


<b>0A</b>	<b>14/11/18</b>	<b>Emissão Inicial</b>		VRA	KCAR LNAG
Nº	Data	Natureza da Revisão		Elaborado	Verificado Aprovado
			<b>Sterlite São Francisco Energia S.A.</b>		
<b>Sterlite São Francisco Transmissão de Energia S.A.</b>					
<b>PROJETO BÁSICO – LOTE 7 – LEILÃO Nº02/2018 - ANEEL</b>					
ELAB. VRA	VERIF. KCAR	APROV. LNAG	RESP. TÉCNICO CSF	CREA 2000119859	DATA 14/11/2018
TÍTULO					
<b>ISOLADORES E FERRAGENS</b>					
Nº DOCUMENTO				FOLHA	REVISÃO
<b>SF01818-LT-GNLT-G-RE-0009</b>				<b>1</b>	<b>0A</b>

---

**SUMÁRIO**

1.	OBJETIVO .....	5
2.	NORMAS TÉCNICAS.....	5
3.	CONDUTOR E CABOS PARA-RAIOS.....	5
3.1	CONDUTOR .....	5
3.2	CONFIGURAÇÃO DAS FASES .....	5
3.2.1	CONFIGURAÇÃO DO FEIXE DE CONDUTORES.....	5
3.2.2	DISPOSIÇÃO DAS FASES .....	5
3.3	PARA-RAIOS CONVENCIONAIS.....	6
3.4	PARA-RAIOS OPGW.....	6
4.	ISOLADORES poliméricos .....	7
4.1	TIPOS DE ISOLADORES .....	7
4.2	APLICAÇÃO DAS CADEIAS .....	7
4.3	MATERIAIS .....	7
4.3.1	Acabamento.....	7
4.3.2	Núcleo do Isolador .....	7
4.3.3	Revestimento.....	8
4.3.4	Ferragens Integrantes.....	8
4.4	ENSAIOS DE TIPO DOS ISOLADORES POLIMÉRICOS.....	8
4.4.1	Critérios para Realização dos Ensaios.....	8
4.4.2	Ensaios Requeridos .....	8
4.5	ENSAIOS DE ROTINA DOS ISOLADORES POLIMÉRICOS .....	9
4.6	Ensaios de Aceitação dos isoladores poliméricos.....	9
5.	FERRAGENS DOS CABOS CONDUTOR E PARA-RAIOS (EXCETO OPGW) .....	9
5.1	CADEIAS DE SUSPENSÃO E ANCORAGEM .....	9
5.2	EMENDAS.....	11
5.3	ESPAÇADORES.....	11

---

5.4	AMORTECEDORES DE VIBRAÇÃO .....	11
5.5	ESFERAS DE SINALIZAÇÃO .....	12
5.6	REPAROS .....	12
5.7	FERRAGENS PARA ATERRAMENTO DOS CABOS PARA-RAIOS.....	12
5.8	FERRAGENS PARA ATERRAMENTO DAS ESTRUTURAS.....	12
5.9	FERRAGENS PARA FIXAÇÃO DE ESTAIS .....	12
6.	FERRAGENS DO CABO OPGW .....	12
6.1	CONJUNTOS DE SUSPENSÃO E ANCORAGEM .....	12
6.2	CAIXAS DE EMENDA E FERRAGENS DE FIXAÇÃO .....	13
6.3	CONJUNTO PARA ATERRAMENTO .....	13
6.4	AMORTECEDORES DE VIBRAÇÃO.....	13
6.5	DISPOSITIVOS DE SINALIZAÇÃO AÉREA.....	13
6.6	MATERIAIS E DIMENSÕES .....	14
7.	ENSAIOS DE TIPO PARA FERRAGENS .....	14
7.1	ENSAIO DE RIV E CORONA .....	14
7.2	ENSAIO DE ARCO DE POTÊNCIA.....	14
7.3	ENSAIO DE CICLO TÉRMICO .....	14
7.4	ENSAIO DE ESCORREGAMENTO.....	15
7.5	ENSAIO DE RESISTÊNCIA A RUPTURA .....	15
7.6	ENSAIOS DOS ESPAÇADORES.....	15
7.7	ENSAIOS DOS AMORTECEDORES DE VIBRAÇÃO .....	15
8.	ENSAIOS DE ROTINA PARA FERRAGENS.....	16
8.1	PEÇAS FORJADAS .....	16
8.2	PEÇAS FUNDIDAS .....	16
8.3	CHAPAS TRABALHADAS .....	16
8.4	PARTES NÃO METÁLICAS .....	16
8.5	INSPEÇÃO POR PARTÍCULAS MAGNÉTICAS .....	16
8.6	INSPEÇÃO RADIOGRÁFICA .....	17

---

9.	ENSAIOS DE ACEITAÇÃO PARA FERRAGENS .....	17
9.1	TODAS AS FERRAGENS .....	17
9.2	CUPILHAS DOS ENGATES CONCHA-BOLA.....	17
9.3	ESPAÇADORES.....	17
9.4	AMORTECEDORES DE VIBRAÇÃO.....	17
9.5	ESFERAS DE SINALIZAÇÃO.....	17
10.	REFERÊNCIAS .....	18
11.	ANEXOS.....	19
	ANEXO 1 – DESENHOS DAS CADEIAS DOS CONDUTORES .....	20
	ANEXO 2 – DESENHOS DOS CONJUNTOS DE PARA RAIOS .....	25

## 1. OBJETIVO

Definir as características principais dos seguintes componentes das LTs 500 kV, circuito simples, Porto Sergipe – Olindina, 180 km, e Olindina – Sapeaçu, 187 km, integrantes do lote 7 do Edital de Leilão nº02/2018 ANEEL.

- a) Cadeias de isoladores e ferragens para suspensão e ancoragem dos condutores.
- b) Cadeias de ferragens para suspensão e ancoragem dos cabos para-raios CAA e 3/8" EAR.
- c) Cadeias de ferragens para suspensão e ancoragem dos cabos para-raios OPGW.
- d) Acessórios para o condutor: espaçadores, amortecedores, emendas e reparos.
- e) Acessórios para os cabos para-raios convencionais: amortecedores, emendas, reparos (cabos CAA), cordoalhas para aterramento e esferas de sinalização.
- f) Acessórios para os cabos para-raios OPGW: amortecedores de vibração, caixas de emenda, cordoalhas para aterramento, conectores de fixação à estrutura e esferas de sinalização.
- g) Acessórios para o cabo contrapeso: conectores para emenda e para fixação às cantoneiras de ancoragem, aos mastros, às hastes de aterramento e aos estais.

## 2. NORMAS TÉCNICAS

As principais normas técnicas aplicáveis à matéria prima, projeto, fabricação, ensaios e inspeção dos isoladores e ferragens constam da referência (1).

## 3. CONDUTOR E CABOS PARA-RAIOS

### 3.1 CONDUTOR

Característica	Valor
Tipo	CAL
Bitola	1010 kcmil
Formação	61 fios
Material do condutor	liga de alumínio 1120
Quantidade de condutores por fase	4
Área do cabo	509,16 mm <sup>2</sup>
Peso unitário	1,403 kgf/m
Diâmetro	29,34 mm
Carga de ruptura	11.217,83 kgf

### 3.2 CONFIGURAÇÃO DAS FASES

#### 3.2.1 CONFIGURAÇÃO DO FEIXE DE CONDUTORES

Nas LTs, cada fase é formada por 4 condutores (CAL liga 1120 - 1010 kcmil) dispostos em um quadrado de lado igual a 1050 mm.

#### 3.2.2 DISPOSIÇÃO DAS FASES

As LTs utilizam estruturas em circuito simples com disposição triangular das fases e dois cabos para-raios.

### 3.3 PARA-RAIOS CONVENCIONAIS

Característica	Unid.	Junto às SEs	Restante das LTs
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	mm <sup>2</sup>	141,94	51,08
Peso unitário	kgf/m	0,657	0,407
Diâmetro	mm	15,42	9,144
Módulo de elasticidade final	kgf/mm <sup>2</sup>	10.532	18.500
Coeficiente de dilatação linear final	x 10 <sup>-6</sup> /°C	15,3	11,5
Carga de ruptura (GA)	kgf	7.834	6.985

### 3.4 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 (mm)	14,4	13,4
Peso unitário máximo do cabo completo (kg/m)	0,700	0,682
Capacidade mínima de corrente de curto-circuito (Ti = 50°C; Tf = 180°C) (kA <sup>2</sup> .s)	81	30

- (1) Devido a não padronização dos cabos OPGW, são considerados os diâmetros e os pesos máximos para cálculo estrutural.
- (2) No projeto executivo, quando serão conhecidas as características mecânicas e elétricas dos cabos efetivamente adquiridos, as características listadas deverão ser respeitadas.
- (3) Para o cálculo das correntes de curto-circuito foram utilizados os cabos com as características descritas no item 2.3 da referência (2).

#### 4. ISOLADORES POLIMÉRICOS

##### 4.1 TIPOS DE ISOLADORES

Cadeias	Carga de ruptura	Distância de escoamento	Quantidade
Cadeias de suspensão simples leve em I	210 kN	17050 mm	1 penca
Cadeias de suspensão leve em V	210 kN	17050 mm	2 pencas
Cadeias de suspensão simples pesada em I	210 kN	17050 mm	1 penca
Cadeias de suspensão pesada em V	210 kN	17050 mm	2 pencas
Cadeias de passagem simples	210 kN	17050 mm	1 penca
Cadeia de ancoragem dupla	210 kN	17050 mm	2 pencas

##### 4.2 APLICAÇÃO DAS CADEIAS

Estrutura		Cadeias		
Suspensão		I	V	I
Estaiada Monomastro de Suspensão Leve	PSEL	2 x I-21	1 x V110-21	
Autoportante de Suspensão Leve	PSSL	2 x I-21	1 x V110-21	
Autoportante de Suspensão Pesada	PSSP	2 x I-21	1 x V110-21	
Autoportante de Susp. para Transposição	PSST	2 x I-21	1 x V110-21	
Ancoragem		I	V	AD
Ancoragem em ângulo até 30°	PSAA	3 x IP-21	-	6 x AD-21
Ancoragem em ângulo até 60° e terminal 30°	PSAT	3 x IP-21	-	6 x AD-21

#### 4.3 MATERIAIS

##### 4.3.1 ACABAMENTO

A superfície externa do isolador deve ser homogênea, completamente lisa, isenta de rebarbas, rachaduras, impurezas, porosidades, bolhas e incrustações que possam vir a comprometer o desempenho do material e estar em conformidade com as exigências do ensaio de inspeção visual realizado conforme NBR 15232.

##### 4.3.2 NÚCLEO DO ISOLADOR

Parte isolante central do isolador que assegura suas características mecânicas. O núcleo do isolador deve ser constituído de fibras de vidro impregnadas por resina epóxi ou poliéster, comprimidas numa matriz de tal forma que as fibras fiquem paralelas ao eixo do bastão, obtendo-se a máxima resistência à tração, sendo uniforme, isento de bolhas de ar, rachaduras ou inclusões de materiais estranhos que possam afetar adversamente os isoladores.

### **4.3.3 REVESTIMENTO**

Parte isolante externa do isolador que garante a distância de escoamento necessária e protege o núcleo de intempéries. O revestimento deverá ser de borracha de silicone isolante vulcanizada a alta temperatura (HTV), ser homogêneo, impermeável, livre de rachaduras, bolhas e inclusões de materiais estranhos.

A parte de revestimento que se encontra aderida ao eixo deverá ser fabricada em corpo único, sendo assim não deve conter nenhum tipo de emenda ou heterogeneidade superficial.

### **4.3.4 FERRAGENS INTEGRANTES**

As ferragens deverão ser fabricadas de aço forjado ou ferro fundido maleável ou nodular.

As ferragens devem ser fixadas por compressão, por meio de cone de resina, com auxílio de cunha metálica ou por outro processo que assegura o não deslizamento das ferragens em relação aos materiais isolantes.

O sistema de fixação das ferragens deve garantir a integridade do núcleo não devendo provocar trincas, fissuras ou esmagamento. As ferragens não devem se soltar quando o isolador é submetido a arcos de potência.

Todas as arestas existentes nos engates metálicos devem ser convenientemente arredondadas, objetivando minimizar o efeito de rádio interferência.

## **4.4 ENSAIOS DE TIPO DOS ISOLADORES POLIMÉRICOS**

### **4.4.1 CRITÉRIOS PARA REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS**

Os ensaios devem ser executados em protótipos fabricados por processos idênticos aos que serão utilizados na fabricação dos materiais a serem fornecidos e devem ter sido concluídos com sucesso antes do início da fabricação.

Caso o Fornecedor já tenha realizado os ensaios especificados a seguir, em isoladores idênticos aos ofertados, os ensaios não precisarão ser repetidos, a critério da Contratante.

Neste caso, o Fornecedor deve disponibilizar para exame e aprovação cópias certificadas dos relatórios dos ensaios já realizados, contendo as informações que se fizerem necessárias para garantir que os isoladores ensaiados sejam idênticos aos que serão efetivamente fornecidos e que seus desempenhos nos ensaios atendam ou superem os requisitos de projeto.

Os Ensaio de Tipo para os quais o Fornecedor não disponha de relatórios de execução compatíveis com requisitos de projeto devem ser realizados, antes do início da fabricação.

A fabricação de qualquer material somente será autorizada após sua aprovação nos Ensaio de Tipo. Se o material falhar nestes ensaios, a fabricação será autorizada somente após um novo projeto ter sido aprovado e o material ter sido aprovado em novo ensaio.

### **4.4.2 ENSAIOS REQUERIDOS**

- a) Carga mecânica máxima de tração;
- b) Ensaio nas interfaces e conexões das ferragens;
- c) Ensaio de carga x tempo do núcleo;
- d) Ensaio no revestimento : trilhamento e erosão (1000h);
- e) Ensaio no material do núcleo;
- f) Ensaio de flamabilidade;



- g) Ensaio de tensão suportável de impulso atmosférico a seco;
- h) Ensaio de tensão suportável de frequência industrial sob chuva;
- i) Ensaio mecânico de carga.

#### **4.5 ENSAIOS DE ROTINA DOS ISOLADORES POLIMÉRICOS**

- a) Identificação dos isoladores poliméricos.
- b) Inspeção visual.
- c) Ensaio mecânico de rotina

#### **4.6 Ensaio de Aceitação dos isoladores poliméricos**

- a) Verificação dimensional;
- b) Verificação de carga mecânica especificada;
- c) Verificação do sistema de travamento;
- d) Verificação da rigidez da interface entre ferragens integrantes e o revestimento do isolador e da carga mecânica nominal;
- e) Ensaio de zincagem;
- f) Procedimento de contraprova.

### **5. FERRAGENS DOS CABOS CONDUTOR E PARA-RAIOS (EXCETO OPGW)**

#### **5.1 CADEIAS DE SUSPENSÃO E ANCORAGEM**

Todos os componentes das cadeias de fixação do condutor e dos cabos para-raios, exceto grampos de suspensão e ancoragem, devem ser fabricados em aço forjado ou, alternativamente, em ferro fundido maleável ou nodular, e zincados por imersão a quente.

As cupilhas das conexões tipo concha-bola e os contrapinos utilizados nos pinos e parafusos devem ser de aço inoxidável AISI 301, 302 ou 304.

Os grampos de suspensão dos condutores CAL 1120 e dos cabos para-raios CAA devem ser constituídos por berço e calha fabricados em liga de alumínio. O grampo de suspensão para o cabo 3/8" EAR poderá ser fabricado em liga de alumínio ou aço forjado.

As cadeias de suspensão em "I" e em "V" do condutor do cabo CAL 1120 poderão utilizar ou não armaduras de vergalhões preformados, dependendo de projeto específico (ex.: grampo AGS). Caso sejam utilizadas, os vergalhões para armaduras preformadas utilizados nas cadeias dos cabos CAL 1120 deverão ser fabricados em liga de alumínio com hélice à direita. As cadeias de passagem não utilizam armaduras pré-formadas.

Os conjuntos de suspensão dos cabos para-raios 3/8" e CAA devem utilizar armaduras de vergalhões pré-formados. As armaduras utilizadas nos cabos 3/8" devem ser fabricadas em aço zincado a quente, classe A, com hélice à esquerda. Nos cabos CAA as armaduras deverão ser em liga de alumínio com hélice a direita.

Os grampos de ancoragem do condutor e cabos para-raios devem ser do tipo a compressão.

Todas as ferragens com engates tipo concha-bola devem ser compatíveis com os correspondentes isoladores e cadeias especificados no item 4.

As cadeias de suspensão e ancoragem do condutor devem ser projetadas de modo a permitir o uso de ferramentas para manutenção em linha viva.

Os componentes das cadeias do condutor situados no lado energizado devem ser projetados de modo a:

- reduzir ao mínimo o efeito corona;
- suportar, sem perda de suas características elétricas e mecânicas, as temperaturas de longa e curta duração previstas para o condutor (2).

As cadeias de suspensão e ancoragem do condutor devem ser submetidas aos ensaios de RIV/Corona e Arco de Potência descritos nos itens 7.1 e 7.2 deste relatório.

As cadeias de suspensão “I” (obrigatoriamente) e em “V” devem atender o desempenho especificado nos itens 7.1 e 7.2, preferencialmente, sem utilizar anéis. Os anéis, caso utilizados, devem ter formato e fixação aos balancins que permitam sua colocação e retirada utilizando ferramentas de manutenção em linha viva.

As cadeias de ancoragem devem ser providas de anéis anticorona no lado energizado para permitir uma melhor distribuição do campo elétrico. O formato dos anéis e sua fixação aos balancins devem permitir sua colocação e retirada utilizando ferramentas de manutenção em linha viva.

São indicadas a seguir as cargas mínimas de ruptura dos componentes das cadeias de fixação do condutor e dos conjuntos dos cabos para-raios:

<b>Componente</b>	<b>Carga de Ruptura</b>
Cadeias de suspensão e ancoragem dos para-raios	120 kN
Cadeias de suspensão I-21	210 kN
Cadeias de suspensão V110-21	210 kN
Cadeias de passagem IP-21	210 kN
Cadeia de ancoragem dupla AD-21:	
- peças em linha com uma penca de isoladores	210 kN
- peças em linha com um dos condutores do feixe	120 kN
- peças suportando as duas pencas de isoladores ou os quatro condutores	420 kN
Grampos de ancoragem do condutor e para-raios	A carga de ruptura (e/ou a carga de escorregamento) deve ser, no mínimo, 95% da carga de ruptura do cabo ao qual se destinam.
Grampos de suspensão do condutor e para-raios	A carga de ruptura deve ser, no mínimo, 60% da carga de ruptura do cabo ao qual se destinam.

Os grampos de suspensão, com os parafusos de fixação da calha apertados com o torque recomendado pelo fabricante, devem ter uma resistência ao escorregamento igual a, no mínimo, 25% da carga de ruptura do cabo ao qual se destinam.

Os grampos de suspensão devem ser projetados de modo que o ângulo de saída dos cabos, em ambos os lados, seja  $\geq 15^\circ$ .

As características dimensionais básicas das cadeias de suspensão e ancoragem do condutor e dos conjuntos dos cabos para-raios são apresentadas nos desenhos constantes dos Anexos 1 e 2.

## 5.2 EMENDAS

As emendas do condutor e cabos para-raios podem ser do tipo a compressão ou constituídas por varetas pré-formadas externas e de enchimento (caso necessário) em liga de alumínio, com hélice à direita (cabos CAA e CAL 1120) e varetas pré-formadas em aço zincado a quente, com hélice à esquerda (alma de aço dos cabos CAA e cabo 3/8" EAR).

As emendas devem ter uma resistência, tanto a ruptura como ao escorregamento, igual a, no mínimo, 95% da carga de ruptura do cabo ao qual se destinam.

## 5.3 ESPAÇADORES

Os espaçadores devem ser apropriados para feixe formado por:

- a) 4 condutores dispostos nos vértices de quadrado com 1050 mm de lado (nos vãos) e 457 mm de lado (nos "jumpers" e próximos às estruturas de ancoragem).

Podem ser propostos espaçadores-amortecedores para as LTs ou espaçadores, estes últimos sempre complementados por amortecedores tipo Stockbridge, instalados nos condutores nas extremidades dos vãos.

Nas torres de ancoragem os condutores de passagem utilizam espaçadores rígidos próprios para o feixe.

O sistema de grampeamento deve ser projetado de forma a garantir que a tampa não deslize quando for apertada e que o torque dado na instalação será mantido ao longo de toda a vida útil das LTs, mesmo após a deformação plástica do condutor decorrente de ciclos térmicos, envelhecimento, etc. Com esse objetivo o sistema de grampeamento deve incluir um mecanismo de armazenamento de energia que compense a deformação plástica dos fios de alumínio.

Os espaçadores devem permitir sua instalação ou retirada utilizando ferramentas de manutenção em linha viva, sem a completa separação de seus componentes. Deve ser possível retirar e reinstalar os grampos sem danificar os parafusos de fixação ou os condutores.

## 5.4 AMORTECEDORES DE VIBRAÇÃO

Caso o fornecedor constate a necessidade de utilização de amortecedores nos feixes de condutores, é prevista a utilização de amortecedores tipo Stockbridge nos condutores. Para os cabos para-raios das LTs são sempre previstos a utilização de amortecedores tipo Stockbridge ou amortecedores de impacto espiralados.

Podem ser propostos amortecedores de impacto espiralados tipo SVD ("spiral vibration damper") para os cabo para-raios, desde que o Fornecedor disponha de relatórios certificados de ensaios comprovando, a critério da CONTRATANTE, a capacidade de amortecimento dos mesmos quando instalados no cabo citado e para os vãos projetados para as LTs.

Os amortecedores Stockbridge ou SVD deverão efetivamente amortecer as vibrações eólicas mantendo inalteradas suas características de amortecimento ao longo da vida útil das LTs.

Caso sejam utilizados amortecedores nos condutores, os mesmos deverão permitir sua instalação ou retirada, utilizando ferramentas de manutenção em linha viva, sem a completa separação de seus componentes.

Quando os amortecedores tipo Stockbridge adotarem elastômeros ou borrachas nos grampos de fixação aos cabos, esses componentes devem ser devidamente fixados (com colas especiais ou outras tecnologias). O uso de elastômeros ou borrachas nos grampos de fixação não pode alterar o desempenho dos amortecedores na absorção da energia de vibração induzida nos cabos, além de possuírem resistência às intempéries, ozona e ultravioleta.

## **5.5 ESFERAS DE SINALIZAÇÃO**

As esferas a serem instaladas nos cabos para-raios devem ter 60 cm de diâmetro, espessura não inferior a 2,5 mm e atender os requisitos da norma NBR 15237 no que se refere aos materiais utilizados e ao detalhamento do projeto. Devem ser fabricadas na cor laranja internacional (Munsell 2.5 YR 6/14).

As esferas devem ser projetadas para instalação nos cabos para-raios de tal forma que não se movimentem ao longo do cabo durante a vida útil das LTs.

## **5.6 REPAROS**

Os reparos utilizados nos condutores CAL 1120 e nos cabos para-raios CAA devem ser constituídos por varetas pré-formadas em liga de alumínio, com hélice à direita.

O conjunto de varetas aplicáveis ao condutor deve ser projetado com pontas chanfradas de modo a reduzir o efeito corona.

## **5.7 FERRAGENS PARA ATERRAMENTO DOS CABOS PARA-RAIOS**

Os cabos para-raios devem ser solidamente aterrados em todas as estruturas utilizando cordoalha de cobre estanhado fixada aos grampos de suspensão ou ancoragem dos cabos e à estrutura.

O comprimento da cordoalha e as dimensões de seus terminais devem ser definidos em função da configuração definitiva dos conjuntos de suspensão e ancoragem dos cabos para-raios.

## **5.8 FERRAGENS PARA ATERRAMENTO DAS ESTRUTURAS**

Devem ser utilizados conectores de aço zincado por imersão a quente para fixar o cabo contrapeso à cantoneira de ancoragem das estruturas, aos montantes dos mastros, aos estais e às hastes de aterramento. Para emendar o cabo contrapeso, devem ser utilizados grampos paralelos de aço zincado por imersão a quente (4).

## **5.9 FERRAGENS PARA FIXAÇÃO DE ESTAIS**

Os conjuntos de ferragens de aço zincado a quente para fixação dos cabos de estais da estrutura PSEL (conjunto superior) e às ferragens das fundações (conjunto inferior) devem permitir o ajuste de tensão nos cabos nas operações de tensionamento e nas eventuais operações de retensionamento.

## **6. FERRAGENS DO CABO OPGW**

### **6.1 CONJUNTOS DE SUSPENSÃO E ANCORAGEM**

As ferragens que entram em contato com o cabo OPGW devem ser adequadas para esse tipo de cabo, não sendo permitido o uso de ferragens convencionais para cabo de aço zincado.

Os grampos de suspensão devem ser do tipo “armor grip suspension” (AGS) e os grampos de ancoragem do tipo “armor grip” passante, conforme mostrado nos desenhos constantes do Anexo 2.

## **6.2 CAIXAS DE EMENDA E FERRAGENS DE FIXAÇÃO**

As emendas ópticas devem ser dispostas dentro de caixas apropriadas, de modo a garantir que não serão submetidas a qualquer esforço mecânico.

As caixas de emenda devem ser de aço zincado a quente, aço inoxidável ou alumínio, adequadas para instalação ao tempo, a prova de tiro e tratadas contra corrosão. Devem ser hermeticamente fechadas e travadas, de modo a não permitir a penetração de umidade, nem tampouco o acesso por pessoas não autorizadas.

As caixas de emenda devem ser fixadas nas estruturas das linhas de transmissão e nos pórticos das subestações terminais.

Os comprimentos de cabo OPGW situados entre os grampos de ancoragem e as caixas de emenda devem ser fixados às torres por meio de grampos-guia apropriados, espaçados cerca de 2,0 metros entre si.

A sobra dos cabos OPGW junto às caixas de emenda também deve ser fixada às estruturas, após ter sido enrolada com raio de curvatura suficientemente grande para não danificar o cabo.

## **6.3 CONJUNTO PARA ATERRAMENTO**

O conjunto para aterramento do cabo OPGW em todas as estruturas deve ser constituído por um cabo de alumínio 4/0 com 2 terminais prensados de alumínio e um parafuso de 5/8" de aço zincado a quente, com respectiva porca e arruelas lisa e de pressão, para fixação do cabo de aterramento à estrutura.

O comprimento do cabo de alumínio deverá ser definido em função do projeto definitivo dos conjuntos de suspensão e ancoragem do cabo OPGW.

## **6.4 AMORTECEDORES DE VIBRAÇÃO**

Deverão ser utilizados amortecedores de vibração tipo Stockbridge, próprios para uso sobre cabo OPGW.

Poderão ser propostos outros tipos de amortecedores, próprios para uso sobre cabos OPGW, desde que o Fornecedor disponha de relatórios certificados de ensaios comprovando sua capacidade de amortecimento.

Os amortecedores deverão efetivamente amortecer as vibrações eólicas, mantendo inalteradas suas características de amortecimento ao longo da vida útil das LTs. Essa capacidade de amortecimento deverá ser comprovada através dos ensaios de tipo relacionados no item 7 deste relatório.

A fixação dos amortecedores aos cabos OPGW deverá ter uma área de contacto suficientemente grande, de modo a não afetar a eficiência mecânica, elétrica e óptica dos cabos. Os grampos de fixação dos amortecedores deverão ser de liga de alumínio.

## **6.5 DISPOSITIVOS DE SINALIZAÇÃO AÉREA**

Os dispositivos a serem instalados nos cabos OPGW deverão ser esféricos, com 60 cm de diâmetro e espessura não inferior a 2,5 mm. Deverão atender os requisitos da norma NBR 15237 no que se refere aos materiais utilizados e ao detalhamento do projeto.

## **6.6 MATERIAIS E DIMENSÕES**

As dimensões e materiais dos componentes que entram em contato direto com o cabo OPGW, assim como as cargas de ruptura dos conjuntos de suspensão e ancoragem e as cargas de escorregamento dos grampos de suspensão e ancoragem, serão definidas em função da configuração dos cabos OPGW que vierem a ser efetivamente utilizados nas LTs e de suas correspondentes cargas de ruptura garantidas.

## **7. ENSAIOS DE TIPO PARA FERRAGENS**

### **7.1 ENSAIO DE RIV E CORONA**

As cadeias de suspensão e ancoragem do condutor devem ser submetidas a ensaios de RIV e Corona conforme indicado a seguir. Devem também ser submetidos a esses ensaios os acessórios do condutor, ou seja, espaçadores, emendas e reparos pré-formados.

As cadeias devem ser montadas no laboratório em estruturas que reproduzam a configuração das torres utilizadas nas linhas de transmissão de modo a simular as condições reais de operação e os correspondentes gradientes elétricos nos condutores.

As cadeias de suspensão e ancoragem, os espaçadores, os amortecedores, as emendas e os reparos pré-formados não deverão apresentar corona visível quando submetidos a uma tensão fase-terra de 335 kV, 60 Hz, valor eficaz.

Para as cadeias de suspensão e ancoragem do condutor, as tensões de RIV, medidas conforme norma NEMA 107, deverão ser inferiores a 500  $\mu$ V estando as cadeias submetidas a uma tensão fase-terra de 320 kV, 60 Hz, valor eficaz.

Para os espaçadores, amortecedores, emendas e reparos pré-formados do condutor, ensaiados nas mesmas condições e submetidos à mesma tensão fase-terra indicada no item 7.1.4 acima, as tensões de RIV, medidas conforme norma NEMA 107, devem ser inferiores a 200 $\mu$ V.

### **7.2 ENSAIO DE ARCO DE POTÊNCIA**

Devem ser realizados ensaios de arco de potência em protótipos dos conjuntos de suspensão e ancoragem aplicáveis ao condutor. O arranjo do laboratório e dos conjuntos sendo ensaiados deve reproduzir as condições de utilização das cadeias nas LTs, principalmente no que se refere às distâncias entre partes vivas e aterradas e ao circuito de retorno da corrente.

Um protótipo de cada conjunto deve ser submetido a três correntes de arco de 50 kA, valor eficaz, alimentação desbalanceada e duração de 0,10 s, 0,10 s e 0,30 s.

Um segundo protótipo de cada conjunto deve ser submetido a três correntes de arco de 10 kA, valor eficaz, alimentação balanceada e duração de 0,20 s, 0,20 s e 0,50 s.

Os conjuntos de suspensão e ancoragem do condutor serão considerados aprovados se, após os ensaios:

- a) Não ocorrer a separação de nenhum componente ou isolador das cadeias;
- b) As cargas de ruptura dos componentes afetados pelos arcos forem superiores a 80% do valor mínimo garantido pelo Fornecedor.

### **7.3 ENSAIO DE CICLO TÉRMICO**

Devem ser submetidos ao ensaio os grampos de ancoragem à compressão e terminais de passagem e os conjuntos de emenda do condutor. O ensaio deve ser realizado de acordo com a norma NEMA C119.4, método CCT, classe C (125 ciclos).

#### **7.4 ENSAIO DE ESCORREGAMENTO**

Os grampos de suspensão devem ser submetidos a ensaios que permitam relacionar a carga de escorregamento com o torque aplicado aos parafusos de fixação da calha.

#### **7.5 ENSAIO DE RESISTÊNCIA A RUPTURA**

Os componentes das cadeias de suspensão e ancoragem do condutor e cabos para-raios e os conjuntos de emenda do condutor e cabos para-raios devem ser submetidos a ensaios de ruptura para comprovar seu atendimento às cargas de projeto. As cargas devem ser aplicadas aos componentes de modo a reproduzir as condições de operação, quando instalados nas linhas de transmissão.

#### **7.6 ENSAIOS DOS ESPAÇADORES**

Protótipos dos espaçadores devem ser submetidos aos ensaios relacionados a seguir conforme especificado nas normas técnicas aplicáveis:

- a) Exame visual.
- b) Verificação dimensional.
- c) Escorregamento do grampo.
- d) Aperto dos parafusos de fixação dos grampos nos cabos.
- e) Simulação de corrente de curto-circuito e ensaios de tração e compressão.
- f) Flexibilidade.
- g) Fadiga (vibração eólica, duração 108 ciclos).
- h) Resistência elétrica.

#### **7.7 ENSAIOS DOS AMORTECEDORES DE VIBRAÇÃO**

Protótipos dos amortecedores a serem utilizados nos condutores e cabos para-raios devem ser submetidos aos ensaios relacionados a seguir conforme especificado nas normas técnicas aplicáveis:

- a) Exame visual.
- b) Verificação dimensional.
- c) Escorregamento do grampo.
- d) Aperto do parafuso de fixação do grampo nos cabos.
- e) Fixação dos pesos no cabo mensageiro.
- f) Fixação do grampo no cabo mensageiro.
- g) Capacidade de amortecimento.
- h) Resistência à fadiga.

## **8. ENSAIOS DE ROTINA PARA FERRAGENS**

### **8.1 PEÇAS FORJADAS**

- |                            |   |
|----------------------------|---|
| a) Matéria prima           | exame visual e ensaios mecânicos e químicos.                                    |
| b) Após forjadas           | Exame visual e dimensional, ensaios metalográficos.                             |
| c) Após tratamento térmico | Ensaio mecânicos e metalográficos.  |
| d) Após zincagem           | espessura, acabamento e aderência da camada de zinco.                           |
| e) Peças acabadas          | exame visual e dimensional, ensaios mecânicos compatibilidade com outras peças. |

### **8.2 PEÇAS FUNDIDAS**

- |                            |  |
|----------------------------|--|
| a) Matéria prima           | exame visual e análise química.  |
| b) Após fundidas           | exame visual e dimensional.  |
| c) Após tratamento térmico | Ensaio mecânicos e metalográficos.   |
| d) Após zincagem           | espessura, acabamento e aderência da camada de zinco.                            |
| e) Peças acabadas          | exame visual e dimensional, ensaios mecânicos, compatibilidade com outras peças. |

### **8.3 CHAPAS TRABALHADAS**

- |  |  |
|--|--|
| a) Matéria prima                                     | exame visual e dimensional, ensaios mecânicos e análise química.                 |
| b) Após operações de corte, furação e dobramento     | exame visual e dimensional.  |
| c) Após tratamento térmico e soldagem (se aplicável) | exame visual e dimensional, exame das soldas.                                    |
| d) Após zincagem                                     | espessura, acabamento e aderência da camada de zinco.                            |
| e) Peças acabadas                                    | exame visual e dimensional, ensaios mecânicos, compatibilidade com outras peças. |

### **8.4 PARTES NÃO METÁLICAS**

- |                         |   |
|-------------------------|---|
| a) Matéria prima        | análise química.  |
| b) Durante a fabricação | propriedades elétricas e mecânicas.                           |
| c) Peças acabadas       | exame visual e dimensional, compatibilidade com outras peças. |

### **8.5 INSPEÇÃO POR PARTÍCULAS MAGNÉTICAS**

Antes da zincagem amostras das peças fundidas e forjadas de material ferroso devem ser submetidas à inspeção magnética de acordo com a norma ASTM E709 utilizando a magnetização circular e longitudinal pelo método contínuo.

Todas as seções de uma peça devem ser inspecionadas, inclusive parafusos e pinos. Devem ser utilizadas partículas magnéticas fluorescentes como meio de inspeção.



## **8.6 INSPEÇÃO RADIOGRÁFICA**

O ensaio deve ser efetuado em amostras dos grampos de suspensão fabricados em liga de alumínio. As condições internas dos grampos devem ser verificadas com base nos padrões definidos na norma ASTM E155.

## **9. ENSAIOS DE ACEITAÇÃO PARA FERRAGENS**

Os materiais acabados devem ser submetidos aos ensaios de aceitação especificados nos itens 9.1 a 9.5 de acordo com as normas técnicas aplicáveis.

### **9.1 TODAS AS FERRAGENS**

Todos os tipos de ferragens devem ser submetidos aos seguintes ensaios, por amostragem:

- a) Exame visual.
- b) Verificação dimensional (acabamento, encaixe e dimensões).
- c) Resistência mecânica à ruptura.
- d) Zincagem (espessura, acabamento e aderência da camada de zinco).

Adicionalmente cada tipo específico de material deve ser submetido, por amostragem, aos ensaios relacionados nos itens 9.2 a 9.5 a seguir.

### **9.2 CUPILHAS DOS ENGATES CONCHA–BOLA**

- a) Dobramento.
- b) Dureza.
- c) Operação.

### **9.3 ESPAÇADORES**

- a) Escorregamento do grampo.
- b) Aperto dos parafusos de fixação dos grampos nos condutores.

### **9.4 AMORTECEDORES DE VIBRAÇÃO**

- a) Escorregamento do grampo.
- b) Aperto dos parafusos de fixação do grampo nos cabos.
- c) Fixação dos pesos no cabo mensageiro.
- d) Fixação do grampo no cabo mensageiro.

### **9.5 ESFERAS DE SINALIZAÇÃO**

- a) Resistência ao impacto.
- b) Aderência da pintura.
- c) Escorregamento.
- d) Torque nos parafusos.

## 10. REFERÊNCIAS

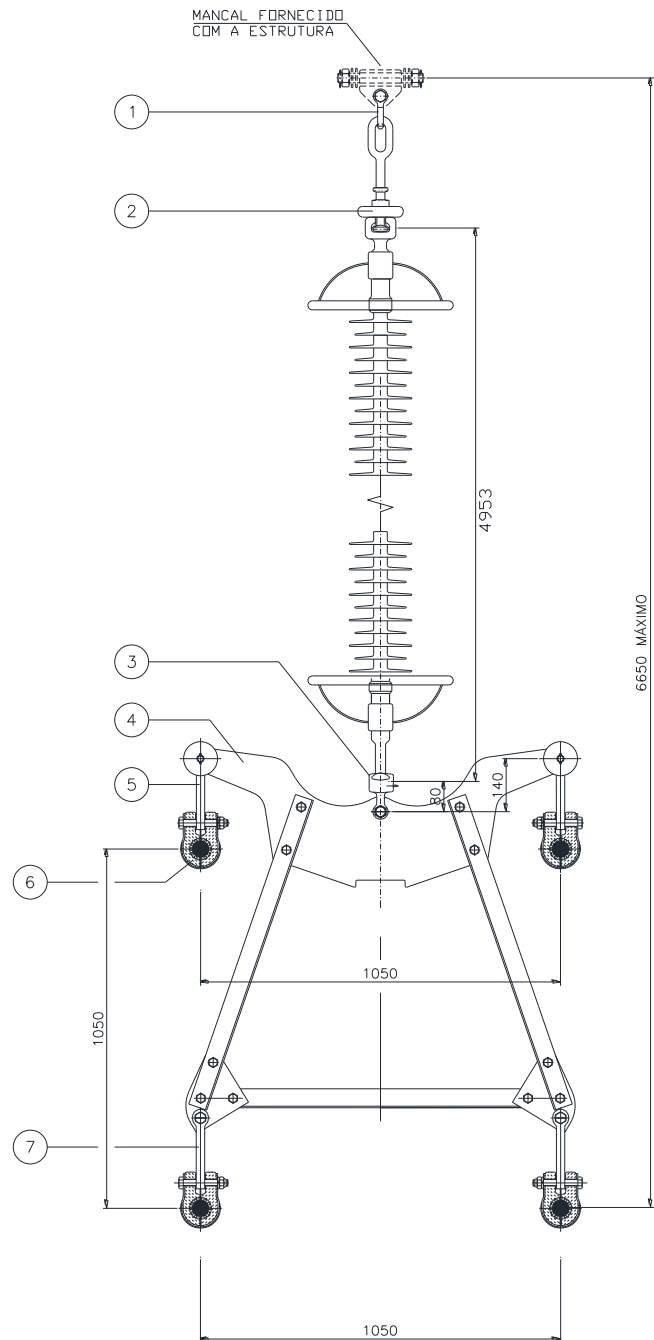
- 1 Projeto Básico LTs 500 kV, circuito simples, Porto Sergipe – Olindina e Olindina – Sapeçu, NORMAS TÉCNICAS UTILIZADAS.
- 2 Projeto Básico LTs 500 kV, circuito simples, Porto Sergipe – Olindina e Olindina – Sapeçu, CONDUTOR E PARA-RAIOS.
- 3 Projeto Básico LTs 500 kV, circuito simples, Porto Sergipe – Olindina e Olindina – Sapeçu, COORDENAÇÃO DO ISOLAMENTO.
- 4 Projeto Básico LTs 500 kV, circuito simples, Porto Sergipe – Olindina e Olindina – Sapeçu, SISTEMA DE ATERRAMENTO.

**11. ANEXOS**

**ANEXO 1 – DESENHOS DAS CADEIAS DOS CONDUTORES**

**NOTAS GERAIS APLICÁVEIS A TODOS OS DESENHOS**

1. Para características dos condutores e cabos para-raios referir-se ao item 3 deste relatório.
2. Para características dos isoladores utilizados nas cadeias de suspensão e ancoragem dos condutores referir-se ao item 4 deste relatório.
3. Todas as dimensões estão em milímetro.



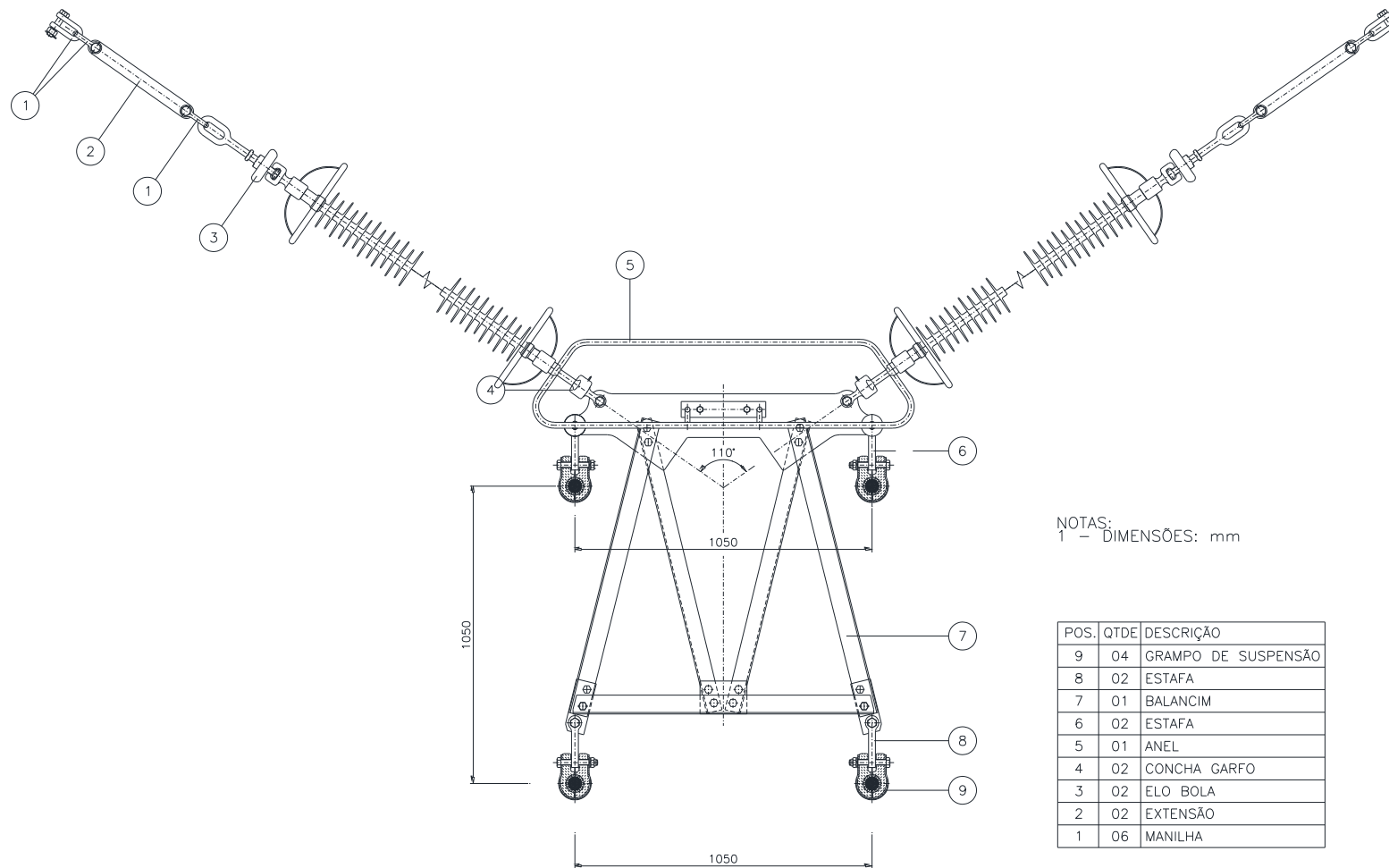
POS	QTDE	DESCRIÇÃO
7	2	ESTAFA
6	4	GRAMPO DE SUSPENSÃO
5	2	ESTAFA
4	1	BALANCIM
3	1	CONCHA GARFO
2	1	ELO BOLA
1	1	MANILHA

NOTAS:  
DIMENSÕES: mm

Para notas gerais, ver folha 21

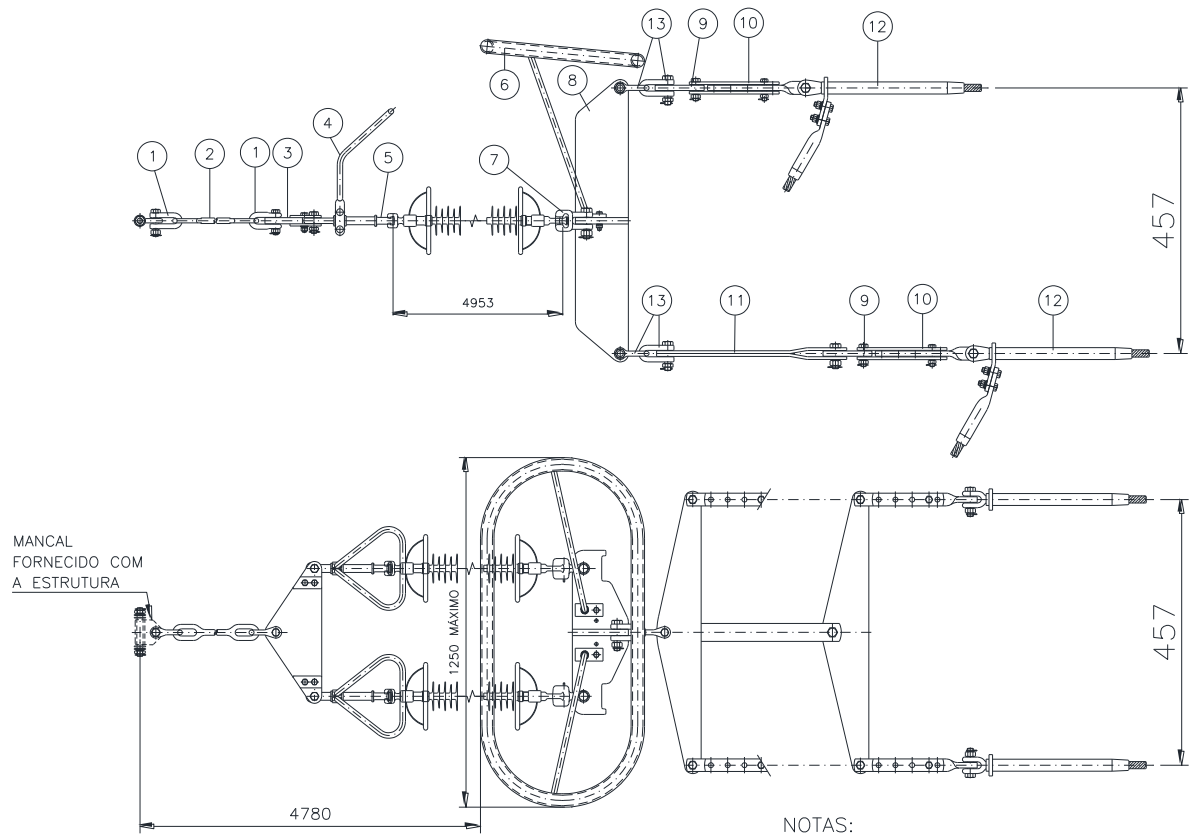
**CADEIA DE SUSPENSÃO EM I (I-21) PARA ESTRUTURAS TIPO: PSEL, PSSL, PSSP E PSST**

**CADEIA DE PASSAGEM EM I (IP-21) PARA ESTRUTURAS TIPO: PSAA E PSAT**



**CADEIA DE SUSPENSÃO EM V (V110-21)**  
**ESTRUTURAS TIPO: PSES, PSSL, PSSP E PSST**

*Para notas gerais, ver folha 21*



POS	QTDE	DESCRIÇÃO
13	04	MANILHA
12	04	GRAMPO DE COMPRESSÃO
11	01	EXTENSÃO
10	04	EXTENSÃO REGULÁVEL 90°
9	02	BALANCIM
8	01	BALANCIM
7	02	CONCHA GARFO
6	01	ANEL
5	02	OLHAL BOLA
4	02	RAQUETE
3	01	BALANCIM
2	01	PROLONGADOR ELO ELO
1	02	MANILHA

NOTAS:  
1 - DIMENSÕES: mm

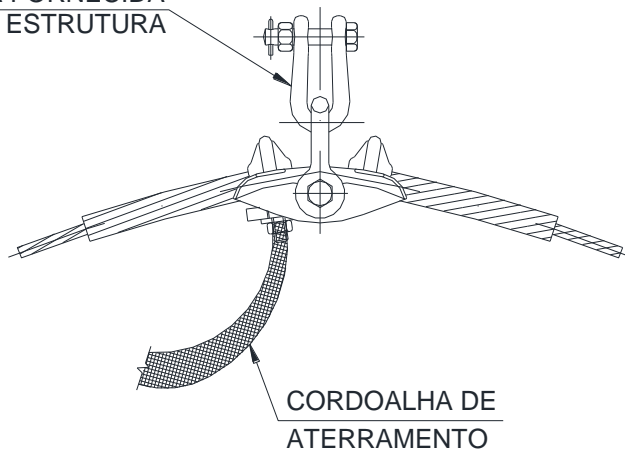
**CADEIA DE DUPLA DE ANCORAGEM (AD-21)**  
**ESTRUTURAS TIPO: PSAA E PSAT**

*Para notas gerais, ver folha 21*



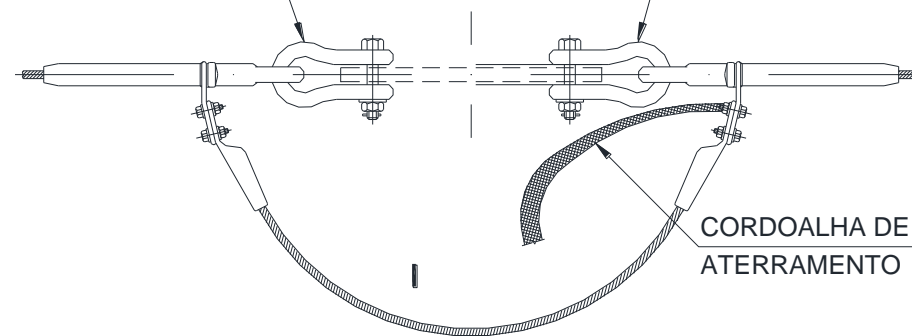
**ANEXO 2 – DESENHOS DOS CONJUNTOS DE PARA RAIOS**

MANILHA FORNECIDA  
JUNTO À ESTRUTURA



**Cadeia de Suspensão**

MANILHA FORNECIDA  
JUNTO À ESTRUTURA

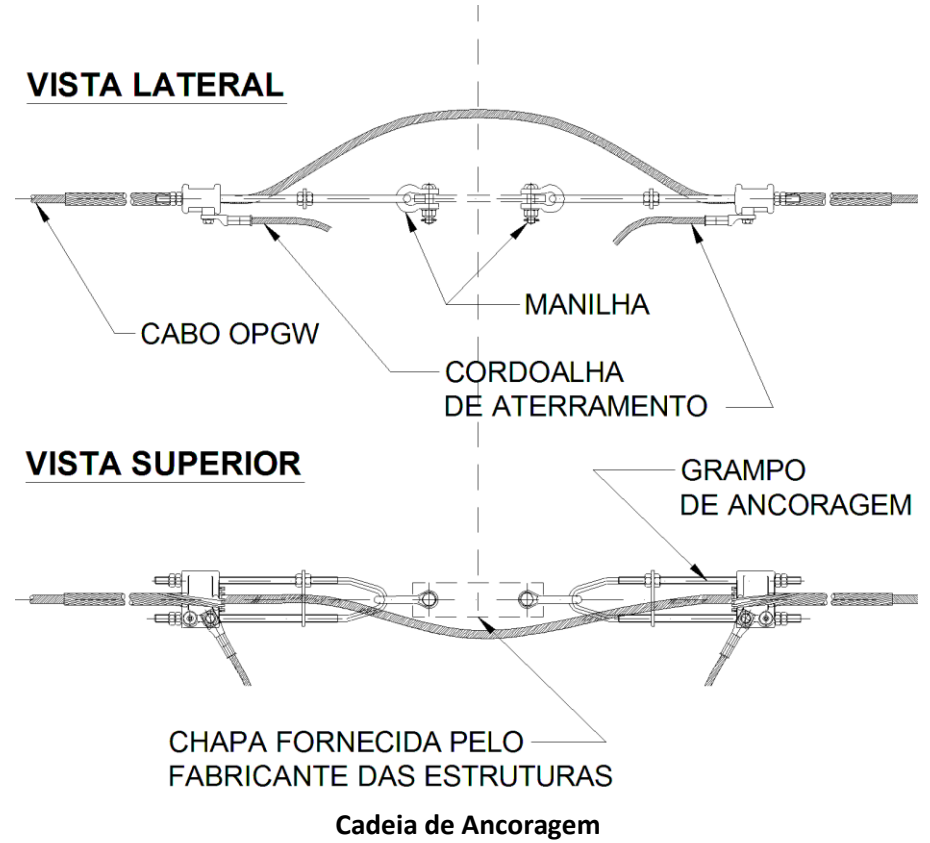
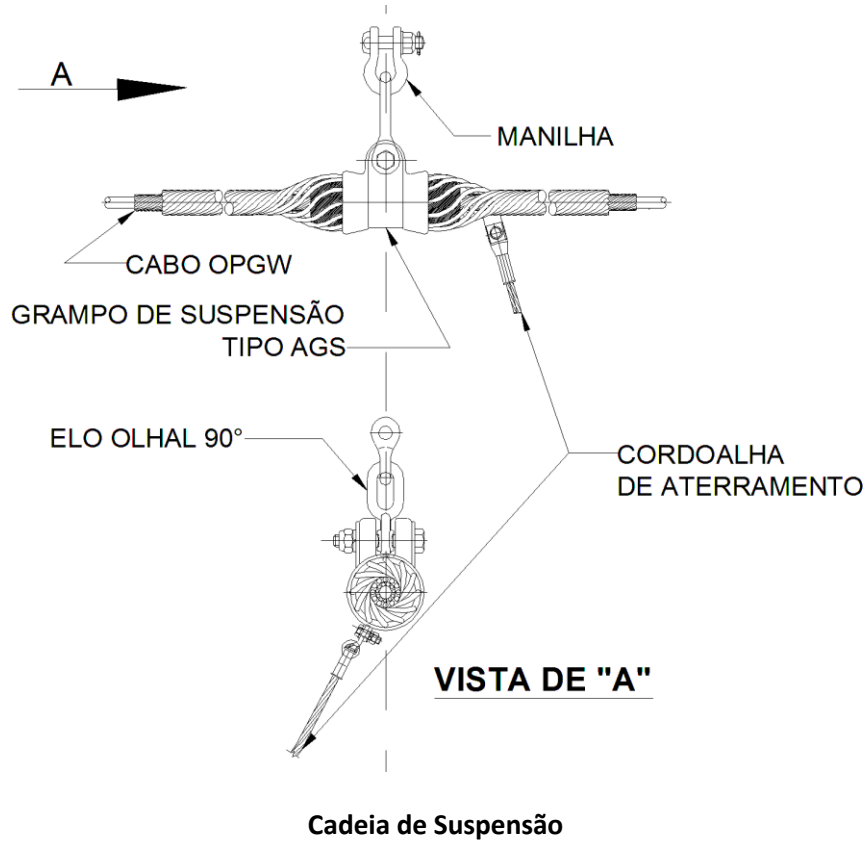


CORDOALHA DE  
ATERRAMENTO

**Cadeia de Ancoragem**

*Para notas gerais, ver folha 21*

**CONJUNTOS DE SUSPENSÃO E ANCORAGEM DOS CABOS PARA-RAIOS CAA DOTTEREL e AÇO 3/8" EAR**



*Para notas gerais, ver folha 21*

**CADEIAS DE SUSPENSÃO E ANCORAGEM DO CABO PARA-RAIOS OPGW**