



**SNPTEE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

GSC - 07
16 a 21 Outubro de 2005
Curitiba - Paraná

**GRUPO X
GRUPO DE ESTUDO DE SOBRETENSÕES E COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO - GSC**

**ANÁLISE DA PRECISÃO DA LOCALIZAÇÃO DE DESCARGAS ATMOSFÉRICAS NA
REGIÃO SUDESTE DO BRASIL**

Cláudia R. Mesquita ^{*(1)} Rosilene N. Dias ⁽¹⁾ Silvério Visacro ⁽¹⁾ Armando Cazetta⁽²⁾

**⁽¹⁾ Universidade Federal de Minas Gerais ⁽²⁾ Companhia Energética de Minas Gerais
LRC – LIGHTNING RESEARCH CENTER (UFMG / CEMIG)**

RESUMO

O desempenho dos Sistemas de Detecção e Localização de Descargas Atmosféricas (LLS ou SLT) é usualmente quantificado pela eficiência de detecção e pela precisão de localização das descargas. Para cada registro de descarga individual, o LLS provê dados relativos a faixa estimada de erro associada à localização do ponto de impacto da descarga.

Neste trabalho é apresentada a precisão de localização do sistema instalado no Brasil, baseando-se na análise estatística de uma base de dados de descargas ocorridas nos Estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e Espírito Santo no período de um ano (2003). Os valores obtidos diferem significativamente daqueles indicados ao aplicar o Modelo teórico desenvolvido pelo fabricante do LLS.

PALAVRAS-CHAVE

Descargas Atmosféricas, Sistemas de Detecção e Localização de Descargas Atmosféricas, LLS, SLT, Erro de localização de descargas atmosféricas

1.0 - INTRODUÇÃO

Os LLS's (Sistemas de Detecção e Localização de Descargas Atmosféricas) se constituem numa poderosa ferramenta para aquisição de dados de descargas atmosféricas, apresentando uma ampla gama de aplicações em estudos de proteção de sistemas elétricos, sobretudo caracterização de densidade de descargas em uma região, nível de exposição e todo tipo de estudos relativos a aspectos geográficos e cronológicos da incidência do fenômeno.

Os métodos de localização usualmente empregados pelos LLS's comerciais existentes são o método do *Tempo de Chegada* (ToA – *Time of Arrival*), o método da *Indicação de Direção* de chegada do campo magnético (MDF – *Magnetic Direction Finder*), ou uma combinação dos dois métodos. Na ocorrência da descarga atmosférica, o fluxo da corrente de retorno gera um campo eletromagnético que se propaga sobre a superfície terrestre sendo detectado pelas estações remotas do LLS. A central de processamento do LLS recebe os dados enviados pelas estações sensibilizadas e, então, um procedimento de otimização (que considera as informações de tempo de chegada e ângulo (direção) do campo eletromagnético) é realizado na central a fim de prover a localização ótima da descarga atmosférica (1) (2).

Estes sistemas, além de fornecerem o ponto de incidência da descarga (latitude e longitude), disponibilizam também informações da qualidade desta localização, tornando-se possível mensurar a confiabilidade dos dados gerados (precisão da localização).

Os estudos de análise de eficiência de detecção e precisão da localização de LLS's são efetuados em alguns países, sempre buscando-se conhecer a qualidade dos dados de descargas atmosféricas providos pelo sistema.

Algumas destas análises são realizadas através de comparações entre os dados providos pelo LLS e eventos correlatos registrados por torres instrumentadas e/ou descargas induzidas por foguetes (3) (4).

Há também alguns trabalhos que visam o desenvolvimento e utilização de modelos de eficiência de detecção baseados em registros do LLS. Tais modelos podem ser utilizados para efetuar eventuais correções em mapas de densidade de descargas elaborados com dados providos pelo sistema (5) (6). Desta forma, torna-se possível minimizar os efeitos da variabilidade da eficiência de detecção de descargas na construção de mapas, considerando-se a área total de cobertura dos sistemas. A eficiência de detecção do LLS reduz à medida que se afasta do centro da rede de sensores.

A única informação até então disponível com relação à *precisão da localização* das descargas na região de cobertura do LLS Brasileiro era aquela estimada a partir da aplicação do Modelo de Precisão de Localização (*Location Accuracy Model*) desenvolvido pelo fabricante do LLS. Não existiam estudos alternativos que utilizassem a própria base de dados do LLS para verificar a precisão de localização dos dados providos pelo sistema.

Como mencionado anteriormente, os LLS disponibilizam, além do ponto mais provável de ocorrência, dados de qualidade associados a cada registro de descarga individual (*stroke*), tais como a elipse de confiança, número e tipo de sensores participantes na solução, etc. A faixa, ou melhor, a região de erro na localização do ponto de ocorrência do *stroke* é representada pela elipse de confiança, mais especificamente pelo comprimento (em km) do semi-eixo maior.

O objetivo deste trabalho é analisar a precisão de localização dos registros providos pelo sistema instalado, utilizando um conjunto de dados de descargas relativos à região sudeste do Brasil, mais especificamente os Estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e Espírito Santo. A metodologia proposta consiste fundamentalmente na *obtenção das estatísticas* do semi-eixo maior da elipse de confiança. Desta forma, torna-se possível a elaboração de mapas de isocurvas da precisão da localização do LLS.

Trata-se de um trabalho original, mesmo no contexto internacional, uma vez que a precisão de localização não tem sido ainda analisada considerando a *própria base de dados*, pelo menos no que se refere a resultados apresentados em forma gráfica. Os primeiros resultados são apresentados na referência (7). A aplicação da metodologia desenvolvida poderá ser estendida a sistemas em outras regiões, incluindo a área coberta pela RINDAT (Rede Integrada Nacional de Detecção de Descargas Atmosféricas), ou mesmo em outros LLS. Os resultados obtidos permitem a realização de análises de confiabilidade dos dados providos pelo sistema (determinação do tipo de utilização dos dados aplicável: macro ou micro análise), identificação de possíveis locais onde o erro de localização encontrado supera os valores esperados, eventuais correções localizadas de erros de localização do sistema, etc.

2.0 - CONSIDERAÇÕES BÁSICAS

O erro associado à localização da descarga (*stroke*) é representado por uma distribuição Gaussiana (normal) bidimensional (eixos X e Y). Esta aproximação é considerada representativa, pois assume-se que os erros nas medições do ângulo e tempo informados pelos sensores apresentam natureza Gaussiana. As chamadas elipses de erro ou região de confiança são obtidas a partir da seção transversal da distribuição.

Nos itens seguintes é apresentado um sumário dos principais aspectos relacionados à precisão da localização de descargas atmosféricas dos LLS's.

2.1 Precisão da Localização

Para cada ponto de incidência reportado pelo LLS, todos os parâmetros que definem a respectiva elipse de erro estão contidos também no registro de *stroke*.

É possível definir uma elipse de erro para cada nível de probabilidade desejado como ilustrado na Figura 1. Entretanto, o nível de referência usual para caracterização da precisão de localização é 50%.

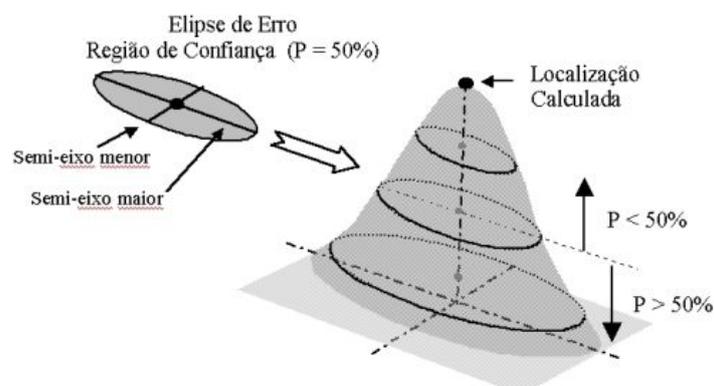


FIGURA 1 – A região de confiança é definida pelos semi-eixos maior e menor e a probabilidade desejada de encontrar o ponto de incidência. A faixa de erro é representada pela distribuição bidimensional normal.

A área delimitada pela elipse é a região de confiança. Neste caso, a elipse em destaque corresponde à região que apresenta uma probabilidade de 50% de se encontrar o verdadeiro ponto de incidência da descarga. A localização ótima do *stroke* corresponde ao centro da elipse (pico da distribuição de erro).

A referência (8) apresenta de forma mais detalhada todos os aspectos matemáticos que determinam a forma da elipse de erro, caracterizada pelos semi-eixos maior e menor e seu posicionamento relativo à localização dos sensores envolvidos na solução da descarga. Os *strokes* incidentes em pontos mais centrais da rede do LLS tendem a apresentar elipses de erro mais circulares e menores, ao passo que, se os *strokes* incidirem em pontos mais afastados do centro da rede, os mesmos tendem a apresentar elipses mais alongadas e alinhadas conforme direção do conjunto de sensores participantes. A Figura 2 ilustra o comportamento das elipses para uma rede simples composta por 3 estações indicadoras de direção.

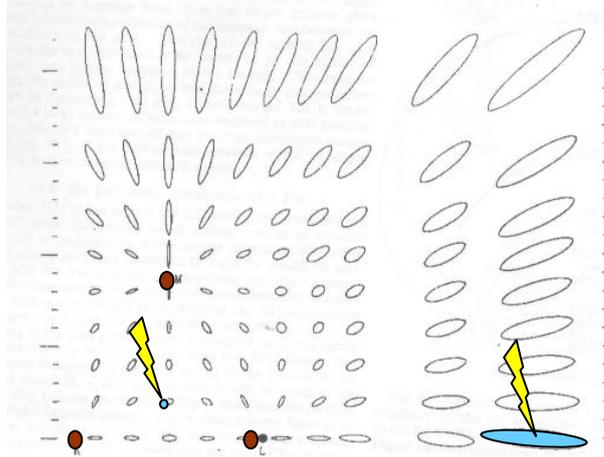


FIGURA 2 – Elipses de erro das descargas atmosféricas em função do ponto de ocorrência relativo à geometria da rede, que neste exemplo é composta por 3 sensores indicadores de direção. Figura adaptada da referência (8).

Os parâmetros da elipse dependem principalmente da posição do ponto de incidência em relação aos sensores sensibilizados pelo evento e dos valores de desvios nas medições de ângulo e tempo de chegada dos respectivos sensores.

2.2 Modelo de Precisão da Localização

Um modelo teórico foi desenvolvido pelo fabricante do LLS com o objetivo de se estimar a precisão de localização de uma determinada rede de sensores. O emprego de tal modelo é muito importante principalmente nas fases de projeto e ampliação da rede de sensores dos LLS's.

O modelo, denominado *Location Accuracy Model*, assume certas considerações como, por exemplo, o perfeito desempenho dos sensores, a localização do *stroke* em relação ao posicionamento dos sensores, o tipo de sensores envolvidos, e os *valores médios* especificados dos desvios padrão (de ângulo e de tempo). Tais valores são os mesmos para quaisquer sensores da rede.

Este modelo calcula o comprimento do semi-eixo maior da região de confiança para cada célula de um gradeado $50 \times 50 \text{ km}^2$. O resultado da aplicação desse modelo é um mapa de contornos, cujas isocurvas representam os valores medianos ($P=50\%$) constantes de precisão de localização. Maiores detalhes acerca do modelo podem ser encontrados na referência (1).

No entanto, o desempenho do LLS não é perfeito e o comportamento da precisão de localização de descargas atmosféricas pode diferenciar dos valores teóricos estimados a partir da aplicação do modelo. Por esse motivo, verificou-se a necessidade de realizar esta análise.

3.0 - DESENVOLVIMENTOS

A base de dados considerada nesta análise corresponde a um período de um ano de registros de *strokes* (2003). Este conjunto de dados foi obtido para uma configuração específica da rede de sensores (16 estações remotas, sendo 5 sensores IMPACT e 11 sensores LPATS participantes das soluções dos *strokes*).

Todos os mapas foram elaborados considerando um gradeado de $10 \times 10 \text{ km}^2$ abrangendo os Estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e Espírito Santo, bem como o referido conjunto de registros de *strokes*.

Os parâmetros de *strokes* reportados pelo LLS que foram aplicados no desenvolvimento deste trabalho são o semi-eixo maior da elipse de erro, o número de sensores participantes da solução do *stroke* e o indicativo se houve ou não a participação de sensor do tipo IMPACT na solução.

O valor mediano do primeiro parâmetro citado referente aos *strokes* ocorridos em cada célula do gradeado é extraído. Em seguida, utilizando tais valores, é elaborado um mapa temático a fim de visualizar a faixa de erro para a região de estudo, relativa à base de dados considerada. Já os demais parâmetros mencionados acima são importantes para realização de análises complementares que permitem uma avaliação mais cuidadosa do desempenho do LLS na região de interesse.

O Estado de Minas Gerais está dividido em sete Regionais de Transmissão (TR's) de energia elétrica (ver Figura 3).

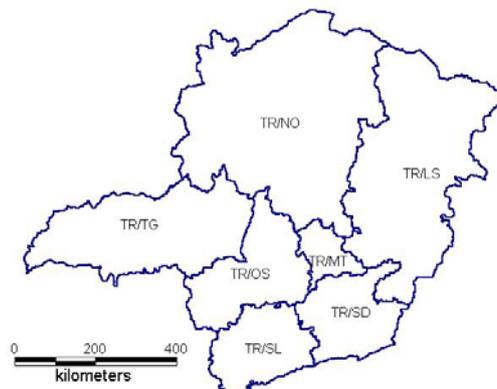


FIGURA 3 – Regiões de análises. O Estado de Minas Gerais é dividido em sete regionais (TR's).

As análises foram realizadas para cada uma das regionais de transmissão da concessionária de energia do Estado. Resultados relativos a cada uma destas áreas são apresentados separadamente.

4.0 - RESULTADOS E ANÁLISES

A Tabela 1 sumariza os valores medianos encontrados para os semi-eixos maiores, valores médios do número de sensores participantes da solução dos *strokes* e o percentual médio de registros que tiveram a participação de pelo menos uma estação do tipo IMPACT. Os valores entre parênteses correspondem à faixa encontrada para região em estudo.

TABELA 1 – Resumo dos resultados para cada regional de transmissão.

| TR | Valor mediano do semi-eixo maior (km) | Faixa do número médio de sensores | Percentual médio de participação de estações IMPACT |
|---------|---------------------------------------|-----------------------------------|---|
| TR / OS | 0,61 (0,4 – 1,2) | 5 – 8 | 61% (23 – 92%) |
| TR / SL | 0,61 (0,4 – 1,2) | 4 – 7 | 72% (35 – 97%) |
| TR / MT | 0,70 (0,6 – 0,9) | 5 – 7 | 53% (14 – 80%) |
| TR / TG | 0,77 (0,5 – 1,75) | 5 – 7 | 77% (46 – 97%) |
| TR / SD | 0,81 (0,5 – 1,6) | 5 – 7 | 55% (31 – 90%) |
| TR / NO | 1,9 (0,5 – 6,0) | 4 – 7 | 55% (0 – 91%) |
| TR / LS | 2,3 (0,6 – 8,4) | 4 – 6 | 59% (0 – 93%) |

A distribuição do semi-eixo maior do conjunto de *strokes* ocorridos na região TR / MT (Transmissão Metropolitana) é apresentada na Figura 4. Foi possível verificar que o número de registros cujo erro supera 1 km é pequeno, representando apenas 9% do conjunto de dados na região.

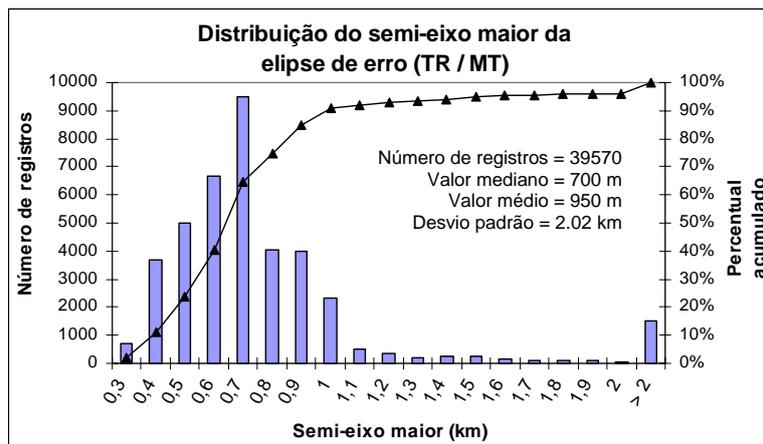


FIGURA 4 – Distribuição do semi-eixo maior do conjunto de dados de *strokes* na região TR / MT.

A distribuição estatística do valor do semi-eixo maior da elipse de solução, referente aos *strokes* registrados pelos LLS no período, foi utilizada na confecção do mapa apresentado na Figura 5a. A faixa de erro é dada pelo valor mediano do semi-eixo maior.

A Figura 5b mostra as isocurvas resultantes da aplicação do modelo desenvolvido pelo fabricante. Tais curvas indicam a precisão de localização estimada. Em casos onde os LLS's abrangem áreas extensas como é o caso do sistema brasileiro, os fabricantes recomendam a geração de curvas a partir de valores de 500m. Nesta figura, a curva de 300m de precisão foi mantida apenas em caráter ilustrativo, indicando que na região mais central da rede são esperados os melhores valores de precisão.

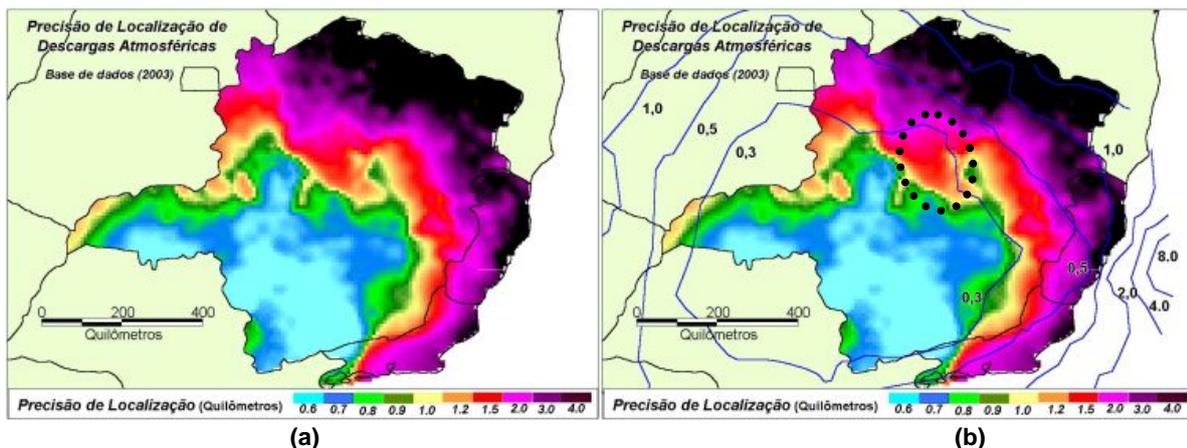


FIGURA 5 – (a) Precisão da Localização de descargas atmosféricas nos Estados MG, RJ e ES. (b) Representação das isocurvas de precisão estimadas ao aplicar o modelo teórico desenvolvido pelo fabricante (linhas contínuas).

Ao comparar a precisão de localização obtida nesta análise estatística com aquela obtida pela aplicação do Modelo (*Location Accuracy Model*), é possível verificar que as faixas de erro encontradas são significativamente maiores que os valores teóricos. Tal fato pode ser constatado ao se analisar a Figura 5b, onde grande parte da área interna à curva de 500m apresenta valores que variam de 600m a 2km. As diferenças tornam-se maiores à medida que se afasta do centro da rede, como indicado na região em torno da curva teórica de 1km (os valores variam de 3 a 4 km). As regiões norte e nordeste de Minas Gerais apresentam valores que excedem 1,5 km.

A faixa de erro encontrada para os Estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo é mais elevada. Tal comportamento era esperado, em virtude da própria limitação de cobertura do LLS (as bordas da rede de sensores sobrepõem-se as áreas destes Estados). Apenas uma pequena região ao sul do Rio de Janeiro apresenta menores valores de erro.

Parte da discordância entre os valores teóricos do Modelo e aqueles indicados pelos dados do LLS pode ser atribuída a não-participação nas soluções de descargas de todos os sensores considerados pelo Modelo. Algumas estações da rede podem não perceber o sinal irradiado por eventos, mesmo que teoricamente a intensidade da corrente de descarga fosse capaz de gerar sinais suficientes para serem detectados pelas estações. Em casos

reais, existem os diferenciados efeitos de propagação, o qual é função das características físicas do caminho propagado (relevo e solo).

Quanto maior o número de informações (número de sensores) no cômputo do *stroke*, maior é a redundância e, conseqüentemente, melhor é a qualidade do dado gerado.

Parte das diferenças entre valores teóricos e medidos pode ser também atribuída ao fato do Modelo considerar *um valor médio dos desvios padrão* (de tempo e de ângulo) para todos os sensores. Eventuais períodos de falhas de sensores poderão também reforçar as diferenças entre os valores encontrados.

A despeito das diferenças nos valores absolutos, a distribuição geográfica da precisão de localização tem apresentado uma tendência de acompanhar as formas das curvas teóricas, exceto em algumas regiões como, por exemplo, a área em vermelho (1,5km) delimitada pela linha pontilhada na Figura 5b.

Outras análises foram realizadas com objetivo de melhor quantificar o desempenho do LLS na região de interesse. Tais análises consideram o número médio de sensores participantes da solução da descarga e o percentual de registros que possuíram a participação de pelo menos uma estação do tipo IMPACT em suas soluções. Estas análises apresentam caráter complementar, que visam elucidar (diagnosticar) o desempenho do sistema em particular.

A Figura 6 mostra o mapa do número médio de sensores participantes nas soluções dos *strokes*. Este resultado permite a realização de análises comparativas ao se avaliar a relevância do número de sensores na qualidade dos dados gerados pelo LLS.

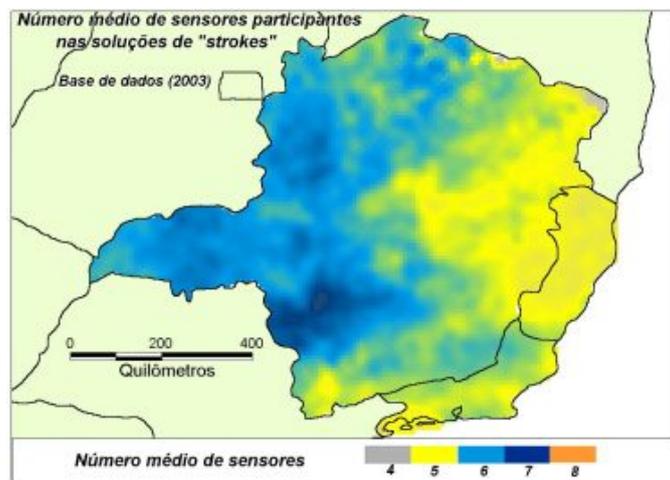


FIGURA 6 – Número médio de sensores participantes na solução dos *Strokes* nos Estados MG, RJ e ES.

Como esperado, ao comparar os mapas das Figuras 5 e 6, foi verificado que a região de maior número de sensores coincide com a região de melhor precisão de localização de descargas atmosféricas. Por exemplo, a região mais escura na Figura 6 (7-8 sensores) apresenta o melhor nível encontrado para a precisão (600m). A região acima comentada (delimitada pela linha pontilhada) apresenta um número médio de sensores compreendido entre 5 e 6.

É sabido que o desempenho das estações IMPACT é melhor que das estações LPATS, uma vez que ela combina as duas tecnologias de localização de descargas atmosféricas (ToA e MDF). A fim de se avaliar a possível relação entre a precisão de localização e a taxa de participação de estações IMPACT, é mostrado na Figura 7 um mapa indicando o percentual de participação de IMPACT's nas soluções dos *strokes* que compõem o conjunto de dados analisados.

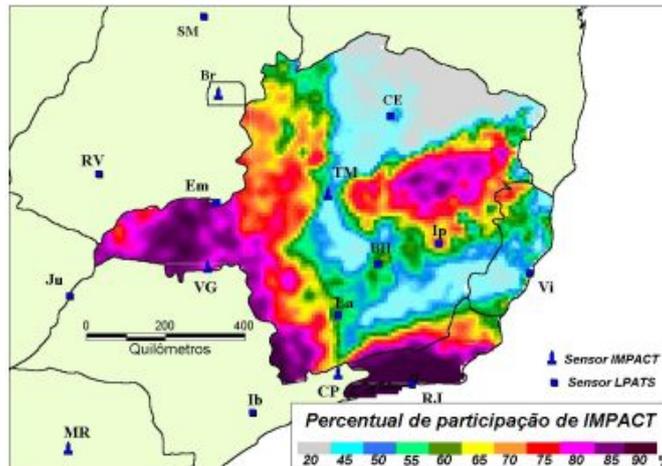


FIGURA 7 – Percentual de registros de *strokes* cujas soluções tiveram a participação de pelo menos um sensor IMPACT.

A região de maior percentual de participação de sensores IMPACT no Estado de Minas Gerais (cor roxa) apresenta o melhor nível de precisão encontrado, 600m. Entretanto a região sul do Rio de Janeiro, onde o percentual de participação é elevado (quase 100%), apresenta níveis de precisão que variam desde 600m a 3km, reforçando o caráter complementar deste tipo de análise. Neste caso, o que melhor explica tal comportamento é a influência da disposição física dos sensores, visto que a precisão é reduzida em direção às bordas da região de cobertura do sistema.

Foi possível verificar também que a capacidade da estação TM em detectar sinais eletromagnéticos originados na direção sul e, mais notoriamente, na direção nordeste é menor que nas demais direções. Uma análise complementar foi realizada considerando-se um outro período de dados (2002). No entanto, o mapa obtido foi praticamente o mesmo deste obtido para o ano 2003. Tal comportamento pode estar associado, por exemplo, a algum eventual erro local ou mesmo às características do relevo ao longo do caminho de propagação dos campos gerados.

5.0 - CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste trabalho mostraram que a precisão de localização (ou faixa de erro) computada através de análises estatísticas da base de dados de *strokes* é significativamente maior que aquela estimada pelo Modelo. Provavelmente, esta discrepância está associada às limitações de operação dos LLS como, por exemplo, algum problema no desempenho dos sensores da rede (eventuais períodos de ausência da participação do sensor) e os diferenciados efeitos de propagação dos campos gerados pelas descargas no percurso até as estações detectoras.

A principal contribuição deste trabalho é que as análises que utilizem a base de dados do LLS na região estudada poderão ser realizadas mais cuidadosamente, considerando os novos valores esperados para a faixa de erro de localização.

A aplicação dessa metodologia propicia um melhor entendimento do desempenho do LLS na área de estudo e permite, por exemplo, a identificação de desempenhos diferenciados de estações do tipo IMPACT em determinadas faixas de direção.

A metodologia proposta pode ser estendida para outras regiões, incluindo toda a área de cobertura da RINDAT (Rede Integrada Nacional de Detecção de Descargas Atmosféricas) e permite executar tanto macro quanto micro análises, em virtude do gradeado escolhido ($10 \times 10 \text{ km}^2$).

Uma análise ideal da precisão de localização é aquela realizada através de comparações entre dados do LLS e informações de pontos reais de incidência. Atualmente, os autores estão dedicados na concepção de uma rede para prover dados de referência (9) (10). Esta rede será constituída por dispositivos capazes de perceber a incidência de descargas atmosféricas em elementos monitorados (mastros, torres) bem como registrar, de forma indireta, a onda de corrente que flui ao longo do elemento. Os dados de referência acumulados serão utilizados para verificar a precisão de localização do LLS, ou melhor, a *faixa de erro absoluto* em diferentes locais da região de cobertura do sistema e também permitirá a comparação da intensidade de corrente medida pelo dispositivo com aquela estimada pelo LLS.

Até então, os resultados apresentados neste trabalho são considerados mais representativos em relação aos estimados pelo Modelo teórico de precisão de localização de descargas atmosféricas. O objetivo deste trabalho desenvolvido é retratar (diagnosticar) uma base de dados específica referente a um período de interesse.

Mesmo que seja definida outra configuração de reprocessamento na central do LLS, ou novos ajustes nos valores de desvios de tempo e ângulo referentes a cada sensor da rede, a metodologia aplicada (análise estatística dos dados gerados pelo LLS) continua sendo válida para a avaliação da precisão de localização. Neste caso, uma nova base de dados seria constituída a partir do reprocessamento dos mesmos e, possivelmente, novos valores medianos do semi-eixo maior poderiam ser obtidos.

6.0 - AGRADECIMENTOS

Cláudia Rejane de Mesquita e Rosilene Nietzsche Dias agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pelo apoio financeiro.

7.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) CUMMINS, K.L., MURPHY, M.J., BARDO, E.A., HISCOX, W.L., PYLE, R.B., PIFER, A.E., "A combined TOA/MDF Technology Upgrade of the U.S. National Lightning Detection Network", *Journal of Geophysical Research*, Vol. 103, N° D8, pp. 9035-9044, Apr. 27, 1998.
- (2) MESQUITA, C.R.; NAIME, A.L.F.; VISACRO, S.; SILVINO, J. L; "Monitoramento de Descargas Atmosféricas: Análise dos Sistemas Existentes e Aferição do SLT de Minas Gerais"; XVI SNPTEE - Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica, Campinas, São Paulo, Brasil, 21 a 26 de Outubro de 2001.
- (3) DIENDORFER, G., HADRIAN, W., HOFBAUER, F., MAIR, M., SCHULZ, W.; "Evaluation of Lightning Location Data Employing Measurements of Direct Strikes to a Radio Tower", *Cigré 33-206*, Session 2002.
- (4) JERAULD, J., RAKOV, V.A., UMAN, M.A., RAMBO, K.J., JORDAN, D.M., CUMMINS, K.L., CRAMER, J.A.; "An Evaluation of the Performance Characteristics of the NLDN Using Triggered Lightning", *18th International Lightning Detection Conference*, Helsinki, Finland, June 7-9, 2004.
- (5) BERNARDI, M., FERRARI, D., "Evaluation of the LLS Efficiency Effects on the Ground Flash Density, Using the Italian Lightning Detection System SIRF", *Journal of Electrostatics*, Vol. 60, pg 131-140, 2004.
- (6) CUMMINS, K.L.; BARDO, E.A.; "On the Relationship Between Lightning Detection Network Performance and Measured Lightning Parameters"; *International Conference on Ground and Earthing & International Conference on Lightning Physics and Effects (Ground'2004 & 1st LPE)*, Belo Horizonte-Brazil, November 2004.
- (7) MESQUITA, C.R.; DIAS, R. N; VISACRO, S; RESENDE, P; CAZETTA F. A: "Lightning Location Accuracy: An Analysis of Minas Gerais Stroke Data", *International Conference on Ground and Earthing & International Conference on Lightning Physics and Effects (Ground'2004 & 1st LPE)*, Belo Horizonte-Brazil, November 2004.
- (8) STANSFIELD, R.G; "Statistical Theory of DF Fixing", *Journal of IEE*, Vol. 4, pt 3A, pg 94 762-770, 1947.
- (9) SILVINO, J.L., MESQUITA, C.R., VISACRO, S.; "Non-Direct Lightning Current Measurement for Lightning Location Systems Calibration", *IEE Electronic Letters*, vol. 39, No 6, pp. 504-505, 20th March 2003.
- (10) VISACRO, S., SILVINO, J.L, MESQUITA, C.R., DIAS, R.N., CHERCHIGLIA L.C.L., SOUZA, V.J.; "Nova Metodologia de Medição Indireta da Corrente de Descarga Atmosférica para Fins de Calibração de SLT's"; CITENEL- *II Congresso de Inovação Tecnológica em Energia Elétrica*, 13-14 de novembro, 2003. Salvador, Brasil.