES

NB	* HIP *	FMAX	* L *	BITOLA	* R *	A	*ESB*	C	* TA *	FA	*NP	D	SD*	FCA	* FEA/EC*	%
EM11	4EiR	-5699	204	1L75x75x6	1.48	8.72	138	4	984	-8583	2	16.0		9798	8840	.66
	4Di	5871		ASTIM-A572		5.78			3269	18887					6.0	.66
EM12	1XDR	-1917	213	1L60x60x4	1.19	4.72	179	4	584	-2755	1	16.0		4899	2947	.70
	1X	2267		ASTIM-A572		3.56			3269	11631					4.0	.77
EM13	4ei	-3784	144	1L60x60x4	1.19	4.72	121	4	1277	-6028	2	16.0		9798	5893	.63
	4EiR	3356		ASTIM-A572		3.56			3269	11631					4.0	.64
EM14	4EiR	-3095	150	1L60x60x4	1.19	4.72	126	4	1177	-5555	2	16.0		9798	5893	.56
	4ei	3494		ASTIM-A572		3.56			3269	11631					4.0	.59
EM15	6E	-3968	200	1L75x75x5	1.48	7.27	135	4	1024	-7445	2	16.0		9798	7367	.53
				ASTIM-A572											5.0	.54
EM16	6	6271	215	1L45x45x4	0.88	2.45	244	4	3269	8012	2	16.0		9798	6800	.78
				ASTIM-A572								Fp=1.25Fu			4.0	.92
QT1	6	18937	240	1L75x75x6	1.48	5.78	162	4	3923	22664	4	16.0		19596	20400	.84
				ASTIM-A572*											6.0	.97
QP1	6	-18687	249	1L100x100x7	3.06	13.70	101	3	1816	-24876	5	16.0		24495	25783	.75
	4DsR	2997		ASTIM-A572		9.91			3269	32411					7.0	.76
QT2	6	39084	286	1L100x100x8	1.96	12.28	146	4	3269	40151	6	20.0		45929	44199	.97
				ASTIM-A572											8.0	.88
QP2	6	-31252	149	1L100x100x8	1.96	15.50	87	2	2366	-36679	5	20.0		38274	42499	.85
	4DnR	9220		ASTIM-A572*		10.61			3923	41635					8.0	.82
Q'T1	6	-3907	240	1L60x60x4	1.84	4.72	130	4	1099	-5188	2	16.0		9798	5893	.75
	4EsR	594		ASTIM-A572		2.87			3269	9374					4.0	.66
Q'P1	4DsR	-3668	240	1L65x65x4	1.99	5.13	121	4	1286	-6595	3	16.0		14697	8840	.56
	4es	5367		ASTIM-A572		3.24			3269	10581					4.0	.61
Q'T2	6D	-1576	240	1L60x60x4	1.84	4.72	130	4	1099	-5188	1	16.0		4899	2947	.30
	2XDR	641		ASTIM-A572		3.56			3269	11631					4.0	.53
Q'P2	4DnR	-7953	240	1L75x75x5	2.31	7.27	112	3	1492	-10848	3	20.0		22964	13812	.76
	4em	11037		ASTIM-A572		4.46			3269	14572					5.0	.80
D1	6E	-11660	161	1L75x75x6	1.48	8.72	112	2	1502	-13096	3	16.0		14697	15300	.89
	6D	12075		ASTIM-A572		6.81			3269	22272		Fp=1.25Fu			6.0	.82
D2a	1X	-7259	168	1L75x75x5	1.48	7.27	115	2	1411	-10256	2	16.0		9798	8500	.71
	1XR	5755		ASTIM-A572		5.68			3269	18570		Fp=1.25Fu			5.0	.85
D2b	1XR	-5509	171	1L75x75x5	1.48	7.27	117	2	1374	-9990	2	16.0		9798	8500	.55
	1X	6837		ASTIM-A572		5.68			3269	18570		Fp=1.25Fu			5.0	.80

## VERIFICACAO DOS PERFILADOS E LIGACOES

NB	* HIP *	FMAX	* L *	BITOLA	* R *	A	*ESB*	C	* TA *	FA	*NP	D	SD*	FCA	* FEA/EC*	%
D2c	1X 1XR	-6492 5251	175	1L75x75x5 ASTIM-A572	1.48	7.27	119	2	1328 3269	-9652 18570	2	16.0		9798	8500 5.0	.67 .76
D2d	4EsR 1X	-5005 6263	179	1L75x75x5 ASTIM-A572	1.48	7.27	121	4	1278 3269	-9294 18570	2	16.0	Fp=1.25Fu	9798	8500 5.0	.54 .74
D3	6D 6D	-24687 23616	196	1L100x100x10 ASTIM-A572	1.95	19.20	105	2	1684 3269	-32325 49674	4	20.0		30619	36833 10.0	.76 .81
D'1	4Es 4Es	-1436 1437	156	1L50x50x4 ASTIM-A572	0.98	3.89	159	4	738 3269	-2871 9189	1	16.0		4899	2947 4.0	.50 .49
D'2	4Es 4Es	-6976 6989	159	1L75x75x5 ASTIM-A572	1.48	7.27	114	3	1446 3269	-10513 18570	2	16.0	Fp=1.25Fu	9798	8500 5.0	.66 .82
D'3	4Es 4Es	-7371 7428	173	1L75x75x5 ASTIM-A572	1.48	7.27	118	3	1333 3269	-9690 18570	2	16.0	Fp=1.25Fu	9798	8500 5.0	.76 .87
M4a	6D 3-75D	-61892 45349	130	1L152x152x12.7 ASTIM-A572	3.00	37.10	43	1	3001 3269	-111343 97405						.56
M4b	3-75 6D	-84967 32514	260	1L152x152x12.7 ASTIM-A572	4.72	37.10	55	1	2836 3269	-105217 97405						.81
M4c	1 3X75R	-102751 35883	260	1L152x152x12.7 ASTIM-A572	4.72	37.10	55	1	2836 3269	-105217 97405						.98
M4d	1 3X75R	-107602 38290	110	1L152x152x12.7 ASTIM-A572	3.00	37.10	37	1	3077 3269	-114168 97405	14	16.0SD		137174	130977 12.7	.94 .82
QP3	10 10R	-937 1623	160	1L65x65x5 ASTIM-A572	1.27	6.34	126	4	1178 3269	-7470 13012	3	16.0		14697	11050 5.0	.13 .15
Q'P3	3D 3	-2082 3013	240	1L60x60x4 ASTIM-A572	1.84	4.72	130	4	1099 3269	-5188 9374	3	16.0		14697	8840 4.0	.40 .34
DM3	4dmR 10EF	-833 1603	200	1L60x60x4 ASTIM-A572	1.19	4.72	168	4	662 3269	-3125 11631	2	16.0		9798	5893 4.0	.27 .27
D4a	1X 1R	-17012 15857	198	1L100x100x7 ASTIM-A572	1.97	13.70	110	3	1538 3269	-21076 35537	3	20.0		22964	19337 7.0	.81 .88
D4b	1X 1X	-14394 14172	202	1L90x90x7 ASTIM-A572	1.77	12.20	117	3	1365 3269	-16648 31947	3	16.0		14697	15470 7.0	.86 .98
D4c	3-75R 3-75	-5826 7175	194	1L75x75x5 ASTIM-A572	1.48	7.27	131	4	1088 3269	-7912 18570	2	16.0	Fp=1.25Fu	9798	8500 5.0	.74 .84
D'4a	10E 10E	-16322 16357	177	1L90x90x7 ASTIM-A572	1.77	12.20	110	3	1545 3269	-18855 31123	3	20.0		22964	19337 7.0	.87 .85

## VERIFICACAO DOS PERFILADOS E LIGACOES

NB	* HIP *	FMAX	* L *	BITOLA	* R *	A	*ESB*	C	* TA *	FA	*NP	D	SD*	FCA	* FEA/EC*	%
D'4b	10EF 10D	-13172 15275	177	1L90x90x6 ASTIM-A572	1.78	10.60	105	2	1696 3269	-17979 27804	4	16.0		19596	17680 6.0	.73 .86
D'4c	2D 2D	-2063 2063	163	1L60x60x4 ASTIM-A572	1.19	4.72	137	4	997 3269	-4704 11631	1	16.0		4899	2947 4.0	.44 .70
QIE	3-75	-16402	304	1L100x100x8 ASTIM-A572	3.06	15.50	110	3	1555	-24098	3	20.0		22964	22100 8.0	.68 .74
QPE	1 1	-6537 23273	158	1L90x90x7 ASTIM-A572	1.77	12.20	105	3	1706 3269	-20815 26350	4	20.0		30619	25783 7.0	.88 .90
Q'TE	1	33342	240	1L90x90x7 ASTIM-A572*	1.77	9.52	136	4	3923	37348	5	20.0		38274	37187 7.0	.89 .90
Q'PE	1R 1	-37445 12079	240	1L100x100x12 ASTIM-A572*	3.02	22.70	100	3	1880 3923	-42675 60511	6	20.0		45929	61624 12.5	.88 .82
IME	3-75	48528	365	2L75x75x7 ASTIM-A572	2.28	15.26	160	4	3269	49889	8	20.0		61238	51566 7.0	.97 .94
FME	1 1	-42239 9671	139	1L127x127x9.5 ASTIM-A572	2.51	23.29	88	3	2171 3269	-50571 55530	7	20.0		53584	61427 9.5	.84 .79
DME	4DnR 4entR	-736 1384	198	1L50x50x3 ASTIM-A572	0.99	2.96	200	4	468 3269	-1384 7017	2	16.0		9798	4420 3.0	.53 .31
M5a	1 3X75R	-106075 36285	99	1L152x152x12.7 ASTIM-A572	3.00	37.10	33	1	3114 3269	-115521 97405	14	16.0SD		137174	130977 12.7	.92 .81
M5b	1X 3X75R	-103315 37312	99	1L152x152x12.7 ASTIM-A572	3.00	37.10	33	1	3114 3269	-115521 97405						.89
M5c	1X 3X75R	-108029 38450	99	1L152x152x12.7 ASTIM-A572	3.00	37.10	33	1	3114 3269	-115521 97405	14	16.0SD		137174	130977 12.7	.94 .82
M5d	1X 3X75R	-107856 39354	99	1L152x152x12.7 ASTIM-A572	3.00	37.10	33	1	3114 3269	-115521 97405						.93
M5e	1X 3X75R	-110352 41208	99	1L152x152x12.7 ASTIM-A572	3.00	37.10	33	1	3114 3269	-115521 97405						.96
M5f	1X 3X75R	-113672 42489	99	1L152x152x12.7 ASTIM-A572	3.00	37.10	33	1	3114 3269	-115521 97405	14	16.0SD		137174	130977 12.7	.98 .87
D5a	9X60E 9X60E	-1405 1469	190	1L60x60x4 ASTIM-A572	1.19	4.72	160	4	734 3269	-3462 11631	2	16.0		9798	5893 4.0	.41 .25
D5b	1X 9X60E	-1612 1505	183	1L60x60x4 ASTIM-A572	1.19	4.72	154	4	791 3269	-3732 11631	2	16.0		9798	5893 4.0	.43 .27

## VERIFICACAO DOS PERFILADOS E LIGACOES

NB	* HIP *	FMAX	* L *	BITOLA	* R *	A	*ESB*	C	* TA *	FA	*NP	D	SD*	FCA	* FEA/EC*	%
D5c	9X60E	-1628	176	1L60x60x4	1.19	4.72	148	4	855	-4035	2	16.0		9798	5893	.40
	9X60E	1659	ASTIM-A572	3.56						3269						
D5d	1X	-1800	169	1L60x60x4	1.19	4.72	142	4	927	-4376	2	16.0		9798	5893	.41
	9X60E	1436	ASTIM-A572	3.56						3269						
D5e	9X60E	-1582	163	1L60x60x4	1.19	4.72	137	4	997	-4704	2	16.0		9798	5893	.34
	1X	1585	ASTIM-A572	3.56						3269						
D5f	1X	-1889	157	1L60x60x4	1.19	4.72	132	4	1074	-5071	2	16.0		9798	5893	.37
	9X60E	1730	ASTIM-A572	3.56						3269						
D'5a	8	-1779	158	1L60x60x4	1.19	4.72	130	5	1110	-5241	2	16.0		9798	5893	.34
	1X	2817	ASTIM-A572	3.56						3269						
D'5b	3	-2723	152	1L60x60x4	1.19	4.72	128	4	1146	-5410	2	16.0		9798	5893	.50
	8	1962	ASTIM-A572	3.56						3269						
D'5c	8	-2180	147	1L50x50x4	0.98	3.89	150	4	831	-3233	2	16.0		9798	5893	.67
	3	2728	ASTIM-A572	2.81						3269						
D'5d	8D	-2443	142	1L50x50x4	0.98	3.89	145	4	891	-3465	2	16.0		9798	5893	.71
	8	1991	ASTIM-A572	2.81						3269						
D'5e	8	-2264	137	1L50x50x4	0.98	3.89	140	4	957	-3722	2	16.0		9798	5893	.61
	8D	2556	ASTIM-A572	2.81						3269						
D'5f	8	-2888	133	1L50x50x4	0.98	3.89	136	4	1015	-3950	2	16.0		9798	5893	.73
	8	2616	ASTIM-A572	2.81						3269						
M6a	1X	-115142	150	1L152x152x12.7	4.72	37.10	32	1	3125	-115940	14	16.0SD		137174	130977	.99
	3X75R	43164	ASTIM-A572	29.79						3269						
M6b	1X	-112188	150	1L152x152x12.7	4.72	37.10	32	1	3125	-115940						.97
	3X75R	40773	ASTIM-A572	29.79						3269						
M6c	1X	-108198	150	1L152x152x12.7	4.72	37.10	32	1	3125	-115940						.93
	3D	37962	ASTIM-A572	29.79						3269						
M6d	1X	-107176	150	1L152x152x12.7	4.72	37.10	32	1	3125	-115940						.92
	8D	37123	ASTIM-A572	29.79						3269						
M6e	1X	-103854	150	1L152x152x12.7	4.72	37.10	32	1	3125	-115940	12	16.0SD		117578	112266	.90
	8D	36255	ASTIM-A572	29.79						3269						
D6	1	-4413	133	1L60x60x4	1.19	4.72	116	3	1393	-6573	2	16.0		9798	5893	.67
	1	4687	ASTIM-A572	3.56						3269						
D'6	3-75	-1085	106	1L45x45x3	0.88	2.66	120	4	1289	-3428	2	16.0		9798	4420	.32
	3-75	1773	ASTIM-A572	1.88						3269						

VERIFICACAO DOS PERFILADOS E LIGACOES

NB	HIP	FMAX	L	BITOLA	R	A	ESB	C	TA	FA	NP	D	SD	FCA	FEA/EC	%
Q6	1	-5013	220	1L60x60x4	1.84	4.72	120	3	1303	-6152	2	16.0		9798	5893	.81
	1R	2364		ASTIM-A572		2.87			3269	9374					4.0	.85
Q'6	1X	-6008	150	1L65x65x5	1.27	6.34	119	3	1319	-8364	2	16.0		9798	7367	.72
	1XR	1469		ASTIM-A572		3.98			3269	13012					5.0	.82
DQ6	3X75	-820	266	1L45x45x3	1.36	2.66	196	4	489	-1300	1	16.0		4899	2210	.63
				ASTIM-A572											3.0	.37
M7a	1X	-87828	150	1L127x127x12.7	3.91	30.65	38	1	3059	-93762	12	16.0SD		117578	112266	.94
	8D	17788		ASTIM-A572		23.34			3269	76319					12.7	.78
M7b	1X	-83047	150	1L127x127x12.7	3.91	30.65	38	1	3059	-93762						.89
	8D	16799		ASTIM-A572		23.34			3269	76319						
M7c	1X	-78408	150	1L127x127x12.7	3.91	30.65	38	1	3059	-93762						.84
	8D	13966		ASTIM-A572		23.34			3269	76319						
M7d	1X	-75023	150	1L127x127x12.7	3.91	30.65	38	1	3059	-93762						.80
	8D	11004		ASTIM-A572		23.34			3269	76319						
M7e	1X	-70345	150	1L127x127x12.7	3.91	30.65	38	1	3059	-93762	12	16.0SD		117578	112266	.75
	8D	8276		ASTIM-A572		23.34			3269	76319					12.7	.63
D7	1X	-4696	133	1L60x60x4	1.19	4.72	116	3	1393	-6573	2	16.0		9798	5893	.71
	1X	4954		ASTIM-A572		3.56			3269	11631					4.0	.84
D'7	8	-1418	106	1L45x45x3	0.88	2.66	120	4	1289	-3428	2	16.0		9798	4420	.41
	8	1492		ASTIM-A572		1.88			3269	6134					3.0	.34
Q7	1X	-1111	220	1L50x50x3	1.52	2.96	145	4	893	-2642	1	16.0		4899	2210	.42
	1X	364		ASTIM-A572		1.63			3269	5324					3.0	.50
Q'7	1X	-709	150	1L50x50x3	0.99	2.96	152	4	815	-2411	1	16.0		4899	2210	.29
	1X	499		ASTIM-A572		1.63			3269	5324					3.0	.32
DQ7	1X	-310	266	1L45x45x3	1.36	2.66	196	4	489	-1300	1	16.0		4899	2210	.24
	3D	38		ASTIM-A572		1.88			3269	6134					3.0	.14
M8a	1X	-70740	150	1L127x127x9.5	3.96	23.29	38	1	3064	-71370	12	16.0SD		117578	84243	.99
	9XE	6033		ASTIM-A572		19.64			3269	64193					9.5	.84
M8b	1X	-68699	150	1L127x127x9.5	3.96	23.29	38	1	3064	-71370						.96
	8D	5457		ASTIM-A572		19.64			3269	64193						
M8c	1X	-65855	150	1L127x127x9.5	3.96	23.29	38	1	3064	-71370						.92
	9XE	2734		ASTIM-A572		19.64			3269	64193						
M8d	1X	-64220	150	1L127x127x9.5	3.96	23.29	38	1	3064	-71370						.90
				ASTIM-A572												

## VERIFICACAO DOS PERFILADOS E LIGACOES

NB	*	HIP	*	FMAX	*	L	*	BITOLA	*	R	*	A	*ESB*	C	*TA	*	FA	*NP	D	SD*	FCA	*	FEA/EC*	%
M8e	1X	-60036	150	1L100x100x10	3.04	19.20	49	1	3423	-65713	10	16.0SD	97981	84998	.91									
				ASIM-A572*																			10.0	.71
D8a	1X	-1999	130	1L45x45x4	0.88	3.49	148	4	857	-2991	1	16.0	4899	2947	.67									
	1X	1836		ASIM-A572						2.45				3269			8012						4.0	.68
D8b	1X	-1908	131	1L45x45x4	0.88	3.49	149	4	844	-2945	1	16.0	4899	2947	.65									
	1X	2359		ASIM-A572						2.45				3269			8012						4.0	.80
D8c	1X	-2199	125	1L45x45x4	0.88	3.49	142	4	927	-3235	1	16.0	4899	2947	.68									
	1X	2127		ASIM-A572						2.45				3269			8012						4.0	.75
D8d	1X	-2579	118	1L45x45x4	0.88	3.49	134	4	1040	-3630	1	16.0	4899	2947	.71									
	1X	2501		ASIM-A572						2.45				3269			8012						4.0	.88
D8e	1X	-3029	109	1L45x45x4	0.88	3.49	124	4	1219	-4254	1	16.0	4899	3400	.71									
	1X	3032		ASIM-A572						2.45				3269			8012		Fp=1.25Fu				4.0	.89
D'8	8	-1958	106	1L45x45x3	0.88	2.66	120	4	1289	-3428	1	16.0	4899	2210	.57									
	8	2032		ASIM-A572						1.88				3269			6134						3.0	.92
Q8	8D	-721	220	1L50x50x3	1.52	2.96	145	4	893	-2642	2	16.0	9798	4420	.60									
	1	3208		ASIM-A572						1.63				3269			5324						3.0	.73
Q'8	1X	-928	150	1L50x50x3	0.99	2.96	152	4	815	-2411	1	16.0	4899	2210	.38									
				ASIM-A572																			3.0	.42
DQ8	1	805	266	1L45x45x3	1.36	1.88	196	4	3269	6134	1	16.0	4899	2210	.13									
				ASIM-A572																			3.0	.36
QB	1X	5469	150	1L50x50x4	1.52	2.12	109	3	3269	6932	2	16.0	9798	5893	.79									
				ASIM-A572																			4.0	.93
Q'B	1X	8982	150	1L60x60x5	1.17	3.51	128	4	3269	11482	3	16.0	14697	11050	.78									
				ASIM-A572																			5.0	.81
DQB	1	954	212	1L45x45x3	1.36	1.88	156	4	3269	6134	1	16.0	4899	2210	.16									
				ASIM-A572																			3.0	.43
MB	1X	-61220	135	1L100x100x10	3.04	19.20	44	1	3518	-67539	10	20.0	76548	106248	.91									
				ASIM-A572*																			10.0	.80
ME	1X	-103531	150	1L127x127x12.7	3.91	30.65	38	1	3621	-110969	12	16.0SD	117578	129537	.93									
	8D	35895		ASIM-A572*						23.34							91582						12.7	.88
DE	1X	-3749	133	1L60x60x4	1.19	4.72	116	3	1393	-6573	2	16.0	9798	5893	.57									
	1X	3828		ASIM-A572						3.56				3269			11631						4.0	.65
D'E	3-75	-1247	106	1L45x45x3	0.88	2.66	120	4	1289	-3428	2	16.0	9798	4420	.36									
	3-75	1360		ASIM-A572						1.88				3269			6134						3.0	.31

VERIFICACAO DOS PERFILADOS E LIGACOES

NB	HIP	FMAX	L	BITOLA	R	A	ESB	C	TA	FA	NP	D	SD	FCA	FEA/EC	%
QE	1X	-745	220	1L50x50x3	1.52	2.96	145	4	893	-2642	1	16.0	4899	2210	.28	.34
	9X60E	309		ASIM-A572												
Q'E	1XD	-193	150	1L50x50x3	0.99	2.96	152	4	815	-2411	1	16.0	4899	2210	.28	.67
	1X	1473		ASIM-A572												
DQE	3X75	-233	266	1L45x45x3	1.36	2.66	196	4	489	-1300	1	16.0	4899	2210	.18	.11
	3D	149		ASIM-A572												

## 6 CARGAS ÚLTIMAS SOBRE FUNDAÇÃO DO MASTRO

### 6.1 CARGAS MÁXIMAS - TODAS AS ALTURAS DE TORRE

-1-

CANTAREIRA - LT 500 kV C.D. - TORRE TIPO CEL

CARGAS SOBRE FUNDAÇÃO

FORMAÇÃO DAS ALTURAS DE TORRE

- 1 = H=49.5m
- 2 = H=42.0m
- 3 = H=34.5m

RESUMO DAS CARGAS ÚLTIMAS MÁXIMAS SOBRE FUNDAÇÕES - SISTEMA RETANGULAR

NOTAS :

- 1 - Cargas em (kgf).
- 2 - Sistema de referencia :
  - \* V - indica força vertical.
  - \* T - indica força horizontal transversal que atua com V.
  - \* L - indica força horizontal longitudinal que atua com V.
- 3 - Para a força V, o sinal "-" indica força de compressão.
- 4 - As cargas são últimas (incluem os fatores de sobrecarga especificados para o cálculo da estrutura, mas não incluem qualquer fator adicional de sobrecarga específico para fundações).

CARGAS COM VERTICAL DE COMPRESSÃO

Hip.= 1	T =	-13061	V =	-163270	L =	0	COMB.=	3
Hip.= 1X	T =	-14164	V =	-159281	L =	0	COMB.=	3
Hip.= 8XDR	T =	-1066	V =	-56080	L =	4380	COMB.=	1
Hip.= 1	T =	-10437	V =	-162553	L =	0	COMB.=	2
Hip.= 1	T =	-8457	V =	-162894	L =	0	COMB.=	1
Hip.= 3-75	T =	-12028	V =	-157760	L =	-673	COMB.=	3
Hip.= 3X75	T =	-13201	V =	-153680	L =	-867	COMB.=	3
Hip.= 1X	T =	-11788	V =	-157940	L =	0	COMB.=	2
Hip.= 1XR	T =	-13496	V =	-133452	L =	0	COMB.=	3



## 6.2 CARGAS MÁXIMAS - TORRE COM ALTURA H=49.5m

-2-

CANTAREIRA - LT 500 kV C.D. - TORRE TIPO CEL - H=49.5m

RESUMO DAS CARGAS ULTIMAS MAXIMAS SOBRE FUNDACOES - SISTEMA RETANGULAR

NOTAS :

- 1 - Cargas em (kgf).
- 2 - Sistema de referencia :
  - \* V - indica forza vertical.
  - \* T - indica forza horizontal transversal que atua com V.
  - \* L - indica forza horizontal longitudinal que atua com V.
- 3 - Para a forza V, o sinal "-" indica forza de compressao.
- 4 - As cargas sao ultimas (incluem os fatores de sobrecarga especificados para o calculo da estrutura, mas nao incluem qualquer fator adicional de sobrecarga especifico para fundacoes).

CARGAS COM VERTICAL DE COMPRESSAO

Hip.= 1	T =	-8457	V =	-162894	L =	0	COMB.= 1
Hip.= 1X	T =	-10074	V =	-157644	L =	0	COMB.= 1
Hip.= 8XDR	T =	-1066	V =	-56080	L =	4380	COMB.= 1
Hip.= 3-75	T =	-7606	V =	-157741	L =	-351	COMB.= 1
Hip.= 3X75	T =	-9316	V =	-152367	L =	-644	COMB.= 1
Hip.= 3-60	T =	-5838	V =	-151216	L =	577	COMB.= 1
Hip.= 3X60	T =	-7546	V =	-143355	L =	-479	COMB.= 1
Hip.= 1XR	T =	-9460	V =	-131022	L =	0	COMB.= 1

### 6.3 CARGAS MÁXIMAS - TORRE COM ALTURA H=42.0m

-3-

CANTAREIRA - LT 500 kV C.D. - TORRE TIPO CEL - H=42.0m

RESUMO DAS CARGAS ULTIMAS MAXIMAS SOBRE FUNDACOES - SISTEMA RETANGULAR

NOTAS :

- 1 - Cargas em (kgf).
- 2 - Sistema de referencia :
  - \* V - indica forza vertical.
  - \* T - indica forza horizontal transversal que atua com V.
  - \* L - indica forza horizontal longitudinal que atua com V.
- 3 - Para a forza V, o sinal "-" indica forza de compressao.
- 4 - As cargas sao ultimas (incluem os fatores de sobrecarga especificados para o calculo da estrutura, mas nao incluem qualquer fator adicional de sobrecarga especifico para fundacoes).

CARGAS COM VERTICAL DE COMPRESSAO

Hip.= 1	T =	-10437	V =	-162553	L =	0	COMB.= 2
Hip.= 1X	T =	-11788	V =	-157940	L =	0	COMB.= 2
Hip.= 8XDR	T =	-1244	V =	-53377	L =	3800	COMB.= 2
Hip.= 3-75	T =	-9514	V =	-157252	L =	-512	COMB.= 2
Hip.= 3X75	T =	-10947	V =	-152528	L =	-752	COMB.= 2
Hip.= 3-60	T =	-7538	V =	-150322	L =	357	COMB.= 2
Hip.= 3X60	T =	-8959	V =	-143341	L =	-586	COMB.= 2
Hip.= 1XR	T =	-11154	V =	-131724	L =	0	COMB.= 2

## 6.4 CARGAS MÁXIMAS - TORRE COM ALTURA H=34.5m

-4-

CANTAREIRA - LT 500 kV C.D. - TORRE TIPO CEL - H=34.5m

RESUMO DAS CARGAS ULTIMAS MAXIMAS SOBRE FUNDACOES - SISTEMA RETANGULAR

NOTAS :

- 1 - Cargas em (kgf).
- 2 - Sistema de referencia :
  - \* V - indica forza vertical.
  - \* T - indica forza horizontal transversal que atua com V.
  - \* L - indica forza horizontal longitudinal que atua com V.
- 3 - Para a forza V, o sinal "-" indica forza de compressao.
- 4 - As cargas sao ultimas (incluem os fatores de sobrecarga especificados para o calculo da estrutura, mas nao incluem qualquer fator adicional de sobrecarga especifico para fundacoes).

CARGAS COM VERTICAL DE COMPRESSAO

Hip.= 1	T =	-13061	V =	-163270	L =	0	COMB.= 3
Hip.= 1X	T =	-14164	V =	-159281	L =	0	COMB.= 3
Hip.= 8XDR	T =	-1500	V =	-50775	L =	3210	COMB.= 3
Hip.= 3-75	T =	-12028	V =	-157760	L =	-673	COMB.= 3
Hip.= 3X75	T =	-13201	V =	-153680	L =	-867	COMB.= 3
Hip.= 3-60	T =	-9738	V =	-150185	L =	133	COMB.= 3
Hip.= 3X60	T =	-10893	V =	-144123	L =	-699	COMB.= 3
Hip.= 1XR	T =	-13496	V =	-133452	L =	0	COMB.= 3

## 7 DIMENSIONAMENTO DOS ESTAIS E DE SUAS CONEXÕES À TORRE

### 7.1- CARACTERÍSTICAS DOS ESTAIS

-----

Cordoalha galvanizada de aço, com pré-esticamento.

- Diâmetro : 1 3/8"
- Formação : 37 fios
- Carga de ruptura mínima: 103000 kgf

### 7.2- VERIFICAÇÃO DOS ESTAIS

-----

E = força máxima de tração nos estais

- torre H=49.5m = 69882 kgf (Hip. 3-75)
- torre H=42.0m = 70464 kgf (Hip. 3-75)
- torre H=34.5m = 71672 kgf (Hip. 3-75)

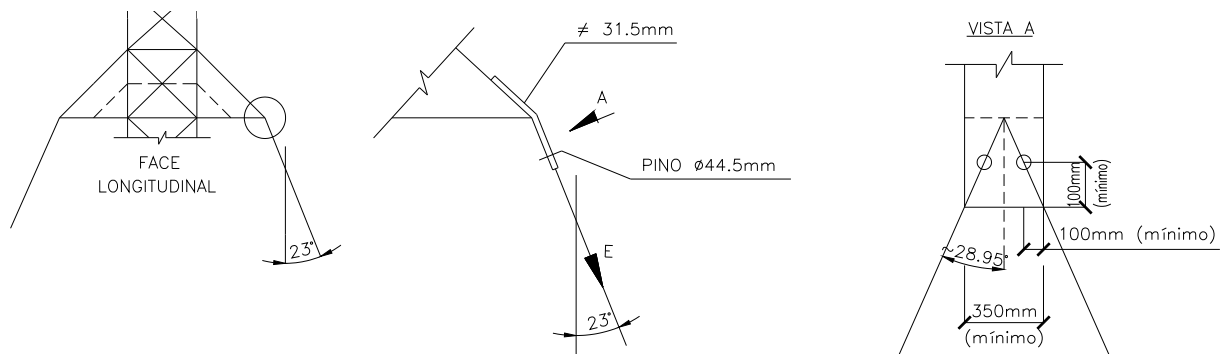
% = taxa de trabalho =  $71672 / 103000 = 0.696 (\leq 0.93 \times 0.75 = 0.698)$

### 7.3- VERIFICAÇÃO DAS CONEXÕES DOS ESTAIS À TORRE

-----

Chapa 31.5 mm - ASTM A572 (Borda para  $F_p = 1.50 \times F_u$ )

Manilha com pino Ø44.5 mm - Carga mínima de ruptura = 103000 kgf



a) Esmagamento na chapa de fixação da manilha

$$f_p = 71672 / (4.45 \times 3.15) = 5113 \text{ kgf/cm}^2 < 0.93 \times (1.50 \times 4570) = 6375 \text{ kgf/cm}^2$$

b) Tração na chapa

largura mínima da chapa: 350 mm

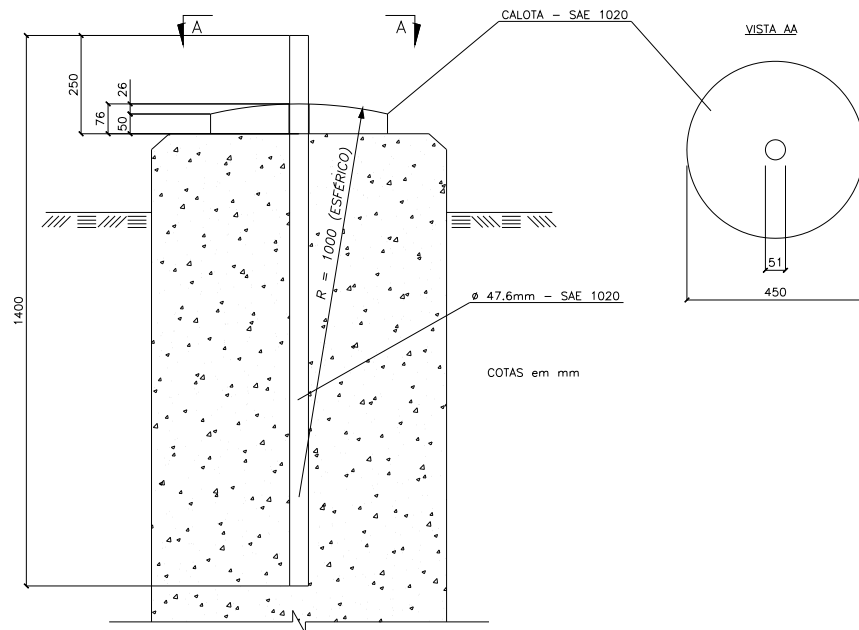
$$f_t < (2 \times 71672) / [(35.0 - 2 \times 4.76) \times 3.15] = 1786 \text{ kgf/cm}^2 < 0.93 \times 3515 = 3269 \text{ kgf/cm}^2$$

### 7.4- RESISTÊNCIAS MÍNIMAS DAS FERRAGENS DOS ESTAIS E DAS HASTES DE ÂNCORA

-----

- Carga mínima de ruptura : 103000 kgf
- Carga mínima sem deformação permanente: 71672 kgf

## 8 CÁLCULO DO APOIO DA BASE DO MASTRO



### 8.1- CARGAS MÁXIMAS SOBRE FUNDAÇÃO DO MASTRO

#### HIPÓTESE 1

V = 163270 kgf  
T = 13061 kgf  
L = 0 kgf

#### HIPÓTESE 1X

V = 159281 kgf  
T = 14164 kgf  
L = 0 kgf

OBS.: V = Força Vertical de Compressão

---- T = Força Horizontal Transversal que atua com V

L = Força Horizontal Longitudinal que atua com V

### 8.2 VERIFICAÇÕES

#### 8.2.1 Chumbador

chumbador : 1 Ø47.6 mm - SAE 1020 -  $L_{eng} = 115$  cm  
base do mastro: chapa 31.5 mm - ASTM A36

$f_v = 1.1 \times 14164 / 17.80 = 875 \text{ kgf/cm}^2 < 0.93 \times (0.6 \times 2100) = 1172 \text{ kgf/cm}^2$   
 $f_p = 1.1 \times 14164 / (4.76 \times 3.15) = 1039 \text{ kgf/cm}^2 < 0.93 \times 4417 = 4108 \text{ kgf/cm}^2$

$l_{mín} = 24 \times \phi = 24 \times 4.76 = 114 \text{ cm} < 115 \text{ cm}$

#### 8.2.2 Pressão no Concreto

Calota Ø450 mm - Área de apoio =  $\pi \times (45.0^2 - 5.1^2) / 4 = 1570.0 \text{ cm}^2$

Concreto:  $f_{ck} = 180 \text{ kgf/cm}^2 \Rightarrow f_{cd} = 180 / 1.4 = 128.6 \text{ kgf/cm}^2$

Pressão =  $1.1 \times 163270 / 1570.0 = 114.4 \text{ kgf/cm}^2 < 128.6 \text{ kgf/cm}^2$