



XXI SNPTTE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA

Versão 1.0
23 a 26 de Outubro de 2011
Florianópolis - SC

GRUPO -X

GRUPO DE ESTUDOS DE DESEMPENHO DE SISTEMAS ELÉTRICOS - GDS

NOVAS OBSERVAÇÕES SOBRE ASPECTOS DAS CORRENTES DE LONGA DURAÇÃO DE DESCARGAS ATMOSFÉRICAS PARA SUPORTE AOS ESTUDOS DE DESEMPENHO DE INSTALAÇÕES DE TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Osmar Pinto Jr.(*)
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

RESUMO

Uma revisão dos principais estudos no mundo já realizados contendo observações da componente de longa duração da corrente de descargas atmosféricas é realizada. Após esta revisão, as observações feitas nos últimos anos no Brasil são apresentadas e discutidas em termos de possíveis aplicações voltadas ao suporte aos estudos de desempenho de instalações de transmissão de energia elétrica. As observações utilizaram câmeras de alta velocidade e um sensor de campo elétrico. Ambas as técnicas foram sincronizadas via GPS, de modo a permitir que pudessem ser comparadas com as observações fornecidas pela Rede Brasileira de Detecção de Descargas Atmosféricas (BrasilDat).

PALAVRAS-CHAVE

Descargas atmosféricas, corrente contínua, desempenho de instalações de transmissão

1.0 - INTRODUÇÃO

As instalações de transmissão de energia elétrica estão expostas às descargas atmosféricas e o desempenho destas instalações é dependente deste fenômeno meteorológico. Dentre os diversos parâmetros que influenciam o desempenho de uma instalação de transmissão de energia frente a descargas atmosféricas, a intensidade da componente de longa duração da corrente de descarga é considerada um dos parâmetros fundamentais. No presente, devido à falta de informações confiáveis a respeito da intensidade destas correntes no Brasil, é comum utilizar em projetos de engenharia valores obtidos a partir de normas internacionais.

Contudo, tal situação vem mudando completamente nos últimos anos a partir de observações feitas pelo Grupo de Eletricidade Atmosférica (ELAT) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE em São José dos Campos, São Paulo, a partir de registros conjuntos de descargas com diferentes técnicas, entre elas, sistema de detecção de descargas, sensores de campo elétrico de baixa frequência e câmeras de alta velocidade. O uso integrado destas tecnologias tem permitido determinar a intensidade e forma de onda destas correntes, sua frequência de ocorrência, além de mostrar sua relação com a intensidade da componente impulsiva da corrente, para ambas as polaridades das descargas atmosféricas que atingem o solo.

Neste trabalho, uma revisão dos principais estudos no mundo já realizados contendo observações da componente de longa duração da corrente de descargas atmosféricas é realizada buscando sistematizar tais informações. Após esta revisão, as observações feitas nos últimos anos no Brasil são apresentadas e discutidas em termos de possíveis aplicações voltadas ao suporte aos estudos de desempenho de instalações de transmissão de energia

(*) Av. Astronautas, n° 1758 – CEP 12.227-010 São José dos Campos, SP – Brasil
Tel: (+55 12)3208-6777 – Fax: (+55 12) 3208-6810 – Email: osmar@dge.inpe.br

elétrica. As observações utilizaram câmeras de alta velocidade, ajustadas para adquirir entre 1000 e 4000 quadros por segundo, e um sensor de campo elétrico com sensibilidade suficiente para estimar a carga transferida por descargas ocorridas até 30 km de distância do sensor e, com isto, estimar a intensidade das correntes envolvidas. Ambas as técnicas foram sincronizadas através do sistema GPS, de modo a permitir que as descargas registradas pudessem ser comparadas com as observações das mesmas descargas fornecidas pela Rede Brasileira de Detecção de Descargas Atmosféricas (BrasilDat). Na região das observações a BrasilDat possui eficiência de detecção superior a 90% e precisão de localização média inferior a 500 metros. Estes valores representam os melhores valores obtidos pela rede no país, devido ao uso de dois sensores LS7000 separados por apenas 100 km.

2.0 - BASE DE DADOS E RESULTADOS

2.1 BRASILDAT

A Rede Brasileira de Detecção de Descargas Atmosféricas (BrasilDat) é composta de 47 sensores operando nas faixas de VLF e LF do tipo LPATS e IMPACT, instalados em 09 estados brasileiros: RS, SC, PR, SP, MS, RJ, ES, MG e GO, conforme mostrado na Figura 1 (1).

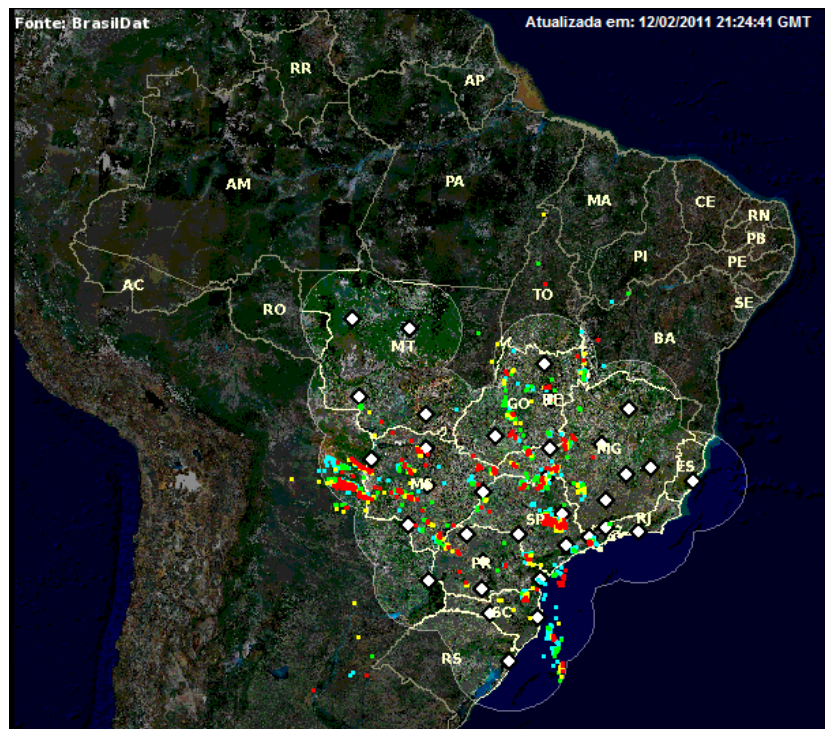


FIGURA 1 – Localização dos sensores da BrasilDat em 2011.

Devido a utilização de diferentes sensores e as alterações da configuração da rede ao longo dos últimos 10 anos, os dados da BrasilDat necessitam ser corrigidos por um modelo de eficiência de detecção (MED) de modo a se obter dados confiáveis de densidade de descargas. A rede BrasilDat (assim como outras redes em LF), contudo, devido as suas características técnicas, não registra a componente de longa duração, havendo a necessidade de utilizar outras técnicas para tal finalidade (2).

2.2 Câmera rápida e sensor de campo elétrico

Para o registro da corrente de longa duração foram utilizadas duas outras técnicas: câmeras rápidas operando entre 1.000 e 4.000 quadros por segundo (3) e sensores de campo elétrico em VLF desenvolvidos pelo ELAT/INPE (4). A Figura 2 e 3 ilustram estas técnicas. Ambas as técnicas utilizam o sistema GPS para o registro

do instante da descarga. Enquanto ambas as técnicas permitem identificar com clareza a ocorrência da corrente de longa duração, as medidas de campo elétrico quando utilizadas conjuntamente com a localização das descargas obtidas pela BrasilDat permite determinar a intensidade da corrente de longa duração.



FIGURA 2 – Câmera rápida utilizada para o registro da corrente de longa duração.



FIGURA 3 – Sensor de campo elétrico utilizado para o registro da corrente de longa duração.

A Figura 4 ilustra um mesmo raio medido por um sensor da BrasilDat e pelo sensor de campo elétrico utilizado neste estudo. Enquanto os dados da BrasilDat tendem a identificar as descargas impulsivas, os registros do sensor de campo elétrico tendem a identificar a corrente de longa duração. Já a Figura 5 mostra a identificação da corrente de longa duração em um registro da câmera rápida.

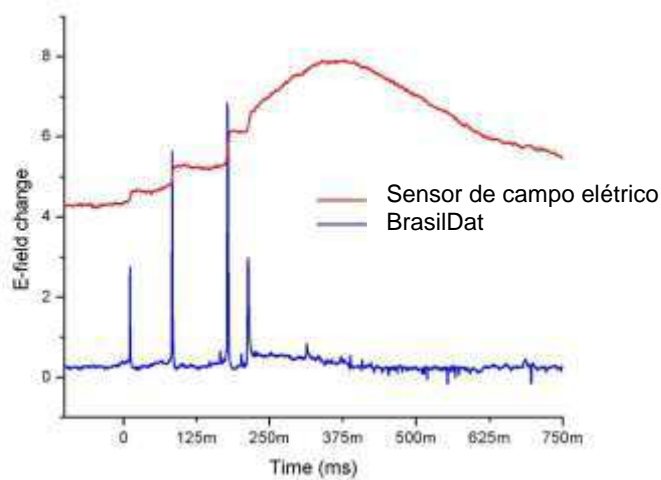


FIGURA 4 – Registros de uma descarga feitos por sensor de campo elétrico em VLF e por uma antena da rede BrasilDat em LF.



FIGURA 5 – Observação da corrente de longa duração em um registro da câmera rápida.

3.0 - RESULTADOS

Entre os principais resultados, destacam-se valores de intensidade da corrente de longa duração superiores a 1 kA (valor médio de 327 A) e cargas elétricas associadas superiores a 300 C (valor médio de 45 c) para descargas negativas (registros de intensidade para descargas positivas estão em andamento), conforme ilustrado na Figura 6. Já no que se refere à duração da corrente de longa duração, valores superiores a 500 ms para ambas as polaridades de descargas foram observados, com valores medianos de 145 ms e 139 ms, respectivamente (Figura 7). No que se refere às formas de ondas da corrente de longa duração, diferentes formas em geral apresentando múltiplos picos para ambas as polaridades de descargas foram observadas (Figura 8). Em relação às taxas de ocorrência da corrente de longa duração, verificou-se serem dependentes da intensidade da componente impulsiva da descarga no caso de descargas negativas. Finalmente, quanto à ocorrência da corrente de longa duração, 29% das descargas negativas e 67% das descargas positivas apresentam corrente de longa duração com duração superior a 40 ms.

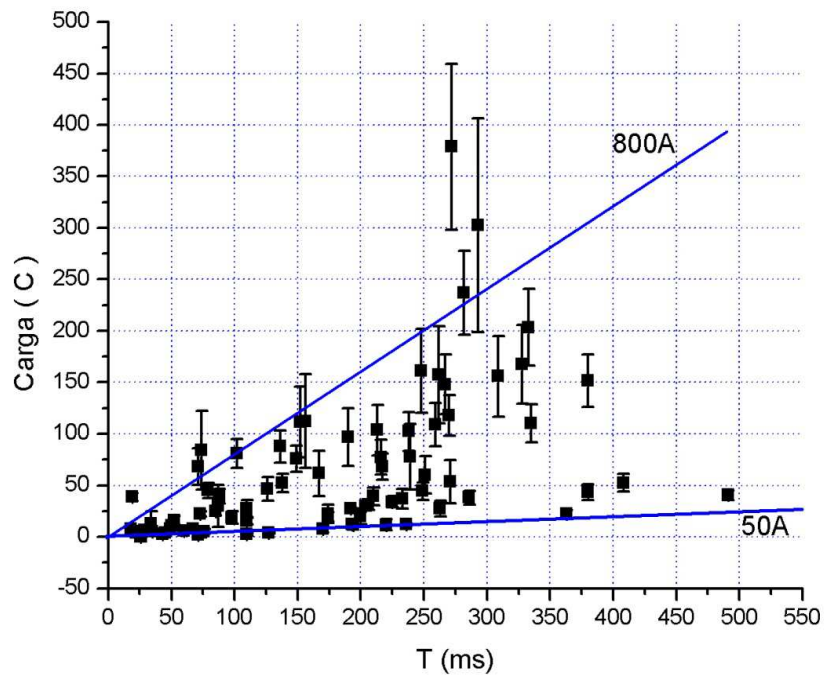


FIGURA 6 – Intensidade média e carga destruída para correntes de longa duração registradas em São José dos Campos, São Paulo.

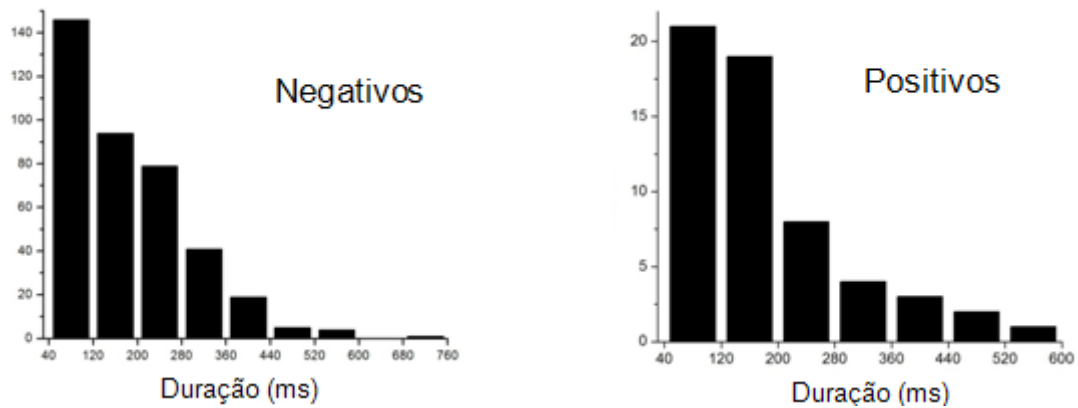


FIGURA 7 – Duração da corrente de longa duração em descargas negativas e positivas registradas em São José dos Campos, São Paulo.

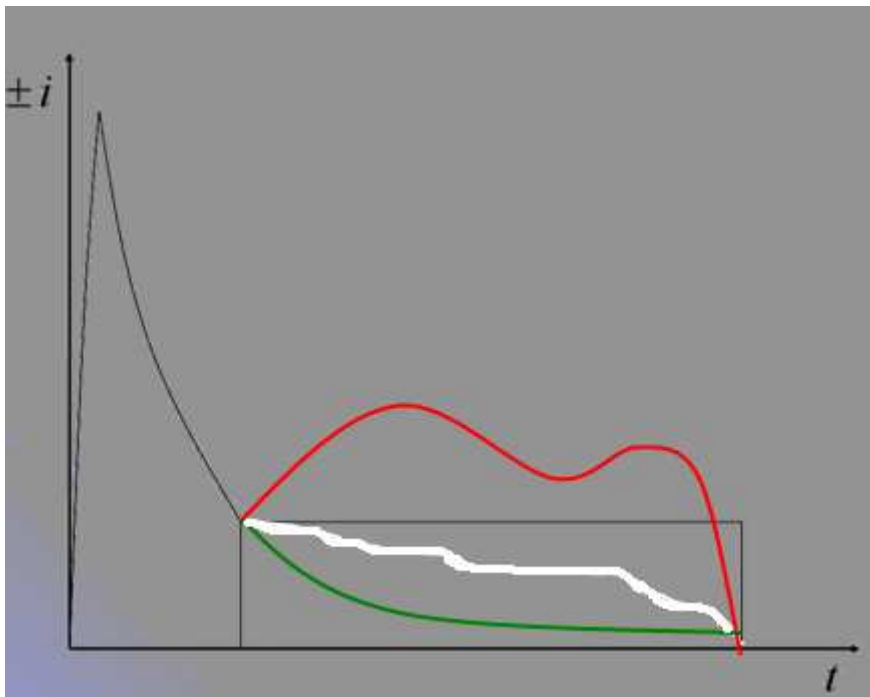


FIGURA 8 – Formas de onda de correntes de longa duração observadas em São José dos Campos, São Paulo, comparadas a forma utilizada em normas de proteção (valor constante).

4.0 - CONCLUSÃO

As observações de corrente de longa duração evidenciam valores de intensidade e duração acima dos valores adotados na maioria das normas de proteção, tipicamente 200 A e 500 ms. A forma de onda também pode ser bastante distinta, com picos de corrente superiores a 1 kA e cargas elétricas associadas superiores a 300 C. Tais observações sugerem que as normas devam ser revistas.

5.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Pinto Jr., O. A Arte da Guerra Contra os Raios, São Paulo: Oficina de Textos, 80p., 2005.
- (2) Rakov V. A. e Uman, M. A. Lightning: physics and effects, Cambridge: Cambridge University Press, 850p., 2003.
- (3) Saba, M. M. F., Ballarotti, M. G. e Pinto Jr., O. Negative cloud-to-ground lightning properties from high-speed video observations, J. Geophys. Res., 111, D03101, doi:10.1029/2005JD006415, 2006.
- (4) Ferraz, E. C. Medidas de corrente contínuas em raios nuvem-solo negativos naturais no Brasil: desenvolvimento de instrumentação e primeiros resultados, Tese de Doutorado, INPE-15786-TDI/1529, 2009.

6.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Osmar Pinto Junior

Nascido em Porto Alegre, RS, em 01 de setembro de 1954.

Graduado em Engenharia Elétrica (1977), Doutor em Geofísica Espacial (1984) e Pós-doutorado em Eletricidade Atmosférica (1987).

Instituição: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

Coordenador do Grupo de Eletricidade Atmosférica (ELAT).