



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

Incidência de Descargas Atmosféricas em Grandes Centros Urbanos do Estado de São Paulo

Vitor Hugo de Oliveira Carpinetti

Relatório de Iniciação Científica do
programa PIBIC, orientado pelo Dr. Kleber
Pinheiro Naccarato e co-orientado pela Dra.
Ana Paula Paes dos Santos.

INPE
São José dos Campos – SP
2022

RESUMO

Após a Revolução Industrial o mundo presenciou um grande crescimento de centros urbanos. Êxodo rural, crescimento acelerado e descontrolado são ações que fazem parte desse contexto. Com a formação de grandes centros urbanos surge o conceito de ilha de calor urbano, um efeito colateral desse crescimento. O presente estudo parte da hipótese de que o crescimento urbano traz como consequência o aumento dos eventos extremos de tempo e clima e desta forma podem influenciar na frequência de descargas atmosféricas. Desta forma, o objetivo deste estudo é analisar as descargas atmosféricas nas três maiores regiões metropolitanas do estado de São Paulo, no período de 2012 a 2021, bem como sua relação com a temperatura de superfície, além de possíveis relações com a elevação do terreno. Os dados de descargas atmosféricas são provenientes da rede Rede Brasileira de Detecção de Descargas Atmosféricas, de temperatura do solo da United States Geological Survey e os dados de elevação do terreno. Através das análises foi possível observar a distribuição de descargas elétricas através do estado e a sua correlação visual com as ilhas de calor urbanas, bem como uma possível influência do relevo.

Palavras-chave: descargas atmosféricas, ilhas de calor, centros urbanos, São Paulo.

SUMÁRIO

1. Introdução.....	5
2. Objetivos.....	6
3. Metodologia.....	7
3.1. Dados.....	8
4. Resultados e discussão.....	10
5. Conclusão.....	15
6. Cronograma de atividades.....	16
7. Bibliografia.....	16

LISTA DE FIGURAS

1 - Localização da Região Metropolitana de São José dos Campos, Região Metropolitana de Campinas e Região Metropolitana de São Paulo.....	7
2 - Fluxograma da metodologia utilizada.....	10
3 - Descargas elétricas por Km ² nas regiões metropolitanas dos municípios de Campinas, São José dos Campos e São Paulo.....	10
4 - Mapa de concentração de descargas atmosféricas em regiões metropolitanas do estado de São Paulo.....	11
5 - Mapa de elevação do estado de São Paulo.....	12
6 - Mapa de temperatura de superfície em regiões metropolitanas do estado de São Paulo.....	13

1 INTRODUÇÃO

Risco pode ser definido como uma função entre perigo e vulnerabilidade, que pode fornecer respostas sobre a preparação (ou não) de um indivíduo, comunidade ou sistema. Os desastres podem ser definidos como a “materialização” do risco (MONTE et al., 2020). Já desastres naturais podem ser explicados de maneira simplista como eventos naturais que se tornaram desastres quando criam grandes perdas patrimoniais e fatalidades, o que impede o desenvolvimento social e econômico (CUI et al., 2021).

O Atlas de Mortalidade e Perdas Econômicas de Extremos de Tempo, Clima e Água publicado em 2021 pela WMO mostra que de 1970 a 2019, os desastres naturais equivaleram a 45% de todas as mortes reportadas no período e 74% de todas as perdas econômicas. Mais de 11 mil desastres reportados foram atribuídos a eventos climáticos, causando mais de 2 milhões de mortes e um prejuízo de 3,47 trilhões de dólares. Ainda de acordo com o relatório, tempestades, enchentes e deslizamentos causaram mais de 630 mil mortes combinadas onde as enchentes foram o tipo de desastre mais comum e as tempestades foram as que causaram o maior prejuízo, seja econômico ou humano (WMO, 2021). Todas estão relacionadas a eventos associados a eventos atmosféricos severos.

Esse fato gera-se uma grande preocupação pois o Brasil tem uma população de mais de 213 milhões de habitantes (IBGE, 2021), onde desse número mais de 8 milhões vivem em zona de risco e mais da metade dessa população está concentrada na Região Sudeste (IBGE, 2018). Os elevados volumes pluviométricos associado às características fisiográficas e aos padrões de urbanização e uso do solo locais foram responsáveis pela ocorrência de deslizamentos de encostas (PINTO, FREITAS, 2012) afetando diretamente essa população. Tempestades severas frequentemente manifestam características elétricas e da precipitação anômalas, como altos valores de refletividade e taxas de raios totais (BELTRAN e ALBRECHT, 2017). O Brasil destaca-se como uma das principais regiões com maior incidência de raios no mundo, com cerca de

77,8 milhões por ano (ELAT/INPE, 2019), onde ocorreram 2194 fatalidades no período de 2000 a 2019 (ELAT/INPE, 2020).

O conceito de ilha de calor está relacionado às atividades humanas sobre a superfície e sua repercussão na troposfera inferior. A expansão da mancha urbana intensifica os fluxos intra-urbanos, além de incrementar a densidade da área construída (FIALHO, 2012). Muitos estudos têm mostrado que as áreas urbanas estão sujeitas a maiores ocorrências de tempestades severas, através da análise dos possíveis efeitos urbanos no incremento diário de chuva. Segundo LUCENA et al., 2010, foi verificado um aumento entre 19 e 39% no total diário de chuvas nas cidades analisadas e da análise de descargas atmosféricas (NACCARATO et al. 2003).

O interesse em estudar as descargas atmosféricas deve-se ao fato de que a maioria da população que vive em zona de risco, são da periferia de grandes centros urbanos onde a formação de ilhas de calor propicia um aumento no número de tempestades que por sua vez aumentam o número de descargas atmosféricas e conseqüentemente no risco dessa população. Estudos dessa natureza para este fenômeno são de grande relevância para a compreensão e monitoramento climático, podendo servir de embasamento científico na tomada de decisões ambientais que visem minimizar os impactos causados por desastres.

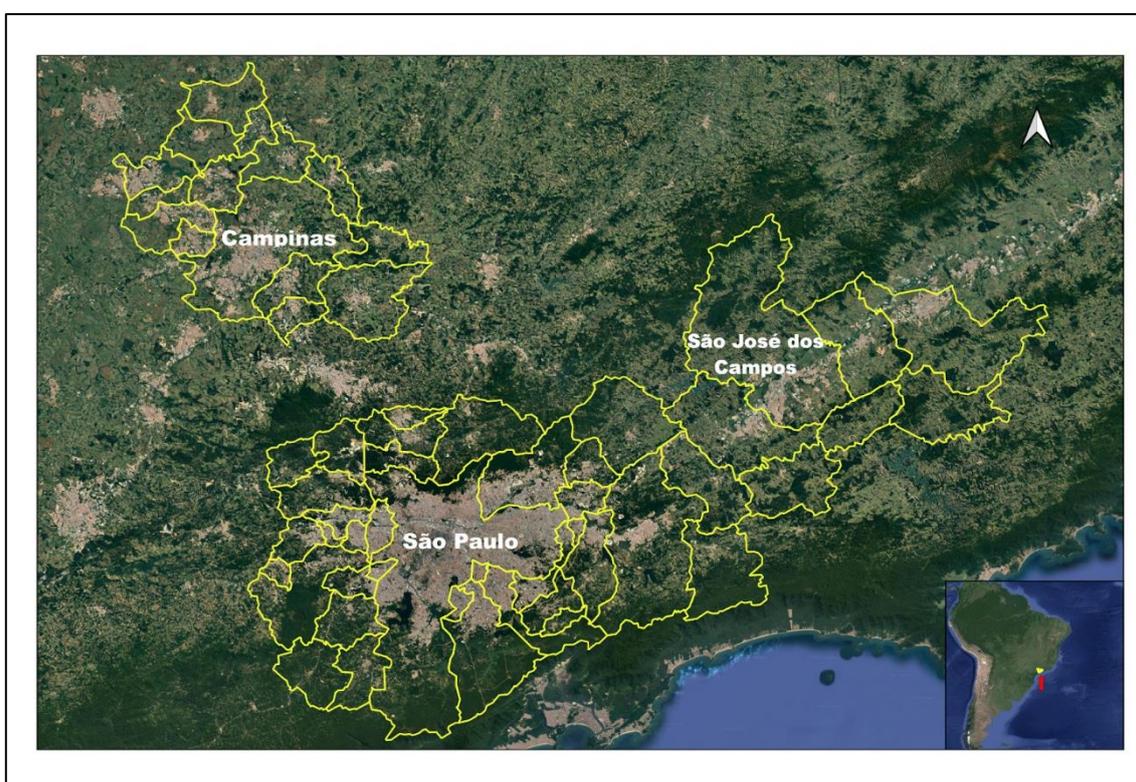
2. OBJETIVOS

O objetivo deste estudo é analisar a variabilidade espaço-temporal das descargas atmosféricas e compreender a relação destas em grandes centros urbanos, sob a hipótese de que a urbanização tende a aumentar a frequência destes eventos. Conseqüentemente, os resultados obtidos devem contribuir com o melhor entendimento dos padrões de ocorrência das descargas atmosféricas e com a respectiva aplicação em sistemas de alerta, auxiliando assim na mitigação dos impactos negativos causados por este fenômeno.

3 METODOLOGIA

Esta pesquisa contempla as cidades de São Paulo, Campinas e São José dos Campos, três grandes regiões metropolitanas do estado de São Paulo (Figura 1). Dados que quantificam as descargas elétricas ocorridas na área de estudo no período 2013-2021 e os respectivos perfis de temperatura da superfície, derivados de imagens obtidas por Sensoriamento Remoto, são utilizados como principais fontes de informação.

Figura 1 – Localização da Região Metropolitana de São José dos Campos, Região Metropolitana de Campinas e Região Metropolitana de São Paulo.



Fonte: elaborada pelo autor

O município de Campinas localizado no interior do estado de São Paulo possui uma área de 795,35 quilômetros quadrados e uma área urbana de 338,9 quilômetros quadrados (IBGE, 2022). O clima desse município é o de tropical de altitude (Cwa), com verão quente e úmido e inverno ameno e seco. Sua precipitação média anual é de 1380mm, com temperatura média de 22°C e com média anual de 72,1% de umidade relativa do ar (PDT, 2020).

O município de São José dos Campos possui uma área de 1099,409 quilômetros quadrados (IBGE, 2022) e uma área urbana de 353,90 quilômetros quadrados (PMSJC, s.d). O clima desse município é tropical de altitude (Cwa), com verão quente e úmido e inverno ameno e seco. Sua precipitação média anual é de 1329 mm, com temperatura média de 20.3°C e com média anual de 76,35% de umidade relativa do ar (CLIMATE-DATA, 2021).

A Grande São Paulo ou Região Metropolitana de São Paulo possui 7.946,48 quilômetros quadrados (SEADE, 2021) com uma área urbana de 2425,52 quilômetros quadrados (EMBRAPA, 2017). O clima da RMSP é tropical de altitude (Cwa), com verão quente e úmido e inverno ameno e seco. A precipitação média anual do município de São Paulo é de 1356 mm, com temperatura média de 19.5°C e com média anual de 80,16% de umidade relativa do ar (CLIMATE-DATA, 2021).

3.1 Dados

Para a análise do número de descargas atmosféricas foram utilizados dados provenientes da Rede Brasileira de Detecção de Descargas Atmosféricas (BrasilDAT) para um período entre 2013 e 2021. Esta rede foi criada em agosto de 2011 e operada pelo Grupo de Eletricidade Atmosférica (ELAT) do INPE, dispõe de aproximadamente 70 sensores para a monitoramento e detecção de descargas atmosféricas dos tipos nuvem-solo (NS) e intra-nuvem (IN), compondo a terceira maior rede de detecção de descargas do mundo e a maior da região tropical (ELAT/INPE,s.d.). A rede detecta radiação entre 10 Hz e 10 MHz, utilizando sensores com tecnologia TOA e em algumas áreas as descargas NS são detectadas com precisão de 500m(ELAT/INPE,s.d).

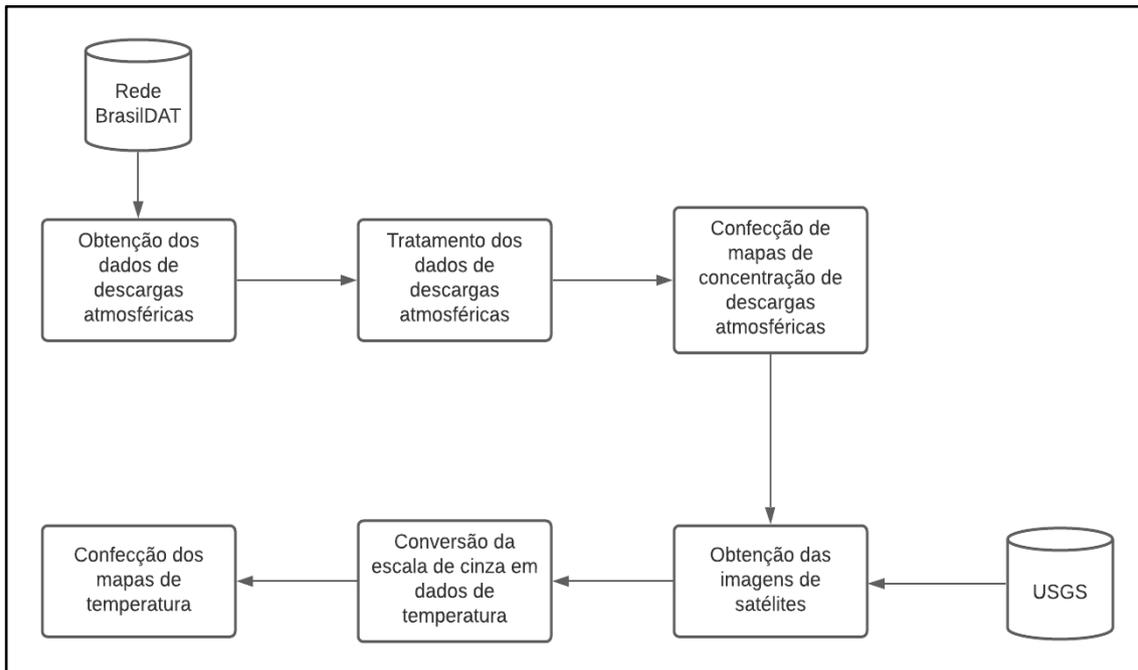
Como mostra a Figura 2 os dados foram tratados e processados com o auxílio do software QGIS. O processo consistiu em um recorte dos dados utilizando um shapefile da área de estudo como máscara. Após isso converteu-se os dados para um mapa de densidade de Kernel. A análise de densidade de Kernel foi representada graficamente em função do número de indivíduos, com base em

suas coordenadas geográficas. Essa análise considera uma vizinhança circular ao redor de cada ponto de amostra, correspondente ao raio de influência, sendo aplicada uma função matemática de valor 1, na posição do ponto, a 0 na fronteira da vizinhança (SILVERMAN, 1986, p.176 apud OLIVEIRA *et al.*,2021). O valor para a célula é a soma dos valores Kernel sobrepostos e divididos pela área do raio de influência, que no caso do presente estudo foi de $0,1^\circ$, além disso para uma melhor visualização utilizou-se uma escala de 10 cores onde as cores frias representam zonas com menor concentração e cores quentes representam zonas com maior concentração de descargas atmosféricas.

Para obtenção da temperatura de superfície foram utilizadas 12 imagens do satélite Landsat 8, banda 10, do canal infravermelho termal/TIRS 1, com resolução espectral de $10,6 - 11,19 \mu\text{m}$ e resolução espacial de 100 metros, mas tratadas e disponibilizadas com pixel de 30 metros pela United States Geological Survey (USGS) datadas nos meses de setembro de 2019, outubro de 2019, dezembro de 2019, janeiro de 2020, fevereiro de 2020, março de 2020 e abril de 2020.

Os dados de temperatura foram convertidos para temperatura aparente segundo a metodologia apresentada em "Fusion of MODIS and Landsat-8 Surface Temperature Images: A New Approach" (HAZAYMEH, HASSAN, 2015).

Figura 2 – Fluxograma da metodologia utilizada.

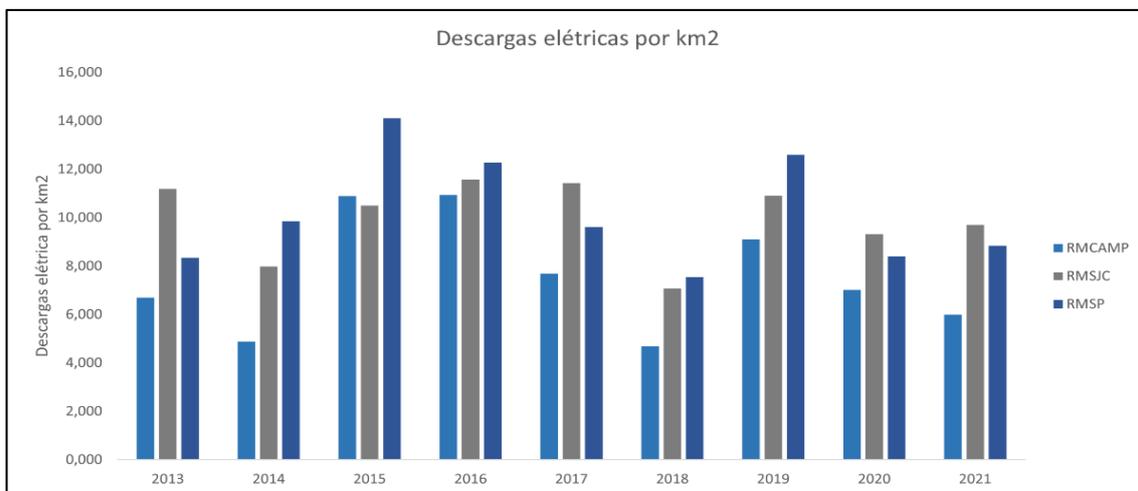


Fonte: elaborada pelo autor

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 3 apresenta a variação anual da ocorrência de descargas elétricas sobre as três regiões metropolitanas em estudo.

Figura 3 – Descargas elétricas por Km² nas regiões metropolitanas dos municípios de Campinas, São José dos Campos e São Paulo.

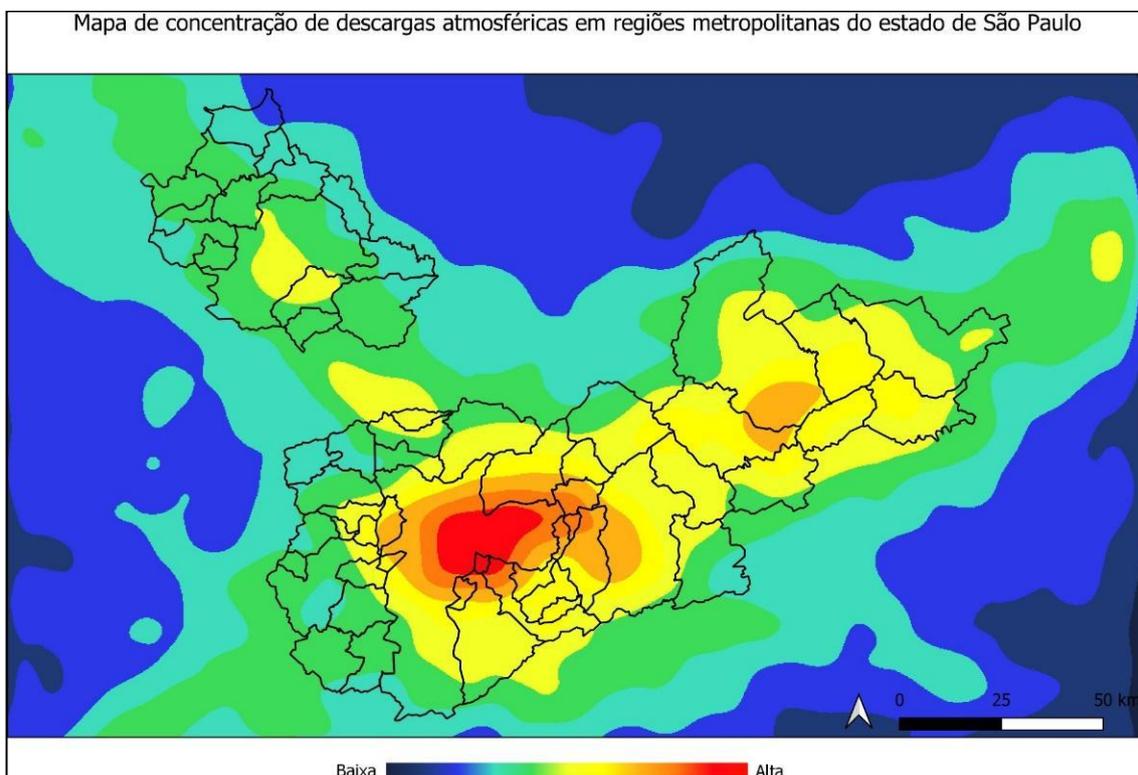


Fonte: elaborada pelo autor (2022)

É possível observar a RMSJC apresenta a menor oscilação dentre as três regiões analisadas, onde nos anos de 2014 e 2018 maiores oscilações. Esse mesmo comportamento de vale nos anos de 2014 e 2018 é observado na RMCAMP, porém com uma maior amplitude, pois ela exibe picos mais pronunciados nos anos de 2015 e 2016. Ambas as regiões têm uma área urbana com tamanho relativamente próximo com uma diferença de cerca de 15 km², quantidades de chuvas anuais também próximas com uma diferença 51mm anuais, entretanto a RMSJC tem uma variabilidade menor e cerca de 32% a mais de descargas por km² por ano, em relação a RMCAMP. Além disso a RMCAMP possui a maior variabilidade dentre as regiões analisadas onde a diferença do ano de menor número de descargas para o ano com maior número de descargas por km² foi de aproximadamente 6 descargas por km².

A RMSP, que é a única das regiões analisadas que possui uma megacidade como observado na Figura 1, possui os maiores valores dentre as três regiões, atingindo picos de aproximadamente 14 descargas por km² em 2015 e de aproximadamente 12 descargas por km² em 2016 e 2019.

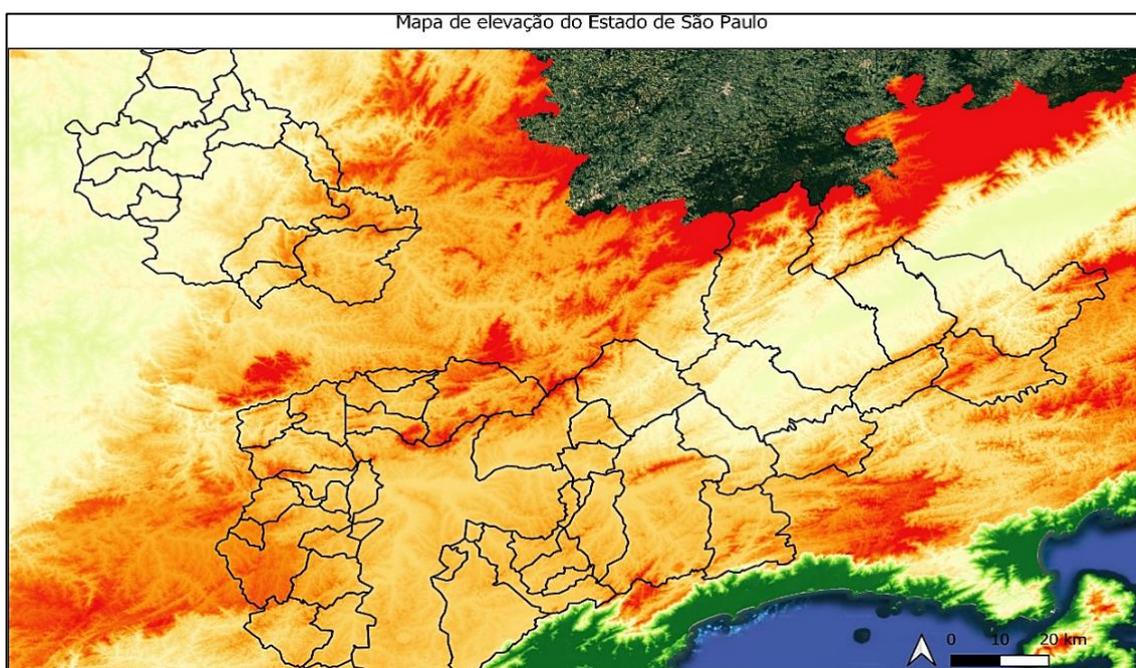
Figura 4 - Mapa de concentração de descargas atmosféricas em regiões metropolitanas do estado de São Paulo.



Fonte: elaborada pelo autor

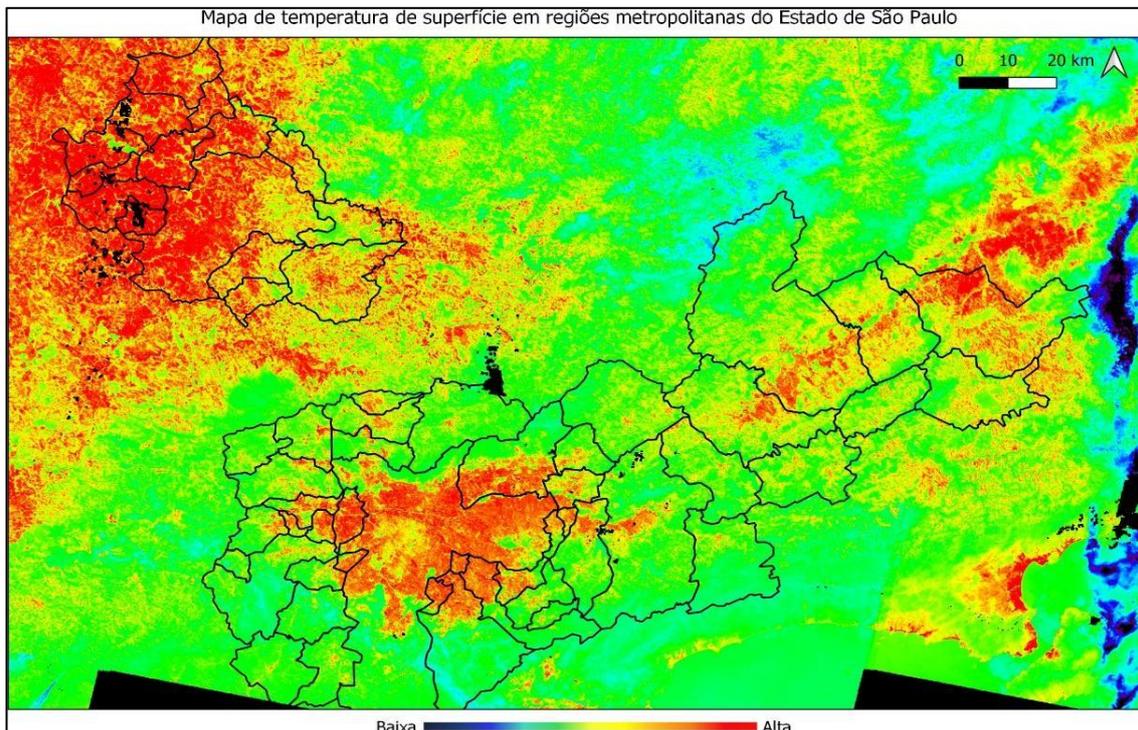
Aprofundando-se nas análises temos a Figura 4, que demonstra as principais regiões atingidas por descargas atmosféricas, sendo a RMSP e a RMSJC as que apresentam valores de médio para alto. Contudo, a RMCAMP, apesar de apresentar valores médios em sua região central, na maior parte das regiões que a circundam, observa-se uma baixa concentração de descargas, o que não elimina o risco de suas ocorrências. Os resultados sugerem que essa baixa concentração esteja relacionada à temperatura de superfície (Figura 6) onde não há uma alta concentração de temperatura na RMCAMP. Não obstante disso, o relevo da região (Figura 5), é outro fator de influência. Ao comparar a Figura 5 e a Figura 6 pode-se observar um padrão de correlação entre altas temperaturas e baixas altitudes em toda a região analisada, isso porque em regiões com uma menor altitude temos uma maior área de irradiação solar e em consequência temos uma maior temperatura de superfície.

Figura 5 – Mapa de elevação do estado de São Paulo



Fonte: elaborada pelo autor

Figura 6 – Mapa de temperatura de superfície em regiões metropolitanas do estado de São Paulo



Fonte: elaborada pelo autor

Ao analisar-se o mapa da figura 6, é possível visualmente relacionar as concentrações de descargas com as regiões onde a concentração de temperatura é maior. Tanto em RMSP, quanto em RMSJC, onde tem-se a maior concentração de área urbana, é onde visualmente se encontram as maiores concentrações de calor e de descargas atmosféricas. A RMCAMP possui algumas características distintas das regiões mencionadas que não permitem tal visualização.

Apesar do caráter que o estudo possui ele apresenta importância para a compreensão e novas perspectivas sobre a temática. A tentativa de predição desses fenômenos vem ganhando investimentos do setor privado em tecnologias que auxiliem nessa missão, contudo ainda são insuficientes para realizar um monitoramento contínuo e preciso.

Em estudo semelhante conduzido anteriormente por Dos Santos *et al.*, (2016), aponta que a ocorrência de descargas na região metropolitana de São Paulo,

pode chegar a uma tendência crescente de +11.498 descargas/ano, na escala anual, com significância estatística de 90%. Além disso, a análise sazonal demonstrou que nas estações de outono e verão, que não há grandes alterações nos padrões espaciais, mas ao chegar o período do inverno a escala do padrão se modifica e a área de descargas de maior concentração passa a ser o sudoeste da RMSP.

As regiões sul e sudeste do Brasil, são mais suscetíveis a ocorrência de tempestades e em razão disso a ocorrência de descargas atmosféricas. De acordo, com Mandanda, (2021), as estações de verão e primavera são as que ocorrem maiores atividades elétricas nessas regiões, não obstante disso o estudo de Dos Santos *et al.*, (2016), demonstra como as descargas são a combinação de fatores como a oferta de umidade e instabilidade condicional a combinação de parâmetros, demonstra que a instabilidade atmosférica é indispensável na formação de tempestades elétricas com descargas, podendo ser variáveis que devem ser melhor compreendidas, quando se visa uma maior acurácia na detecção desses fenômenos. O estudo de Da Conceição André e De Azevedo (2013), ao analisar um período curto de tempo de 2005 a 2006, aponta regiões de São Paulo com maiores incidências de acidente de acidentes que resultaram em óbitos, sendo os municípios de Hortolândia e São Vicente apresentaram coeficientes expressivamente maiores, quando comparados aos outros municípios.

Em relação a descrição sobre o processo de urbanização um dos aspectos mais relevantes são os fatores que influenciam o meio como a poluição cujos processos ainda necessitam ser mais bem elucidados em conjunto com os dados de relevo das regiões estudadas e suas transformações ao decorrer dos anos (SANTANA, 2018; ALMEIDA *et al.*, 2020).

Portanto, não basta apenas realizar melhorias no monitoramento de descargas atmosféricas e na criação de sistemas de alertas. É imprescindível que a população das áreas de risco seja conscientizada sobre os fenômenos, de como realizar a identificação de riscos e de como se proteger para se evitar ou reduzir a ocorrência dos desastres. Atualmente pouco se debate e poucas são as

propostas visando a educação das pessoas, a qual é uma medida essencial para a prevenção de acidentes (SILVA, 2014; SANTOS, 2018).

5 CONCLUSÃO

Diante do que foi exposto na condução desse estudo, conclui-se que a variabilidade de descargas atmosféricas ocorre nas três regiões onde a RMCAMP é a mais instável, a RMSJC é a mais estável e a RMSP é a que possui a maior quantidade de descargas atmosféricas.

Não obstante disse, o presente estudo demonstra que as ilhas de calor urbano estão relacionadas a espacialização das descargas nas regiões observadas. Em RMSJC e RMSP onde temos esse fenômeno ocorrendo, temos uma maior concentração de descargas e na RMCAMP onde o fenômeno não ocorre de maneira acentuada, observou-se uma concentração consideravelmente menor. É importante ressaltar que as ilhas de calor são apenas um dos fatores que podem influenciar na concentração de descargas elétricas sendo necessária uma visão mais holística para uma total compreensão da temática. Não se pode, por exemplo, desconsiderar a influência do relevo, brevemente abordada nesse estudo, da poluição atmosférica, de fenômenos climáticos como El Niño e La Niña, entre outros fatores bióticos e abióticos. Até mesmo o BrasilDAT possui déficits, que podem favorecer a não constatar com a real incidência dos fenômenos de descargas sendo necessário o aprimoramento das tecnologias e sensores disponíveis, sendo dos grandes desafios nesse processo.

Destaca-se ainda que ao averiguar na literatura estudos que se assemelham, foi possível observar que muito pouco se fala sobre medidas educacionais na temática de descargas atmosféricas sendo propostas, apresentando-se como um cenário preocupante que se descreve até mesmo como negligenciado em relação às catástrofes naturais, uma área que necessita de maiores investigações e investimentos nas suas prevenções.

6 PLANO DE TRABALHO E CRONOGRAMA DE ATIVIDADES

Atividades	1 tri	2 tri	3 tri	4 tri	5 tri	6 tri	7 tri	8 tri
Revisão da bibliográfica	x							
Obtenção e processamento de dados de descarga	x	x						
Obtenção e processamento de imagens de satélite		x						
Geração de mapas de elevação			x					
Elaboração do relatório parcial				x				
Participação no Seminário de Iniciação Científica do INPE				x				
Processamento de dados meteorológicos para RMSP				x	x	x		
Elaboração dos resultados finais						x	x	
Redação final do relatório de IC							x	
Elaboração e submissão de artigos para revista							x	x

7 REFERÊNCIAS

- 1 - ALMEIDA, Adriano; CALHEIROS, Alan; ALBRECHT, Rachel; MACHADO, Luiz; SANTOS, Rafael; NETO, Helvécio L; SOUZA, Felipe. A distribuição espacial das descargas elétricas na região central da Bacia Amazônica e o uso da árvore de decisão em dados de radar meteorológico para sua classificação. 2020. Anais do XI Workshop de Computação Aplicada à Gestão do Meio Ambiente e Recursos Naturais [...]. [S. l.]: SBC, 2020. p. 91–100.
- 2 - BELTRAN RP, ALBRECHT RI. Características da precipitação e atividade elétrica de tempestades severas da região metropolitana de São Paulo. 2017
- 3 - B.E. Omena Monte, J.A. Goldenfum, G.P. Michel, J.R.d.A. Cavalcanti, Terminology of natural hazards and disasters: A review and the case of Brazil, International Journal of Disaster Risk Reduction, <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2020.101970>.
- 4 - DA CONCEIÇÃO, Rodrigo Pucci; ANDRÉ, Iára Regina Nocentini; DE AZEVEDO, Thiago Salomão. ESPACIALIZAÇÃO DAS DESCARGAS ELÉTRICAS ATMOSFÉRICAS NO ESTADO DE SÃO PAULO PARA OS ANOS DE 2005-2006, E SUAS CONSEQUÊNCIAS. Revista Brasileira de Climatologia, vol. 13, 2013.

- 5 - DADOS CLIMÁTICOS PARA CIDADES MUNDIAIS.** Clima da cidade de São José dos Campos. 2020. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/sao-paulo/sao-jose-dos-campos-6151/>. Acesso em 02 maio.2021.
- 6 - DADOS CLIMÁTICOS PARA CIDADES MUNDIAIS.** Clima da cidade de São Paulo. 2020. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/sao-paulo/sao-paulo-655/>. Acesso em 31 maio.2021.
- 7 - DOS SANTOS¹, Ana Paula Paes; JÚNIOR, Osmar Pinto; DE SOUZA, Everaldo Barreiros; AZAMBUJA, Rodrigo; RODRIGO, Sérgio; DOS SANTOS, Quadro.** Variabilidade espaço-temporal e identificação de Eventos Extremos de Descargas Atmosféricas no Estado de São Paulo durante o Verão. Revista Brasileira de Geografia Física, vol. 9, no. 02, p. 346–352, 2016.
- 8 - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA.** Identificação, mapeamento e quantificação das áreas urbanas do Brasil. 2017 Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/176016/1/20170522-COT-4.pdf>. Acesso em 02 maio.2021.
- 9 - FIALHO, E.S.** Ilha de calor: reflexões acerca de um conceito. Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia Universidade Federal de Roraima.2012. Disponível em: <https://revista.ufrb.br/index.php/actageo/article/view/1094#:~:text=O%20conceito%20de%20ilha%20de,existência%20do%20fenômeno%20em%20questão>. Acesso em: 16 maio.2021.
- 10 - FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS.** Perfil dos municípios paulistas. Disponível em: <https://perfil.seade.gov.br/#>. Acesso em 02 maio.2021.
- 11 - Hazaymeh K, Hassan QK (2015)** Fusion of MODIS and Landsat-8 Surface Temperature Images: A New Approach. PLoS ONE 10(3): e0117755. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0117755>
- 12 - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA.** Panorama da cidade de Campinas SP. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/campinas/panorama>. Acesso em 02 maio. 2021.
- 13 - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA.** Panorama da cidade de São José dos Campos SP. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/sao-jose-dos-campos/panorama>. Acesso em 10 setembro. 2022.
- 14 - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA.** Agência de notícias do IBGE. 2018. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/21565-em-2010-brasil-tinha-8-3-milhoes-de-pessoas-morando-em-areas-com-risco-de-desastres-naturais>. Acesso em 16 maio.2021

- 15** - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Projeção da população brasileira. 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/index.html>. Acesso em 16 maio.2021.
- 16** - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Grupo de eletricidade atmosférica: Morte por raios.2019. Disponível em: <http://www.inpe.br/webelat/homepage/menu/noticias/vitimas.de.raios.-.infografico.php>. Acesso em 16 maio. 2021
- 17** - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Grupo de eletricidade atmosférica: Relatórios Técnicos.s.d.. Disponível em: <http://www.inpe.br/webelat/homepage/menu/servicos/relatorios.tecnicos.php#:~:text=Terceira%20maior%20rede%20do%20mundo,Oeste%20e%20Nordeste%20do%20Brasil>. Acesso em 16 maio.2021
- 18** - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Grupo de eletricidade atmosférica: Release ELAT n 45.2020. Disponível em: <http://www.inpe.br/webelat/homepage/menu/noticias/release.php?id=80>. Acesso em 16 maio.2021
- 19** - LUCENA *et al.* Ilhas de calor e eventos de precipitação na região metropolitana do Rio de Janeiro (RMJR). 2011. Disponível em: <https://www.iwra.org/member/congress/resource/PAP00-4995.pdf>. Acesso em 16 maio.2021.
- 20** - MANDANDA, Gabriel Elias. Análise dos parâmetros atmosféricos indicativos às tempestades elétricas no Sul e Sudeste do Brasil. 2021.
- 21** - NACCARATO, K. P.; PINTO JR, O.; PINTO, I. R. C. A. Evidence of thermal and aerosol effects on the cloud-to-ground lightning density and polarity over large urban areas of Southeastern Brazil. *Geophysical Research Letters*, v. 30, n. 13, 2003.
- 22** - Peng Cui, Jianbing Peng, Peijun Shi, Huiming Tang, Chaojun Ouyang, Qiang Zou, Lianyou Liu, Changdong Li, Yu Lei, Scientific challenges of research on natural hazards and disaster risk, *Geography and Sustainability*, Volume 2, Issue 3, 2021.
- 23** - Prefeitura Municipal de São José dos Campos. Território. Disponível em: <https://www.sjc.sp.gov.br/servicos/governanca/sao-jose-em-dados/territorio/>. Acesso em: 15/08/2022.
- 24** - B.E. Omena Monte, J.A. Goldenfum, G.P. Michel, J.R.d.A. Cavalcanti, Terminology of natural hazards and disasters: A review and the case of Brazil, *International Journal of Disaster Risk Reduction*, <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2020.101970>.
- 25** - PINTO, R. W. P.; FREITAS, M. M. Considerações a respeito dos movimentos de massa ocorridos em janeiro de 2011 na bacia do Córrego d'Antas, Nova Friburgo - RJ. *GeoPUC*, n. 9, p. 79-96, 2012.

- 26** - PLANO DE DESENVOLVIMENTO TURÍSTICO DO MUNICÍPIO DE CAMPINAS – SP. 2020, Disponível em: http://www.campinas.sp.gov.br/arquivos/desenvolvimento-economico/minuta_planos_turisticos_v13.pdf. Acesso em 02 maio. 2021.
- 27** - População em áreas de risco no Brasil / IBGE, Coordenação de Geografia. - Rio de Janeiro: IBGE, 2018
- 28** - SANTANA, Franciele Oliveira. Contaminantes/poluentes atmosféricos gasosos em centros urbanos brasileiros. 2018.
- 29** - SANTOS, Carlos Cezar Guazzelli. Acidentes em meios aquáticos provocados por descargas atmosféricas e por instalações elétricas: um estudo exploratório. 2018.
- 30** - SILVA, Gustavo Azarito. Visualização científica de descargas elétricas atmosféricas. 2014.
- 31** - Silverman, B. W. Density estimation for statistics and data analysis. Chapman & Hall, London. 1986. 176 p.
- 32** - WMO Atlas of Mortality and Economic Losses from Weather, Climate and Water Extremes (1970–2019) (WMO-No. 1267).