

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

 TRIÂNGULO MINEIRO TRANSMISSORA	<i>Nome da Obra</i>			
	LT 500kV MARIMBONDO - ASSIS			
 TACTA WINCOMISA <small>Indústria Construções e Montagens Inpelec S.A.</small>	<i>Título do Documento</i>			
	MEMORIAL DO PROJETO BÁSICO DE FERRAGENS			
<i>Projeto</i>	MARCOS F.	24/09/2013	<i>Nº</i>	311-007-FA-4-B
<i>Aprovação</i>	SÉRGIO A.	24/09/2013	<i>Rev</i>	0B
<i>Responsável</i>	SÉRGIO A.	24/09/2013	<i>Folha</i>	1/16
			<i>Sit.Proj.</i>	Básico
			<i>Clas.Proj.</i>	Eletromecânico

INDICE

1. OBJETIVO	3
2. COORDENAÇÃO ELETROMECAÂNICA DAS CADEIAS	4
3. REQUISITOS GERAIS	6
4. CARACTERÍSTICAS DOS ISOLADORES	7
5. CADEIAS DE SUSPENSÃO E ANCORAGEM DOS CABOS CONDUTORES	8
6. CONJUNTOS DE FIXAÇÃO DOS CABOS PARA-RAIOS	9
7. ACESSÓRIOS	10
8. SISTEMA ANTI-VIBRAÇÃO	12
9. ENSAIOS DE TIPO	14
10. ENSAIOS DE ROTINA	16
11. ENSAIOS DE RECEBIMENTO	17

	LT 500kV MARIMBONDO - ASSIS	 	FOLHA: 2/17	REVISÃO: 0B
MEMORIAL DO PROJETO BÁSICO DE FERRAGENS		311-007-FA-4-B		

1. OBJETIVO

Este documento tem por objetivo definir as principais características dos conjuntos e componentes das cadeias de isoladores, ferragens e acessórios a serem utilizados na linha de transmissão 500kV Marimbondo – Assis.

	LT 500kV MARIMBONDO - ASSIS	 	FOLHA: 3/17	REVISÃO: 0B
MEMORIAL DO PROJETO BÁSICO DE FERRAGENS		311-007-FA-4-B		

2. COORDENAÇÃO ELETROMECÂNICA DAS CADEIAS

A quantidade de isoladores por cadeia foi definida no estudo de coordenação de isolamento (ver documento 311-004-ME-4-B-0A Memorial do Projeto Básico Elétrico), tendo sido adotado o seguinte:

Cadeia de Suspensão / Jumper = 25 isoladores passo 146mm

Cadeia de Ancoragem = 2 x 22 isoladores passo 170mm

A determinação da resistência eletromecânica nominal das cadeias para cada tipo de aplicação foi feita com base nas cargas máximas atuantes em cada estrutura, em função de suas características de utilização, e nas recomendações da norma NBR-5422, ou seja:

- *Carga máxima de curta duração (vento máximo ou ruptura de condutor) = 60% da carga de ruptura da cadeia*
- *Carga máxima permanente (EDS) = 40% da carga de ruptura da cadeia*

Desta forma, temos as seguintes cargas máximas admissíveis para cada categoria de isolador:

CARGA NOMINAL	120 kN	160 kN	240 kN
VENTO MÁXIMO / RUPTURA	7.200 kgf	9.600 kgf	14.400 kgf
EDS	4.800 kgf	6.400 kgf	9.600 kgf

As cargas máximas calculadas para as cadeias e as cargas nominais selecionadas são as seguintes:

TORRE TIPO	CARGA MÁXIMA (kgf)			CARGA NOMINAL DA CADEIA
	VENTO MAX	EDS	RUPTURA EM EDS	
G51	9.626	5.014	7.091	160kN
G52	9.626	5.014	7.091	160kN
A52	12.102	6.118	7.313	240kN
A53	14.904	7.590	7.661	240kN
D52	19.921	10.251	9.412	2 x 240kN
E52	28.811	12.320	9.412	2 x 240kN

	LT 500kV MARIMBONDO - ASSIS			FOLHA: 4/17	REVISÃO: 0B
MEMORIAL DO PROJETO BÁSICO DE FERRAGENS		311-007-FA-4-B			

As cargas acima são resultado das cargas verticais, transversais e longitudinais de cada estrutura. Todas as ferragens das cadeias e os isoladores serão compatíveis com a sua posição no conjunto de carga nominal determinada na tabela acima.

As cadeias de suspensão do jumper serão do tipo I simples, com carga mínima de 120 kN por penca.

	LT 500kV MARIMBONDO - ASSIS	 	FOLHA: 5/17	REVISÃO: 0B
MEMORIAL DO PROJETO BÁSICO DE FERRAGENS		311-007-FA-4-B		

3. REQUISITOS GERAIS

Todos os componentes permitirão fácil montagem e desmontagem com ferramentas comuns e o detalhamento será adequado para a utilização de ferramentas para manutenção com linha-viva.

Todos os pinos de engate que, por sua posição nos conjuntos, possam sofrer esforços longitudinais ou desgaste excessivo da cupilha devem ser fornecidos com porca e cupilha. Os parafusos devem ter cabeças e porcas hexagonais. Todas as conexões parafusadas deverão ter dispositivos de travamento. Todos os pinos que utilizarem apenas cupilha, deverão ser providos de arruelas planas. Todas as ferragens com engate concha-bola deverão ser compatíveis com os isoladores especificados.

Todos os materiais ferrosos deverão ser galvanizados a quente de acordo com as prescrições das normas ASTM A123, A143 e A153. As seguintes subclasses da norma A153 aplicam-se aos itens abaixo:

Classe A – Ferro maleável

Classe B – Aço forjado, ferro fundido

Classe C – Parafusos e porcas

Classe D – Arruelas

Toda as ferragens e acessórios utilizados do lado sob tensão das cadeias ou em contacto com os condutores devem ter as superfícies externas perfeitamente lisas e todas as arestas e quinas arredondadas, de modo a se reduzir o efeito corona. Todos os parafusos e porcas destas peças devem ter bordas arredondadas e os filetes de rosca exteriores às porcas, quando necessário, devem ser protegidos.

As cadeias de suspensão, com ou sem os pesos adicionais instalados, devem ser projetadas de acordo com os níveis de RIV e corona estabelecidos nestas especificações sem o uso de anéis corona. As cadeias de ancoragem poderão utilizar anéis ou raquetes de blindagem contra o corona, caso seja necessário.

	LT 500kV MARIMBONDO - ASSIS	 	FOLHA: 6/17	REVISÃO: 0B
MEMORIAL DO PROJETO BÁSICO DE FERRAGENS		311-007-FA-4-B		

4. CARACTERÍSTICAS DOS ISOLADORES

Os isoladores serão do tipo disco de suspensão em vidro temperado. Será utilizado um único tipo de isolador em função das cargas nominais das cadeias, com as seguintes características:

CARGA	120kN	160kN	240kN
DIÂMETRO (mm)	254	280	280
ALTURA (mm)	146	170	170
DIST. ESCOAMENTO MÍN. (mm)	320	380	380

Os isoladores terão engate concha-bola de acordo com a norma IEC 60120 e na sua fabricação serão utilizados os seguintes materiais:

- *Dielétrico: vidro temperado ou porcelana obtida por via úmida*
- *Pinos: aço forjado, galvanizado a quente e que possuam luva de zinco*
- *Campânulas: ferro fundido maleável ou nodular, galvanizado a quente*
- *Cupilhas: aço inoxidável AISI 301, 302 ou 304*

	LT 500kV MARIMBONDO - ASSIS	 	FOLHA: 7/17	REVISÃO: 0B
MEMORIAL DO PROJETO BÁSICO DE FERRAGENS		311-007-FA-4-B		

5. CADEIAS DE SUSPENSÃO E ANCORAGEM DOS CABOS CONDUTORES

As cadeias de suspensão serão do tipo I simples para jumper. As cadeias de suspensão não terão nenhum tipo de anel ou raquete anti-corona, porém deverão ter o desenho do balancim e grampos otimizado para uma distribuição adequada do campo elétrico no lado fase.

As cadeias de ancoragem serão duplas, com duas colunas de isoladores, e serão providas de anéis ou raquetes para controle do efeito corona.

Todas as cadeias serão detalhadas com o menor número de componentes possível, assegurando-se, porém total mobilidade do conjunto de forma a evitar a concentração de esforços ou a flexão das peças individuais.

Os grampos de ancoragem serão todos do tipo a compressão, compostos por luva interna com olhal em aço galvanizado a quente e luva externa em liga de alumínio.

As cargas nominais das cadeias são as seguintes:

- *Cadeia de Suspensão I = 160kN para estrutura G51 e G52*
- *Cadeia de Suspensão I = 240kN para estrutura A52 e A53*
- *Cadeia de Suspensão I para Jumper = 120 kN*
- *Cadeia de Ancoragem = 480 kN*

Os desenhos básicos das cadeias estão apresentados nos desenhos abaixo relacionados, sendo que o desenho executivo final ficará a cargo do fornecedor:

- **311-011-DE-3-B-0A** – *Cadeia de Suspensão do Condutor*
- **311-012-DE-3-B-0A** – *Cadeia de Jumper do Condutor*
- **311-013-DE-3-B-0A** – *Cadeia de Ancoragem do Condutor*

	LT 500kV MARIMBONDO - ASSIS	 	FOLHA: 8/17	REVISÃO: 0B
MEMORIAL DO PROJETO BÁSICO DE FERRAGENS		311-007-FA-4-B		

6. CONJUNTOS DE FIXAÇÃO DOS CABOS PARA-RAIOS

Os conjuntos de fixação dos cabos Para-raios serão desenvolvidos para os cabos CAA-EF Dotterel, Cordoalha de Aço 3/8" EAR 7 fios e para o cabo OPGW 14,4mm, tendo a mesma concepção básica.

As armaduras preformadas utilizadas no cabo Para-raios CAA serão fabricadas em liga de alumínio, com hélice à direita.

Os desenhos de referência para os conjuntos são:

- **311-014-DE-3-B-0A** – *Conjunto de Ancoragem do Para-Raios Dotterel e Aço 3/8"*
- **311-015-DE-3-B-0A** – *Conjunto de Suspensão do Para-Raios Dotterel e Aço 3/8"*
- **311-016-DE-3-B-0A** – *Conjunto de Suspensão do Para-Raios OPGW*
- **311-017-DE-3-B-0A** – *Conjunto de Ancoragem do Para-Raios OPGW*

	LT 500kV MARIMBONDO - ASSIS	 	FOLHA: 9/17	REVISÃO: 0B
MEMORIAL DO PROJETO BÁSICO DE FERRAGENS		311-007-FA-4-B		

7. ACESSÓRIOS

ESFERAS DE SINALIZAÇÃO

Serão utilizadas esferas de sinalização de acordo com a norma brasileira NBR-8664 em todas as travessias que assim o justifiquem. As esferas serão em material polietileno ou fibra de vidro pintadas na cor laranja aeronáutico padronizada (Munsell 2.5 YR 6/14). O número de esferas, posicionamento e localização serão definidos na fase do projeto executivo em função das características reais dos vãos de travessia.

As esferas deverão permitir a instalação por corda e/ou robô.

LUVAS DE EMENDA E REPARO

Está previsto o uso de luvas de emenda do tipo preformada tanto para o cabo condutor como para os cabos Para-raios, que deverão ter uma resistência à ruptura e ao escorregamento de no mínimo 95% da carga de ruptura do cabo a que se aplicam.

Serão também utilizadas luvas de reparo preformadas para os cabos de alumínio. As varetas deverão ter hélice à direita e terem suas pontas tratadas para evitar o efeito corona.

CONECTORES DE ATERRAMENTO DO CABO CONTRAPESO

O contrapeso de aterramento da linha será a cordoalha de aço galvanizado a quente 3/8" SM e serão utilizados conectores adequados para a conexão do contrapeso às estruturas. Em caso de extensão do comprimento de contrapeso, serão utilizados conectores paralelos para emenda do mesmo. Todos os conectores serão em aço galvanizado a quente.

AMORTECEDORES DE VIBRAÇÃO

Para dissipar a energia introduzida pelo vento nos cabos, evitando a ocorrência de vibrações danosas aos mesmos, serão utilizados amortecedores do tipo Stockbridge com características de amortecimento compatíveis e adequadas ao cabo em que serão instalados.

Os pesos do amortecedor deverão ser providos de furos de drenagem em sua parte inferior e o cabo mensageiro deve ser do tipo EAR galvanizado a quente, classe B.

	LT 500kV MARIMBONDO - ASSIS			FOLHA: 10/17	REVISÃO: 0B
MEMORIAL DO PROJETO BÁSICO DE FERRAGENS		311-007-FA-4-B			

ESPAÇADORES-AMORTECEDORES OU ESPAÇADORES RÍGIDOS

Para manter a disposição do feixe de condutores de cada fase, serão utilizados espaçadores-amortecedores ou espaçadores rígidos para 4 sub-condutores com espaçamento de 1.100mm. Os espaçadores terão função de manter constante o espaçamento do feixe de cabos e/ou de dissipar as vibrações introduzidas pelo vento, sejam as vibrações eólicas ou as oscilações de sub-vão.

A quantidade e o posicionamento dos amortecedores serão definidos em função das características de amortecimento efetivamente comprovadas através de ensaios e do comprimento dos vãos.

Os espaçadores-amortecedores deverão permitir que a instalação ou retirada dos mesmos seja feita com ferramentas de linha-viva sem a necessidade de desmontagem total de seus componentes.

A fixação das garras ao cabo condutor deverão ser do tipo preformada.

A determinação do tipo de espaçador será feita através de estudo específico durante o projeto executivo e pelo fabricante escolhido, devendo este apresentar memorial de cálculo do sistema.

	LT 500kV MARIMBONDO - ASSIS	 	FOLHA: 11/17	REVISÃO: 0B
MEMORIAL DO PROJETO BÁSICO DE FERRAGENS		311-007-FA-4-B		

8. SISTEMA ANTI-VIBRAÇÃO

O fenômeno das vibrações induzidas nos cabos de uma linha de transmissão é originado pela ação de ventos uniformes em regime laminar atuando sobre os cabos condutores e Para-raios, que produzem movimentos cíclicos nos mesmos levando a deformações por flexão dos tentos externos do cabo podendo inclusive chegar à ruptura.

O fenômeno das vibrações pode ser dividido em três tipos principais: as chamadas vibrações eólicas, de alta frequência (10 a 120Hz) e baixa amplitude, as oscilações de sub-vão (somente para o caso de uso de feixes), de frequência mais baixa (0,5 a 10Hz) e maior amplitude, e o galope, fenômeno desconhecido no Brasil pois está associado basicamente ao desprendimento de gelo.

A mecânica do fenômeno de vibrações está baseado no conceito de ressonância, ou seja, quando as vibrações introduzidas pelo vento se aproximam do valor da frequência própria do sistema (cabos), o fenômeno se produz transmitindo flexões cíclicas aos componentes do sistema. Neste sistema, todos os pontos fixos, ditos nós, são os pontos mais sujeitos aos danos, quais sejam, bocas de grampos e de conectores.

O critério de definição de um sistema de amortecimento é obter uma amplitude de vibração que produza uma deformação dentro dos limites toleráveis pelos componentes do sistema.

A linha de transmissão será provida de um sistema de amortecimento de vibrações eólicas com o objetivo de dissipar a energia introduzida pelo vento no sistema de cabos, reduzindo desta forma a amplitude de vibração das ondas estacionárias, e portanto a deformação nos fios dos cabos, a um nível tal que se elimine o risco de ruptura dos fios por fadiga a flexão.

O sistema anti-vibração será definido separadamente para o feixe de cabos condutores e para os cabos Para-raios. A definição final e o detalhamento do sistema de vibração dependem de uma série de fatores, entre os quais podemos citar:

- *Comportamento do vento*
- *Topografia característica da região*
- *Comprimento dos vãos*
- *Comportamento mecânico do cabo (tração de instalação e de temperatura mínima)*
- *Material e formação dos condutores (auto-amortecimento)*
- *Características de amortecimento dos acessórios utilizados no sistema anti-vibração, em especial a curva de resposta em frequência dos mesmos.*

	LT 500kV MARIMBONDO - ASSIS	 	FOLHA: 12/17	REVISÃO: 0B
MEMORIAL DO PROJETO BÁSICO DE FERRAGENS		311-007-FA-4-B		

Assim, nesta fase do projeto básico, está sendo definido o seguinte sistema anti-vibração:

Para o feixe de condutores: serão instalados espaçadores-amortecedores ou espaçadores rígidos acompanhados de amortecedores com a função de manter constante o espaçamento do feixe de cabos e/ou de dissipar as vibrações introduzidas pelo vento. Estes espaçadores serão instalados ao longo do vão com um intervalo aproximado de 60 a 70 m, valor este estimado com base na experiência de projetos similares. Além de dissipar a energia introduzida pelas vibrações eólicas, os amortecedores-espaçadores deverão ser posicionados de forma a atenuar o fenômeno de oscilação de sub-vão.

Para os cabos Para-raios: serão instalados amortecedores de vibração individuais tipo Stockbridge ou preformados espiralados. A quantidade de amortecedores será função do comprimento de cada vão.

As características exatas do sistema, como curvas de dissipação, tabela de quantidade de espaçadores e amortecedores, tabela de posicionamento e outras somente serão definidas na fase executiva do projeto uma vez conhecido o fabricante do sistema e os vãos reais da linha.

	LT 500kV MARIMBONDO - ASSIS	 	FOLHA: 13/17	REVISÃO: 0B
MEMORIAL DO PROJETO BÁSICO DE FERRAGENS		311-007-FA-4-B		

9. ENSAIOS DE TIPO

Os ensaios de tipo são aqueles efetuados para demonstrar a adequação do projeto aos requisitos de desempenho mecânico e elétrico dos produtos e devem ser efetuados antes do início da produção em série.

A fabricação de qualquer material somente será autorizada após a aprovação dos resultados dos testes de tipo.

Ciclo Térmico

O ensaio de ciclo térmico deverá ser efetuado nos seguintes componentes:

- *Grampos de ancoragem à compressão*

O ensaio deverá ser realizado de acordo com a norma NEMA-CC3, class C (125 ciclos).

Resistência Mecânica

Este teste deverá ser efetuado em protótipos de todos os componentes das diversas cadeias e conjuntos de fixação.

As cargas de teste deverão ser aplicadas da mesma forma e na mesma direção como elas ocorrerem durante a operação normal da linha. O valor da carga de resistência mecânica especificada para cada componente deve ser mantido por 5 minutos, após o que deve ser aumentado até atingir a ruptura da peça.

No caso de grampos de ancoragem e de luvas de emenda, a carga deve ser aplicada através de um pedaço de condutor com no mínimo 8 m de comprimento. A carga de escorregamento especificada deve ser mantida por 5 minutos sem nenhum tipo de escorregamento.

Amortecedores de Vibração

Os amortecedores de vibração tipo Stockbridge serão submetidos aos seguintes ensaios de tipo:

- *Inspeção visual e dimensional*
- *Escorregamento do grampo*
- *Fixação dos pesos no cabo mensageiro*
- *Fixação do grampo no cabo mensageiro*

	LT 500kV MARIMBONDO - ASSIS			FOLHA: 14/17	REVISÃO: 0B
MEMORIAL DO PROJETO BÁSICO DE FERRAGENS		311-007-FA-4-B			

-
- *Características de amortecimento (resposta em frequência)*
 - *Fadiga*

	LT 500kV MARIMBONDO - ASSIS	 	FOLHA: 15/17	REVISÃO: 0B
MEMORIAL DO PROJETO BÁSICO DE FERRAGENS		311-007-FA-4-B		

10. ENSAIOS DE ROTINA

Os ensaios de rotina são aqueles executados pelo fabricante durante o processo produtivo e deverão ser especificados e detalhados num Plano de Controle da Qualidade antes do início da fabricação. Estes ensaios compreendem basicamente os seguintes controles a serem aplicados tanto na matéria-prima como nos componentes em processo e acabados:

- *Inspeção visual*
- *Inspeção dimensional e engate*
- *Ensaio mecânicos*
- *Ensaio químicos*
- *Ensaio metalográficos*
- *Espessura, uniformidade e aderência da camada de zinco*
- *Ensaio radiográficos ou de ultrassonografia*
- *Verificação de propriedades elétricas e mecânicas*
- *Inspeção por partículas magnéticas*

	LT 500kV MARIMBONDO - ASSIS	 	FOLHA: 16/17	REVISÃO: 0B
MEMORIAL DO PROJETO BÁSICO DE FERRAGENS		311-007-FA-4-B		

11. ENSAIOS DE RECEBIMENTO

Os ensaios de recebimento são os ensaios efetuados na aceitação dos produtos acabados antes de seu embarque e compreendem basicamente os seguintes ensaios a serem aplicados em função das características de cada componente:

- *Inspeção visual*
- *Verificação dimensional e engates*
- *Resistência mecânica*
- *Ensaio da galvanização: espessura, uniformidade e aderência da camada de zinco*
- *Cupilhas: dobramento, dureza e operação*
- *Espaçadores-amortecedores: escorregamento, parafusos “break-away”, aperto*
- *Amortecedores: escorregamento e fixação do cabo mensageiro*

Esferas resistência ao impacto, aderência da pintura e escorregamento

	LT 500kV MARIMBONDO - ASSIS	 	FOLHA: 17/17	REVISÃO: 0B
MEMORIAL DO PROJETO BÁSICO DE FERRAGENS		311-007-FA-4-B		