

# CANTAREIRA ENERGIA

## LINHA DE TRANSMISSÃO 500 kV CIRCUITO DUPLO

### ESTREITO / FERNÃO DIAS

### TORRE TIPO CEL

### PROGRAMA DE TESTES

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-T1001		0A	1/16

## ÍNDICE

1 OBJETIVO	Pág.	3		
2 FORMAÇÃO DA ESTRUTURA A SER ENSAIADA	Pág.	3		
3 HIPÓTESES DE CARGA	Pág.	3		
4 SEQUÊNCIA DE APLICAÇÃO DAS HIPÓTESES DE CARGA	Pág.	3		
5 ETAPAS DE CARREGAMENTO	Pág.	4		
6 MEDIÇÃO DE DEFLEXÕES	Pág.	4		
7 MEDIÇÃO DE CARGAS	Pág.	4		
8 CALIBRAÇÃO DOS DINAMÔMETROS ELETRÔNICOS	Pág.	4		
9 AMOSTRAS PARA ENSAIO MECÂNICO	Pág.	4		
10 INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES	Pág.	4	a	5
11 CARGAS NA ESTRUTURA	Pág.	6	a	14
12 CARGAS MÁXIMAS SOBRE FUNDAÇÃO DO MASTRO	Pág.	15		
13 CARGAS PREVISTAS NOS ESTAIS	Pág.	16		

## 1 OBJETIVO

Este programa de testes tem por objetivo traçar diretrizes para o ensaio de carregamento de protótipo da torre tipo CEL, tendo como referência os seguintes documentos:

- Cálculo Estrutural ENGETOWER n° 36.80-C1001;
- Desenho de Silhueta ENGETOWER n° 36.80-D1000.

## 2 FORMAÇÃO DA ESTRUTURA A SER ENSAIADA

A torre tipo CEL a ser ensaiada terá altura total de 67.4m (correspondente à altura nominal de 49.5m), peso total de aproximadamente 18000 kgf e deverá ser instalada sobre base rígida, sendo constituída pelos seguintes componentes:

- Cabeça;
- Parte Superior Comum;
- Parte Inferior Comum;
- 2 Extensões 7.5m.

## 3 HIPÓTESES DE CARGA

Serão testadas as seguintes hipóteses de carga no ensaio de carregamento do protótipo:

HIPÓTESE	DESCRIÇÃO
1	Vento máximo transversal, cabos intactos
1X	Vento máximo transversal acima da mísula dos estais, vento transversal reduzido abaixo da mísula dos estais, cabos intactos
4Ds	Fase superior rompida, apenas o circuito da direita montado, sem vento
4Dm	Fase inferior externa rompida, apenas o circuito da direita montado, sem vento
5D	Pára-raios direito rompido, apenas circuito da direita montado, sem vento
6D	Construção/Manutenção, apenas circuito da direita montado, sem vento
8D	Vento de alta intensidade longitudinal, apenas o circuito da direita montado, cabos intactos
11D	Grampeamento, apenas circuito da direita montado, sem vento (ver ponto 5 do item 10)

## 4 SEQUÊNCIA DE APLICAÇÃO DAS HIPÓTESES DE CARGA

Deverá ser adotada a seguinte sequência de aplicação das hipóteses de carga para realização do ensaio:

TESTE N° 1 - HIPÓTESE 11D	TESTE N° 5 - HIPÓTESE 4Dm
TESTE N° 2 - HIPÓTESE 6D	TESTE N° 6 - HIPÓTESE 8D
TESTE N° 3 - HIPÓTESE 5D	TESTE N° 7 - HIPÓTESE 1
TESTE N° 4 - HIPÓTESE 4Ds	TESTE N° 8 - HIPÓTESE 1X

## 5 ETAPAS DE CARREGAMENTO

A estrutura deverá ser submetida a 5 (cinco) etapas de carregamento para cada hipótese selecionada, correspondentes a 50%, 75%, 90%, 95% e 100% das cargas máximas.

Para as etapas de 50%, 75%, 90% e 95% do carregamento, as cargas deverão ser mantidas durante um período mínimo de 1 (um) minuto, ou pelo período necessário para a leitura das cargas e deflexões. Para a etapa de 100% do carregamento, as cargas deverão ser mantidas por um período mínimo de 5 (cinco) minutos.

## 6 MEDIÇÃO DE DEFLEXÕES

As deflexões transversais e longitudinas da torre deverão ser medidas no topo da estrutura, ao nível da fixação dos estais na estrutura e no ponto médio do mastro. Além dessas, deverão também ser medidas as deflexões longitudinais nas pontas das mísulas (pontos 1a, 1b, 4a e 4d no esquema do item 11). As medições deverão ser feitas antes, durante e depois da aplicação dos incrementos de carga e após o descarregamento da estrutura, utilizando-se aparelhos óticos adequados.

Antes do início do ensaio deverá ser realizada uma inspeção de pré-montagem, para verificação da verticalidade da estrutura e determinação da deflexão residual de montagem.

## 7 MEDIÇÃO DE CARGAS

As cargas deverão ser medidas através de dinamômetros eletrônicos (load cells), previamente calibrados e instalados nos pontos de conexão dos cabos com a estrutura. A leitura dessas cargas será feita através de indicadores eletrônicos localizados na cabine de controle.

Deverá ser feito o monitoramento dos esforços em todos os estais.

## 8 CALIBRAÇÃO DOS DINAMÔMETROS ELETRÔNICOS

A calibração dos dinamômetros eletrônicos deverá ser realizada antes do início dos testes através de procedimento específico e baseada em padrão rastreável. Evidências de rastreabilidade e calibração do padrão devem ser apresentadas. Registros de calibração devem ser realizados e avaliados antes do teste considerando eventual necessidade de ajuste ou substituição de equipamento de medição.

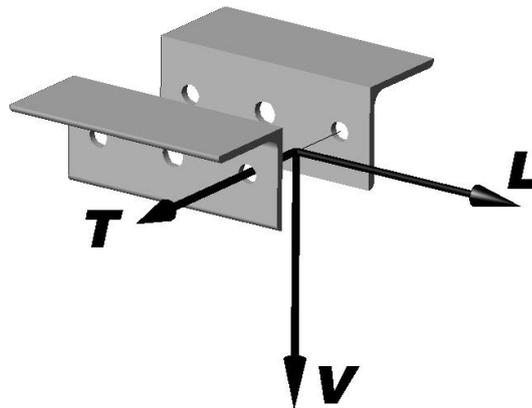
## 9 AMOSTRAS PARA ENSAIO MECÂNICO

Após a conclusão do ensaio e de sua aprovação deverão ser selecionadas 8 (oito) barras da estrutura, preferencialmente com esbeltez efetiva inferior a  $C_c$ , conforme definido na norma ASCE 10-97. Corpos de prova de cada uma dessas barras serão submetidos a ensaios mecânicos para análise das tensões de escoamento e de ruptura.

## 10 INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

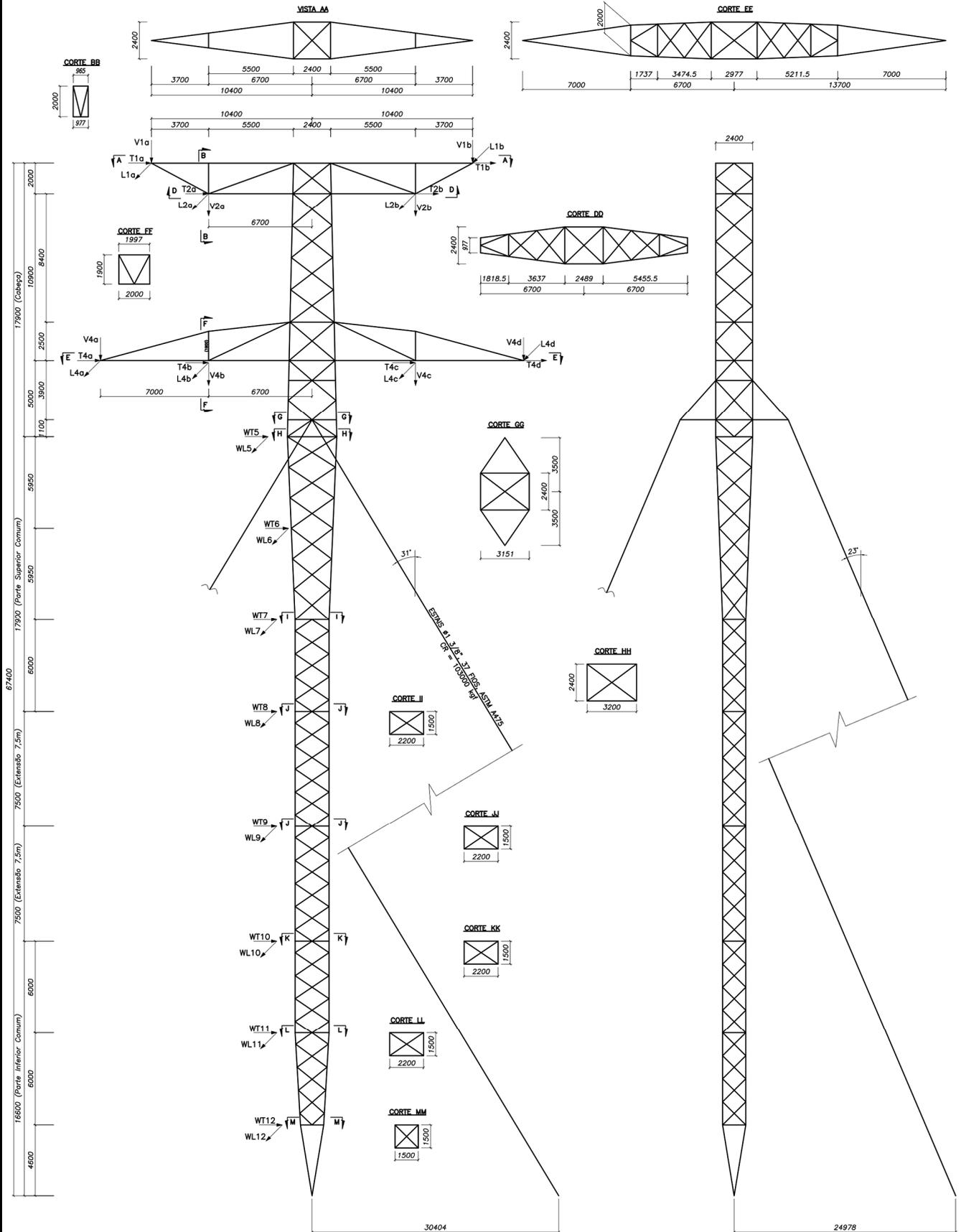
- Os elementos de fixação das cadeias às estruturas, utilizados no ensaio de carga, deverão ser idênticos aos que serão efetivamente fornecidos com as estruturas e as cargas devidas aos cabos deverão ser aplicadas nesses elementos.
- Os estais e acessórios para sua fixação à estrutura deverão ser idênticos aos que serão efetivamente fornecidos com as estruturas.
- Os estais deverão ser instalados com uma carga de pré-tensão igual a  $(12360 \pm 1200)$  kgf, equivalente a aproximadamente 12% de sua carga mínima de ruptura.

- A torre do teste deverá ser galvanizada.
- Na hipótese G, as cargas referentes a cada uma das fases deverão ser aplicadas em 2 dos 4 furos auxiliares para montagem/manutenção localizados nas respectivas peças de ataque, conforme esquema abaixo:



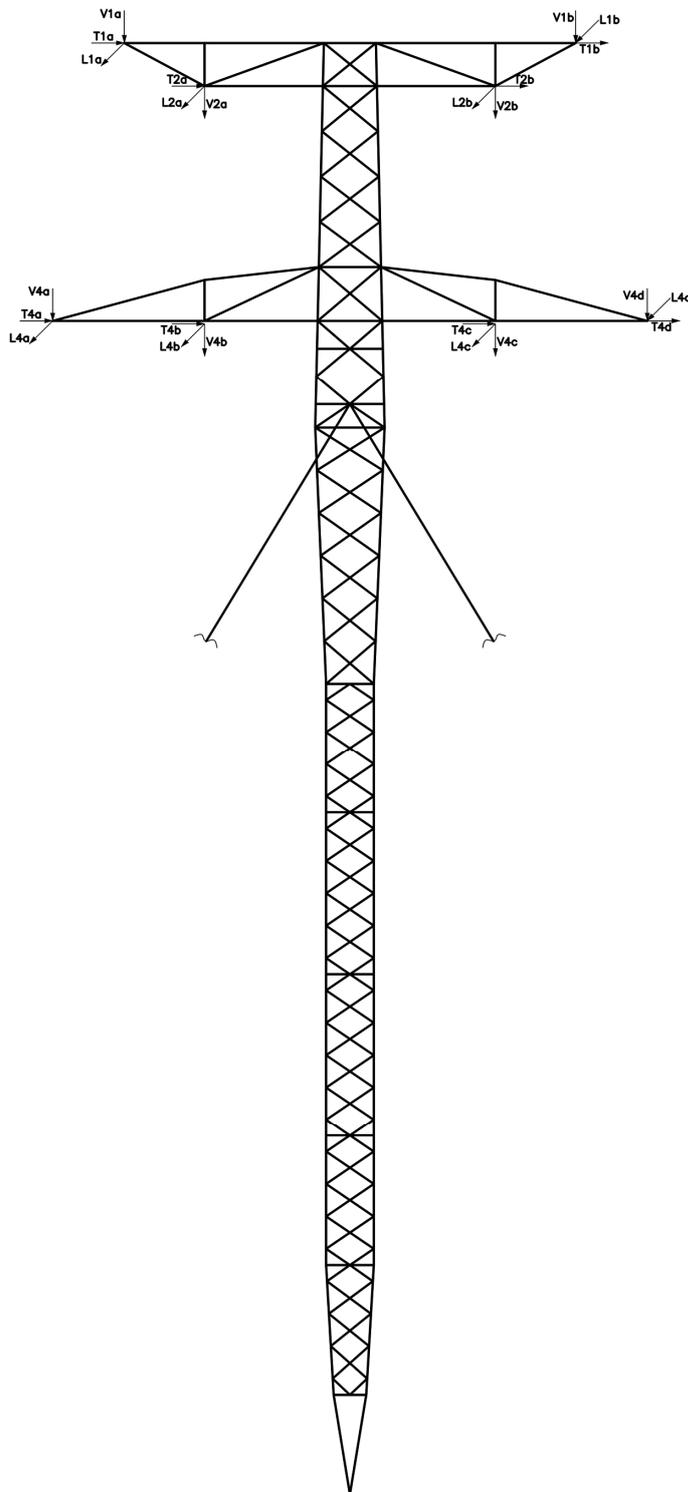
# 11 CARGAS NA ESTRUTURA

Os testes de carga serão realizados conforme esquema de aplicação de cargas indicado no desenho abaixo:



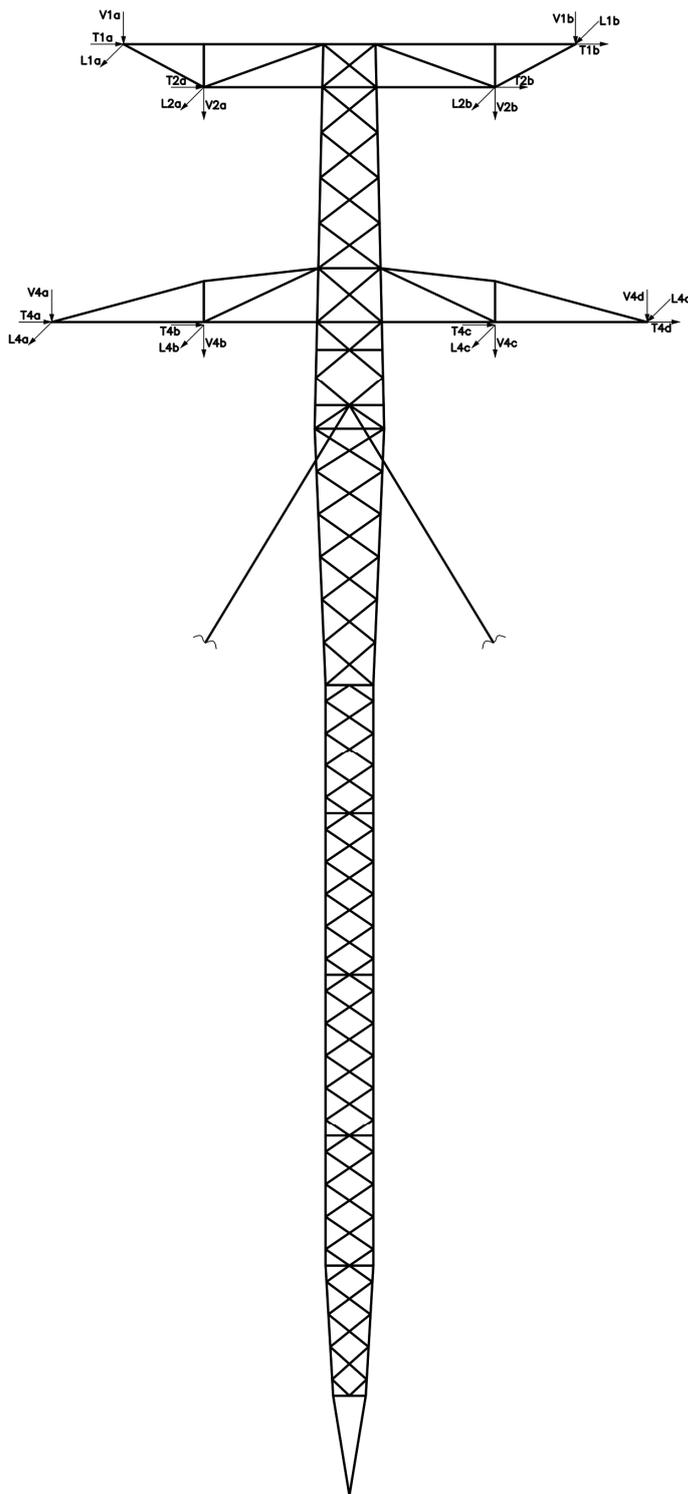
## 11.1 CARGAS TOTAIS POR HIPÓTESE

### 11.1.1 TESTE N° 1 - HIPÓTESE 11D



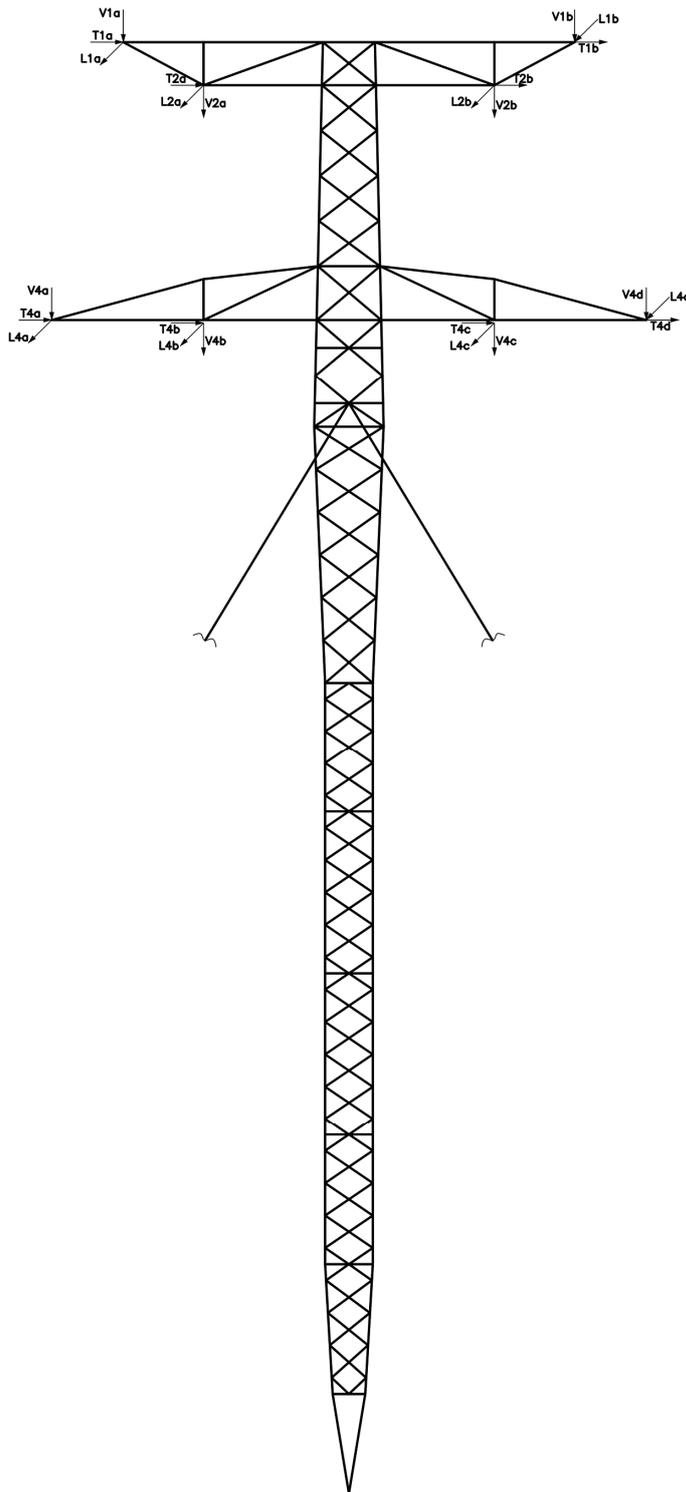
HIPÓTESE 11D - Cargas (kgf)			
Ponto	Cabos e Ferragens	Vento na estrutura	Total a ser aplicado
Cargas Verticais			
V1a	-	-	-
V1b	1502	-	1502
V2a	-	-	-
V2b	7157	-	7157
V4a	-	-	-
V4b	-	-	-
V4c	7157	-	7157
V4d	7157	-	7157
Cargas Transversais			
T1a	-	-	-
T1b	111	-	111
T2a	-	-	-
T2b	557	-	557
T4a	-	-	-
T4b	-	-	-
T4c	557	-	557
T4d	557	-	557
Cargas Longitudinais			
L1a	-	-	-
L1b	403	-	403
L2a	-	-	-
L2b	1918	-	1918
L4a	-	-	-
L4b	-	-	-
L4c	1918	-	1918
L4d	1918	-	1918

### 11.1.2 TESTE N° 2 - HIPÓTESE 6D



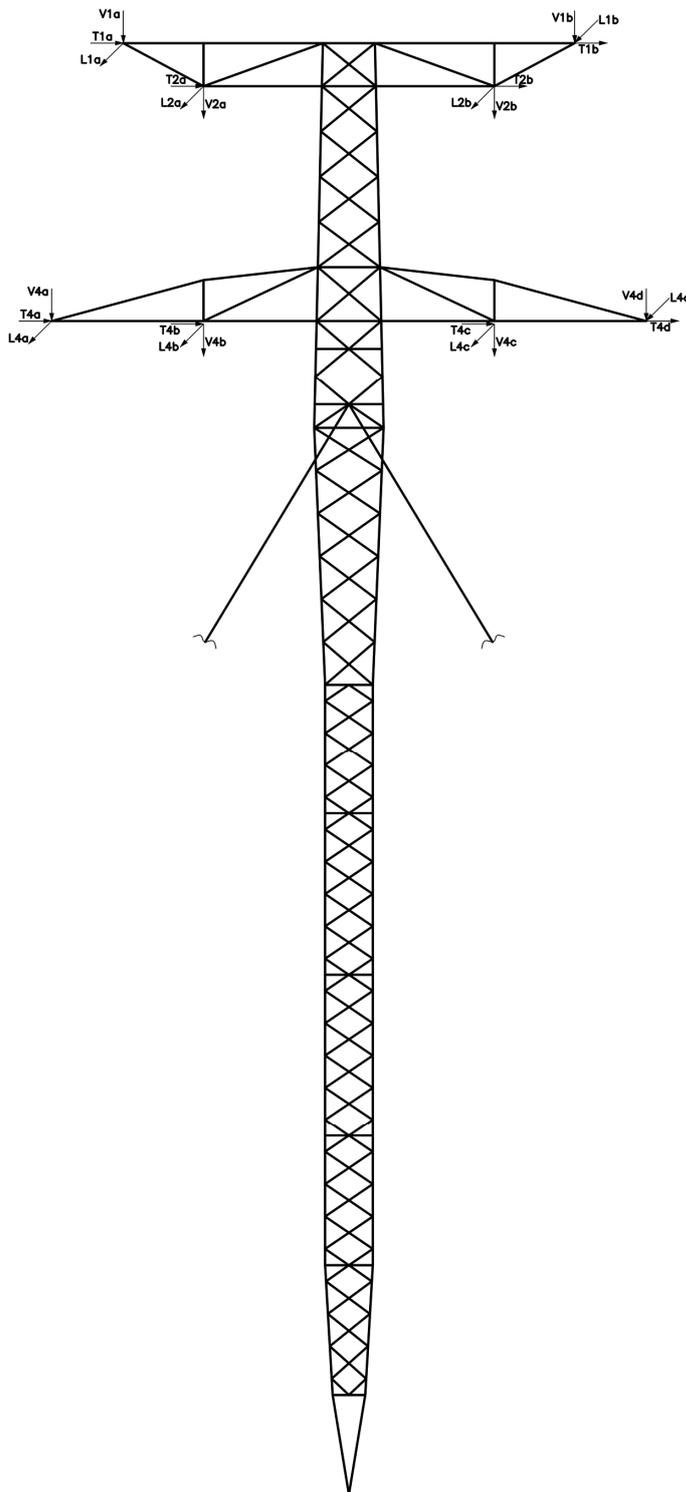
HIPÓTESE 6D - Cargas (kgf)			
Ponto	Cabos e Ferragens	Vento na estrutura	Total a ser aplicado
Cargas Verticais			
V1a	-	-	-
V1b	1932	-	1932
V2a	-	-	-
V2b	10130	-	10130
V4a	-	-	-
V4b	-	-	-
V4c	10130	-	10130
V4d	10130	-	10130
Cargas Transversais			
T1a	-	-	-
T1b	111	-	111
T2a	-	-	-
T2b	557	-	557
T4a	-	-	-
T4b	-	-	-
T4c	557	-	557
T4d	557	-	557
Cargas Longitudinais			
L1a	-	-	-
L1b	191	-	191
L2a	-	-	-
L2b	963	-	963
L4a	-	-	-
L4b	-	-	-
L4c	963	-	963
L4d	963	-	963

### 11.1.3 TESTE N° 3 - HIPÓTESE 5D



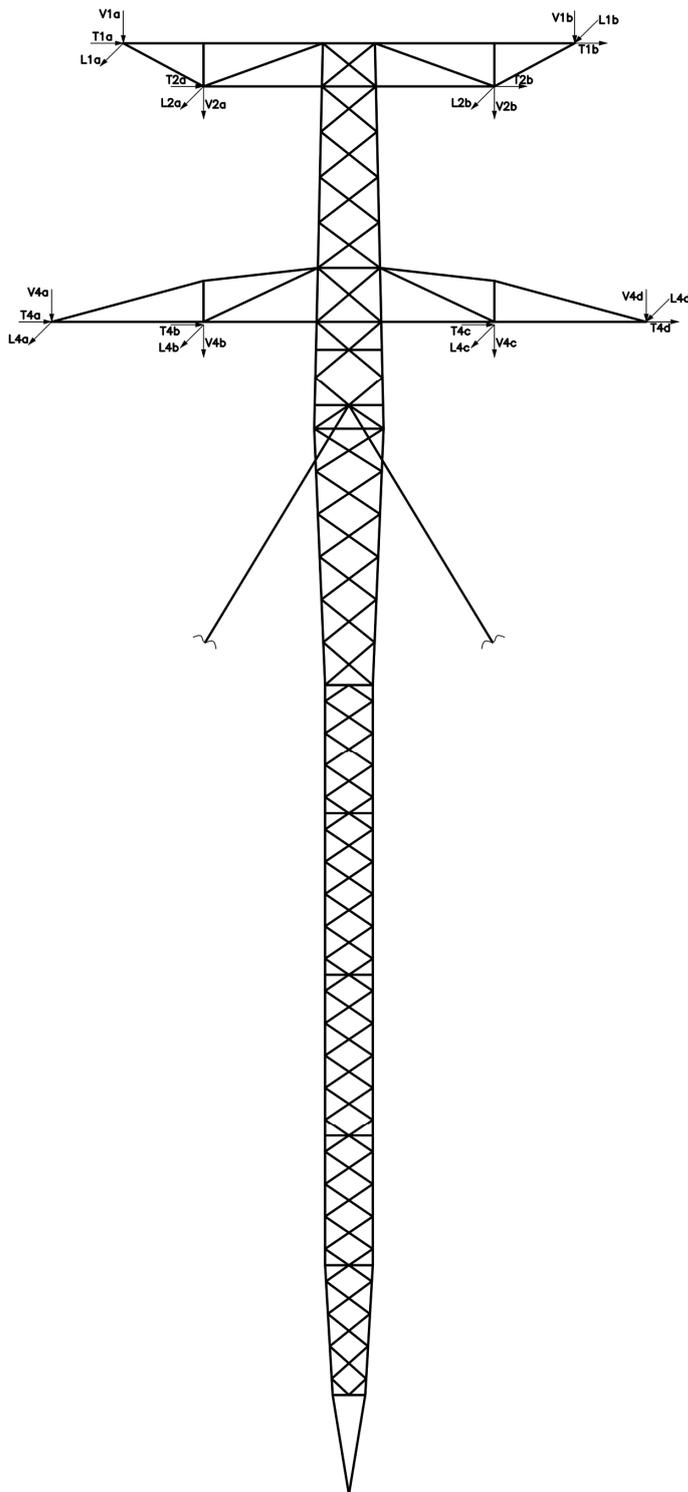
HIPÓTESE 5D - Cargas (kgf)			
Ponto	Cabos e Ferragens	Vento na estrutura	Total a ser aplicado
Cargas Verticais			
V1a	-	-	-
V1b	651	-	651
V2a	-	-	-
V2b	5027	-	5027
V4a	-	-	-
V4b	-	-	-
V4c	5027	-	5027
V4d	5027	-	5027
Cargas Transversais			
T1a	-	-	-
T1b	29	-	29
T2a	-	-	-
T2b	297	-	297
T4a	-	-	-
T4b	-	-	-
T4c	297	-	297
T4d	297	-	297
Cargas Longitudinais			
L1a	-	-	-
L1b	2111	-	2111
L2a	-	-	-
L2b	-	-	-
L4a	-	-	-
L4b	-	-	-
L4c	-	-	-
L4d	-	-	-

### 11.1.4 TESTE N° 4 - HIPÓTESE 4Ds



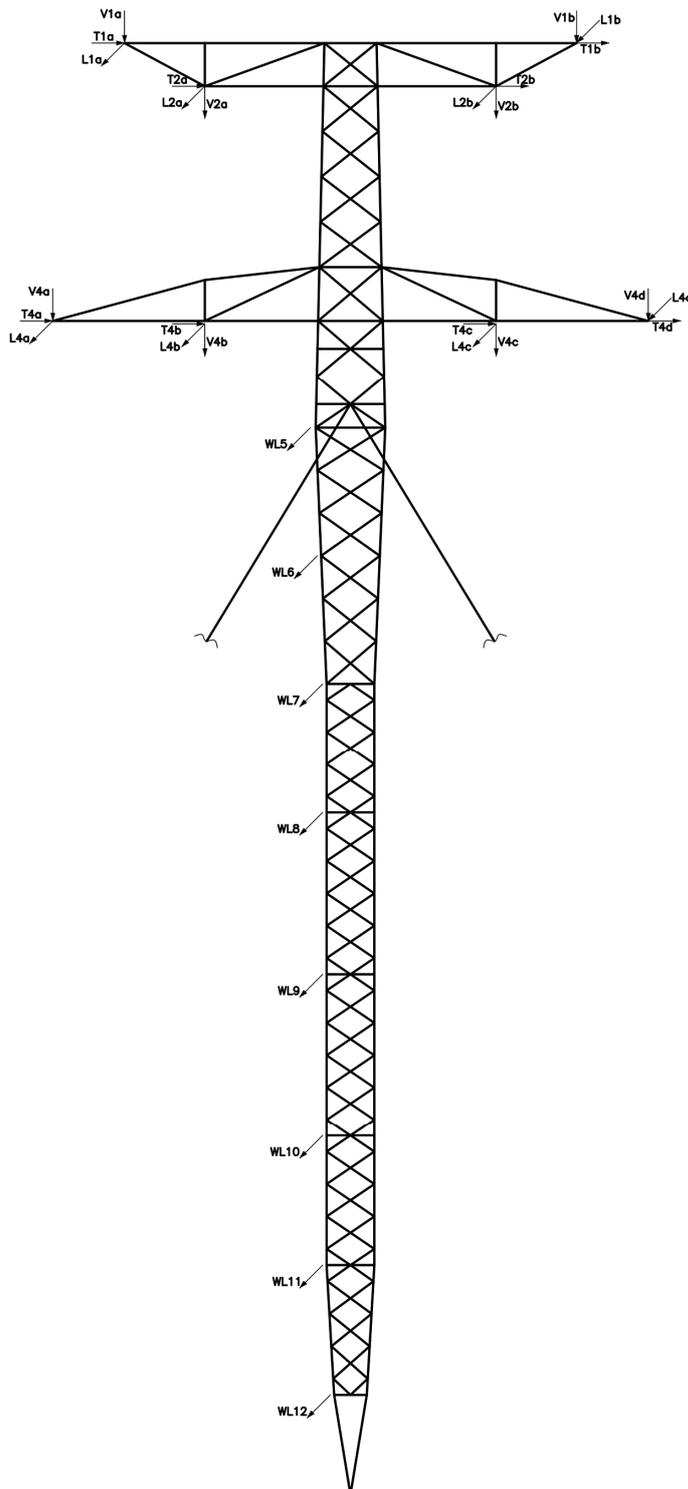
HIPÓTESE 4Ds - Cargas (kgf)			
Ponto	Cabos e Ferragens	Vento na estrutura	Total a ser aplicado
Cargas Verticais			
V1a	-	-	-
V1b	928	-	928
V2a	-	-	-
V2b	3581	-	3581
V4a	-	-	-
V4b	-	-	-
V4c	5027	-	5027
V4d	5027	-	5027
Cargas Transversais			
T1a	-	-	-
T1b	59	-	59
T2a	-	-	-
T2b	149	-	149
T4a	-	-	-
T4b	-	-	-
T4c	297	-	297
T4d	297	-	297
Cargas Longitudinais			
L1a	-	-	-
L1b	-	-	-
L2a	-	-	-
L2b	5958	-	5958
L4a	-	-	-
L4b	-	-	-
L4c	-	-	-
L4d	-	-	-

### 11.1.5 TESTE N° 5 - HIPÓTESE 4Dm



HIPÓTESE 4Dm - Cargas (kgf)			
Ponto	Cabos e Ferragens	Vento na estrutura	Total a ser aplicado
Cargas Verticais			
V1a	-	-	-
V1b	928	-	928
V2a	-	-	-
V2b	5027	-	5027
V4a	-	-	-
V4b	-	-	-
V4c	5027	-	5027
V4d	3581	-	3581
Cargas Transversais			
T1a	-	-	-
T1b	59	-	59
T2a	-	-	-
T2b	297	-	297
T4a	-	-	-
T4b	-	-	-
T4c	297	-	297
T4d	149	-	149
Cargas Longitudinais			
L1a	-	-	-
L1b	-	-	-
L2a	-	-	-
L2b	-	-	-
L4a	-	-	-
L4b	-	-	-
L4c	-	-	-
L4d	5958	-	5958

### 11.1.6 TESTE N° 6 - HIPÓTESE 8D



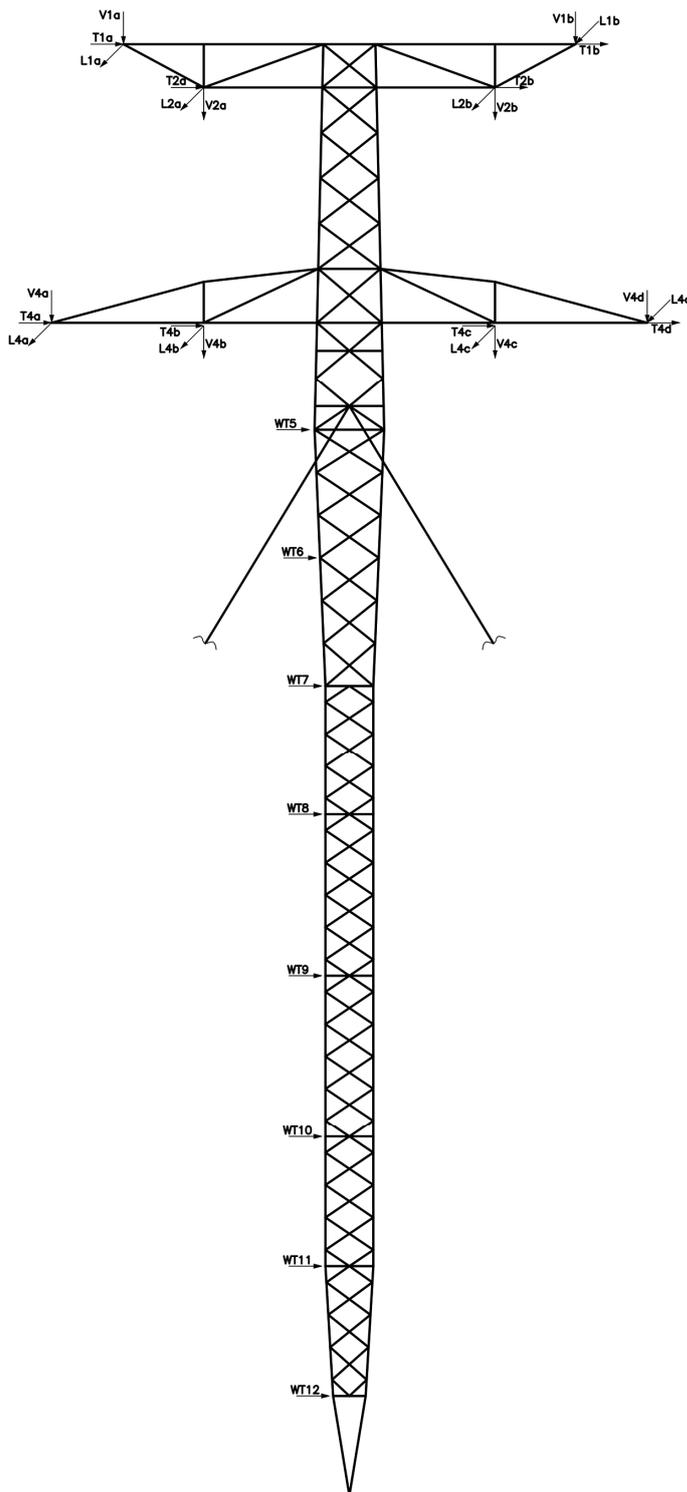
HIPÓTESE 8D - Cargas (kgf)

Ponto	Cabos e Ferragens	Vento na estrutura	Total a ser aplicado
Cargas Verticais			
V1a	-	-	-
V1b	928	-	928
V2a	-	-	-
V2b	5027	-	5027
V4a	-	-	-
V4b	-	-	-
V4c	5027	-	5027
V4d	5027	-	5027
Cargas Transversais			
T1a	-	-	-
T1b	73	-	73
T2a	-	-	-
T2b	383	-	383
T4a	-	-	-
T4b	-	-	-
T4c	383	-	383
T4d	383	-	383
Cargas Longitudinais			
L1a	-	1278/2	639
L1b	-	1278/2	639
L2a	-	1995/2+289	1287
L2b	160	1995/2+289	1447
L4a	-	2734/4+486+25	1195
L4b	-	2734/4+486+25	1195
L4c	160	2734/4+486+25	1355
L4d	160	2734/4+486+25	1355
WL5	-	1588+349	1937
WL6	-	1263	1263
WL7	-	1170	1170
WL8	-	1215	1215
WL9	-	1300	1300
WL10	-	1174	1174
WL11	-	979	979
WL12	-	639	639

Notas:

- As cargas de vento na estrutura dos níveis 1, 2 e 4 foram divididas igualmente entre os pontos L1a e L1b (nível 1), L2a e L2b (nível 2) e L4a, L4b, L4c e L4d (nível 4), respectivamente.
- A carga de vento na estrutura do nível 3 foi dividida proporcionalmente entre os pontos L2a e L2b (nível 2) e L4a, L4b, L4c e L4d (nível 4).
- A carga de vento na ponta superior dos estais foi dividida proporcionalmente entre os pontos L4a, L4b, L4c e L4d (nível 4) e WL5 (nível 5).

### 11.1.7 TESTE N° 7 - HIPÓTESE 1



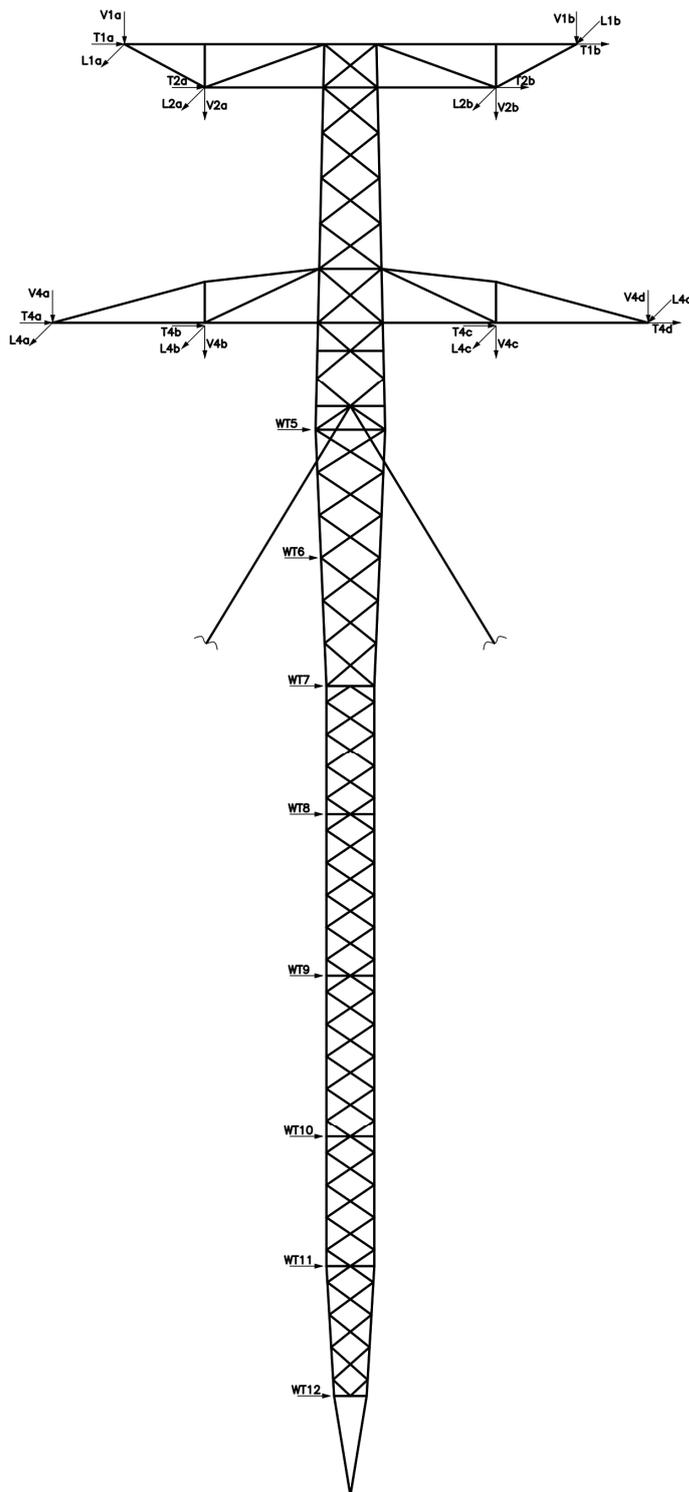
HIPÓTESE 1 - Cargas (kgf)

Ponto	Cabos e Ferragens	Vento na estrutura	Total a ser aplicado
Cargas Verticais			
V1a	928	-	928
V1b	928	-	928
V2a	5027	-	5027
V2b	5027	-	5027
V4a	5027	-	5027
V4b	5027	-	5027
V4c	5027	-	5027
V4d	5027	-	5027
Cargas Transversais			
T1a	1190	554/2	1467
T1b	1190	554/2	1467
T2a	7396	1293/2+163	8206
T2b	7396	1293/2+163	8206
T4a	7396	1508/4+274+24	8071
T4b	7396	1508/4+274+24	8071
T4c	7396	1508/4+274+24	8071
T4d	7396	1508/4+274+24	8071
WT5	-	1378+343	1721
WT6	-	1041	1041
WT7	-	927	927
WT8	-	926	926
WT9	-	951	951
WT10	-	820	820
WT11	-	687	687
WT12	-	468	468
Cargas Longitudinais			
L1a	-	-	-
L1b	-	-	-
L2a	-	-	-
L2b	-	-	-
L4a	-	-	-
L4b	-	-	-
L4c	-	-	-
L4d	-	-	-

Notas:

- As cargas de vento na estrutura dos níveis 1, 2 e 4 foram divididas igualmente entre os pontos T1a e T1b (nível 1), T2a e T2b (nível 2) e T4a, T4b, T4c e T4d (nível 4), respectivamente.
- A carga de vento na estrutura do nível 3 foi dividida proporcionalmente entre os pontos T2a e T2b (nível 2) e T4a, T4b, T4c e T4d (nível 4).
- A carga de vento na ponta superior dos estais foi dividida proporcionalmente entre os pontos T4a, T4b, T4c e T4d (nível 4) e WT5 (nível 5).

### 11.1.8 TESTE N° 8 - HIPÓTESE 1X



HIPÓTESE 1X - Cargas (kgf)

Ponto	Cabos e Ferragens	Vento na estrutura	Total a ser aplicado
Cargas Verticais			
V1a	928	-	928
V1b	928	-	928
V2a	5027	-	5027
V2b	5027	-	5027
V4a	5027	-	5027
V4b	5027	-	5027
V4c	5027	-	5027
V4d	5027	-	5027
Cargas Transversais			
T1a	1190	554/2	1467
T1b	1190	554/2	1467
T2a	7396	1293/2+163	8206
T2b	7396	1293/2+163	8206
T4a	7396	1508/4+274+9	8056
T4b	7396	1508/4+274+9	8056
T4c	7396	1508/4+274+9	8056
T4d	7396	1508/4+274+9	8056
WT5	-	496+124	620
WT6	-	375	375
WT7	-	334	334
WT8	-	333	333
WT9	-	342	342
WT10	-	295	295
WT11	-	247	247
WT12	-	168	168
Cargas Longitudinais			
L1a	-	-	-
L1b	-	-	-
L2a	-	-	-
L2b	-	-	-
L4a	-	-	-
L4b	-	-	-
L4c	-	-	-
L4d	-	-	-

Notas:

- a) As cargas de vento na estrutura dos níveis 1, 2 e 4 foram divididas igualmente entre os pontos T1a e T1b (nível 1), T2a e T2b (nível 2) e T4a, T4b, T4c e T4d (nível 4), respectivamente.
- b) A carga de vento na estrutura do nível 3 foi dividida proporcionalmente entre os pontos T2a e T2b (nível 2) e T4a, T4b, T4c e T4d (nível 4).
- c) A carga de vento na ponta superior dos estais foi dividida proporcionalmente entre os pontos T4a, T4b, T4c e T4d (nível 4) e WT5 (nível 5).

## 12 CARGAS MÁXIMAS SOBRE FUNDAÇÃO DO MASTRO

-1-

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

### CARGAS SOBRE FUNDACAO

RESUMO DAS CARGAS ULTIMAS MAXIMAS SOBRE FUNDACOES - SISTEMA RETANGULAR

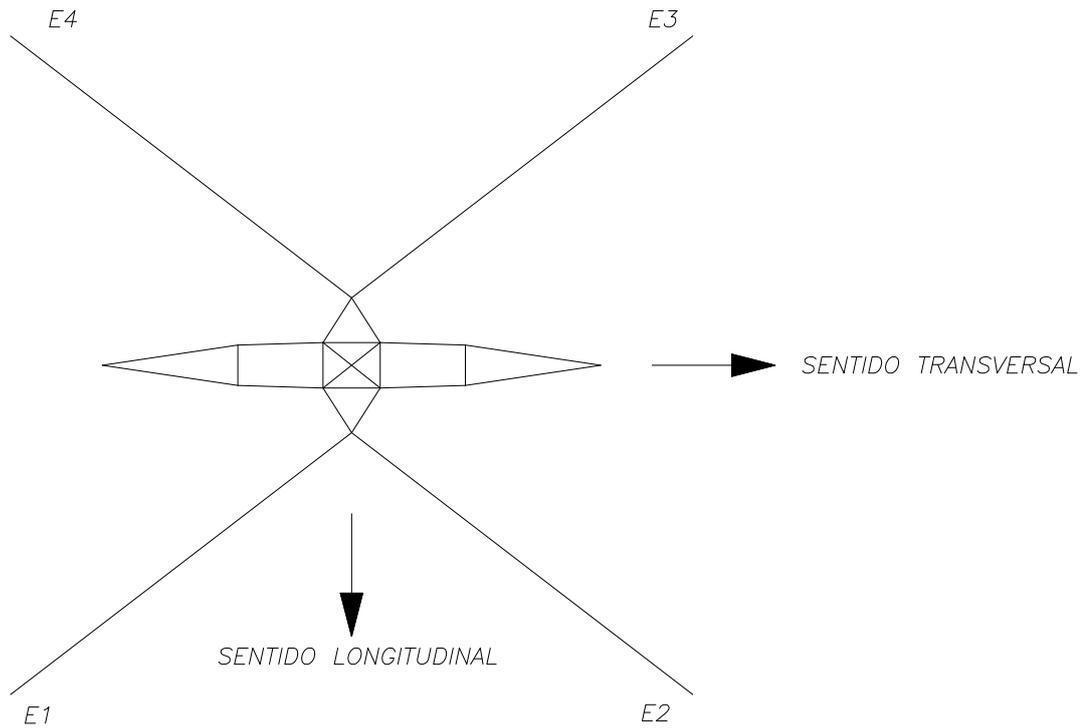
NOTAS :

- 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 =	-8233	V =	-162771	L =	0
Hip.= 1X	T =	-9857	V =	-157522	L =	0
Hip.= 8D	T =	-3159	V =	-76277	L =	4315
Hip.= 6D	T =	-6310	V =	-96779	L =	-152
Hip.= 11D	T =	-4581	V =	-88599	L =	-243
Hip.= 4Dm	T =	-2697	V =	-80620	L =	143

### 13 CARGAS PREVISTAS NOS ESTAIS



ESTAI \ HIPÓTESE	E1	E2	E3	E4
11D	2249	11789	5009	27599
6D	9060	8834	5433	21844
5D	8993	11231	8541	18908
4Ds	3183	10930	9255	24542
4Dm	0	19316	4774	31268
8D	2935	0	19580	25648
1	68271	0	0	68271
1X	64964	0	0	64964