

**Impacto das Descargas Atmosféricas sobre o Sistema de Distribuição**

**O. Pinto Jr. e I.R.C.A. Pinto – ELAT/INPE**

E-mail: *osmar@dge.inpe.br*

**Palavras-chave** – Descargas Atmosféricas, Proteção, Qualidade de Energia.

**Resumo** - As descargas atmosféricas representam cerca de um terço dos desligamentos no sistema de distribuição, sendo responsáveis por elevados prejuízos decorrentes de diversos fatores, entre eles a queima de transformadores. O desempenho do sistema de distribuição frente as descargas atmosféricas, no que se refere à sua proteção, operação, manutenção e qualidade de energia, depende de diversos fatores tais como características de projeto e condições ambientais. Uma melhoria considerável deste desempenho pode ser obtida através do monitoramento em tempo real e do estudo das características das descargas atmosféricas. Neste trabalho serão descritos os conceitos básicos sobre descargas atmosféricas (tipos, polaridade, densidade, intensidade e multiplicidade) e sobre a tecnologia de sistemas de detecção (técnica de detecção, discriminação, eficiência, precisão de localização, estimativa de intensidade e cálculo de multiplicidade), enfatizando-se seu uso e benefício para o sistema de distribuição. Entre os benefícios destacam-se subsidiar programas de implementação de tecnologias de proteção, programas de operação e manutenção, modelos de desempenho e estudos comparativos de relação causa/efeito com dados do sistema. Também serão descritos o estado atual da pesquisa e da utilização destas tecnologias em nosso país.

## **1. INTRODUÇÃO**

As descargas atmosféricas são responsáveis por cerca de 30% dos desligamentos no sistema de distribuição e por 40% das queimas de transformadores. Estes números, por si só, dão uma noção da importância do desenvolvimento de novas tecnologias capazes de minimizar os prejuízos decorrentes das descargas atmosféricas. Este trabalho descreve de forma resumida os conceitos básicos relativos ao estudo das descargas atmosféricas, e as novas tecnologias existentes no mundo e no Brasil para o registro das descargas e sua aplicação na pesquisa pura e aplicada. A maior parte das tecnologias existentes no mundo tem sido implementadas no Brasil nos últimos anos, fazendo com que uma nova etapa nas pesquisas esteja iniciando.<sup>1</sup>

Tal etapa deve se caracterizar por um aprofundamento das questões físicas e técnicas levantadas nas últimas décadas, desta vez, com base em observações concretas, deixando de lado o uso de informações obtidas em outros

países com uma realidade climatológica muito distinta de nosso país.

## **2. CONCEITOS BÁSICOS**

Nesta seção será apresentada uma rápida revisão dos conceitos básicos referentes as descargas nuvem-solo (ou descendentes) e solo-nuvem (ou ascendentes), também conhecidas como raios, que são do ponto de vista do sistema elétrico, as descargas de importância. Após, será apresentada de forma resumida os conceitos básicos referentes a técnica de detecção de descargas atmosféricas de larga escala.

### **2.1. Descargas Atmosféricas**

As principais características dos raios descendentes e ascendentes são:

#### **Descendentes Negativos (DN)**

Estes raios são globalmente cerca de 90% do total de raios, embora em tempestades individuais este percentual possa variar grandemente. Também para estruturas elevadas este percentual pode variar, tendendo a diminuir a medida que a altura da estrutura aumente. Por exemplo, para uma torre de cerca de 50 m este valor esta em torno de 50%. Raios DN são em geral múltiplos, com cerca de 3 a 4 descargas. Sua intensidade média esta em torno de 30-40 kA, e em cerca de 30-40% dos casos apresenta corrente contínua em torno de 100 A.

#### **Descendentes Positivos (DP)**

Estes raios são globalmente cerca de 10% dos raios, embora possam variar de uma tempestade para outra da mesma forma que os raios DN. Em torres, sua frequência tende a ser menor, por razões ainda não claras. Raios DP tendem a ser simples e levemente mais intensos que os negativos. Tendem também a apresentar corrente contínua em cerca de 50% dos casos, com intensidade em geral maior do que a dos DN. Valores máximos registrados são em torno de 500 A.

#### **Ascendentes Negativos (NA)**

Estes raios em globalmente representam menos de 1% do total, porém em torres elevadas (alturas > 50 m) podem ser até dominantes. Mesmo em torres mais baixas podem ser frequentes para torres colocadas em pontos elevados. Em geral só apresentam corrente contínua, porém podem também apresentar sobreposta a esta corrente contínua pulsos de intensidade de poucos kA até dezenas de kA. Quando ocorrem, estes pulsos tendem a ser em número maior do que no caso de raios DN.

#### **Ascendentes Positivos (AP)**

<sup>1</sup> Os autores pertencem ao Grupo de Eletricidade Atmosférica (ELAT) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE.

Finalmente, estes raios são os mais raros de todos, e tendem a apresentar na grande maioria das vezes somente corrente contínua. Nos raros casos em que apresentam pulsos sobrepostos a esta corrente, estes tendem a Ter intensidade inferiores a 10 kA.

Maiores detalhes sobre as características dos raios podem ser encontradas em [1].

## 2.2. Técnicas de Monitoramento

Sistemas de detecção de descargas atmosféricas são sistemas que permitem monitorar a incidência de descargas em grandes regiões, dando como principais resultados a localização e instante de ocorrência das descargas nuvem-solo ou solo-nuvem, além de sua polaridade, multiplicidade intensidade máxima da corrente. Alguns sistemas permitem também monitorar a ocorrência de descargas no céu, porém tal informação em geral não tem grande aplicação para o sistema elétrico.

A Tabela I apresenta de forma resumida as principais características dos sistemas de detecção de descargas existentes. Nesta tabela “A” significa alcance de um sensor, “ED” eficiência de detecção, “PL” precisão de localização, “D” discriminação entre raios e relâmpagos no céu e “EI” estimativa de intensidade. Os valores nesta tabela devem ser considerados como os melhores valores que podem ser obtidos para cada umas das técnicas.

TABELA I  
TIPOS DE SISTEMA DE DETECÇÃO

Tipo	Características (A, ED, PL, D, EI)	Observação
ELF/VLF	1000 km, 50-80%, 5-20 km, N, N	ED para IN 10-20%
VLF/LF	350 km, 70-90%, 0,5-2 km, 90%, 5-10 kA	Valores de ED, PL, D, EI para I > 15 kA
VHF	150 km, 90%, 0,5-2 km, 90%, 5 – 10 kA	Valores de ED, PL, D, EI para I > 10 kA

É importante notar que as características descritas na segunda coluna desta tabela estão sujeitas as condições descritas na terceira coluna da mesma.

Uma análise desta tabela permite definir-se qual o sistema mais apropriado para uma dada aplicação, levando-se em consideração aspectos técnicos. Outro aspecto que não é mencionado, porém obviamente deve ser considerado diz respeito a relação custo/benefício.

No que se refere ao sistema elétrico, a maior parte das companhias de energia elétrica no mundo possuem um sistema VLF/LF, o que contudo não significa que os outros sistemas não possam ser utilizados.

## 3. MONITORAMENTO DE DESCARGAS NO BRASIL

O monitoramento de descargas no Brasil iniciou em 1988 no estado de Minas Gerais através da CEMIG [2,3], na época com um sistema VLF/LF com 4 sensores LPATS-III cobrindo o estado de Minas Gerias.

Ao longo das últimas duas décadas, esta rede tem se expandido grandemente através da participação de outras instituições como Furnas, Simepar e o próprio INPE. Atualmente, outros sensores tem sido incorporados como os LPATS-IV e os sensores IMPACT, totalizando mais de 20 sensores espalhados pelo sudeste e sul do país. Os dados obtidos por esta rede tem servido para diversos estudos [4 a 11]. Um outro sistema independente porém utilizando a mesma tecnologia também foi instalado no estado de Rondônia, fruto de uma colaboração do INPE com a NASA [12].

Nos últimos anos, também tem iniciado estudos para a implantação de sistemas nas faixas de VLF e VHF no país.

## 4. APLICAÇÃO NO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO

As descargas atmosféricas representam cerca de um terço dos desligamentos não-programados no sistema de distribuição, sendo responsáveis por elevados prejuízos. As descargas atmosféricas tem sido mostrado serem responsáveis por cerca de 40% das queimas de transformadores, além de produzirem sobretensões prejudiciais ao consumidor. Seu monitoramento, portanto, é de grande importância, podendo ser uma importante ferramenta para a manutenção do sistema e qualidade de energia. Dados em tempo real de descargas podem otimizar os procedimentos de manutenção das linhas de distribuição, reduzindo os custos, ao mesmo tempo que permitem trazer maior segurança aos profissionais desta área. Por outro lado, a análise de dados históricos de descargas permitem determinar regiões críticas onde procedimentos mais rigorosos de proteção, seja através do aumento do nível de isolamento ou no número de pára-raios, se fazem necessários. Esta análise, permite também avaliar o desempenho de

diferentes procedimentos de proteção, em geral baseados em resultados de modelos que não reproduzem as características reais das linhas de distribuição. Tais estudos permitem melhorar os índices de qualidade do fornecimento de energia, reduzindo o número médio de faltas.

## 5. CONCLUSÕES

O monitoramento em tempo real e a análise de dados históricos de descargas atmosféricas permitem uma melhoria considerável do desempenho do sistema de distribuição.

O Grupo de Eletricidade Atmosférica (ELAT) do Instituto nacional de Pesquisas Espaciais tem ao longo das últimas duas décadas desenvolvido métodos e ferramentas que permitem extrair das informações de descargas obtidas por sistemas de detecção resultados úteis para o aumento do conhecimento científico sobre este fenômeno em nosso país, bem como para aplicação na área de distribuição de energia elétrica. Maiores informações sobre as atividades do ELAT podem ser encontradas na internet em <http://www.elat.dge.inpe.br>.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Pinto Jr., O.; Pinto, I.R.C.A. "Tempestades e relâmpagos no Brasil". Ed. INPE. São José dos Campos, SP, 2000.
- [2] Diniz, J.H.; Carvalho, A.M.; Cherchiglia, L.C.L.; Soares Filho, J.J.; Amorin, G. E.S. Lightning research carried out by Companhia Energética de Minas Gerais – Brazil, Proceedings of 23rd International Conference on Lightning Protection (ICLP), p. 24-29, Firenze, Italy, 1996.
- [3] Diniz, J.H., Carvalho, A.M.; Cherchiglia, L.C.L.; de Souza, W.J.; Cazetta Filho, A.; Nascimento, C.A.M. Ground flash densities in Minas Gerais – Brazil, Proceedings of 23rd International Conference on Lightning Protection (ICLP), p. 224-229, Firenze, Italy, 1996.
- [4] Pinto, O., Jr., Lightning in Brazil, Proceedings of the 5<sup>th</sup> International Congress of the Brazilian Geophysical Society, p. 1132-1133, São Paulo, Brazil, 1997.
- [5] Pinto, O., Jr., I.R.C.A. Pinto, R.B.B. Gin, and O. Mendes, Jr., A coordinated study of a storm system over the South American continent 1. Weather information and quasi-DC stratospheric electric field data, J. Geophys. Res., 97(D16), 18,195-18,204, 1992.
- [6] Pinto, I. R. C. A., O. Pinto Jr., R.B.B. Gin, J.H. Diniz, R.L. de Araujo, and A.M. Carvalho, A coordinated study of a storm system over the South American continent 2. Lightning-related data, J. Geophys. Res., 97(D16), 18,205-18,213, 1992.
- [7] Pinto, O., Jr., R.B.B. Gin, I.R.C.A. Pinto, O. Mendes Jr., J.H. Diniz, and A.M. Carvalho, Cloud-to-ground lightning flash characteristics in the southeastern Brazil for the 1992-1993 summer season, J. Geophys. Res., 101(D23), 29,627-29,635, 1996.
- [8] Pinto, O., Jr., I.R.C.A. Pinto, J.H. Diniz, A.M. Carvalho, A. Cazetta Filho, Cloud-to-ground lightning flash characteristics obtained in the southeastern Brazil using the LPATS technique and the new hybrid lightning location methodology, Proceedings of the 11<sup>th</sup> International Conference on Atmospheric Electricity, p. 62-64, June, 1999 (NASA/CP – 1999-209261).
- [9] Pinto, O., Jr., I.R.C.A. Pinto, M.A.S.S. Gomes, A.L. Padilha, I. Vitorello, J.H. Diniz, A.M. Carvalho, and A. Cazetta Filho, Cloud-to-ground lightning in the southeastern Brazil in 1993, 1, Geographical distribution, J. Geophys. Res., 104(D24), 31,369-31,379, 1999.
- [10] Pinto, I.R.C.A., O. Pinto Jr., R.M.L. Rocha, J.H. Diniz, A.M. Carvalho, and A. Cazetta Filho, Cloud-to-ground lightning flashes in the southeastern Brazil in 1993, 2, Time variations and flash characteristics, J. Geophys. Res., 104(D24), 31,381-31,387, 1999.
- [11] Pinto, O., Jr., I.R.C.A., Pinto, J.H. Diniz, A. Cazetta Filho, A.M. Carvalho, and L.C.L. Chechiglia, A long-term study of the lightning flash characteristics in the southeastern Brazil, J. Atmos. Solar-Terr. Phys., submitted, 2002.
- [12] Pinto Jr., O.; Faria, H.H.; Pinto I.R.C.A. A Comparative Analysis of Lightning Data from Lightning Networks and LIS Sensor in the North and Southeast of Brazil, Geophys. Res. Lett., submitted, 2002.