



Grupo de Estudo de Linhas de Transmissão-GLT

Experiência inédita de Furnas no estudo e aplicação de para-raios de óxido de zinco (ZnO) em linhas de transmissão de extra alta tensão de 345 kV com resultados satisfatórios na diminuição dos desligamentos da LT provocados por descargas atmosféricas

**GERSON VALE DE RESENDE(1); RICARDO FRAGA ABDO(1);
FCE(1);**

RESUMO

A confiabilidade de um sistema elétrico de extra alta tensão está diretamente associada a não ocorrências de distúrbios, que possam provocar desligamentos nas linhas de transmissão e seus equipamentos das subestações. Assim cada vez mais, a disponibilidade das linhas está relacionada a qualidade do fornecimento da energia, fiscalização e por conseguinte às receitas para a empresa.

Nesse sentido, esse trabalho visa apresentar os resultados de ações da manutenção para melhoria do desempenho, que foram implementadas na linha de transmissão Vitória – Ouro Preto de 345 kV de FURNAS, que vinha apresentando um alto número de desligamentos provocados por descargas atmosféricas.

Manutenção, Disponibilidade, Linha de Transmissão, Para-Raios Óxido Zinco, Descargas Atmosféricas.

1.0 - INTRODUÇÃO

A confiabilidade na operação do sistema de linhas de transmissão em alta tensão ou extra alta (138, 345, 500 e 765 kV) é de fundamental importância para o perfeito suprimento de energia elétrica aos consumidores das cidades, principalmente as situadas nos grandes centros e capitais, onde está concentrado um grande contingente populacional e também indústrias, escolas, hospitais, lojas, escritórios, centros comerciais etc. Assim, as equipes responsáveis pela manutenção das concessionárias estão cada vez mais determinadas, na busca da eficiência e excelência dos serviços, a fim de garantir essa confiabilidade esperada pelos órgãos fiscalizadores e a sociedade.

Com o novo modelo do setor elétrico brasileiro, estabelecido através da lei 10.848/ 2004, as empresas públicas ou privadas são as responsáveis pela transmissão dos grandes blocos de energia elétrica vindas das usinas geradoras, normalmente hidrelétricas, que estão comumente longe dos centros de carga. Assim, essas empresas, pelo novo modelo, recebem uma receita anual permitida (RAP) para construir, manter e disponibilizar a linha de transmissão para o ONS (Operador nacional do Sistema Elétrico Brasileiro) operar a LT.

Considerando que a disponibilidade da linha está diretamente associada ao estado de conservação do empreendimento, torna-se extremamente necessário que os órgãos responsáveis pela manutenção da LT atuem com total eficiência para garantir o melhor resultado de qualidade e desempenho financeiro para a empresa. Apenas para exemplificar essa necessidade, uma hora de desligamento não programado de uma LT de 765 kV pode acarretar desconto de receita, pela parcela variável por indisponibilidade (resolução 729/2016 ANEEL), de aproximadamente dois milhões de reais.

O presente trabalho visa apresentar um estudo realizado pelo órgão de engenharia de manutenção de LTs de FURNAS, sobre a aplicação de para-raios de óxido de zinco (ZnO), na linha de transmissão de 345 kV, Vitória – Ouro Preto, que vinha apresentando desde a sua entrada em operação em março de 2005 um alto número de desligamentos, provocados por descarga atmosféricas.

Considerando que até então, não se tinha notícias desse tipo de aplicação de equipamento (para-raios de óxido de zinco) em linhas de transmissão de 345 kV, torna-se essa ação uma experiência inédita no Brasil, em instalações desse nível de tensão. Uma vez que os para-raios tem a sua aplicação mais comum em redes de distribuição (13,8 e 25 kV) e em linhas de transmissão de 69 e 138 kV, já sendo aplicado em poucos casos de 230 kV

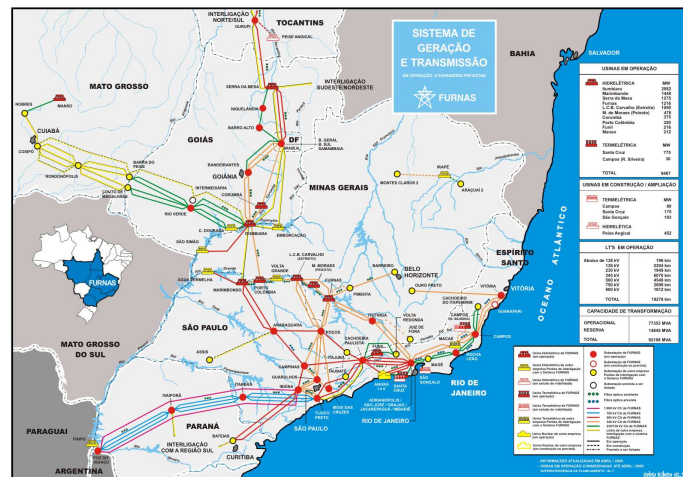


Figura 1: Mapa da Geração e Transmissão de FURNAS

2.0 – HISTÓRICO DE OCORRÊNCIAS DA LINHA

A LT Vitória – Ouro Preto, 345 kV, foi construída e energizada em março de 2005, visando reforçar o suprimento da grande Vitória-ES, que era alimentada basicamente por duas LTs de 345 kV que seguem da mesma subestação em Campos-RJ, deixando Vitória sem maiores recursos.

Essa LT, desde a sua entrada em operação, vinha apresentando um índice de desempenho insatisfatório, com um elevado número de desligamentos provocados por descargas atmosféricas.

O índice de desligamento de projeto é de 1,0 desligamento/100 km/ano. As linhas de 345 kV no SIN têm um índice de desligamentos de 0,972 desligamento/100 km/ano. A LT VTOP no seu primeiro ano de operação obteve um índice de 2,8795 desligamentos/100 km/ano, considerado deficiente de acordo com os critérios do “EHV Transmission Line Reference Book”

Esta LT apresentou no período de 2005 à 2010 mais de oitenta desligamentos desde sua energização, ocasionados por descargas atmosféricas, o que motivou uma investigação criteriosa quanto aos aspectos de blindagem e aterramento, o que configurava um índice elevado de faltas nesta LT.



Figura 2 - LT Vitória – Ouro Preto 345 kV – Região da Chapada, Ouro Preto MG e Figura 3 – Torres da LT Vitória – Ouro Preto

2.1. Inspeções da linha de transmissão no campo

Após levantados os pontos críticos da LT, iniciou-se uma inspeção em campo para verificação das condições de aterramento e acoplamento dos para-raios da LT. Como as ocorrências se concentravam próximo aos municípios de Ouro Preto-MG e a Vitória-ES, primeiramente foi percorrido o trecho próximo a esse município.

Foram analisados os pontos de ocorrências da LT, conforme os desenhos de perfil e planta, e foram selecionadas as estruturas a serem inspecionadas, em função do posicionamento no relevo e das facilidades de acesso. Inicialmente foram definidas e inspecionadas as torres 31,33,34,55,58,59,70,87 e 113 (numeração a partir de Ouro Preto-MG). Em todas as estruturas foram realizadas inspeções com subida para investigação de pontos com vestígios de descargas atmosféricas.

A linha de transmissão Vitória- Ouro Preto atravessa no seu trecho final uma região de alto relevo, em média 1200 metros de altitude, com solo de predominância rochosa, cascalhos e argilosas, que apresentam uma alta resistividade do solo, associada também a um elevado número de descargas atmosféricas favorece a ocorrência dos desligamentos indesejados da linha de transmissão. Em todos os trechos percorridos, foi observado que todas as torres na região da ocorrência se encontravam em posição de destaque no relevo, favorecendo a incidência das descargas atmosféricas.

Foram realizadas medições de resistências de aterramento com os fios contrapesos desconectados da estrutura e interligados. E depois com os fios contrapesos conectados à estrutura, com influência do para-raios.

Torre	Resistência de aterramento com contrapeso desconectado e interligado	Resistência de aterramento com contrapeso conectado a torre
31	55 ohms	Não realizado
55	85 ohms	60 ohm
58	300 ohms	150 ohm
59	100 ohms	70 ohm
70	110 ohms	80 ohm

Tabela 1 – Medidas dos maiores valores de resistências de aterramento encontradas

Os vãos adjacentes às estruturas 33 e 70 são de aproximadamente 1000 m onde se percebe que o cabo pára raios fica muito longe do cabo condutor, podendo haver problema de acoplamento nestes locais e facilidade de descargas diretas.

10 a 13 de novembro de 2019
Belo Horizonte - MG

As resistências (ohms) de aterramento encontradas nos locais das ocorrências foram bem superior aos valores estabelecidos em projeto, que é 15 ohms. As altas resistências encontradas aliadas ao posicionamento desfavorável das estruturas e ao nível elevado de densidade atmosférica da região, favoreceram as ocorrências registradas, piorando o desempenho desta LT.

2.2 Etapas definidas

O órgão de engenharia de manutenção estudou e avaliou algumas formas de melhorar o desempenho desta LT, buscando soluções para aumentar a eficiência do aterramento das estruturas ou aplicação do para raios de ZnO.

A figura a seguir, registrada pelo RINDAT (Rede integrada de detecção de descargas atmosféricas), deixa evidenciado que o trecho crítico da LT para incidência de raios está situado entre as torres 672 e 759, nos municípios mineiros de Itabirito, Mariana e Ouro Preto.

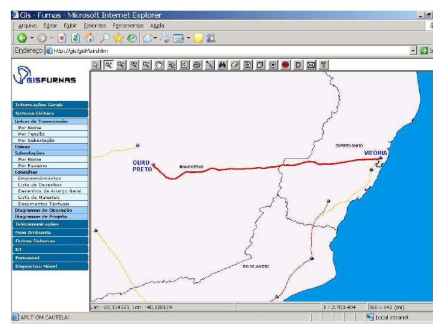


Figura 11. LT Visão – Ouro Preto

Figura 4 – Mapa do Rindat Trecho crítico

A partir da figura 5, pode-se constatar que a região que apresenta a maior densidade de descargas atmosféricas é o trecho entre as torres 672 e torre 759, que é a da chegada na subestação de Ouro Preto. Esse trecho apresenta uma densidade que pode variar de 8 a 16 descargas atmosféricas por km² por ano, o que se destaca comparativamente ao restante do trajeto da linha.

O trecho em questão, entre as torres 672 e 759, apresenta uma extensão de aproximadamente 41 quilômetros, o que representa cerca de 11% de toda a extensão da linha de transmissão que é de 383 quilômetros.

Considerando que esse trecho apresenta um solo com predominância de rocha, com alta resistividade de solo, foi praticamente abandonada a hipótese tradicional de melhorias de aterramento das torres. Passando a ser estudado os conceitos e aplicação do para-raios de óxido de zinco.

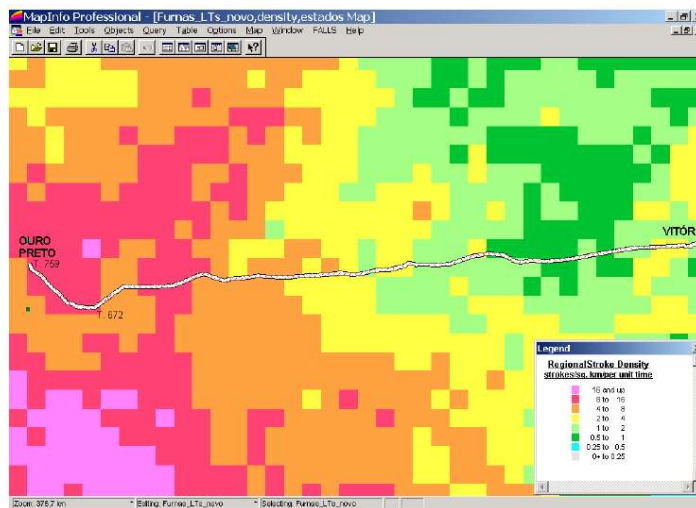


Figura 15: Mapa de Densidade de Descargas Atmosféricas da LT Vitória – Ouro Preto

Figura 5 - Mapa de densidade de descargas atmosféricas ao longo da linha de transmissão

2.3. Seccionamentos da linha Ouro Preto – Vitória

No ano de 2013 ocorreram a entrada de duas novas Subestações da mineradora Samarco, subestação Padre Fialho energizada em 17/04/2013 e subestação Barro Branco que entrou em operação em 14/10/2013, que tiveram as suas alimentações primárias através da LT Ouro Preto- Vitória. Assim, houve o seccionamento da linha em dois pontos, dividindo a LT Vitória-Ouro Preto em três novas LTs, conforme quadro a seguir

LINHA DE TRANSMISSÃO	EXTENSÃO (km)	OBS.
LT Ouro Preto – Barro Branco	59,0	Trecho crítico para instalação dos para-raios
LT Barro Branco - Padre Fialho	104,5	
LT Padre Fialho - Vitória	220,5	

Tabela 2 – Tabela com as novas LTs após o seccionamento da LT Ouro Preto- Vitória

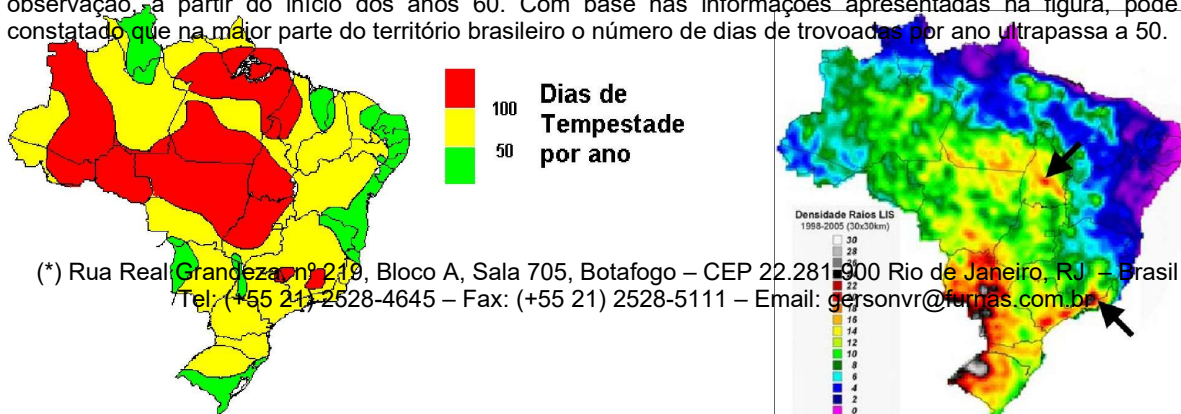
3. ESTUDO PARA APLICAÇÃO DE PARA-RAIOS DE ÓXIDO DE ZINCO EM LINHAS DE TRANSMISSÃO

Nesse capítulo iremos apresentar e aprofundar um pouco mais nos conceitos e critérios técnicos que caracterizam a construção do para-raios de ZnO.

Nas linhas de transmissão a descarga atmosférica é a principal causa dos desligamentos não programados verificados no sistema elétrico brasileiro, sendo responsáveis por aproximadamente 50 - 70% dos desligamentos ocorridos em linhas de transmissão com tensões nominais até 230 kV. Tais índices podem ser mais críticos em regiões de altas atividades cerâmicas e elevados valores de resistividade do solo.

A Companhia Energética de Minas Gerais - CEMIG e o Sistema Meteorológico do Paraná – SIMEPAR possuem sistemas com tecnologia LPATS e IMPACT. Com o sistema instalado por FURNAS Centrais Elétricas S.A. - tecnologia IMPACT e LPATS, tornou-se possível a interligação desses três sistemas, constituindo a Rede Integrada de Detecção de Descargas Atmosféricas (RINDAT) no Brasil.

Os mapas de nível cerâmico apresentado na figuras 5 e 6 foram obtidos com base em duas décadas de observação, a partir do início dos anos 60. Com base nas informações apresentadas na figura, pode ser constatado que na maior parte do território brasileiro o número de dias de trovoadas por ano ultrapassa a 50.



(*) Rua Real Grandeza nº 219, Bloco A, Sala 705, Botafogo – CEP 22.281-900 Rio de Janeiro, RJ – Brasil
Tel: (+55 21) 2528-4645 – Fax: (+55 21) 2528-5111 – Email: gersonvr@furnas.com.br



Figura 6 - Mapa do número de dias com trovoadas por ano no Brasil e Figura 7 - Mapa de densidade de descargas atmosféricas para a terra

3.1. Incidência das descargas atmosféricas diretas em linhas de transmissão

Considerando que as descargas atmosféricas diretas possam geralmente afetar o desempenho das linhas de transmissão, gerando sobretensões transitórias resultantes acima da suportabilidade da isolamento das linhas, o número de descargas diretas coletadas pelo sistema é um dos fatores determinantes para a avaliação do seu desempenho.

O número de descargas diretas que incidem sobre uma linha de transmissão localizada nas proximidades de outras estruturas é influenciado pela área de captação de descargas dessas estruturas. Desta forma, uma vez conhecidas as características da linha, a altura dos objetos próximos e a distância entre a linha de transmissão e esses objetos (outras linhas de transmissão, por exemplo), podem ser estabelecidos os fatores de blindagem.

3.2. Desempenho das linhas de transmissão devido a descargas atmosféricas

O efeito de uma descarga atmosférica sobre uma linha de transmissão depende basicamente: do projeto e das características construtivas da linha; da impedância do sistema de aterramento para surtos; da amplitude e da forma de onda da corrente de descarga; do ponto de incidência da descarga (se diretamente sobre a rede ou em suas proximidades); das características de isolamento das linhas; do grau de proteção oferecido pelos cabos pára-raios (no caso de sua existência), etc.

Três aspectos principais estão envolvidos no cálculo de desempenho de linhas de transmissão devido ao efeito das descargas atmosféricas: os aspectos relativos às características das correntes de descarga (valor de pico, duração de frente e taxa de crescimento da onda de corrente); os aspectos relativos ao processo de conexão entre o canal de descarga e os componentes da linha de transmissão; e por fim, os aspectos relacionados a resposta eletromagnética da linha atingida pela descarga atmosférica.

10 a 13 de novembro de 2019
Belo Horizonte - MG

Características construtivas Pára-raios sem centelhadores - polimérico

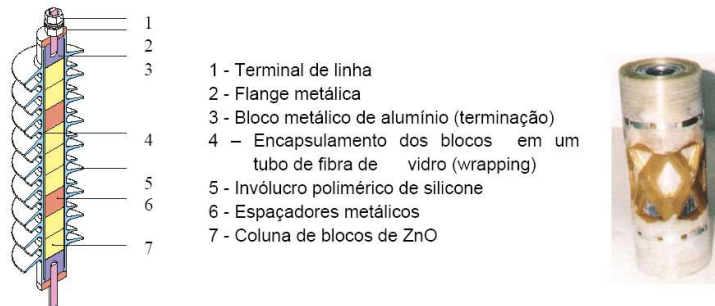


Figura 8 - Características construtivas dos para-raios

3.3. Histórico de utilização de para-raios de ZnO

A técnica de instalação de pára-raios em linhas remonta da década de 30, onde são reportadas tentativas de eliminação de falhas nas linhas por meio de pára-raios. Dificuldades na eliminação das correntes subsequentes de frequência fundamental tornaram esta técnica inviável na época. Outro fator limitante, ao longo dos anos, foi o peso dos pára-raios com invólucro de porcelana.

A primeira aplicação efetiva de pára-raios para melhoria do desempenho de linhas de transmissão se deu no Japão em 1980, em linhas de 66 kV e 77 kV. Nos Estados Unidos há registro da primeira aplicação em 1982 /2/. No entanto, a utilização de pára-raios em linhas tornou-se mais difundida a partir do fim da década de 80, sendo esse método atualmente utilizado com sucesso comprovado em vários países, tais como Estados Unidos, Canadá, Japão, França, Alemanha, México, Colômbia, Brasil, entre outros.

Existem atualmente no Brasil mais de 3.000 para-raios de linha sem centelhadores instalados em sistemas de 34,5 kV a 230 kV da CEMIG, Light, FURNAS, Ampla, CFLCL (atual Energisa – MG), ESCELSA e RGE, sendo que pelo menos 70% desses pára-raios encontram-se instalados nas linhas de transmissão sob concessão da CEMIG. Várias empresas no Brasil e em outros países da América Latina vêm estudando e avaliando a implementação de pára-raios em suas linhas de transmissão consideradas críticas.

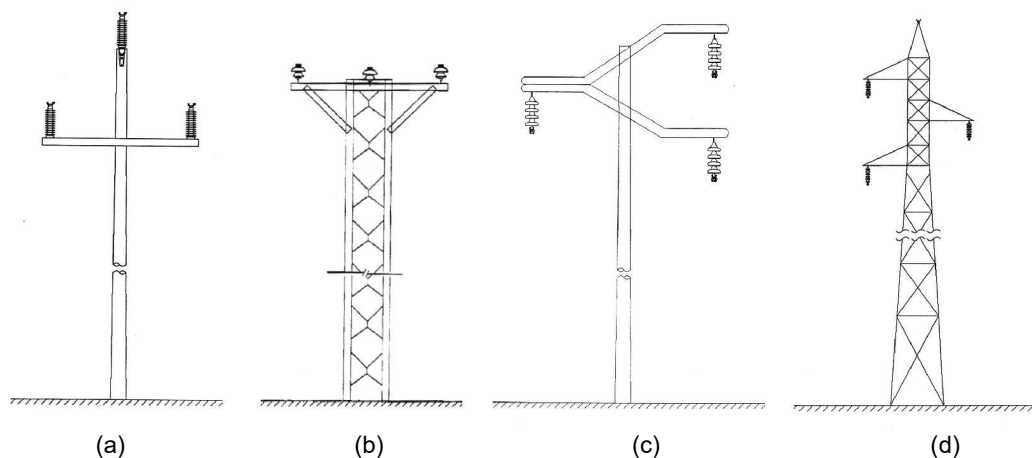


Figura 9 – Arranjos de configurações de linhas e disposição de condutores

3.4. Incidência das descargas atmosféricas diretas em linhas de transmissão

10 a 13 de novembro de 2019
Belo Horizonte - MG

Considerando que as descargas atmosféricas diretas possam geralmente afetar o desempenho das linhas de transmissão, gerando sobretensões transitórias resultantes acima da suportabilidade da isolamento das linhas, o número de descargas diretas coletadas pelo sistema é um dos fatores determinantes para a avaliação do seu desempenho.

Um fator de blindagem igual a zero significa que a linha de transmissão atravessa uma região onde a proximidade de objetos não afeta o número de descargas por ela coletadas. Por outro lado, um fator de blindagem igual a 1,0, indica que a linha se encontra totalmente protegida das descargas diretas em função dos objetos em suas proximidades.

3.5. Descargas incidindo diretamente sobre linhas de transmissão sem cabos pára-raios

As descargas atmosféricas ao incidirem diretamente sobre linhas de transmissão não providas de cabos pára-raios atingem, invariavelmente, os condutores fase. Considerando que não ocorra uma interrupção no ponto atingido, a corrente de descarga $i(t)$ ao incidir sobre o condutor se divide (considerando a impedância do canal de descarga infinita) e se propaga como um surto de corrente em ambas as direções da linha, gerando o desenvolvimento de sobretensões $v(t)$ na linha em ambas as direções.

3.6. Para-raios para aplicação em linhas de transmissão

Neste parágrafo são apresentadas informações referentes ao princípio de funcionamento dos pára-raios de linhas; os critérios de dimensionamento e localização dos pára-raios, considerando novos projetos e linhas existentes; os aspectos importantes a serem considerados na especificação dos pára-raios de linha; a experiência de aplicação e análise do desempenho de linhas com pára-raios instalados e, por fim, será apresentado um exemplo de estudo enfocando análise técnica e econômica da aplicação de pára-raios de linha.

3.7. Causa dos principais desligamentos das redes elétricas

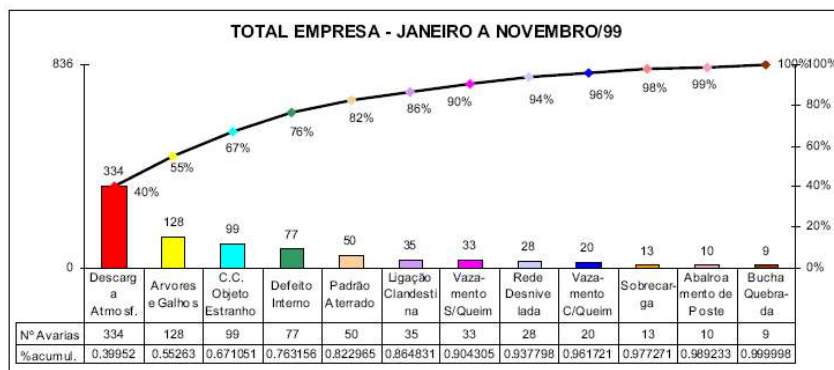


Figura 10 - Causas dos desligamentos

Responsáveis por cerca de 65% a 70% dos desligamentos não programados que ocorrem em LT's com $V_n \geq 230$ kV

Brasil	50 - 70 %
Estados Unidos	57%
Japão	70 - 80 %
Dinamarca	57 %
Colômbia	47 - 69 %
México	50 - 60 %

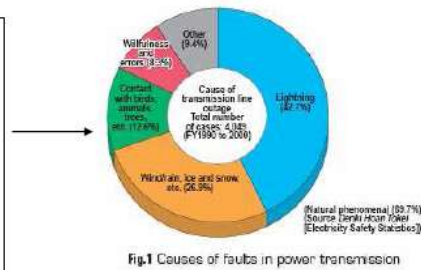


Figura 11 – Taxa de desligamentos nos países

Consequências das descargas atmosféricas nas LT's

- Possibilidade de perda de grandes blocos de carga pelas empresas concessionárias de energia.
- Possibilidade de interrupções nos processos de consumidores industriais.
- Desligamentos de LT's vitais podem ocasionar distúrbios em toda a rede de uma região.

3.8. Característica dos ângulos de blindagem para as LTs

As linhas de transmissão com melhor proteção para as descargas atmosféricas, possuem cabos para-raios, que são posicionados no alto das estruturas, conforme um estudo geométrico que estabelecem um ângulo de blindagem dos cabos para-raios em função da melhor proteção das fases condutoras. Esses ângulos de blindagem e fórmulas específicas são apresentados na figura 12 a seguir.

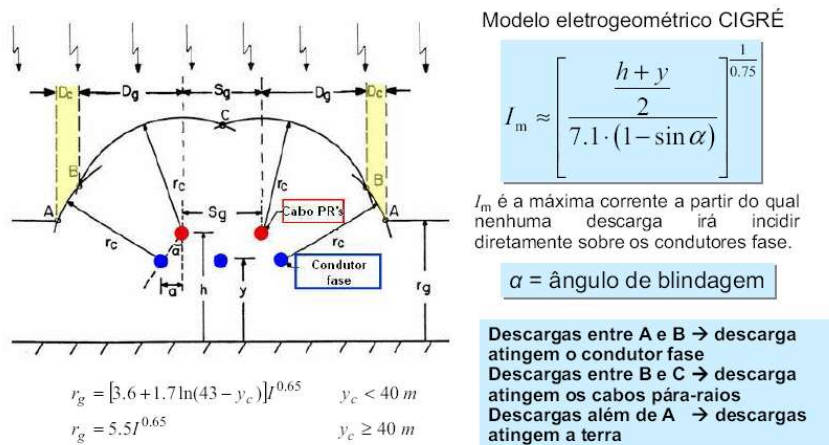


Figura 12 – ângulos de blindagens

4. APLICAÇÃO DE PARA-RAIOS DE ÓXIDO DE ZINCO NA LINHA DE TRANSMISSÃO DE 345 kV VITÓRIA – OURO PRETO

4.1. Características técnicas dos para-raios de ZnO

Após as considerações dos conceitos apresentados nos capítulos 2 e 3, foram definidas todas as características técnicas necessárias para especificar o para-raios. necessário para aplicação na LT Vitória - Ouro Preto. Sendo definidas as condições técnicas, conforme apresentado na tabela 7 a seguir.

Parâmetros Técnicos - Para-Raios de ZnO de LT de 362 kV classe 3	
Tensão nominal (kVef)	345
Máxima tensão de operação da linha (kVef)	362

Tensão nominal dos para-raios (kVef)	288	
Características de aterramento da linha	Neutro aterrado	
Características das fases condutoras, com dois sub-condutores	Cabo CAA Rail, 954 MCM	
Características do para-raios de linha - Norma de referência IEC 60.099-4		
Máxima tensão contínua de operação (kVef)	230	
Corrente de descarga nominal (kA de crista)	10	
Tensão residual máxima para impulso de frente íngreme (1/20 µs) à corrente de descarga de 10 kA (kVcr)	≤ 890	
Tensão residual máxima para impulso de manobra (30/60 µs) à corrente de descarga de 1 kA (kVcr)	680	
Suportabilidade a correntes elevadas (kA de crista)	100	
Capacidade de absorção de energia para solicitações de manobra – Seção 8.5.5 IEC 60.099-4	7,5	
Suportabilidade a sobretensões temporárias – 1 s (kVef)	≥ 324	
Suportabilidade a sobretensões temporárias – 10 s (kVef)	≥ 300	
Tensão suportável do invólucro a impulso atmosférico (kVcr)	1050	
Tensão suportável do invólucro a impulso de manobra (kVcr)	850	
Tensão suportável do invólucro a frequência industrial sob chuva – 1 minuto (kVef)	510	
Distância de escoamento mínima (mm)	≥9050	

Tabela 2 – Características dos para-raios instalados na LT Vitória – Ouro Preto

4.2. Aquisição dos para-raios

Definidas as características técnicas dos para-raios a serem adotados, vide tabela 2 acima, essas condições foi estabelecida para a realização dos dois processos de licitações havidos em 2010 e 2012, para aquisição de 45 (quarenta e cinco) e 90 (noventa) unidades. Sendo vencedores dos certames os dois fornecedores mencionados na tabela 3 abaixo.

ANO	QUANTIDADE	FABRICANTE	ORIGEM	FORNECEDOR
2010	45	Siemens	China	Siemens
2012	90	Elos	Alemanha	Tridelda

Tabela 3 – Quantidades e fornecedores dos para-raios de óxido de zinco

4.2. Instalação dos para-raios na linha

A montagem e instalação dos para-raios ocorreram em duas etapas distintas, conforme a aquisição e recebimento desses equipamentos, vide tabela abaixo.

ETAPAS	PERÍODO	NÚMERO DE TORRES	NÚMERO P. RAIOS
1ª etapa das instalações	03/12/2011 à 27/05/2012	45	45
2ª etapa das instalações	24/04/2017 à 02/05/2017	35	90
TOTALS		90	135

Tabela 4 – Tabela das quantidades instaladas nas duas etapas

Os cento e trinta e cinco equipamentos foram instalados por diferentes equipes de técnicos de Furnas, que vindas de diferentes locais da empresa formaram um mutirão, a fim de otimizar os desligamentos da linha de transmissão e agilizar o trabalho. As noventa torres elencadas para a instalação dos para-raios, também foram

escolhidas, baseada pela sua localização, altura da estrutura, tipo de torre, altitude, tipo de vegetação próxima, etc.



Figura 13 – Montagem do para-raios e Figura 14 – Instalação na estrutura

5. DESEMPENHO DA LINHA DE TRANSMISSÃO ANTES E DEPOIS DA INSTALAÇÃO DOS PARA-RAIOS

5.1. Evolução dos desligamentos havidos na LT antes da instalação dos para-raios de óxido de zinco

2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
9	11	17	16	18	16	5

Tab. 5 – Número de desligamentos antes da instalação dos para-raios

5.2. Evolução dos desligamentos havidos na LT com a instalação parcial dos para-raios de óxido de zinco

2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
9	6	4	3	1	1	1

Tab. 6 – Número de desligamentos com a instalação da primeira etapa

5.3. Evolução dos desligamentos havidos na LT com a instalação total dos para-raios de óxido de zinco

2017	2018
1	1

Tab. 7 – Número de desligamentos após a conclusão total dos para-raios

6. - CONCLUSÃO

Com a instalação total concluída dos 135 (cento e trinta e cinco) unidades de para-raios, na antiga linha Vitória – Ouro Preto, trecho atual LT Barro Branco –Ouro Preto, observamos hoje, ao analisar o desempenho da linha em questão, que houve uma melhora significativa dos desligamentos, comparada com os anos, anteriores onde não tínhamos esses dispositivos de proteção para os efeitos das danosas descargas atmosféricas.

Assim, podemos considerar que acertamos, com a aplicação da técnica de aplicação desse equipamento, na busca da solução que veio resolver essas perturbações na referida linha.

Como já foi informado anteriormente, considerando que as descargas atmosféricas são as principais causas de desligamentos em linhas de transmissão, é de fundamental importância para empresas do setor elétrico que essas tenham acesso a informações de sistemas de detecção de descargas atmosféricas visando à identificação mais acertada desses tipos de causas.

Os desligamentos de linhas de transmissão podem ter impacto financeiro para as empresas do setor elétrico e também acarretar prejuízos imensuráveis em sua imagem perante a sociedade.



7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) FURNAS CENTRAIS ELÉTRICAS; Sistema FURNAS. Disponível em www.furnas.com.br. Acesso em abril/2011.
- (2) NBR 5422 – Projeto de linhas de transmissão de energia elétrica – Procedimento – ABNT, março/1985.
- (3) VISACRO Filho, Silvério. Descargas Atmosféricas – Uma abordagem de engenharia. Editora Artliber, 2005.
- (4) MORENO LEON, José Aurélio. Sistemas de Aterramento. 4ª Edição. Erico do Brasil, São Paulo, 1982.
- (5) ARAUJO, Antonio E. A. e NEVES, Washington L. A., Cálculo de transitórios Eletromagnéticos em Sistema de Energia, UFMG, 2005.
- (6) NIGRI, Armando Isaac, Aplicação de para-raios de 138 kV Rio Verde – Couto Magalhães, SNPTEE, Recife –PE, 2010.
- (7) FRANCO, Jorge Luiz de, Curso de Aplicação de para-raios em subestações e linhas de transmissão, UNICAMP, 2008..

8. DADOS BIOGRÁFICOS



Gerson Vale de Resende

Nascido no Rio de Janeiro-RJ, em 1962

Engenheiro Eletricista, formado pela Universidade Gama Filho do RJ, em 1992, Atuando na manutenção de linhas de transmissão desde 1982, como Eletrotécnico e Engenheiro em 1994 na LIGHT RIO

Em FURNAS desde 2005 na área de Engenharia de manutenção de Linhas de transmissão.

Possui especialização em Engenharia de Manutenção pela UFRJ 2010 e especialização em Engenharia de Manutenção do sistema elétrico pela UNIFEI 2012.



Ricardo Fraga Abdo

Nascido no Rio de Janeiro, em 1978,

Engenheiro Eletricista, formado pela Universidade Federal do Rio de Janeiro-UFRJ, em 2000.

Atuando na manutenção de linhas de transmissão desde 2001, como Engenheiro em FURNAS. Possui especialização em Engenharia de Manutenção pela UFRJ 2009 e especialização em gestão.

Gerente da Divisão de Linhas de transmissão desde 2013.