

PROCEDIMENTO TÉCNICO LIGHT

DIMENSIONAMENTO DE POSTES PARA REDES DE DISTRIBUIÇÃO AÉREA DE ENERGIA ELÉTRICA

DISTRIBUIÇÃO

Tipo: Literatura técnica

ESTE PROCEDIMENTO AO SER IMPRESSO SERÁ CONSIDERADO CÓPIA NÃO CONTROLADA



Órgão emissor:
DDE – Gerência de Engenharia e
Expansão da Rede de Distribuição

Órgão responsável pela publicação:
DDG – Gerência de Gestão e Controle

FICHA DE CONTROLE**DOCUMENTO: PTL0426DT/18-R0****TÍTULO: DIMENSIONAMENTO DE POSTES PARA REDES DE DISTRIBUIÇÃO AÉREA DE ENERGIA ELÉTRICA****FUNÇÃO: DISTRIBUIÇÃO****TIPO: LITERATURA TÉCNICA****REVISÃO: 00****ANULA E SUBSTITUI:**

	NOME	GERÊNCIA	DATA
Elaborado por	Roberto de Vasconcellos Dias	DDE	28/08/2018
Colaborador(es) consultado(s)			
Verificado para publicação por	Juliana Vieira da Silva	DDE	29/08/18
	<i>Juliana Vieira da Silva Galiza</i>		
Verificado por	Thiago Santos Attias Silva	DDE	30/08/18
	<i>[Signature]</i>		

ÍNDICE DE REVISÃO

REVISÃO	MODIFICAÇÃO	DATA

SUMARIO

1 INTRODUÇÃO	5
2 OBJETIVO	5
3 DEFINIÇÕES	5
3.1 – RESISTÊNCIA OU CARGA NOMINAL DE UM POSTE	5
3.2 – LIMITE DE CARREGAMENTO EXCEPCIONAL DO POSTE	5
3.3 – RESISTÊNCIA DE RUPTURA DO POSTE	5
3.4 – PLANO DE APLICAÇÃO DOS ESFORÇOS REAIS NO POSTE	5
3.5 – ÂNGULO DE DEFLEXÃO DA REDE	5
3.6 – TRAÇÃO DE PROJETO	6
3.7 – TRAÇÃO DE MONTAGEM	6
3.8 – FLECHA	6
3.9 – TABELA DAS TRAÇÕES DE PROJETO	6
3.10 – TABELA DE ESFORÇOS DEVIDO AO VENTO NOS CONDUTORES	6
3.11 - TABELA DE ESFORÇOS DEVIDO AO VENTO NOS POSTES	6
4 DIMENSIONAMENTO DOS POSTES	7
4.1 – ANÁLISE DOS ESFORÇOS	8
5 RESISTÊNCIA DE ENGASTAMENTO DOS POSTES	22
5.1 – PREMISSAS	22
5.2 – DIRETRIZES	22
6 ESTAIAMENTO	27
6.1 – TIPOS DE ESTAIS	27
6.2 – PRINCIPAIS MATERIAIS UTILIZADOS NOS CONJUNTOS DOS ESTAIS	27
6.3 – CÁLCULO DOS ESTAIS	28
ANEXO I - POSTES DO PADRÃO ATUAL	35
ANEXO II - TABELA DE TRAÇÕES DE PROJETO DAS REDES DA LIGHT	36
ANEXO III – TABELA DE CONDUTORES PADRONIZADOS NA LIGHT	37

1 - Introdução

O presente trabalho tem por finalidade determinar o esforço final a que os postes das Redes de Distribuição Aérea de energia elétrica ficam submetidos, de acordo com as condições de trabalho, para determinação da Carga/Resistência Nominal dos mesmos, bem como das condições para estabilização das estruturas.

2 - Objetivo

Orientar os projetistas e responsáveis pela manutenção, durante a elaboração dos projetos ou eventos de manutenção preventiva/corretiva, em todas as situações possíveis de estruturas como alinhamentos retos, ângulos de deflexão e finais de rede bem como, derivações, postes com equipamentos, engastamentos e estaiamentos, necessários à estabilização das estruturas.

3 - Definições

3.1 - Resistência ou Carga nominal de um poste:

Valor do esforço, indicado no padrão e garantido pelo fabricante, que o poste deve suportar continuadamente, na direção e sentido indicado, no plano de aplicação e passando pelo eixo do poste, de grandeza tal que não produza, em nenhum plano transversal, momento fletor que prejudique a qualidade dos materiais, trinca, exceto as capilares, e nem flecha superior à especificada.

3.2 - Limite de carregamento excepcional do poste:

Corresponde a uma sobrecarga de 40 por cento sobre a resistência nominal. Nestas condições de carga o limite elástico da armadura não deve ser atingido, garantindo-se após a retirada do esforço, o fechamento das trincas e a flecha residual máxima admitida.

3.3 - Resistência de ruptura do poste:

Esforço que provoca o desagregamento do poste em uma seção transversal, seja por ter ultrapassado o limite elástico da armadura ou por esmagamento do concreto. A ruptura é definida pela carga máxima indicada no aparelho de medida dos esforços, carregando-se o poste de modo contínuo e crescente.

3.4 - Plano de aplicação dos esforços reais no poste:

Plano transversal situado à distância (d) abaixo do topo onde é definida a Carga/Resistência Nominal do mesmo. Atualmente, o plano de aplicação dos esforços é definido conforme a ABNT-NBR8.451 a 100 mm do topo do poste.

3.5 - Ângulo de deflexão da rede:

Ângulo externo formado pela mudança de direção da rede.

3.6 - Tração de projeto:

Valor de tração utilizado para o cálculo mecânico do poste.

É a maior tração a que o condutor pode ficar submetido durante sua vida útil, desde que seguidos os critérios estabelecidos no lançamento do mesmo (Tamanho do vão, temperatura ambiente e flechas ou trações).

Normalmente o processo de seu cálculo parte de parâmetros do próprio condutor, percentuais máximos da tração de ruptura, valores máximos de flechas desejáveis (dependem da altura de segurança ao solo e outras superfícies), tamanho do vão, vento máximo e temperatura de ocorrência de vento máximo e das temperaturas máximas e mínimas a que podem ficar submetidos (dependem da região do País).

Exemplos para cálculo:

- Cabo de alumínio: 20% da Tração de Ruptura
- Cabo de cobre: 25% da Tração de Ruptura
- Cabo de aço: 33% da Tração de Ruptura
- Rio de Janeiro: Em regiões urbanas, vento de 60 km/h a 15°C e temperatura mínima de 0°C e máxima de 50°C.

3.7 - Tração de montagem:

Valor de tração que serve para lançamento dos condutores. Depende do tamanho do vão e da temperatura ambiente.

3.8 - Flecha:

Distância compreendida entre a linha imaginária entre os pontos de fixação dos cabos e o ponto mais baixo do condutor no vão.

3.9 - Tabela das trações de projeto:

Tabela agrupando os valores referentes aos cabos padronizados na LIGHT. Ver ANEXO II. Deve ser utilizada, toda vez que for necessário verificar o esforço mecânico no poste, em quaisquer situações, tais como projetos novos, recondutoração, instalação de novos condutores etc.

3.10 - Tabela de esforços devido ao vento nos condutores:

Tabela agrupando os valores referentes ao vento nos cabos padronizados na LIGHT. Ver Tabela 1.

Deve ser utilizada, toda vez que for necessário verificar o esforço mecânico no poste, em quaisquer situações, tais como projetos novos, recondutoração, instalação de novos condutores etc.

3.11 - Tabela de esforços devido ao vento nos postes:

Tabela agrupando os valores referentes ao vento nos postes padronizados na LIGHT. Ver Tabela 2.

Deve ser utilizada, toda vez que for necessário verificar o esforço mecânico no poste, em quaisquer situações, tais como projetos novos, recondutoração, instalação de novos condutores ou equipamentos, manutenção etc.

4 - Dimensionamento dos postes

Para elaboração de projeto de postes é necessário determinar inicialmente suas dimensões principais, como também os diversos esforços que atuam sobre cada poste.

Um poste mal projetado ou mal implantado pode acarretar as seguintes anomalias:

- Flexão do poste (poste fletido) por ter o esforço mecânico aplicado ultrapassado a sua Carga Nominal;
- Inclinação do poste (poste fora de prumo) por ter o esforço ultrapassado o limite útil de resistência da fundação;
- Flexão e inclinação do poste (poste fora do prumo e fletido) por ter excedido ambos os limites, ou seja, o do poste e da fundação.

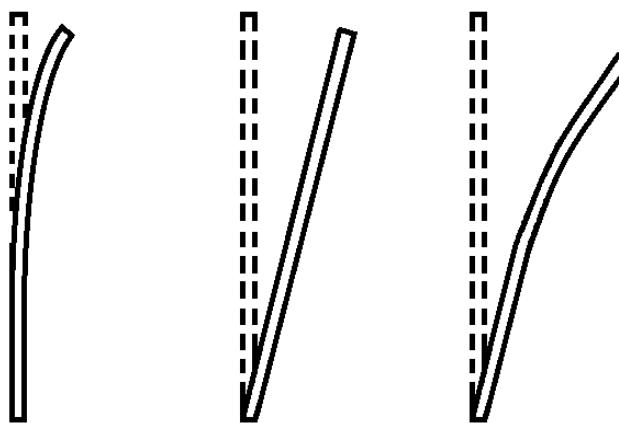


Figura 1

Os esforços mecânicos atuantes sobre os postes são de três tipos:

- a) esforços de tração: causados pelo tracionamento dos condutores quando fixados a posteação.
- b) esforços externos: ocasionados pela pressão do vento atuando horizontalmente sobre a superfície dos condutores, dos equipamentos e do poste.
- c) esforços de compressão: causados pelo peso dos condutores, dos equipamentos e materiais instalados.

Regra geral:

Carga/Resistência Nominal de um poste (dan ou kgf) \geq Somatório vetorial dos esforços atuantes, referenciados ao plano de aplicação onde é definido a Carga/Resistência Nominal do mesmo.

Nota: Para que o poste permaneça em equilíbrio, é necessário que a Resultante devido ao somatório vetorial dos esforços (Tração, vento e compressão) no plano de aplicação, seja equivalente a Carga Nominal do poste e, ainda, que o Momento resistente do solo seja igual ao Momento externo provocado pela Resultante, com relação ao ponto de giro do poste (Linha de Engastamento).

4.1 - Análise dos esforços:

4.1.1 Vento

4.1.1.1 Nos condutores

Este esforço atua horizontalmente sobre a superfície dos condutores.

4.1.1.1.1 Vãos adjacentes

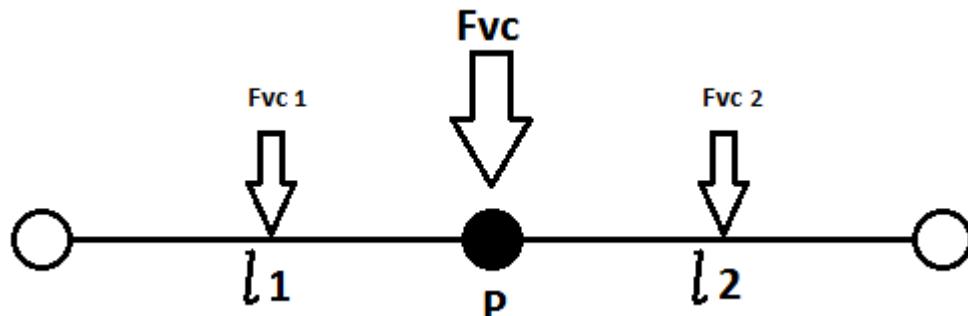


Figura 2

$Fvc \rightarrow$ Força de vento nos condutores referidas ao poste P (daN)

$$Fvc = Fvc_1 + Fvc_2 = Pv \times \frac{l_1}{2} \times d_1 + Pv \times \frac{l_2}{2} \times d_2$$

$Pv \rightarrow$ Pressão do vento sobre superfícies cilíndricas (daN/m²) $\rightarrow Pv = 0,00471 \times V^2$

$V \rightarrow$ Velocidade do vento (km/h)

$l \rightarrow$ Comprimento do vão (m)

$d \rightarrow$ Diâmetro do condutor (m)

4.1.1.1.2 Poste em ângulo de deflexão (α°)

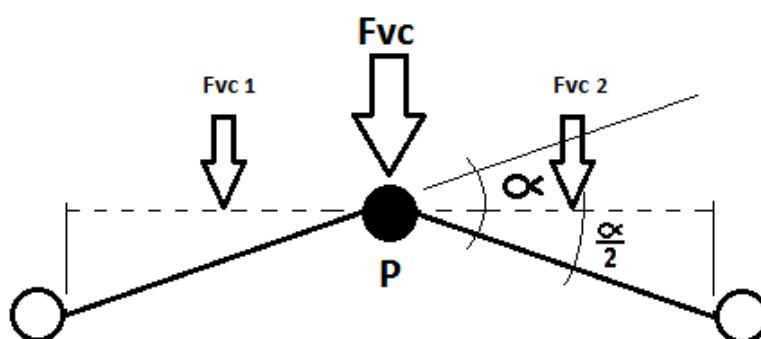


Figura 3

$$Fvc = Fvc_1 + Fvc_2 = Pv \times \frac{l_1(\cos \frac{\alpha}{2})}{2} \times d_1 + Pv \times \frac{l_2(\cos \frac{\alpha}{2})}{2} \times d_2$$

Tabela 1

Condutor	Diâmetro externo aproximado	Força do vento por metro de condutor - daN/m					
		Velocidade do vento - km/h					
		mm	60	80	100	110	120
556MCM-CA, Nu	22	0,37	0,66	1,04	1,25	1,49	1,75
397MCM-CA, Nu	18,4	0,31	0,55	0,87	1,05	1,25	1,46
1/0AWG-CAA, Nu	10,2	0,17	0,31	0,48	0,58	0,69	0,81
4 AWG-CAA, Nu	6,4	0,11	0,19	0,30	0,36	0,43	0,51
397MCM-CA, Coberto com XLPE, 34,5 kV	34	0,58	1,02	1,60	1,94	2,31	2,71
397MCM-CA, Coberto com XLPE, 13,2 kV	26	0,44	0,78	1,22	1,48	1,76	2,07
1/0AWG-CAA, Coberto com XLPE	17	0,29	0,51	0,80	0,97	1,15	1,35
4 AWG-CAA, Coberto com XLPE	13,2	0,22	0,40	0,62	0,75	0,90	1,05
240mm ² -CA, Coberto com XLPE, 34,5 kV	38	0,64	1,15	1,79	2,17	2,58	3,02
240mm ² -CA, Coberto com XLPE, 13,2 kV	27	0,46	0,81	1,27	1,54	1,83	2,15
70mm ² -CA, Coberto com XLPE	18	0,31	0,54	0,85	1,03	1,22	1,43
185mm ² , MTX-MT	88	1,49	2,65	4,14	5,02	5,97	7,00
50mm ² , MTX-MT	67	1,14	2,02	3,16	3,82	4,54	5,33
397MCM-CA, Coberto com PVC	24	0,41	0,72	1,13	1,37	1,63	1,91
1/0AWG-CAA, Coberto com PVC	13,2	0,22	0,40	0,62	0,75	0,90	1,05
240mm ² , MTX-BT	61	1,03	1,84	2,87	3,48	4,14	4,86
185mm ² , MTX-BT	58	0,98	1,75	2,73	3,31	3,93	4,62
70mm ² , MTX-BT	30	0,51	0,90	1,41	1,71	2,03	2,39
4/0-AWG, MTX-BT	34,7	0,59	1,05	1,63	1,98	2,35	2,76
3/0-AWG, MTX-BT	31,3	0,53	0,94	1,47	1,78	2,12	2,49
1/0-AWG, MTX-BT	25,5	0,43	0,77	1,20	1,45	1,73	2,03
4-AWG, MTX-BT	16,3	0,28	0,49	0,77	0,93	1,11	1,30
Cabo armado 240mm ²	65	1,10	1,96	3,06	3,70	4,41	5,17
Cabo armado 95mm ²	43	0,73	1,30	2,03	2,45	2,92	3,42
Cordoalha de aço 3/8"	9,5	0,16	0,29	0,45	0,54	0,64	0,76

4.1.1.2 No poste

Este esforço atua horizontalmente sobre a superfície do poste:

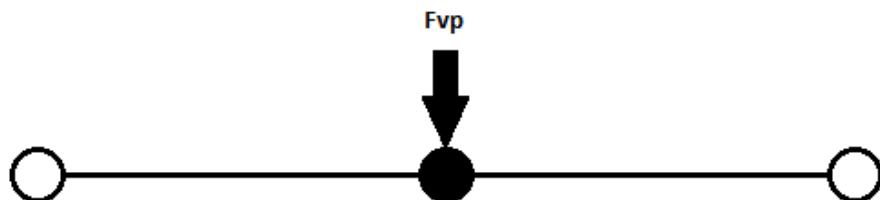


Figura 4

$$Fvp = \text{Força do vento no poste (daN)}$$

$$Fvp = Pv \times Sp$$

$$Sp = \frac{1}{2} (dt + de) h$$

$Sp \rightarrow$ área da superfície do poste exposta ao vento (m^2)

$dt \rightarrow$ diâmetro do poste no topo (m)

$de \rightarrow$ diâmetro do poste na linha do solo (m)

$h \rightarrow$ altura livre do poste (m)

$$de = h \times C + dt \text{ (mm)}$$

$C \rightarrow$ Conicidade do poste (mm/m)

$$C = \frac{db - dt}{L}$$

Supõe-se a força do vento aplicada no centro de gravidade do poste (G).

$$Gh = \frac{de + 2dt}{de + dt} \times \frac{h}{3} \text{ (m)}$$

$$e = \frac{L}{10} + 0,6 \text{ (m)}$$

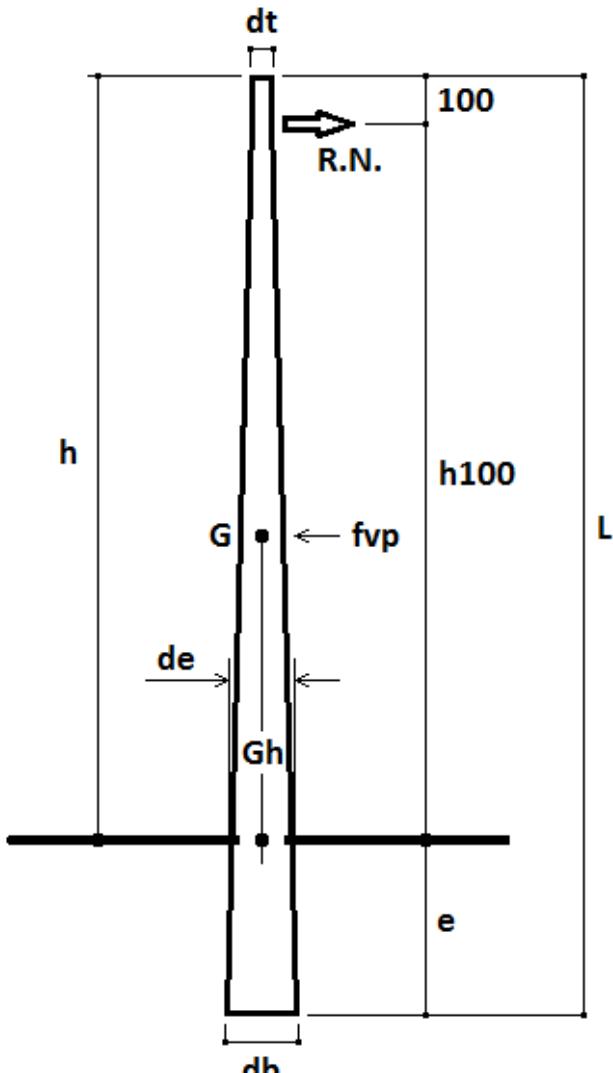


Figura 5

Tabela 2

Poste				Força do Vento no Poste, referida a 100 mm do topo						
Material	Comprimento	Carga ou Resistência Nominal	Engastamento	daN						
				Velocidade do vento - km/h						
				60	80	100	110	120	130	
Concreto Circular	9	150	1,5	12,24	21,77	34,01	41,15	48,98	57,48	
	9	300	1,5	14,18	25,20	39,38	47,65	56,71	66,56	
	11	300	1,7	18,49	32,87	51,36	62,15	73,96	86,80	
	11	600	1,7	20,09	35,71	55,79	67,51	80,34	94,29	
	11	1000	1,7	23,27	41,37	64,65	78,22	93,09	109,25	
	11	1500	1,7	28,06	49,88	77,93	94,30	112,22	131,70	
	12	300	1,8	20,78	36,95	57,74	69,86	83,14	97,57	
	12	600	1,8	22,53	40,06	62,59	75,73	90,13	105,77	
	12	1000	1,8	26,02	46,27	72,29	87,47	104,10	122,17	
	12	2000	1,8	34,76	61,79	96,55	116,83	139,03	163,17	
Fibra de vidro Circular	15	1000	2,1	34,83	61,92	96,75	117,07	139,32	163,51	
	18	1000	2,4	44,46	79,04	123,50	149,43	177,84	208,71	
	9	300	1,5	14,21	25,27	39,48	47,77	56,85	66,72	
	11	300	1,7	18,51	32,91	51,43	62,23	74,05	86,91	
Concreto Duplo T	11	600	1,7	19,66	34,95	54,61	66,07	78,63	92,28	
	12	600	1,8	22,09	39,26	61,35	74,23	88,34	103,68	
	9	300	1,5	21,55	38,31	59,86	72,43	86,20	101,16	
	11	300	1,7	28,78	51,17	79,96	96,75	115,14	135,13	
	11	600	1,7	28,78	51,17	79,96	96,75	115,14	135,13	

Nota:

$Pv \rightarrow$ Pressão do vento sobre superfícies planas (daN/m^2) $\rightarrow Pv = 0,00754 \times V^2$, utilizada para cálculo dos postes Duplo T.

4.1.2 Tração dos condutores

4.1.2.1 Postes em alinhamento reto



Figura 6

T → Tração de projeto do condutor, extraída do Anexo II

Se os vãos adjacentes forem iguais, $T_1 = T_2 \rightarrow R_t = 0$

4.1.2.2 Postes em final de linha

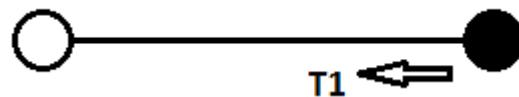


Figura 7

$$R_t = T_1$$

4.1.2.3 Postes em ângulos de deflexão

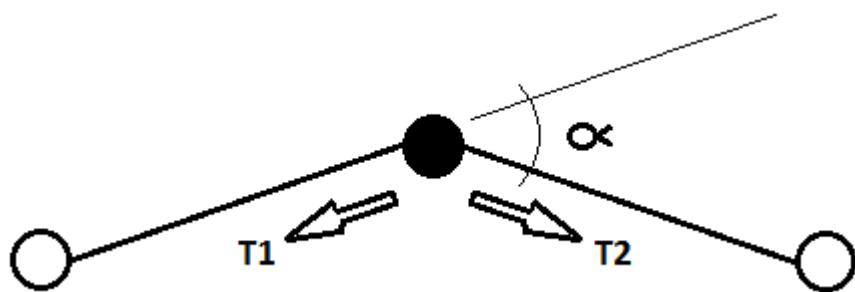


Figura 8

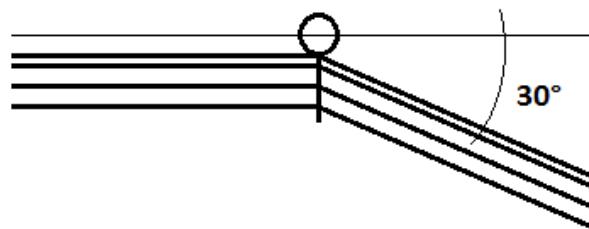
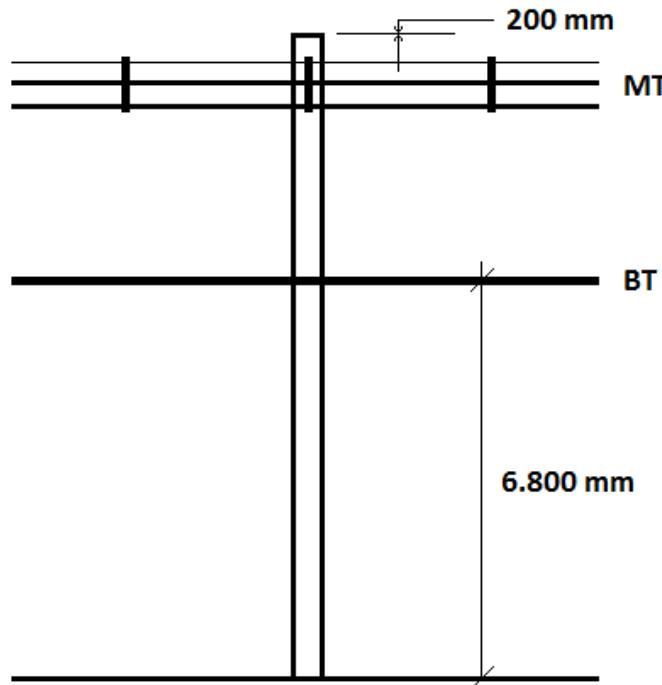
$$R_t = \sqrt{T_1^2 + T_2^2 + 2 \times T_1 \times T_2 \times \cos(180^\circ - \alpha)}$$

$$RP = C.N. \text{ ou } R.N. \text{ de } P = \sum \text{vetorial das Forças atuantes em } P, \text{ referidas a } 100 \text{ mm do topo}$$

Nota: Para se referir uma força aplicada em um ponto do poste, utiliza-se o conceito de Momento em relação ao ponto de engastamento do mesmo.

Exemplo 1:

Calcular a resistência mecânica mínima e a Carga Nominal, que o poste da figura abaixo deve possuir para que o mesmo permaneça em equilíbrio.



- MT → Rede Compacta em espaçadores 397,5 MCM – CA
- BT → Rede Multiplexada 240 mm² - CA
- Poste de concreto circular de 11 m (Inicialmente 600 daN)
- Considerar vento de 60 km/h
- Vãos adjacentes de 40 m

Vento:

$$Pv = 0,00471 \times 60^2 = 16,956 \text{ daN/m}^2$$

$$FvcMT = 2 \times 16,956 \times \frac{40 \times \cos\left(\frac{30}{2}\right)}{2} \times (3 \times 0,026 + 1 \times 0,0095) = 57,324 \text{ daN}$$

Ou, da tabela 1, Cabo MT-397,5MCM-CA-XLPE → 0,44 daN/m e Cordoalha de aço 9,5mm → 0,16daN/m

$$FvcMT = 2 \times 3 \times 0,44 \times \left(\frac{40 \times \cos\left(\frac{30^\circ}{2}\right)}{2} \right) + 2 \times 1 \times 0,16 \times \left(\frac{40 \times \cos\left(\frac{30^\circ}{2}\right)}{2} \right) = 57,183 \text{ daN}$$

Nota: A diferença verificada se dá por conta da “aproximação” dos valores da tabela, porém esses valores podem ser utilizados.

$$FvcBT = 2 \times 16,956 \times \frac{40 \times \cos\left(\frac{30}{2}\right)}{2} \times 0,0603 = 39,504 \text{ daN}$$

Ou, da tabela 1, cabo MTX-BT-240mm² → 1,03daN/m

$$FvcBT = 2 \times 1,03 \times \left(\frac{40 \times \cos\left(\frac{30^\circ}{2}\right)}{2} \right) = 39,796 \text{ daN}$$

$$FvP = 16,956 \times 2,632 = 44,628 \text{ daN}$$

$$S = 9,3 \times \left(\frac{0,19 + 0,376}{2} \right) = 2,632 \text{ m}^2$$

$$Gh = \left(\frac{0,376 + 2 \times 0,19}{0,376 + 0,19} \right) \times \left(\frac{9,3}{3} \right) = 4,141 \text{ m}$$

$$de = 9,3 \times 20 \text{ mm/m} + 190 = 376 \text{ mm} \rightarrow 0,376 \text{ m}$$

$$h = 11 - \left(\frac{11}{10} + 0,6 \right) = 9,3 \text{ m}$$

$$h100 = 9,3 - 0,1 = 9,2 \text{ m}$$

Tração:

$$RTMT = \sqrt[2]{671^2 + 671^2 + 2 \times 671 \times 671 \times \cos(180^\circ - 30^\circ)} = 347,335 \text{ daN}$$

$$RTBT = \sqrt[2]{788^2 + 788^2 + 2 \times 788 \times 788 \times \cos(180^\circ - 30^\circ)} = 407,899 \text{ daN}$$

Obs.: Todos os esforços devem ser referidos a 100 mm do topo, ponto de aplicação da carga nominal do poste.

$$FvcMT100 = \frac{9,1}{9,2} \times 57,183 = 56,561 \text{ daN}$$

$$FvcBT100 = \frac{7}{9,2} \times 39,796 = 30,28 \text{ daN}$$

$$FvP100 = \frac{4,141}{9,2} \times 44,628 = 20,087 \text{ daN} \text{ ou Tabela 2, } FvP100 = 20,09 \text{ daN}$$

$$RTMT100 = \frac{9,1}{9,2} \times 347,335 = 343,56 \text{ daN}$$

$$RTBT100 = \frac{7}{9,2} \times 407,899 = 310,358 \text{ daN}$$

$$\Sigma = 760,849 \text{ daN} \rightarrow \text{Poste de C.N. de 1.000 daN}$$

Nota: Como o poste resultante foi o de 1.000 daN, temos que recalcular a ação do vento no mesmo, então, pela tabela 2, temos que $FvP100 = 23,27$ daN, passando a resultante a ser $760,849 - 20,087 + 23,27 = 764,029$ daN, confirmando o poste de 1.000 daN.

Exemplo 2:

Considerando o exemplo 1 mais cinco redes de comunicação compartilhadas na mesma posteação e seguindo a deflexão das redes elétricas:

- Tração de projeto da cordoalha de aço que sustenta mecanicamente os cabos de comunicação → 100 daN
- Cabo de comunicação com diâmetro de 0,065 m
- Cordoalha de aço de 6,4 mm que sustenta o cabo de comunicação, com peso de 0,180 kg/m
- Alturas em relação ao solo dos cabos de comunicação – 5; 5,15; 5,30; 5,45 e 5,60 m.

$$F_{vcCCM} = 2 \times 16,956 \times \frac{40 \times \cos\left(\frac{30}{2}\right)}{2} \times (0,0064 + 0,065) = 46,776 \text{ daN}$$

$$F_{vcCCM100} = \frac{(5+5,15+5,30+5,45+5,60)}{9,2} \times 46,776 = 134,735 \text{ daN}$$

$$RT_{comunicação} = \sqrt[2]{100^2 + 100^2 + 2 \times 100 \times 100 \times \cos(180^\circ - 30^\circ)} = 51,764 \text{ daN}$$

$$RT_{comunicação100} = \frac{(5 + 5,15 + 5,30 + 5,45 + 5,60)}{9,2} \times 51,764 = 149,102 \text{ daN}$$

$\sum R = 764,029 + 134,735 + 149,102 = 1.047,866 \text{ daN}$ → A princípio teríamos que utilizar o Poste de C.N. de 1.500 daN, porém o poste possui uma propriedade que é o Limite de Carregamento Excepcional (Ver item 3.2) e, por bom senso, em função do custo, poderíamos continuar com o poste de 1.000 daN.

Nota: Caso fosse utilizado o poste de 1.500 daN, teríamos que recalcular a ação do vento no mesmo, então, pela tabela 2, temos que $F_{vP100} = 28,06 \text{ daN}$, passando a resultante a ser $1.047,866 - 23,27 + 28,06 = 1.052,656 \text{ daN}$, confirmando o poste de 1.500 daN.

4.1.3 Compressão

Para os esforços de compressão oriundos das montagens das redes aéreas, deve-se verificar se os momentos produzidos pelos pesos dos materiais, da rede e dos equipamentos são inferiores ao produzido pelo poste ao longo do mesmo.

Todo poste deve ser fabricado para satisfazer o diagrama resultante apresentado na figura abaixo (Figura extraída da NBR 8.451 - Postes de concreto armado e pretendido para redes de distribuição e de transmissão aéreas de energia elétrica).

Em um poste circular deve atender em qualquer direção e sentido.

Em um poste duplo T ou quadrado na direção e sentido da Resistência Nominal.

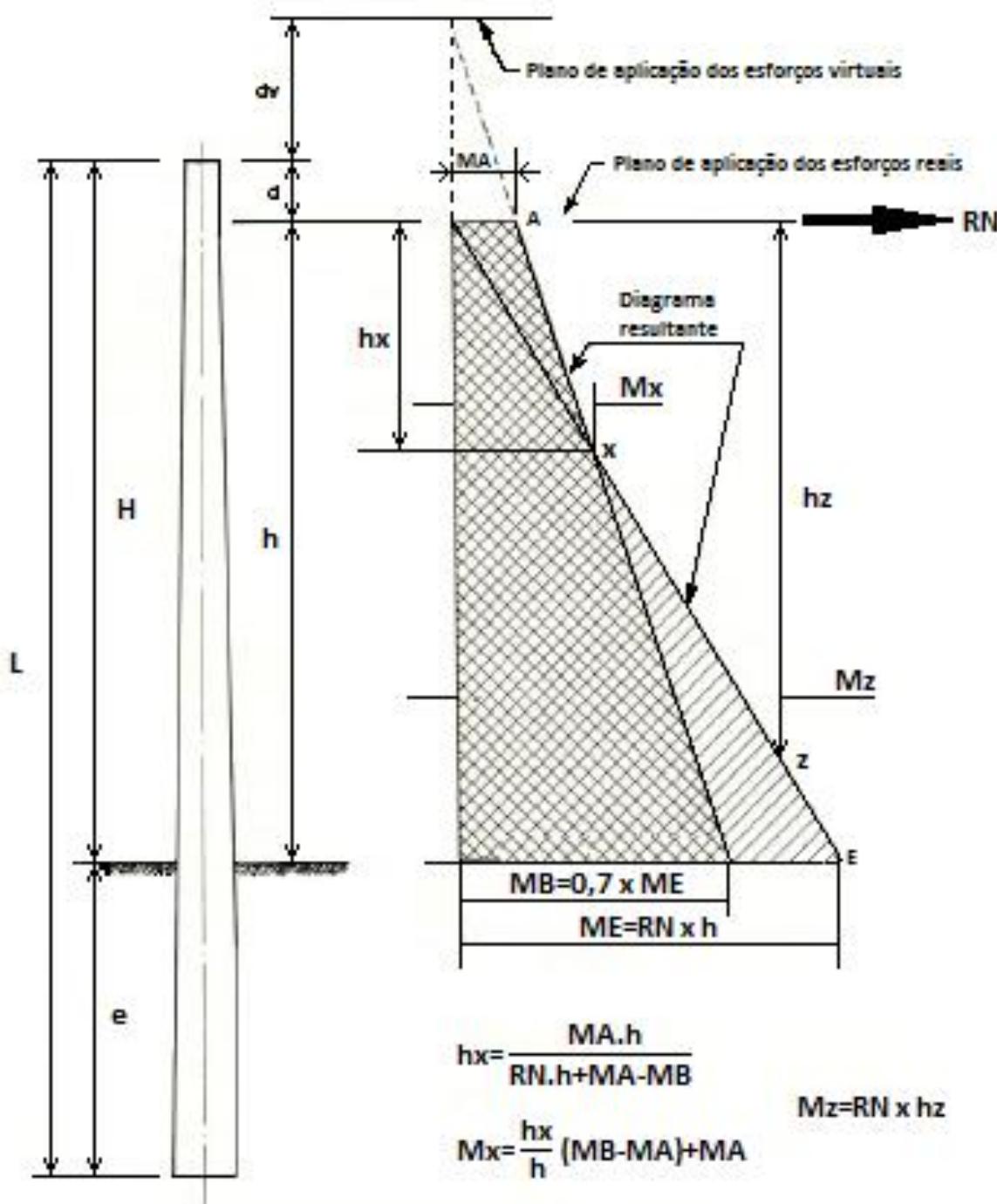


Figura 9

Legenda:

ME → Momento fletor produzido pela Resistência ou Carga nominal do poste na seção do engastamento.

MA e MB → Momentos fletores produzidos, respectivamente, pela resistência virtual na seção correspondente ao plano de aplicação dos esforços e pela resistência nominal na seção superior do engastamento.

Nota: MA e MB são produzidos devido a necessidade de superdimensionamento das seções próximas ao topo do poste;

4.1.3.1 Calculo dos momentos

4.1.3.1.1 Produzidos pelos materiais das estruturas:

Analisaremos a partir da pior condição apresentada atualmente que é a concentração dos condutores de um lado do poste, que é o que ocorre na estrutura tipo BECO (NBR-15.688).

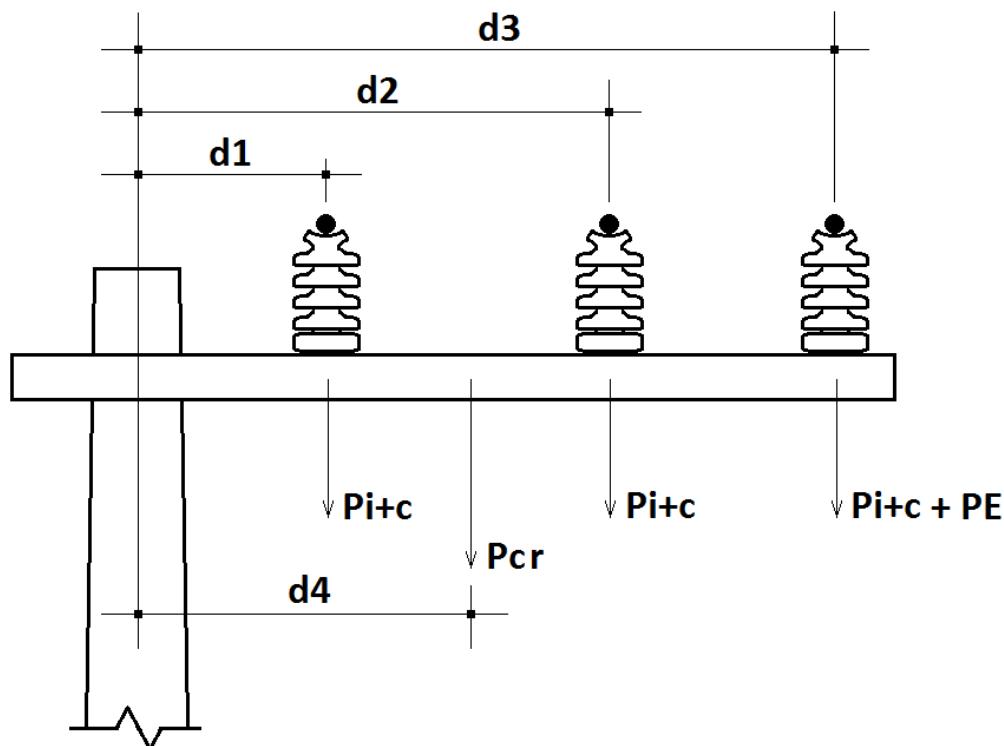


Figura 10

Legenda:

Pi+c → Peso do isolador + Peso do condutor para o vão considerado

PE → Peso do eletricista (atualmente considera-se 125 kg)

Pcr → Peso da cruzeta

$$MR = Pi+c \times d1 + Pi+c \times d2 + (Pi+c + PE) \times d3 + Pcr \times d4$$

Este Momento calculado deve ser inferior ao Momento Resistente do poste nesta seção.

4.1.3.1.2 Produzidos pelos equipamentos:

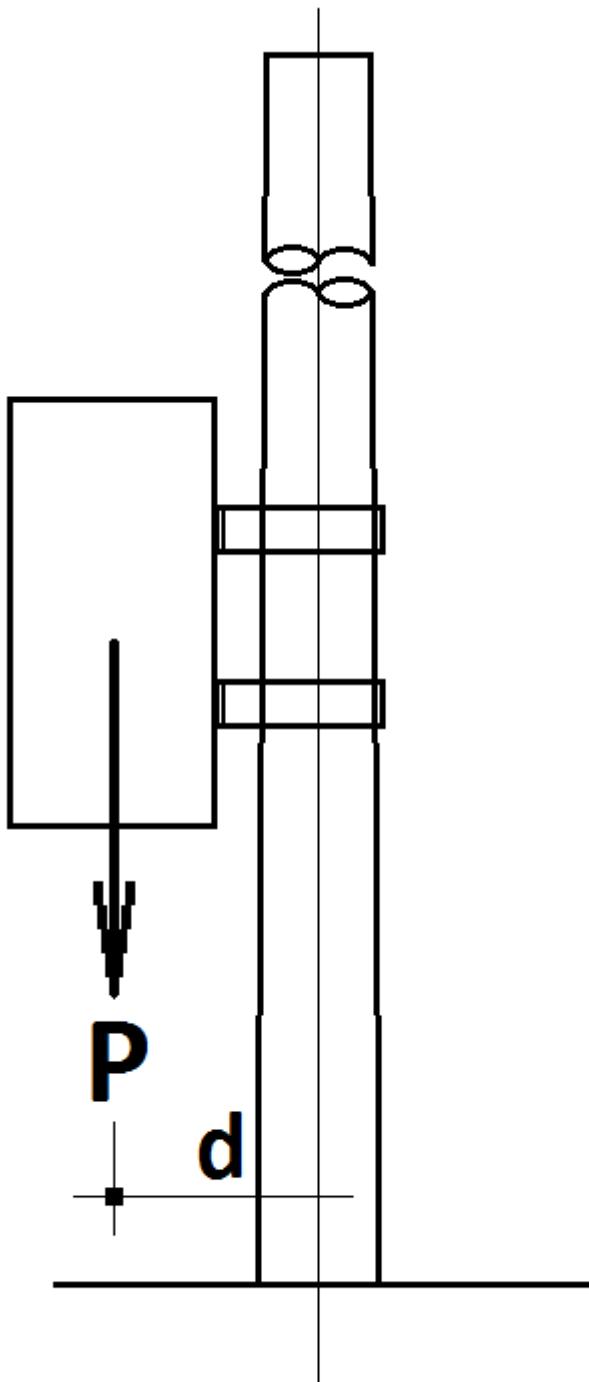


Figura 11

$$MP = P \times d$$

P → Peso do equipamento

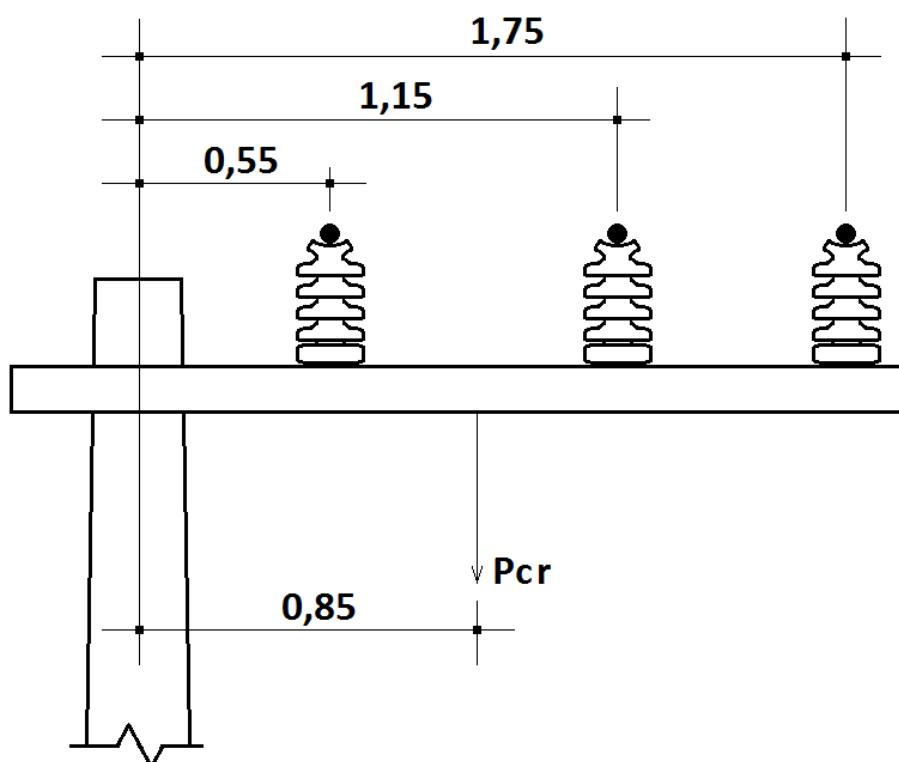
O Momento assim calculado, somado aos Momento das estruturas, deve ser inferior ao momento fletor na seção onde está instalado o equipamento.

Exemplo 3:

Seja um poste de 11 metros composto por uma rede primária montada em uma estrutura 13B1 com cabo 397,5 MCM - CA - NÚ + estrutura com Chaves fusíveis e Para-raios e um transformador de 112,5 kVA instalado a uma altura média de 7,0 m do solo e a 2,2 m do plano de aplicação dos esforços reais. Determinar a Carga nominal mínima do poste, devido aos esforços de compressão.

- Peso do isolador – 2 kg
- Peso da cruzeta – 30 kg
- Peso da chave fusível – 5 kg
- Peso do para-raios – 2 kg
- Peso do transformador – 800 kg
- Peso do condutor 397,5 MCM - CA – NÚ – 0,556 kg/m
- Vãos adjacentes de 40 m

- Momento “R” devido a estrutura com os cabos e acessórios


Figura 12

Para os vãos adjacentes de 40 m → $0,556 \times 40 = 22,24 \text{ daN} \times \text{m}$

$$\text{. MR} = [(2 + 22,24) \times 0,55] + [(2 + 22,24) \times 1,15] + [(2 + 22,24 + 125) \times 1,75] + (30 \times 0,85) = 327,878 \text{ daN} \times \text{m}$$

- Momento “F” devido a estrutura com Beco + chave fusivel + para raios na direção de 13B1
- . MF = $[(5 + 2) \times 0,55] + [(5 + 2) \times 1,15] + [(5 + 2) \times 1,75] + (2 \times 30 \times 0,85) = 70,25 \text{ daN} \times \text{m}$

- Momento “T” devido ao transformador (no mesmo lado das estruturas acima)

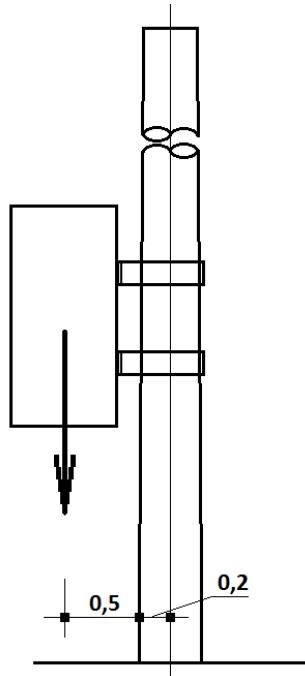


Figura 13

$$\therefore MT = 800 \times (0,5 + 0,2) = 560 \text{ daN} \times \text{m}$$

Para um poste de 11m, no caso da estrutura em análise, para um poste de resistência nominal de 300 daN, teríamos:

$$ME = 300 \times 9,2 = 2.760 \text{ daN} \times \text{m}$$

$$MB = 1.932 \text{ daN} \times \text{m}$$

$$h \text{ interseção} = \frac{450 \times 9,2}{2.760 + 450 - 1.932} = 3,239 \text{ m}$$

$$M_{2,2} = \frac{2,2}{9,2} \times (1.932 - 450) + 450 = 804,391 \text{ daN} \times \text{m}$$

$$\sum M \text{ em } 7 \text{ m} = MR + MF + MT = 327,878 + 70,25 + 560 = 958,128 \text{ daN} \times \text{m}$$

Concluímos que: $\sum M_{7m} > M_{\text{poste}}$ → O poste 11/300 não atende e neste caso, passaremos a análise do poste de resistência nominal imediatamente superior que é o 11/600 daN.

$$ME = 900 \times 9,2 = 8.280 \text{ daN} \times \text{m}$$

$$MB = 5.796 \text{ daN} \times \text{m}$$

$$M_{2,2} = \frac{2,2}{9,2} \times (5.796 - 900) + 900 = 2.070,783 \text{ daN} \times \text{m}$$

Como $M_{\text{poste}} > \sum M_{7m}$ → Poste de 11 m / 600 daN

5 - Resistência de Engastamento dos postes

5.1 Premissas:

- Os valores da resistência do engastamento dos postes padronizados pela LIGHT, constantes na tabela 3, foram calculados pelo Método VALENSI (Francês), conforme RTD CODI-21.03.
- O método VALENSI é aplicado para verificação da estabilidade dos engastamentos Simples, com Base Reforçada e com Base Concretada, considerando coeficiente de compressibilidade $C = 2.000 \text{ daN/m}^3$, conicidade 20 mm/m para poste de concreto circular, distância entre o nível do solo e a face superior do reforço igual a 0,30 metros.
- As Resistências constantes na tabela 3 para as fundações, admitem terrenos médios e firmes. Para terrenos com características de pântano (terrenos alagados) ou engastamentos que requeiram fundações especiais, as respectivas resistências devem ser calculadas considerando-se como casos particulares e de acordo com critérios adotados pela LIGHT.

5.2 Diretrizes:

- Postes em alinhamento reto nas áreas urbanas dificilmente requerem base concretada. Em áreas rurais deve-se fazer um estudo considerando-se o tamanho dos vãos adjacentes e o vento máximo na região.
- Todos os postes de FINAL de rede ou que contenham equipamentos, devem ter suas bases CONCRETADAS.
- Para os demais casos, a escolha do tipo de engastamento, deve ser precedida de um estudo mecânico considerando-se a Resultante dos esforços atuantes na estrutura (Trações de projeto, vento, peso dos equipamentos, etc.) referenciada a 100mm do topo do poste.
- Através da Resultante dos esforços atuantes na estrutura, comparar com as Resistências máximas contidas na tabela 3 para determinação do tipo de engastamento a ser utilizado, bem como profundidade e diâmetro do buraco.

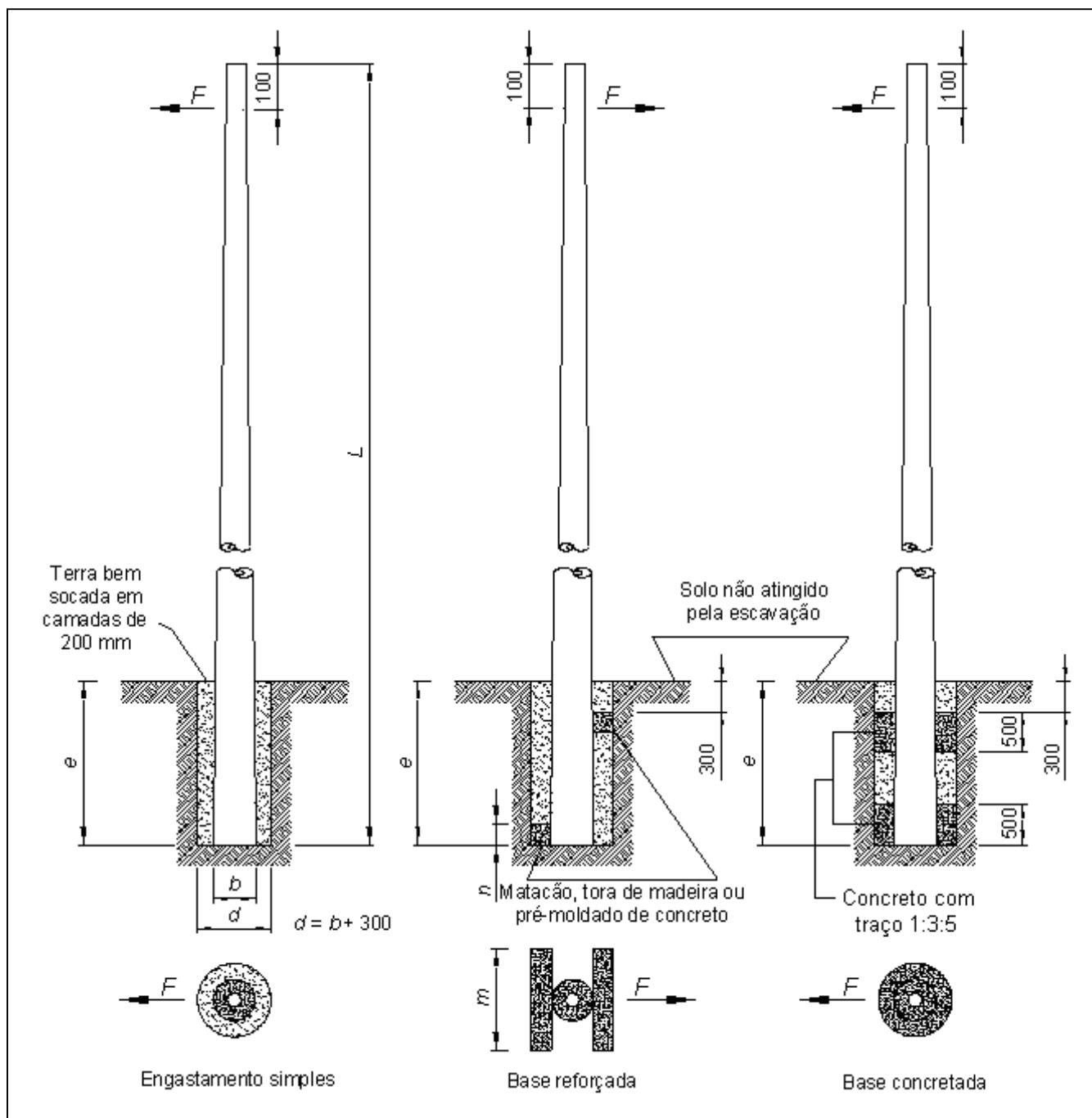


FIGURA 14 – Tipos de Engastamento de poste - Detalhes da fundação

F = Resultante dos esforços aplicados no poste
milímetros

Dimensões em
milímetros

NOTAS:

- A profundidade padrão de engastamento “ e ”, para qualquer tipo de poste, é geralmente calculada pela equação:

$$e = \frac{L}{10} + 0,60 \text{ (m)}$$

Onde,

" e " é o engastamento, expresso em metros (m) com valor mínimo igual a 1,50 metros;

L é o comprimento do poste, expresso em metros (m).

Notas:

- No engastamento simples, o terreno em volta do poste deve ser reconstruído, socando-se compactamente camadas de 0,20 metros de terra, até o nível do solo. Recomenda-se misturar brita, cascalho ou pedras, na terra de enchimento do buraco e molhar antes de socar energicamente as camadas de reconstituição do solo, conforme Figura 12.
- No engastamento com base reforçada, o matacão, placa ou escora devem ter uma espessura mínima que proporcione rigidez mecânica.
- No engastamento com base concretada, o traço refere-se a 1 volume de cimento Portland, 3 de areia e 5 de pedra britada nº2. O tempo de cura depende do cimento utilizado.
- No engastamento com base concretada, para evitar a aderência do concreto no poste, recomenda-se protegê-lo com plástico.
- No engastamento com base concretada, o terreno deve ser reconstituído de maneira análoga ao engastamento simples.

Tabela 3

Poste			Engastamento							
Comprimento m	Carga nominal daN ou kgf	Carga máxima permissível	Profundidade m	Circular			Resistência			
				Diâmetro do buraco		Concretada	Simples	Base reforçada	Concretada	
				Simples	Base reforçada					
m	daN ou kgf	daN ou kgf	m						daN ou kgf	
9	150	210	1,5	0,62		0,62	231		415	
	300	420		0,65	0,2 x 1,00	0,65	254	360	441	
11	300	420	0,75	0,69	0,2 x 1,00	0,7	336	430	554	
	600	840		0,71	0,2 x 1,00	0,8	354	440	643	
	1000	1400				0,8	390	480	653	
						0,9			740	
						1			826	
						1,1			912	
						1,2			997	
						1,3			1083	
						1,4			1168	
						1,5			1253	
						1,6			1338	
						1,7			1423	
	1500	2100				1,8	443	520	1116	
						1,9			1204	
						2			1293	
						2,1			1382	
						2,2			1470	
						2,3			1558	
						2,4			1647	
						2,5			1735	
									1823	
									1911	
									1999	
									2087	
									2175	
12	300	420	0,77	0,71	0,2 x 1,00	0,71	384	450	605	
	600	840		0,73	0,2 x 1,00	0,8	404	460	693	
	1000	1400				0,8	443	520	701	
						0,9			794	
						1			887	
						1,1			979	
						1,2			1071	
						1,3			1163	
						1,4			1254	
						1,5			1346	
						1,6			1437	
	2000	2800				1,7	502	570	1123	
						1,8			1222	
						1,9			1321	
						2			1419	
						2,1			1598	
						2,2			1616	
						2,3			1713	
						2,4			1811	
						2,5			1909	
						2,6			2006	
						2,7			2104	
						2,8			2201	
						2,9			2298	
15	1000	1400	1,8	0,83	0,2 x 1,00	3	633	640	2395	
						4			2492	
						5			2589	
						6			2686	
						7			2783	
9	300	420	2,1	0,83	0,2 x 1,00	8	633	640	2880	
						9			978	
						10			1092	
						11			1206	
						12			1319	
11	300	420	1,5	0,65	0,2 x 1,00	13	633	640	1432	
11	600	840	1,7	0,69	0,2 x 1,00	14	280	380	450	
						15			510	
						16			950	

Exemplo 4:

Para os exemplos 1, 2 e 3, determinar os tipos de engastamentos a serem utilizados:

- Para o exemplo 1, o poste definido foi o de 1.000 daN devido a Resultante dos esforços apresentar o valor de 764,029 daN. De acordo com a tabela 3, o engastamento recomendado seria o de base concretada com diâmetro do buraco de 1,0 m.

- Para o exemplo 2, o poste definido foi o de 1.000 daN devido a Resultante dos esforços apresentar o valor de 1.047,866 daN. De acordo com a tabela 3, o engastamento recomendado seria o de base concretada com diâmetro do buraco de 1,3 m.

Nota: Caso passássemos para o poste de 1.500 daN, com a Resultante passando para 1.052,656 daN, o diâmetro do buraco seria de 1,3 m.

- Para o exemplo 3, o poste definido foi o de 600 daN devido a compressão do transformador e dos materiais, porém a Resultante dos esforços de tração seria aproximadamente 0 (zero) DaN. Então o engastamento deve ser o mínimo para suportar a carga nominal do poste que, de acordo com a tabela do item 5, o engastamento recomendado seria o de base concretada com diâmetro do buraco de 0,8 m.

6 - Estaiamento

Quando os esforços atuantes em uma estrutura ultrapassam a Carga Nominal do poste, o esforço excedente dever ser absorvido por qualquer um dos tipos de estais existentes e mencionados a seguir.

Nota: Na LIGHT os estais são também conhecidos por tirantes ou espias.

6.1 Tipos de estais:

- . De poste a poste
- . De poste a âncora

6.2 Principais materiais utilizados nos conjuntos dos estais:

6.2.1 Cabos de aço:

Os cabos de aço têm a finalidade de transferir os esforços excedentes na estrutura ao suporte considerado conforme o caso apresentado.

Tabela 4

Cordoalhas de aço galvanizado				
Diâmetro nominal em polegadas	Diâmetro nominal em milímetros	Peso aproximado em kg/m	Carga de ruptura mínima em daN	Item
1/4 - AR	6,4	0,180	2.160	926-846-9
5/16 - AR	7,9	0,305	3.630	323-218-5
3/8 - AR	9,5	0,407	4.900	323-219-3

Nota: De acordo com a norma ABNT-NBR-5.909

6.2.2 Âncora:

É constituída normalmente de uma haste de aço galvanizado fixada a uma placa de concreto ou de aço, enterrada a uma determinada profundidade no solo, conforme ilustrado na figura abaixo.

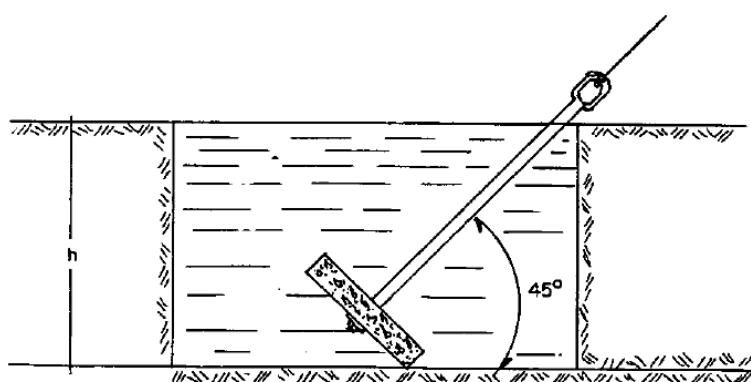


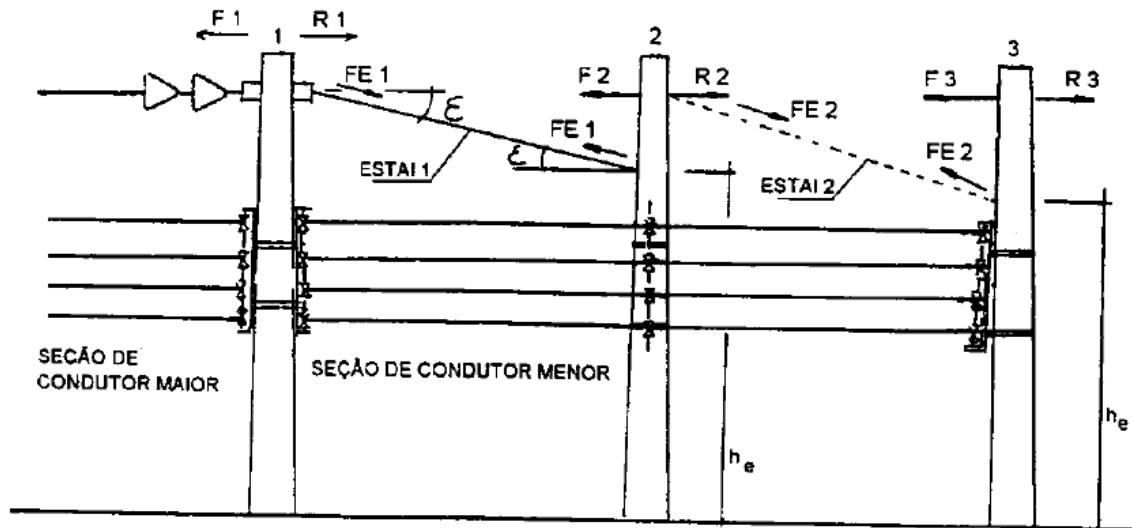
Figura 15

6.3 Cálculo de Estais:

6.3.1 De poste a poste:

6.3.1.1 Ao longo da rede:

O estai de poste a poste deve absorver todo o esforço excedente atuando sobre o poste 1, devido aos esforços resultantes do circuito primário e secundário, conforme figura a seguir:



$R_1 ; R_2 ; R_3$ – Cargas Nominais dos postes 1,2 e 3;

$F_1; F_2; F_3$ - Somatório dos esforços aplicados nos postes 1, 2 e 3;

FE_1 e FE_2 - Esforços nos estais 1 e 2

No caso de $F_1 > R_1$

$$F_{10} = R_{p10} + R_{s10} \dots R_{p100} = \frac{h_p}{h_{100}} (3 \times T_p) \quad \text{e}$$

$$R_{S100} = R_{S100} (\text{seção maior}) - R_{S100} (\text{seção menor})$$

$$\text{calculado por : } R_{S100} = T_s \times \sum h_s \text{ ou } T_s \times \frac{(h_n + h_a + h_b + h_c)}{h_{100}}$$

$$FE_1 \cos \varepsilon = F_1 - R_1$$

$$F_2 = FE_1 \cos \varepsilon \times \frac{h_e}{h_{100}}, \text{ Nota : Considerando-se } R_s \text{ no poste 2} = 0$$

Se ainda $F_2 > R_2 \dots$

$$FE_2 \cos \varepsilon = F_2 - R_2$$

$$F_3 = FE_2 \cos \varepsilon \times \frac{h_e}{h_{100}} + R_{s3} \times \sum \frac{h_{s3}}{h_{100}} \rightarrow R_{s3} = T_{cs \text{ menor}} \dots \text{que deve ser menor que } R_3$$

$$FE_2 \cos \varepsilon = (F_1 - R_1 - R_2)$$

Nota:

O esforço absorvido pelo cabo de aço do estai pode ser transferido para um ou mais postes. Na prática recomenda-se transferi-lo para, no máximo, dois postes.

Considerando-se a grande variedade de combinação de esforços, levando-se em conta a rede primária e secundária, torna-se difícil definir uma situação típica para o cálculo da bitola do cabo de aço. Entretanto os esforços resultantes deverão ser limitados em função da resistência da cordoalha de aço (Ver Tabela 4) e coeficiente de segurança 2, bem como, pela resistência do poste que suporta o estai ou tirante.

6.3.1.2 Em fins de rede:

O esforço resultante atuando sobre o último poste, poderá ser absorvido pelo próprio poste ou transferir a outro poste conforme figura abaixo, o qual atuará provisoriamente como um contra-poste.

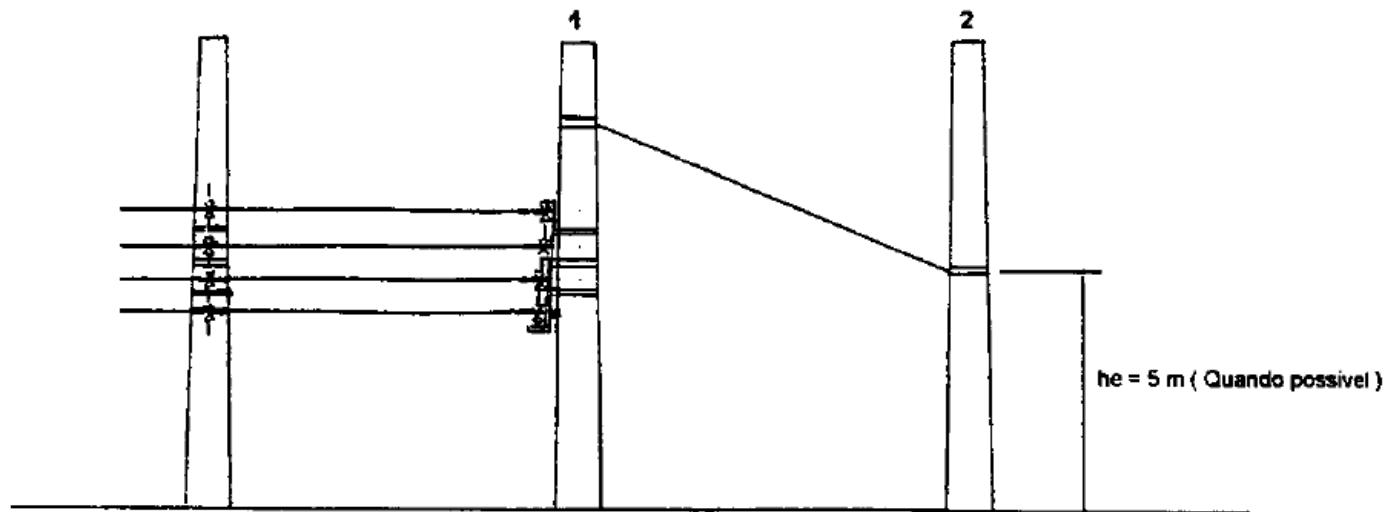


Figura 16

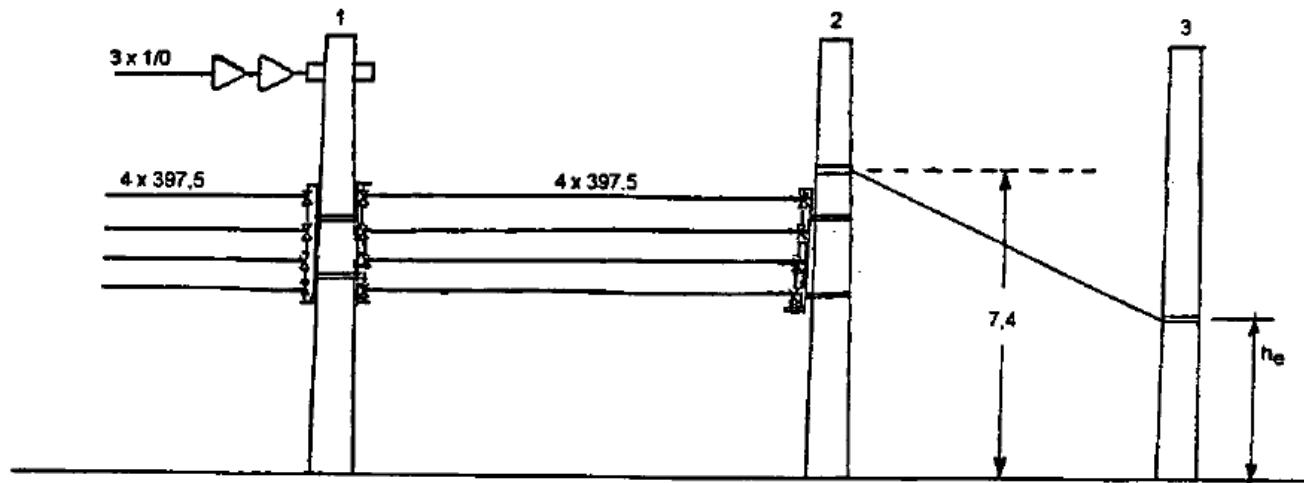
A opção de se utilizar um poste como contra-poste, dependerá basicamente dos seguintes aspectos:

- Possibilidade de uma futura extensão de rede;
- Custo de instalação de um poste menor, que atuará como contra-poste incluindo a retirada, comparado com o custo do poste para extensão da rede.

Exemplo 5:

Considerando-se a configuração abaixo, calcular as Resistências Nominais dos postes 1 e 2, a cordoalha que deve ser utilizada como “estai”, bem como a Resistência Nominal do poste 3, a ser utilizado como contra-poste.

Nota: Desprezar a ação do vento.



No poste 1, supondo o mesmo 11m ...

$$R_{100} = Rp = \frac{9,1}{9,2} \times 3 \times TpjAT = \frac{9,1}{9,2} \times 3 \times 74,1 = 219,90 \text{ daN} \rightarrow \text{O poste 1 pode ser o de } 300 \text{ daN.}$$

Supondo o poste 2 de 9m:

$$R_{100} = TpjBT = \frac{465,2 \times (6,8 + 6,6 + 6,4 + 6,2)}{7,4} = 1.634,5 \text{ daN}$$

Tornando inviável a sua utilização, pois o poste que tem maior R.N. é o de 300 daN, daí, vamos partir para o poste de 11m/600daN ...

$$\text{Esforço excedente} \Rightarrow 1.634,5 - \frac{9,2}{7,4} \times 600 = 888,554 \text{ daN}$$

Empregando-se um estai do poste 2, instalado a 7,4 m do solo, ao poste 3, instalado a 5 m do solo, com a finalidade de absorver o esforço excedente acima e um poste de 9 m como contra-poste, teríamos:

$$\text{Esforço a } 100\text{mm do poste de } 9\text{m} \Rightarrow \frac{888,554 \times 5}{7,4} = 600,374 \text{ daN}$$

O que inviabiliza um poste de 9/300daN. O poste 3 também teria que ser o 11/600daN.

O cabo de aço do estai será: cabo 1/4 => $R_{RUP}=2.160$ daN,

Considerando-se um Fator de segurança = 2 $\Rightarrow \frac{2.160}{2} = 1.080$ daN \Rightarrow OK !

Altura em que o estai pode ser fixado no poste 3: $600,374 \times h_E = 600 \times 7,4 \rightarrow h_E \approx 7,4\text{m}$

6.3.2 De poste a âncora:

Utilizado em fins de rede quando o local permite, o estai deve absorver todo o esforço excedente na estrutura e transferi-lo para o solo, conforme figura abaixo:

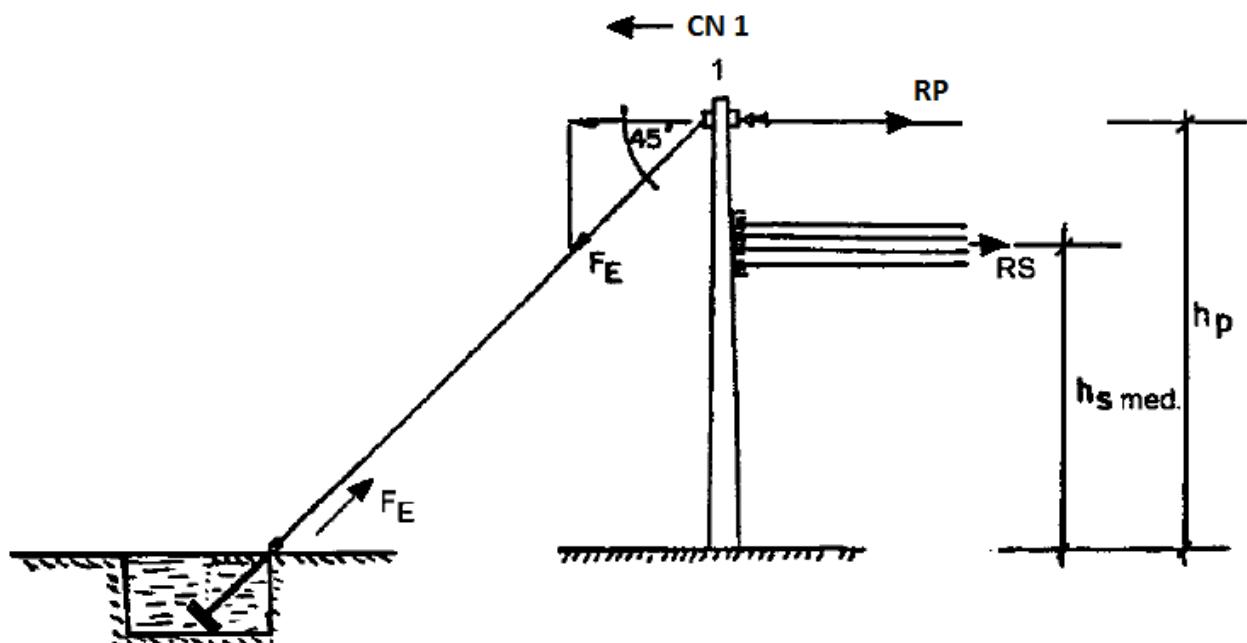


Figura 17

$$\sum F_1 = \left(\frac{Rp \times hp}{h100} + Rs \times \frac{4 \times hs \text{ medio}}{h100} \right) - CN1$$

$$F_E = \frac{\sum F_1}{\cos 45^\circ}$$

Nota: O esforço máximo que o solo e consequentemente a âncora deve suportar é calculado a partir do peso do tronco de pirâmide, conforme ilustrado na figura a seguir, onde a base inferior corresponde a projeção da superfície da placa de concreto, e a base superior a superfície do terreno delimitada pelas faces laterais do tronco. O ângulo de inclinação das faces laterais, conhecido como ângulo de deslizamento ou ângulo de talude natural é definido em função do tipo de terreno.

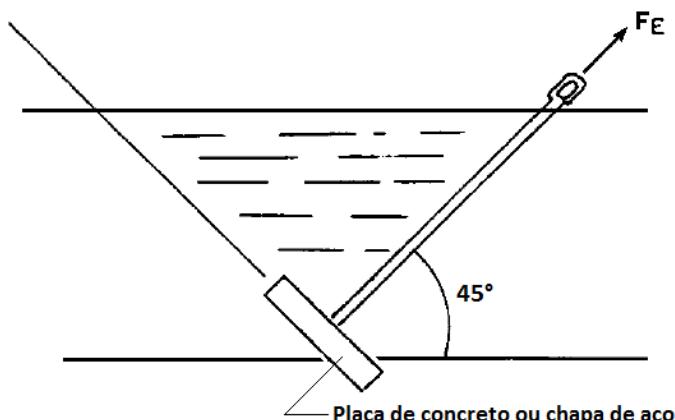


Figura 18

Tabela 5

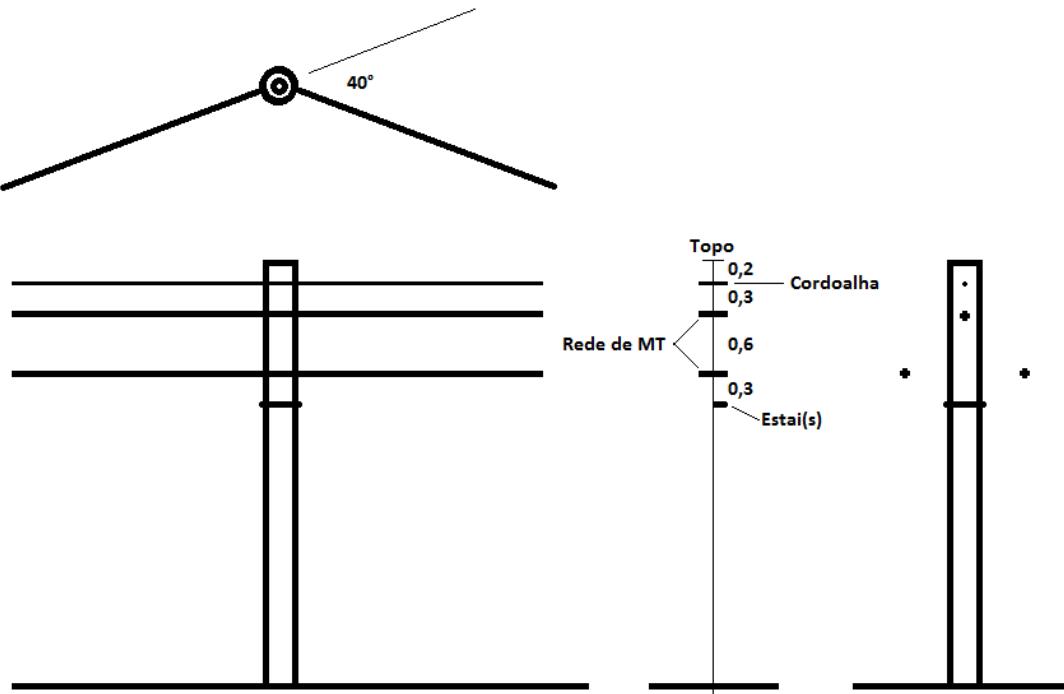
Natureza do terreno	Grau de compressibilidade daN/m ³	Suportabilidade do engastamento de âncora e do Estai – FE máximo daN	
		Placa de concreto padrão C x L x E m 1,00 m x 0,283 m x 0,10 m	Chapa para âncora C x L x E m 0,32 m x 0,32 m x 0,062 m
Areia fina	280	352	152
Areia grossa	670	843	363
Argila úmida	520	654	282
Argila seca	720	906	390
Terra úmida	960	1.208	521
Terra mole média	2.000	2.517	1.085
Terra mole forte	3.000	3.776	1.627

C – Comprimento; L – Largura; E – Espessura

Nota: Quando não houver especificação quanto a natureza do terreno, utilizar a “Terra mole média” como referência.

Exemplo 6:

Para o poste da situação abaixo determinar o número de estais para que o mesmo fique em equilíbrio:



Dados:

- Poste 15 metros / 1.000 daN
- Vãos adjacentes – 200 metros
- Rede de MT – Cabo 397,5MCM-CA – Tpj = 670 daN
- Cordoalha de aço para-raios – 9,5 mm – Tpj = 534 daN
- Vento de 100 km/h

$F_{vc397} \rightarrow$ Tabela 1 $\rightarrow 0,87$ daN / m

$F_{vc9,5} \rightarrow$ Tabela 1 $\rightarrow 0,45$ daN / m

$F_{vP100} \rightarrow$ Tabela 2 $\rightarrow 96,75$ daN

$$F_{vc} 397\ 100 = 1 \times \frac{11,8}{12,8} \times 0,87 \times \left(2 \times 100 \times \cos\left(\frac{40}{2}\right) \right) + 2 \times \frac{12,4}{12,8} \times 0,87 \times \left(2 \times 100 \times \cos\left(\frac{40}{2}\right) \right) \\ = 467,5 \text{ daN}$$

$$F_{vc} 9,5\ 100 = \frac{12,8}{12,9} \times 0,45 \times \left(2 \times 100 \times \cos\left(\frac{40}{2}\right) \right) = 83,9 \text{ daN}$$

$$R\ 9,5 = \sqrt[2]{534^2 + 534^2 + 2 \times 534 \times 534 \times \cos(180 - 40)} = 365,3 \text{ daN}$$

$$R\ 9,5\ 100 = \frac{12,8}{12,9} \times 365,3 = 362,5 \text{ daN}$$

$$R\ 397 = \sqrt[2]{670^2 + 670^2 + 2 \times 670 \times 670 \times \cos(180 - 40)} = 458,3\ daN$$

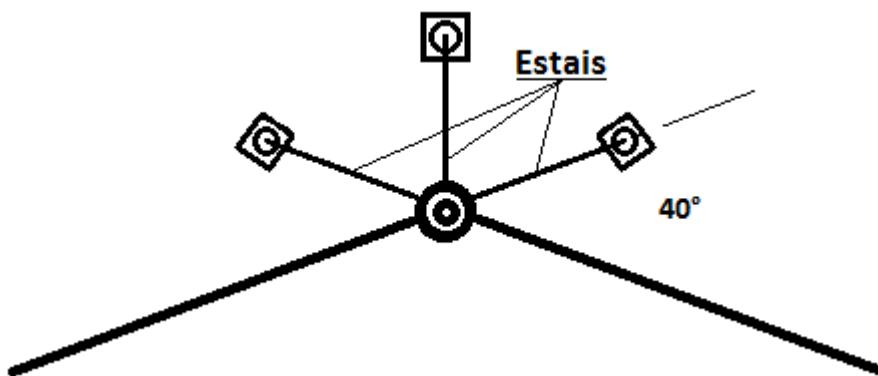
$$R\ 397\ 100 = 1 \times \frac{12,4}{12,8} \times 458,3 + 2 \times \frac{11,8}{12,8} \times 458,3 = 1.289\ daN$$

$$RT\ 100 = 2.299,65\ daN$$

$$Esforço\ excedente\ no\ poste = 2.299,65 - 1.000 = 1.299,65\ daN$$

Utilizando o estai de chapa para âncora. Como não temos indicação do tipo de terreno, utilizaremos a “Terra mole média”, com suportabilidade de 1.085 daN.

Como o esforço excedente é maior que a suportabilidade do engastamento na direção da resultante dos esforços, utilizaremos mais dois estais, cada um na direção das linhas:



$$R\ estais = 1.085 + \sqrt[2]{1.085^2 + 1.085^2 + 2 \times 1.085 \times 1.085 \times \cos 140^\circ} = 1.827,2\ daN$$

$$R\ estais\ 100 = 1.827,2 \times \frac{11,4}{12,8} = 1.627,35\ daN$$

$R\ estais\ 100 > Esforço\ excedente\ no\ poste \rightarrow 3\ estais$

ANEXO I - POSTES DO PADRÃO ATUAL

Material	Comprimento (m)	Carga Nominal (daN)	MA mínimo (daN x m)	Diâmetro do topo (mm)	Diâmetro da base (mm)
Concreto circular	18	1.000	900	230	530
	15	1.000	900	230	530
	12	2.000	900	290	530
		1.000	900	230	470
		600	900	190	430
		300	450	170	410
	11	1.500	900	290	510
		1.000	900	230	450
		600	900	190	410
		300	450	170	390
	9	300	450	170	350
		150	225	140	320
Concreto Duplo T	11	150 / 300	300 / 400	140 / 110	448 / 330
		300 / 600	400 / 600		
	9	150 / 300	300 / 400		392 / 290
Polimérico	12	600	900	190	412
	11	600	900	190	391
		300	450	170	391
	9	300	450	170	352

Nota: Conicidade de 20 mm/m

ANEXO II - TABELA DE TRAÇÕES DE PROJETO DAS REDES DA LIGHT

	TIPO DE REDE	TRAÇÃO DE PROJETO - daN
PRIMÁRIA	Rede Convencional com condutor nu – 556MCM-CA	243 / Condutor
	Rede Convencional com condutor nu – 397MCM-CA	177 / Condutor
	Rede Convencional com condutor nu – 1/0AWG-CAA	75 / Condutor
	Rede Compacta em espaçadores com condutor coberto – 397MCM-CA-XLPE	671
	Rede Compacta em espaçadores com condutor coberto – 1/0AWG-CAA-XLPE	349
	Rede Multiplexada de MT com condutor 185mm ²	901
	Rede Multiplexada de MT com condutor 50mm ²	415
	Rede Multiplexada de MT com condutor 240mm ²	829
	Rede Multiplexada de MT com condutor 120mm ²	512
	Rede Multiplexada de MT com condutor 35mm ²	313
	Rede MBNM	Rede convencional com condutor nu + Rede Multiplexada de BT + Rede de Multiplexada de IP
	Rede RCSN	Rede Compacta em espaçadores com condutor coberto + Rede Multiplexada de BT + Rede de Multiplexada de IP
SECUNDÁRIA	Rede convencional com condutor coberto – 397MCM - CA-PVC	466 / Condutor
	Rede convencional com condutor coberto – 1/0AWG - CAA-PVC	131 / Condutor
	Rede Multiplexada de BT com condutor 240mm ²	788
	Rede Multiplexada de BT com condutor 185mm ²	630
	Rede Multiplexada de BT com condutor 70mm ²	270
	Rede Multiplexada de BT com condutor 4/0-AWG	300
	Rede Multiplexada de BT com condutor 3/0-AWG	275
	Rede Multiplexada de BT com condutor 1/0-AWG	200
	Rede Blindada de BT com cabo armado 240mm ²	700
	Rede Blindada de BT com cabo armado 95mm ²	395
IP	Rede Multiplexada de BT com condutor 4-AWG	100

ANEXO III – TABELA DE CONDUTORES PADRONIZADOS NA LIGHT

CONDUTOR	DIÂMETRO EXTERNO mm	PESO Kg/km
556MCM-CA, Nu	22	779
397MCM-CA, Nu	18,4	558
1/0AWG-CAA, Nu	10,2	217
4 AWG-CAA, Nu	6,4	85
397MCM-CA, coberto com XLPE, 34,5 kV	34	1.195
397MCM-CA, coberto com XLPE, 13,2 kV	26	749
1/0AWG-CAA, coberto com XLPE	17	370
4 AWG-CAA, coberto com XLPE	13,2	193
240mm ² -CA, coberto com XLPE, 34,5 kV	38	1.360
240mm ² -CA, coberto com XLPE, 13,2 kV	27	875
70mm ² -CA, coberto com XLPE	18	315
185mm ² , MTX-MT	88	4.430
50mm ² , MTX-MT	67	2.480
397MCM-CA, coberto com PVC	24	660
1/0AWG-CAA, coberto com PVC	13,2	192
240mm ² , MTX-BT	61	2.745
185mm ² , MTX-BT	58	2.334
70mm ² , MTX-BT	30	1.008
4/0-AWG, MTX-BT	34,7	1.560
3/0-AWG, MTX-BT	31,3	1.270
1/0-AWG, MTX-BT	25,5	834
4-AWG, MTX-BT	16,3	349
Cabo armado 240mm ²	65	5.250
Cabo armado 95mm ²	43	2.300
Cordoalha de aço 3/8"	9,5	407