

ESTUDO SOBRE A OCORRÊNCIA DE RELÂMPAGOS NO VALE DO PARAÍBA PARA O VERÃO DO ANO DE 2006

Jorge Yamasaki¹, Edilson Camargo¹, Gilberto Fisch²

¹Universidade do Vale do Paraíba, Av. Shishima Hifumi, 2911, jorgeymask@hotmail.com, ecamargo@univap.br

²Instituto de Aeronáutica e Espaço, Pça Mal Eduardo Gomes, 50, gfish@iae.cta.br

Palavras-Chave: Relâmpagos, Descargas Elétricas, Vale do Paraíba.

Área do Conhecimento: III - Engenharias

Resumo: O estudo e monitoramento das descargas elétricas atmosféricas tem importância em variadas atividades, dentre elas destacam-se os setores elétrico e aeroespacial. A Rede Interada Nacional de Detecção de Descargas Atmosféricas (RINDAT) cobre parte do país e é um convenio entre quatro instituições: CEMIG (Companhia Energética de Minas Gerais), FURNAS (Furnas Centrais Elétricas), INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) e SIMEPAR (Sistema Meteorológico do Paraná). Os sensores são formados por antenas de campo elétrico e campo magnético. No RINDAT são utilizados dois tipos de sensores: LPATS (Lightning Position and Tracking System) e IMPACT (Improved Accuracy from Combined Technology), cujas diferenças serão discutidas durante o trabalho.

Introdução

As descargas atmosféricas causam prejuízos em diferentes ramos da atividade humana, tais como os setores de energias elétricas, espaciais e de aviação. O estudo e monitoramento desses fenômenos fazem-se necessário para se evitar possíveis danos à rede elétrica e acidentes em lançamentos de foguetes, bem como acidentes envolvendo aeronaves.

A rede RINDAT surgiu em 2004 com o objetivo de ampliar a área de cobertura e melhorar a qualidade dos dados obtidos pelos sensores de eletricidade atmosférica das diferentes instituições envolvidas. No momento, a RINDAT conta com 35 sensores que cobrem toda a região Sudeste e parte do Centro-Oeste e Sul do Brasil.

Este trabalho tem como objetivo fazer um estudo sobre o comportamento e as características das descargas atmosféricas na região do Vale do Paraíba durante os meses de verão, sendo observado particularmente o ano de 2006.

Materiais e Métodos

Eletrificação de nuvens

Descargas atmosféricas estão em sua grande maioria associadas a nuvens de tempestades, denominadas *Cumulonimbus (Cb)*. As nuvens Cb's são caracterizadas por seu grande desenvolvimento vertical, formação de gelo (fundamentais no processo de eletrificação) e grande volume de água precipitável. Podem se

formar através do forte aquecimento da superfície associado com a alta umidade ou em uma região com grande instabilidade atmosférica. Em dias quentes, o aquecimento da parcela de ar junto à superfície gera uma corrente ascendente formando nuvens do tipo *Cumulus*, com sua base em torno de 1km de altura. Um modelo simplificado de distribuição de cargas dentro de uma nuvem Cb é apresentado na Figura 1.

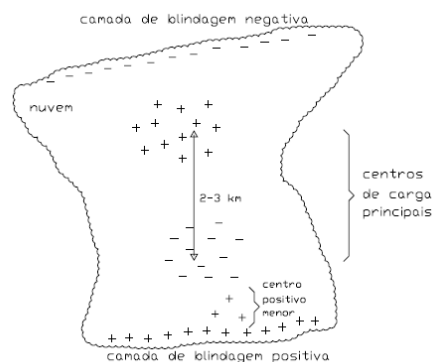


Figura 1 – Estrutura elétrica de uma nuvem de tempestade (Ferro, M. A. S).

Em São José dos Campos a região de cargas negativas e a região positiva cerca de 2 a 3km acima (Ferro, M. A. S.) e (Iribarne, J. V. e Cho, H.). Resultados de modelos de física de nuvens, medidas de campo e em laboratório indicam que a eletrificação se baseia em colisões entre pedras leves de granizo e cristais de gelo. Para a maioria das nuvens de tempestade, assume-se, com boa aproximação, um centro de carga como uma única carga pontual (Naccarato K. P.) e (Ogawa,

T.). Desta forma, o campo elétrico $E(t)$ (V/m) na superfície fica:

$$E(t) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_{i=1}^3 \frac{2Q_i(t)Z_i(t)}{\{X_i(t)^2 + Y_i(t)^2 + Z_i(t)^2\}^{3/2}}$$

onde ϵ_0 = permissividade elétrica no vácuo ($C^2/N \text{ m}^2$); $X_i(t), Y_i(t), Z_i(t)$ = coordenadas cartesianas dos centros de carga $Q_i(t)$ (C).

Relâmpagos

Os relâmpagos ocorrem no momento em que o campo elétrico adquiriu um valor suficientemente alto para quebrar a rigidez dielétrica do ar (Ferro, M. A. S.) e (Iribarne, J. V. e Cho, H.). Visualmente, o relâmpago aparenta ser uma descarga contínua. No entanto, ele é formado, na maioria dos casos, por múltiplas descargas em intervalo de tempo muito pequeno, da ordem de microssegundos.

Relâmpagos podem ocorrer entre a nuvem e o solo (NS ou SN), internuvem (EN); intranuvem (IN); e da nuvem para o ar circundante (AR). Neste caso é possível, pois se formam bolsões de carga na atmosfera próxima à nuvens de tempestade. A Figura 2 mostra um esquema simplificado dos tipos de relâmpagos que atingem o solo.

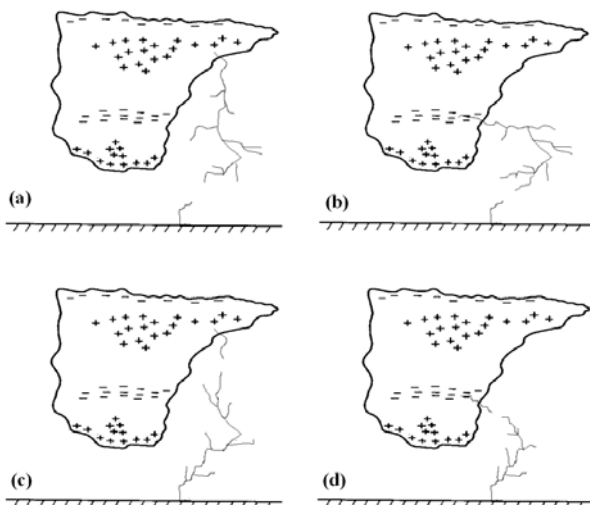


Figura 2 – Desenho esquemático dos tipos de relâmpagos que atingem o solo: (a) NS positivo; (b) NS negativo; (c) SN positivo; (d) SN negativo (Naccarato, K. P.).

As características espectrais dos relâmpagos se devem à geometria do canal e altura em que ocorrem (Rakov V. A.).

Instrumentação e Metodologia

Os sistemas de detecção de relâmpagos utilizam dois métodos para a determinação do local de ocorrência do relâmpago.

Método de Localização da Direção (MDF - *Direction Finding*): Dois ou mais sensores equipados com antenas magnéticas ortogonais entre si (eixos norte-sul e leste-oeste) capazes de determinar o azimute (ângulo em relação ao norte verdadeiro) entre o sensor e a descarga, conforme Figura 3. Esse processo é denominado *triangulação* (Global Atmospheric).

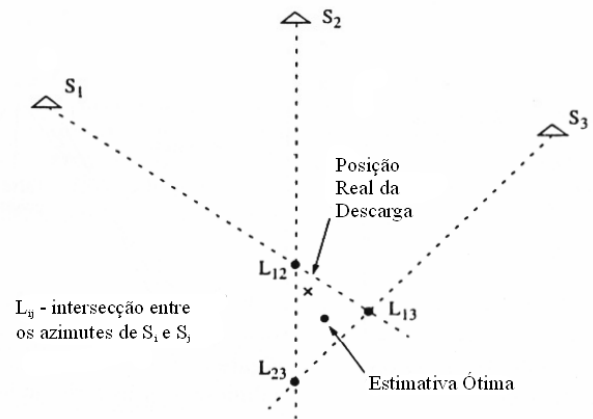


Figura 3 – Algoritmo do método de localização da direção magnética (Naccarato, K. P.).

b) Método do Tempo de Chegada (TOA - *Time of Arrival*): Nesse método três ou mais sensores medem o tempo de chegada da radiação eletromagnética das descargas. A *diferença temporal relativa* no tempo de chegada entre os múltiplos sensores é calculada, gerando uma curva hiperbólica com as possíveis posições a cada par de sensores. A intersecção entre as curvas indica a posição da descarga conforme mostra a Figura 4 (Global Atmospheric).

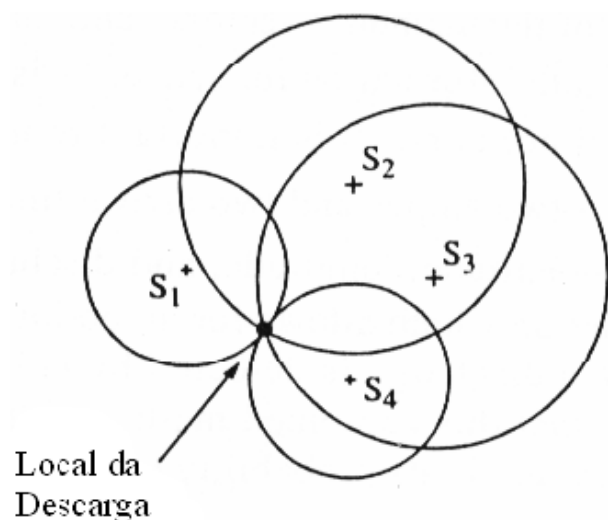


Figura 4 – Método das intersecções circulares (Pinto Jr., O.; Pinto, I. A.).

O sistema de detecção de relâmpagos é constituído por duas partes separadas: (a) os sensores; e (b) a central de processamento.

(a) sensores

Os sensores utilizam antenas de campo elétrico e campo magnético para determinar a localização das descargas. Além das antenas, os sensores são também equipados com circuitos receptores de sinal GPS (Global Positioning System), permitindo grande precisão temporal na sincronização temporal entre eles. Essa sincronização é essencial no método de localização por tempo de chegada (TOA).

(b) Central de Processamento

APA2000 é o nome dado a um pacote de software desenvolvido para o sistema operacional UNIX, o qual é composto por três módulos básicos denominados LP2000 (*Lightning Processor*), DA2000 e NM2000. Este software roda em estações de trabalho *Sun Microsystems* usando o ambiente gráfico *Solaris (Common Desktop Environment, CDE)*. Em geral, cada módulo opera em uma estação distinta, porém todas são interconectadas através de uma rede local TCP/IP *Ethernet (Local Area Network, LAN)*.

Metodologia

Para o presente trabalho foram utilizados dados coletados pelos sensores da RINDAT na região do Vale do Paraíba durante os meses de janeiro, fevereiro e março de 2006. O Vale do Paraíba é classificado como quente e úmido para o verão (Fisch G.).

Os dados se encontravam em formato ASCII (texto) e para a análise foram utilizados os softwares GrADS (Grid Analysis and Display System) para o geo-referenciamento e Microsoft Excel para análise numérica.

Como produto do sistema, a localização do relâmpago é dada através de sua posição geográfica de latitude e longitude. Desta forma, pode-se analisar a região onde houve maior incidência de relâmpagos durante os meses estudados, e compará-la à climatologia de 1999 a 2004, apresentada por (Naccarato K. P.). A literatura nacional e internacional utiliza a unidade de medida eventos/km².ano (densidade de raios) para estudos de relâmpagos.

Resultados e Discussão

A climatologia dos relâmpagos para toda a região Sudeste é apresentada por (Naccarato K. P.). A Figura 6 mostra o mapa da média da densidade de raios (eventos/km².ano) para os anos de 1999 a 2004.

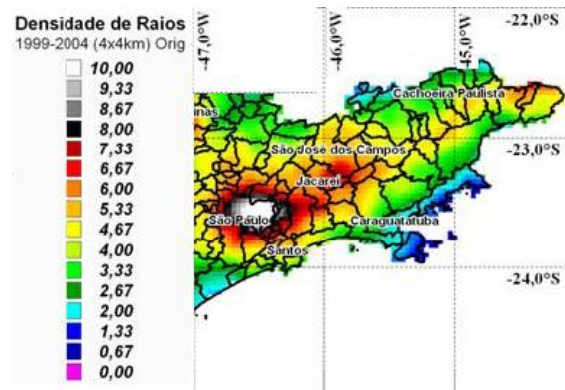


Figura 6 - Mapa de densidade de relâmpagos (1999 a 2004) para a região do Vale do Paraíba paulista e Grande São Paulo (Naccarato K. P.).

No total, para os três meses do ano de 2006 estudados, foram registradas 64058 ocorrências de relâmpagos.

As Figuras 7, 8 e 9 mostram as ocorrências de relâmpagos no mês de Janeiro, Fevereiro e Março na região do Vale do Paraíba, respectivamente. Em termos percentuais, ocorreram 30% dos casos em Janeiro, 37% em Fevereiro e 33% em Março.

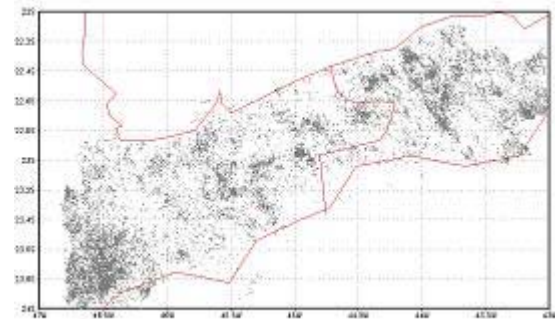


Figura 7 - Ocorrências de relâmpagos na região do Vale do Paraíba em Janeiro 2006.

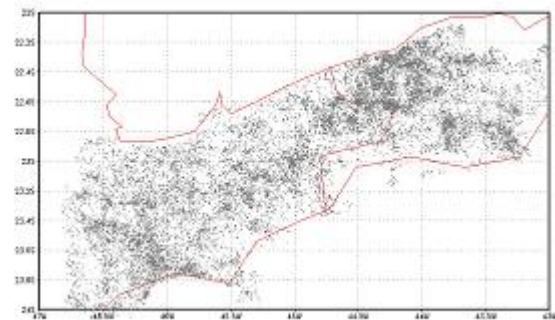


Figura 8 - Ocorrências de relâmpagos na região do Vale do Paraíba em Janeiro 2006.

do Vale do Paraíba em Fevereiro 2006.

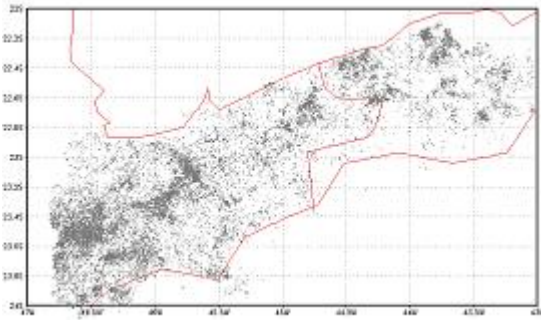


Figura 9 - Ocorrências de relâmpagos na região do Vale do Paraíba em Março 2006.

Na Figura 10 é apresentado o total de relâmpagos ocorridos nos três meses.

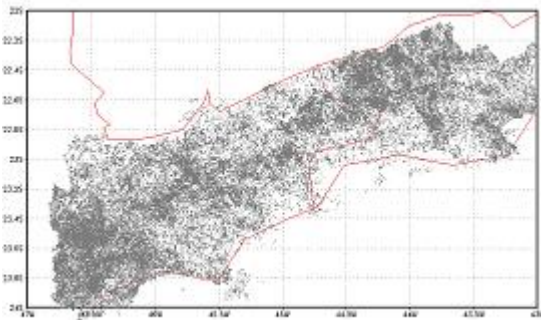


Figura 10 - Ocorrências de relâmpagos na região do Vale do Paraíba em Janeiro, Fevereiro e Março 2006.

Os resultados apresentados mostram, tanto nos meses separados como no total, uma tendência de maior ocorrência de relâmpagos nas regiões próximas aos grandes centros urbanos, nesse caso a região metropolitana de São Paulo e São José dos Campos, e também nas regiões com topografia elevada como o oeste do Rio de Janeiro, na Serra da Mantiqueira.

O efeito urbano sobre o regime de relâmpagos tem sido explicado por duas hipóteses que ocorrem simultaneamente e são complementares. A primeira é as poluições urbanas, que aumenta a quantidade de partículas sólidas na atmosfera local e a segunda hipótese trata da alteração positiva da temperatura nos grandes centros urbanos. A elevação da temperatura nessas regiões promove um aumento nas velocidades verticais do ar, contribuindo com os processos de formação de gelo dentro das nuvens e conseqüentemente o desenvolvimento de atividade elétrica (Naccarato K. P.).

A elevação do terreno tende a funcionar como uma barreira, forçando as parcelas de ar a subir e estimulando a formação de nuvens convectivas.

Conclusão

Os efeitos da topografia do Vale do Paraíba ficaram bem caracterizados durante os meses estudados. Uma faixa acompanhando todo o Vale do Paraíba com maior ocorrência de relâmpagos é observada. Isso se deve à presença das Serras da Mantiqueira e do Mar que funcionam como um canal, estimulando a convecção e conseqüentemente a formação de nuvens de tempestade (nuvens convectivas) sobre o Vale do Paraíba.

Outra característica observada é a grande quantidade de relâmpagos que ocorrem sobre e ao redor das grandes áreas urbanas da região, Grande São Paulo e São José dos Campos, que pode ser explicada pela influência da poluição urbana dessas regiões, como discutido no capítulo anterior.

Referências

- Ferro, M. A. S. Monitoramento da Atividade Elétrica Atmosférica do Centro de Lançamento de Alcântara. Dissertação de Mestrado no Curso de Pós-Graduação em Geofísica Espacial. Inpe, Agosto de 2004.
- Iribarne, J. V.; Cho, H.R. Atmospheric physics. Dordrecht: D. Reidel Publishing Company, 1980.
- Naccarato K. P. Análise das Características dos Relâmpagos na Região Sudeste do Brasil Tese de Doutorado em Geofísica Espacial, no prelo. São José dos Campos, INPE, Jul. 2005.
- Ogawa, T. Lightning currents. In: Volland, H. ed. Handbook of atmospheric electrodynamics. Boca Raton: CRC Press, 1995.
- Pinto Jr., O.; Pinto, I. A., Relâmpagos. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1996.
- Naccarato, K. P. Estudo de relâmpagos no Brasil com base na análise de desempenho do Sistema de Localização de Tempestades. São José dos Campos. 165p. Dissertação (Mestrado em Geofísica Espacial) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2001.
- Rakov V. A.; Uman, M. A., Lightning: Physics and Effects. Cambridge: Cambridge University Press, 2003.
- Global Atmospheric, IMPACT ES Advanced Lightning Direction Finder – Model 141-TES ALDF: user's guide. Tucson, 1999.
- Fisch G. Distribuição da Precipitação em Taubaté, Vale do Paraíba (SP). Revista Biociências, Taubaté, 1999.