



<i>Rev.</i>	<i>Data</i>	<i>Descrição</i>	<i>Por</i>	<i>Aprovação</i>
0B	24/09/2013	Conforme comentários	MF	SA
0A	03/05/2013	Emissão Inicial	MF	SA

 TRIÂNGULO MINEIRO TRANSMISSORA	<i>Nome da Obra</i>
	LT 500kV MARIMBONDO - ASSIS
 TACTA WINCOMISA <small>Indústria Construções e Montagens Inpelec S.A.</small>	<i>Título do Documento</i>
	MEMORIAL DO PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL
<i>Projeto</i>	MARCOS F. 24/09/2013
<i>Aprovação</i>	SÉRGIO A. 24/09/2013
<i>Responsável</i>	SÉRGIO A. 24/09/2013
<i>Nº</i>	311-005-ES-4-B
<i>Rev</i>	0B
<i>Folha</i>	1/38
<i>Sit.Proj.</i>	Básico
<i>Clas.Proj.</i>	Eletromecânico




SUMÁRIO

1. CONFIGURAÇÃO ESTRUTURAL ADOTADA	3
2. DEFINIÇÃO DA SÉRIE DE ESTRUTURAS	4
3. HIPÓTESES DE CARREGAMENTO	6
3.1. CRITÉRIOS ADOTADOS	6
3.2. PARÂMETROS BÁSICOS	7
3.2.1. Cabo condutor	7
3.2.2. Cabo para-raios	7
3.2.3. Ação do vento nos cabos condutores	8
3.2.4. Ação do vento nos cabos para-raios	9
3.2.5. Ação do vento nas cadeias de isoladores	10
3.2.6. Ação do vento na estrutura	11
3.2.7. Cargas verticais para montagem e manutenção	13
3.2.8. Pesos complementares	13
3.2.9. Fatores de sobrecarga	13
3.3. Torre Tipo G22	14
3.3.1. Aplicação	14
3.3.2. Hipóteses de carregamento	14
3.4. Torre Tipo A25	22
3.4.1. Aplicação	22
3.4.2. Hipóteses de carregamento	22
3.5. Torre Tipo D26	26
3.5.1. Aplicação	26
3.5.2. Hipóteses de carregamento	26
3.6. Torre Tipo E26	30
3.6.1. Aplicação	30
3.6.2. Hipóteses de carregamento	30

1. CONFIGURAÇÃO ESTRUTURAL ADOTADA

As estruturas serão projetadas para circuito simples em 500kV, disposição triangular, com dois cabos para-raios. Cada fase será composta por quatro condutores tipo CAA 954kcmil Rail e o para-raios para projeto da torre será o cabo tipo CAA-EF 176,9kcmil Dotterel.

A estrutura de suspensão predominante será do tipo estaiada G51. Estão previstas também outras estruturas, sendo duas autoportantes de suspensão (A52) e (A53) e duas autoportantes de ancoragem, uma para ângulos médios (D52) e uma para ângulos grandes e terminal (D53). As torres de suspensão utilizarão arranjo de cadeias de isoladores tipo "I". As torres de ancoragem terão, também, disposição triangular.

	LT 500kV MARIMBONDO - ASSIS	 	FOLHA: 3/38	REVISÃO: 0B
MEMORIAL DO PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL		311-005-ES-4-B		

2. DEFINIÇÃO DA SÉRIE DE ESTRUTURAS




Os valores de vão de vento, vão de peso, altura da estrutura e ângulo de deflexão máxima das torres da linha foram definidos a partir de uma análise preliminar do traçado e de uma observação do perfil obtido através de restituição de fotos de satélite.

A otimização dos parâmetros das torres foi governada pelos seguintes critérios:

- *os tipos que compõem a série devem atender a todas as situações de carregamentos possíveis de serem encontradas ao longo da linha;*
- *cada tipo deve ter suas características selecionadas de modo que possa ser utilizado sempre próximo de sua capacidade máxima de carga.*

A série de estruturas será composta pelas seguintes estruturas:

- **G51** – *monomastro estaiada de suspensão em alinhamento ou ângulos até 1°*
- **G52** – *monomastro estaiada reforçada de suspensão em alinhamento ou ângulos até 1°*
- **A52** – *suspensão autoportante leve em alinhamento e ângulos até 3°*
- **A52** – *suspensão autoportante pesada em alinhamento e ângulos até 6°*
- **D52** – *ancoragem para ângulos até 25°*
- **E52** - *ancoragem para ângulos até 50° e terminal*

	LT 500kV MARIMBONDO - ASSIS	 	FOLHA: 4/38	REVISÃO: 0B
MEMORIAL DO PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL		311-005-ES-4-B		

A tabela a seguir relaciona todos os tipos de torres com suas características básicas.

TIPO	VÃO MÉDIO (m) / ÂNGULO	VÃO GRAVANTE (m)	ALTURA ÚTIL (m)
G51	510 / 0°	650	23,0 a 32,0
G52	560 / 0°	800	32,0 a 42,5
A52	650 / 0°	800	23,0 a 44,0
A53	800 / 0°	1000	29,0 a 62,0
D52	450 / 25°	1200 / -250	18,0 a 39,0
E52	450 / 50°	1200 / -500	18,0 a 39,0
	450 / 0° + T	1200 / -500	

Valores sem deflexão

3. HIPÓTESES DE CARREGAMENTO

3.1. CRITÉRIOS ADOTADOS




A ação do vento sobre os cabos, isoladores e estruturas foi determinada segundo a norma IEC 60826 3ª edição - 2003. As hipóteses adotadas para o cálculo das estruturas foram as seguintes:

- Vento Máximo Transversal, cabos intactos (Hipótese 1)
- Vento Máximo a 45°, cabos intactos (Hipótese 2)
- Longitudinal em um cabo para-raios (Ruptura de 1 Para-raios) (Hipóteses 3 e 4)
- Longitudinal em uma fase (Ruptura de 1 Condutor) (Hipóteses 5, 6 e 7)
- Construção e Manutenção (Hipótese 8)
- Vento de tormenta elétrica atuando apenas nas estruturas nas direções transversais e longitudinais da linha (Hipótese 9)
- Fim de linha apenas para estrutura tipo E52 (Hipótese 10)

Para as hipóteses de vento máximo foram consideradas cargas verticais máximas e reduzidas.

O vento na estrutura deverá ser calculado em função da altura de cada painel e de sua área efetiva, aplicando o fator combinado e o coeficiente de arrasto conforme a norma IEC 60826.

O efeito anti-cascata não está sendo explicitado nas hipóteses de cálculo, porém está sendo considerado no dimensionamento das estruturas estaiadas G51 e G52, grande maioria das torres. Nesta hipótese a torre deverá suportar uma carga residual de 50% da tração de EDS em cada fase.

	LT 500kV MARIMBONDO - ASSIS	 	FOLHA: 6/38	REVISÃO: 0B
MEMORIAL DO PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL		311-005-ES-4-B		

3.2. PARÂMETROS BÁSICOS

3.2.1. Cabo condutor

Tipo	CAA 954kcmil Rail
Diâmetro	29,59mm
Peso	1,600kgf/m
Tração com vento máximo à 90°	3.571kgf
Tração EDS Final	2.352kgf
Tração EDS Inicial	2.531kgf

3.2.2. Cabo para-raios

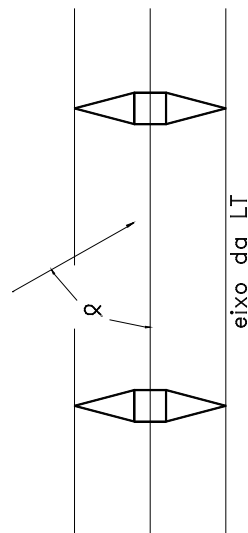
Tipo	CAA-EF 176,9kcmil Dotterel
Diâmetro	15,42mm
Peso	0,657kgf/m
Tração com vento máximo a 90°	1.979kgf
Tração EDS Final	1.073kgf
Tração EDS Inicial	1.107kgf

Tipo	OPGW
Diâmetro	14,40mm
Peso	0,700kgf/m
Tração com vento máximo a 90°	1.939kgf
Tração EDS Final	1.143kgf
Tração EDS Inicial	1.172kgf

Tipo	AÇO 3/8" EAR
Diâmetro	9,15mm
Peso	0,407kgf/m
Tração com vento máximo a 90°	1.188kgf
Tração EDS Final	664kgf
Tração EDS Inicial	664kgf

Para cálculo das cargas nas estruturas foi usado cabo Dotterel nos dois para-raios já que este possui as maiores cargas de vento.

3.2.3. Ação do vento nos cabos condutores



$$A_c = q_0 \cdot C_{xc} \cdot G_c \cdot G_L \cdot d \cdot \frac{L}{2} \cdot \sin^2 \alpha \quad , \quad \text{onde:}$$




q_0 - pressão dinâmica de referência

C_{xc} - coeficiente de arrasto igual a 1,0

G_c - fator de vento combinado, função altura média do cabo Z_c

G_L - fator de vão, função do vão médio da linha

α - ângulo de incidência do vento, variando de 0 a 90°.

	LT 500kV MARIMBONDO - ASSIS	 	FOLHA: 8/38	REVISÃO: 0B
MEMORIAL DO PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL		311-005-ES-4-B		

Do documento 311-002-MD-4-B - Memorial do Projeto Básico pode-se obter a pressão de vento no cabo condutor e o valor é: $p_c = 134,3 \text{ kgf/m}^2$

Portanto:

$$A_c = 134,3 \cdot d \cdot \frac{L}{2} \cdot \text{sen}^2 \alpha \quad (1)$$

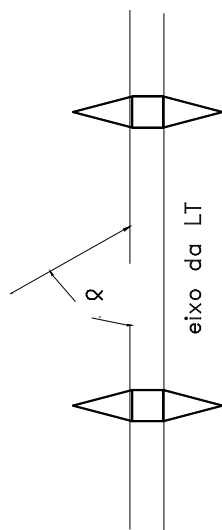
a) Vento na direção perpendicular ao eixo da LT

$$\alpha = 90^\circ$$

Substituindo o valor de α na equação 1 tem-se:

$$A_c = 134,3 \cdot d \cdot \frac{L}{2}$$

3.2.4. Ação do vento nos cabos para-raios



$$A_{cpr} = q_0 \cdot C_{XC} \cdot G_C \cdot d \cdot \frac{L}{2} \cdot \text{sen}^2 \alpha \quad , \text{ onde:}$$




q_0 - pressão dinâmica de referência

C_{XC} - coeficiente de arrasto igual a 1,0

G_C - fator de vento combinado, função da altura média do cabo Z_c

G_L - fator de vão, função do vão médio da linha

α - ângulo de incidência do vento, variando de 0 a 90° .

	LT 500kV MARIMBONDO - ASSIS	 	FOLHA: 9/38	REVISÃO: 0B
MEMORIAL DO PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL		311-005-ES-4-B		

Do documento 311-002-MD-4-B - Memorial do Projeto Básico pode-se obter a pressão de vento no cabo para-raios e o valor é: $p_{cpr} = 151,8 \text{ kgf/m}^2$

Portanto:

$$A_{cpr} = 151,8.d.\frac{L}{2}.\text{sen}^2\alpha \quad (2)$$

a) Vento na direção perpendicular ao eixo da LT

$$\alpha = 90^\circ$$

Substituindo o valor de α na equação 2 tem-se:

$$A_c = 151,8.d.\frac{L}{2}$$

3.2.5. Ação do vento nas cadeias de isoladores

$$A_i = q_0.C_{xi}.G_i.S_i$$

Onde:

q_0 - pressão dinâmica de referência ($70,5 \text{ kgf/m}^2$)

C_{xi} - coeficiente de arrasto igual a 1,2

G_i - fator de vento combinado, função da altura média da cadeia z_i .

S_i - área projetada da cadeia

Do item 5.5 acima, obtém-se:




$$A_i = 70,5 \times 1,20 \times 2,33 \times S_i = 99,6.S_i$$

a) Cadeia simples de suspensão com isolador de 12t

$$A_i = 197,2 \times 25 \times 0,254 \times 0,146 \times 0,6 \cong 110 \text{ kgf}$$

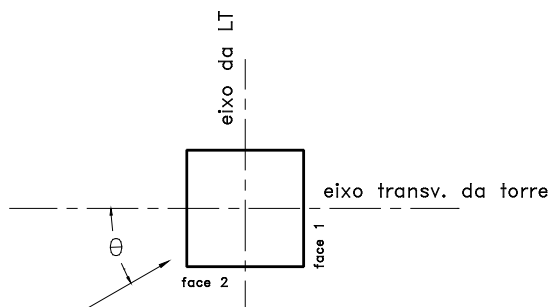
b) Cadeia simples de suspensão com isolador de 16t

$$A_i = 197,2 \times 22 \times 0,280 \times 0,170 \times 0,6 \cong 124 \text{ kgf}$$

	LT 500kV MARIMBONDO - ASSIS			FOLHA: 10/38	REVISÃO: 0B
MEMORIAL DO PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL		311-005-ES-4-B			

Do documento 311-002-MD-4-B - Memorial do Projeto Básico pode-se obter a pressão de vento nas cadeias de isoladores. As dimensões dos isoladores foram retiradas de catálogos de fabricantes.

3.2.6. Ação do vento na estrutura



3.2.6.1. Tormentas frontais EPS

$$At = q_0 \cdot (1 + 0,2\text{sen}^2 2\theta)(S_{T1} \cdot C_{XT1} \cdot \text{cos}^2 \theta + S_{T2} \cdot C_{XT2} \cdot \text{sen}^2 \theta) \times Gt$$

onde:

q_0 - pressão dinâmica (70,5kgf/m²)

θ - ângulo de incidência do vento

S_{T1}, S_{T2} - Área líquida total de uma face projetada sobre plano vertical situado na direção das faces.



C_{XT1}, C_{XT2} - coeficiente de arrasto próprio das faces

Gt - fator de vento combinado (figura 5 do IEC 60826)

O valor de Gt , para terreno categoria B, pode também ser obtido da expressão a seguir obtida da IEC 60826 – 3rd edition: $Gt = -0,0002 \cdot h_2 + 0,0274 \cdot h + 1,6820$

Assim, temos:

$$At = q_0 \cdot (1 + 0,2\text{sen}^2 2\theta) \cdot (S_{T1} \cdot C_{XT1} \cdot \text{cos}^2 \theta + S_{T2} \cdot C_{XT2} \cdot \text{sen}^2 \theta) \cdot (-0,0002 \cdot h_2 + 0,0274 \cdot h + 1,6820) \quad (3)$$

	<p>LT 500kV MARIMBONDO - ASSIS</p>		<p>FOLHA: 11/38</p>	<p>REVISÃO: 0B</p>
<p>MEMORIAL DO PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL</p>		<p>311-005-ES-4-B</p>		

a) Vento na direção perpendicular ao eixo da LT

$$q_0 = 70,5 \text{gf/m}^2$$

$$\theta = 0^\circ$$

Substituindo estes valores na equação 3, tem-se:

$$At = 70,5 \times S_{T1} \times C_{XT1} \times 1,95 \times \left(\frac{H}{10}\right)^{0,15}$$

3.2.6.2. Tormentas elétricas TS

$$At = q_0 \cdot (1 + 0,2\text{sen}^2 2\theta)(S_{T1} \cdot C_{XT1} \cdot \text{cos}^2 \theta + S_{T2} \cdot C_{XT2} \cdot \text{sen}^2 \theta) \quad (4)$$

onde:

q_0 - pressão dinâmica (219,2 kgf/m²)

θ - ângulo de incidência do vento

S_{T1}, S_{T2} - Área líquida total de uma face projetada sobre plano vertical situado na direção das faces.

C_{XT1}, C_{XT2} - coeficiente de arrasto próprio das faces

a) Vento na direção paralela ao eixo transversal da torre

$$q_0 = 219,2 \text{ kgf/m}^2$$

$$\theta = 0^\circ$$

Substituindo estes valores na equação 4, tem-se:




$$At = 219,2 \times S_{T1} \times C_{XT1}$$

d) Vento na direção paralela ao eixo da LT

$$q_0 = 219,2 \text{ kgf/m}^2$$

$$\theta = 90^\circ$$

Substituindo estes valores na equação 4, tem-se:

	LT 500kV MARIMBONDO - ASSIS	 	FOLHA: 12/38	REVISÃO: 0B
MEMORIAL DO PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL		311-005-ES-4-B		

$$At = 219,2 \times S_{T2} \times C_{XT2}$$

3.2.7 Cargas verticais para montagem e manutenção

Para as estruturas de suspensão e ancoragem foi considerado o fator de sobrecarga igual a 2 (dois) da vertical máxima e um desequilíbrio de 10% nas longitudinais (com tração EDS inicial), considerando as devidas transversais no caso das estruturas com ângulo.

3.2.8. Pesos complementares

Cadeia simples de suspensão em I - 200 kgf

Cadeia simples de ancoragem (por cadeia) - 500 kgf




3.2.9. Fatores de sobrecarga

a) Vertical permanente: 1,15

b) Montagem e manutenção: 2,00

3.2.10. Considerações

As alturas médias e vãos foram obtidos do documento 311-002-MD-4-B-0B - Memorial do Projeto Básico.

	LT 500kV MARIMBONDO - ASSIS			FOLHA: 13/38	REVISÃO: 0B
MEMORIAL DO PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL		311-005-ES-4-B			

3.3. Torre Tipo G51

3.3.1. Aplicação

Ângulo (graus)	0
Vão de vento (m)	510
Vão de peso (m)	650/300
Ângulo máximo (graus)	1

3.3.2. Hipóteses de carregamento

TORRE TIPO G51

$\alpha = 0$ (total)	Vv = 510	vd = 0
K1 = 1	Vp = 650	Vp red = 300
K2 = 1	vk1 = 110 (pressão de vento na cadeia)	
K3 = 1,15	Vk = 200 (peso da cadeia)	
K4 = 1,5		

	Condutor	Pára-raios 1	Pára-raios 2
n° de cabos =	4	1	1
diâmetro (cm) =	0,02959	0,01542	0,01542
peso (daN/m) =	1,6	0,657	0,657
pressão de vento máximo =	5866	3456	3456
pressão de vento máximo =	134,3	151,8	151,8
Tensão EDS inicial =	2501	1101	1101
Tensão EDS final =	2353	1073	1073
Pressão de vento a 45° =	67,15	75,9	75,9
Tensão de vento a 45° =	4106	2419	2419

Vento Máximo Transversal	Condutor	T=	k1	n	d	pV1	Vv	+	k2	2	n	T0	sen($\alpha/2$)	+	k1	vk1	=		
			1	4	0,030	134,3	510	1	2	4	5866	0	1	110	=	8217	daN		
		Vred=	k3	n	p	Vp	+	k3	Vk	=									
		1,15	4	1,6	300	1,15	200	=	2438	daN									
	V=	k3	n	p	Vp	+	k3	Vk	=										
		1,15	4	1,6	650	1,15	200	=	5014	daN									
Pára-raios	T=	k1	n	d	pV1	Vv	+	k2	2	n	T0	sen($\alpha/2$)	+	k1	vd	=			
		1	1	0,015	151,8	510	1	2	1	3456	0	1		=	1194	daN			
	Vred=	k3	n	p	Vp	+	k3	Vd	=										
		1,15	1	0,657	300	1,15	0	=	227	daN									
	V=	k3	n	p	Vp	+	k3	Vd	=										
		1,15	1	0,657	650	1,15	0	=	491	daN									

Vento Máximo a 45°	Condutor	T=	k1	n	d	pV1	Vv	+	k2	2	n	T0	sen($\alpha/2$)	+	k1	vk1	=		
			1	4	0,030	67,15	510	1	2	4	4106	0	1	110	=	4163	daN		
		Vred=	k3	n	p	Vp	+	k3	Vk	=									
		1,15	4	1,6	300	1,15	200	=	2438	daN									
	V=	k3	n	p	Vp	+	k3	Vk	=										
		1,15	4	1,6	650	1,15	200	=	5014	daN									
Pára-raios	T=	k1	n	d	pV1	Vv	+	k2	2	n	T0	sen($\alpha/2$)	+	k1	vd	=			
		1	1	0,015	75,9	510	1	2	1	2419	0	1		=	597	daN			
	Vred=	k3	n	p	Vp	+	k3	Vd	=										
		1,15	1	0,657	300	1,15	0	=	227	daN									
	V=	k3	n	p	Vp	+	k3	Vd	=										
		1,15	1	0,657	650	1,15	0	=	491	daN									

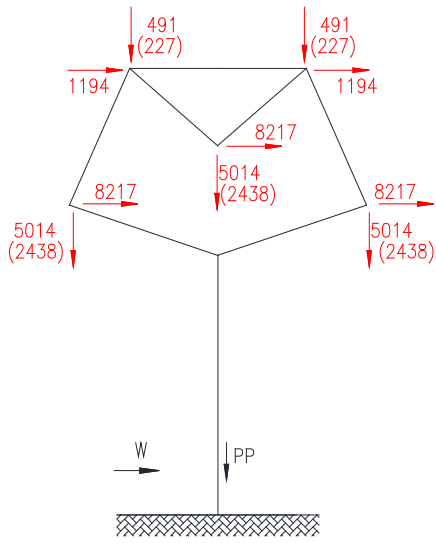
Ruptura do Pára-raios	Condutor	T=	k1	n	d	pv1	Vv	+	k2	2	n	T0	sen(α/2)	+	k1	vk1	=	0	daN
			1	4	0,03	0	510		1	2	4	2353	0		1	0			
		V=	k3	n		p	Vp	+	k3				Vk					=	5014
		1,15	4		1,6	650		1,15				200							
	L=	k2	n		T1								cos(α/2)				=	0	daN
		1	4		2353								0						
	Pára-raios Rompido	T=	k1	n	d	pv1	Vv	+	k2	1	n	T0	sen(α/2)	+	k1	vd	=	0	daN
			1	1	0,015	0	510		1	1	1	1073	0		1				
		V=	k3	n		p	Vp	+	k3				Vk					=	246
	1,15	1		0,657	325		1,15				0								
L=	k2	n		T1								cos(α/2)	K4			=	1610	daN	
	1	1		1073								1	1,5						
Pára-raios Intacto	T=	k1	n	d	pv1	Vv	+	k2	2	n	T0	sen(α/2)	+	k1	vd	=	0	daN	
		1	1	1	0	510		1	2	1	1073	0		1					
	V=	k3	n		p	Vp	+	k3				Vk					=	491	daN
	1,15	1		0,657	650		1,15				0								
L=	k2	n		T1								cos(α/2)	K4			=	0	daN	
	1	1		1073								0	1,5						

Ruptura dos Cabos Condutores	Condutor Intacto	T=	k1	n	d	pv1	Vv	+	k2	2	n	T0	sen(α/2)	+	k1	vk1	=	0	daN
			1	4	0,03	0	510		1	2	4	2353	0		1	0			
		V=	k3	n		p	Vp	+	k3				Vk					=	5014
		1,15	4		1,6	650		1,15				200							
	L=	k2	n		T1								cos(α/2)				=	0	daN
		1	4		2353								0						
	Condutor Rompido	T=	k1	n	d	pv1	Vv	+	k2	2	n	T0	sen(α/2)	+	k1	vk1	=	0	daN
			1	4	0,03	0	510		1	1	4	2353	0		1	0			
		V=	k3	n		p	Vp	+	k3				Vk					=	2622
	1,15	4		1,6	325		1,15				200								
L=	k2	n		T1			rota					cos(α/2)				=	6588	daN	
	1	4		2353			0,7					1							
Pára-raios	T=	k1	n	d	pv1	Vv	+	k2	2	n	T0	sen(α/2)	+	k1	vd	=	0	daN	
		1	1	0,015	0	510		1	2	1	1073	0		1					
	V=	k3	n		p	Vp	+	k3				Vk					=	491	daN
	1,15	1		0,657	650		1,15				0								
L=	k2	n		T1								cos(α/2)				=	0	daN	
	1	1		1073								0							

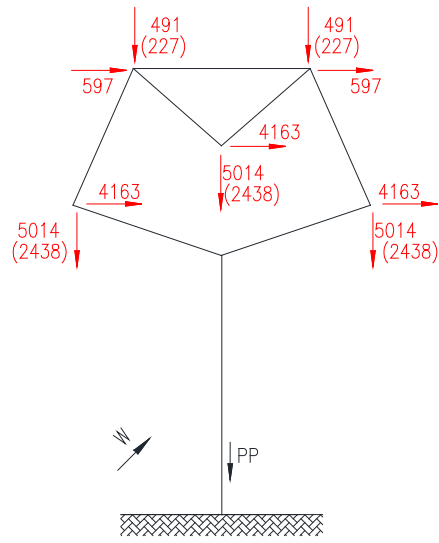
Construção / Manutenção	Condutor	T=	k1	n	d	pv1	Vv	+	k2	2	n	T0	sen(α/2)	+	k1	vk1	=	0	daN
			1	4	0,0	0	510		1	2	4	2501	0		1	0			
		V=	k3	n		p	Vp	+	k3				Vk					=	8720
		2	4		1,6	650		2				200							
	L=	k2	n		T1			rota					0,1				=	1000	daN
		1	4		2501			1											
Pára-raios	T=	k1	n	d	pv1	Vv	+	k2	2	n	T0	sen(α/2)	+	k1	vd	=	0	daN	
		1	1	0,015	0	510		1	2	1	1101	0		1					
	V=	k3	n		p	Vp	+	k3				Vk					=	854	daN
	2	1		0,657	650														
L=	k2	n		T1								0,1				=	110	daN	
	1	1		1101															

Tormenta Elétrica	Condutor	T=	k1	n	d	pv1	Vv	+	k2	2	n	T0	sen(α/2)	+	k1	vk1	=	0	daN
			1	4	0,03	0	510		1	2	4	2353	0		1	0			
		V=	k3	n		p	Vp	+	k3				Vk					=	5014
		1,15	4		1,6	4		1,15				200							
	L=	k2	n		T1								cos(α/2)				=	0	daN
		1	4		2353								0						
Pára-raios	T=	k1	n	d	pv1	Vv	+	k2	2	n	T0	sen(α/2)	+	k1	vd	=	0	daN	
	L=	0	0	0	0	650		0	2	0	d	0		L=					
	V=	k3	n		p	Vp	+	k3				Vk					=	491	daN
	0	0		0	4		0				200								
L=	k2	n		T1								cos(α/2)				=	0	daN	
	0	0		1073								0							

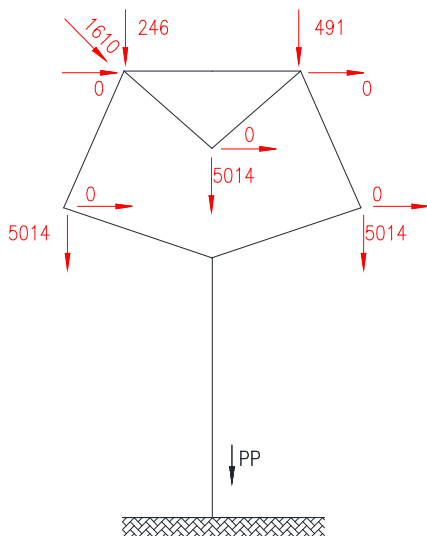
3.3.3. Árvores de carga



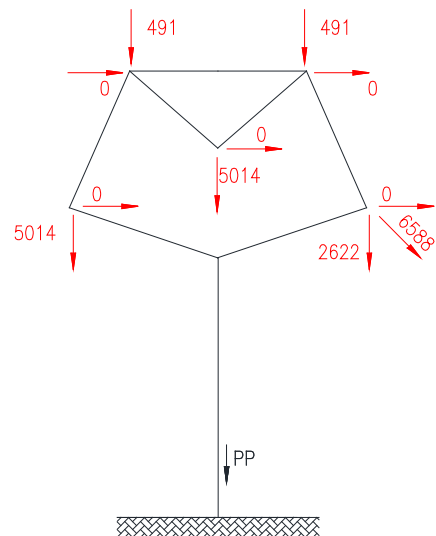
HIP 1 – VENTO MÁXIMO TRANSVERSAL
W baseado em $q_0 = 70,5 \text{ daN/m}^2$



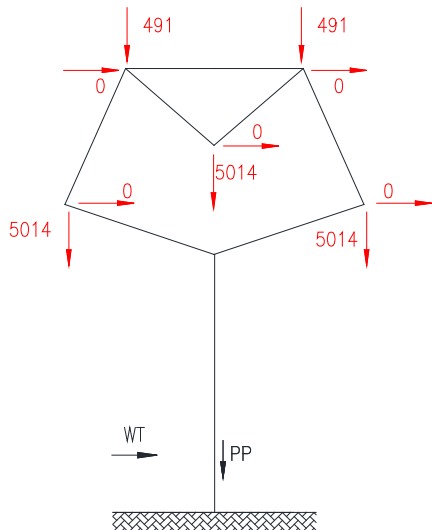
HIP 2 – VENTO MÁXIMO A 45°
W baseado em $q_0 = 70,5 \text{ daN/m}^2$



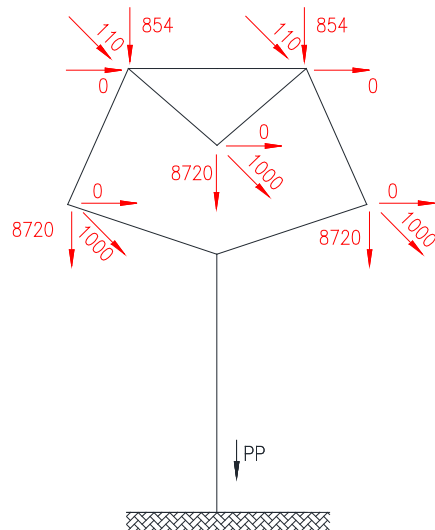
HIP 3 e 4 – RUPTURA DO CABO PÁRA-RAIOS



HIP 5, 6 e 7 – RUPTURA DO CABO CONDUTOR



HIP 8 - VENTO DE TORMENTA ELÉTRICA
WT baseado em $q_0 = 219,2 \text{ daN/m}^2$



HIP 9 - CONSTRUÇÃO /MANUTENÇÃO

3.4. Torre Tipo G52

3.4.1. Aplicação

Ângulo (graus)	0
Vão de vento (m)	560
Vão de peso (m)	800/300
Ângulo máximo (graus)	1

3.4.2. Hipóteses de carregamento

TORRE TIPO G52

$\alpha = 0$ (total)	$V_v = 560$	$vd = 0$
$K_1 = 1$	$V_p = 800$	$V_p \text{ red} = 300$
$K_2 = 1$	$vk_1 = 110$ (pressão de vento na cadeia)	
$K_3 = 1,15$	$V_k = 200$ (peso da cadeia)	
$K_4 = 1,5$		

	Condutor	Pára-raios 1	Pára-raios 2
nº de cabos =	4	1	1
diâmetro (cm) =	0,02959	0,01542	0,01542
peso (daN/m) =	1,6	0,657	0,657
pressão de vento máximo =	5866	3456	3456
pressão de vento a 45° =	134,3	151,8	151,8
Tensão EDS inicial =	2501	1101	1101
Tensão EDS final =	2353	1073	1073
Pressão de vento a 45° =	67,15	75,9	75,9
Tensão de vento a 45° =	4106	2419	2419

Vento Máximo Transversal	Condutor	T=	k1	n	d	pv1	Vv	+	k2	2	n	T0	sen($\alpha/2$)	+	k1	vk1	=	9012	daN	
			1	4	0,030	134,3	560		1	2	4	5866	0		1	110				
		Vred=	k3	n		p	Vp	+	k3			Vk						=	2438	daN
		1,15	4		1,6	300		1,15			200									
	V=	k3	n		p	Vp	+	k3			Vk							=	6118	daN
		1,15	4		1,6	800		1,15			200									
Pára-raios	T=	k1	n	d	pv1	Vv	+	k2	2	n	T0	sen($\alpha/2$)	+	k1	vd	=	1311	daN		
		1	1	0,015	151,8	560		1	2	1	3456	0		1						
	Vred=	k3	n		p	Vp	+	k3			Vd						=	227	daN	
		1,15	1		0,657	300		1,15			0									
	V=	k3	n		p	Vp	+	k3			Vd						=	604	daN	
		1,15	1		0,657	800		1,15			0									

Vento Máximo a 45°	Condutor	T=	k1	n	d	pv1	Vv	+	k2	2	n	T0	sen($\alpha/2$)	+	k1	vk1	=	4561	daN
			1	4	0,030	67,15	560		1	2	4	4106	0		1	110			
		Vred=	k3	n		p	Vp	+	k3			Vk						=	2438
		1,15	4		1,6	300		1,15			200								
	V=	k3	n		p	Vp	+	k3			Vk						=	6118	daN
		1,15	4		1,6	800		1,15			200								
Pára-raios	T=	k1	n	d	pv1	Vv	+	k2	2	n	T0	sen($\alpha/2$)	+	k1	vd	=	655	daN	
		1	1	0,0154	75,9	560		1	2	1	2419	0		1					
	Vred=	k3	n		p	Vp	+	k3			Vd						=	227	daN
		1,15	1		0,657	300		1,15			0								
	V=	k3	n		p	Vp	+	k3			Vd						=	604	daN
		1,15	1		0,657	800		1,15			0								

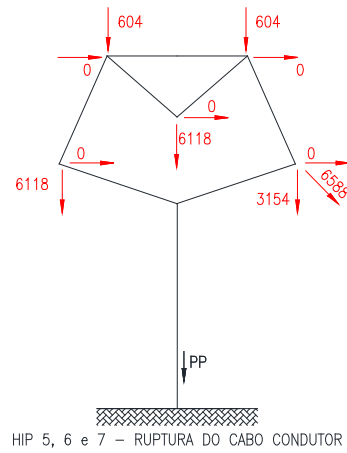
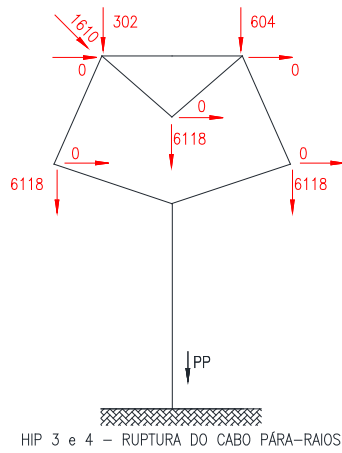
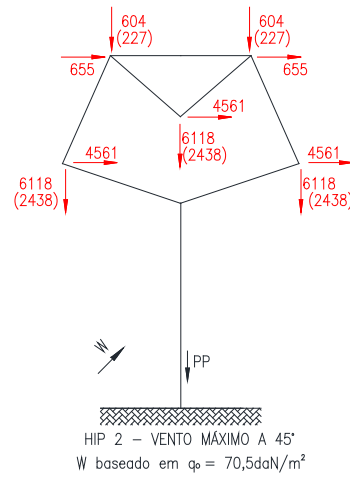
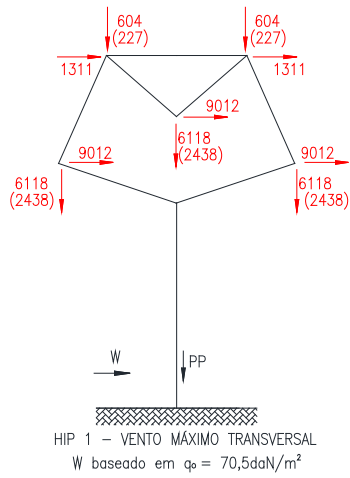
Ruptura do Pára-raios	Condutor	T=	k1	n	d	pv1	Vv	+	k2	2	n	T0	sen($\alpha/2$)	+	k1	vk1	=	0	daN
			1	4	0,03	0	560		1	2	4	2353	0		1	0			
		V=	k3	n		p	Vp	+	k3				Vk					=	6118
		1,15	4		1,6	800		1,15				200							
	L=	k2	n		T1								cos($\alpha/2$)				=	0	daN
		1	4		2353								0						
	Pára-raios Rompido	T=	k1	n	d	pv1	Vv	+	k2	1	n	T0	sen($\alpha/2$)	+	k1	vd	=	0	daN
			1	1	0,0154	0	560		1	1	1	1073	0		1				
		V=	k3	n		p	Vp	+	k3				Vk					=	302
	1,15	1		0,657	400		1,15				0								
L=	k2	n		T1								cos($\alpha/2$)	K4			=	1610	daN	
	1	1		1073								1	1,5						
Pára-raios Intacto	T=	k1	n	d	pv1	Vv	+	k2	2	n	T0	sen($\alpha/2$)	+	k1	vd	=	0	daN	
		1	1	1	0	560		1	2	1	1073	0		1					
	V=	k3	n		p	Vp	+	k3				Vk					=	604	daN
	1,15	1		0,657	800		1,15				0								
L=	k2	n		T1								cos($\alpha/2$)	K4			=	0	daN	
	1	1		1073								0	1,5						

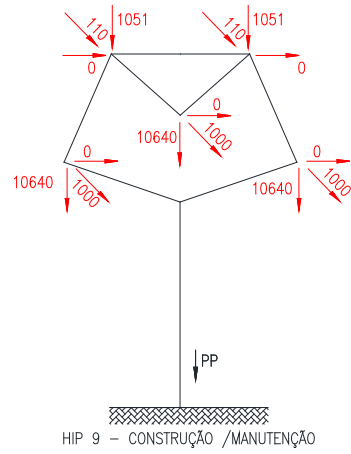
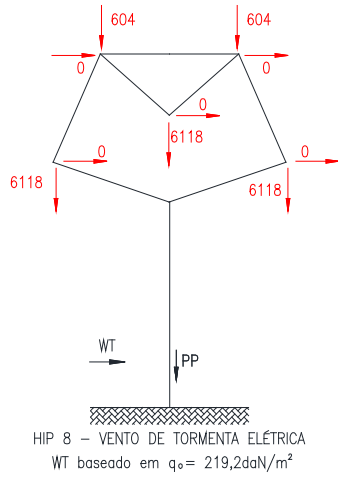
Ruptura dos Cabos Condutores	Condutor Intacto	T=	k1	n	d	pv1	Vv	+	k2	2	n	T0	sen($\alpha/2$)	+	k1	vk1	=	0	daN
			1	4	0,0296	0	560		1	2	4	2353	0		1	0			
		V=	k3	n		p	Vp	+	k3				Vk					=	6118
		1,15	4		1,6	800		1,15				200							
	L=	k2	n		T1								cos($\alpha/2$)				=	0	daN
		1	4		2353								0						
	Condutor Rompido	T=	k1	n	d	pv1	Vv	+	k2	2	n	T0	sen($\alpha/2$)	+	k1	vk1	=	0	daN
			1	4	0,0296	0	560		1	1	4	2353	0		1	0			
		V=	k3	n		p	Vp	+	k3				Vk					=	3174
	1,15	4		1,6	400		1,15				200								
L=	k2	n		T1			rota					cos($\alpha/2$)				=	6588	daN	
	1	4		2353			0,7					1							
Pára-raios	T=	k1	n	d	pv1	Vv	+	k2	2	n	T0	sen($\alpha/2$)	+	k1	vd	=	0	daN	
		1	1	0,0154	0	560		1	2	1	1073	0		1					
	V=	k3	n		p	Vp	+	k3				Vk					=	604	daN
	1,15	1		0,657	800		1,15				0								
L=	k2	n		T1								cos($\alpha/2$)				=	0	daN	
	1	1		1073								0							

Construção / Manutenção	Condutor	T=	k1	n	d	pv1	Vv	+	k2	2	n	T0	sen($\alpha/2$)	+	k1	vk1	=	0	daN
			1	4	0,0	0	560		1	2	4	2501	0		1	0			
		V=	k3	n		p	Vp	+	k3				Vk					=	10640
		2	4		1,6	800		2				200							
	L=	k2	n		T1			rota					0,1				=	1000	daN
		1	4		2501			1											
	Pára-raios	T=	k1	n	d	pv1	Vv	+	k2	2	n	T0	sen($\alpha/2$)	+	k1	vd	=	0	daN
			1	1	0,0154	0	560		1	2	1	1101	0		1				
		V=	k3	n		p	Vp	+	k3				Vk					=	1051
	2	1		0,657	800														
L=	k2	n		T1								0,1				=	110	daN	
	1	1		1101															

Tormenta Elétrica	Condutor	T=	k1	n	d	pv1	Vv	+	k2	2	n	T0	sen($\alpha/2$)	+	k1	vk1	=	0	daN
			1	4	0,03	0	560		1	2	4	2353	0		1	0			
		V=	k3	n		p	Vp	+	k3				Vk					=	6118
		1,15	4		1,6	4		1,15				200							
	L=	k2	n		T1								cos($\alpha/2$)				=	0	daN
		1	4		2353								0						
	Pára-raios	T=	k1	n	d	pv1	Vv	+	k2	2	n	T0	sen($\alpha/2$)	+	k1	vd	=	0	daN
		L=	0	0	0	0	800		0	2	0	0	0		L=				
		V=	k3	n		p	Vp	+	k3				Vk					=	604
	0	0		0	4		0				200								
L=	k2	n		T1								cos($\alpha/2$)				=	0	daN	
	0	0		1073								0							

3.4.3. Árvores de carga





3.5. Torre Tipo A52

3.5.1. Aplicação

Ângulo (graus)	0
Vão de vento (m)	650
Vão de peso (m)	800/300
Ângulo máximo (graus)	3

3.5.2. Hipóteses de carregamento

TORRE TIPO A52

$\alpha = 0$ (total)	$V_v = 650$	$vd = 0$
$K1 = 1$	$V_p = 800$	$V_p \text{ red} = 300$
$K2 = 1$	$vk1 = 110$ (pressão de vento na cadeia)	
$K3 = 1,15$	$V_k = 200$ (peso da cadeia)	
$K4 = 1,5$		

	Condutor	Pára-raios 1	Pára-raios 2
n° de cabos =	4	1	1
diâmetro (cm) =	0,02959	0,01542	0,01542
peso (daN/m) =	1,6	0,657	0,657
pressão de vento máximo =	5866	3456	3456
pressão de vento máximo =	134,3	151,8	151,8
Tensão EDS inicial =	2501	1101	1101
Tensão EDS final =	2353	1073	1073
Pressão de vento a 45° =	67,15	75,9	75,9
Tensão de vento a 45° =	4106	2419	2419

Vento Máximo Transversal	Condutor	T=	k1	n	d	pv1	Vv	+	k2	2	n	T0	sen($\alpha/2$)	+	k1	vk1	=		
			1	4	0,030	134,3	650	1	2	4	5866	0	1	110	=	10442	daN		
		Vred=	k3	n	p	Vp	+	k3	Vk	=									
		1,15	4	1,6	300	1,15	200	=	2438	daN									
	V=	k3	n	p	Vp	+	k3	Vk	=										
		1,15	4	1,6	800	1,15	200	=	6118	daN									
Pára-raios	T=	k1	n	d	pv1	Vv	+	k2	2	n	T0	sen($\alpha/2$)	+	k1	vd	=			
		1	1	0,015	151,8	650	1	2	1	3456	0	1		=	1521	daN			
	Vred=	k3	n	p	Vp	+	k3	Vd	=										
	1,15	1	0,657	300	1,15	0	=	227	daN										
V=	k3	n	p	Vp	+	k3	Vd	=											
	1,15	1	0,657	800	1,15	0	=	604	daN										

Vento Máximo a 45°	Condutor	T=	k1	n	d	pv1	Vv	+	k2	2	n	T0	sen($\alpha/2$)	+	k1	vk1	=		
			1	4	0,030	67,15	650	1	2	4	4106	0	1	110	=	5276	daN		
		Vred=	k3	n	p	Vp	+	k3	Vk	=									
		1,15	4	1,6	300	1,15	200	=	2438	daN									
	V=	k3	n	p	Vp	+	k3	Vk	=										
		1,15	4	1,6	800	1,15	200	=	6118	daN									
Pára-raios	T=	k1	n	d	pv1	Vv	+	k2	2	n	T0	sen($\alpha/2$)	+	k1	vd	=			
		1	1	0,015	75,9	650	1	2	1	2419	0	1		=	761	daN			
	Vred=	k3	n	p	Vp	+	k3	Vd	=										
	1,15	1	0,657	300	1,15	0	=	227	daN										
V=	k3	n	p	Vp	+	k3	Vd	=											
	1,15	1	0,657	800	1,15	0	=	604	daN										

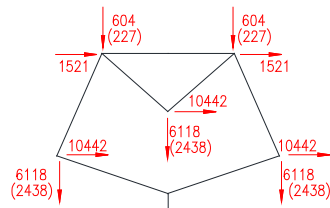
Ruptura do Pára-raios	Condutor	T=	k1	n	d	pV1	Vv	+	k2	2	n	T0	sen(α/2)	+	k1	vk1	=	0	daN
			1	4	0,03	0	650		1	2	4	2353	0		1	0			
		V=	k3	n		p	Vp	+	k3			Vk						=	6118
		1,15	4		1,6	800		1,15			200								
	L=	k2	n		T1							cos(α/2)					=	0	daN
		1	4		2353							0							
	Pára-raios Rompido	T=	k1	n	d	pV1	Vv	+	k2	1	n	T0	sen(α/2)	+	k1	vd	=	0	daN
			1	1	0,015	0	650		1	1	1	1073	0		1				
		V=	k3	n		p	Vp	+	k3			Vk						=	302
	1,15	1		0,657	400		1,15			0									
L=	k2	n		T1							cos(α/2)		K4			=	1610	daN	
	1	1		1073							1		1,5						
Pára-raios Intacto	T=	k1	n	d	pV1	Vv	+	k2	2	n	T0	sen(α/2)	+	k1	vd	=	0	daN	
		1	1	1	0	650		1	2	1	1073	0		1					
	V=	k3	n		p	Vp	+	k3			Vk						=	604	daN
	1,15	1		0,657	800		1,15			0									
L=	k2	n		T1							cos(α/2)					=	0	daN	
	1	1		1073							0								

Ruptura dos Cabos Condutores	Condutor Intacto	T=	k1	n	d	pV1	Vv	+	k2	2	n	T0	sen(α/2)	+	k1	vk1	=	0	daN
			1	4	0,03	0	650		1	2	4	2353	0		1	0			
		V=	k3	n		p	Vp	+	k3			Vk						=	6118
		1,15	4		1,6	800		1,15			200								
	L=	k2	n		T1							cos(α/2)					=	0	daN
		1	4		2353							0							
	Condutor Rompido	T=	k1	n	d	pV1	Vv	+	k2	2	n	T0	sen(α/2)	+	k1	vk1	=	0	daN
			1	4	0,03	0	650		1	1	4	2353	0		1	0			
		V=	k3	n		p	Vp	+	k3			Vk						=	3174
	1,15	4		1,6	400		1,15			200									
L=	k2	n		T1			rota				cos(α/2)					=	6588	daN	
	1	4		2353			0,7				1								
Pára-raios	T=	k1	n	d	pV1	Vv	+	k2	2	n	T0	sen(α/2)	+	k1	vd	=	0	daN	
		1	1	0,015	0	650		1	2	1	1073	0		1					
	V=	k3	n		p	Vp	+	k3			Vk						=	604	daN
	1,15	1		0,657	800		1,15			0									
L=	k2	n		T1							cos(α/2)					=	0	daN	
	1	1		1073							0								

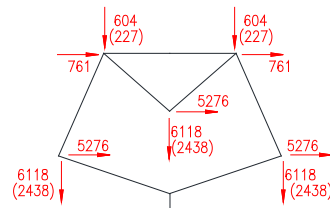
Construção / Manutenção	Condutor	T=	k1	n	d	pV1	Vv	+	k2	2	n	T0	sen(α/2)	+	k1	vk1	=	0	daN
			1	4	0,0	0	650		1	2	4	2501	0		1	0			
		V=	k3	n		p	Vp	+	k3			Vk						=	10640
		2	4		1,6	800		2			200								
	L=	k2	n		T1			rota				cos(α/2)					=	1000	daN
		1	4		2501			1				0,1							
	Pára-raios	T=	k1	n	d	pV1	Vv	+	k2	2	n	T0	sen(α/2)	+	k1	vd	=	0	daN
			1	1	0,015	0	650		1	2	1	1101	0		1				
		V=	k3	n		p	Vp	+	k3			Vk						=	1051
	2	1		0,657	800														
L=	k2	n		T1							cos(α/2)					=	110	daN	
	1	1		1101							0,1								

Tormenta Elétrica	Condutor	T=	k1	n	d	pV1	Vv	+	k2	2	n	T0	sen(α/2)	+	k1	vk1	=	0	daN
			1	4	0,03	0	650		1	2	4	2353	0		1	0			
		V=	k3	n		p	Vp	+	k3			Vk						=	6118
		1,15	4		1,6	4		1,15			200								
	L=	k2	n		T1							cos(α/2)					=	0	daN
		1	4		2353							0							
	Pára-raios	T=	k1	n	d	pV1	Vv	+	k2	2	n	T0	sen(α/2)	+	k1	vd	=	0	daN
		L=	0	0	0	0	800		0	2	0	d	0		L=				
		V=	k3	n		p	Vp	+	k3			Vk						=	604
	0	0		0	4		0			200									
L=	k2	n		T1							cos(α/2)					=	0	daN	
	0	0		1073							0								

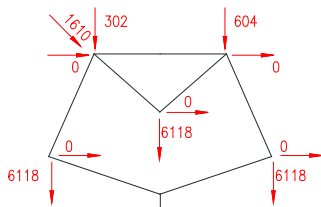
3.5.3. Árvores de carga



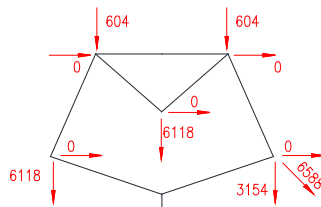
HIP 1 - VENTO MÁXIMO TRANSVERSAL
W baseado em $q_0 = 70,5 \text{ daN/m}^2$



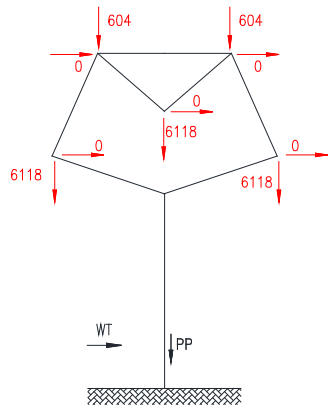
HIP 2 - VENTO MÁXIMO A 45°
W baseado em $q_0 = 70,5 \text{ daN/m}^2$



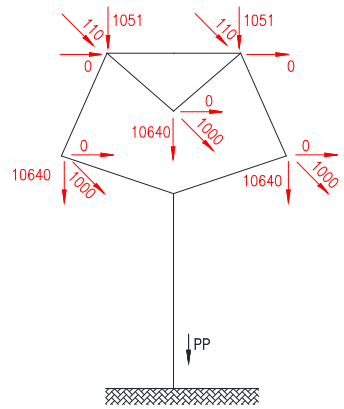
HIP 3 e 4 - RUPTURA DO CABO PÁRA-RAIOS



HIP 5, 6 e 7 - RUPTURA DO CABO CONDUTOR



HIP 8 - VENTO DE TORMENTA ELÉTRICA
WT baseado em $q_0 = 219,2 \text{ daN/m}^2$



HIP 9 - CONSTRUÇÃO /MANUTENÇÃO

3.6. Torre Tipo A53

3.6.1. Aplicação

Ângulo (graus)	0
Vão de vento (m)	800
Vão de peso (m)	1000/300
Ângulo máximo	6

3.6.2. Hipóteses de carregamento

TORRE TIPO A53

$\alpha = 0$ (total)	$V_v = 800$	$vd = 0$
$K1 = 1$	$V_p = 1000$	$V_p \text{ red} = 300$
$K2 = 1$	$vk1 = 110$ (pressão de vento na cadeia)	
$K3 = 1,15$	$V_k = 200$ (peso da cadeia)	
$K4 = 1,5$		

	Condutor	Pára-raios 1	Pára-raios 2
n° de cabos =	4	1	1
diâmetro (cm) =	0,02959	0,01542	0,01542
peso (daN/m) =	1,6	0,657	0,657
Tensão de vento máximo =	5866	3456	3456
Pressão de vento máximo =	134,3	151,8	151,8
Tensão EDS inicial =	2501	1101	1101
Tensão EDS final =	2353	1073	1073
Pressão de vento a 45° =	67,15	75,9	75,9
Tensão de vento a 45° =	4106	2419	2419

Vento Máximo Transversal	Condutor	T=	k1	n	d	pv1	Vv	+	k2	2	n	T0	sen($\alpha/2$)	+	k1	vk1	=	12827	daN	
			1	4	0,030	134,3	800	1	2	4	5866	0	1	110						
	Vred=	k3	n		p	Vp	+	k3				Vk					=	2438	daN	
		1,15	4		1,6	300	1,15			200										
	V=	k3	n		p	Vp	+	k3				Vk					=	7590	daN	
		1,15	4		1,6	1000	1,15			200										
Vento Máximo a 45°	Pára-raios	T=	k1	n	d	pv1	Vv	+	k2	2	n	T0	sen($\alpha/2$)	+	k1	vd	=	1873	daN	
			1	1	0,015	151,8	800	1	2	1	3456	0	1							
		Vred=	k3	n		p	Vp	+	k3				Vd					=	227	daN
			1,15	1		0,657	300	1,15			0									
		V=	k3	n		p	Vp	+	k3				Vd					=	756	daN
			1,15	1		0,657	1000	1,15			0									
Vento Máximo a 45°	Condutor	T=	k1	n	d	pv1	Vv	+	k2	2	n	T0	sen($\alpha/2$)	+	k1	vk1	=	6468	daN	
			1	4	0,030	67,15	800	1	2	4	4106	0	1	110						
		Vred=	k3	n		p	Vp	+	k3				Vk					=	2438	daN
			1,15	4		1,6	300	1,15			200									
		V=	k3	n		p	Vp	+	k3				Vk					=	7590	daN
			1,15	4		1,6	1000	1,15			200									
Vento Máximo a 45°	Pára-raios	T=	k1	n	d	pv1	Vv	+	k2	2	n	T0	sen($\alpha/2$)	+	k1	vd	=	936	daN	
			1	1	0,015	75,9	800	1	2	1	2419	0	1							
		Vred=	k3	n		p	Vp	+	k3				Vd					=	227	daN
			1,15	1		0,657	300	1,15			0									
		V=	k3	n		p	Vp	+	k3				Vd					=	756	daN
			1,15	1		0,657	1000	1,15			0									

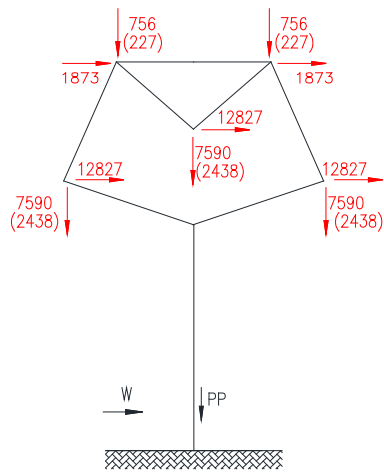
Ruptura do Pára-raios	Condutor	T=	k1	n	d	pv1	Vv	+	k2	2	n	T0	sen(α/2)	+	k1	vk1	=	0	daN	
			1	4	0,03	0	800		1	2	4	2353	0		1	0				
		V=	k3	n		p	Vp	+	k3			Vk						=	7590	daN
		1,15	4		1,6	1000		1,15			200									
	L=	k2	n		T1								cos(α/2)				=	0	daN	
		1	4		2353								0							
	Pára-raios Rompido	T=	k1	n	d	pv1	Vv	+	k2	1	n	T0	sen(α/2)	+	k1	vd	=	0	daN	
			1	1	0,015	0	800		1	1	1	1073	0		1					
		V=	k3	n		p	Vp	+	k3			Vk						=	378	daN
	1,15	1		0,657	500		1,15			0										
L=	k2	n		T1								cos(α/2)		K4		=	1610	daN		
	1	1		1073								1		1,5						
Pára-raios Intacto	T=	k1	n	d	pv1	Vv	+	k2	2	n	T0	sen(α/2)	+	k1	vd	=	0	daN		
		1	1	1	0	800		1	2	1	1073	0		1						
	V=	k3	n		p	Vp	+	k3			Vk						=	756	daN	
	1,15	1		0,657	1000		1,15			0										
L=	k2	n		T1								cos(α/2)				=	0	daN		
	1	1		1073								0								

Ruptura dos Cabos Condutores	Condutor Intacto	T=	k1	n	d	pv1	Vv	+	k2	2	n	T0	sen(α/2)	+	k1	vk1	=	0	daN	
			1	4	0,03	0	800		1	2	4	2353	0		1	0				
		V=	k3	n		p	Vp	+	k3			Vk						=	7590	daN
		1,15	4		1,6	1000		1,15			200									
	L=	k2	n		T1								cos(α/2)				=	0	daN	
		1	4		2353								0							
	Condutor Rompido	T=	k1	n	d	pv1	Vv	+	k2	2	n	T0	sen(α/2)	+	k1	vk1	=	0	daN	
			1	4	0,03	0	800		1	1	4	2353	0		1	0				
		V=	k3	n		p	Vp	+	k3			Vk						=	3910	daN
	1,15	4		1,6	500		1,15			200										
L=	k2	n		T1			rota					cos(α/2)				=	6588	daN		
	1	4		2353			0,7					1								
Pára-raios	T=	k1	n	d	pv1	Vv	+	k2	2	n	T0	sen(α/2)	+	k1	vd	=	0	daN		
		1	1	0,015	0	800		1	2	1	1073	0		1						
	V=	k3	n		p	Vp	+	k3			Vk						=	756	daN	
	1,15	1		0,657	1000		1,15			0										
L=	k2	n		T1								cos(α/2)				=	0	daN		
	1	1		1073								0								

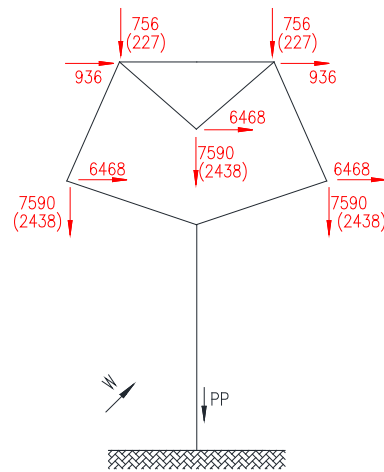
Construção / Manutenção	Condutor	T=	k1	n	d	pv1	Vv	+	k2	2	n	T0	sen(α/2)	+	k1	vk1	=	0	daN	
			1	4	0,0	0	800		1	2	4	2501	0		1	0				
		V=	k3	n		p	Vp	+	k3			Vk						=	13200	daN
		2	4		1,6	1000		2			200									
	L=	k2	n		T1			rota					0,1				=	1000	daN	
		1	4		2501			1												
Pára-raios	T=	k1	n	d	pv1	Vv	+	k2	2	n	T0	sen(α/2)	+	k1	vd	=	0	daN		
		1	1	0,015	0	800		1	2	1	1101	0		1						
	V=	k3	n		p	Vp	+	k3			Vk						=	1314	daN	
	2	1		0,657	1000															
L=	k2	n		T1								0,1				=	110	daN		
	1	1		1101																

Tormenta Elétrica	Condutor	T=	k1	n	d	pv1	Vv	+	k2	2	n	T0	sen(α/2)	+	k1	vk1	=	0	daN	
			1	4	0,03	0	800		1	2	4	2353	0		1	0				
		V=	k3	n		p	Vp	+	k3			Vk						=	7590	daN
		1,15	4		1,6	4		1,15			200									
	L=	k2	n		T1								cos(α/2)				=	0	daN	
		1	4		2353								0							
Pára-raios	T=	k1	n	d	pv1	Vv	+	k2	2	n	T0	sen(α/2)	+	k1	vd	=	0	daN		
		L=	0	0	0	1000		0	2	0	d	0		L=						
	V=	k3	n		p	Vp	+	k3			Vk						=	756	daN	
	0	0		0	4		0			200										
L=	k2	n		T1								cos(α/2)				=	0	daN		
	0	0		1073								0								

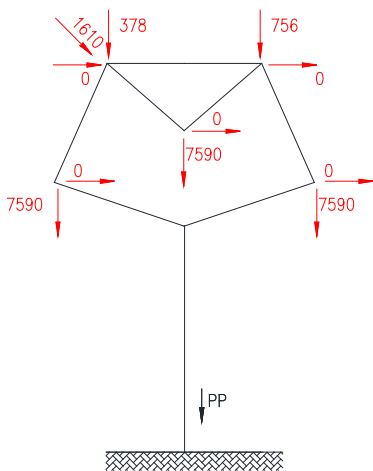
3.6.3. Árvores de carga



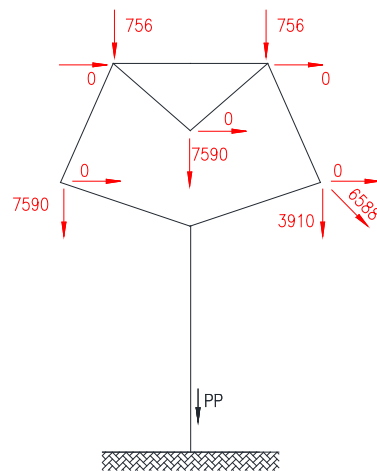
HIP 1 – VENTO MÁXIMO TRANSVERSAL
W baseado em $q_0 = 70,5 \text{ daN/m}^2$



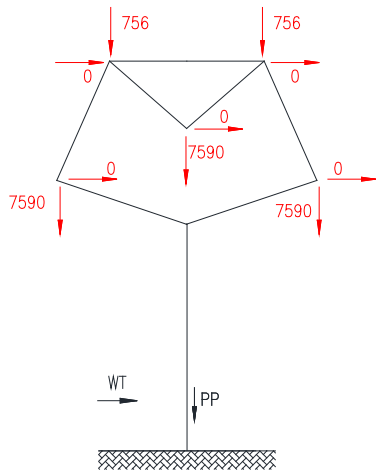
HIP 2 – VENTO MÁXIMO A 45°
W baseado em $q_0 = 70,5 \text{ daN/m}^2$



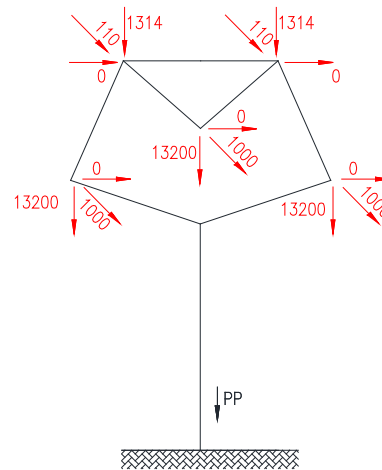
HIP 3 e 4 – RUPTURA DO CABO PÁRA-RAIOS





HIP 5, 6 e 7 – RUPTURA DO CABO CONDUTOR



HIP 8 - VENTO DE TORMENTA ELÉTRICA
WT baseado em $q_e = 219,2 \text{ daN/m}^2$



HIP 9 - CONSTRUÇÃO /MANUTENÇÃO

	<p>LT 500kV MARIMBONDO - ASSIS</p>		<p>FOLHA: 29/38</p>	<p>REVISÃO: 0B</p>
<p>MEMORIAL DO PROJETO BÁSICO ESTRUTURAL</p>		<p>311-005-ES-4-B</p>		

3.7. Torre Tipo D52

3.7.1. Aplicação

Ângulo (graus)	30
Vão de vento (m)	450
Vão de peso (m)	1200/-250

3.7.2. Hipóteses de carregamento

TORRE TIPO D52

$\alpha = 25$ (total)	$V_v = 450$	$vd = 0$
$K1 = 1$	$V_p = 1200$	$V_p \text{ red} = -250$
$K2 = 1$	$vk1 = 250$ (pressão de vento na cadeia)	
$K3 = 1,15$	$V_k = 500$ (peso da cadeia)	
$K4 = 1,5$		
$\alpha \text{ rup} = 0$		

	Condutor	Pára-raios 1	Pára-raios 2
n° de cabos =	4	1	1
diâmetro (cm) =	0,02959	0,01542	0,01542
peso (daN/m) =	1,6	0,657	0,657
pressão de vento máximo =	5866	3456	3456
pressão de vento máximo =	134,3	151,8	151,8
Tensão EDS inicial =	2501	1101	1101
Tensão EDS final =	2353	1073	1073
Pressão de vento a 45° =	67,15	75,9	75,9
Tensão de vento a 45° =	4106	2419	2419

Vento Máximo Transversal	Condutor	T=	k1	n	d	pv1	Vv	+	k2	2	n	T0	sen($\alpha/2$)	+	k1	vk1	=	17560	daN	
			1	4	0,030	134,3	450	1	2	4	5866	0,2164	1	250						
		Vred=	k3	n		p	Vp	+	k3				Vk					=	-1265	daN
		1,15	4		1,6	-250	1,15					500								
	V=	k3	n		p	Vp	+	k3				Vk						=	9407	daN
		1,15	4		1,6	1200	1,15					500								
Pára-raios	T=	k1	n	d	pv1	Vv	+	k2	2	n	T0	sen($\alpha/2$)	+	k1	vd	=	2549	daN		
		1	1	0,015	151,8	450	1	2	1	3456	0,2164	1								
	Vred=	k3	n		p	Vp	+	k3			Vd						=	-189	daN	
	1,15	1		0,657	-250	1,15				0										
V=	k3	n		p	Vp	+	k3				Vd						=	907	daN	
	1,15	1		0,657	1200	1,15					0									

Vento Máximo a 45°	Condutor	T=	k1	n	d	pv1	Vv	+	k2	2	n	T0	sen($\alpha/2$)	+	k1	vk1	=	10936	daN	
			1	4	0,030	67,15	450	1	2	4	4106	0,2164	1	250						
		Vred=	k3	n		p	Vp	+	k3			Vk						=	-1265	daN
		1,15	4		1,6	-250	1,15				500									
	V=	k3	n		p	Vp	+	k3			Vk							=	9407	daN
		1,15	4		1,6	1200	1,15				500									
Pára-raios	T=	k1	n	d	pv1	Vv	+	k2	2	n	T0	sen($\alpha/2$)	+	k1	vd	=	1574	daN		
		1	1	0,015	75,9	450	1	2	1	2419	0,2164	1								
	Vred=	k3	n		p	Vp	+	k3			Vd						=	-189	daN	
	1,15	1		0,657	-250	1,15				0										
V=	k3	n		p	Vp	+	k3			Vd							=	907	daN	
	1,15	1		0,657	1200	1,15				0										

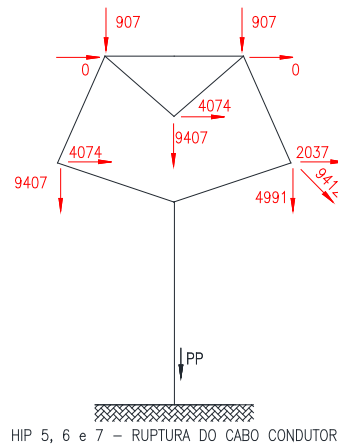
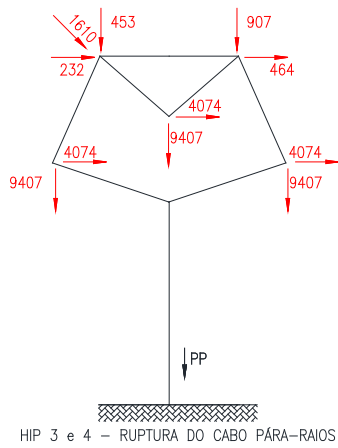
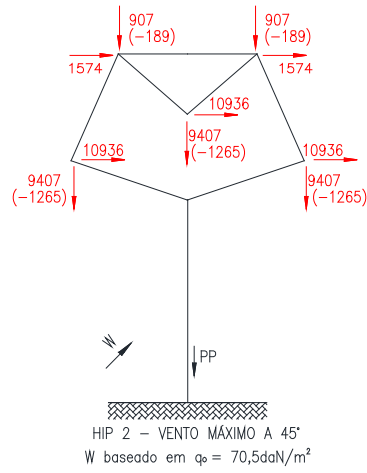
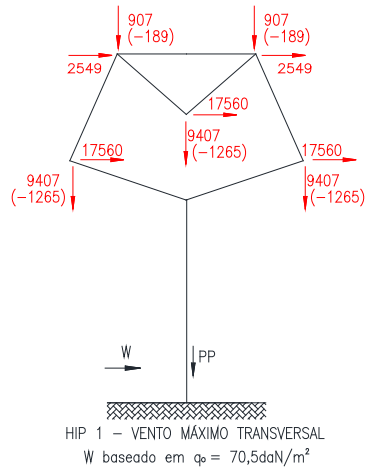
Ruptura do Pára-raios	Condutor	T=	k1	n	d	pv1	Vv	+	k2	2	n	T0	sen(α/2)	+	k1	vk1	=	4074	daN	
			1	4	0,03	0	450		1	2	4	2353	0,2164		1	0				
		V=	k3	n		p	Vp	+	k3				Vk					=	9407	daN
		1,15	4		1,6	1200		1,15				500								
	L=	k2	n		T1								cos(α/2)					=	0	daN
		1	4		2353								0							
	Pára-raios Rompido	T=	k1	n	d	pv1	Vv	+	k2	1	n	T0	sen(α/2)	+	k1	vd	=	232	daN	
			1	1	0,015	0	450		1	1	1	1073	0,2164		1					
		V=	k3	n		p	Vp	+	k3				Vk					=	453	daN
	1,15	1		0,657	600		1,15				0									
L=	k2	n		T1								cos(α/2)	K4				=	1610	daN	
	1	1		1073								1	1,5							
Pára-raios Intacto	T=	k1	n	d	pv1	Vv	+	k2	2	n	T0	sen(α/2)	+	k1	vd	=	464	daN		
		1	1	1	0	450		1	2	1	1073	0,2164		1						
	V=	k3	n		p	Vp	+	k3				Vk					=	907	daN	
	1,15	1		0,657	1200		1,15				0									
L=	k2	n		T1								cos(α/2)					=	0	daN	
	1	1		1073								0								

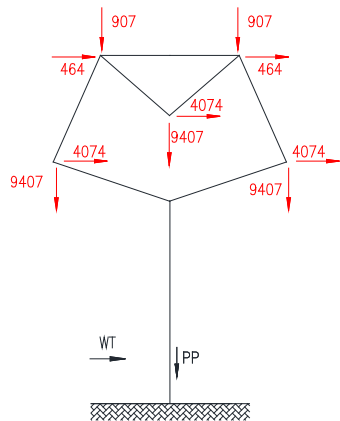
Ruptura dos Cabos Condutores	Condutor Intacto	T=	k1	n	d	pv1	Vv	+	k2	2	n	T0	sen(α/2)	+	k1	vk1	=	4074	daN	
			1	4	0,03	0	450		1	2	4	2353	0,2164		1	0				
		V=	k3	n		p	Vp	+	k3				Vk					=	9407	daN
		1,15	4		1,6	1200		1,15				500								
	L=	k2	n		T1								cos(α/2)					=	0	daN
		1	4		2353								0							
	Condutor Rompido	T=	k1	n	d	pv1	Vv	+	k2	2	n	T0	sen(α/2)	+	k1	vk1	=	2037	daN	
			1	4	0,03	0	450		1	1	4	2353	0,2164		1	0				
		V=	k3	n		p	Vp	+	k3				Vk					=	4991	daN
	1,15	4		1,6	600		1,15				500									
L=	k2	n		T1		rota						cos(α/2)					=	9412	daN	
	1	4		2353		1						1								
Pára-raios	T=	k1	n	d	pv1	Vv	+	k2	2	n	T0	sen(α/2)	+	k1	vd	=	464	daN		
		1	1	0,015	0	450		1	2	1	1073	0,2164		1						
	V=	k3	n		p	Vp	+	k3				Vk					=	907	daN	
	1,15	1		0,657	1200		1,15				0									
L=	k2	n		T1								cos(α/2)					=	0	daN	
	1	1		1073								0								

Construção / Manutenção	Condutor	T=	k1	n	d	pv1	Vv	+	k2	2	n	T0	sen(α/2)	+	k1	vk1	=	4331	daN	
			1	4	0,03	0	450		1	2	4	2501	0,2164		1	0				
		V=	k3	n		p	Vp	+	k3				Vk					=	16360	daN
		2	4		1,6	1200		2				500								
	L=	k2	n		T1		rota						cos(α/2)					=	1000	daN
		1	4		2501		1						0,1							
Pára-raios	T=	k1	n	d	pv1	Vv	+	k2	2	n	T0	sen(α/2)	+	k1	vd	=	477	daN		
		1	1	0,015	0	450		1	2	1	1101	0,2164		1						
	V=	k3	n		p	Vp	+	k3				Vk					=	1577	daN	
	2	1		0,657	1200															
L=	k2	n		T1								cos(α/2)					=	110	daN	
	1	1		1101								0,1								

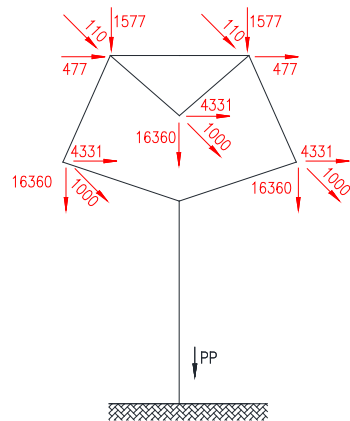
Tormenta Elétrica	Condutor	T=	k1	n	d	pv1	Vv	+	k2	2	n	T0	sen(α/2)	+	k1	vk1	=	4074	daN	
			1	4	0,03	0	450		1	2	4	2353	0,2164		1	0				
		V=	k3	n		p	Vp	+	k3				Vk					=	9407	daN
		1,15	4		1,6	4		1,15				500								
	L=	k2	n		T1								cos(α/2)					=	0	daN
		1	4		2353								0							
Pára-raios	T=	k1	n	d	pv1	Vv	+	k2	2	n	T0	sen(α/2)	+	k1	vd	=	464	daN		
	L=	0	0	0	0	1200		0	2	0	d	0,2164		L=						
	V=	k3	n		p	Vp	+	k3				Vk					=	907	daN	
	0	0		0	4		0				500									
L=	k2	n		T1								cos(α/2)					=	0	daN	
	0	0		1073								0								

3.7.3. Árvores de carga





HIP 8 - VENTO DE TORMENTA ELÉTRICA
WT baseado em $q_0 = 219,2 \text{ daN/m}^2$



HIP 9 - CONSTRUÇÃO /MANUTENÇÃO

3.8. Torre Tipo E52

3.8.1. Aplicação

Ângulo (graus)	50	20 (Terminal)
Vão de vento (m)	450	450
Vão de peso (m)	1200/-500	1200/0

3.8.2. Hipóteses de carregamento

TORRE TIPO E52

$\alpha = 50$ (total)	Vv = 450	vd = 0	$\alpha = 20$ (fim de linha)
K1 = 1	Vp = 1200	Vp red = -500	Vv = 450 (fim de linha)
K2 = 1	vk1 = 246 (pressão de vento na cadeia)		Vp = 1200 (fim de linha)
K3 = 1,15	Vk = 500 (peso da cadeia)		
K4 = 1,5			
$\alpha_{rup} = 0$			

	Condutor	Pára-raios 1	Pára-raios 2
n° de cabos =	4	1	1
diâmetro (cm) =	0,02959	0,01542	0,01542
peso (daN/m) =	1,6	0,657	0,657
pressão de vento máximo =	5866	3456	3456
pressão de vento máximo =	134,3	151,8	151,8
Tensão EDS inicial =	2501	1101	1101
Tensão EDS final =	2353	1073	1073
Pressão de vento a 45° =	67,15	75,9	75,9
Tensão de vento a 45° =	4106	2419	2419

Vento Máximo Transversal	Condutor	T=	k1	n	d	pv1	Vv	+	k2	2	n	T0	sen($\alpha/2$)	+	k1	vk1	=	27232	daN	
			1	4	0,030	134,3	450		1	2	4	5866	0,4226		1	246				
		Vred=	k3	n		p	Vp	+	k3			Vk						=	-3105	daN
		1,15	4		1,6	-500		1,15			500									
	V=	k3	n		p	Vp	+	k3			Vk							=	9407	daN
		1,15	4		1,6	1200		1,15			500									
Pára-raios	Pára-raios	T=	k1	n	d	pv1	Vv	+	k2	2	n	T0	sen($\alpha/2$)	+	k1	vd	=	3974	daN	
			1	1	0,015	151,8	450		1	2	1	3456	0,4226		1					
		Vred=	k3	n		p	Vp	+	k3			Vd						=	-378	daN
		1,15	1		0,657	-500		1,15			0									
	V=	k3	n		p	Vp	+	k3			Vd							=	907	daN
		1,15	1		0,657	1200		1,15			0									

Vento Máximo a 45°	Condutor	T=	k1	n	d	pv1	Vv	+	k2	2	n	T0	sen($\alpha/2$)	+	k1	vk1	=	17705	daN	
			1	4	0,030	67,15	450		1	2	4	4106	0,4226		1	246				
		Vred=	k3	n		p	Vp	+	k3			Vk						=	-3105	daN
		1,15	4		1,6	-500		1,15			500									
	V=	k3	n		p	Vp	+	k3			Vk							=	9407	daN
		1,15	4		1,6	1200		1,15			500									
Pára-raios	Pára-raios	T=	k1	n	d	pv1	Vv	+	k2	2	n	T0	sen($\alpha/2$)	+	k1	vd	=	2571	daN	
			1	1	0,015	75,9	450		1	2	1	2419	0,4226		1					
		Vred=	k3	n		p	Vp	+	k3			Vd						=	-378	daN
		1,15	1		0,657	-500		1,15			0									
	V=	k3	n		p	Vp	+	k3			Vd							=	907	daN
		1,15	1		0,657	1200		1,15			0									

Ruptura do Pára-raios	Condutor	T=	k1	n	d	pv1	Vv	+	k2	2	n	T0	sen($\alpha/2$)	+	k1	vk1	=	7955	daN
			1	4	0,03	0	450		1	2	4	2353	0,4226		1	0			
		V=	k3	n		p	Vp	+	k3			Vk						=	9407
		1,15	4		1,6	1200		1,15			500								
	L=	k2	n		T1							cos($\alpha/2$)					=	0	daN
		1	4		2353							0							
	Pára-raios Rompido	T=	k1	n	d	pv1	Vv	+	k2	1	n	T0	sen($\alpha/2$)	+	k1	vd	=	453	daN
			1	1	0,015	0	450		1	1	1	1073	0,4226		1				
		V=	k3	n		p	Vp	+	k3			Vk						=	453
	1,15	1		0,657	600		1,15			0									
L=	k2	n		T1							cos($\alpha/2$)		K4			=	1610	daN	
	1	1		1073							1		1,5						
Pára-raios Intacto	T=	k1	n	d	pv1	Vv	+	k2	2	n	T0	sen($\alpha/2$)	+	k1	vd	=	907	daN	
		1	1	1	0	450		1	2	1	1073	0,4226		1					
	V=	k3	n		p	Vp	+	k3			Vk						=	907	daN
	1,15	1		0,657	1200		1,15			0									
L=	k2	n		T1							cos($\alpha/2$)					=	0	daN	
	1	1		1073							0								

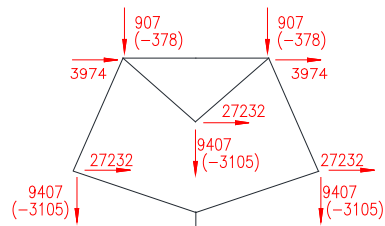
Ruptura dos Cabos Condutores	Condutor Intacto	T=	k1	n	d	pv1	Vv	+	k2	2	n	T0	sen($\alpha/2$)	+	k1	vk1	=	7955	daN
			1	4	0,03	0	450		1	2	4	2353	0,4226		1	0			
		V=	k3	n		p	Vp	+	k3			Vk						=	9407
		1,15	4		1,6	1200		1,15			500								
	L=	k2	n		T1							cos($\alpha/2$)					=	0	daN
		1	4		2353							0							
	Condutor Rompido	T=	k1	n	d	pv1	Vv	+	k2	2	n	T0	sen($\alpha/2$)	+	k1	vk1	=	3978	daN
			1	4	0,03	0	450		1	1	4	2353	0,4226		1	0			
		V=	k3	n		p	Vp	+	k3			Vk						=	4991
	1,15	4		1,6	600		1,15			500									
L=	k2	n		T1		rota					cos($\alpha/2$)					=	9412	daN	
	1	4		2353		1					1								
Pára-raios	T=	k1	n	d	pv1	Vv	+	k2	2	n	T0	sen($\alpha/2$)	+	k1	vd	=	907	daN	
		1	1	0,015	0	450		1	2	1	1073	0,4226		1					
	V=	k3	n		p	Vp	+	k3			Vk						=	907	daN
	1,15	1		0,657	1200		1,15			0									
L=	k2	n		T1							cos($\alpha/2$)					=	0	daN	
	1	1		1073							0								

Construção / Manutenção	Condutor	T=	k1	n	d	pv1	Vv	+	k2	2	n	T0	sen($\alpha/2$)	+	k1	vk1	=	8456	daN
			1	4	0,03	0	450		1	2	4	2501	0,4226		1	0			
		V=	k3	n		p	Vp	+	k3			Vk						=	16360
		2	4		1,6	1200		2			500								
	L=	k2	n		T1		rota					cos($\alpha/2$)					=	1000	daN
		1	4		2501		1					0,1							
Pára-raios	T=	k1	n	d	pv1	Vv	+	k2	2	n	T0	sen($\alpha/2$)	+	k1	vd	=	931	daN	
		1	1	0,015	0	450		1	2	1	1101	0,4226		1					
	V=	k3	n		p	Vp	+	k3			Vk						=	1577	daN
	2	1		0,657	1200														
L=	k2	n		T1							cos($\alpha/2$)					=	110	daN	
	1	1		1101							0,1								

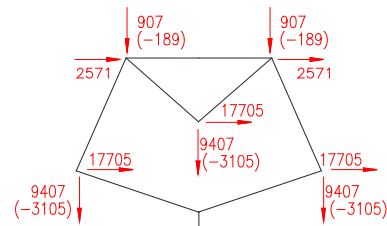
Tormenta Elétrica	Condutor	T=	k1	n	d	pv1	Vv	+	k2	2	n	T0	sen($\alpha/2$)	+	k1	vk1	=	7955	daN
			1	4	0,03	0	450		1	2	4	2353	0,4226		1	0			
		V=	k3	n		p	Vp	+	k3			Vk						=	9407
		1,15	4		1,6	4		1,15			500								
	L=	k2	n		T1							cos($\alpha/2$)					=	0	daN
		1	4		2353							0							
Pára-raios	T=	k1	n	d	pv1	Vv	+	k2	2	n	T0	sen($\alpha/2$)	+	k1	vd	=	907	daN	
	L=	0	0	0	0	1200		0	2	0	d	0,4226		L=					
	V=	k3	n		p	Vp	+	k3			Vk						=	907	daN
	0	0		0	4		0			500									
L=	k2	n		T1							cos($\alpha/2$)					=	0	daN	
	0	0		d							0								

Fim de Linha	Condutor	T=	k1	n	d	pv1	Vv	+	k2	2	n	T0	sen($\alpha/2$)	+	k1	vk1	=	11474	daN		
			1	4	0,030	134,3	450		1	1	4	5866	0,1736		1	246					
		V=	k3	n		p	Vp	+	k3				Vk						=	9407	daN
			1,15	4		1,6	1200		1,15				500								
		L=	k2	n		T1								cos($\alpha/2$)					=	23464	daN
			1	4		5866								0							
	Pára-raios	T=	k1	n	d	pv1	Vv	+	k2	2	n	T0	sen($\alpha/2$)	+	k1	vd	=	1507	daN		
			1	1	0,015	151,8	20		1	1	1	3456	0,4226		1						
		V=	k3	n		p	Vp	+	k3				Vd						=	907	daN
			1,15	1		0,657	1200		1,15				0								
		L=	k2	n		T1								cos($\alpha/2$)					=	3456	daN
			1	1		3456								0							

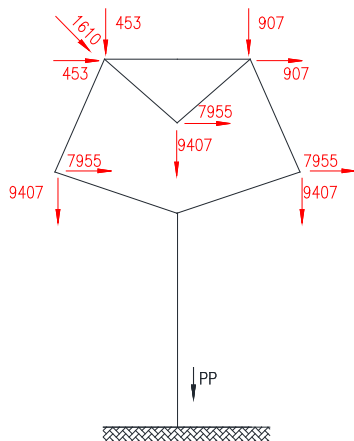
3.8.3. Árvores de carga



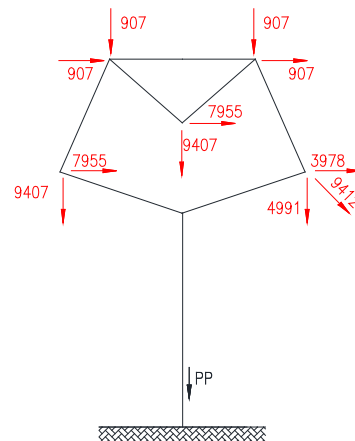
HIP 1 - VENTO MÁXIMO TRANSVERSAL
W baseado em $q_0 = 70,5 \text{ daN/m}^2$



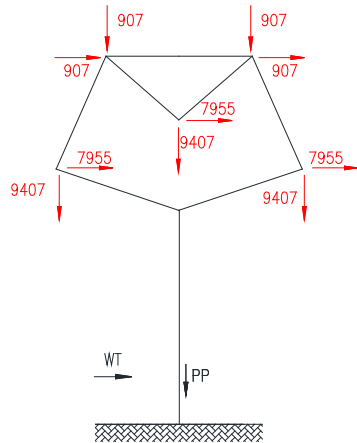
HIP 2 - VENTO MÁXIMO A 45°
W baseado em $q_0 = 70,5 \text{ daN/m}^2$



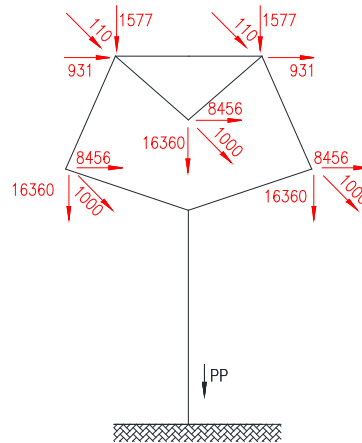
HIP 3 e 4 - RUPTURA DO CABO PÁRA-RAIOS



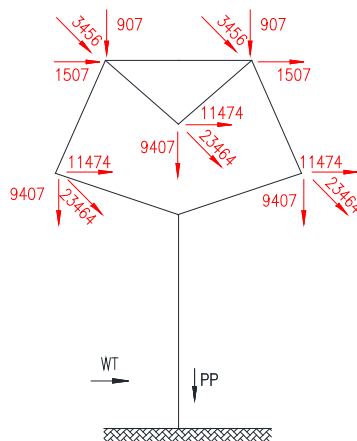
HIP 5, 6 e 7 - RUPTURA DO CABO CONDUTOR



HIP 8 - VENTO DE TORMENTA ELÉTRICA
WT baseado em $q_0 = 219,2 \text{ daN/m}^2$



HIP 9 - CONSTRUÇÃO / MANUTENÇÃO



HIP 10 - FIM DE LINHA
WT baseado em $q_0 = 70,5 \text{ daN/m}^2$