

ANÁLISE DO ESTADO DO CÉU ASSOCIADO A ATIVIDADES ELÉTRICAS: IMPLEMENTAÇÃO DE METODOLOGIA

*Odim Mendes Jr.¹ e Margarete Oliveira Domingues²
(odim@dge.inpe.br)*

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE, DGE¹, DCM², São Paulo, Brasil

ABSTRACT

Lightning flashes are very beautiful natural phenomena. On the other hand, they can burn forests, damage installations, affect services and injury animals and people. Although they are an old subject and many studies have been made throughout the world, many questions must still be answered and, maybe, have to be discovered. This work improves an imagery methodology from the surface in order to study weather related to atmospheric electrical activities. This kind of information can also help other meteorological and atmospheric data analyses. Maybe this is the beginning of a cloud/lightning data base with qualitative and quantitative information of the convective cloud evolution and its lightning characteristics. Also a good qualitative material on this subject could be obtained from volunteer, non-expert people. The results of this work encourages this.

INTRODUÇÃO

Devido a importância dos relâmpagos na Natureza e no ambiente humano, inúmeras pesquisas têm sido desenvolvidas sobre a atividade elétrica das nuvens cumulonimbus (MacGorman e Rust, 1998; Cotton e Anthes, 1989). Apesar de muitos esforços mais sofisticados, muitos aspectos básicos da atmosfera relacionados a esse fenômeno permanecem a serem melhor compreendidos (Mendes et al., 1999a; Krehbiel et al., 2000). O Brasil está entre os países do mundo com grande ocorrência de relâmpagos em toda sua extensão territorial. Esses fenômenos podem produzir prejuízos as instalações e serviços, incorrendo em custos vultosos, e muitas vezes prejuízos à vida, que é um valor inestimável. Assim torna-se oportuno aos especialistas brasileiros não apenas saberem aproveitar as condições de laboratório natural da nossa região, como também criarem na população em geral uma consciência sobre a forma de ocorrência dessas atividades e os cuidados necessários de segurança básica (Mendes et al., 1999b).

Como o fenômeno de descarga elétrica atmosférica relaciona-se basicamente à eletricidade atmosférica na troposfera e, por conseguinte, à evolução do estado do céu, esse trabalho tem por objetivo apresentar uma metodologia preliminar para documentação visual do estado do céu e, assim, permitir uma melhor caracterização e posterior análise de sua evolução associada ao tempo local. Convém mencionar que esse trabalho inova nos procedimentos e fornece uma ferramenta auxiliar ao trabalho dos meteorologistas. Para esse tipo de resolução, as medidas de sensoriamento remoto por satélites e radares não são suficientes e essa informação, na verdade, constitui uma valiosa documentação complementar. Torna-se muito conveniente, assim, implementar uma metodologia que se baseia na observação direta do céu (inspirada em Simpson, 1994), tendo como auxílio eficiente e a baixo custo a adoção de filmagens convencionais, documentando a evolução de células convectivas e todos os meteoros associados (e.g., JASTP, 1998). Um dos aspectos originais desta metodologia é a integração da filmagem da evolução da célula convectiva com a ocorrência de relâmpagos. Além disso, caracterizar melhor a morfologia do relâmpago com a evolução do estado do céu é também um aspecto pioneiro. Essa informação tem um sentido mais amplo, o de constituir um início de uma base de dados do estado do céu brasileiro, no entanto pretende-se também que ela se integre valiosamente às outras informações meteorológicas (mapas de tempo, satélite, radar, radiossonda, etc.) e elétricas (MacGorman e Rust, 1998; Bent e Lyons, 1984; Volland, 1984), quando disponíveis.

Essa documentação de análise visual contribuirá para melhor considerar aspectos da eletrodinâmica dos relâmpagos (Mendes et al., 1996, 1997). Pois, atualmente, inúmeras questões básicas continuam por serem resolvidas, como por exemplo, que condições atmosféricas propiciam mais ou menos ramificações e mais ou menos tortuosidades na ocorrência de relâmpagos? Células convectivas isoladas e múltiplas células apresentam mesmas situações de ocorrência e de morfologia quanto aos relâmpagos? Há células convectivas cujas características estão associadas a uma quantidade maior de múltiplas descargas?

O objetivo geral desse trabalho em desenvolvimento é a implementação de uma metodologia de documentação visual do estado tempo por meio de filmagens, permitindo uma melhor análise de várias medidas atmosféricas e a melhor caracterização e compreensão da eletrodinâmica dos relâmpagos. Como objetivos específicos este projeto contribui para a criação de uma base de dados observacionais original do estado do céu associado à situação de atividades elétricas; mas pode ser útil como documentação visual continuada do estado do céu em regiões pré-selecionadas. Esse estudo estende e amplia o potencial dos estudos quantitativos da morfologia do relâmpago do Projeto Via-Lux: Análise observacional e simulação numérica dos relâmpagos (FAPESP 1998/3860-9). De uma forma mais genérica, mesmo sem a ocorrência de células convectivas, é de grande interesse unir a documentação visual da aplicação dessa metodologia observacional às bases de informação de experimentos meteorológicos tipo campanha intensiva. Por um lado essas campanhas reúnem uma quantidade muito grande de medidas observacionais, que se beneficiam dessa metodologia; por outro, nelas pode haver a ocorrência de atividade elétrica, que fica beneficiada pela quantidade extra de medidas disponíveis.

METODOLOGIA

A metodologia experimental de observação do estado do céu consiste da realização de filmagens com uma filmadora convencional portátil de maior qualidade técnica (Handycam Sony, CCD-TRV65H18, zoom óptico 18X, sensibilidade noturna, display de cristal líquido colorido para fácil ajuste de filmagem) para a obtenção de imagens panorâmicas (360 graus) e em detalhe (ampliação óptica) do estado do céu. Outro recurso de obtenção de imagem é a utilização de uma máquina fotográfica Yashica FX-3 Super 2000, com lente Yashica ML 50mm 1:1.9 C, para imagens estáticas mas de mais alta resolução. Como alternativa de baixo custo econômico, experimentar-se-á oportunamente uma web-câmera diretamente acoplada a um computador PC.

A metodologia de digitalização das imagens consiste na aquisição digital utilizando uma placa comercial de captura de imagens de ótima qualidade (MiroVideo DC50, Pinacles) e um scanner de alta resolução óptica e não interpolada (HP Scanjet 6200C, 600x1200 pixels). Na digitalização e na criação de filmes utiliza-se um vídeo-cassete de ótima qualidade compatível com a filmadora (VCR-STE Sony SLV77HFBR).

A metodologia computacional para o tratamento das imagens obtidas utiliza, com base em métodos avançados de correlação de pixels, o programa de computador Ulead Cool 360, da Ulead Systems. O programa Cool 360 permite montar um painel panorâmico estático (de 360 graus ou no ângulo desejado) ou exibir dinamicamente, através de uma janela de ângulo ajustável, uma imagem de 360° do cenário fotografado ou filmado. Para obter os melhores resultados, as imagens devem ser fotografadas ou filmadas com um enquadramento do cenário dentro de ângulos superpostos (a prática mostrou aconselhável um ângulo de superposição entre 20 e 30 graus). Para objetivos específicos, como os apresentados em WMO (1969), Bader et al. (1995), Foufola e Kumar (1994), Heijden (1994), Russ (1998) e Simpson (1994), outros programas de tratamento de sinais, a maioria deles do tipo "freeware", são utilizados. Em particular, empregam-se os programas Octave, Wavelab, GIMP, OpenDX, ImageMagick, entre outros (www.octave.org; www-stat.stanford.edu/~wavelab, www.gimp.org, www.opendx.org e www.dupoint.com).

Como estratégia de ação para coleta de dados observacionais, neste estudo realizam-se observações isoladas (isto é, com menor quantidade de informações complementares), para reduzir custos e estender a base de dados da documentação visual, e observações cooperativas em campanhas experimentais meteorológicas pré-estabelecidas (de forma a contar com abundância de dados complementares). Compilam-se, então, os dados complementares (imagens de satélite, radar, dados convencionais, etc.), se disponíveis. Tratam-se os dados (processamento das imagens, dados meteorológicos, dados elétricos e outras medidas complementares). Fazem-se a análise dos dados, a classificação dos resultados e redação de resultados descritivos, constituindo base de informação visual para pesquisadores desenvolvendo estudos de eletricidade atmosférica e outros estudos relacionados às condições de tempo local.

DOCUMENTAÇÃO DE CÉLULA CONVECTIVA LOCAL: UM EXEMPLO

Como um exemplo de aplicação dessa metodologia apresenta-se uma tomada de imagens da evolução do estado do céu enfocando duas células convectivas isoladas. O período da observação foi das 16:22h às 17:18h (hora local) do dia 11 de janeiro de 2000, em São José dos Campos, SP. Durante esse evento registrou-se a presença de virgas, precipitação e relâmpagos e uma rápida evolução das células convectivas. Mais precisamente, foram identificados 18 minutos de atividade elétrica, com 17 relâmpagos nuvem-solo registrados. Nesses casos não foi observado nenhuma situação de ramificação das descargas ocorridas e as trajetórias dos relâmpagos foram essencialmente verticais (tortuosidades do canal dos relâmpagos foram pouco acentuadas). A Figura 1 apresenta o estado do céu às 16:23h e identifica o cumulus congestus que se desenvolveu e gerou o cumulus nimbus com as atividades elétricas descritas acima, utilizando uma apresentação pós-processada de 90 graus de ângulo de visão. A Figura 2 representa a mesma estrutura após 6 minutos de desenvolvimento, indicando o rápido desenvolvimento dessa nuvem. Na Figura 3 são apresentados aspectos da evolução da célula, a intervalos de 3 minutos. Após 30 minutos do início da filmagem essa estrutura já estava produzindo os primeiros relâmpagos para o solo.



Fig. 1 – Estado do céu em 11 de janeiro de 2000, às 16:23h, em que se identifica o cumulus congestus que se desenvolveu e gerou o cumulus nimbus, apresentando a atividade elétrica (apresentação pós-processada de 90 graus de ângulo de visão).



Fig. 2 – Idem à figura anterior, às 16:29h, indicando o rápido desenvolvimento dessas células convectivas.

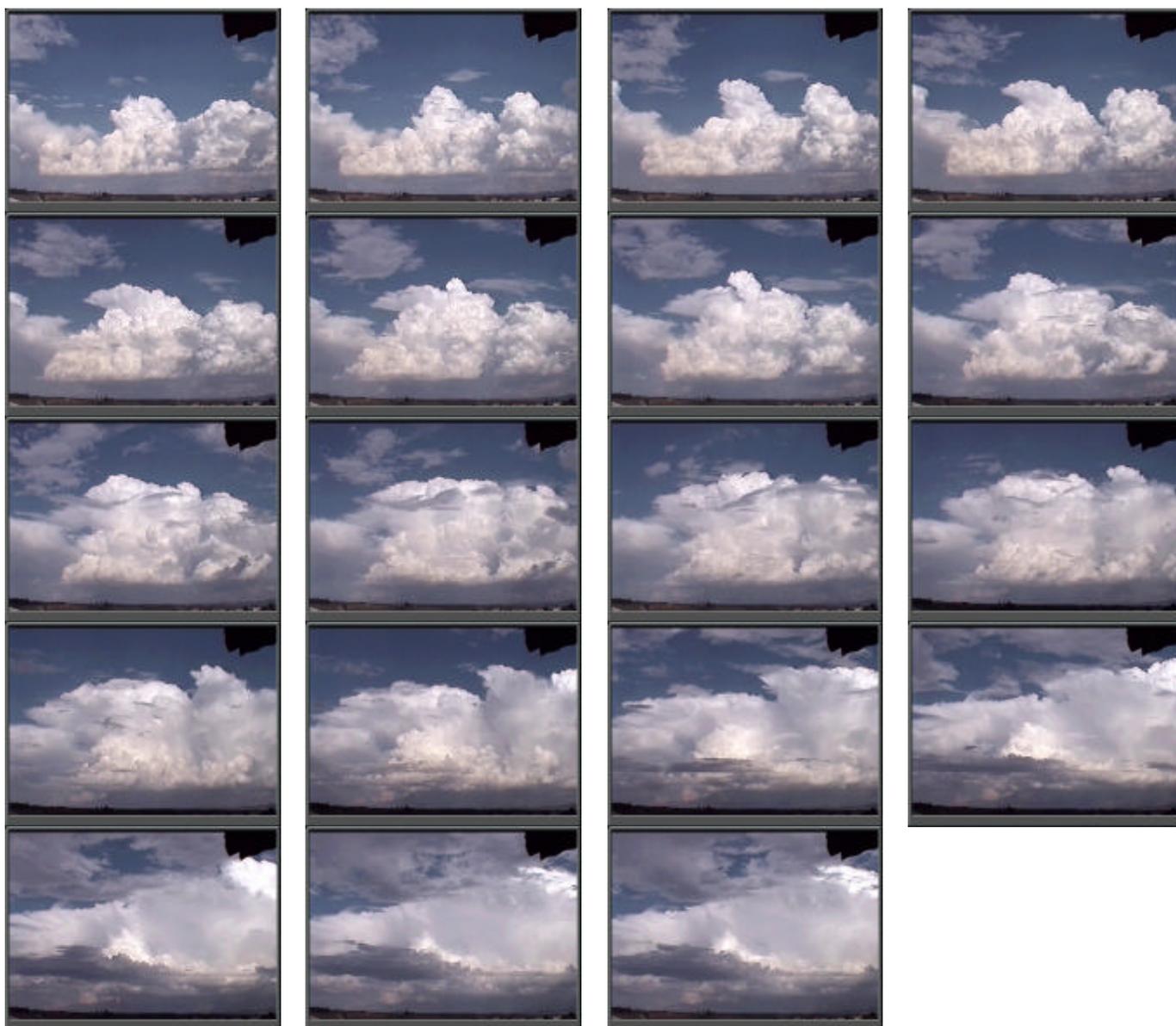


Fig. 3 – Aspectos da morfologia das estruturas convectivas apresentados a intervalos de 3 minutos.

CONCLUSÃO

A meta principal desse trabalho é a implementação de uma metodologia de observação do estado do céu através de filmagens, permitindo complementar, classificar situações e facilitar os estudos da eletrodinâmica atmosférica. Além disso, uma meta secundária é incentivar a partir dessa metodologia a adoção desse procedimento de documentação visual por profissionais das áreas correlatas e voluntários interessados. Tal permitirá a criação de uma extensa base de dados envolvendo diversas regiões do país, identificando a semelhança regional de fenômenos e também caracterizando uma diversidade. Criação e validação de uma metodologia de documentação visual e de análise do estado do céu, visando aplicação mais usual em campanhas científicas ou mesmo nas atividades mais rotineiras de análise do tempo local.

Tornar disponíveis produtos relacionados a documentação do estado do céu e evolução de células convectivas (visualizações em “homepages”; filmes multimídia com visualizador próprio; na forma impressa; como imagem estática panorâmica; e como imagem dinâmica para navegação), de forma que esses produtos computacionais possam ser visualizados em computadores menos sofisticados, sem grande degradação de informação, e de fácil uso por usuários não especializados.

Existe uma dificuldade inerente ao estudo envolvido. A sua eventualidade! Como também respeito às condições de segurança para tais filmagens sob condições de tempo severo exatamente no ponto de observação. Quanto a esses aspectos não há o que se possa fazer, a não ser evitar as situações de risco e esperar as condições adequadas para a continuidade ou realização do experimento. Observa-se também nas filmagens que muitas crianças estavam empinando pipas, alheias aos procedimentos de segurança, durante a atividade e em regiões acessíveis às descargas elétricas dessa célula, caso houvesse descargas que se prolongassem mais horizontalmente (como ocorreu no evento de Goiânia, Go descrito em Mendes et al. (1999), apresentado na Figura 4). Previsão da trajetória das descargas demanda ainda estudos mais intensivos da morfologia e eletrificação das nuvens e da interação das descargas com a própria atmosfera.



Fig. 4 - Exemplo de uma descarga elétrica atmosférica com percurso horizontal e disparo de uma descarga nuvem-solo.

PERSPECTIVAS

Essa documentação e análise visual contribuirão para um melhor entendimento físico da eletrodinâmica dos relâmpagos, conseqüentemente auxiliará a melhorar os sistemas de alerta e os procedimentos de segurança, reduzindo os riscos de danos a instalações e de interrupções de serviços, e minimizando riscos a segurança pública. Um dos propósitos deste trabalho é iniciar e proporcionar ferramentas de treinamento de observadores voluntários do céu, laborando com uma técnica simples mas adequada e atendendo procedimentos em adequação às medidas de segurança. Contar com cooperação voluntária é um dos riscos desta proposta de trabalho; pois é possível, porém pouco provável, que poucos interessem em ser voluntários na coleta de informações nas diversas regiões, de forma a enriquecer a base de dados iniciada. Por outro lado, a história recente da internet e facilidades tecnológicas atuais têm revelado o potencial de colaboração humana, com resultado de significativo valor científico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bent, R. B.; Lyons, W. A. Theoretical Evaluations and Initial Operational Experiences of LPATS (Lightning Position and trackingSystem) to Monitor Lightning Ground Strikes Using a Time-of-Arrival (TOA) Technique. **VII International Conference on Atmospheric Electricity**. Proceedings. p. 317-324. American Meteorological Society, Albany, 1984.

Cotton, W. R.; Anthes, R. A. **Storm and Cloud Dynamics**. New York, Academic Press. pp. 883, 1989.

Foufoula, E. G.; Kumar, P. **Wavelets in Geophysics**. San Diego, California, Academic Press. pp. 369, 1994.

Heijden, F. V. **Image Based Measurement Systems: Object Recognition and parameter Estimation**. John Wiley & Sons, NY, USA. pp. 338,1994.

JASTP Effects of thunderstorm activity on the upper atmosphere and ionosphere. **Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics**, 60(7-9):667-974, May-June, 1998. (Edição especial).

Krehbiel, P. R.; Thomas, R. J.; Rison, W.; Hamlin, T.; Harlin, J.; David, M. **GPS-based mapping system reveals lightning inside storms**. EOS-Transactions, AGU, 81(3):21-25, Jan. 2000.

- MacGorman, D. R.; Rust, W. D. **The electrical nature of storms**. New York, Oxford University, 1998. pp. 422.
- Mendes, O. Jr.; Domingues, M. O.; Pinto, O. Jr.; Pinto, I. R. C. A.; Saba, M. M. F. Via-Lux Project: a quantitative imagery method for lightning event analysis. **International Congress of Geophysics of Brazilian Geophysics Society**, Rio de Janeiro, set. 1999. (SBGf-212).
- Mendes, O. Jr.; Domingues, M. O.; Pinto, O. Jr.; Pinto, I. R. C. A.; Saba, M. M. F. Podem as imagens amadoras de tempestades elétricas auxiliarem nas pesquisas científicas? **International Congress of Geophysics of Brazilian Geophysics Society**, Rio de Janeiro, set. 1999. (SBGf-213).
- Mendes, O. Jr.; Pinto, O. Jr.; Pinto, I. R. C. A.; Chryssafidis, M. Basic Element and Model Comparison in Electrodynamics Lightning Trajectory. **V Congresso Internacional da Sociedade Brasileira de Geofísica**. Proceedings. 2. p. 1149-1151. São Paulo, 1997.
- Mendes, O. Jr.; Pinto, O. Jr.; Pinto, I. R. C. A.; Chryssafidis, M. Lightning Simulation: the stepped leader paths in the Earth's atmosphere. **VI Encontro Brasileiro de Física de Plasmas**. Proceedings. 1. p. 150-153. Águas de Lindóia, São Paulo, 1996.
- Russ, J. C. **The image processing handbook**. Raleigh, North Carolina, CRC/IEEE, 1998. pp. 771.
- Simpson, J. E. **Sea breeze and local wind**. Cambridge, Cambridge, 1994. pp. 234.
- [WMO] World Meteorological Organization. **International Cloud Atlas** (Abridged Atlas). Geneva, WMO, 1969. pp. 72.
- Uman, M. A. **All About Lightning**. Dover, New York. pp. 167, 1986.
- Uman, M. A. **The Lightning Discharge**. Academic Press, Florida. pp. 377, 1987.
- Volland, H. **Atmospheric electrodynamics**. New York, Spring-Verlag. pp. 205, 1984.

Agradecimentos

Os autores agradecem à FAPESP pelo apoio e financiamento recebido (Processo N^o 1998/3860-9) e ao Dr. Leonardo Deane de Abreu Sá o apoio científico a esta pesquisa. O autores agradecem também o incentivo crescente da sociedade brasileira (e informam um endereço de divulgação que mantém: <http://www.dge.inpe.br/electr>).