

Sistema Integrado de Monitoramento e Análise de Descargas Atmosféricas nas Linhas de Transmissão da CTEEP

C. A. Beneti, SIMEPAR, R.B. Gin, FEI/SP, F. Sato, SIMEPAR,
C. A. Vasconcellos, SIMEPAR, C. A. Zandoná, SIMEPAR e P. C. O. Teixeira, CTEEP

Resumo - Este documento descreve uma ferramenta computacional desenvolvida no SIMEPAR para visualização, monitoramento e análise de descargas atmosféricas. Desenvolvida na linguagem Java, foi projetada para execução em diversas plataformas computacionais, bem como em *applet* em página da internet. O aplicativo exibe informações de descargas atmosféricas, em tempo real e de consultas históricas, detectadas e armazenadas pelo SIMEPAR, manipula mapas georeferenciados, mapas de densidade de descargas atmosféricas entre outros recursos. Espera-se que o produto desenvolvido venha, em um primeiro momento, permitir a identificação dos desligamentos cujas causas sejam descargas atmosféricas. A partir da identificação positiva do desligamento por descargas, em contrapartida ter-se-á com boa precisão a identificação do ponto de queda da descarga ao longo da linha de transmissão, resultando na economia para inspeção e agilização da manutenção (quando for o caso). A referida ferramenta foi customizada para a CTEEP, recebendo ainda informações das linhas de transmissão da CESP e ETEO.

Palavras-chave — Descargas Atmosféricas, desligamentos, monitoramento, transmissão.

I. INTRODUÇÃO

Desde 1996 o SIMEPAR opera o Sistema de Detecção de Descargas Atmosféricas, que utiliza a tecnologia denominada “Sistema de Localização e Rastreamento de Raios” (“Lightning Positioning and Tracking System” – LPATS) da Vaisala-Global Atmospherics Inc. (Vaisala-GAI). O LPATS processa dados transmitidos dos sensores remotos sincronizados através do Sistema de Posicionamento Global (“Global Positioning System”, GPS), proporcionando informações de temporização de raios com resoluções de até 100 nanossegundos, e indicando, além da localização e tempo da ocorrência da descarga, a polaridade e amplitude máxima da corrente de retorno (em kA).

Um convênio entre o SIMEPAR e duas companhias do setor elétrico brasileiro, FURNAS e CEMIG, assinado em 1998 formou a RIDAT [1] – Rede Integrada de Detecção de Descargas Atmosféricas no Brasil, com objetivos de intercâmbio de informações técnico-científicas, integração dos dados e sinais dos sensores de detecção e operação conjunta. Com a integração estendeu-se a área de monitoramento e, por consequência, melhorou-se a eficiência de detecção e precisão da informação de

localização das descargas elétricas atmosféricas. Atualmente a RIDAT tem um número total de 22 sensores instalados e em operação, cobrindo uma área aproximada de 2.240.000 quilômetros quadrados, sendo que, se integrada a outras informações (satélites meteorológicos e radares por exemplo) pode ser considerada uma área de cobertura ainda maior. A rede atual detecta descargas atmosféricas no sul, sudeste e centro-oeste do Brasil, além do Paraguai, Uruguai e nordeste da Argentina.

Os sinais dos sensores são transmitidos através de canal de comunicação dedicado a um ambiente computacional que configura, monitora, coleta, armazena e processa as informações detectadas pelos sensores remotos. As posições dos raios e os parâmetros relacionados (intensidade, polaridade) são obtidas usando uma combinação de informações de ângulo, tempo e intensidade do sinal.

Com as informações de descargas atmosféricas, são gerados produtos destinados a aplicações na previsão de tempo, na análise e manutenção de sistemas elétricos, em projetos de proteção de redes de transmissão e distribuição de energia e de telecomunicações, na emissão de laudos de análise de eventos severos para seguradoras e empresas de engenharia em geral, entre outros produtos.

Alguns aplicativos desenvolvidos pela empresa que comercializa os sensores são utilizados no Brasil para a visualização e análise dos dados de descargas atmosféricas, porém o SIMEPAR está desenvolvendo um sistema para análise e visualização de descargas atmosféricas com o objetivo de integrar outras informações hidrometeorológicas para utilização no monitoramento e previsão de tempestades eletricamente ativas, bem como para a análise de distúrbios causados pelas descargas elétricas no setor elétrico.

Este trabalho apresenta o aplicativo SisRaios, com descrição das funcionalidades e aplicações do mesmo ao sistema de transmissão da CTEEP – Transmissão Paulista e um estudo acerca do impacto das tempestades elétricas sobre o Estado de São Paulo.

II. DESCRIÇÃO DO SISRAIOS – SISTEMA DE VISUALIZAÇÃO, MONITORAMENTO E ANÁLISE DE DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

O SisRaios é uma aplicação de uso via internet, para monitoramento, análise e previsão de tempestades atmosféricas, desenvolvida pelo Instituto Tecnológico

Este trabalho é resultado de projeto de P&D realizado pelo SIMEPAR em parceria com a CTEEP

SIMEPAR [2][3]. Esta aplicação propõe-se a oferecer um grande conjunto de recursos para monitoramento e previsão do tempo, bem como análise de falhas relacionadas a descargas atmosféricas para uso em companhias de eletricidade, companhias de telecomunicações e centros de monitoramento e previsão do tempo.

O funcionamento do SisRaios está vinculado ao sistema de detecção de descargas atmosféricas operado pelo SIMEPAR. A seguir, descrevemos as atribuições de cada componente do sistema, conforme ilustrado na Figura 1:

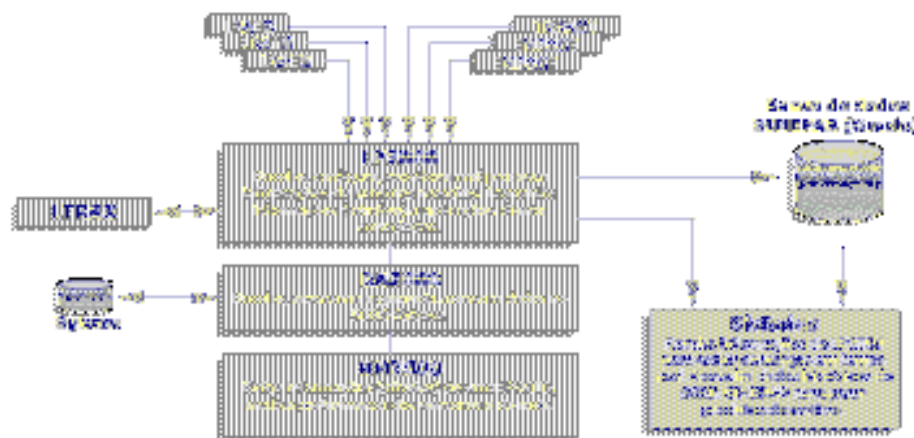


Figura 1 - Diagrama do sistema de detecção de descargas atmosféricas operado pelo SIMEPAR.

- a) Os sensores (do tipo LPATS III, LPATS IV e IMPACT) distribuídos pelo Paraná e pertencentes à Rede Integrada de Detecção de Descargas Atmosféricas (RIDAT) enviam dados brutos à central de processamento (Location Processor Module – LP2000);
- b) A LP2000, por sua vez, calcula, em tempo real, as informações (localização, intensidade, polaridade, etc.) sobre a descarga e transmite os dados para outros sistemas de armazenamento e visualização;
- c) Os dados enviados pela LP2000 são armazenados no Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD) Sybase da DA2000 (Distribution and Archive Module) e no SGBD Oracle, em conjunto com as demais informações avaliadas pelo SIMEPAR (temperatura, pressão, precipitação, etc.);
- d) Para garantir a qualidade das informações, a NM2000 (Network Management Module) realiza o monitoramento e análise da LP2000 e da rede de sensores.
- e) A visualização das informações de descargas atmosféricas pode ser feita através de softwares conectados diretamente à central LP2000, ao sistema de banco de dados DA2000 ou ainda por central do tipo NM2000.

Deste modo, o SisRaios recebe informações da LP2000 para exibir descargas atmosféricas em tempo real e consulta dados históricos do SGBD SIMEPAR para produtos de análise.

O desenvolvimento do SisRaios deu-se em linguagem Java, permitindo sua execução em diversas plataformas,

tanto como aplicativo cliente como applet em página na internet. Características de projeto do SisRaios incluem:

- Manipulação e sobreposição de mapas nos seguintes formatos: ArcView Shape (.SHP), MapInfo Interchange Format (.MIF) e AutoCAD (.DXF);
- Tratamento de mapas e dados em camadas, que podem ser ativadas e desativadas. Propriedades (cor, posição, dados de entrada) podem ser modificados pelo usuário. Esta característica permite integração de dados (descargas atmosféricas em tempo real, históricas e

radar) e personalização de mapas (políticos, físicos e outros mapas de interesse dos usuários). Estas características estão ilustradas na Figura 2;

- Recuperação de dados históricos e em tempo-real da LP2000 e outros Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados (SGBDs);
- Gravação de imagens (.GIF e .JPG) e impressão
- Execução em sistemas compatíveis com Java.

Dentre os recursos que o SisRaios se propõe a oferecer, pode-se listar:

- Exibição de informações sobre descargas atmosféricas para monitoramento de tempestades e previsão do tempo;
- Previsão do tempo de curto prazo e alertas (visuais e sonoros) de tempestades iminentes em áreas definidas pelo usuário;
- Visualização de dados sobre as descargas atmosféricas: tempo, localização coordenadas (lat/lon ou UTM), corrente de pico, polaridade, multiplicidade, tempo de ascensão, tempo do pico ao zero e outras informações disponíveis da APA2000 (UALF – Universal ASCII Lightning Format - Formato ASCII Universal de Descargas Atmosféricas).
- Manipulação de dados para geração de mapas de densidade: densidade total, densidade de descargas positivas/negativas, dias de tempestade ou níveis isocerânicos para um dado período e região selecionados pelo usuário [4];
- Análise de eventos: correlação entre descargas atmosféricas e perturbações em linhas de comunicação ou de transmissão/distribuição de energia elétrica;

- Análises estatísticas: distribuição cumulativa, histogramas de contagem e gráficos de dispersão baseados em dados selecionados pelo usuário;
- Integração com informações de satélite meteorológico e de radar com propósitos de previsão do tempo

III. IMPACTOS DAS TEMPESTADES ELÉTRICAS SOBRE O ESTADO DE SÃO PAULO

A estimativa da eficiência de detecção das descargas atmosféricas para o Estado de São Paulo é cerca de 80%. A Figura 2 ilustra a localização dos sensores do sistema LPATS, utilizados para monitoramento de descargas no sudeste do Brasil.



Figura 2 – Ilustração da região em estudo e a localização dos sensores LPATS utilizados para monitoramento no sudeste do Brasil.

Os dados de descargas elétricas foram processados com resolução espacial de 20km x 20 km sobre o Estado de São Paulo para o período de 1999 a 2001. As descargas elétricas foram classificadas segundo sua polaridade, atividade, densidade e intensidade de corrente média. Foram aplicados filtros aos dados de descargas elétricas de forma a minimizar possíveis contaminações de descargas intra-nuvem e distorções causadas por efeito de propagação da onda eletromagnética [8][9][10].

Cerca de 5,6 milhões de descargas atmosféricas foram identificadas neste estudo. Das descargas analisadas cerca da 92% são de descargas negativas e 8% de descargas positivas. Observou-se um aumento significativo na atividade de descargas de ano para ano. Em 1999 foram identificados cerca de 1,2 milhões de descargas atmosféricas nesta região. A atividade de descargas aumentou cerca de 58% entre os anos 1999 e 2000 e cerca de 30% entre os anos 2000 e 2001. Este fato pode estar associados aos “upgrades” ocorridos na Rede de Sensores do Sistema de Detecção.

A densidade média anual de descargas atmosféricas para o Estado de São Paulo é de 6 descargas /km² /ano. Na maior parte do Estado a densidade varia entre 3 e 5 descargas/km²/ano. Já a Capital de São Paulo é a região que

apresenta maior densidade de descargas no Estado com valores superiores a 11 descargas /km² /ano. Isto pode estar associado as “ilhas de calor” geradas por grandes centros urbanos. Valores similares aos encontrados no Estado de São Paulo são observados no sudeste dos Estados Unidos. Estas regiões são consideradas regiões de grande impacto de descargas atmosféricas. A densidade média no sudeste dos Estados Unidos varia entre 3 e 6 descargas /km² /ano. Já na Flórida a densidade é superior a 6 descargas /km² /ano [11].

A corrente de pico média das descargas negativas varia entre 20 e 25 kA, para as negativas, e entre 30 e 35 kA para as positivas. As distribuições de corrente média das descargas positivas são superiores as encontradas no sudeste dos Estados Unidos e na Flórida o qual variam entre 15 e 20 kA. Nesta mesma região, a corrente de pico para os negativos varia de 18 a 24 kA. A alta intensidade das correntes das descargas positivas será investigada futuramente.

IV. APLICAÇÕES NOS SISTEMAS DE TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA DA CTEEP

Na CTEEP a aplicação imediata do SisRaios está no diagnóstico da causa de desligamentos, verificando-se positivamente tratar-se ou não de desligamento advindo de descarga atmosférica. Historicamente o apontamento da causa de desligamentos como decorrente de descargas era feita de forma subjetiva, levando a mascarar eventuais problemas possivelmente existentes na linha de transmissão, assim como levando a um sem número de horas de inspeção. O SisRaios, desta forma, representa um marco tanto para a manutenção / inspeção possibilitando identificação do ponto provável do problema (linha de transmissão e vão envolvido. Outro recurso decorrente da customização apresentada, refere-se a possibilidade de monitorar uma área específica ao longo de uma linha de transmissão ou próxima a um subestação, que aliado a outro recurso também disponibilizado (NOWCAST), permitirá o alerta a equipes de campo quanto a aproximação de tempestades.

A consulta a dados históricos, será feita através do banco de dados do SIMEPAR, como ferramenta fundamental pós-operação do sistema elétrico. [5].

Na ferramenta customizada para a CTEEP foram lançadas um total de 29.408 estruturas e cerca de 99 subestações. Nas figuras 3 e 4, o SisRaios exibe o mapa do estado de São Paulo, linhas de transmissão da CTEEP, descargas atmosféricas e mapa de densidade de descargas.

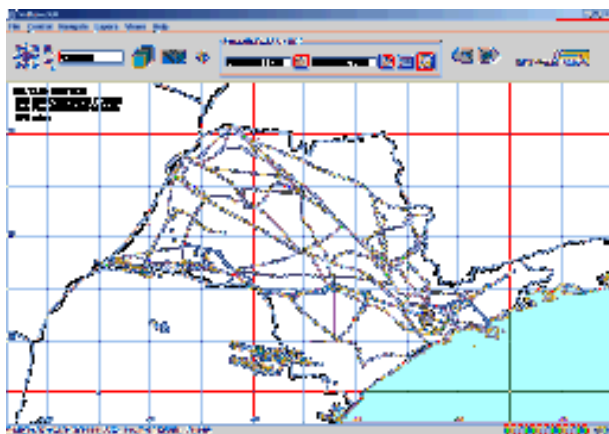


Figura 3 – SisRaios em execução na CTEEP: Linhas de transmissão e descargas atmosféricas

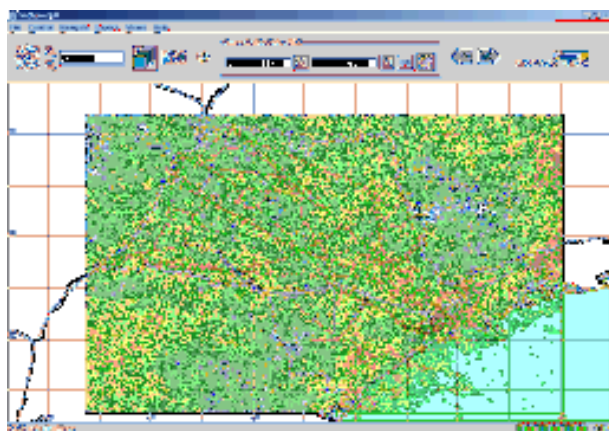


Figura 4 – SisRaios em execução na CTEEP: Linhas de transmissão e densidade de descargas atmosféricas.

CONCLUSÕES

O ambiente operacional dos serviços de monitoramento e previsão do tempo têm mudado bastante nos últimos anos. Além dos sistemas de informações convencionais, as observações por sensoriamento remoto tais como satélites, radares meteorológicos e redes de detecção de descargas atmosféricas fornecem informações vitais e em tempo-real dos sistemas de tempo [6][7]. A integração dessas informações tem se mostrado extremamente útil na tomada de decisão em curto intervalo de tempo, como os meteorologistas que trabalham com *nowcasting* têm necessidade.

A ferramenta desenvolvida e customizada deverá resultar em ganho significativo de tempo de inspeção e manutenção, para desligamentos associados a descargas atmosféricas em linhas de transmissão, além do fornecimento de um elemento de predição de deslocamento de descargas, particularmente importante para equipes de manutenção. Espera-se a utilização rotineira desta ferramenta no setor de operação, pós-operação e manutenção da CTEEP.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Beneti, C.A.A., Leite E. A., Garcia S. A. M., Assunção L. A. R., Cazeta Filho A., Reis R. J. “RIDAT – Rede Integrada de Detecção de Descargas Atmosféricas no Brasil: situação atual, aplicações e perspectivas”; In: *Congresso Brasileiro de Meteorologia*, 11, Rio de Janeiro, RJ. 2000.
- [2] Beneti, C., Vasconcellos, C. and Sato, F. “A web based application for lightning analysis and thunderstorm forecasting”. In: *17th International Lightning Detection Conference*. Tucson, Arizona, Estados Unidos, 2002. Disponível: http://www.lightningstorm.com/ls2/about/events/ildc/il dc2002/papers/24_Vasconcellos.pdf
- [3] Beneti, C. A. A., Vasconcellos, C. A.: “SisRaios – Um sistema interativo de análise e visualização de descargas atmosféricas”; In: *Congresso Brasileiro de Meteorologia*, 12, Foz do Iguaçu, PR. 2002.
- [4] Pinto Jr., O, Pinto, I.R.C.A., Gomes, M.A.S.S., Vitorello, I., Padilha, A.L. “Cloud-to-ground lightning in southeastern Brazil in 1993”. 1. Geographical distribution. *J. Geo. Res.*, 104 (D24), 31,369-31,379. 1999
- [5] López, R.E., Holle, R.L., Watson, A.I. “Spatial and temporal distributions of lightning over Arizona from a power utility perspective”. *J. Applied Meteorology*, 36, 825-831. 1997.
- [6] Beneti, C.A.A., Leite E. A., “Previsão Meteorológica e Monitoramento de Descargas Atmosféricas”. In: *Revista Eletricidade Moderna*, Fevereiro 2002, no.335. 292-305.
- [7] Beneti, C. A. A., Sato, F. “Integração de radar meteorológico e rede de detecção de descargas atmosféricas para a previsão de tempestades severas”. In: *VII Congremet XII FLISMET*. Buenos Aires, Argentina, 2001.
- [8] Cummins, K.L., M.J. Murphy, E.A. Bardo, W.L. Hiscox, R.B. Pyle e A.E. Pifer, “A combined TOA/MDF technology upgrade of the US National Lightning Detection Network”, *J. Geophys. Res.*, 103, 9035-9044, 1998.
- [9] Wacker, R.S. e R.E. Orville, “Changes in measured lightning flash count and return stroke peak current after the 1994 US National Lightning Detection Network upgrade. Part I: Observations”. *J. Geophys. Res.*,104 2151-2157, 1999a.
- [10] Wacker, R.S. e R.E. Orville, “Changes in measured lightning flash count and return stroke peak current after the 1994 US National Lightning Detection Network upgrade. Part II Theory”. *J. Geophys. Res.*,104, 2159-2162, 1999b.
- [11] Orville, R. E. G.R. Huffines, W.R. Burrows, R.L. Holle e K.L. Cummins, “The North American Lightning Detection Network (NALDN) First Result: 1998-2000”. *Monthly Weather Review*, 130, 2098-2109, 2002