
SUMÁRIO

1	OBJETIVO.....	3
2	PARÂMETROS DAS LT	3
3	DADOS DO PROJETO.....	4
3.1	Dados Climatológicos ao longo da LT	4
3.2	Velocidades de Ventos	4
3.3	Pressões de vento.....	4
4	FAIXA DE SERVIDÃO.....	5
5	CARACTERÍSTICAS GERAIS DA LINHA DE TRANSMISSÃO	5
5.1	Cabo Condutor e Cabos Para-raios.....	5
5.2	Temperatura de Locação / Condição de Flecha Máxima	7
5.3	Isoladores.....	7
5.4	Cadeias de Isoladores e Ferragens do Cabo Condutor	7
5.5	Ferragens dos Cabos para-raios	8
5.6	Cabo Contrapeso	8
5.7	Série de Estruturas.....	9
5.8	Condições de Governo dos Cabos	9
6	CRITÉRIOS PARA LOCAÇÃO DAS ESTRUTURAS.....	13
6.1	Descrição da Plotação Automática Otimizada	13
6.2	Preparo do Banco de Dados.....	13
6.3	Parâmetros e Valores Utilizados na Preparação do Banco de Dados.....	15
6.4	Estruturas.....	17
7	DOCUMENTOS – PRODUTO GERADO.....	19
7.1	Projeto de Locação Inicial.....	19
7.2	Projeto de Locação Final.....	20
8	REFERÊNCIAS	20

1 OBJETIVO

Apresentar os critérios a serem utilizados nos projetos das LTs em 230 kV, circuito simples, Atlântida 2 – Torres 2 e Torres 2 – Forquilha, integrantes do lote Q do Edital de Leilão nº 013/2015 ANEEL.

2 PARÂMETROS DAS LT

2.1 Os comprimentos das Linhas de Transmissão 230 kV, circuito simples, Atlântida 2 - Torres 2 e Torres 2 - Forquilha são 63 km e 70 km, respectivamente.

2.2 Conforme opção feita no Projeto Básico, a LT utiliza a seguinte configuração de condutores [1]:

Feixe formado por 1 condutor CAA 1113 kcmil, formação de 45/7, BLUEJAY.

2.3 As configurações adotadas para os cabos para-raios foram feitas com base nos níveis de curto circuito, definindo-se a seguinte utilização [1]:

LT 230 kV (CS) Atlântida 2 – Torres 2

Trecho	Cabos Para-raios
--------	------------------

▪ Junto à SE Atlântida 2 (6 km)	
---------------------------------	--

	1 cabo CAA Dotterel + 1 cabo OPGW1
--	------------------------------------

▪ Junto à SE Torres 2 (5 km)	
------------------------------	--

▪ Restante da LT (52 km)	
--------------------------	--

	1 cabo de aço 3/8" EAR + 1 cabo OPGW2
--	---------------------------------------

LT 230 kV (CS) Torres 2 – Forquilha

Trecho	Cabos Para-raios
--------	------------------

▪ Junto à SE Torres 2 (6 km)	
------------------------------	--

	1 cabo CAA Dotterel + 1 cabo OPGW1
--	------------------------------------

▪ Junto à SE Forquilha (6 km)	
-------------------------------	--

▪ Restante da LT (58 km)	
--------------------------	--

	1 cabo de aço 3/8" EAR + 1 cabo OPGW2
--	---------------------------------------

2.4 Os cabos para-raios deverão ser aterrados em todas as estruturas.

3 DADOS DO PROJETO

3.1 Dados Climatológicos ao longo da LT

As condições climáticas adotadas foram [2]:

Altitude média (m)	20
Temperatura média - EDT (°C)	21
Temperatura média das mínimas (coincidente com o vento extremo) (°C)	17
Temperatura mínima absoluta (°C)	0
Temperatura máxima absoluta (°C)	40
Umidade relativa (U_{rel}) (%)	79

3.2 Velocidades de Ventos

Para a elaboração do projeto executivo considerou-se os seguintes ventos tomados do Projeto Básico [2]:

Velocidades de Vento Adotadas			
Condição	Período de Retorno/ Tempo de Média	Velocidades V_{10} (km/h)	(m/s)
a) Vento Extremo	150 anos / 10 min	120	33.33
b) Vento de Rajadas	150 anos / 3 seg	190	52.77
c) Vento Básico de Projeto	50 anos / 10 min	105	29.17
d) Balanço de Cadeia (60Hz e Largura da Faixa)	50 anos / 30 seg	135	37.50
e) Balanço de Cadeia (Surtos de Manobra)	2 anos / 30 seg	85	23.70

3.3 Pressões de vento

Vento extremo (150 anos, 10 min)

a) Massa específica do ar	1,214 kg/m ³
b) Pressão dinâmica de referência	69 kgf/m ²
c) Atuando nos condutores $h_{med}=20$ m	135 kgf/m ²
d) Atuando nos para-raios $h_{med}=28$ m	143 kgf/m ²
e) Atuando nos isoladores $h_{med}=35$ m	199 kgf/m ²

Vento de tormentas elétricas (150 anos, 3 s)

a) Massa específica do ar	1,214 kg/m ³
b) Pressão dinâmica de referência	173 kgf/m ²
c) Atuando nos condutores e para-raios	44 kgf/m ²
d) Atuando nos isoladores	208 kgf/m ²

Pressões de vento para Cálculo dos Ângulos de Balanço (q_0)

a) Pressão nos condutores ($T = 2$ anos, 30 s, sendo $V_{20} = 22,20$ m/s)	35 kgf/m ²
---	-----------------------

b) Pressão nos condutores ($T = 50$ anos, 30 s, $V_{20} = 37,50$ m/s) 99 kgf/m²

4 FAIXA DE SERVIDÃO

A largura da faixa de servidão é de 40 metros para a LT em estudo, conforme Projeto Básico [3].

5 CARACTERÍSTICAS GERAIS DA LINHA DE TRANSMISSÃO

5.1 Cabo Condutor e Cabos Para-raios

5.1.1 Características do cabo condutor

Descrição	Unid.	Condutor
Tipo	-	CAA
Código	-	BLUEJAY
Bitola	kcmil	1113 kcmil
Formação	-	45/7
Quantidade por fase	-	1
Diâmetro alma de aço	mm	7,99
Diâmetro total	mm	31,98
Seção reta do alumínio	mm ²	564,19
Seção reta total	mm ²	602,97
Peso unitário	kgf/m	1,867
Carga de ruptura (GA)	kgf	13524
Módulo de elasticidade final	kgf/mm ²	6679
Coeficiente de dilatação linear final	1/°C	20,9x10 ⁻⁶

5.1.2 Características dos cabos para-raios convencionais

Característica	Junto às SEs	Restante da LT
Tipo	CAA Dotterel	Aço Zincado EAR
Bitola	176,9 kcmil	3/8"
Formação	12/7	7 fios
Galvanização fios de aço	Classe A	Classe A
Área do cabo	141,94 mm ²	51,08 mm ²
Peso unitário	0,657 kgf/m	0,407 kgf/m
Diâmetro	15,42 mm	9,144 mm
Módulo de elasticidade final	15.531 kgf/mm ²	18.500 kgf/mm ²
Coeficiente de dilatação linear final	15,3 x 10 ⁻⁶ /°C	11,5 x 10 ⁻⁶ /°C

Carga de ruptura (GA)

7.834 kgf

6.985 kgf

5.1.3 Cabos para-raios OPGW

Característica	OPGW1	OPGW2
Forma construtiva	Loose	Loose
Elemento de proteção do núcleo óptico	Tubo metálico	Tubo metálico
Diâmetro máximo do cabo completo	15 mm	14 mm
Peso unitário máximo do cabo completo	0,700 kg/m	0,700 kg/m
Capacidade mínima de corrente de curto-circuito ($T_i = 50^{\circ}\text{C}$; $T_f = 180^{\circ}\text{C}$,)	81 kA ² .s	30 kA ² .s

5.1.4 Arranjo de cabos para-raios

A aplicação do cabo para-raios definida no Projeto Básico [1] será conforme a Figura 1 abaixo.

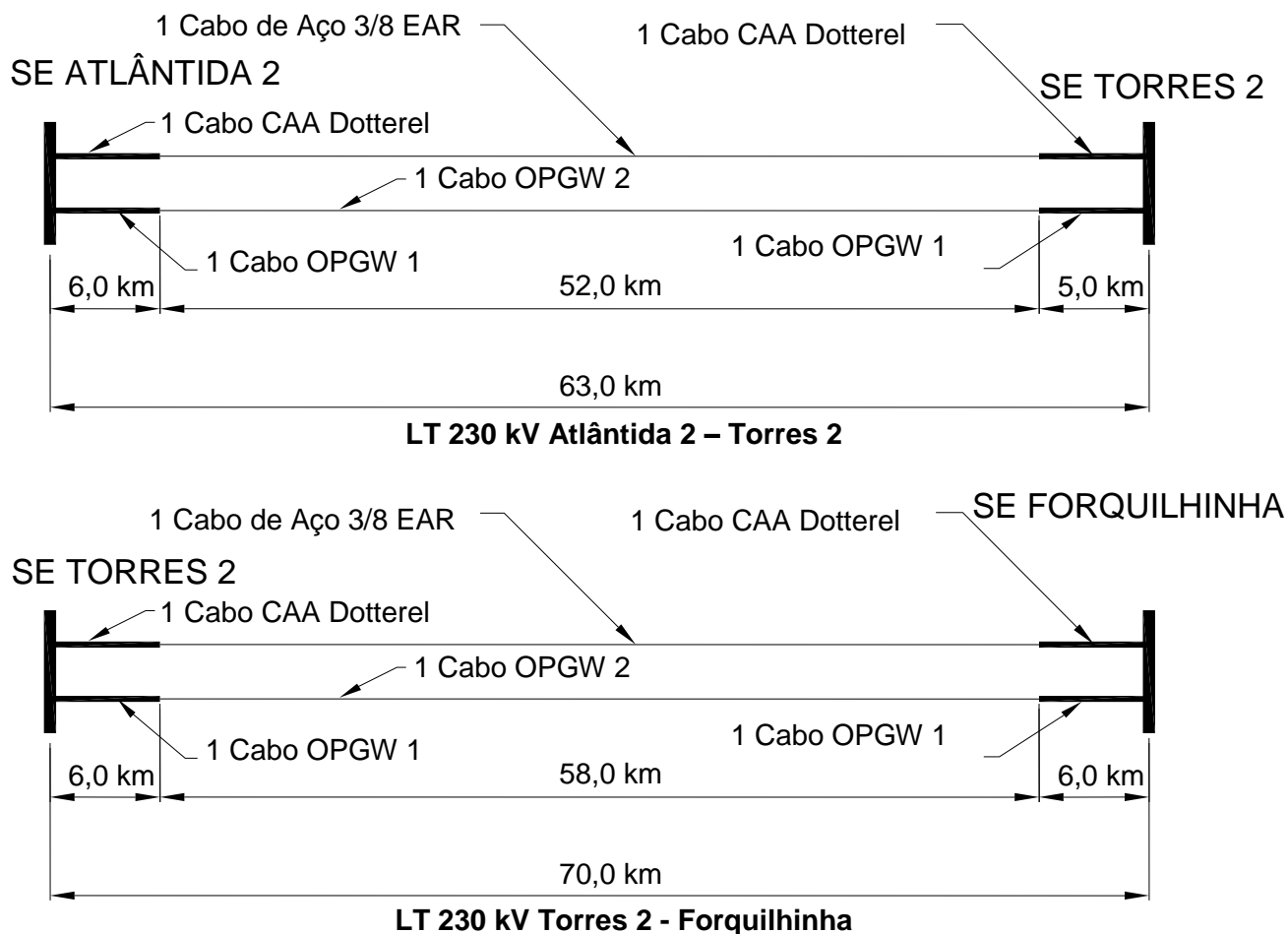


Figura 1 - Diagrama representativo das mudanças de cabo para-raios

5.2 Temperatura de Locação / Condição de Flecha Máxima

As LTs 230 kV Atlântida 2 - Torres 2 e Torres 2 - Forquilha serão projetadas para a temperatura máxima de 60°C, final com “creep” de 10 anos, sem vento conforme descrito no Projeto Básico [1]. A LT, assim projetada, deverá ser verificada para operação de curta duração (condição de emergência) à temperatura de 80 ° e distâncias de segurança reduzidas [4].

Adicionalmente, para condição de flecha máxima para os cabos para-raios foi considerada a temperatura de 40°C, sem vento na condição final com “creep” de 10 anos.

5.3 Isoladores

As características principais dos isoladores a serem utilizados nas LTs 230 kV Atlântida 2 - Torres 2 e Torres 2 - Forquilha, são apresentadas na tabela a seguir conforme definido no Projeto Básico [5].

Característica	Isolador
Carga mecânica de ruptura	120 kN
Engate concha-bola	ANSI C29.2/52.5
Diâmetro do disco	254 mm
Passo	146 mm
Diâmetro do pino	18 mm ⁽¹⁾
Distância de escoamento	320 mm

(1) - Os pinos dos isoladores deverão ser do tipo pregnant pin

5.4 Cadeias de Isoladores e Ferragens do Cabo Condutor

Adicionalmente os isoladores definidos anteriormente devem ser aplicados sob as seguintes configurações e quantidades [5]:

Cadeia	Código	Isoladores por cadeia
a) Suspensão em “I”	IS-12	14 unidades [3]
b) Passagem “I”	IP-12	14 unidades [3]
c) Ancoragem Dupla	AD-12	2 x 15 unidades [3]

Estruturas		Cadeias	
Suspensão		I	AD
Estaiada Leve	AFEL	3 x IS-12	-
Autoportante de Suspensão Leve	AFSL	3 x IS-12	-
Autoportante de Suspensão Pesada	AFSP	3 x IS-12	-
Ancoragem			
Ancoragem em ângulo até 15°	AFAA	3 x IP-12	6 x AD-12
Ancoragem em ângulo até 60° e terminal 20°	AFAT	3 x IP-12	6 x AD-12

5.5 Ferragens dos Cabos para-raios

Os conjuntos de ferragens para ancoragem e suspensão dos cabos para raios são:

Ferragens	Código	Carga de Ruptura	Nível de Corrente de Curto-Circuito
Suspensão do cabo para-raios de aço zincado 3/8" EAR	S3	120 kN	40 kA
Ancoragem do cabo para-raios de aço zincado 3/8" EAR	A3	120 kN	40 kA
Suspensão do cabo para-raios CAA DOTTEREL	SD	120 kN	40 kA
Ancoragem do cabo para-raios CAA DOTTEREL	AD	120 kN	40 kA
Suspensão do cabo para-raios OPGW1 ⁽¹⁾	SO1	120 kN	40 kA
Ancoragem do cabo para-raios OPGW1 ⁽¹⁾	AO1	120 kN	40 kA
Suspensão do cabo para-raios OPGW2 ⁽²⁾	SO2	120 kN	40 kA
Ancoragem do cabo para-raios OPGW2 ⁽²⁾	AO2	120 kN	40 kA

Notas:

1. Utilizado nos trechos onde o outro cabo para-raios é o DOTTEREL.
2. Utilizado nos trechos onde o outro cabo para-raios é o Aço Zincado 3/8" EAR.

5.6 Cabo Contrapeso

Serão utilizados como contrapeso os cabos de aço zincado 3/8" SM [6].

Características Gerais do Cabo Contrapeso	
Tipo	Aço Zincado, 3/8" SM
Diâmetro do cabo	9,144 mm
Diâmetro dos fios individuais	3,05 mm
Seção transversal do cabo	51,08 mm ²
Número de fios	7
Massa unitária	0,407 kg/m
Carga de ruptura mínima	3.151 kgf
Alongamento mínimo em 610 mm	8%
Classe da zincagem	B
Peso mínimo da camada de zinco	520 g/m ²
Sentido do encordoamento da camada externa	A esquerda

5.7 Série de Estruturas

A aplicação das estruturas está resumidamente estabelecida na tabela a seguir [7]:

Torre		Característica							
		Vão de vento	Deflexão Max.	Vão de peso			Alturas		
				Condutor	Para-raios	Mastro(2)	Torre básica	Corpo	Pernas
Estaiada Monomastro	AFEL	550m, a 0°	2,0°	700 m	800 m	24,0 a 39,0	-	-	-
Autoportante de Suspensão Leve	AFSL	550 m, a 0°	3,0°	700 m	800 m	-	15,0	6/12/18	1,5 a 9,0
Autoportante de Suspensão Pesada (3)	AFSP	650 m, a 0°	5,0°	900 m	1000 m	-	15,0	6/12/18/24	1,5 a 9,0
Autoportante de Ancoragem em Ângulo	AFAA	400 m, a 15°	15°	1000 m	1100 m	-	12,0	6/12/18	1,5 a 9,0
Autoportante de Ancoragem em Ângulo	AFAT	400 m, a 60°	60°	1000 m	1100 m	-	12,0	6/12/18	1,5 a 9,0
Autoportante de Ancoragem terminal		400 m, a 20°(1)	20°	550 m	650 m	-	12,0	6/12/18	1,5 a 9,0

Notas:

- (1) O ângulo indicado para a torre terminal (20°) aplica-se ao lado com cabos em tração plena.
- (2) As alturas indicadas se referem à distância vertical entre a mísula inferior e o solo.
- (3) A torre de suspensão pesada usada como transição dos cabos para-raios admite vão de vento máximo de 450 m e vãos de peso de 600 m.

5.8 Condições de Governo dos Cabos

5.8.1 Condições de Projeto

5.8.1.1 No cálculo das trações de governo foram consideradas para os cabos as seguintes condições de governo do projeto, [4] a [8]:

- | | |
|------------------------|---|
| a) Maior duração (EDS) | Tração de 19% da carga de ruptura do cabo condutor, na temperatura de maior duração 21 °C, sem vento, na condição final com “creep” de 10 anos; |
| b) Vento extremo | Sob ação do vento extremo (T = 150 anos), a tração axial deve ser inferior ou no máximo igual a 70% da carga de ruptura do cabo. |
| c) Vento nominal | Sob ação do vento nominal (T = 50 anos), a tração axial deve ser inferior ou no máximo igual a 50% da carga de ruptura do cabo. |
| d) Temperatura mínima | Na condição de temperatura mínima, a tração axial deve ser inferior ou no máximo igual a 33% da carga de ruptura do cabo. |

5.8.1.2 Respeitados os limites estabelecidos no item 5.8.1.1, as trações de projeto para os cabos para-raios serão definidas de modo que, na condição de maior duração, a 21°C, sem vento, final, suas flechas sejam aproximadamente iguais e limitadas a 90% das flechas correspondentes aos condutores.

5.8.1.3 Obedecendo ao estabelecido nos itens 5.8.1.1 e 5.8.1.2 estão sendo adotadas as seguintes trações de projeto para os cabos selecionados:

Condição de Projeto			Tração Correspondente (kgf) ⁽¹⁾				
Carga ⁽⁴⁾	Temp.	Estado	CAA BLUEJAY	CAA DOTTEREL	3/8" EAR	OPGW 1	OPGW 2
135 kgf/m ²	17° C	final ⁽²⁾	6.762 (50%)				
143 kgf/m ²	17° C	final ⁽²⁾		3.917 (50%)	2.794 (40%)	4.524 (40%)	3.791 (40%)
S / Vento	0° C	inicial ⁽²⁾	4.463 (33%)	1.567 (25%)	1.746 (25%)	2828 (25%)	2.369 (25%)
S / Vento	21° C	final ⁽³⁾	2.570 (19%)	1.004 (12,8%)	621 (8,9%)	1.068 (9,4%)	1.040 (10,9%)

(1) O valor entre parênteses indica o percentual da carga de ruptura do cabo.

(2) Trações no suporte

(3) Tração horizontal

(4) As cargas de vento indicadas referem-se à condição de vento extremo com 150 anos de período de retorno. Como as trações correspondentes então sendo limitadas a ~50% da carga de ruptura dos cabos CAA e a ~40% da carga de ruptura dos cabos 3/8" EAR, OPGW 1 e 2, torna-se desnecessária a verificação para a condição de vento nominal com 50 anos de período de retorno.

5.8.2 Condições de Governo

5.8.2.1 É indicada a seguir a condição que governará a locação de estruturas como sendo a mais restritiva para todos os cabos:

a) Condição de Governo	21° C, sem vento, final
b) Intervalo de vãos básicos (V)	$300\text{ m} \leq V \leq 900\text{ m}$
c) Trações horizontais correspondentes à condição de governo	
CAA BLUEJAY	2.570 kgf (19,0% CR)
CAA DOTTEREL	1.004 kgf (12,8% CR)
3/8" EAR	621 kgf (8,9% CR)
OPGW 1	1.068 kgf (9,4% CR)
OPGW 2	1.040 kgf (10,9% CR)

5.8.2.2 São indicados a seguir os gráficos representando a condição de governo dos cabos, de acordo com o especificado no item anterior:

BLUEJAY 1113 kcmil (Período de retorno - 150 anos)

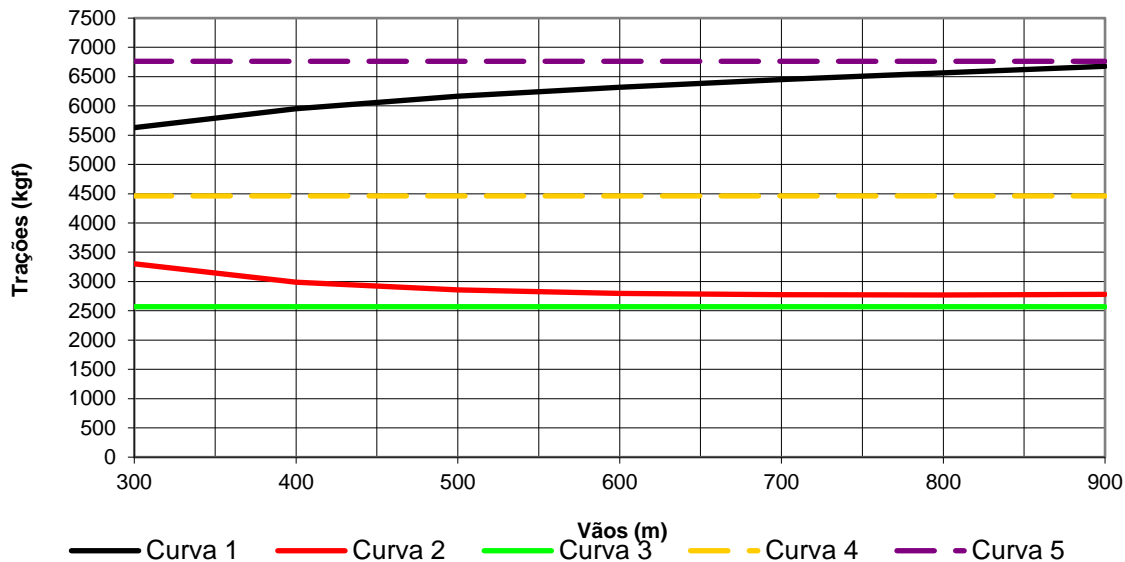


GRÁFICO CONDUTOR CAA BLUEJAY

Notação:

Curva 1: Tração (Suporte) a 17 °C, final, com vento extremo (T = 150 anos)

Curva 2: Tração (Suporte) a 0 °C, inicial, sem vento

Curva 3: Tração de Partida (Horizontal) a 21 °C, final, sem vento

Curva 4: Limite de tração com vento extremo (T = 150 anos)

Curva 5: Limite de tração com temperatura mínima

CAA 176.9 kcmil (Período de retorno - 150 anos)

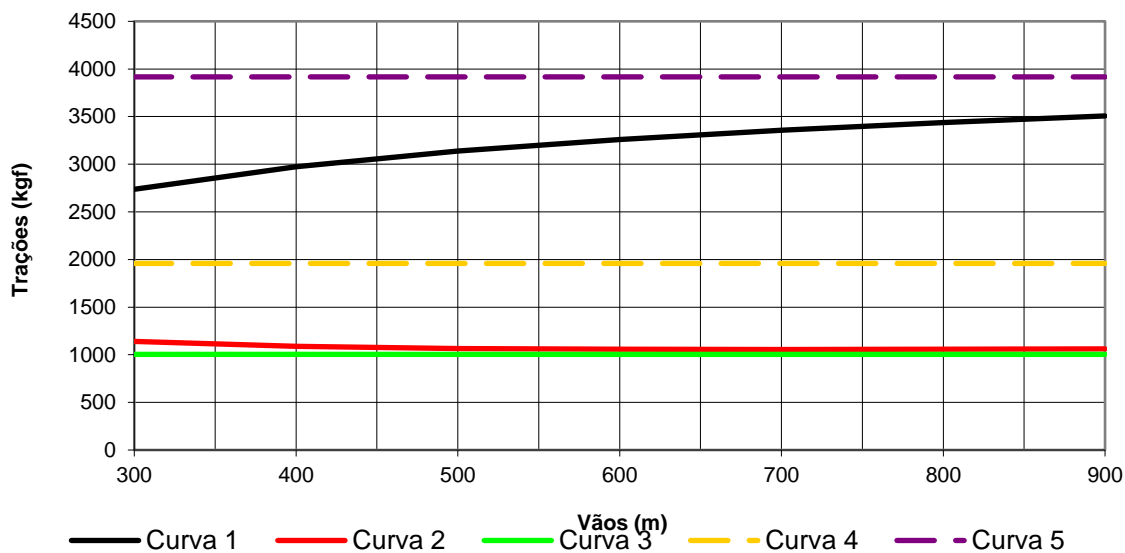


GRÁFICO PARA-RAIOS CAA-EF DOTTEREL

Notação:

Curva 1: Tração (Suporte) a 17 °C, final, com vento extremo (T = 150 anos)

Curva 2: Tração (Suporte) a 0 °C, inicial, sem vento

Curva 3: Tração de Partida (Horizontal) a 21 °C, final, sem vento

Curva 4: Limite de tração com vento extremo (T = 150 anos)

Curva 5: Limite de tração com temperatura mínima

3/8" EAR (Período de retorno - 150 anos)

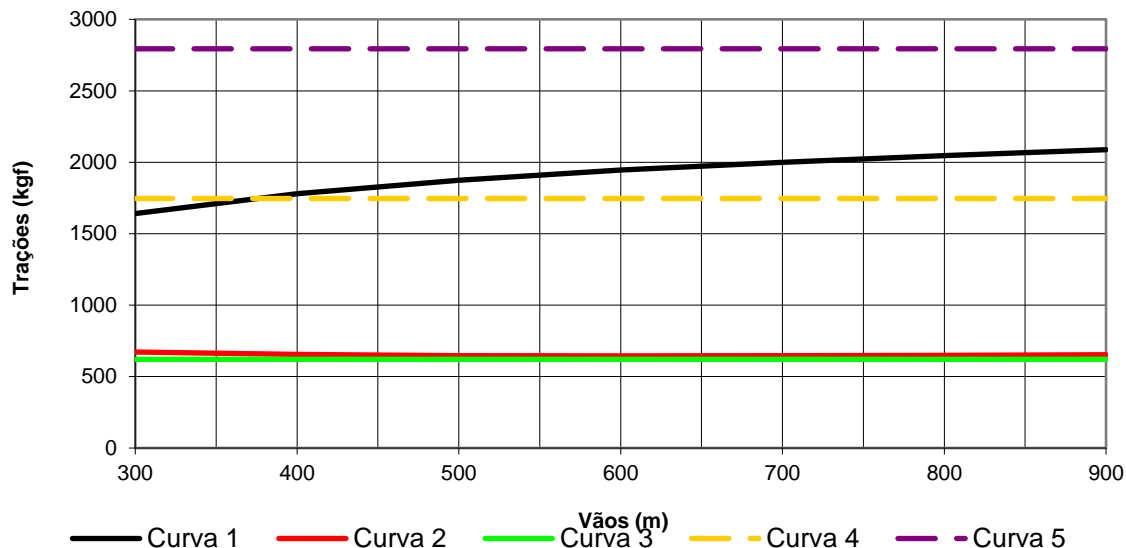


GRÁFICO PARA-RAIOS 3/8" EAR

Notação:

Curva 1: Tração (Suporte) a 17 °C, final, com vento extremo (T = 150 anos)

Curva 2: Tração (Suporte) a 0 °C, inicial, sem vento

Curva 3: Tração de Partida (Horizontal) a 21 °C, final, sem vento

Curva 4: Limite de tração com vento extremo (T = 150 anos)

Curva 5: Limite de tração com temperatura mínima

OPGW1 (Período de retorno - 150 anos)

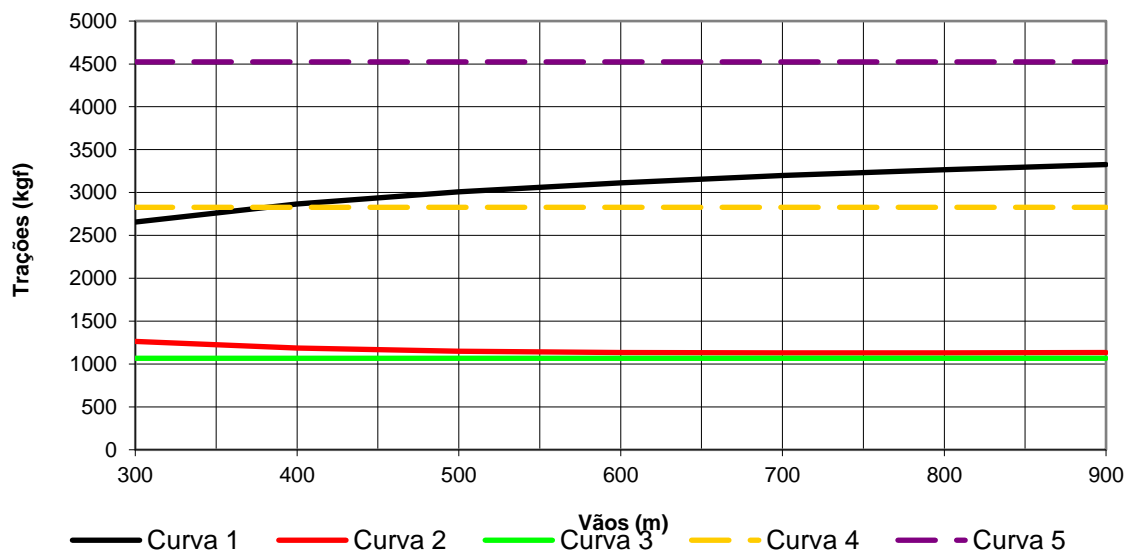


GRÁFICO PARA-RAIOS OPGW1

Notação:

Curva 1: Tração (Suporte) a 17 °C, final, com vento extremo (T = 150 anos)

Curva 2: Tração (Suporte) a 0 °C, inicial, sem vento

Curva 3: Tração de Partida (Horizontal) a 21 °C, final, sem vento

Curva 4: Limite de tração com vento extremo (T = 150 anos)

Curva 5: Limite de tração com temperatura mínima

OPGW2 (Período de retorno - 150 anos)

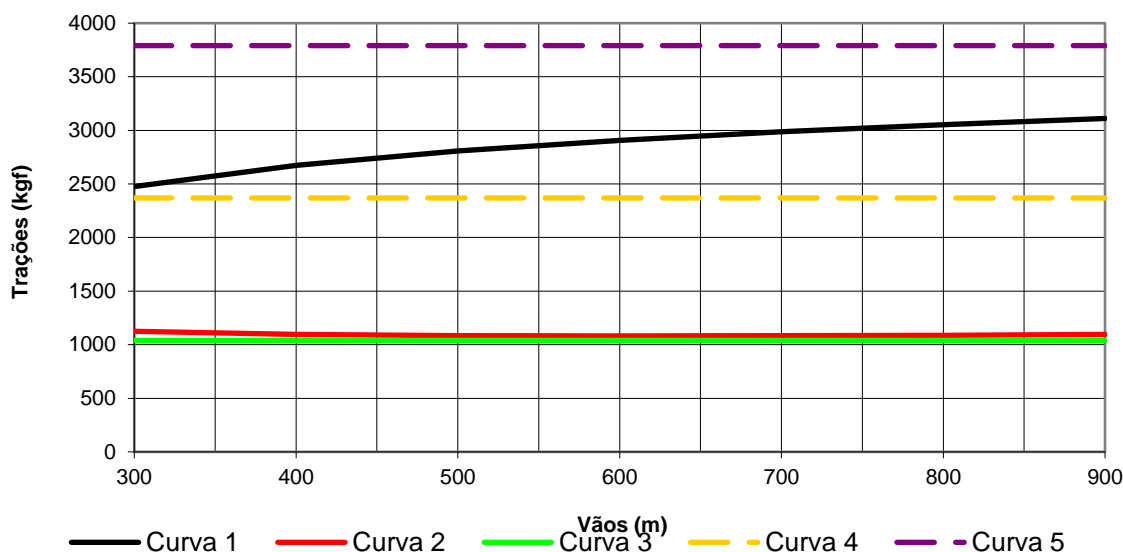


GRÁFICO PARA-RAIOS OPGW2

Notação:

Curva 1: Tração (Suporte) a 17 °C, final, com vento extremo (T = 150 anos)

Curva 2: Tração (Suporte) a 0 °C, inicial, sem vento

Curva 3: Tração de Partida (Horizontal) a 21 °C, final, sem vento

Curva 4: Limite de tração com vento extremo (T = 150 anos)

Curva 5: Limite de tração com temperatura mínima

6 CRITÉRIOS PARA LOCAÇÃO DAS ESTRUTURAS

6.1 Descrição da Plotação Automática Otimizada

6.1.1 Para a plotação automática das estruturas será utilizado o software PLS-CADD, versão 14.20 da Power Line System, que exige um banco de dados compatíveis com este software.

6.1.2 O banco de dados é composto dos códigos utilizados nos levantamentos topográficos, dos critérios de projeto da LT (temperaturas, ventos etc.), da geometria das estruturas, das características mecânicas dos cabos e das distâncias de segurança que serão utilizadas na locação.

6.2 Preparo do Banco de Dados

6.2.1 Dados topográficos

6.2.1.1 Cada ponto do terreno é representado por um sistema de coordenadas (X, Y, Z), sendo esta forma própria para dados provenientes de sistemas baseados no GIS (Sistema de Informações Geográficas).

6.2.1.2 Cada ponto é caracterizado por um código de identificação e por suas coordenadas. Os códigos além de identificar a existência de ângulos, a altura de obstáculos aéreos etc., permitem ainda que o programa associe a distância de segurança necessária em cada caso (arquivos com extensão “fea”) e a descrição do ponto do levantamento.

6.2.1.3 Além dos arquivos referentes aos pontos do terreno e seus obstáculos, também estão sendo fornecidos os desenhos de planta e perfil desenhados em programa AutoCad, a partir

dos mesmos dados do levantamento do PLS-CADD. A plotação otimizada do PLS-CADD será transferida para estes desenhos.

6.2.2 Critérios de projeto da LT

Conjunto de critérios indicando as velocidades (ou pressões) do vento e temperaturas associadas, os carregamentos admitidos para os cabos e o método de verificação a ser adotado.

6.2.3 Dados das estruturas

Para cada uma das estruturas a serem utilizadas, são fornecidas informações sobre a geometria, o tipo de fixação das cadeias, os ângulos de balanço máximos, a aplicação (vãos de vento e peso) e o custo. É ainda definido o método de verificação a ser utilizado.

6.2.4 Dados dos cabos

6.2.4.1 Tanto para o cabo condutor quanto para os cabos para-raios a serem utilizados, são fornecidos os seus principais dados: área, diâmetro, carga de ruptura, módulo de elasticidade, coeficiente de dilatação térmica, e os coeficientes da curva de “*creep*”.

6.2.4.2 Estes dados são disponibilizados pela Power Line System em seu website através de arquivos com extensão “wir” construídos a partir de dados fornecidos pelos próprios fabricantes dos cabos.

6.2.5 Metodologia da Plotação Automática Otimizada

6.2.5.1 Antes de gerar o arquivo de terreno (extensão “xyz”), deve-se definir o arquivo FEATURE CODE DATA (extensão “fea”), com os mesmos códigos de opções de pontos do terreno e obstáculos, utilizados pela topografia, contendo as distâncias verticais e horizontais de segurança e os símbolos que serão utilizados para representar esses pontos no perfil e na planta.

6.2.5.2 Para preparação do perfil do terreno, importa-se o arquivo XYZ, define-se o alinhamento e selecionam-se as larguras das faixas e perfis laterais.

6.2.5.3 Com o perfil definido, devem ser indicados pelo operador os locais impróprios para a locação das estruturas (arquivo com extensão “con”). São considerados como locais impróprios, os brejos, estradas, rios, matas ciliares, veredas, buritizais e reservas ambientais, identificados a partir da análise efetuada nos desenhos de Planta e Perfil recebidos da topografia.

6.2.5.4 Para iniciar a locação automática, devem ser carregados os arquivos de critérios, estruturas e cabos, previamente preparados, seguindo-se a definição dos itens indicados no respectivo menu, como: tensão, número de condutores por fase, temperatura de locação, vão equivalente esperado e o menor e maior vãos permitidos na locação.

6.2.5.5 O PLS-CADD realiza a locação, otimizada em função do custo dependente das estruturas. Este processo converge para melhores resultados utilizando um processo de locação manual preliminar e deixando o software otimizar entre tramos de ancoragem fornecendo, ao final, o vão equivalente e o custo desta locação.

6.2.5.6 São ainda fornecidos pelo PLS-CADD vários relatórios, como:

- a) Resumo da locação (número das estruturas, tipos, progressivas, ângulos, vãos de vento e vãos de peso nas diversas temperaturas solicitadas);
- b) Quantidade de estruturas utilizadas;
- c) Carregamento de cada estrutura;
- d) Trações nos cabos em cada tramo; e
- e) Carta de Aplicação.

6.3 Parâmetros e Valores Utilizados na Preparação do Banco de Dados

6.3.1 Critérios de projeto e características dos cabos

Os dados necessários para a confecção dos bancos de dados de critérios e cabos são fornecidos no item 5 deste relatório.

6.3.2 Distâncias de segurança a obstáculos

A Tabela a seguir apresenta as distâncias mínimas do condutor ao solo ou a obstáculos, em condições normais de operação, conforme item 10.3.1 da NBR-5422 [8] e conforme especificado no Projeto Básico [9], respeitando o valor mais conservativo.

Distâncias de segurança a obstáculos em condições normais de operação

Item	Natureza da região ou obstáculo atravessado pela linha de transmissão ou que dela se aproxima	Distância de Segurança (m)	Obs
1.	Locais acessíveis apenas a pedestres	7,0	
2.	Locais onde circulam máquinas agrícolas	7,5	2
3.	Rodovias, ruas e avenidas	9,0	
4.	Rodovias federais (DNIT)	14,0	
5.	Ferrovias não eletrificadas	10,0	
6.	Ferrovias eletrificadas ou com previsão de eletrificação	13,0	
7.	Suporte de linha pertencente à ferrovia	5,0	
8.	Águas navegáveis	H + 3,0	3
9.	Águas não navegáveis	7,0	
10.	Linhas de transmissão ou distribuição de energia elétrica	2,2	4
11.	Linhas de telecomunicações	2,8	
12.	Telhados e terraços	5,0	5
13.	Paredes	4,0	6
14.	Paredes cegas	1,7	6
15.	Instalações transportadoras	4,0	
16.	Veículos rodoviários e ferroviários	4,0	
17.	Vegetação de preservação permanente	5,0	7

Nº OBSERVAÇÃO

- Os espaçamentos relacionados na tabela são os valores mínimos que devem ser respeitados entre os obstáculos e os condutores das LTs, considerando a flecha máxima destes condutores na condição final de trabalho, "creep" de 10 anos, sem vento.
- Para locação das estruturas nos desenhos de planta e perfil, os locais atravessados devem ser sempre considerados como acessíveis a máquinas agrícolas, a não ser que existam indicações inequívocas de que esse tipo de acesso não é, e nem será, possível.

3. O valor “H” corresponde à altura, em metros, do maior mastro e deve ser fixado pela autoridade responsável pela navegação na via considerada, para o nível máximo de cheia ocorrido nos últimos dez anos.
4. A distância indicada no item 10 da tabela é para travessias das LTs 230 kV em estudo sobre os cabos para-raios de outras linhas ou sobre os condutores de linhas com tensão máxima de operação (D_u) igual ou inferior a 87kV.

Para travessias da LT 230 kV sobre condutores de outra LT com tensão máxima de operação (D_u) superior a 87 kV, ao valor indicado no item 10 da tabela (2,2 m) deve ser acrescentada a seguinte parcela (referência: item 10.3.1.5 da NBR 5422):

$$0,01\left(\frac{D_u}{\sqrt{3}} - 50\right)$$

A verificação das distâncias de segurança deve ser feita com os cabos condutores e para-raios nas temperaturas que conduzam aos menores espaçamentos, a partir da mesma temperatura ambiente.

5. A distância de segurança indicada no item 12 da tabela é para telhados e terraços não acessíveis a pedestres. Para outras condições de uso, referir-se ao item 10.3.1.6 da NBR 5422.
6. A distância de segurança indicada no item 13 da tabela poderá ser reduzida, ressalvadas as disposições legais aplicáveis a cada caso, se houver acordo entre as partes para manter a parede cega, ou seja, sem portas ou janelas. Nesse caso, a distância de segurança será 1,7 metros (item 14 da tabela).
7. A distância de segurança indicada no item 17 da tabela deve ser verificada em relação ao topo da vegetação.

6.3.3 Distâncias de segurança para operação de curta duração

Conforme disposto no item 5.2, a locação será verificada para operação de curta duração (condição de emergência) para a temperatura de 95°C.

Para esta condição, as distâncias de segurança reduzidas, estão reproduzidas na Tabela a seguir [4]:

Distâncias de segurança a obstáculos em condição de emergência

Natureza da região ou obstáculo atravessado pela LT (1)	Distância [m]
a) Locais acessíveis apenas a pedestres	5,6
b) Locais onde circulam máquinas agrícolas (2)	6,7
c) Rodovias, ruas e avenidas	7,1
d) Ferrovias não eletrificadas	8,3

⁽¹⁾ Conforme Tabela 7 da NBR 5422 [1].

⁽²⁾ Para locação das estruturas nos desenhos de planta e perfil, os locais atravessados devem ser sempre considerados como acessíveis a máquinas agrícolas, a não ser que existam indicações inequívocas de que esse tipo de acesso não é nem será possível.

6.4 Estruturas

6.4.1 Composição das alturas

Torre Estaiada Monomastro (AFEL)

Altura Nominal [m]	Altura Útil [m]
24.00	21.40
25.50	22.90
27.00	24.40
28.50	25.90
30.00	27.40
31.50	28.90
33.00	30.40
34.50	31.90
36.00	33.40
37.50	34.90
39.00	36.40

Torre Autoportante de Suspensão Leve (AFSL)

Altura Nominal [m]	Altura Útil [m]	Composição (extensão + pernas) [m]			
16.50	13.80	00 + 1.5			
18.00	15.30	00 + 3.0			
19.50	16.80	00 + 4.5			
21.00	18.30	00 + 6.0			
22.50	19.80	00 + 7.5	06 + 1.5		
24.00	21.30	00 + 9.0	06 + 3.0		
25.50	22.80		06 + 4.5		
27.00	24.30		06 + 6.0		
28.50	25.80		06 + 7.5	12 + 1.5	
30.00	27.30		06 + 9.0	12 + 3.0	
31.50	28.80			12 + 4.5	
33.00	30.30			12 + 6.0	
34.50	31.80			12 + 7.5	18 + 1.5
36.00	33.30			12 + 9.0	18 + 3.0
37.50	34.80				18 + 4.5
39.00	36.30				18 + 6.0
40.50	37.80				18 + 7.5
42.00	39.30				18 + 9.0

**Torre Autoportante de
Suspensão Pesada (AFSP)**

Altura Nominal [m]	Altura Útil [m]	Composição (extensão + pernas) [m]			
16.50	13.80	00 + 1.5			
18.00	15.30	00 + 3.0			
19.50	16.80	00 + 4.5			
21.00	18.30	00 + 6.0			
22.50	19.80	00 + 7.5	06 + 1.5		
24.00	21.30	00 + 9.0	06 + 3.0		
25.50	22.80	06 + 4.5			
27.00	24.30	06 + 6.0			
28.50	25.80	06 + 7.5	12 + 1.5		
30.00	27.30	06 + 9.0	12 + 3.0		
31.50	28.80	12 + 4.5			
33.00	30.30	12 + 6.0			
34.50	31.80	12 + 7.5 18 + 1.5			
36.00	33.30	12 + 9.0 18 + 3.0			
37.50	34.80	18 + 4.5			
39.00	36.30	18 + 6.0			
40.50	37.80	18 + 7.5 24 + 1.5			
42.00	39.30	18 + 9.0 24 + 3.0			
43.50	40.80	24 + 4.5			
45.00	42.30	24 + 6.0			
46.50	43.80	24 + 7.5			
48.00	45.30	24 + 9.0			

**Torre Autoportante de Ancoragem
em Ângulo (AFAA)**

Altura Nominal [m]	Altura Útil [m]	Composição (extensão + pernas) [m]		
13.50	13.50	00 + 1.5		
15.00	15.00	00 + 3.0		
16.50	16.50	00 + 4.5		
18.00	18.00	00 + 6.0		
19.50	19.50	00 + 7.5	06 + 1.5	
21.00	21.00	00 + 9.0	06 + 3.0	
22.50	22.50		06 + 4.5	
24.00	24.00		06 + 6.0	
25.50	25.50		06 + 7.5	12 + 1.5
27.00	27.00		06 + 9.0	12 + 3.0
28.50	28.50			12 + 4.5
30.00	30.00			12 + 6.0
31.50	31.50			12 + 7.5 18 + 1.5
33.00	33.00			12 + 9.0 18 + 3.0
34.50	34.50			18 + 4.5
36.00	36.00			18 + 6.0
37.50	37.50			18 + 7.5
39.00	39.00			18 + 9.0

Torre Autoportante de Ancoragem e Terminal (AFAT)

Altura Nominal [m]	Altura Útil [m]	Composição (extensão + pernas) [m]
13.50	13.50	00 + 1.5
15.00	15.00	00 + 3.0
16.50	16.50	00 + 4.5
18.00	18.00	00 + 6.0
19.50	19.50	00 + 7.5 06 + 1.5
21.00	21.00	00 + 9.0 06 + 3.0
22.50	22.50	06 + 4.5
24.00	24.00	06 + 6.0
25.50	25.50	06 + 7.5 12 + 1.5
27.00	27.00	06 + 9.0 12 + 3.0
28.50	28.50	12 + 4.5
30.00	30.00	12 + 6.0
31.50	31.50	12 + 7.5 18 + 1.5
33.00	33.00	12 + 9.0 18 + 3.0
34.50	34.50	18 + 4.5
36.00	36.00	18 + 6.0
37.50	37.50	18 + 7.5
39.00	39.00	18 + 9.0

6.4.2 Geometria das fases

O banco de dados das estruturas contém ainda a geometria dos condutores e para-raios, bem como os dados relativos às cadeias de isoladores (comprimentos e ângulos de balanço), informações essas obtidas a partir dos desenhos das estruturas relacionadas no item 5.7 do presente relatório.

7 DOCUMENTOS – PRODUTO GERADO

Tendo em vista que o projeto de locação gerado pelo programa PLS-CADD não fornece a planta detalhada com informações dos obstáculos, estaqueamento, cadastro de proprietários e municípios atravessados pela LT, torna-se necessário transferir a plotação executada por este programa para os desenhos de planta e perfil fornecidos em arquivos do programa Autocad.

Como resultado, serão gerados os documentos a seguir indicados, de acordo com a etapa dos trabalhos.

7.1 Projeto de Locação Inicial

7.1.1 Serão fornecidos às equipes de topografia, encarregadas da locação das estruturas no campo e levantamento das seções diagonais para escolha de pés / mastros e definição dos pontos de fincamento dos estais, os seguintes documentos:

- a) Desenhos de Planta e Perfil, contendo o projeto da locação preliminar de estruturas com as seguintes informações:
 - Número da estrutura (por km)
 - Tipo da estrutura
 - Altura nominal da estrutura
 - Vão à vante
 - Vão de vento
 - Vão de peso para temp. mínima (0°C) e respectivas EDS

- Cota de elevação da estrutura
- Distância progressiva
- b) Lista de Construção de Estruturas indicando informações como número, tipo, altura, progressiva, deflexão, vão à vante, cota do ponto de fixação do cabo condutor, cota do piquete central da estrutura, e progressiva do ponto crítico.

7.2 Projeto de Locação Final

Após incorporação dos ajustes decorrentes dos comentários feitos pelas equipes de topografia na etapa anterior de locação no campo, serão fornecidos os seguintes documentos, destinados à execução da obra propriamente dita:

- a) Desenhos de Perfil e Planta, contendo o projeto da locação final de estruturas;
- b) Lista de Construção, contendo todas as informações complementares necessárias à execução da obra, tais como mastro das torres estaiadas, extensão dos mastros e extensão de referência das torres estaiadas, pernas, ΔH e perna de referência das torres autoportantes, tipos de fundações, arranjos das cadeias, e quantidade de amortecedores.

8 REFERÊNCIAS

1. Projeto Básico – LT 230 kV Atlântida 2 - Torres 2 - Forquilha, Condutor e Para-raios, LS-RE-LT-PBA230-MAR-ELM-0004-00.
2. Projeto Básico – LT 230 kV Atlântida 2 - Torres 2 - Forquilha, Dados Climatológicos, Velocidade de Vento e Carregamentos devidos ao Vento, LS-RE-LT-PBA230-MAR-ELM-0003-00-0A.
3. Projeto Básico – LT 230 kV Atlântida 2 - Torres 2 - Forquilha, Largura da Faixa de Servidão, LS-RE-LT-PBA230-MAR-ELM-0007-00.
4. Projeto Básico – LT 230 kV Atlântida 2 - Torres 2 - Forquilha, Distância de Segurança para Locação das Estruturas, LS-RE-LT-PBA230-MAR-ELM-0006-00.
5. Projeto Básico – LT 230 kV Atlântida 2 - Torres 2 - Forquilha, Isoladores e Ferragens, LS-RE-LT-PBA230-MAR-ELM-0009-00.
6. Projeto Básico – LT 230 kV Atlântida 2 - Torres 2 - Forquilha, Sistema de Aterramento, LS-RE-LT-PBA230-MAR-ELM-0015-00.
7. Projeto Básico – LT 230 kV Atlântida 2 - Torres 2 - Forquilha, Série de Estruturas e Hipóteses de Carregamento, LS-RE-LT-PBA230-MAR-ELM-0010-00-0A.
8. Projeto Básico – LT 230 kV Atlântida 2 - Torres 2 - Forquilha, Estudo Mecânico do Condutor e Para-raios, LS-RE-LT-PBA230-MAR-ELM-0005-00.
9. NBR 5422 – Projeto de linhas aéreas de transmissão de energia elétrica.