



**XXII SNPTTE  
SEMINÁRIO NACIONAL  
DE PRODUÇÃO E  
TRANSMISSÃO DE  
ENERGIA ELÉTRICA**

BR/GDS/02  
13 a 16 de Outubro de 2013  
Brasília - DF

**GRUPO - X**

**GRUPO DE ESTUDO DE DESEMPENHO DE SISTEMAS ELÉTRICOS – GDS**

**ANÁLISE DE DESEMPENHO DE SISTEMAS DE MONITORAMENTO DE DESCARGAS ATMOSFÉRICAS E  
AVALIAÇÃO DE SUA UTILIZAÇÃO NA VIGILÂNCIA METEOROLÓGICA DE LINHAS DE TRANSMISSÃO**

**Armando Heilmann(\*) Adriel Y. S. Igarashi Eduardo A. Leite(\*) Marco A. R. Jusevicius Mariana Kleina  
Instituto Tecnológico - SIMEPAR**

**RESUMO**

As descargas atmosféricas nuvem-solo, em sua incidência direta ou através de indução, promovem um conjunto de efeitos responsáveis pelo aparecimento de sobretensões em linhas de transmissão, constituindo-se em uma das mais importantes fontes de perturbações nos sistemas elétricos.

Para minimizar os seus impactos no sistema elétrico, redes de sensores de monitoramento de raios, são utilizados para fins de vigilância meteorológica, permitindo melhor estimativa do risco de incidência de descargas em linhas de transmissão. Utilizando os dados desta rede de monitoramento de descargas é possível: (a) o planejamento e projeto de sistemas de transmissão; (b) análise de eventos específicos de perturbações na transmissão; e (c) vigilância meteorológica do sistema e emissão de alerta de tempestades elétricas.

O artigo examina características operacionais e de desempenho de dois sistemas alternativos de monitoramento de descargas: (a) a Rede Nacional de Detecção de Descargas Atmosféricas (RINDAT) usando duas centrais de processamento, FURNAS e SIMEPAR; e (b) o sistema *Global Lightning Dataset* GLD360. Os dados utilizados correspondem ao período de Março de 2011 a Março de 2012, para o Estado de São Paulo, região considerada de melhor desempenho da configuração atual da RINDAT. O foco da avaliação foi determinar a capacidade dos sistemas em subsidiar processos de vigilância meteorológica em linhas de transmissão.

Em seguida é feita uma análise dos dados de raios e relâmpagos (*strokes e flashes*) provenientes das três fontes (RINDAT-SIMEPAR, RINDAT-FURNAS e GLD360) em termos da distribuição de frequência do pico de corrente; do tamanho da elipse de incerteza (indicativo da acurácia de localização); da densidade espacial do número anual de descargas; e comparativo do número e da distribuição espacial das descargas por dia de tempestade. Também são simulados alvos aleatórios e verificado a correspondência temporal e espacial das descargas. As distribuições de pico de corrente exibidas pelos sistemas são comparadas com padrões internacionais como o do CIGRÉ e do IEEE.

Da análise como um todo se pode destacar que os resultados do processamento da RINDAT no SIMEPAR e em FURNAS, apesar de apresentarem algumas diferenças nas características elétricas, eficiência de detecção e incertezas de localização, exibem comportamento similar para o monitoramento das tempestades elétricas. O comparativo destes dados com aqueles gerados pelo GLD360 revela desempenho suficiente deste sistema no período e região analisados, para agregar valor à atividade de vigilância meteorológica para linhas de transmissão, em especial nos locais desprovidos de sensores da RINDAT.

**PALAVRAS-CHAVE**

Descargas Atmosféricas, Vigilância Meteorológica, Linhas de Transmissão, Pico de Corrente.

## 1.0 - INTRODUÇÃO

Descargas atmosféricas são descargas elétricas classificadas segundo a polaridade de carga efetiva transferida entre sua origem e destino, que podem apresentar variações no valor médio de crista de corrente de descarga (entre 30 kA e 50 kA) e na direção do canal precursor inicial, e que ocorrem devido ao acúmulo de cargas elétricas em regiões localizadas no interior das nuvens de tempestades (2,8).

Existem diversos tipos de descargas, classificadas em função do local onde se originam e terminam (nuvem-solo, intra-nuvens ou nuvem-nuvem), em função da polaridade (positiva ou negativa) e da direção de propagação do canal precursor da descarga (7,9). Desta forma o estudo de eventos atmosféricos é importante para caracterizarmos a distribuição das grandezas eletrostáticas locais e as peculiaridades de eletrização das nuvens para cada região.

No campo de estudo de descargas atmosféricas, o conhecimento das propriedades estatísticas dos seus parâmetros elétricos, bem como a sua distribuição de frequência, são fundamentais para aplicações na proteção de estruturas e componentes do sistema elétrico. A distribuição de pico de corrente, por exemplo, é função de vários aspectos como o clima, topografia, entre outros. No entanto, por meio de medidas diretas ou aproximadas, é possível encontrar parâmetros de ajuste da distribuição do pico de corrente das descargas monitoradas.

As descargas atmosféricas nuvem-solo, em sua incidência direta ou através de indução, são as que promovem o maior conjunto de efeitos responsáveis pelo aparecimento de sobretensões em linhas de transmissão, constituindo-se em uma das mais importantes fontes de perturbações nos sistemas elétricos.

Embora os processos de eletrificação das tempestades sejam atualmente muito mais conhecidos, modelos teóricos que buscam antecipar a ocorrência espacial e temporal de descargas ainda incorporam muitas incertezas. Na tentativa de minimizar os seus impactos no sistema elétrico, são usadas redes de sensores de monitoramento de descargas atmosféricas, que operando de forma conjunta com outros tipos de sensores atmosféricos, são utilizadas para fins de vigilância meteorológica, oferecendo melhor estimativa do risco de incidência de descargas em linhas de transmissão.

O registro desses dados há mais de uma década no Brasil tem permitido a organização de um banco de dados da atividade elétrica atmosférica no país e consequente caracterização de uma climatologia de descargas.

Os dados desses sistemas de monitoramento de descargas têm sido utilizados para três finalidades principais: (a) planejamento e projeto de sistemas de transmissão; (b) análise de eventos específicos de perturbações na transmissão; e (c) vigilância meteorológica do sistema e emissão de alerta de tempestades elétricas. Conforme as propriedades, variáveis processadas e características de desempenho de cada sistema, seu uso pode ser suficiente ou complementar para determinada finalidade.

A proposta deste artigo é examinar as características operacionais e de desempenho de dois sistemas alternativos de monitoramento de descargas: a Rede Nacional de Detecção de Descargas Atmosféricas (RINDAT), operada em conjunto por FURNAS, CEMIG, SIMEPAR e INPE, com resultados provenientes de duas centrais de processamento, FURNAS e SIMEPAR; e o sistema Global Lightning Dataset (GLD360) da empresa Vaisala.

Serão utilizados dados correspondentes ao período de Março de 2011 a Março de 2012 especificamente para o Estado de São Paulo, região considerada de melhor desempenho da configuração atual da rede RINDAT. O foco da avaliação foi determinar a capacidade dos sistemas em subsidiar processos de vigilância meteorológica em linhas de transmissão.

A rede RINDAT é composta de antenas receptoras, que atuam como sensores de detecção de descargas de abrangência regional (até 400 km), que operam no espectro de frequências VLF/LF (*Very Low Frequency / Low Frequency*) e utilizam as tecnologias de localização TOA (*Time of Arrive*) e MDF (*Magnetic Direction Finding*). Esses sensores são calibrados localmente com o propósito de atender características físicas de instalação em cada região (10). O sistema GLD360 é composto de sensores de abrangência global (acima de 9.000 km) que operam no espectro do VLF (*Very Low Frequency*) e estão espalhados em mais de 40 países. Os dados dos sensores são processados por uma central da empresa Vaisala, que fornece como serviço dados de descargas em tempo real a seus clientes (5).

O artigo analisa os dados de raios e relâmpagos (*strokes e flashes*) provenientes das três fontes (RINDAT-SIMEPAR, RINDAT-FURNAS e GLD360) em termos da distribuição de frequência do pico de corrente (intensidade e sinal); do tamanho da elipse de incerteza (indicativo da acurácia de localização); da densidade espacial do número anual de descargas; e comparativo do número e da distribuição espacial das descargas por dia de tempestade. Também são simulados alvos aleatórios e verificado a correspondência temporal e espacial das descargas. As distribuições de pico de corrente exibidas pelos sistemas são comparados com padrões internacionais como o do CIGRÉ (*Council on Large Electric Systems*) e do IEEE (*Institute of Electrical and Electronic Engineers*).

## 2.0 - SISTEMAS E DADOS ANALISADOS

Por se tratar de dois sistemas distintos, um de localização global (GLD360) e outro de localização regional (RINDAT), com métodos de monitoramento diferenciados pela composição dos sensores e frequências utilizadas e com processos de calibração diferentes, dependendo da especificação de utilização dos sensores, foi necessário escolher um período e região de monitoramento comuns entre os sistemas. O período adotado é de março de 2011 a março de 2012 (366 dias), para o estado de São Paulo, o qual apresenta grande eficiência de localização e

precisão de localização, além de ser totalmente coberta pelos sensores da RINDAT (longitude entre -53.27 e -43.96; latitude entre -25.42 e -19.62).

Para este período e para esta região, os dados de descargas atmosféricas (raios ou *strokes*) e relâmpagos (*flashes*) para os sistemas RINDAT-FURNAS e RINDAT-SIMEPAR, totalizaram 503.001 e 440.159 para o primeiro, e 770.658 e 627.676 para o segundo sistema, respectivamente. Para o sistema GLD360 os dados de raios (*strokes*) e relâmpagos (*flashes*), totalizaram respectivamente 897.586 e 825.640.

### 3.0 - ANÁLISES REALIZADAS

#### 3.1 Comportamento do Pico de Corrente das Descargas Atmosféricas

Embora o raio possa parecer para o olho humano uma descarga contínua, na verdade ela é formada de múltiplas descargas, denominadas descargas de retorno (*return stroke*), que se sucedem em intervalos de tempo muito curtos. Ao número destas descargas, dá-se o nome de multiplicidade (6). Raios com diversas descargas de retorno subsequentes são denominados raios múltiplos e o pico de corrente das descargas de retorno subsequentes tende a ser menor do que a intensidade da primeira descarga de retorno, com valores típicos em torno de 10 kA (7,8).

Desta forma, considerando a medida da descarga principal de retorno, em uma primeira análise foi observado a distribuição da intensidade do pico de corrente das descargas atmosféricas estimada pelos sistemas GLD360 e RINDAT-FURNAS, para o período analisado e para o estado de São Paulo, mostrada na Figura 1.a. O sistema GLD mostra tendência de superestimar os valores de intensidade de pico de corrente das descargas em relação ao sistema RINDAT-FURNAS.

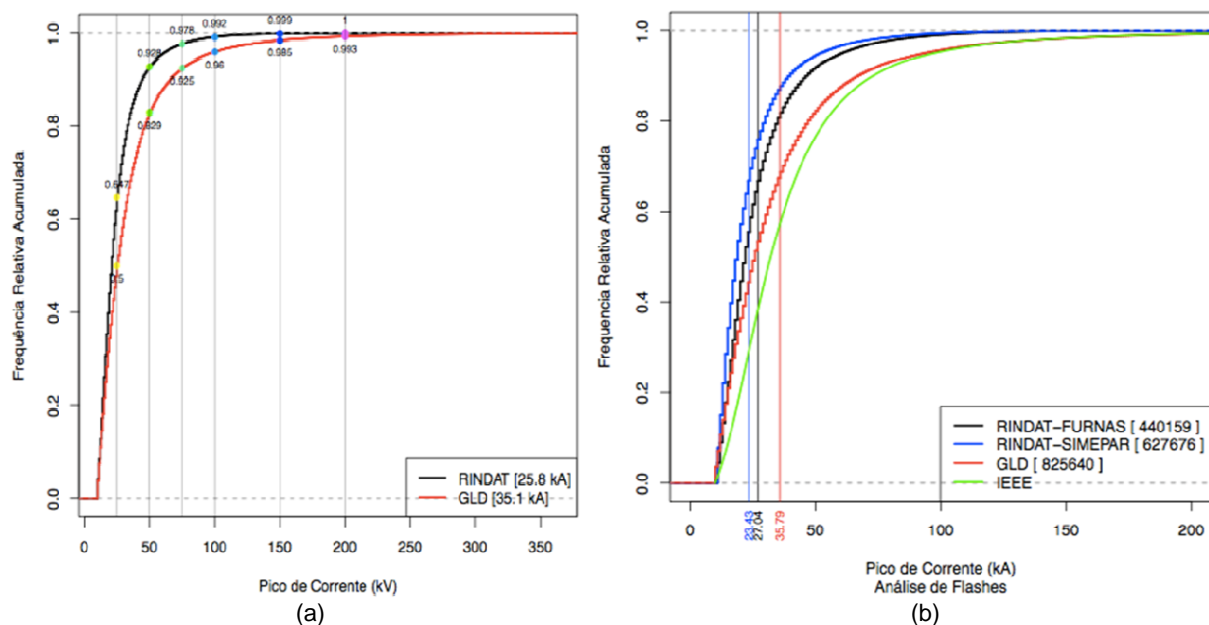


FIGURA 1 – (a) Distribuição acumulada do módulo do pico de corrente, período: 28/03/2011 – 29/03/2012, região: Estado de São Paulo. (b) Frequência acumulada do módulo do pico de corrente, período: 28/03/2011 – 29/03/2012, região: Estado de São Paulo.

Tomando o módulo do pico de corrente dos relâmpagos (*flashes*), estimado por ambos os sistemas e mostrado na Figura 1.b, observa-se que o GLD mantém tendência de estimar valores maiores de pico de corrente. O valor médio estimado do pico de corrente dos relâmpagos monitorados pelo sistema RINDAT-FURNAS é de aproximadamente 27 kA, do sistema RINDAT-SIMEPAR é de 23 kA, enquanto o GLD360 mostra um valor médio estimado de 36 kA.

Assumindo como referência a curva do pico de corrente de *flashes* adotada pelo IEEE, nota-se a discrepância entre os valores estimados do pico de corrente (bem como no número de *flashes* monitorados para o período) entre RINDAT-SIMEPAR e RINDAT-FURNAS, isto porque os sistemas são calibrados, para um, de forma a atender as falhas específicas do sistema elétrico, e para o outro, de forma a atender também às análises meteorológicas. A tendência do GLD360 em estimar maiores picos de corrente que o sistema RINDAT-FURNAS e RINDAT-SIMEPAR para uma mesma distribuição relativa de frequência é confirmada pela Figura 1.b. Assim, os *flashes* monitorados pelo sistema GLD360, apresentam uma aproximação dos valores padronizados internacionalmente do pico de

corrente pelo IEEE. O sistema de localização da Austria (ALDIS) também mostra a distribuição do pico de corrente comparado ao CIGRÉ (Figura 2).

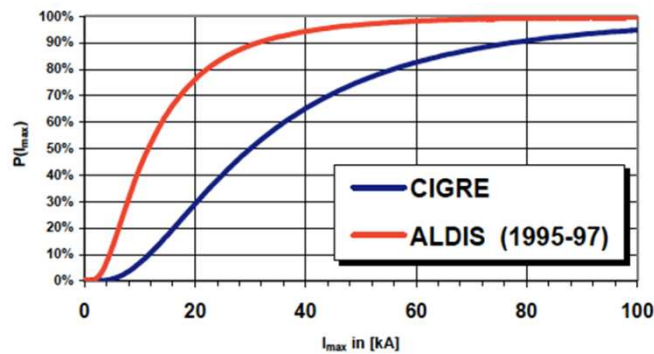


FIGURA 2 – Comparação da distribuição dos valores do pico de corrente pelo CIGRÉ em relação aos dados de ALDIS.

De forma similar ao comportamento da RINDAT, nesta distribuição de probabilidade acumulada do valor do módulo do pico de corrente dos relâmpagos, novamente observa-se valores abaixo do padrão internacional, praticado pelo CIGRÉ (6). Esta relação pode ser um padrão esperado, também para outros sistemas de monitoramento que utilizem essa mesma tecnologia de detecção de descargas atmosféricas.

### 3.3 Incerteza de Localização das Descargas Atmosféricas

Indicadores de qualidade na localização podem ser usados para caracterizar a acurácia de localização de uma descarga atmosférica (*stroke*).

Erros associados à propagação das ondas eletromagnéticas (erros randômicos) devido à condutividade do solo e relevo e erros sistemáticos, associados à instalação do sensor, contribuem para as incertezas na localização de uma descarga atmosférica. Adotando uma distribuição gaussiana de probabilidades, são definidas “elipses de incerteza” em torno da provável localização de um raio. Se o ponto de localização do raio possui uma probabilidade de estar dentro da região definida pela elipse, então quanto maior a elipse, maior será a incerteza de localização. Todavia, se o número de sensores que participam da solução de localização for maior, a elipse de incerteza tende a ser menor, diminuindo então a incerteza na localização da descarga atmosférica (4).

Assim, foi definida uma distribuição acumulada do eixo maior da elipse de incerteza, para o estado de São Paulo com dados da RINDAT-FURNAS e do GLD360 (Figura 3).

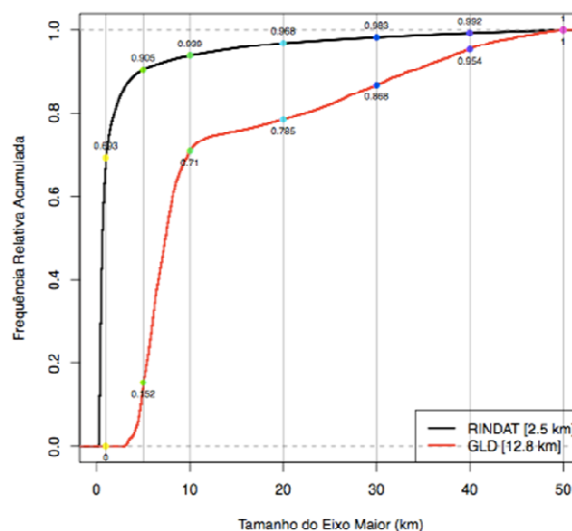


FIGURA3 – Distribuição acumulada do eixo da elipse de incerteza, período: 28/03/2011 – 29/03/2012, região: Estado de São Paulo.

Desta análise, o tamanho médio do eixo maior da elipse de incerteza de 50% do GLD360 foi de 12.8 km, contra 2.5 km da RINDAT. Da distribuição apresentada na Figura 3 se pode observar que 71% das elipses do GLD360

possuem eixo maior menor ou igual a 10 km, tendo a RINDAT 94% das elipses de incerteza com eixo maior menor ou igual a 10 km.

Esta discrepância ocorre devido às características dos diferentes sistemas de monitoramento, forma de detecção em espectro de frequência e distância entre os sensores que participam da solução.

### 3.4 Densidade Espacial das Descargas Atmosféricas

Na construção de mapas comparativos de densidade espacial de descargas atmosféricas para a região do estado de São Paulo, com o propósito de contabilizar de forma representativa o número de raios sobre cada setor desta região, foi considerada a resolução espacial de 10x10km para alocar os dados do período de análise. Este mapa de densidade considera o conjunto de raios nuvem-terra, e possui como unidade de medida a razão de raios/km<sup>2</sup>/ano, conhecido como densidade média de raios (ng) (Figura 4).

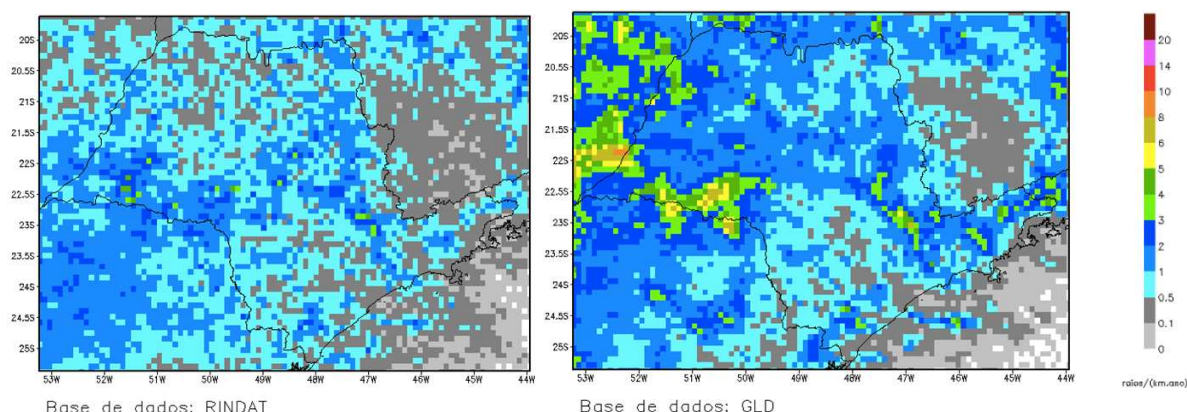


FIGURA4 – Densidade media de raios nuvem-terra (ng) na região de São Paulo.

As diferenças na magnitude de densidade espacial de raios nuvem-terra são vinculadas à maior detecção de raios pelo sistema GLD360 (900 mil) em relação à RINDAT-FURNAS (500 mil). Embora existam estas diferenças no valor absoluto, similaridades relativas são observadas em quase todos os setores dos mapas produzidos para os dois sistemas de monitoramento, salvo a região noroeste do estado de São Paulo, que na base GLD360 apresenta uma densidade significativamente maior de raios, a observar o perfil de pouca atividade nesta região no mapa de densidade da RINDAT. Essas similaridades relativas conferem ao sistema GLD360 capacidade de diferenciar entre regiões de alta e baixa densidade de descargas em quase todos os setores da região de análise, mesmo considerando o curto período de investigação e consequente reduzido volume de dados empregado.

### 3.5 Mapeamento das Descargas Inter-Sistemas: Análise Diária

Com o propósito de verificar a coincidência diária das descargas atmosféricas entre os sistemas, foi realizada uma correlação temporal dos eventos, entre os sistemas GLD360 e RINDAT-FURNAS.

Foram relacionados 131 dias com eventos coincidentes, 233 dias sem ocorrência de descargas nos dois sistemas e apenas 2 não coincidentes. Devido a diferentes métodos de monitoramento, já relatados, muitos casos do total de descargas foram muito diferentes, em ambos os sistemas, ou seja, houve eventos nos quais a RINDAT monitorou um número maior de descargas enquanto o GLD360 monitorou menos, e o contrário também foi observado.

Contudo, conforme apresentado na Figura 5.a, o sistema GLD360 conseguiu monitorar, superestimando, a maioria dos dias de grande número de descargas detectadas pela RINDAT-FURNAS.

Quanto ao mapeamento das descargas inter-sistemas, que investiga o mapeamento de cada uma das mais de 500 mil descargas monitoradas pelo sistema RINDAT-FURNAS no período de análise, consideradas no âmbito deste trabalho como a referência, foi identificada a distância mínima até um limite estabelecido (10 km por exemplo) que se observou raios monitorados pelos sistemas RINDAT-SIMEPAR e GLD360, em um intervalo de tempo máximo definido (5 minutos, por exemplo). Conforme a Figura 5.b, das descargas monitoradas pelo sistema RINDAT-FURNAS, 59% foram também monitoradas pelo sistema GLD360, com um intervalo espaço-temporal máximo admitido de 10 km-5 minutos, apresentando uma distância média de 2,8 km da localização dada pelo sistema de referência. Para um intervalo espaço-temporal admitido de 50 km-20 minutos, a proporção de descargas mapeadas sobe para 79%, apresentando uma distância média de 4,9 km. Avaliando o sistema RINDAT-SIMEPAR, para um intervalo espaço-temporal admitido de 10 km-5 minutos, foram mapeadas 93% das descargas monitoradas pelo sistema de referência, apresentando distância média entre as descargas dos dois sistemas de 1,3 km (Figura 5.b).



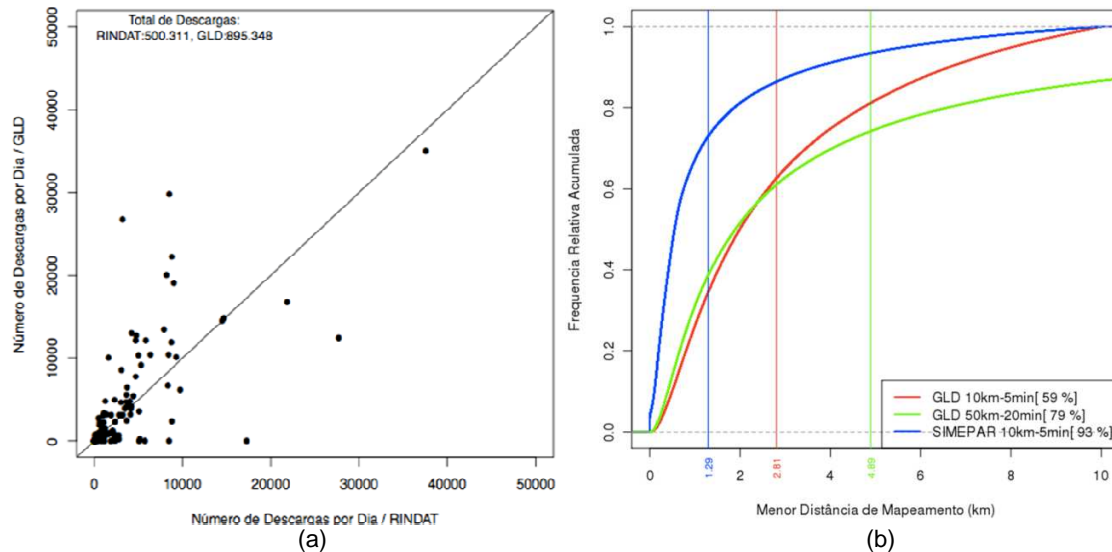


FIGURA5 – (a) Comparativo do número de descargas por dia entre RINDAT e GLD360. (b) Mapeamento das descargas da RINDAT e FURNAS, período: 28/03/2011 – 29/03/2012 (366 dias) (131 dias coincidentes, 2 não coincidentes e 233 sem descargas).

Portanto, para um intervalo espaço-temporal de tolerância restrito (10 km-5 minutos), o sistema GLD360 demonstra uma capacidade de detecção coincidente de 60% com a RINDAT-FURNAS e distância média inferior a 3,0 km; para um intervalo espaço-temporal menos restrito (50 km-20 minutos), a capacidade de detecção coincidente sobe para quase 80%, com distância média inferior a 5 km. Assim, considerando que um único evento severo de tempestade elétrica pode apresentar milhares de raios, durar horas e se desenvolver por quilômetros (ou dezenas de quilômetros) de abrangência, a probabilidade desta tempestade ser também detectada pelo sistema GLD é muito grande. Obviamente, devido às discrepâncias apresentadas pelos diferentes sistemas de monitoramento, estratégias diferentes devem ser adotadas no serviço de vigilância do sistema elétrico, como por exemplo, aumentar o *buffer* de vigilância em torno das linhas de transmissão monitoradas, plotar em tempo real as elipses de incertezas das descargas monitoradas para melhor visualizar a possível abrangência das tempestades e agregar informações de sistemas alternativos de monitoramento meteorológico, como satélites e radares (quando disponíveis) e redes telemétricas de superfície e ar superior.

#### 4.0 - CONCLUSÃO

Conforme esperado, a análise revelou que o sistema global de detecção de descargas GLD360 da Vaisala possui acurácia de localização inferior ao sistema regional RINDAT-FURNAS no período e região analisados, apresentando um eixo maior médio da elipse de incerteza de 12,8 km, contra 2,5 km do sistema RINDAT.

O número de raios detectados pelo sistema GLD360 foi significativamente maior que os sistemas RINDAT-FURNAS e RINDAT-SIMEPAR (900 mil contra 500 mil e 770 mil respectivamente), o que não significa melhor eficiência de detecção, mas, provavelmente, que o método de monitoramento característico deste sistema não permite uma distinção clara entre raios nuvem-solo e raios intra e inter-nuvens.

O sistema GLD360 apresentou capacidade de mensuração do módulo do pico de corrente mais próxima dos padrões internacionais (IEEE) que as duas calibrações do sistema RINDAT analisadas (FURNAS e SIMEPAR), superdimensionando o seu valor em relação a estes sistemas. Também apresentou capacidade de diferenciar entre regiões de alta e baixa densidade de descargas em quase todos os setores da região de análise (estado de São Paulo), mesmo considerando o curto período de investigação e consequente reduzido volume de dados empregado (366 dias, entre 28/03/2011 e 29/03/2012). O sistema também conseguiu monitorar, superestimando, a maioria dos dias de grande número de descargas detectadas pela RINDAT-FURNAS.

Principalmente, de acordo com o foco de análise deste trabalho, o sistema GLD360 mostrou capacidade de subsidiar atividades de vigilância meteorológica sobre linhas de transmissão, por mapear de forma coincidente com o sistema RINDAT-FURNAS aproximadamente 80% das descargas monitoradas, quando da utilização de intervalo espaço-temporal de tolerância menos restritivo (50 km-20 minutos). Para um intervalo espaço-temporal de tolerância mais restritivo (10 km-5 minutos), o mapeamento chegou a aproximadamente 60% das descargas monitoradas pelo sistema RINDAT-FURNAS. Conforme discutido no trabalho, como as tempestades severas podem envolver milhares de descargas e abranger quilômetros no espaço, a probabilidade de uma falta de detecção do evento como um todo pelo sistema GLD360 é muito baixa.

Portanto, para monitoramento das descargas no país com fins de vigilância meteorológica, uma complementação do sistema RINDAT com a utilização do monitoramento pelo sistema GLD360, de abrangência global, pode

antecipar a viabilidade desses serviços em regiões atualmente não cobertas pela rede, como o Nordeste, Norte e parte do Centro-Oeste do Brasil. Para tanto, estratégias diferenciadas de execução do serviço devem ser empregadas, como algumas apontadas no trabalho. Outras utilizações no setor elétrico, como a análise de perturbações no sistema devido a descargas atmosféricas, mais dependentes de acurácia de localização e eficiência de detecção, podem ser severamente prejudicadas com a simples utilização dos dados do sistema GLD360 nestas investigações.

## 5.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) **Anderson R.; Ericksson, A.:** Lightning parameters for engineering application. *Electra*, v. 69, p. 65–102. 1980.
- (2) **Baba Y. and Rakov V. A.:** Present Understanding of the Lightning Return Stroke. *Review of Modern Lightning Research*. 2009.
- (3) **Ballarotti, M. G.; Saba, M. M. F.; Pinto Junior, O.:** A new performance evaluation of the brazilian lightning location system (rindat) based on highspeed camera observations of natural negative ground flashes. *International lightning detection conference*, 19. (ildc), Tucson, Arizona. proceedings. 2006.
- (4) **Cummins, K.L.:** The U.S national lightning detection network<sup>tm</sup> and applications of cloud-to-ground lightning data by electric power utilities. *Electromagnetic Compatibility, IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility*, VOL.40, NO.4, November, 1998.
- (5) **Demetriades N. W. S.; Murphy M. J.; Cramer J.A.:** Validation of Vaisala's global lightning dataset (GLD360) over the continental united states. *21th International Lightning Detection Conference and 3rd International Lightning Meteorology Conference*. 19-22 April, Orlando, Florida, USA, 2010.
- (6) **Diendorfer G. :** Efficiency of lightning protection of power lines - comparison of estimated and observed failures, *2nd Int. Symposium on Winter Lightning (ISWL)*, Toyama, Japan, September, 2001.
- (7) **Golde R. H.:** Lightning, Physics of lightning.(Academic press), Vol.1, 80-90. 1977.
- (8) **Macgorman D. R., Rust, W.D.:** The Electrical Nature of Storms, New York, Oxford University Press. 1998.
- (9) **Malan D. J.:** Physics of Lightning, Universities Press Ltd., London. 87-90. 1963.
- (10) **Naccarato K. P.; Pinto O. Jr.; Pinto I. R. C. A.:** A detection efficiency model for Brazilian lightning detection network (RINDAT). *19th International Lightning Detection Conference and 1<sup>st</sup> International Lightning Meteorology Conference*. 24-27 April, Tucson, Arizona, USA, 2006.

## 6.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



**Armando Heilmann** (Natural de Itaiópolis/SC, 1977) recebeu o grau de Físico Teórico na Universidade Federal do Paraná (2004), de Mestre em Ciências Atmosféricas na Universidade de São Paulo – IAG/USP (2006) e de Doutor em Ciências Geodésicas na Universidade Federal do Paraná (2012). Pós-doutorado em eletrostática e eletromagnetismo de descargas atmosférico aplicado à meteorologia pelo SIMEPAR. Professor acadêmico atua em pesquisas de monitoramento de tempestades e descargas atmosféricas (ELF,VLF,LF), eletricidade atmosférica e, dinâmica orbital. Editor da revista multidisciplinar - FACEAR. Colabora com o Laboratório de Geodésia Espacial e Hidrografia - LAGE/UFPR e Sistemas de Propagação de Sinais - DEL/UFPR.

**Eduardo Alvim Leite** (Natural de Carangola/MG, 1959) graduou-se em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Juiz de Fora (1982), mestrado em Administração pela Universidade Federal do Paraná (1994) e doutorado em Engenharia Civil, área de Recursos Hídricos e Meio Ambiente pela COPPE / Universidade Federal do Rio de Janeiro (2008). Atualmente é diretor superintendente do Instituto Tecnológico SIMEPAR. Já atuou como analista de sistemas, engenheiro, pesquisador e gerente de instituição tecnológica. Possui como áreas de concentração a administração da inovação, sistemas de informações ambientais e modelos de tomada de decisão sob incertezas.

**Marco Antônio Rodrigues Jusevicius** (natural de Mogi das Cruzes/SP, 1967) recebeu o grau de meteorologista na universidade de São Paulo (1990) e mestrado em meteorologia pelo instituto nacional de pesquisas espaciais (1999). Atualmente é meteorologista sênior nível III do instituto tecnológico SIMEPAR. Tem experiência na área de

geociências, com ênfase em meteorologia sinótica, meteorologia de mesoescala e sensoriamento remoto da atmosfera, atuando principalmente nos seguintes temas: aplicações de informações de descargas atmosféricas em meteorologia, nowcasting, integração de informações meteorológicas, e monitoramento e estudos de tempestades severas.

**Mariana Kleina** (natural de Curitiba/PR, 1988) graduada em matemática industrial (2009) e mestrado em métodos numéricos em engenharia (2012) pela Universidade Federal do Paraná. Atualmente está cursando doutorado pelo programa de pós graduação em métodos numéricos em engenharia, na área de programação matemática, pela Universidade Federal do Paraná.