

ESTUDO DA DENSIDADE DE DESCARGAS ATMOSFÉRICAS NA REGIÃO DO CAMPUS IBIRITÉ

Filipe Augusto Valentins Araújo ¹; Lucas Fernandes Barbosa de Andrade ²; David Augusto Lopes ³;

1 Bolsista (IFMG), Bacharelado em Engenharia de Controle e Automação, IFMG Campus Ibirité, Contagem - MG; filipe.valentins11@hotmail.com

2 Bolsista (IFMG), Curso técnico em Mecatrônica, IFMG Campus Ibirité, Contagem - MG; lucasfba13@gmail.com

3 Orientador: Pesquisador do IFMG, Campus Ibirité; david.lopes@ifmg.edu.br

RESUMO

A pesquisa de caráter descritivo foi desenvolvida com o objetivo de estudar a distribuição de descargas atmosféricas no município de Ibirité. São apresentados dados de 6 anos de detecção de descargas no município. Esses dados foram disponibilizados pela rede STARNET, coordenada no Brasil pelo Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo (IAG/USP). Foi realizado um processamento dos dados fornecidos para excluir informações não confiáveis, geradas pelo algoritmo da STARNET. Utilizou-se o software QGIS para a confecção dos mapas e linguagem Python para processamento dos dados. Mapas e tabelas foram gerados com as informações específicas do município de Ibirité. No período de 2012 a 2017 mais de 1600 raios foram detectados dentro dos limites do município, com média de 3,63 descargas por km² por ano. O mês de dezembro é o mês com maior número de descargas detectadas e os meses de maio, junho, julho e agosto, tiveram os menores índices, somando-se os valores dos 4 meses, apenas 16 descargas foram detectadas em 6 anos. O ano de 2015 foi o que apresentou maior índice de incidência, chegando a 504 descargas e nesse mesmo ano foi identificado o dia com maior número de descargas. No dia 30/03/2015 foram detectadas 160 descargas, o que representa cerca de 1/3 do total de descargas do ano. Foi possível identificar regiões e bairros, no município, com maiores índices de descargas detectadas, ficando entre 5 e 7,5 descargas por km² por ano. Percebeu-se que as regiões com maiores índices de densidade de descargas ocorrem em locais com relevo com variações de altitude e áreas com muita vegetação. Em próximos trabalhos, um estudo climatológico da região pode ajudar a identificar possíveis causas dos maiores índices nessas áreas e pode ser realizado, também, um estudo com maior área de abrangência, pegando municípios vizinhos a Ibirité.

INTRODUÇÃO:

Benjamin Franklin foi um dos precursores dos estudos sobre as descargas atmosféricas, quando em 1750 ele desenvolveu experimentos que resultaram em evidências que indicavam a existência de cargas elétricas nos raios (REIS, 2005). Iniciava-se assim um campo de estudo na Física Aplicada conhecida como Eletricidade Atmosférica, que reúne conhecimentos de engenharia elétrica e de meteorologia. Campo que teve grandes avanços no século XX (PINTO JR, 2000).

Atualmente, se sabe que as descargas atmosféricas estão associadas, principalmente, a tempestades formadas por nuvens cumulonimbus. Essas nuvens têm características específicas que favorecem a formação das descargas. O topo de uma nuvem cumulonimbus pode chegar a 15 km de altura na atmosfera terrestre. Por isso, toda a nuvem fica exposta a variações de temperatura e pressão. Por ser formada, principalmente, por vapor de água, a variação de pressão e temperatura produz mudanças de fase e densidade na água que forma a nuvem. Correntes de convecção ascendentes e descendentes são formadas carregando todas essas partículas para cima e para baixo no interior da nuvem. Os estudos mais recentes dão conta que a colisão dessas partículas (gotículas de água, gelo, granizo) eletrizam a nuvem por atrito. E a concentração de cargas em regiões da nuvem causam ruptura da rigidez dielétrica do ar dando início à descarga atmosférica (PINTO JR, 2000).

Em um dia, cerca de 100 descargas atmosféricas ocorrem por segundo no mundo. Dessas descargas, 70% ocorrem na região dos trópicos, com destaque para o continente africano, com índices de 70 descargas por quilômetro quadrado por ano. O Brasil também se destaca com índices que chegam a 30 descargas por quilômetro quadrado por ano (NOAA, 2021).

Nesse contexto, o estudo da distribuição espacial da incidência de descargas atmosféricas é importante para complementar estudos climatológicos, alertas meteorológicos e gerenciamento de risco, levando em

consideração o número de acidentes e mortes causados pelas descargas atmosféricas (ENNO, 2020) e prejuízos econômicos que podem ser provocados pela incidência de descargas, como por exemplo o interrompimento do fornecimento de energia elétrica. A pioneira no estudo de descargas atmosféricas, em Minas Gerais, foi a CEMIG (Companhia Energética de Minas Gerais) quando por ela foi adotada, em 1971, a coleta de dados, em cartela, do número de tempestades acompanhadas de trovoadas (CARVALHO et al 1992).

Desde então, a coleta de dados sobre descargas atmosféricas obteve grande evolução. Foram adotadas redes de sensores parametrizados capazes de captar sinais eletromagnéticos gerados por descargas elétricas a centenas de quilômetros do seu ponto de instalação.

No Brasil, existem duas redes de detecção de descargas atmosféricas cujos sensores cobrem o território nacional, a rede *Sferics Timing and Ranging Network* (STARNET) que é uma rede de detecção de raios de longo alcance VLF (Very Low Frequency) (RODRIGUEZ, 2015) e a Rede Integrada Nacional de Detecção de Descargas Atmosféricas (RINDAT), (RINDAT, 2021).

A STARNET é baseada no conceito da ATDnet utilizada na Europa (ENNO, 2020), agregada com a internet, GPS e computadores, a fim de obter resultados melhores, como a melhora da precisão, da filtragem de dados e da velocidade de detecção (RODRIGUEZ, 2015). Por outro lado, a RINDAT foi consolidada em 1998 a partir da instalação da rede de detecção de FURNAS (Furnas Centrais elétricas) e a sua junção com a SIMEPAR e a CEMIG. A rede RINDAT é constituída por seis sensores LPATS (Lightning Position and Tracking) que utilizam da técnica da diferença no tempo de chegada (ToA) e dois sensores IMPACT (Improved Accuracy from Combined Technology) que utilizam da técnica de indicação de direção (DF) e da técnica ToA de maneira conjugada (SILVÉRIO, 2005).

No Brasil, alguns estudos foram publicados sobre incidência e detecção de descargas atmosféricas com abrangência nacional (CARDOSO et al., 2014; PINTO JR, 2009; OURSCHEIDT, 2012) avaliando relações entre índices de incidência de descargas e mortes, eficiência dos modelos de detecção e avaliação da pesquisa em descargas atmosféricas no Brasil, e regional (PINTO JR, et al., 2013; FARIAS, et al., 2014; BOURSCHEIDT et al., 2009; RODRIGUEZ, 2015; LIMA, 2009) avaliando especificidades regionais nos índices de incidência.

Em Minas Gerais, alguns estudos foram publicados, como o de Reis (REIS, 2005), que mapeou a incidência de descargas atmosféricas em Minas Gerais com dados de 1989 a 2002 e o de Dias (DIAS et al., 2009) que discute a aplicação dos dados de detecção de descargas na engenharia de proteção. Vale ressaltar que é possível ver uma grande participação por parte das empresas do setor elétrico. Esse interesse em adquirir mais conhecimento, junto às Universidades, na área de pesquisa acerca das descargas atmosféricas, tem ligação direta com os eventuais danos causados pelas descargas atmosféricas às redes elétricas ao redor do Brasil, chegando a uma parcela de culpa de cerca de 60% dos desligamentos (BENETI, 2005).

Percebe-se que os dados dos sistemas de detecção de descargas atmosféricas são extremamente úteis para estudos da climatologia do fenômeno, como assistência em previsões meteorológicas de tempestades e principalmente para estudos que buscam a proteção à vida e aos sistemas elétricos em geral. Neste ponto, este projeto se insere como mais uma contribuição ao entendimento do fenômeno e possível ajuda na gestão de riscos, uma vez que o estudo é realizado na região no município de Ibitaré, o que contemplará as características específicas da região. Identificando, assim, possíveis locais críticos para incidência de descargas atmosféricas e contribuindo, regionalmente, na gestão de riscos.

METODOLOGIA:

A área de estudo é o município de Ibitaré por ser o município no qual está instalado o campus do IFMG (Instituto Federal de Minas Gerais). Foram utilizadas técnicas de geoprocessamento para mapear a incidência de descargas atmosféricas no município através do software QGIS, que é um sistema de informação geográfica (SIG) de código aberto (QGIS, 2021).

Foram utilizados mapas vetoriais da região, disponibilizados no site do IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2021), no formato adequado para implementação no QGIS. Os dados de incidência de descargas atmosféricas foram obtidos da rede de detecção STARNET. Foram disponibilizados os dados de detecção de descargas dos anos de 2012 a 2017. Esses dados são georreferenciados, ou seja informam a

latitude e longitude do ponto de detecção da descarga. A STARNET utiliza sensores que detectam *spherics*, que são sinais eletromagnéticos gerados pela descarga atmosférica na faixa de baixa frequência (VLF). Esse sinal é processado computacionalmente e tem um índice de confiabilidade, indicando se o dado de detecção representa bem a incidência da descarga naquele local medido. Essa informação é disponibilizada junto aos dados de detecção. Para que apenas dados com alta confiabilidade fossem utilizados no trabalho, foi necessário processar os dados recebidos, excluindo os dados com confiabilidade média e/ou baixa. Devido a quantidade de dados, mais de 1Gb, um pequeno código foi feito em Python para auxiliar e otimizar o processo de filtragem de dados confiáveis.

Para facilitar a visualização dos pontos ou regiões com maior incidência de descargas em Ibitaré, foram feitos mapas de calor utilizando a estimativa de densidade de Kernel (SILVERMAN, 1986).

Foram analisados cada mês dos anos em estudo para avaliar a sazonalidade da incidência de descargas, sendo esperado que os meses de verão, que são mais chuvosos, com ocorrência de tempestades, sejam os meses com maior incidência e os meses de inverno, os meses de menor incidência. Foram verificados, ainda, os dias com maior incidência no período estudado.

As regiões com maior incidência foram identificadas e analisadas para tentar encontrar possíveis motivos que tornam a região mais suscetível à incidência. Alguns fatores podem ser destacados como possíveis motivos de alta incidência, como por exemplo morros e pontos com altitudes elevadas ou estruturas elevadas, como antenas de comunicação.

RESULTADOS E DISCUSSÕES:

Durante o período de estudo, de 2012 a 2017, foram detectadas 1610 descargas apenas na região do município de Ibitaré, resultando em uma média de 268 descargas detectadas por ano. Considerando que a área do município é de 73,83 km², o índice de densidade de descargas anual do município, no período estudado, foi de 3,63 descargas por km² por ano, valor que está de acordo com os dados publicados por Holle, (HOLLE, 2015) e que podem ser verificados na Figura 1.

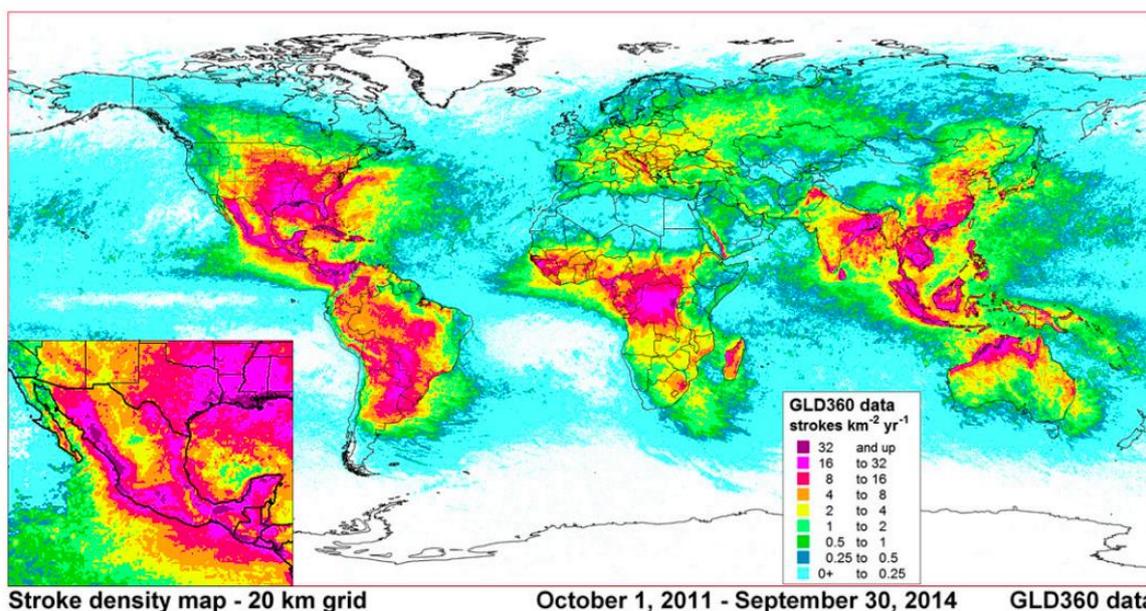


Figura 1: Densidade de descargas atmosférica no mundo, dados de 2011 a 2014.

A Figura 2 mostra os dados referentes à detecção de descargas por ano. O ano de 2015 se destaca com o maior índice no período estudado.

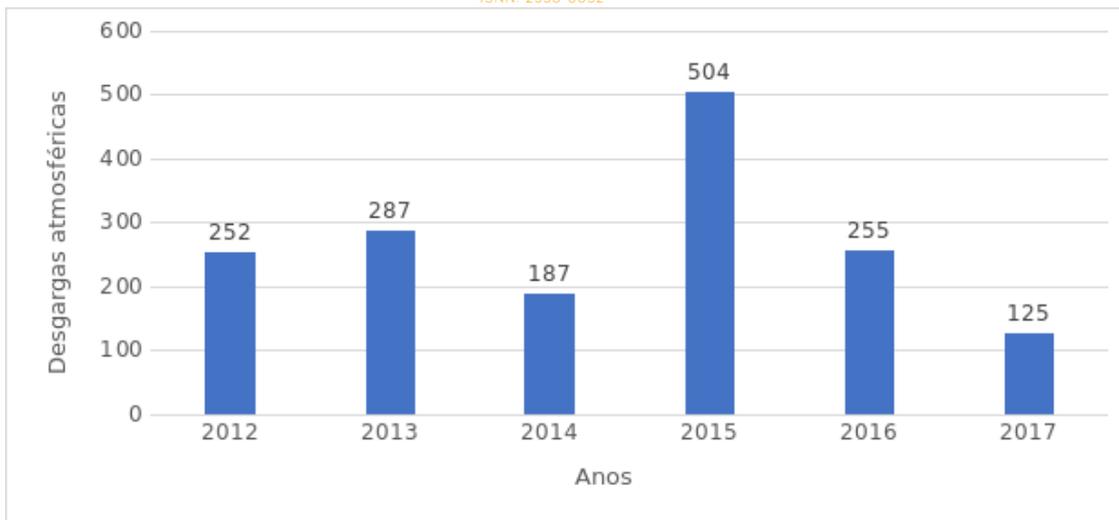


Figura 2: Número de descargas detectadas por ano (de 2012 a 2017)

Na Figura 3 é mostrada a variação da incidência de descargas por meses. Foram analisados todos os meses entre 2012 e 2017. Pode-se observar que os meses com maior índice de incidência de descargas são meses da estação verão. Nesses meses, de dezembro a março, ocorrem chuvas volumosas e tempestades. Já os meses de inverno, que são mais secos, têm índices baixos de descargas. Somados, os meses de maio, junho, julho e agosto, tiveram detectadas apenas 16 descargas em 6 anos.

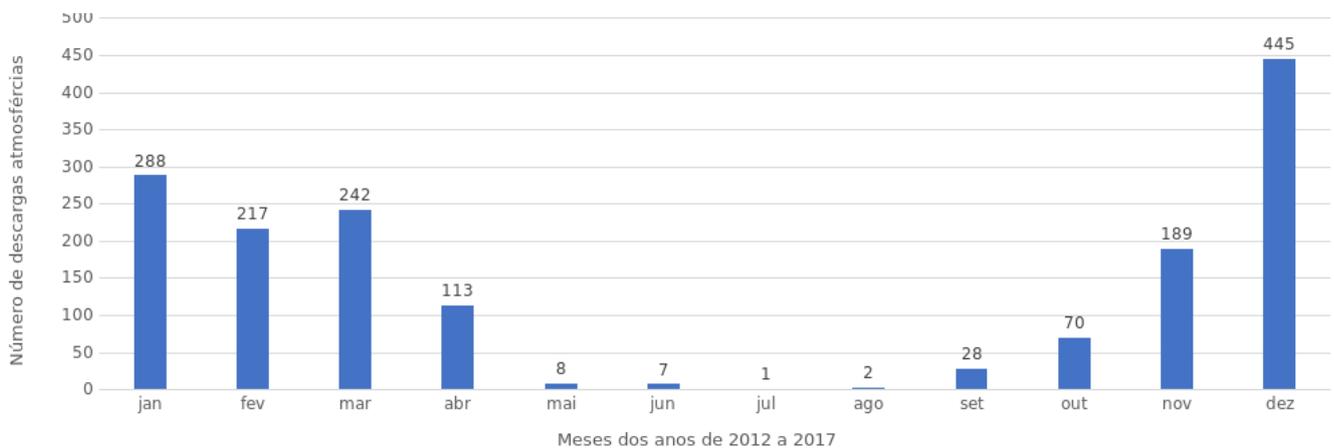


Figura 3: Número de descargas por meses no período de 2012 a 2017

A Tabela 1 mostra os 10 dias com maior incidência de descargas atmosféricas no período de 2012 a 2017. O dia 30 de março de 2015 teve o maior índice, 160 descargas detectadas, aproximadamente 1/3 das descargas detectadas no ano de 2015, de acordo com a Figura 1.

Ranking dos dias com maior incidência de raios

Posição	Data	Qtd. de Descargas
1º	30/3/2015	160
2º	6/12/2013	136
3º	18/2/2015	105
4º	20/11/2015	92
5º	27/2/2016	89
6º	9/11/2014	78
7º	5/4/2013	63
8º	28/2/2015	64
9º	1/2/2013	58
10º	13/11/2013	57

Tabela 1: Dias com maior número de detecção de descargas no período entre 2012 e 2017

O mapa de densidade de descargas atmosféricas mostrado na Figura 3 indica regiões com maior incidência de descargas em relação a outras, dentro do município de Ibirité. No mapa estão compilados os dados de detecção de 2012 a 2017 e pode-se identificar alguns “pontos quentes”. Na parte central do município, bairros, Primeiro de Outubro, Cruzeiro, Alvorada e Santa Maria. No centro oeste do município em terreno cuja denominação não foi encontrada, mas identificou-se vasta área verde. Ao norte do município identificou-se alta incidência nos bairros, Bela vista, Palmeiras, Palmares e Cascata. A noroeste, nos bairros Canaã, Lago Azul, Quintas da Jangada 2 e São Pedro, também identifica-se uma incidência maior.

Densidade de descargas atmosféricas entre os anos de 2012 a 2017

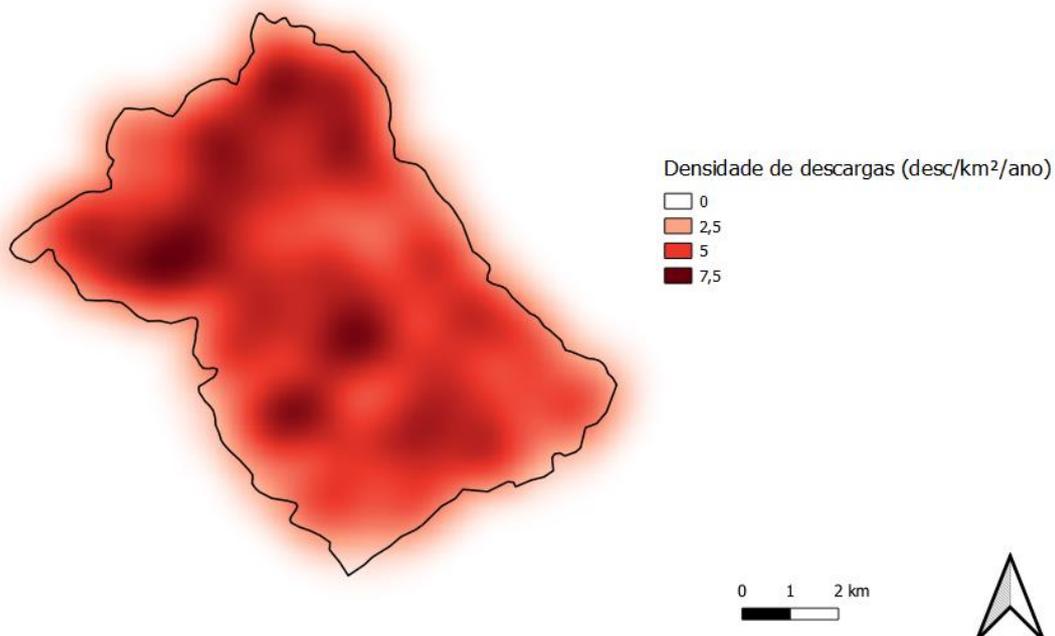


Figure 3:: Mapa de densidade de descargas atmosféricas no município de Ibirité-MG

Todas as regiões em destaque têm em comum áreas de vegetação e relevo com muita variação de altitude.

Os índices de densidade de descargas nessas regiões ficou entre 5 a 7,5 descargas por quilômetro quadrado por ano.

CONCLUSÕES:

Os resultados de incidência de descargas atmosféricas no município de Ibité foram apresentados. Foram utilizados dados da rede de detecção de descargas STARNET, que devido a sua estrutura e algoritmos de processamento, detectam basicamente descargas nuvem-solo, em um período de 6 anos, de 2012 a 2017.

O índice de densidade de descargas médio referente ao período estudado para o município foi calculado no valor de 3,63 descargas por km² por ano. Já as regiões com maior incidência de descargas obtiveram índices aproximados entre 5 a 7,5 descargas por km² por ano.

Com o mapa de distribuição de densidade de incidência de descargas foi possível identificar regiões e bairros com maior incidência dentro do município de Ibité. A maior incidência ficou distribuída em bairros nas regiões centro-norte do município. Verificou-se que essas regiões possuem relevo com variações de altitude e áreas de muita vegetação.

Como estudos futuros pode-se propor estudo climatológico da região buscando verificar possíveis causas da incidência maior nas regiões encontradas em Ibité. Além disso, pode-se expandir o estudo para municípios vizinhos e verificar número de acidentes causados por descargas atmosféricas na região, para subsidiar políticas de gerenciamento de risco.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

PINTO JR, O., PINTO, I.R.C.A, **Tempestades e Relâmpagos no Brasil**, INPE, 2000

ENNO, S et al. Lightning flash density in Europe based on 10 years of ATDnet data. **Atmospheric Research**, v. 235, p. 104769, 2020.

NOAA. National Oceanic and Atmospheric Administration. **Science on a Sphere: Lightning Flash Rate**. Disponível em <<https://sos.noaa.gov/datasets/lightning-flash-rate/>> Acesso em 19/06/2021

REIS, R. J. **Mapeando a climatologia das descargas atmosféricas em Minas Gerais utilizando dados de 1989 a 2002: uma análise exploratória**. 2005. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado)–Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte.(Não publicado).

RODRIGUEZ, C. A. M. et al. 9 years of lightning measurements in South America as detected by STARNET. In: **2015 International Symposium on Lightning Protection (XIII SIPDA)**. IEEE, 2015. p. 334-336.

RINDAT, Rede Integrada Nacional de Detecção de Descargas Atmosféricas. Disponível em <<http://www.rindat.com.br>> Acesso em 19/06/2021

CARVALHO, A . M., DINIZ, J. H. E CHERCHIGLIA, L. C. L. Obtenção de densidade de descargas atmosféricas para a Terra através de contadores de descargas, dias de trovoadas ouvidas e Sistema de Localização de Tempestades – **SLT. II Seminário Internacional de Proteção Contra Descargas Atmosféricas**, Guaratinguetá, São Paulo, julho de 1992.

CARDOSO, I.; PINTO JR, O.; PINTO, I. R. C. A.; HOLLE, R. Lightning casualty demographics in Brazil and its implications to safety rules, **Atmospheric Research**, v. 135-136, 374-379, 2014.

OURSCHEIDT, V., CUMMINS, K.L., PINTO Jr., O, and NACCARATO, K. P., Methods to Overcome Lightning Location System Performance Limitations on Spatial and Temporal Analysis: Brazilian Case. **JOURNAL OF**

ATMOSPHERIC AND OCEANIC TECHNOLOGY, VOL. 29, No. 9, p. 1304-1311, doi:10.1175/JTECH-D-11-00213.1, 2012.

PINTO JR, O., "An overview of cloud-to-ground lightning research in Brazil in the last two decades". Ed. Chih-Hao Yang, **Atmospheric Science Research Progress**, p. 1-13, 2009.

PINTO JR., O.; PINTO, I. R. C. A.; FERRO, M. A. A study of the long-term variability of thunderstorm days in southeast Brazil, **JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH: ATMOSPHERES**, VOL. 118, 1–16, doi:10.1002/jgrd.50282, 2013.

FARIAS, W.; PINTO JR, O.; PINTO, I. R. C. A.; NACCARATO, K.P., The influence of urban effect on lightning activity: Evidence of weekly cycle, **Atmospheric Research**, v. 135-135, 370-373, 2014.

Bourscheidt V., O. Pinto Jr., K. P. Naccarato. 2016. The effects of Sao Paulo urban heat island on lightning activity: Decadal analysis (1999–2009). **J. Geophys. Res. Atmos.**, 121(9), 4429–4442.

LIMA, K. C., GOMES, R. G., Detecção de Descargas Elétricas Atmosféricas em Sistemas Convectivos com dados do SIMEPAR. **Revista Brasileira de Geofísica**. Vol 27(1), 5-16, 2009

PEREIRA, R. C.. SISTEMA DE MONITORAMENTO DE DESCARGAS atmosféricas IMPLANTADO NO CENTRO DE CONTROLE DA COELCE COMO FERRAMENTA DE APOIO ÀS ÁREAS DE ENGENHARIA, MANUTENÇÃO E OPERAÇÃO. 2010.

SILVÉRIO VISACRO F. **Descargas atmosféricas: uma abordagem de engenharia**. Artliber, 2005.

BENETI, C.; SATO, L. C. ; ZANDONÁ, Cícero. GRUPO IX GRUPO DE OPERAÇÃO DE SISTEMAS ELÉTRICOS-GOP SISTEMA DE ANÁLISE E MONITORAMENTO DE TEMPESTADES ATMOSFÉRICAS PARA LINHAS DE TRANSMISSÃO DE ENERGIA. Curitiba, Paraná, outubro de 2005.

SILVERMAN, B. W. **Density Estimation for Statistics and Data Analysis**. New York: Chapman and Hall, 1986

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em <<https://portaldemapas.ibge.gov.br/portal.php#homepage>> Acesso em 19/06/2021

QGIS. Sistema de Informações Geográficas. Disponível em <<https://www.qgis.org>> Acesso em 19/06/2021

HOLLE, R. Lightning in the North American Monsoon: An Exploratory Climatology. **Monthly Weather Review**. Vol. 143. p.1970-1977. 2015.