

**O EVENTO EXTREMO DE PRECIPITAÇÃO DE 09/12/2016: DA  
GÊNESE AOS IMPACTOS DO EVENTO NO PERÍMETRO  
URBANO DE JUIZ DE FORA (MG)**

*EXTREME PRECIPITATION EVENT OF 12/09/2016: FROM THE  
GENESIS TO THE IMPACTS OF THE EVENT IN THE URBAN  
PERIMETER OF JUIZ DE FORA (MG)*

Thiago Alves de Oliveira<sup>1</sup>

Camila de Moraes Gomes Tavares<sup>2</sup>

Cássia de Castro Martins Ferreira<sup>3</sup>

**RESUMO:** Os estudos sobre os eventos climáticos extremos, por apresentarem uma condição de distanciamento da habitualidade dos dados climáticos, têm ganhado espaço, uma vez que a repercussão desses eventos em termos de impactos apresenta-se potencialmente significativas. Este artigo teve por objetivo investigar as condições sinóticas associadas ao evento extremo de 09/12/2016 na cidade de Juiz de Fora (MG) e a distribuição espacial dos impactos pluviométricos ao longo do município comparando-os à distribuição horária da precipitação. Dessa forma, foram utilizados dados de precipitação em intervalos de 10 minutos e horários, além das informações sobre os impactos extraídas dos veículos de mídia (impressa e digital) da cidade. Observou-se que a concentração da precipitação em um curto intervalo de tempo contribui para registros de impactos, como os alagamentos e inundações, como a ocorrência de até 70 mm em uma hora, no posto do Milho Branco (setor Centro- Oeste do perímetro urbano); Além disso, algumas áreas com registro de impacto (inundações) não correspondem às áreas com os maiores volumes precipitados (total diário), e sim com a concentração de chuva em curtos espaços de tempo e a problemas associados à estrutura de drenagem no perímetro urbano de Juiz de Fora.

**PALAVRA-CHAVE:** Evento Extremo. Espacialização. Impacto. Distribuição horária. Sistema Atmosférico.

**ABSTRACT:** Studies on extreme climatic events, as they present a condition of detachment from the habituality of climatic data, have gained space, since the repercussion of these events in terms of impacts is potentially significant. This article aimed to investigate the synoptic conditions associated with the extreme event of 12/09/2016 in the city of Juiz de For a, in the state of Minas Gerais, and the spatial distribution of rainfall impacts throughout the municipality comparing them to the hourly distribution of precipitation. Thus, precipitation data were used at 10-minute and hourly intervals, in addition to information on the impacts extracted from the media vehicles (print and digital) in the city. It was observed that the concentration of precipitation in a short

---

<sup>1</sup> Mestre em Geografia. Laboratório de Climatologia e Análise Ambiental. Universidade Federal de Juiz de Fora. E-mail: thiago.oliveira@ich.ufjf.br.

<sup>2</sup> Mestre em Geografia. Laboratório de Climatologia e Análise Ambiental. Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). E-mail: camila.tardeli.tavares@gmail.com.

<sup>3</sup> Professora Doutora do Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGEO). Laboratório de Climatologia e Análise Ambiental. Universidade Federal de Juiz de Fora. E-mail: cassia.castro@ufjf.edu.br.

period of time contributes to records of impacts, such as floods, such as the occurrence of up to 70 mm in an hour, at the Milho Branco post (Midwest sector of the urban perimeter) ); In addition, some areas with an impact record (floods) do not correspond to the areas with the highest precipitated volumes (daily total), but with the concentration of rain in short periods of time and problems associated with the drainage structure in the urban perimeter. of Juiz de Fora.

**KEYWORDS:** Extreme Event. Spatialization. Impact. Time distribution. Atmospheric System.

## INTRODUÇÃO

Os eventos extremos representam afastamentos de uma condição habitual do clima, dessa forma, estes podem ser extremos diários, mensais, trimestrais, sazonais e anuais. As condições extremas respondem às condições de circulação atmosférica que engendram a ocorrência dos eventos extremos, sejam eles de seca ou chuvosos.

Monteiro (1991) revela que os eventos extremos de precipitação “encontram-se entre os mais importantes, seja pela complexidade e diversidade de fenômenos quanto pela frequência e variação de intensidade dos impactos causados” (MONTEIRO, 1991, p. 8).

Diversas são as técnicas para a identificação de eventos extremos diários de precipitação, dentre elas pode-se citar a utilização dos percentis 95 e 99 (LOUREIRO, 2014; PRISTO *et al.*, 2018; GOUDARD, 2019; PAZ *et al.*, 2019), dos quantis (MONTEIRO, 2016; WANDERLEI *et al.*, 2018), a técnica do decil (CAMPOS *et al.*, 2015) às técnicas dos máximos de precipitação (MONTEIRO & ZANELLA, 2017), além dos índices de extremos climáticos do ETCCDI (PINHEIRO, 2016; VALVERDE, 2018; MARENGO *et al.*, 2020).

Loureiro *et al.* (2014) utilizaram o valor de 25 mm como parâmetro para definir os eventos extremos e a partir desse valor aplicaram a técnica dos percentis para classificar os eventos, chegando a um valor de 48 mm para eventos extremamente intensos, em estudo no estado do Pará. Pristo *et al.* (2018), avaliando as chuvas intensas na cidade do Rio de Janeiro, utilizaram o valor estabelecido pelo percentil 95 como determinante para a localização dos eventos intensos na série de dados. Goudard (2019) estudando os eventos pluviais intensos na bacia do alto Iguaçu no Paraná, utiliza os percentis 90, 95 e 99 para avaliar os valores extremos de precipitação. Paz *et al.* (2019) utilizaram o percentil 99 para a definição dos eventos extremos em Uberaba (MG).

Os eventos extremos pluviométricos apresentam grande preocupação no espaço urbano devido ao seu potencial de impacto. Nesse sentido, estudos visam avaliar os

eventos extremos e seus impactos à estrutura física da cidade como os trabalhos de Zanella (2007) que ao estudar os impactos pluviais no bairro Cajuru na cidade de Curitiba (PR) identificou que os eventos > 100 mm diários repercutiram em impactos mais significativos no bairro em questão. Costa e Wollmann (2016) destacam que eventos de 62 mm em 24 horas foram capazes de gerar impactos no espaço urbano de Bragança (PA) considerando o histórico de episódios de enchentes. Oliveira *et al.* (2019) apontaram no estudo sobre o evento extremo de 12/11/2016 para o município de Juiz de Fora que os bairros mais impactados por este evento apresentaram precipitação superior a 73,5 mm sendo os bairros mais impactados com registro de alagamentos os seguintes: São Mateus, Centro, Olavo Costa e Santa Luzia.

Monteiro (1975) destaca nas suas tessituras sobre a Teoria e Clima urbano, em específico no subsistema hidrodinâmico, que os impactos pluviométricos são produzidos no interior do subsistema principalmente a partir das transformações antrópicas no espaço da cidade, assim, as alterações de uso da terra, como a impermeabilização do solo, pavimentação, alteração da estrutura de drenagem urbana, obras de retificação de canais fluviais e afins contribuem para os impactos (alagamentos, inundações, enxurradas) dos eventos de chuva na cidade, no entanto, os eventos extremos podem provocar impactos mais expressivos no espaço urbano, por isso, a necessidade de estudos voltados a essa condição extrema.

Este trabalho tem como objetivo investigar as condições sinóticas associadas ao evento extremo de 09/12/2016 na cidade de Juiz de Fora (MG) e a distribuição espacial dos impactos deste evento ao longo do município, comparando-os à distribuição horária da precipitação.

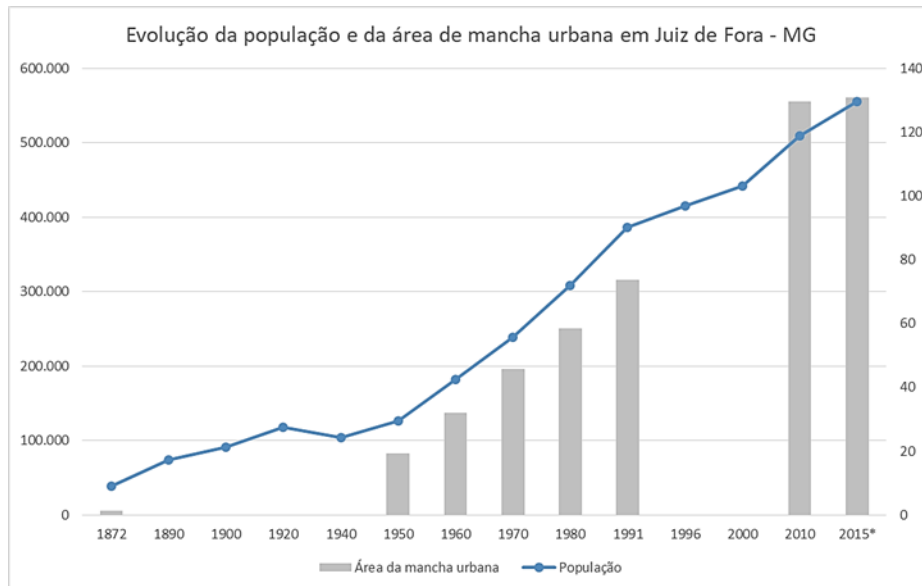
## **CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

### **A cidade de Juiz de Fora**

A cidade de Juiz de Fora seguiu o ritmo da urbanização brasileira, com um processo intenso na segunda metade do século XX, marcado pela elevação na população total do município, bem como o crescimento da população urbana, que atingiu 92% na década de 1970 (PJF, 2020) influenciando assim o crescimento da mancha urbana,

conforme a Figura 01. Em 1950 a área urbana ocupava 19,3 Km<sup>2</sup>, chegando a 130,8 Km<sup>2</sup> em 2010, quando a população urbana atingiu 98,9% (PJF, 2020).

**Figura 01:** Evolução da população e da mancha urbana de Juiz de Fora (MG)

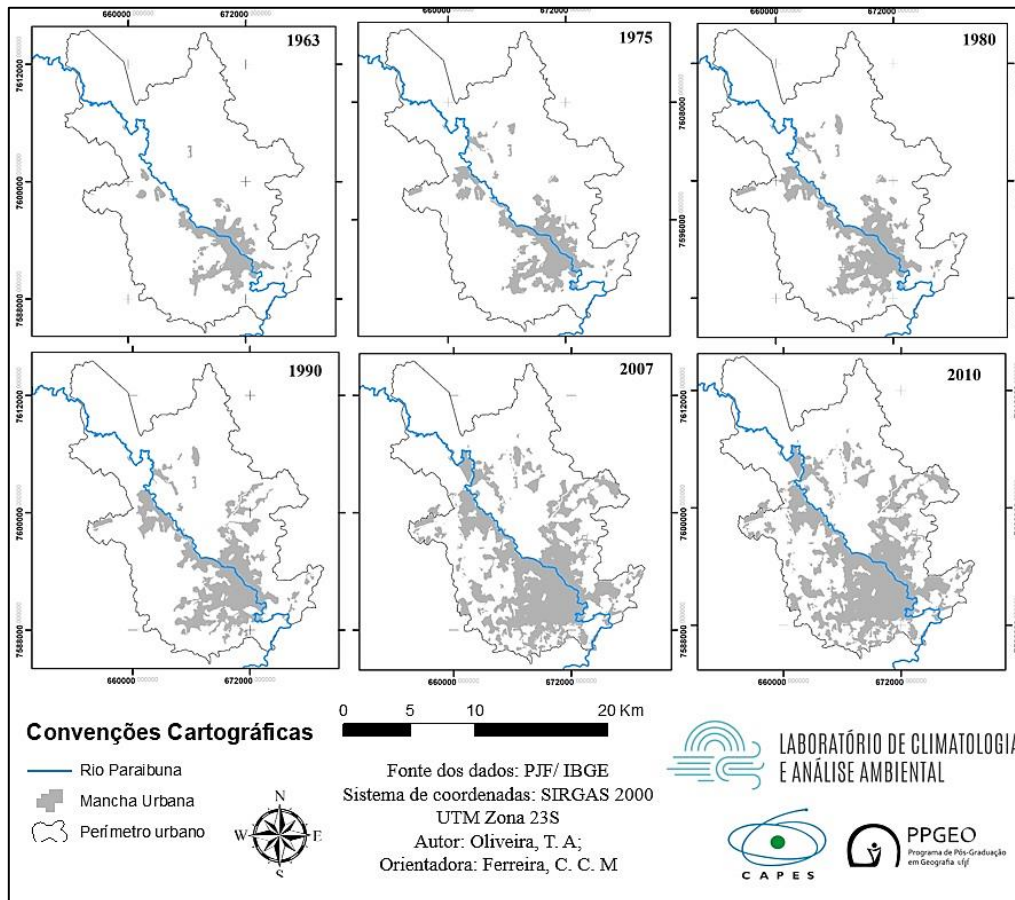


Fonte dos dados: IBGE; Prefeitura de Juiz de Fora-PJF. Organizado pelo autor.

A mancha urbana de Juiz de Fora se desenvolveu a princípio no centro da cidade e às margens do Rio Paraibuna, principalmente a partir da estrada nova do Halfeld, além disso a instalação da ferrovia no mesmo eixo (Figura 02), fez com que se desenvolvesse essa ocupação marginal, ao rio, a estrada e a linha férrea (SOUZA, 2016; GERALDO, 2014).

Segundo Geraldo (2014), a partir da década de 1980 “houve a tendência à concentração de equipamentos atrativos nas regiões noroeste e sudoeste da cidade. O fator de maior evidência é a presença da BR-040 e recentemente dos acessos Norte e Sul, compondo o Cinturão da BR-040” (GERALDO, 2014, p. 123). A região Oeste da cidade, conhecida como cidade alta, apesar de ter uma ocupação antiga (associada a imigração alemã), foi a partir da década de 1980 que esta região teve um crescimento elevado (GERALDO, 2014). De acordo com Rodrigues (2005) as regiões Oeste e Noroeste representaram no período de 1991 a 2000 os maiores incrementos populacionais do município.

**Figura 02:** Evolução da mancha urbana em Juiz de Fora de 1963 a 2010.

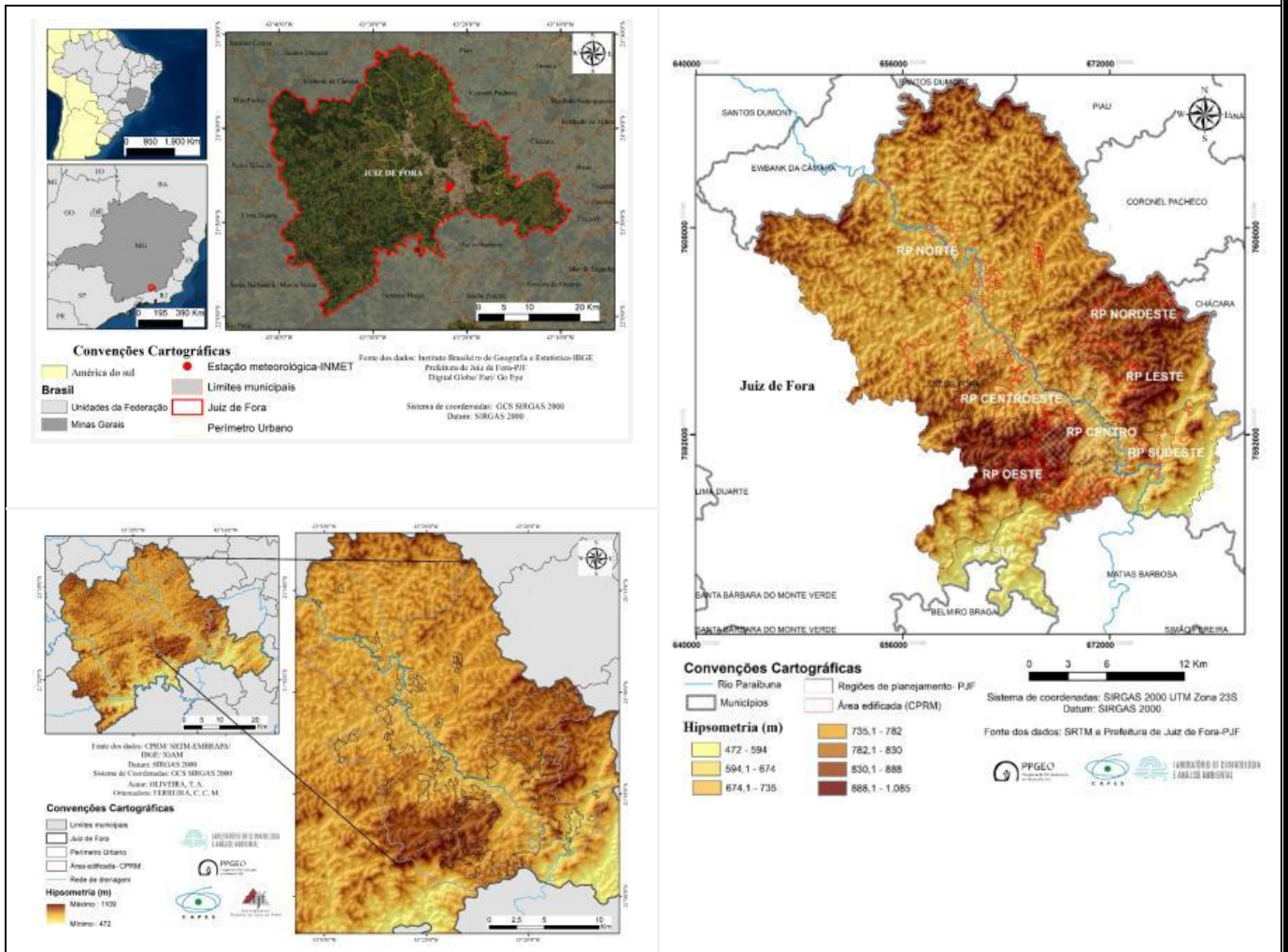


Fonte: Organizado pelo autor.

O município de Juiz de Fora localiza-se na porção sudeste do estado de Minas Gerais entre as latitudes 21°41'20'' e longitude 43°20'40'' (estação climatológica UFJF), correspondendo a Mesorregião Geográfica da Zona da Mata Mineira (PJE, 2006) e apresenta uma população estimada de 568.873 habitantes (IBGE, 2020). Ab'Saber (2013) caracteriza o município como morrarias arredondados recobertos por vegetação de Mata Atlântica com altitudes que variam de 467 m - 1.104 m (Figura 03).

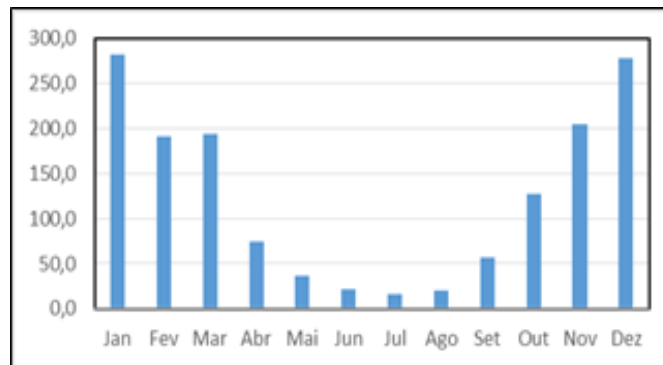
Juiz de Fora apresenta uma dinâmica climática com duas estações bem definidas, uma estação quente e chuvosa que vai de Outubro a Março, e uma estação fria e seca que vai de Abril a Setembro (Figura 04). Conferindo à cidade uma condição de clima tropical de altitude (ASSIS, 2016; PIMENTEL, 2017), influenciado “pelas características do relevo regional, de altitudes médias elevadas, que produzem um substancial arrefecimento das temperaturas” (ASSIS, 2016, p. 88).

Figura 03: Mapa de Localização do município de Juiz de Fora, MG



Fonte: Organizado pelos autores.

Figura 04: Médias pluviométricas mensais - 1910-2018



Fonte: Organizado pelos autores.

Como coloca Abreu (1998), a localização do estado de Minas Gerais, faz com que o mesmo sofra interferência tanto de fenômenos meteorológicos tropicais como aqueles advindos das latitudes médias. Sant'Anna Neto (2005) propõe que as variações temporais irregulares de precipitação na região sudeste, estejam atreladas à dinâmica atmosférica e associadas à disposição do relevo, bem como outros fatores climáticos como a continentalidade e a altitude.

Dentre os principais sistemas atmosféricos atuantes, podemos apontar a Massa Tropical Atlântica (mTa), a Massa Polar Atlântica (mPa) e, conseqüentemente, os sistemas frontais, além da participação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e da Zona de Convergência de Umidade (ZCOU) na dinâmica principalmente do período chuvoso na região de estudo (CAVALCANTI *et al.*, 2009).

A Massa Tropical Atlântica (mTa), originada no Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), possui características atmosféricas quente e seca, tendo uma maior atuação na estação fria, pois durante o inverno esse centro ciclônico se aproxima do continente sul-americano intensificando sua influência no Brasil (BORSATO, 2016,) e diminuindo a sua atuação no verão, período no qual o anticiclone se afasta do continente e perde abrangência.

Por se tratar de um sistema originado em um anticiclone, as suas características durante o período de atuação, principalmente no inverno, são de atmosfera estável. Essa dinâmica dificulta os movimentos ascendentes do ar promovendo, conseqüentemente, baixos totais pluviométricos, exceto em áreas de influência orográfica (REBOITA *et al* 2015; BORSATO, 2016).

Os sistemas frontais estão associados à atuação da Massa Polar Atlântica (mPa) pois “em sua borda, no contato com os sistemas atmosféricos tropicais, configuram-se extensas zonas de pressão relativamente baixa e intensa convergência, usualmente chamada de frente polar” (GALVANI & AZEVEDO, 2012, p. 7). Em função dessa convergência do ar mais quente se observa a ocorrência de chuvas frontais na vanguarda da massa Polar atlântica (mPa).

Já a Massa Polar Atlântica (mPa), consiste em um sistema de alta pressão, gerador de estabilidade atmosférica, com exceção à sua zona frontal, que avança pelo território brasileiro impondo suas características físicas. Durante o período do inverno, sua atuação é mais intensa pelo interior do continente (BORSATO, 2016).

Nos períodos de primavera e verão, parte da umidade produzida na região Amazônica é transportada para o sul e o sudeste através dos Jatos de Baixos Níveis (JBN) a leste dos Andes. Estas condições, associadas a sistemas frontais localizados no Atlântico, favorecem a formação das Zonas de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) que aparecem como uma das principais fontes de umidade e, conseqüentemente, precipitação que atinge principalmente a região Sudeste do Brasil (REBOITA *et al.*, 2015; SANTOS & FIALHO, 2016; OLIVEIRA, 2016).

## **METODOLOGIA**

A presente pesquisa desenvolveu-se em 4 etapas. A primeira corresponde ao levantamento dos dados pluviométricos observados e das cartas sinóticas, que se deu junto ao Laboratório de Climatologia e Análise Ambiental (LabCAA), no qual compreende os dados diários de precipitação desde 1972, quando a estação meteorológica foi instalada no Campus da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), vinculada ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Os dados utilizados no presente trabalho se referem às informações de precipitação total diária, no período de 1980-2018.

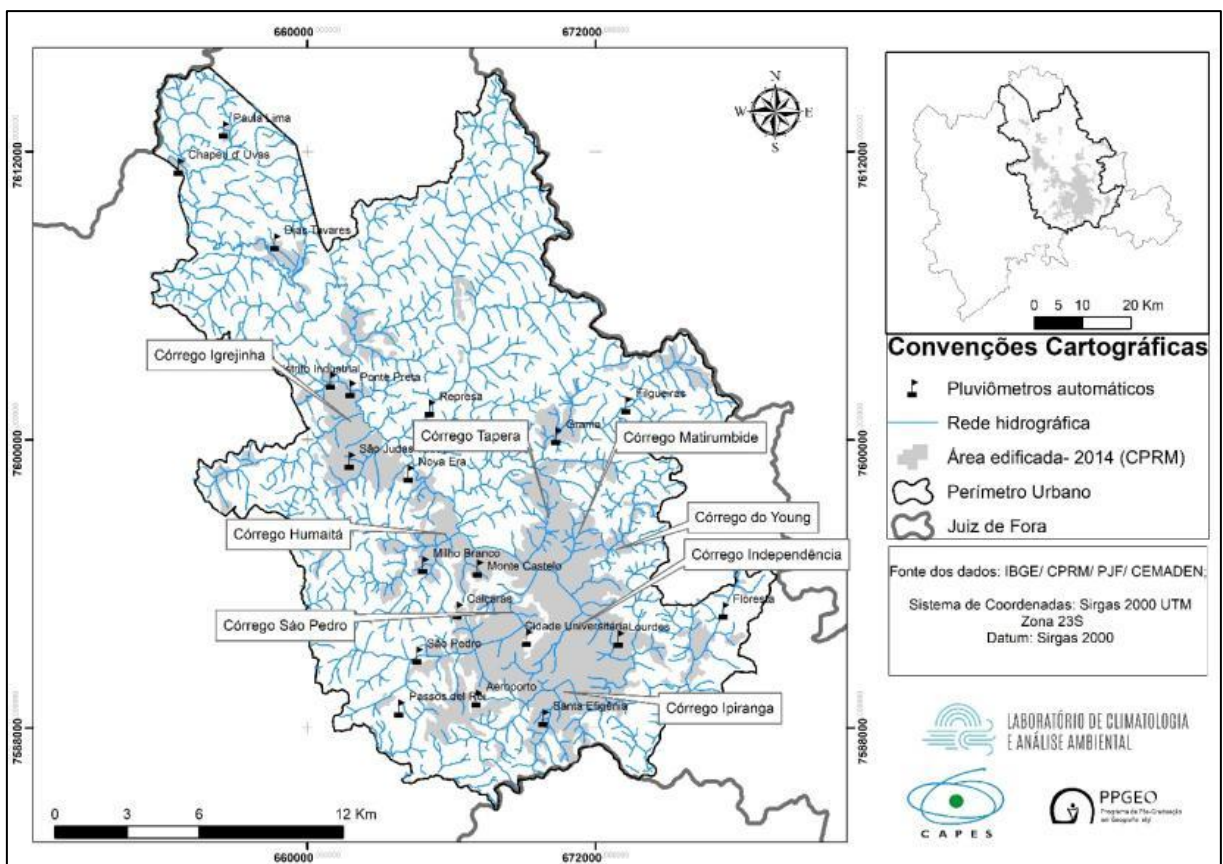
Além disso, foram levantados os dados de precipitação a partir da base de dados do CEMADEN (<http://www.cemaden.gov.br/mapainterativo/#>), para a investigação da intensidade e distribuição das chuvas no perímetro urbano em intervalos horários e por minutos. Com isso, o evento extremo foi selecionado com base no conjunto de dados da estação meteorológica convencional (vinculada ao INMET e localizada no Campus da UFJF - Figura 03) e posteriormente os dados dos pluviômetros automáticos do



CEMADEN, Figura 05, foram organizados e tabulados em intervalos de 10 minutos e horários para a data do evento selecionado.

Para a análise da gênese do evento, foi feito o levantamento das cartas sinóticas da Marinha do Brasil para a data escolhida através de solicitação ao órgão. Foi feito ainda o levantamento das imagens de satélite GOES 13, disponíveis a partir do site do CPTEC/INPE (<http://satelite.cptec.inpe.br/acervo/goes.formulario.logic?i=br>).

**Figura 05:** Pluviômetros automáticos do CEMADEN na área urbana de Juiz de Fora- MG



Fonte: Organizado pelos autores.

A segunda etapa do trabalho se deu a partir da aplicação dos percentis que consiste em dividir o conjunto de dados em 100 partes e a partir disso, pode-se estabelecer os intervalos de interesse. No caso das precipitações, o percentil 95 representa que 5% dos valores estão acima deste e apontando os eventos de elevada intensidade, já o percentil 99 representa que apenas 1% dos dados ultrapassam este valor, sendo então eventos extremos ao longo da série.

Pretende-se com o auxílio da técnica dos percentis investigar a distribuição da intensidade das chuvas do ponto de vista histórico, a partir das classes de intensidade estabelecidas por esta técnica. Para a categorização da precipitação diária, os percentis 95 (P95) e o 99 (P99) são considerados como eventos intensos e extremos, respectivamente, sendo calculados a partir dos dados de precipitação em 24 horas, desconsiderando os totais inferiores a 1 mm, no software EXCEL 2013.

O evento extremo foi selecionado a partir da técnica do percentil 99, que fora calculado no período de 1980 a 2018, e a seleção do evento extremo foi realizada a partir do conjunto de dados disponibilizados pelo CEMADEN (Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais) no período posterior a Dezembro de 2013.

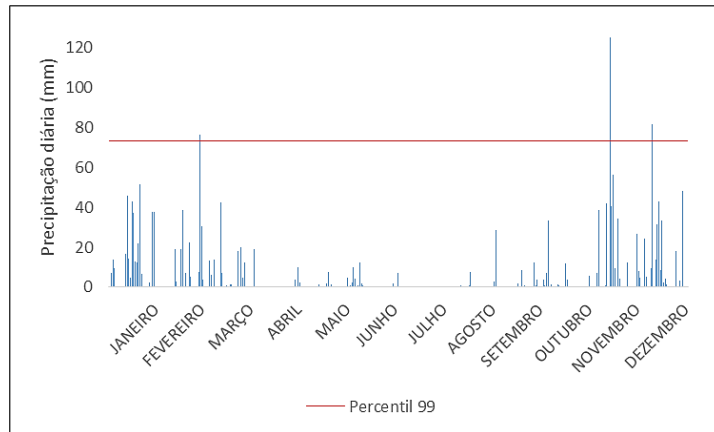
A partir da seleção da data a ser estudada de forma mais específica quanto a gênese do fenômeno e aos impactos, foram feitas, na terceira etapa, pesquisas sobre os impactos para a data em questão nos veículos de mídia. Para tanto foram feitas pesquisas nos principais jornais online do município, sendo eles o Jornal Tribuna de Minas (<https://tribunademinas.com.br/>) e o Portal G1 - Zona da Mata (<https://g1.globo.com/mg/zona-da-mata/>).

Após o levantamento dos pontos de impactos, na quarta etapa, foi feita a espacialização dos dados de precipitação a partir da utilização do interpolador IDW-Ponderação pelo Inverso da Distância, através do software Arcgis<sup>R</sup> 10.3. Além dos mapas, foram feitos gráficos de total de impactos por região urbana a fim de compará-los às regiões urbanas de maior total pluviométrico identificado para a data selecionada.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

O percentil 99 calculado para os dados de precipitação diária em Juiz de Fora entre 1980-2018 foi de 73,5 mm, com base nesse valor, o evento extremo selecionado foi identificado em 2016. Nesse ano, considerado chuvoso de acordo com Oliveira *et al.* (2020), ocorreram três eventos extremos: um em 27 de fevereiro, estudado por Oliveira *et al.* (2016), outro em 12 de novembro, analisado por Oliveira *et al.*, (2019) e outro em 9 de dezembro, objeto de estudo no presente trabalho.

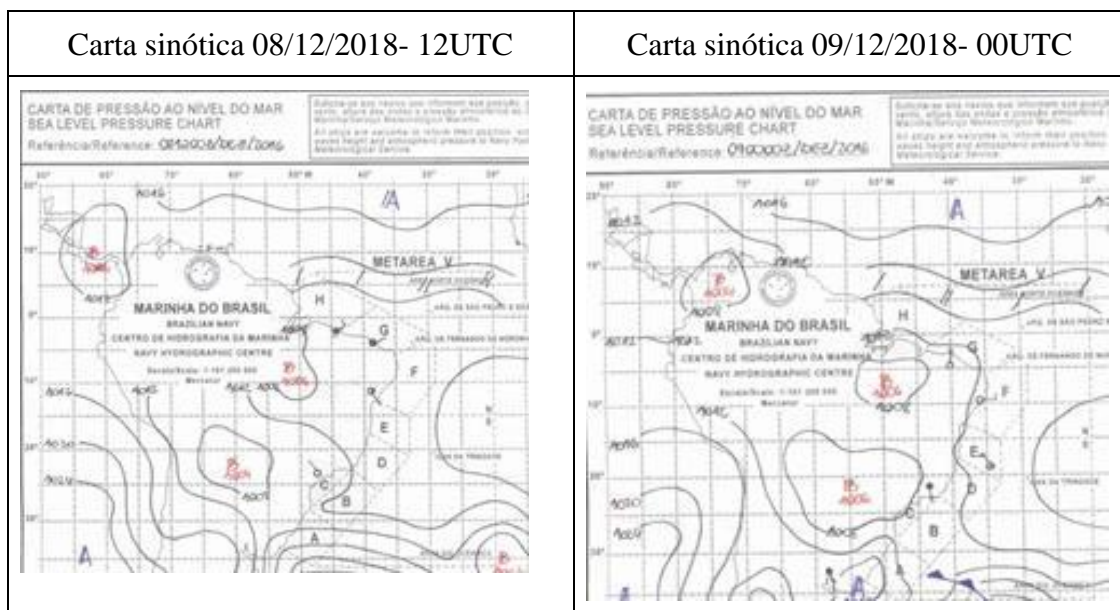
**Figura 06:** Precipitação total diária em Juiz de Fora- MG no ano de 2016



Fonte: Organizado pelo autor.

Com base nas cartas sinóticas observou-se que a região estava sob influência de uma Zona de Convergência do Atlântico Sul-ZCAS até o dia 07 de dezembro de 2016, a partir de então ela perde força na região. Enquanto isso, nos dias 8 e 9 de dezembro centros de baixa pressão ainda indicavam uma circulação atmosférica do interior do continente, sobretudo da região amazônica em direção às regiões Sudeste e Sul do Brasil, associadas ao avanço de outro sistema frontal pelo litoral do sudeste (Figura 07).

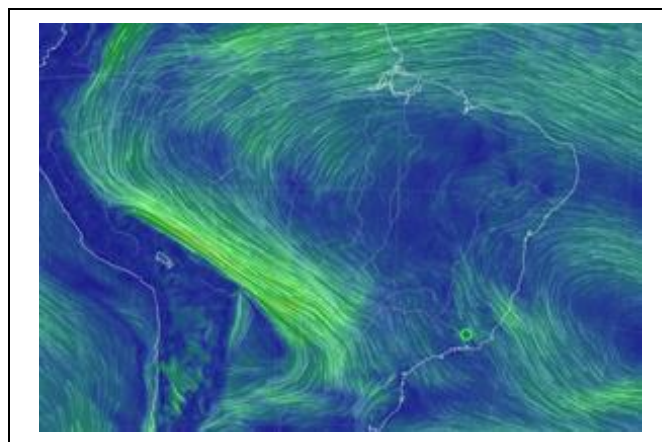
**Figura 07:** Carta sinótica em 08 e 09 de dezembro de 2016.



Fonte: Marinha do Brasil.

A figura 08, demonstra o escoamento dos Jatos de Baixos Níveis (JBN) convergindo com a circulação do Anticiclone Semifixo do Atlântico Sul (ASAS), intensificando o escoamento dos ventos, no sentido do interior do continente para o oceano atlântico, sobre a região Sudeste. Essa circulação atmosférica indica fornecimento de umidade para o sudeste do Brasil, influenciando a ocorrência de eventos extremos nessa região do país, situação comum no período do Verão, conforme já destacado por Monteiro (1999), Cavalcanti (2012).

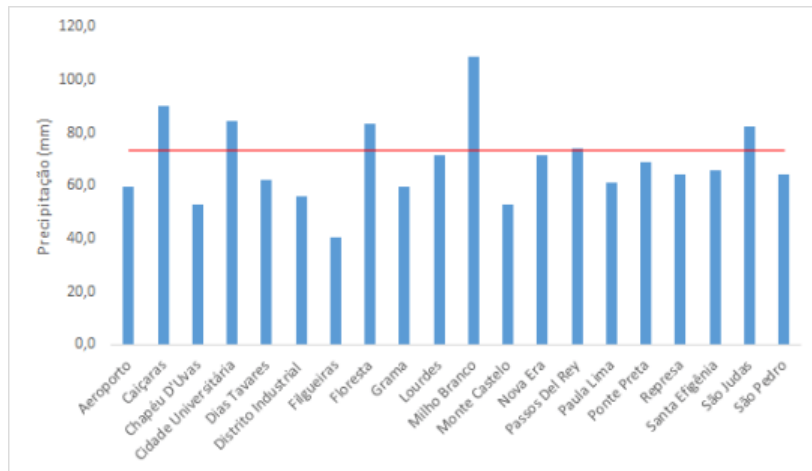
**Figura 08:** Circulação de ventos a 850 hPA em 09/12/2016 - 12 UTC.



Fonte: EarthNullScholl.net.

Em Juiz de Fora, no dia 09/12/2016, dentre os vinte pontos de coleta observados no perímetro urbano, apenas cinco pontos tiveram total diário superior ao percentil 99 (Figura 09). Os pluviômetros do Caiçaras, Cidade Universitária, Floresta, Milho Branco e São Judas. O pluviômetro do Milho Branco teve o maior total pluviométrico diário, com 108,8 mm e o pluviômetro com o menor total foi o do bairro Filgueiras com 40,3 mm.

**Figura 09:** Precipitação total diária coletada nos pluviômetros do CEMADEN

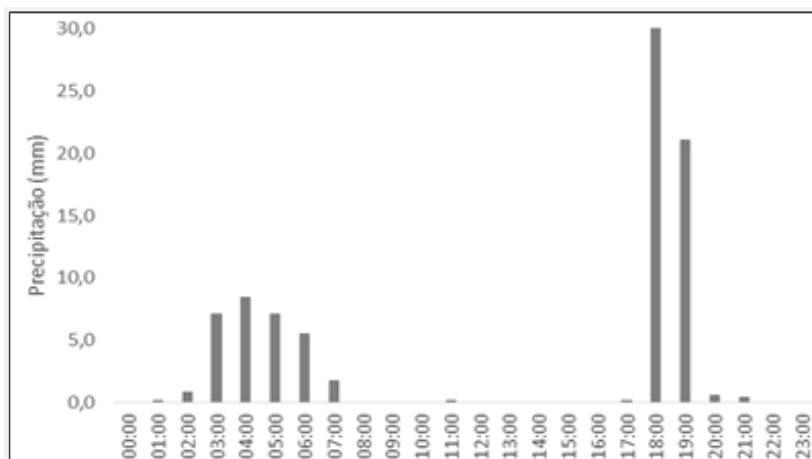


Fonte: CEMADEN. Organizado pelos autores.

### As chuvas de 09/12/2016: distribuição horária e impactos em Juiz de Fora

Na estação meteorológica do CEMADEN, localizada no campus Universitário, ao lado da estação do INMET, observa-se que o total pluviométrico de 83,4 mm do dia 09/12/2016, se distribuiu em 13 horas do dia. Os totais foram mais elevados entre 03 e 07 da manhã e entre as 18 e 20 horas, nesse último período foram 52 mm em duas horas (Figura 10).

**Figura 10:** Precipitação horária em Juiz de Fora, no posto Cidade Universitária.



Fonte: CEMADEN.

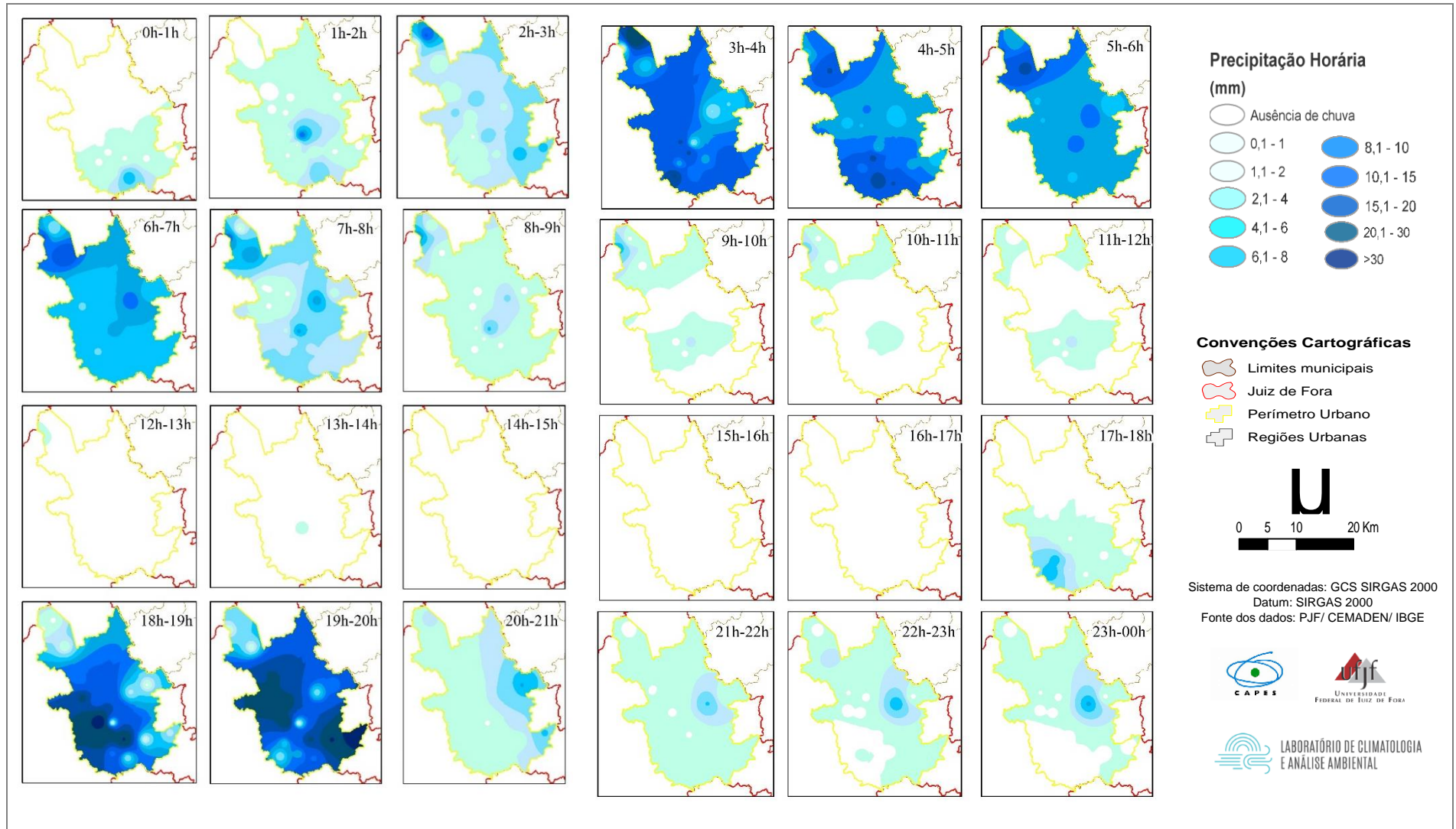
Segundo os dados horários destacados na figura 11 observa-se que o evento

pluviométrico se inicia entre as 0:00 h – 1:00 h persistindo até o intervalo das 13:00 h – 14:00 h. Dentre esse intervalo citado, entre as 3:00 h e às 7:00 h os registros foram mais significativos e, também, registro de precipitação ao longo de todo perímetro urbano do município. Para o intervalo entre das 3:00 h - 5:00 h houve registros mais expressivos de precipitação, como os visualizados na porção noroeste do perímetro urbano no intervalo entre 3:00 h - 4:00 h (>30 mm).

Verifica-se ainda volumes entre 15,1 – 20 mm nas porções noroeste, oeste, sudoeste e sudeste do perímetro urbano para o intervalo entre 3:00 h – 4:00 h; na porção norte e sul no intervalo entre 4:00 h – 5:00 h; na porção norte no intervalo 5:00 h – 6:00 h e na porção norte no intervalo entre 6:00 – 7:00 h. Entre às 12:00 – 17:00 h não houve registro de precipitação com registro identificados novamente entre as 17:00 h – 23:00 h. Para o intervalo em questão, a precipitação inicia na porção norte e noroeste com maiores deslocando-se no intervalo das 18:00 h – 19:00 h ao longo da porção noroeste e o oeste e no intervalo das 19:00 – 20:00 h em dois núcleos mais significativos nas porções oeste e sudeste do perímetro urbano de Juiz de Fora.

Observa-se, portanto, que os intervalos mais significativos de precipitação registrados no município (perímetro urbano de Juiz de Fora) foram entre as 18:00 h – 20:00 h. Além de valores mais significativos registrados, observa-se maior porção com maiores valores registrados ao longo de todo perímetro considerando os demais intervalos de 1:00 h ao longo do dia estudado. Uma importante consideração a ser feita sobre a concentração horária do evento em menores intervalos temporais refere-se à capacidade de escoamento da água pluvial na área urbana devido à maior taxa de impermeabilização do solo.

**Figura 11: Mapa de espacialização horária das chuvas do dia 09/12/2016**

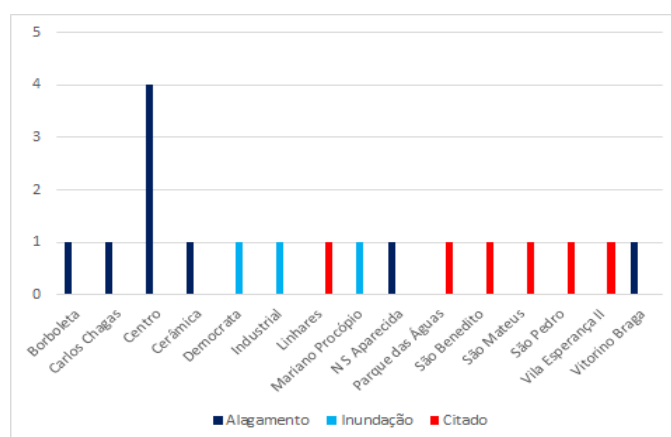


Fonte: Organizado pelos autores.

É pertinente ressaltar que a concentração horária da precipitação delinea possíveis cenários frente aos impactos. Uma vez que, a persistência das condições atmosféricas, pluviométricas e da intensidade das chuvas em um curto intervalo de tempo se estabelece, tanto a população quanto entidades governantes municipais devem ter capacidade de respostas que, quando não tardias, podem refletir da prevenção de impactos mais significativos.

Segundo as informações levantadas através dos veículos de mídia consultados (Figuras 12 e 13), identificou-se registros de alagamento, inundações e citações (registro de impacto sem especificação de sua natureza, como alagamento ou movimentos de massa por exemplo). A figura 12 apresenta o total de impactos e a natureza dos impactos registrados no dia 09/12/2016 para as regiões urbanas (R.U.) atingidas.

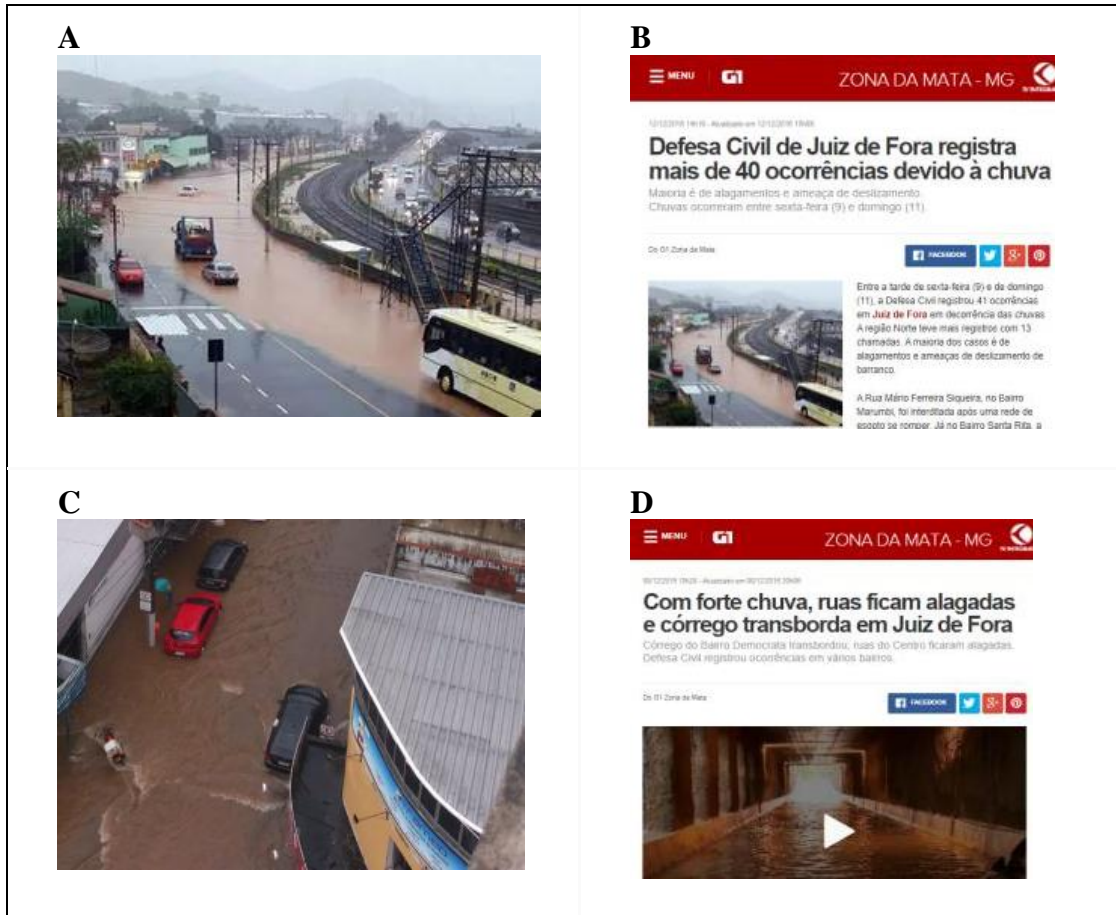
**Figura 12:** Total de impactos registrados por bairro impactado.



Organizado pelos autores



**Figura 13:** Reportagens sobre os impactos das chuvas no município de Juiz de Fora - MG. A - Avenida Olavo Bilac - Cerâmica; B - Manchete da reportagem do G1; C - Rua Silva Jardim - Centro; D - Manchete da Reportagem do G1.



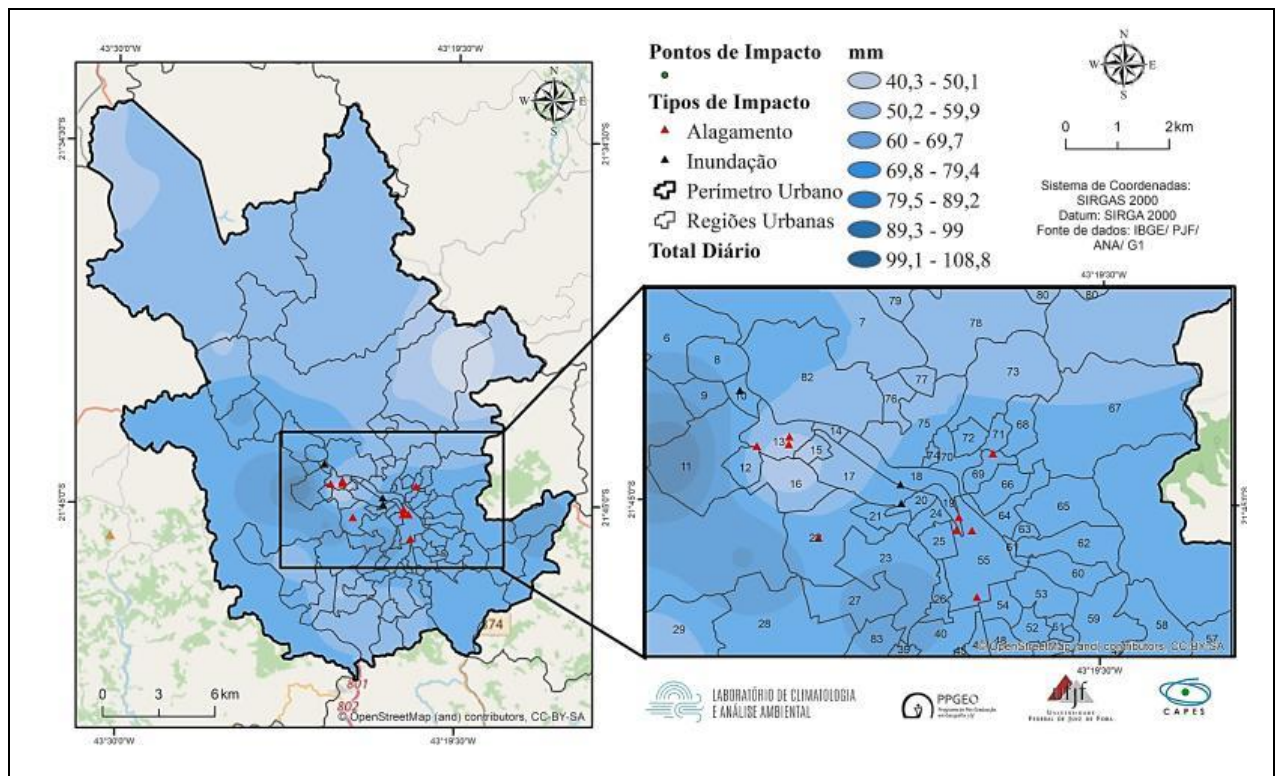
Fonte: Organizado pelos autores

A figura 14 apresenta a espacialização dos impactos segundo sua característica (alagamento e inundações) com suas respectivas referências espaciais por RU identificadas no quadro. Observa-se que na RU Centro houve o maior total de registro, totalizando 4 registros de impactos sendo todos alagamentos. As regiões urbanas Borboleta, Carlos Chagas, Cerâmica, N.S. Aparecida e Vitorino Braga apresentaram 1 registro de alagamento cada um. As RUs Democrata, Industrial e Mariano Procópio obtiveram 1 registro de inundação cada um.

Dentre as RUs com registro de citação sem referência exata do tipo de impacto destacam-se as RUs Linhares, Monte Castelo (Parque das Águas), São Benedito, São Mateus, São Pedro e Benfica (Vila Esperança II).

Durante o evento em tela observa-se que no bairro com maior total pluviométrico, Milho Branco, tem suas águas drenadas pelo córrego Humaitá que nesse caso inundou no bairro Industrial, localizado a jusante do Milho Branco. Esta ocorrência também se repetiu na bacia do córrego São Pedro que observou totais pluviométricos elevados nos pluviômetros de Passos Del Rey; Caiçaras; Cidade Universitária e os impactos das inundações foram observados também a jusante nos bairros Democrata (RU Fábrica) e RU Mariano Procópio (Figura 05).

**Figura 14:** Espacialização do total diário de precipitação, bem como os impactos observados



Ref.	R.U.	R.P.	Ref.	R.U.	R.P.	Ref.	R.U.	R.P.
6	Barbosa Lage	Centro Oeste	25	Santa Helena	Centro	64	Vitorino Braga	Leste
7	Remonta	Centro Oeste	26	Paineiras	Centro	65	Santa Cândida	Leste
8	Joquei Clube	Centro Oeste	27	Martelos	Oeste	66	Grajaú	Leste
9	Jardim Natal	Centro Oeste	28	São Pedro	Oeste	67	Linhares	Leste
10	B. Industrial	Centro Oeste	29	Cruzeiro do Santo Antônio	Oeste	68	Santa Rita de Cássia	Leste
11	Francisco Bernardino	Centro Oeste	40	São Mateus	Centro	69	Nossa Senhora de Aparecida	Leste
12	Carlos Chagas	Centro Oeste	45	Mundo Novo	Centro	70	Monuel Honório	Leste
13	Cerâmica	Centro Oeste	48	Bom Pastor	Centro	71	Bonfim	Leste
14	São Dimas	Centro Oeste	51	Furtado de Menezes	Sudeste	72	Bairu	Leste
15	Esplanada	Centro Oeste	52	Vila Ozanan	Centro	73	Progresso	Leste
16	Monte Castelo	Centro Oeste	53	Poço Rico	Centro	74	Cenjenário	Nordeste
17	Fábrica	Centro	54	Grambery	Centro	75	Santa Terezinha	Nordeste
18	Mariano Procópio	Centro	55	Centro	Centro	76	Eldorado	Nordeste
19	Morro da Glória	Centro	58	Santo Antônio do Paraibuna	Sudeste	77	Bom Clima	Nordeste
20	Santa Catarina	Centro	59	B. Lourdes	Sudeste	78	Bandeirantes	Nordeste
21	Vale do Ipê	Centro	60	Costa Carvalho	Sudeste	79	Granjas Bethânea	Nordeste
22	Borboleta	Oeste	61	Botanágua	Leste	80	Gramma	Nordeste
23	Morro do Imperador	Oeste	62	São Bernardo	Leste	82	Sem Informação	-
24	Jardim Glória	Centro	63	Cesário Alvim	Leste	83	Sem Informação	-

Fonte: Organizado pelos autores.

Com base no registro dos impactos deflagrados pelo evento de 09/12/2016, observa-se que estes foram mais numerosos nas regiões Centro-Oeste, Oeste e Centro. Nessas regiões de planejamento os totais pluviométricos foram também mais elevados.

### **A precipitação em intervalos de 10 minutos em Juiz de Fora: no período entre 17 e 21 horas**

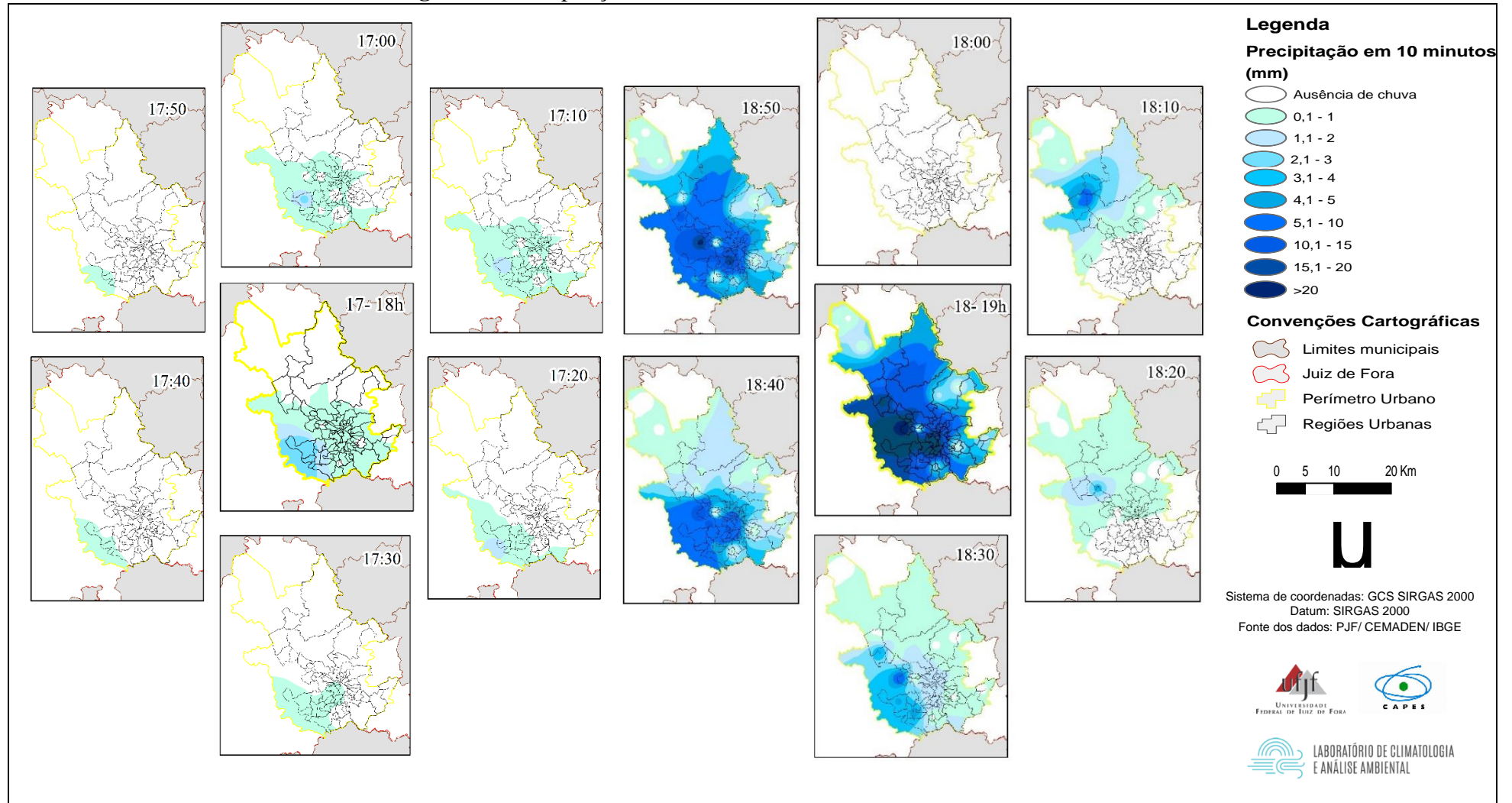
Avaliando as chuvas no período entre 17 e 21 horas do dia 09/12/2016, observa-se que o intervalo de maior detalhamento dos dados, intervalos de 10 minutos, demonstrou a intensa variabilidade temporal e espacial das chuvas no perímetro urbano de Juiz de Fora. Na figura 15 (17-19h) observa-se que a partir das 17 horas começou a chover no perímetro urbano de Juiz de Fora, nos setores Sul, Oeste e Centro-Oeste do município, porém os totais nesse período foram inferiores a 6 mm.

A figura 15 permite a leitura no sentido horário, com as chuvas de 17 horas seguindo até as 17:50 no lado “a” e reiniciando às 18 horas no lado “b” da figura. Seguindo para a figura 16, iniciando novamente no lado “a” no horário das 19 horas, seguindo até 19:50 no lado “a” da figura 16 e no lado “b” os dados reiniciam às 20 horas. Sendo que no centro da figura em ambos os lados encontra-se o total pluviométrico da hora que está sendo representada.

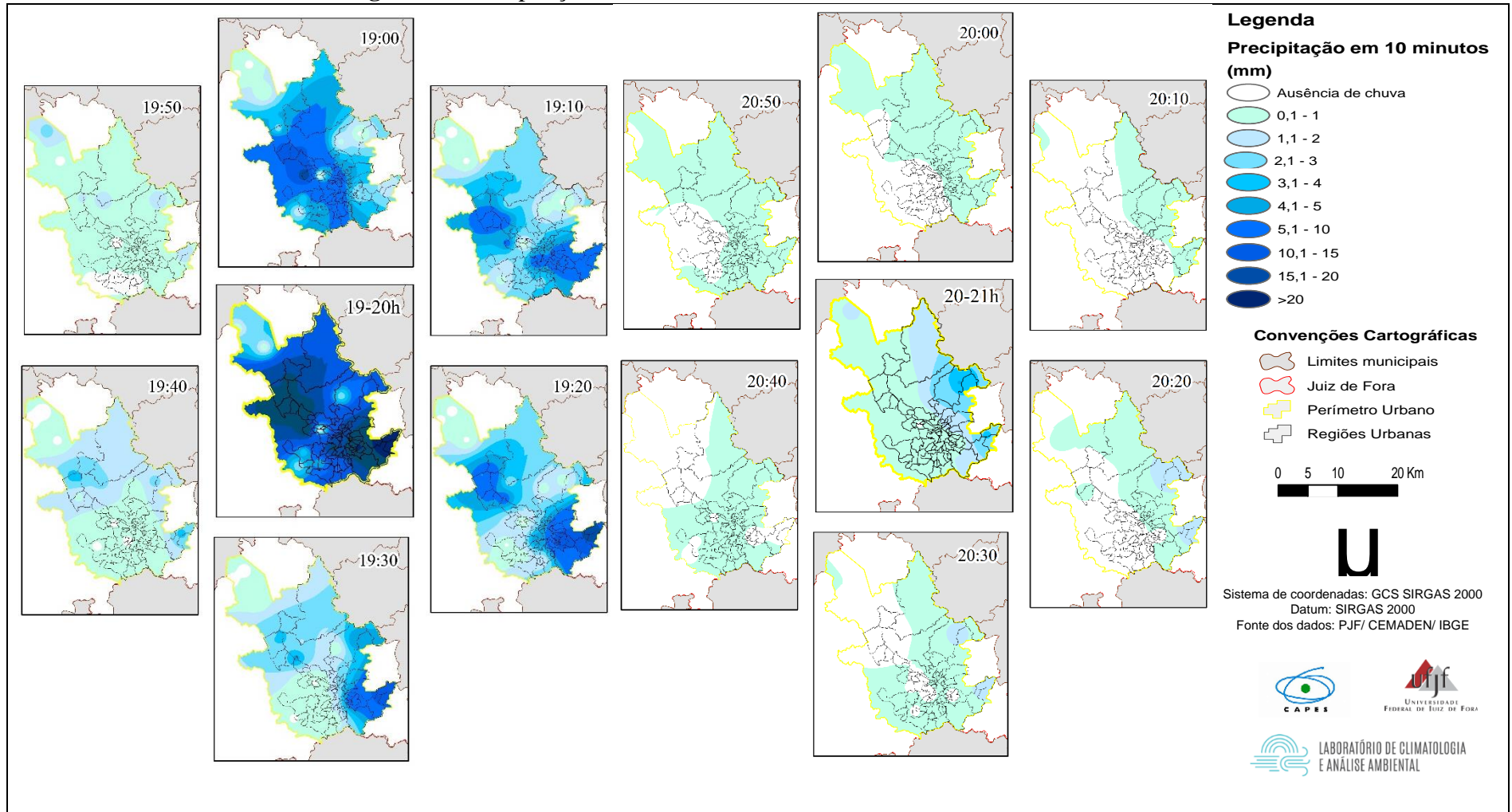
Às 18 horas a precipitação cessou e voltou a cair a partir das 18:10 a partir da região Norte do perímetro urbano e se intensificando nos setores Centro-Oeste, Oeste e

Sul, setores com os maiores totais pluviométricos. A partir das 18:30 a precipitação se intensificou nesses setores do perímetro urbano até as 19:30 (figuras 15 e 16). Além disso, no setor sudeste a chuva se intensificou a partir das 19 horas, atingindo 40 mm até as 19:30, no pluviômetro localizado no bairro Floresta.

**Figura 15:** Precipitação em intervalos de 10 minutos entre 17 e 19 horas



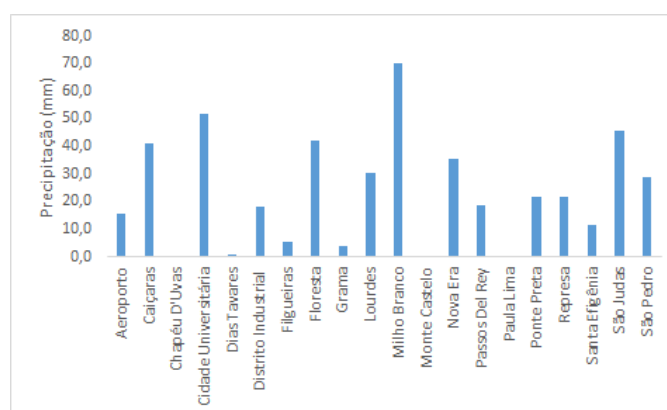
**Figura 16:** Precipitação em intervalos de 10 minutos entre 19 e 21 horas.



Fonte: Organizado pelo autor.

A chuva se intensificou entre 18:30 e 19:30 sendo que em alguns pontos atingiu 70 mm nessa 1 hora, como no pluviômetro do Milho Branco. Além desse pluviômetro, outros também coletaram totais elevados nessa hora, como Caiçaras, Cidade Universitária, Floresta, Nova Era e São Judas. A partir das 20 horas a chuva perdeu intensidade e ficou restrita aos setores Sudeste, Leste e Nordeste do perímetro urbano.

**Figura 17:** Precipitação entre 18:30 e 19:30 nos postos pluviométricos

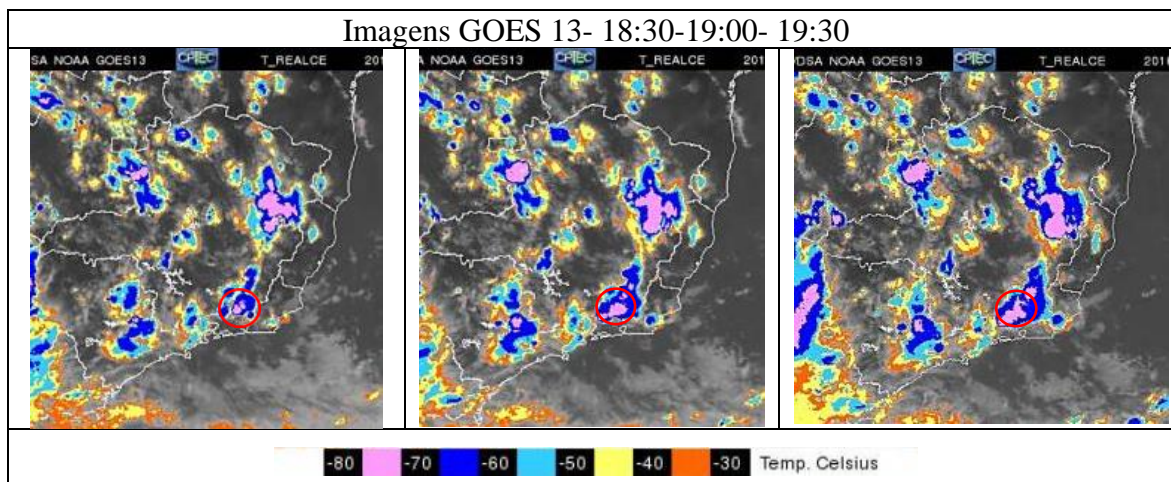


Fonte: Organizado pelo autor.

Observa-se que o setor Nordeste do perímetro urbano de Juiz de Fora teve os totais pluviométricos menos intensos ao longo do dia, com 59,5 mm no bairro Gramma e 40,3 mm no Filgueiras, sendo que quando observados os totais horários, a precipitação nesse setor tinha menor intensidade, fato também observado por Oliveira et al (2019) no evento extremo de 12/11/2016.

No período em que a precipitação caiu de forma mais intensa na cidade, entre 18:30 e 19:30, verifica-se a formação de uma intensa célula de convecção, com temperatura no topo das nuvens atingindo os  $-70^{\circ}\text{C}$ , indicando a intensidade da chuva nesse período do dia (Figura 18). Em alguns pontos, como no pluviômetro do Milho Branco, a chuva atingiu totais superiores a 20 mm em 10 minutos.

**Figura 18:** Imagens GOES-13 Realçada



Fonte: CPTEC/INPE.

Com isso, cabe destacar a complexidade da investigação dos eventos extremos de precipitação em áreas urbanas, uma vez que as técnicas estatísticas são normalmente aplicadas aos totais pluviométricos diários, pois os dados são mais acessíveis, porém como pode ser visualizado no presente trabalho a distribuição horária das chuvas é demasiado irregular no tempo e no espaço.

Dessa forma, é necessário um olhar cuidadoso das entidades governamentais municipais quanto à distribuição de equipamentos medidores do volume pluviométrico tanto quanto o intervalo de persistência dos eventos contínuos e suas intensidades. Considerando que a concentração pluviométrica em unidades de tempo curta são potencialmente danosas à estrutura física da cidade, apenas com a correta medição é possível identificar a distribuição das chuvas ao longo do município e, assim, identificar as áreas mais ou menos afetadas por eventos extremos de chuvas; identificar os elementos geográficos do clima que influenciam na intensidade e distribuição das chuvas no município de Juiz de Fora, sobretudo no perímetro urbano onde concentra a maior parcela da população juiz-forana; as áreas mais/menos atingidas por impactos, ainda que não sejam as áreas mais atingidas pelas chuvas, tendo em vista que, o sistema de drenagem urbana interliga-se entre as regiões urbanas, o que, por sua vez, reflete na ocorrência de impactos originários em outras localidades da cidades.

Ademais, o cuidadoso levantamento dos impactos das chuvas ao longo do município é de extrema valia para identificação dos tipos de impactos (alagamento,



enxurradas, movimentos de massa etc.) por região urbana em função da intensidade e persistência das chuvas para ser possível pensar medidas de mitigação, adaptação e resiliências apropriadas a população de cada região urbana segundo suas especificidades ambientais e sociais.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A escolha da data para a investigação desse estudo de caso perpassou a aplicação da técnica do percentil 99, além da disponibilidade de dados dos pluviômetros automáticos do CEMADEN, eventos mais recentes poderiam ter sido eleitos a partir do percentil 99, no entanto falhas na coleta de dados do CEMADEN inviabilizaram a investigação destes, a partir dessa proposta em escala de detalhe.

Com isso, destaca-se a importância da rede de coleta de dados dos elementos climáticos, para além da precipitação. Haja vista que produtos de modelagens são fundamentais e importantes para os estudos climáticos, no entanto tem limitações com questões de resolução temporal e espacial e necessitam de suporte nos dados observados em superfície para sua validação.

A técnica dos percentis permitiu identificar a partir da série histórica eventos pluviométricos extremos, dessa forma a aplicação do percentil 99 revela 1% dos totais pluviométricos, sendo estes os que possuem os maiores potenciais de deflagraram impactos nas cidades.

O evento de 09/12/2016 foi caracterizado por uma circulação de ventos oriundos do interior do Brasil, sobretudo da região Amazônica, intensificados pela circulação do Anticiclone Semifixo do Atlântico Sul, sendo que o evento extremo ocorreu no dia posterior a desconfiguração de uma Zona de Convergência do Atlântico Sul-ZCAS na transição para um sistema frontal que passara a atuar no litoral do Sudeste.

Com base nos dados horários foi possível visualizar que o total pluviométrico diário não se distribui de maneira equitativa ao longo do dia, havendo assim extremos de precipitação até ao longo do dia, como os 43,8 mm em 1 hora registrados no pluviômetro do Milho Branco. Além disso, atingindo a escala temporal de maior detalhe possível, com 10 minutos, observou-se um total de 21,7 mm em 10 minutos, no mesmo pluviômetro.

Dito isso, deve-se destacar estes valores de intensidade precipitados sob espaços impermeabilizados e tendo o escoamento superficial como caminho preferencial, essas

águas demandarão sobremaneira os sistemas de drenagem urbana. Com isso, a ocorrência de alagamentos e inundações é o resultado esperado nessas áreas a partir das alterações na drenagem dos córregos como canalização e retificação, que em vez de evitarem a ocorrência dos impactos, como as inundações, apenas os transfere para jusante, na medida em que aceleram a velocidade do fluxo do canal. Fato observado nos córregos Humaitá e São Pedro que inundaram bairros a jusante dos pontos onde a precipitação foi mais elevada.

Portanto, deve-se destacar a importância dos estudos em escala horária e em minutos dos eventos mais intensos (e, portanto extremos) de chuva, para auxiliar na implementação de medidas de drenagem urbana que visem o escoamento pluvial, na medida em que o comportamento das chuvas admite uma intensa variabilidade no tempo e no espaço como fora observado no evento analisado.

## REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, A. **Os domínios de natureza do Brasil**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2013.
- ASSIS, D. C. **O comports termo associado às variáveis de cobertura da terra na região central de Juiz de Fora-MG**. Dissertação de mestrado (em Geografia), Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Juiz de Fora, 2016. Disponível em: < <https://repositorio.ufjf.br/jspui/handle/ufjf/3090>>.
- BORSATO, V. **A dinâmica climática do Brasil e massas de ares**. Curitiba-PR:CRV, 2016.
- CAMPOS, T. L. O. B.; MOTA, M. A. S.; SANTOS, S. R. Q. Eventos extremos de precipitação em Belém-PA: uma revisão de notícias históricas de jornais. **Revista Ambiente e Água**. V. 10. N. 1. P. 182-194, 2015. Disponível em < [https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1980-993X2015000100182&script=sci\\_abstract&tlng=pt](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1980-993X2015000100182&script=sci_abstract&tlng=pt)>.
- CAVALCANTI, I.F.A.; FERREIRA, N.J.; DA SILVA, M.G.A.J.; SILVA DIAS, M.A.F. **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.
- CAVALCANTI, I. F. A. Large scale and synoptic associated with extreme precipitation over South America: a review and case studies for the first decade the 21<sup>st</sup> century. **Atmospheric Research**, 118, p. 27-40, 2012.
- COSTA, T.O.; WOLLMANN, C.A. Eventos de precipitação extrema e impactos meteorológicos na bacia hidrográfica do Igarapé Cereja, área urbana de Bragança- PA durante o inverno amazônico de 2014. **Revista do Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo**. Volume especial, 2016, p. 51-69. Disponível em: < <https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/115686>>.
- GALVANI, E. e AZEVEDO, T.R. A Frente Polar Atlântica e as características de tempo associadas: Estudo de caso. Textos do Laboratório de Climatologia e Biogeografia – Departamento de Geografia / FFLCH / USP – Série TA – Texto 018 disponível em: <http://www.geografia.ffe.ch.usp.br/inferior/laboratorios/lcb/az/TA018.pdf>, 2012.

- GERALDO, W. M. J. **A reestruturação urbana pós-fordista de Juiz de Fora.** Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal Fluminense, Instituto de Geociências, Niterói, 271 f, 2014.
- GOUDARD, G. **Eventos naturais extremos e riscos hidrometeorológicos híbridos na bacia do Alto Iguaçu.** Dissertação de Mestrado (em Geografia), Programa de Pós-Graduação em Geografia, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, 2019.
- LOUREIRO, R. S.; SARAIVA, J. M.; SARAIVA, I.; SENNA, R. C.; FREDÓ, A. S. Estudo dos eventos extremos de precipitação ocorridos em 2009 no estado do Pará. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 29, n. especial, p. 83-94, 2014.
- MARENGO, J. A.; ALVES, L. M.; AMBRIZZI, T.; YOUNG, A.; BARRETO, N. J. C.; RAMOS, A. M. Trends in extreme rainfall and hydrogeometeorological disaster in the Metropolitan Area of São Paulo: a review. **Annals of the New York Academy of Sciences**. 2020.
- MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e Clima Urbano.** IG06- USP, 1976. (Série Teses e Monografias n. 25).
- MONTEIRO, C. A. F. **Clima e excepcionalismo:** conjecturas sobre o desempenho da atmosfera como fenômeno geográfico. Florianópolis: Editora da UFSC, 1991.
- MONTEIRO, C. A. F. **O estudo geográfico do clima.** Cadernos Geográficos, Departamento de Geografia, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina Florianópolis, 1999.
- MONTEIRO, J. B. **Desastres naturais no estado do Ceará:** uma análise de episódios pluviométricos extremos. Tese de Doutorado (em Geografia), Programa de Pós-Graduação do Departamento de Geografia. Universidade Federal do Ceará- UFC, 2016.
- MONTEIRO, J. B.; ZANELLA, M. E. A metodologia dos máximos de precipitação aplicada ao estudo de eventos extremos diários nos municípios de Crato, Fortaleza e Sobral-CE. **Revista Geotextos**, v. 13, n. 2, p. 135-159, 2017.
- OLIVEIRA, T. A.; TAVARES, C. M. G.; FERREIRA, C. C.M. Impactos da precipitação no espaço urbano de Juiz de Fora- MG: Repercussões das chuvas de Fevereiro de 2016 nos veículos de mídia. **Anais ...**, Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica-SBCG, Goiânia, 2016.
- OLIVEIRA, T. A.; TAVARES, C.M.G.; FERREIRA, C.C.M.; SANCHES, F. Eventos Extremos no município de Juiz de Fora: Análise das características e da espacialidade do evento de 12/11/2016. **Anais...**, XIII Encontro Nacional de Pós Graduação e Pesquisa em Geografia (ENANPEGE), São Paulo, 2019.
- OLIVEIRA, T. A.; TAVARES, C. M. G.; SANCHES, F.; FERREIRA, C. C. M. Variabilidade pluviométrica no município de Juiz de Fora no período de 1910-2018: investigação a partir da técnica do Box plot. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 26, 2020, p. 457-478. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/70194>>.
- OLIVEIRA, D. E. **Participação dos sistemas atmosféricos na gênese e ritmos das chuvas na bacia hidrográfica do Rio Preto MG/RJ.** Dissertação de mestrado (em geografia), Instituto de Ciências Humanas- ICH, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2016.
- PAZ, C. M. V.; SANCHES, F. O.; FERREIRA, R. V. Chuvas em Uberaba: em estudo sobre a ocorrência de eventos extremos. **Revista Entre- Lugar**, v. 10 , nº 20,

2019. Disponível em: < <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/entre-lugar/article/view/10278/5585>>.

- PIMENTEL, F. O. **Clima Urbano: o uso de modelos geoespaciais na investigação do conforto térmico em Juiz de Fora-MG**. Dissertação de mestrado (em Geografia), Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Juiz de Fora, 2017.
- PINHEIRO, G. M. **Variabilidade têmporo-espacial da pluviosidade na bacia do Alto Iguaçu**. Tese de Doutorado (em Geografia), Curso de Pós-Graduação em Geografia, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, 2016.
- PRISTO, M. V. J.; DERECHYNSKI, C. P.; SOUZA, P. R.; MENEZES, W. F. Climatologia das chuvas extremas no município do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**. V. 33. V. 2, p. 615-630, 2018.
- REBOITA, M. S.; RODRIGUES, M.; SILVA, L. F.; ALVES, M. A. Aspectos climáticos do estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Climatologia**, V. 17, Ano 11, p. 206-226, 2015. Disponível em: < <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/41493>>.
- RODRIGUES, A. S. R. **Atuais dinâmicas socioespaciais: a habitação em Juiz de Fora-MG**. Dissertação de mestrado (em Geografia), Programa de Pós Graduação em Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2005.
- SANT'ANNA NETO, J. L. Decálogo de climatologia do Sudeste Brasileiro. **Revista Brasileira de Climatologia**, V. 1, N. 1, p. 43- 60, 2005.
- SANTOS, V. J.; FIALHO, E. S. Zona de convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e impactos pluviais intensos: o caso da cidade de Ubá-MG. **Revista Brasileira de Climatologia**, V. 19, Ano 12, p. 218-238, 2016. Disponível em: < <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/35684>>.
- SOUZA, L. A. **A produção desigual do espaço urbano de Juiz de Fora: a ocupação vila Barroso**. Dissertação de mestrado (em Geografia), Programa de Pós Graduação em Geografia, Instituto de Ciências Humanas, Universidade Federal de Juiz de Fora, 2016.
- VALVERDE, M. C.; CARDOSO, A. O.; BRAMBILA, R. O padrão de chuvas na região do ABC Paulista: os extremos e seus impactos. **Revista Brasileira de Climatologia**, V. 22, Ano 14, p. 165-187, 2018. Disponível em: < <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/45929/35032>>.
- WANDERLEI, L. S. A.; NOBREGA, R. S.; MOREIRA, A. B.; ANJOS, R. S.; ALMEIDA, C. A. P. As Chuvas na cidade do Recife: uma climatologia dos extremos. **Revista Brasileira de Climatologia**, V. 22, Ano 14, p. 149-164, 2018. Disponível em: < <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/56034/34877>>.
- ZANELLA, M. E. Impactos pluviais no bairro Cajuru- Curitiba- PR. Mercator- Revista de Geografia da UFC, vol. 6, n. 11, 2007, pp.93-105. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Brasil. Disponível em <<https://www.redalyc.org/pdf/2736/273620627010.pdf>>.