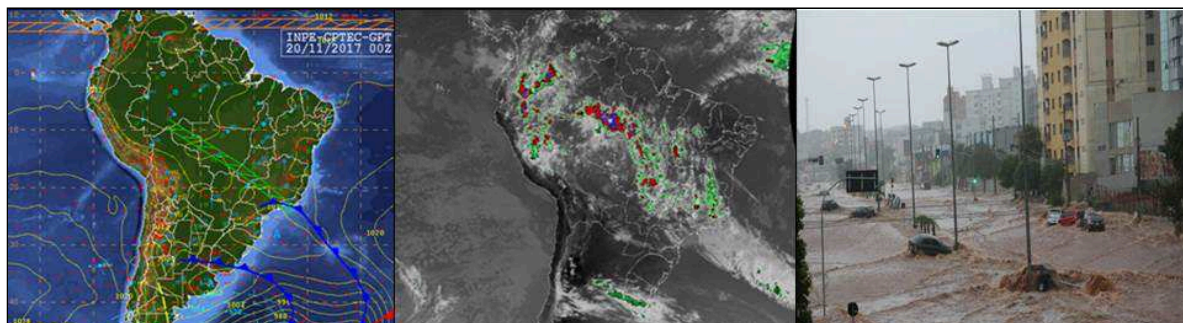


UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO GEOGRAFIA E GESTÃO DO TERRITÓRIO

EDUARDO SOARES LEITE



**SISTEMAS ATMOSFÉRICOS, PRECIPITAÇÕES INTENSAS E IMPACTOS NA
CIDADE DE UBERLÂNDIA – MG**



UBERLÂNDIA/MG

2019

EDUARDO SOARES LEITE

SISTEMAS ATMOSFÉRICOS, PRECIPITAÇÕES INTENSAS E IMPACTOS NA CIDADE
DE UBERLÂNDIA – MG

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Uberlândia (PPGEO/UFU), como exigência parcial à obtenção do título de mestre em Geografia.

Área de concentração: Geografia e Gestão do Território.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Cezar Mendes

UBERLÂNDIA/MG
INSTITUTO DE GEOGRAFIA
2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

L533s Leite, Eduardo Soares, 1995-
2019 Sistemas atmosféricos, precipitações intensas e impactos na cidade
de Uberlândia - MG [recurso eletrônico] / Eduardo Soares Leite. - 2019.

Orientador: Paulo Cezar Mendes.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,
Programa de Pós-Graduação em Geografia.

Modo de acesso: Internet.

Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2019.608>

Inclui bibliografia.

1. Geografia. 2. Precipitação (Meteorologia) - Uberlândia (MG). 3.
Chuvas - Uberlândia (MG). 4. Defesa civil - Uberlândia (MG). I.
Mendes, Paulo Cezar, 1972- (Orient.) II. Universidade Federal de
Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Geografia. III. Título.

CDU: 910.1

Gerlaine Araújo Silva - CRB-6/1408



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Programa de Pós-Graduação em Geografia

IG

EDUARDO SOARES LEITE

SISTEMAS ATMOSFÉRICOS, PRECIPITAÇÕES INTENSAS E
IMPACTOS NA CIDADE UBERLÂNDIA – MG

Professor Dr. Paulo Cezar Mendes - UFU

Professor Dr. Rildo Aparecido Costa – FACIP - UFU

Professor Dr. Rafael de Ávila Rodrigues – UFG – Catalão - GO

Data: 07/02 de 2019

Resultado: Aprovado

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço minha família, meu pai José Leite Filho, minha finada mãe, Nildes Soares Muniz Leite e minha irmã Marília Soares Leite por todo apoio, carinho e amor dado, não só nestes últimos dois anos, mas durante toda a minha trajetória de vida.

À minha namorada, Thamires Aparecida Alves e toda a sua família, por sempre me apoiar e me acolher nos bons e maus momentos em Uberlândia.

Ao Prof. Dr. Paulo Cezar Mendes, pelo companheirismo, ensinamentos, conselhos e, principalmente pela importante orientação para desenvolvimento dessa pesquisa.

Aos meus grandes amigos João, Lucas Rafael, Lucas França, Tulio, Felipe por todas as conversas, ajudas, pelos desabafos e pelos bons momentos vividos nos últimos anos em Uberlândia e em Monte Carmelo.

Aos colegas de Laboratório de Climatologia e Recursos Hídricos, em especial a Prof^a Dra. Camila Carpenedo, Prof. Dr. Luiz Antônio de Oliveira e colegas Eduardo e Samuel, que sempre se dispuseram para auxiliar em meu trabalho e na minha trajetória acadêmica.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ), pelo apoio financeiro da pesquisa, através da bolsa de estudos.

Aos professores, colegas e profissionais do Instituto de Geografia que contribuíram para o desenvolvimento da minha trajetória acadêmica.

Enfim, a todos que contribuíram de alguma forma para o desenvolvimento desse trabalho.

A todos sou profundamente grato.

Admitindo-se que a Geografia, em linhas gerais, seja a ciência ou o ramo do saber que estuda as relações entre a sociedade e a natureza, é natural que se admita que a mesma e o geógrafo tenham compromissos maiores com a sociedade. Isto porque a sociedade atua sobre a natureza, transformando-a e possibilitando a formação de uma nova natureza que não é idêntica à primitiva, mas que guarda algumas características da mesma, aglutinadas a novas qualidades.

(Andrade, 1993)

RESUMO

As problemáticas que envolvem as chuvas e rajadas de ventos são consideradas elementos primordiais nas análises referentes ao Sistema Climático Urbano das cidades brasileiras, sejam elas relacionadas a melhoria da qualidade do ar ou pelas consequências socioambientais geradas pelas precipitações intensas e vendavais. Neste contexto, este estudo objetivou analisar a dinâmica dos sistemas atmosféricos responsáveis pelos eventos meteorológicos impactantes na cidade de Uberlândia (MG). Para tanto, foram realizadas coletas e interpretação de cartas sinóticas, análise do arranjo das precipitações e das rajadas de vento, interpretação e sistematização de ocorrências da Defesa Civil, descrição de notícias e reportagens de mídias locais. Os dados obtidos demonstraram que o comportamento das chuvas intensas é fortemente condicionado pelo ritmo da sucessão dos Sistemas Frontais e das Zonas de Convergência do Atlântico Sul, principalmente no período chuvoso, que varia de Outubro a Março. Os impactos evidenciados pelas ocorrências da Defesa Civil se concentraram nas áreas que tiveram suas respostas hidrológicas alteradas, sobretudo ao longo dos canais de drenagem urbana. Sobre as quedas de árvores e danos nas edificações, elas, em sua maioria, foram frutos de rajadas de vento produzidas, principalmente, durante a aproximação e instalação dos sistemas frontais. Este estudo apontou ainda que as precipitações e rajadas de vento registradas que causaram impactos na cidade estão dentro do limite da normal climática regional, assinalando que os impactos gerados por eles estão mais relacionados a forma de desenvolvimento e ordenamento da cidade Uberlândia (MG), que não consideram, em sua plenitude, a dinâmica climática local.

PALAVRAS-CHAVE: Sistemas Atmosféricos, Precipitações Intensas, Impactos Pluviométricos, Defesa Civil, Uberlândia – MG.

ABSTRACT

The problems involving rains and gusty winds are considered the main elements in the analysis referring to the Urban Climate System from Brazilian cities, whether related to the improvement of air quality or the social and environmental consequences generated by intense precipitations and gales. In this context, this study aimed to analyze the dynamics of atmospheric systems responsible for impacting meteorological events in the city of Uberlândia (MG). Therefore, collection and interpretation of synoptic charts, analysis of the precipitation and wind gusts arrangement, interpretation and systematization of Civil Defense occurrences, news description and local media features were used. The data obtained showed that the behavior of heavy rains is strongly conditioned by the succession rhythm of Frontal Systems and Convergence Zones from the South Atlantic, mainly in the rainy season, which varies from October to March. The impacts evidenced by the occurrences of Civil Defense are concentrated in the areas that had their hydrological responses altered, especially along the urban drainage waterways. About the tree fallings and damage in the buildings, most of them were the result of wind gusts produced mainly during the approach and installation of frontal systems. This study also pointed out that the recorded precipitations and gusts of wind that caused impacts in the city are within the limit of the normal regional climate, noting that the impacts generated by them are more related to the form of development and planning of the city Uberlândia (MG), which do not fully consider the local climate dynamics.

KEY WORDS: Atmospheric Systems, Intense Precipitation, Pluviometric Impacts, Civil Defense, Uberlândia - MG.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Relação entre risco, ameaça e vulnerabilidade	43
Figura 2: Uberlândia (MG) – Mapeamento dos locais de risco segundo o Plano Preventivo de Emergência Pluviométrica (PEP) 2015/2016.....	46
Figura 3: Legenda do mapa das áreas de risco segundo o Plano Preventivo de Emergência (PEP) 2015/2016	47
Figura 4: Atuação da ZCAS no Brasil no dia 20/11/2017.....	55
Figura 5: Atuação do Sistema Frontal na região Sudeste no dia 01/06/2017.....	59
Figura 6: Evolução e formação de uma zona de instabilidade sobre a Mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba a partir da associação entre a ZCAS e o SF.....	61
Figura 7: Legenda para Análise Sinótica.....	79
Figura 8: Fluxograma da etapa de levantamento e análise dos eventos pluviométricos.....	80
Figura 9: Uberlândia (MG) - Estragos na Av. Rondon Pacheco após as chuvas de Dezembro de 1986	90
Figura 10: Uberlândia (MG) – Impactos pluviométricos nas Avenidas A – Rondon Pacheco; B – Minervina Cândida; C – Anselmo Alves dos Santos; D – Antônio Thomaz de Rezende, 2013	94
Figura 11: Comportamento Atmosférico do Episódio Pluviométrico do dia 08/12/2012 a 17/12/2012.....	110
Figura 12: Comportamento Atmosférico do Episódio Pluviométrico do dia 29/05/2013 a 03/06/2013.....	113
Figura 13: Comportamento Atmosférico do Episódio Pluviométrico do dia 22/11/2014 a 30/11/2014.....	116
Figura 14: Comportamento Atmosférico do Episódio Pluviométrico do dia 31/12/2014 a 05/01/2015.....	118
Figura 15: Comportamento Atmosférico do Episódio Pluviométrico do dia 07/03/2016 a 14/03/2016.....	121
Figura 16: Comportamento Atmosférico do evento pluviométrico do dia 10/12/2012	124
Figura 17: Uberlândia (MG) – Repercussão da mídia acerca do evento pluviométrico do dia 10/12/2012.....	131
Figura 18: Comportamento Atmosférico do evento pluviométrico do dia 29/05/2013	134
Figura 19: Uberlândia (MG) – Repercussão da mídia acerca do evento pluviométrico do dia 29/05/2013.....	139
Figura 20: Comportamento Atmosférico do evento pluviométrico do dia 22/11/2014	142
Figura 21: Uberlândia (MG) – Repercussão da mídia em relação ao aumento das chuvas no mês de Novembro de 2014.....	147
Figura 22: Comportamento Atmosférico do evento pluviométrico do dia 03/01/2015	150
Figura 23: Uberlândia (MG) – Quedas de árvores e impactos na rede de distribuição de energia.	155

Figura 24: Uberlândia (MG) – Repercussão da mídia em relação ao evento pluviométrico do dia 03/01/2015.	156
Figura 25: Comportamento Atmosférico do evento pluviométrico do dia 12/03/2016	159
Figura 26: Uberlândia – MG. Foto mostrando inundação em residência no Bairro Morumbi.	162
Figura 27: Uberlândia (MG) – Repercussão da mídia em relação ao evento pluviométrico do dia 12/03/2016.	165

LISTA DE MAPAS

Mapa 1: Localização do Perímetro Urbano e Hidrografia de Uberlândia – MG	65
Mapa 2: Uberlândia – MG: Evolução da mancha urbana entre os anos de 1984 a 1990	88
Mapa 3: Uberlândia – MG: Evolução da mancha urbana entre os anos de 2000 a 2010	91
Mapa 4: Uberlândia (MG) – Mapa das ocorrências atendidas pela Defesa Civil durante o evento pluviométrico do dia 10/12/2012	128
Mapa 5: Uberlândia (MG) – Mapa das ocorrências atendidas pela Defesa Civil durante o evento pluviométrico do dia 29/05/2013	137
Mapa 6: Uberlândia (MG) – Mapa das ocorrências atendidas pela Defesa Civil durante o evento pluviométrico do dia 22/11/2014	146
Mapa 7: Uberlândia (MG) – Mapa das ocorrências atendidas pela Defesa Civil durante o evento pluviométrico do dia 03/01/2015	154
Mapa 8: Uberlândia (MG) – Mapa das ocorrências atendidas pela Defesa Civil durante o evento pluviométrico do dia 12/03/2016	163

LISTA DE CARTOGRAMAS

Cartograma 1: Precipitação estimada por satélite na Mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba do dia 10/12/2012 às 17h	126
Cartograma 2: Precipitação estimada por satélite na Mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba do dia 22/11/2014 às 18h	143
Cartograma 3: Precipitação estimada por satélite na Mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba do dia 03/01/2015 às 16h	152
Cartograma 4: Precipitação estimada por satélite na Mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba do dia 12/03/2016 às 21h	161

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Sistema Clima Urbano (SCU)	72
Quadro 2: Teste de Kruskal-Wallis* para intensidade da precipitação diária por tipo de ocorrência.	104
Quadro 3: Teste de Kruskal-Wallis* para intensidade da precipitação máxima horária por tipo de ocorrência.....	105
Quadro 4: Teste de Kruskal-Wallis* para intensidade de rajadas de vento máxima por tipo de ocorrência.	106
Quadro 5: Eventos pluviométricos selecionados e seus produtos.	122

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Categorização dos dados	83
Tabela 2: Uberlândia (MG) - Crescimento populacional urbano, 2010	86
Tabela 3: Uberlândia - MG: Eventos pluviométricos impactantes, 2012-2016	97
Tabela 4: Ritmo Atmosférico dos Eventos Pluviométricos Impactantes, 2012-2016.....	101
Tabela 5: Uberlândia (MG) – Bairros afetados durante o evento pluviométrico do dia 10/12/2012.....	130
Tabela 6: Uberlândia (MG) – Bairros afetados durante o evento pluviométrico do dia 10/12/2012.....	138
Tabela 7: Uberlândia (MG) – Bairros afetados durante o evento pluviométrico do dia 22/11/2014.....	145
Tabela 8: Uberlândia (MG) – Bairros afetados durante o evento pluviométrico do dia 03/01/2015.....	153
Tabela 9: Uberlândia (MG) – Bairros afetados durante o evento pluviométrico do dia 12/03/2016.....	164

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Evolução da população residente urbana e rural no Brasil (1940-2010)	29
Gráfico 2: Uberlândia (MG) – Número de ocorrências atendidas pela Defesa Civil durante os anos de 2012 a 2016.	47
Gráfico 3: Climograma do município de Uberlândia (MG), 1981-2018.....	68
Gráfico 4: Uberlândia – MG: Eventos Pluviométricos e Ocorrências da Defesa Civil, 2012-2016	98
Gráfico 5: Uberlândia – MG: Precipitações horárias máximas, rajadas de vento máximas e ocorrências da Defesa Civil, 2012-2016.....	99

Gráfico 6: Ocorrências da Defesa Civil, 2012-2016	100
Gráfico 7: Dinâmica e Ritmo Atmosférico do SF e ZCAS na produção de eventos pluviométricos impactantes	102
Gráfico 8: Distribuição mensal dos eventos pluviométricos impactantes, 2012-2016.....	103
Gráfico 9: Uberlândia (MG) - Comportamento das chuvas e dos ventos para o episódio pluviométrico do dia 08/12/2012 a 16/12/2012	109
Gráfico 10: Uberlândia (MG) – Comportamento das chuvas e dos ventos para o episódio pluviométrico do dia 29/05/2013 a 03/06/2013	112
Gráfico 11: Uberlândia (MG) – Comportamento das chuvas e dos ventos para o episódio pluviométrico do dia 22/11/2014 a 30/11/2014	115
Gráfico 12: Uberlândia (MG) – Comportamento das chuvas e dos ventos para o episódio pluviométrico do dia 31/12/2014 a 05/01/2015	119
Gráfico 13: Uberlândia (MG) – Comportamento das chuvas e dos ventos para o episódio pluviométrico do dia 07/03/2013 a 14/03/2016	122
Gráfico 14: Uberlândia (MG) - Distribuição das chuvas e rajadas de vento do dia 10/12/2012	125
Gráfico 15: Principais impactos deflagrados pelas ocorrências da Defesa Civil durante o evento pluviométrico do dia 10/12/2012	127
Gráfico 16: Uberlândia (MG) – Distribuição das chuvas e rajadas de vento no dia 29/05/2013	133
Gráfico 17: Uberlândia (MG) – Principais impactos deflagrados pelas ocorrências da Defesa Civil durante o evento pluviométrico do dia 29/05/2013	135
Gráfico 18: Uberlândia (MG) - Distribuição das chuvas e rajadas de vento do dia 22/11/2014	141
Gráfico 19: Uberlândia (MG) – Principais impactos deflagrados pelas ocorrências da Defesa Civil durante o evento pluviométrico do dia 22/11/2013	144
Gráfico 20: Uberlândia (MG) - Distribuição das chuvas e rajadas de vento do dia 03/01/2015	149
Gráfico 21: Uberlândia (MG) – Principais impactos deflagrados pelas ocorrências da Defesa Civil durante o evento pluviométrico do dia 03/01/2015	151
Gráfico 22: Uberlândia (MG) - Distribuição das chuvas e rajadas de vento do dia 12/03/2016	158
Gráfico 23: Uberlândia (MG) – Principais impactos deflagrados pelas ocorrências da Defesa Civil durante o evento pluviométrico do dia 12/03/2016	160

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
2. REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO.....	20
2.1 Das Origens à Climatologia Dinâmica.....	20
2.2 Urbanização e o Clima Urbano.....	28
2.3 A relação Chuva/Cidade.....	33
2.4 Eventos Pluviométricos Extremos.....	38
2.5 Clima e Defesa Civil.....	40
2.6 A Dinâmica Atmosférica da Mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba.....	48
2.7 Os Principais Sistemas Produtores de Instabilidade Meteorológica em Uberlândia (MG). 54	
3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	62
3.1 O clima de Uberlândia – MG.....	66
4. MATERIAIS E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	70
4.1 O Sistema Clima Urbano (S.C.U.).....	70
4.2 O Componente Hidrometeorológico.....	74
4.3 Etapas Operacionais.....	75
4.4 Estatística.....	82
5. RESULTADOS.....	84
5.1 Contexto Clima-Urbano de Uberlândia – MG.....	84
5.2 Eventos Pluviométricos Impactantes, Sistemas Atmosféricos e Ocorrências da Defesa Civil.....	96
5.3 Análise Estatística, Precipitações Intensas, Rajadas de vento e Ocorrências da Defesa Civil.....	104
5.4 Episódios Pluviométricos e Dinâmica Atmosférica.....	107
5.4.1 Episódio pluviométrico do dia 08/12/2012 a 16/12/2012.....	107
5.4.2 Episódio Pluviométrico do dia 29/05/2013 a 03/06/2013.....	111
5.4.3 Episódio Pluviométrico do dia 22/11/2014 a 30/11/2014.....	114
5.4.4 Episódio pluviométrico do dia 31/12/2014 a 05/01/2015.....	117
5.4.5 Episódio pluviométrico do dia 07/03/2016 a 14/03/2016.....	119
5.5 Eventos Extremos, Dinâmica Atmosférica, Dinâmica Urbana e Ações da Defesa Civil	122
5.5.1 Evento pluviométrico do dia 10/12/2012.....	122
5.5.2 Evento Pluviométrico do dia 29/05/2013.....	132
5.5.3 Evento Pluviométrico do dia 22/11/2014.....	140
5.5.4 Evento Pluviométrico do dia 03/01/2015.....	148

5.5.5 Evento Pluviométrico do dia 12/03/2016.....	157
6. CONCLUSÕES.....	166
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	172
8. REFERÊNCIAS.....	174

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, a facilidade de acesso à inovações científicas e tecnológicas destinadas as análises climáticas, têm possibilitado um aumento progressivo no entendimento das inter-relações entre o clima e as atividades humanas. Apesar destes avanços, uma grande parcela da população urbana continua vulnerável aos fenômenos climáticos, sobretudo aqueles de maior magnitude.

Nas cidades, as contínuas alterações ambientais têm desenvolvido um espaço cada vez mais artificializado e desprotegido às grandes variações atmosféricas. Essas alterações, não raramente, estão influenciando na dinâmica dos ventos, temperatura, precipitações e umidade relativa do ar, potencializando a ocorrência de problemáticas socioambientais urbanas.

Nas últimas décadas o processo de formação das cidades esteve muito mais atrelado à reprodução econômica do espaço urbano do que com a constituição de um ambiente equilibrado. A rapidez da urbanização gerou a formação de um espaço pouco protegido e vulnerável frente aos fenômenos climáticos extremos, sobretudo nos países em desenvolvimento.

É nesse sentido que,

A expansão da urbanização em países de economia transicional (ou emergente) se dá como uma série de forma que são inadequadas à sua própria funcionalidade, criando paisagens em que sua população mais pobre acaba por ser a maior prejudicada, independente da existência ou não de planejamento urbano e instrumentos legais (SIMAS, 2017, p. 12).

A urbanização brasileira ocorreu vertiginosamente em menos de 30 anos, a população urbana saltou de 31% para mais de 50% em relação à população rural no país (IBGE, 2018). Esse processo ocasionou um inchaço populacional nos principais centros urbanos do país, caracterizados pelo elevado adensamento e impermeabilização do solo, retificação e canalização dos cursos d'água e crescente substituição de áreas verdes por áreas construídas. Com isso, uma série de fenômenos, tais como, inundações, ilhas de calor, poluição do ar e

desabamentos passaram a fazer parte do cotidiano dos cidadãos brasileiros, se intensificando ano após ano e agravando negativamente as condições da vida citadina.

Nos últimos anos, esses problemas também vêm se agravando nas cidades médias, tendo como causas principais o modelo de crescimento e a deficiência de infraestrutura somada à problemática dos resíduos sólidos urbanos. Além disso, cabe destacar a especulação imobiliária como agravante dessa situação, ao favorecer, na maioria dos casos um ordenamento territorial urbano segregado e estruturado a partir dos interesses políticos e econômicos locais.

Esse contexto de expansão urbana coloca em evidência a perda do equilíbrio dinâmico da vida nas cidades e a formação de espaços fragilizados. Segundo Sporl e Ross (2004), esse desequilíbrio ambiental nas cidades ocorre na medida em que o modo de vida humano se espalha e altera os componentes naturais do espaço geográfico, provocando quebras no comportamento e constituindo espaços suscetíveis aos impactos.

De acordo com Monteiro (1976), no Brasil, apesar da escassez de precipitações também repercutir negativamente nas cidades, são os aguaceiros gerados pelas chuvas concentradas, o problema de especial interesse no país. Ainda, conforme Zanella (2009), os impactos das precipitações constituem-se problemas sérios, tendo em vista os recorrentes impactos gerados por eventos de maior magnitude, em especial aqueles relacionados às inundações urbanas.

O estudo dos impactos pluviais concentrados nas cidades tropicais tem se destacado pelas recorrentes consequências sociais e econômicas proveniente da precariedade ou mesmo da falta de adequação da infraestrutura urbana. Dessa forma, identificar e entender a dinâmica atmosférica durante o período chuvoso é de suma importância para subsidiar os órgãos públicos com informações sobre a espacialização da precipitação (ZANELLA, 2012, p. 1179).

Frequentemente no Brasil os meios de comunicação abordam notícias que envolvem os impactos hidrológicos/pluviais. Na maioria dos casos os impactos pluviais estão

relacionados ao uso intenso e à desorganização do solo. Inúmeros estudos realizados no país demonstram que o crescimento da população e a ocupação inadequada das cidades aumentaram a exposição da sociedade frente às precipitações concentradas. Isso pode ser muito bem observado nos trabalhos de Monteiro (1976), Brandão (2001), Mendes (2001), Gonçalves (2003), Zanella (2006), Maia (2007) e Mendonça (2012).

A respeito dos impactos pluviais, é importante salientar que um dos principais problemas é a fragilidade da infraestrutura do escoamento pluvial. Tucci e Marques (2001) destacam que a impermeabilização do solo nas cidades impacta diretamente a dinâmica de drenagem pluvial e fluvial urbana. A drenagem natural, quando substituída por canais artificiais, provoca o aumento na extensão das áreas impermeáveis e compromete a quantidade de infiltração das águas pluviais, acarretando inúmeros problemas hidrológicos.

Não diferente deste contexto, a cidade de Uberlândia - MG sofre anualmente com episódios pluviométricos impactantes em sua malha urbana. Estudos ali realizados têm apontado que esse quadro possui relação estreita com seu modelo de crescimento, que a tornou frágil e vulnerável às precipitações concentradas.

Como apontado por Leite e Mendes (2017), dentre os anos de 2013 a 2016, a Defesa Civil de Uberlândia atuou em mais de 1.700 (mil e setecentas) ocorrências relacionadas às chuvas. Em sua maioria, elas estiveram relacionadas aos aguaceiros (pontos de alagamento e inundação de residências), quedas de árvores, destelhamentos e danos à rede elétrica. Do mesmo modo, Mendes (2001) e Silva (2013) levantaram inúmeros episódios pluviométricos que causaram prejuízos materiais e econômicos na cidade desde o final do século passado. Ambos os autores associaram as problemáticas às chuvas concentradas e à existência de uma infraestrutura urbana deficitária, somada à problemas de ordem ambiental, relacionados ao acúmulo de lixo e entulho em locais inadequados.

Segundo Monteiro (1990), a vulnerabilidade urbana perante os fenômenos climáticos extremos está muito mais associada à situação socioeconômica da população do que aos aspectos geoecológicos do sítio (clima, relevo, drenagem, etc). Deste modo, as características morfológicas, dos materiais de superfície e o modo de ocupação humana são os principais elementos que definem a fragilidade dos espaços.

A identificação das áreas mais vulneráveis da cidade, somada à compreensão da dinâmica climática/atmosférica causadoras das excepcionalidades climáticas, tem possibilitado às cidades a adoção de medidas de prevenção frente às problemáticas socioambientais.

É nessa perspectiva que o conhecimento da dinâmica atmosférica constitui-se um importante componente dentro da organização das atividades humanas. Para Nimer (1966) a análise climática de uma determinada localidade não ocorre sem passar pelo entendimento dos sistemas atmosféricos atuantes naquela região.

Um exemplo dessa importância é a utilização, sobretudo nos grandes centros urbanos de um sistema de monitoramento climático que faz uso de imagens de satélites, radar meteorológico, estações de superfície que buscam principalmente produzir um sistema de informação que subsidiem ações de planejamento voltadas à edificação de ambientes mais resistentes às intempéries climáticas.

Promover um planejamento urbano adequado às variações atmosféricas e dotar as cidades com uma infraestrutura completa para evitar problemas não é uma tarefa simples e ágil. Entender a importância do comportamento atmosférico/climático associado aos impactos urbanos pode ser um dos caminhos para minimizar esses problemas.

Nesse sentido, a problemática desta pesquisa apoia na relação entre o modo de vida urbano — enquanto um projeto de desenvolvimento socioeconômico — e fenômenos atmosféricos extremos.

Dadas essas premissas, a delimitação do problema se apoia nos seguintes questionamentos:

É possível traçar uma relação entre os sistemas atmosféricos atuantes em Uberlândia e as ações da Defesa Civil?

Existe um padrão de correlação diária e, até mesmo horária, entre aproximação e instalação de um sistema atmosférico sobre a cidade e o desencadeamento de impactos?

Baseado nesses questionamentos, este estudo objetiva analisar a dinâmica dos sistemas atmosféricos responsáveis pelos eventos meteorológicos impactantes na cidade de Uberlândia (MG) no período de 2012 a 2016. Este estudo busca ainda investigar possíveis correlações entre os sistemas atmosféricos, precipitações intensas e ações da defesa civil, identificar o arranjo espacial das chuvas no espaço urbano, sintetizar informações dos episódios pluviométricos extremos do período de análise e mapear as áreas de vulnerabilidade.

Para tanto, este trabalho será organizado em 7 capítulos:

A Introdução, com apresentação da temática a ser trabalhada, as propostas, os objetivos da pesquisa e suas justificativas.

O Referencial Teórico Conceitual, que apresenta uma análise bibliográfica referente ao tema proposto (Clima e Cidade/ Chuva e Cidade/ Clima Urbano/ Clima e Defesa Civil/ Dinâmica Atmosférica).

A Caracterização da Área de Estudo, tópico reservado para a exposição da área trabalhada e descrição do clima local.

Os Materiais e Metodologia utilizada para o desenvolvimento da pesquisa, bem como o roteiro de abordagem.

Análise e discussão, que apresenta os resultados da investigação pertinente à interrelação da dinâmica dos sistemas atmosféricos atuantes em Uberlândia, distribuição espacial das precipitações, impactos decorrentes e ações da Defesa Civil.

Por fim, as conclusões e considerações finais, que apresentam o fechamento do trabalho, resumindo as informações mais pertinentes, a importância desse estudo, bem como, as dificuldades encontradas e perspectivas futuras.

2. REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO

A Geografia, sobretudo a Climatologia Geográfica, possui valor imensurável dentro da formação, organização e das vivências do cotidiano da sociedade humana, como muito bem atenta-nos Monteiro:

Ora, a base de qualquer estudo sobre as condições presentes de um território e suas possibilidades no futuro, repousa, necessariamente na geografia, em cujo domínio ressalta a importância do “clima”, elemento fundamental no estudo geográfico da produção (1951, p. 3).

Durante o desenvolvimento da Ciência Geográfica, o clima se caracterizou como um elemento definidor do espaço geográfico. Deste modo, inúmeras concepções dentro da temática homem/clima surgiram e fornecem uma ampla bibliografia.

O Referencial Teórico-Conceitual desta dissertação apresenta relação direta com a temática colocada em questão e busca demonstrar as principais variáveis dentro da relação Clima/Cidade.

Para uma melhor organização e entendimento da pesquisa, fez-se necessário dividir esta seção em sete partes: a primeira, destinada a uma retrospectiva da Ciência Climatológica até a chegada do novo paradigma dinâmico; a segunda, destinada à compreensão da relação entre crescimento das cidades e o Clima Urbano; a terceira, destinada a relação das chuvas com a infraestrutura urbana; a quarta, destinada à definição de eventos pluviométricos extremos, a quinta destinada à compreensão da Defesa Civil e suas ações relacionadas a fenômenos climáticos; a sexta e sétima, voltadas à dinâmica atmosférica e quais os elementos que influenciam o comportamento pluviométrico de Uberlândia – MG.

2.1 A Evolução da Climatologia Dinâmica.

A evolução e sistematização do pensamento geográfico se iniciam no fim do século XIX, a partir da contribuição de dois grandes autores. Carl Ritter e Alexander Von Humboldt iniciaram a construção do conhecimento geográfico, que buscava compreender e delimitar os

elementos naturais que compunham a superfície terrestre. O meio natural se caracterizava neste período como a principal base de análise para o conhecimento geográfico, tendo em vista a gênese da Geografia Física a partir das ciências naturais, fruto do estudo “A Teoria Geral da Terra” de Humboldt (1848).

Seguindo esta linha de pensamento, no ano de 1883, um dos expoentes do desenvolvimento da climatologia sistematizada como componente da Ciência Geográfica apresenta à comunidade científica umas das principais obras que retratam a Climatologia e os elementos atmosféricos pioneiramente. O livro *Handbuch der Klimatologie*, produzido por Julius Hann (1883) foi uma importante ferramenta para a construção de uma base teórico-conceitual para a definição do clima, além de ter sido considerada a obra síntese dos conhecimentos do clima do século XIX.

Hann (1884 apud MONTEIRO, 1976, p. 6) caracterizou o clima como um conjunto de fenômenos meteorológicos que determinam a condição média da atmosfera sobre cada lugar da Terra. Embora possua um caráter generalizado em relação às médias atmosféricas e um caráter estático, por não considerar a variável tempo, os estudos de Julius Hann revolucionaram as pesquisas e o modo de compreensão do clima no mundo.

De acordo com a definição de Julius Hann (1883), Sant’ Anna Neto (2003, p.11) destaca:

Pela palavra clima queremos significar a sùmula dos fenômenos meteorológicos que caracterizam a condição média da atmosfera em qualquer lugar da superfície terrestre e o que chamamos de tempo é somente uma fase da sucessão dos fenômenos, cujo ciclo completo, reproduzindo-se com maior ou menos regularidade em cada ano, constitui o clima de qualquer localidade.

A partir destas bases teóricas/conceituais, a Climatologia foi desenvolvida dentre outras perspectivas, principalmente no que diz respeito ao entendimento da Climatologia Dinâmica, em diferentes períodos, por diversos autores, tais como, Sorre (1934), Ratisbona (1942), Koppen (1948), Pédelaborde (1959), Monteiro (1962, 1963, 1970, 1971 e 1973),

Ayoade (1976), Mendonça (1994, 2001 e 2003), Sant'anna Neto (2008 e 2013), Zavattini (2000 e 2009), dentre outros.

O francês Max Sorre (1934) inseriu na Ciência Climatológica um caráter dinâmico ao clima e suas variáveis. Segundo o autor, o clima pode ser definido a partir de uma série de estados atmosféricos acima de um lugar em sua sucessão habitual. Nesta concepção, levou-se em consideração a interação dos elementos atmosféricos com as características da superfície local. Apoiado nesta abordagem, as novas perspectivas da Climatologia Dinâmica e do Ritmo Climático ganham força no campo acadêmico e científico da Climatologia mundial.

Koppen (1948) foi fundamental para o processo de desenvolvimento das classificações climáticas regionais, realizadas inicialmente a partir de médias aritméticas dos elementos climáticos. A partir de suas pesquisas, o referido autor elaborou uma classificação climática mundial, utilizada até os dias de hoje, em diversas áreas do conhecimento. Koppen preconizou uma observação e registro do cotidiano das condições atmosféricas dos lugares, atentando-se as variações e sequência dos mesmos (ELY, 2006).

Pedelaborde (1950) e Monteiro (1960) se destacam como os grandes expoentes da Climatologia Dinâmica e tiveram fundamental importância na transformação do paradigma climático. Nesta vertente de análise do clima, as médias dos estados de tempo atmosférico perdem força e a análise da permanência e repetição dos fenômenos sob o olhar sinótico ganham forte destaque. Sobre esta mudança de paradigmas, Mello et al comenta:

O clima tido como estático (considerado até meados do século XX) era demasiadamente descritivo e baseado principalmente no uso de valores médios dos elementos climáticos que, segundo Cunha e Vecchia (2007), eram tratados de maneira independente e usados para a caracterização e classificação climática (a exemplo da classificação climática de Köppen), o que trazia embutido em seus resultados as mais diversas variações locais, que levavam a exclusão das particularidades e de valores extremos de cada localidade. Essa visão foi modificada e complementada pela ideia da climatologia dinâmica que no lugar de tratar os elementos do clima separadamente, busca a sua integração de modo a compreender sua constituição, evolução espaço-temporal e a noção de ritmo como foi inserida por Max Sorre (1957), que trata o clima como um resultado de uma série de estados distintos da atmosfera (2017, p. 314).

Em sua obra denominada *Intoduction a L'étude Scientifique du Climat* (Introdução ao Estudo Científico sobre o Clima), Pedelaborde (1959), admite que os “tipos de tempo” são elementos fundamentais para os estudos climatológicos, e ainda apresenta um método geográfico denominado Climatologia Física, em que aborda parte dos caracteres gerais da circulação atmosférica e a descrição dos tipos de tempo, que definirão o clima, baseando-se na resultante do somatório dos estados atmosféricos (MENDES, 2001).

Neste contexto, os estudos sobre a influência do modo de vida urbano nas condições climáticas locais são colocados nas pautas da Ciência Climatológica. De acordo com Lima et al (2012), o clima das cidades começou a entrar em pautas científicas a partir de meados do século XIX, quando as cidades europeias industrializadas, especialmente Inglaterra e França, começaram a sofrer com ambientes fortemente degradados.

No entanto, no Brasil, os estudos urbanos e consequentemente, a Climatologia Dinâmica e Geográfica se desenvolvem a partir da década de 1950, associados principalmente ao recente processo de urbanização do país. O grande expoente da Climatologia Geográfica no Brasil foi o supracitado geógrafo Monteiro (1954, 1962, 1963a, 1963b, 1964, 1969, 1971, 1973, 1976a, 1976b e 1991), que em suas obras produziu grande conhecimento para a análise e compreensão do comportamento dos sistemas climáticos do Brasil.

Para Monteiro, a Climatologia alcança o nível geográfico:

(..) quando colocamos a análise dos tipos de tempo em sequência contínua. Embora nas mais diferentes escalas de tempo ou espaço – desde a análise comparativa de vários anos tomados como padrões representativos da circulação de um continente, nas variações sazonais dentro de um ou alguns anos numa região, até a análise episódica de um fenômeno local – será necessária a continuidade da sequência (1969, p. 13).

Monteiro propôs uma nova abordagem metodológica do Clima Urbano, por meio da Teoria Sistêmica, que veio a se chamar Sistema Clima Urbano em 1976. Com o nascimento dessa base teórica, começam a aparecer então estudos nesta temática pelo país, aplicando-se a

diversas escalas urbanas, desde as cidades pequenas até as metrópoles, o que vem a contribuir com a produção científica brasileira e com a melhoria da qualidade de vida cidadina.

Nessa lógica, Monteiro (1971) destaca que o ritmo climático é fundamental para esta análise e exige a decomposição cronológica em unidades diárias e horárias, pois são nessas unidades de tempo que a sucessão contínua dos estados atmosféricos ocorrem. Além disso, o ritmo climático só poderá ser compreendido através da representação simultânea dos elementos climáticos juntamente à análise da circulação atmosférica regional, produtora dos estados atmosféricos que se sucedem e constituem o fundamento do ritmo. Ainda, segundo o autor:

Só a análise rítmica detalhada ao nível de 'tempo', revelando a gênese dos fenômenos climáticos pela interação dos elementos e fatores, dentro de uma realidade regional, é capaz de oferecer parâmetros válidos à consideração dos diferentes e variados problemas geográficos desta região (MONTEIRO, 1971, p. 12).

De acordo com Zavatini (1992) os resultados alcançados nas pesquisas desenvolvidas a partir da análise rítmica, tendo como base primária o entendimento da gênese do clima, do tempo e das massas de ar, “podem ser muito úteis aos outros estudos geográficos do clima que destacam as relações da baixa troposfera com as atividades humanas e o meio circundante” (p. 88).

Dentro deste viés de análise, é necessário muita paciência e desdobramento acerca da dinâmica atmosférica regional, tanto na compreensão dos grandes sistemas atmosféricos como para o entendimento da dinâmica das massas de ar e dos tipos de tempo que, quando atuam ao longo de diferentes anos, dão origem as sequências rítmicas, responsáveis pela distribuição pluvial, médias de temperaturas, etc (MONTEIRO, 1969).

Como aponta Sant’Anna Neto (2013), as escalas do clima não devem ser compreendidas de uma maneira estática, mas sim como processos e fenômenos dinâmicos e sensíveis às variações e alterações de todas as forças e elementos que compõem a superfície terrestre e a atmosfera.

Dentro da “Teoria e Clima Urbano”, Monteiro (1976) compreende, portanto, a relação que o ritmo e a sucessão dos estados atmosféricos mantêm com o processo de urbanização de um determinado local, por exemplo. Sobre a Teoria e Clima Urbano, Mendes afirma:

Esta talvez tenha sido a obra mais citada nas últimas décadas nos estudos sobre o clima urbano no Brasil, primeiramente pela metodologia empregada por MONTEIRO (1976), voltada ao estudo do clima urbano e, segundo, pelo aprofundamento teórico e conceitual exposto nesta obra, que passou a servir de referência para diversos ramos do saber que se preocupam com o estudo e resolução de problemas relacionados ao clima das cidades (2001, p. 46).

Nesta abordagem, a junção de fatores naturais e sociais cria um Sistema Singular de Análise a partir de canais de percepção humana: o termodinâmico (conforto térmico), o físico-químico (qualidade do ar) e o hidrometeorológico (impacto pluvial). Assim, para Monteiro, o clima constitui-se como um importante componente dentro da organização da vida humana.

É nesse sentido que,

O clima inclui-se nessa teia de relações que afeta o rearranjo do ambiente urbano e o estudo deste fenômeno urbano têm auxiliado no equacionamento da questão ambiental das cidades. Desta maneira entende-se que a produção do clima urbano, é derivado da reorganização da paisagem natural, em que há a substituição por um ambiente construído, palco de intensas atividades humanas. A cidade gera um clima próprio (clima urbano) resultante da interferência de todos os fatores que se processam sobre a camada de limite urbano e que agem no sentido de alterar o clima em escala local (MONTEIRO & MENDONÇA, 2015, p. 122).

Ainda sobre a tese de livre docência do professor Monteiro (1976), Mendes (2001) conclui que esta definitivamente foi um marco para a definição de um novo panorama de análise climática. A partir desse pressuposto teórico, no Brasil os trabalhos relacionados ao Clima Urbano, sobretudo em análises de impactos pluviais, ganharam maior foco a partir da década de 1980 e se ampliaram em número e áreas estudadas nos anos seguintes. As cidades de São Paulo e Rio de Janeiro pelo tamanho, influência e número de casos, ganharam maior importância (ZANELLA & SALLES, 2016).

Vale destacar outros autores e obras brasileiras pioneiras dentro desta temática climatológico-urbana, como os trabalhos de José Roberto Tarifa e José Bueno Conti.

Resumidamente, Tarifa (1973), em sua obra que se deu por meio da análise do ritmo de variação dos estados do tempo e de interpretação das cartas sinóticas, contribuiu para o entendimento da disponibilidade hídrica relacionada à sucessão dos tipos de tempo no extremo oeste paulista.

Conti (1975), a partir dos seus avanços na Ciência Climatológica Brasileira e pela sua obra “Circulação Secundária e Efeito Orográfico na Gênese das Chuvas na Região Leste Paulista”, colaborou para a compreensão do clima nessa região, além de contribuir significativamente para o avanço dos estudos climáticos urbanos no país.

Destacam-se também outros estudos brasileiros que enfatizaram a temática Clima Urbano para as cidades brasileiras, sobretudo, pós-década de 90, como os de Amorim (2000), Castro (1995), Cruz (1995), Nodari (2000), Pitton (1997), Vecchia (1997), Danni-Oliveira (1999) e Mendonça (1994).

Tendo em vista toda a importância da Ciência Climatológica e principalmente da Climatologia Geográfica no regimento da sociedade ao longo dos anos, devemos entender o Clima essencialmente como um dos principais elementos dinâmicos que compõe o ambiente natural. Ele afeta todos os processos físicos geográficos (geomorfológicos, pedológicos, hidrológicos e biogeográficos) como também se caracteriza como fator base para a formação da paisagem geográfica e para a vida humana (AYOADE, 1976).

Para Golfari (1974), o clima é um dos principais agentes modeladores, ou elemento transformador da superfície terrestre e se caracteriza como um fator determinante para a qualidade do ambiente. Dito isso, devemos considerá-lo como um condicionante na formação do ambiente físico geográfico da paisagem, como nos aponta Monteiro:

[...] pela ação profunda que exerce na composição da paisagem natural e influência na paisagem cultural, o clima constitui, ainda, elemento verdadeiramente fundamental à compreensão e interpretação das inúmeras “combinações” existentes num meio geográfico qualquer (1951, p. 3).

E para compreender os processos dinâmicos que modelam essa paisagem geográfica e a vida humana, é necessário analisar os principais elementos que constituem o clima, haja vista que estes são diretamente afetados pelo modo de vida humano nas cidades e repercutem negativamente quando alterados. De acordo com Mendonça e Danni-Oliveira:

Os elementos constitutivos do clima são: a temperatura, a umidade e a pressão atmosférica que interagem na formação dos diferentes climas da Terra. Todavia, esses elementos, em suas diferentes manifestações, variam espacial e temporalmente em decorrência da influência dos fatores geográficos do clima, que são: a latitude, a altitude, a maritimidade, a continentalidade, a vegetação, e as atividades humanas (2007, p. 15-16).

Diante do exposto, é necessário entender que as problemáticas referentes à questão ambiental nas cidades derivam de um ambiente socialmente construído, no qual os processos decorrentes das alterações no balanço energético geram mudanças nos elementos climáticos (MENDONÇA, 2000).

É nessa perspectiva que os estudos climáticos se dispõem como verdadeiras ferramentas técnicas para compreender como essa dinâmica climática afeta e modela a paisagem geográfica, levando em consideração como as relações sociais e as atividades econômicas humanas se mantêm com os fenômenos climáticos adversos e quais as problemáticas decorrentes desta relação.

Nesse sentido, os avanços da Climatologia Geográfica, possibilitados pelos trabalhos de Hann, pioneiramente, Sorre, Ratisbona, Koppen, Pédelaborde, Monteiro, Tarifa, Conti, Ayoade, Mendonça, Sant'anna Neto, Zavattini, dentre outros, contribuíram significativamente para a compreensão do Clima e sua relação com as atividades humanas e suas questões ambientais decorrentes.

Logo, pesquisas que busquem a análise dessa relação, dentro de um viés dinâmico, promovendo um entendimento das problemáticas e oferecendo soluções de planejamento e gestão são fundamentais para a busca de uma sociedade equilibrada ambientalmente e socialmente.

2.2 Urbanização e o Clima Urbano.

A qualidade de vida das pessoas é altamente afetada pelo comportamento climático/ambiental das cidades, principalmente dentro de um contexto de fragilidade e suscetibilidade da infraestrutura urbana frente a passagem de extremos climáticos.

As cidades não devem ser pensadas apenas por meio de questões urbanas estruturais, mas sim discutidas através de questões socioambientais e urbano-ambientais, dentre as quais o clima, por ser um elemento de primeira ordem, desempenha papel imensurável na organização do espaço urbano.

Faz-se necessário discorrer, nesta sessão, como o crescimento das cidades e as atividades humanas interferem no ritmo climático, quebram o equilíbrio ambiental, modificam as condições naturais do meio e potencializam os impactos socioambientais durante a ocorrência de fenômenos climáticos extremos, tais como as chuvas concentradas.

Dentro deste contexto, devemos compreender inicialmente o fenômeno da urbanização como um processo de artificialização inadequada do ambiente, como nos relata Gonçalves:

A atividade humana nestas áreas, principalmente através do tratamento incorreto dos recursos naturais, produz inadequada artificialização, altera o ambiente local e cria uma vulnerabilidade maior em relação aos eventos do sistema natural, que na maioria das vezes não são de grande magnitude (2003, p. 75).

Para Castells (1983), o século XX foi marcado pelo fenômeno da urbanização em escala planetária. O crescimento da população no meio urbano se deu principalmente pela atração industrial e pela realocação das atividades socioeconômicas na economia mundial. De acordo com Zanella (2006), a partir do século XX a sociedade inicia um profundo processo de urbanização acelerado e desordenado, principalmente nos países emergentes, onde seus centros urbanos passaram a manifestar diversas problemáticas, sobretudo, aquelas relacionadas ao inchaço populacional.

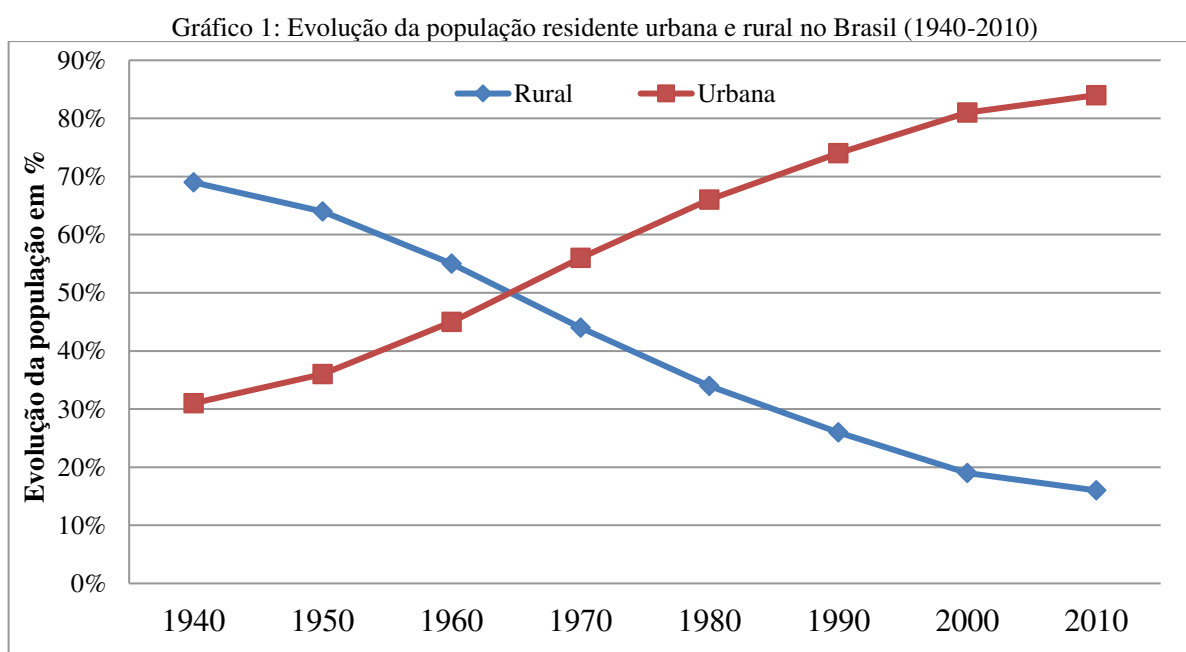
Segundo a autora,

No caso brasileiro, o processo de urbanização é principalmente fruto do êxodo rural, e este fenômeno está intimamente relacionado ao modelo de desenvolvimento capitalista que elegeu a indústria por meio da entrada de tecnologia e capital estrangeiro, imprimindo um novo ritmo à economia (ZANELLA, 2006, p. 61).

A constituição destas cidades, ditas modernas no século XX, ao mesmo tempo em que criaram oportunidades civilizatórias, também se transformaram em armadilhas ambientais, como aponta Sant Anna Neto (2011). Monteiro (2011) destaca que este modelo urbano se constitui como produtos de uma necessidade humana, pautadas em propósitos econômicos que procuram fazer modificações na natureza para estabelecer o modo de vida urbano.

Nesse sentido, a produção e a reprodução do espaço urbano, de acordo com Santos (1994), demonstram a conflituosa relação entre os interesses políticos/econômicos de uma sociedade e as suas formas de apropriação do espaço natural. Nesta relação, os espaços e arranjos naturais são sobrepostos pelos espaços construídos e pelas ações antrópicas.

No Brasil, o processo de urbanização, não muito diferente de outros, trouxe consigo inúmeros problemas. Caracterizado pelo inchaço urbano e pelo rápido crescimento de suas cidades, este processo acarretou uma rápida e grosseira substituição do ambiente natural por outro completamente diferente.



Fonte: IBGE (2010). Org: LEITE (2018).

O acelerado processo de urbanização brasileiro, associado à má gestão e falta de planejamento adequado, tem sido destacado por inúmeros estudos como o principal fator para a degradação dos ambientes naturais nas cidades do país. Acerca disso, Braga aponta:

[...] a forma como se deu a urbanização das cidades brasileiras foi geradora de um problema ambiental em si. Nesse processo, todos os elementos da paisagem foram modificados: o solo, a geomorfologia, a vegetação, a fauna, a hidrografia, o ar e até mesmo o clima (2003, p.114).

Este modelo de crescimento é caracterizado pelo uso intensivo do solo, com ausência de um planejamento ambiental adequado que provoca consequentes disfunções socioambientais, afetando diretamente a qualidade de vida das pessoas nas cidades.

Ayoade nos coloca uma importante análise acerca das alterações dos elementos naturais a partir da expansão urbana:

Nas áreas urbanas, altera-se a composição química da atmosfera. As propriedades térmicas e hidrológicas da superfície terrestre, assim como seus parâmetros aerodinâmicos são modificados pelos processos de urbanização e industrialização. Os pântanos são drenados e as superfícies naturais são substituídas por superfícies pavimentadas, ruas e telhados de prédios. Como resultado, a radiação em ondas longas e a de ondas curtas são reduzidas sobre as áreas urbanas. As temperaturas elevam-se, mesmo quando diminui a duração da insolação. A umidade é reduzida, mas há um certo aumento na precipitação e também na quantidade de nebulosidade. Os nevoeiros e neblinas são mais espessos, ocorrendo com mais frequência e persistência, prejudicando a visibilidade. A turbulência cresce. Os ventos fortes são desacelerados e os ventos fracos são acelerados à medida que se movimentam nas áreas urbanas (1991, p. 300).

Todo este processo resume as cidades como “os lugares onde as resultantes ambientais configuram-se como obra conjunta de uma natureza retrabalhada e aperfeiçoada aos propósitos do viver humano” (Monteiro, 2003. p.10).

Nessa mesma linha de raciocínio, Mendonça destaca que a cidade:

(...) não é somente uma construção humana; ela é esta construção somada a todo um suporte que a precedeu – Natureza – mais as atividades humanas. Da interação entre estas dimensões da realidade produzem-se ambientes aprazíveis e com ótimas condições para o desenvolvimento da vida do homem, porém, em grande parte, ambientes desagradáveis, degradados e altamente problemáticos são também produzidos. Uma quantidade de seres humanos vivem nestes últimos e é preciso buscar formas de melhorá-los (2004, p. 186).

Diante do exposto, de acordo com Assis et al (2012), há um consenso de que sobre as cidades são criados padrões de circulação atmosférica específicos, responsáveis por alterações nas características das precipitações, tanto nos totais acumulados como na distribuição espacial. Essas mudanças variam muito, de acordo com o porte da cidade, das funções urbanas desempenhadas e dos ritmos atmosféricos associados a estas transformações.

Fatores como o ordenamento do território, indústrias, circulação de veículos, impermeabilização do solo, canalização dos cursos d'água e falta de áreas verdes são alguns dos principais agentes transformadores das condições naturais do espaço urbano e dos elementos climáticos locais.

De acordo com Araújo (2014), as alterações nas dinâmicas climáticas são desencadeadas principalmente pela substituição da cobertura natural pelas pavimentações, implantação de sistemas de drenagem artificial para o escoamento das águas pluviais e ações que levam a redução da evaporação e, conseqüentemente, da umidade do ar.

Assim, o Clima Urbano é imposto pela materialidade física das cidades e das atividades dela decorrentes que alteram os balanços energético, térmico e hídrico. De acordo com Drew (2002), o Clima Urbano se materializa como uma “abóboda climática” sobre as cidades, com características climáticas próprias, diferentes do clima regional dominante.

É nesse sentido que,

La ciudad constituye la forma más radical de transformación del paisaje natural, pues su impacto no se limita a cambiar la morfología del terreno, sino que además modifica las condiciones climáticas y ambientales. Surge, así, un espacio eminentemente antropizado em el que la actuación del hombre se manifiesta en una doble vertiente: por un lado, las modificaciones que introduce directa y conscientemente, que tienen su mejor manifestación en el plano y la morfología urbanos; de otro, las que se derivan de este mismo espacio construido y las actividades que en él se desarrollan, cuyas manifestaciones más significativas son la contaminación y la aparición de un clima específico de la ciudad (GARCIA,1995, p. 252).

A formação desse ambiente artificial e a exportação dos produtos gerados dentro desse novo núcleo urbano, quando exportados em forma de calor ou frio em excesso, estiagens e

principalmente precipitações extremas, levam sociedades despreparadas e vulneráveis a enfrentar problemas, muitas vezes catastróficos, que repercutem negativamente no bem-estar da população.

Como colocado por Monteiro (1980), Landsberg (1981) e Barry e Chorley (2003), as mudanças nos padrões de chuva nas cidades, por exemplo, são acarretadas pela constante presença de particulados e aerossóis, convecção térmica desencadeada pela ilha de calor, turbulência mecânica criada pelo efeito de fricção das edificações pelo fluxo de ar e pelo acréscimo de vapor d'água devido aos processos de combustão.

Tecnicamente, o aumento da rugosidade nas cidades, decorrente do desenho urbano favorece a ascensão do ar, o fluxo vertical de umidade e o índice de poluição, colocando na baixa atmosfera, material particulado que age como núcleos de condensação, induzindo a formação de partículas de nuvem e gotas de chuva (LANDSBERG, 1981; SALLERS, 1986).

Dentre os principais problemas gerados na complexa relação entre os fenômenos climáticos e a vida citadina, destacam-se os impactos pluviométricos, ponto de grande interesse dentro da Climatológica Geográfica nos médios e grandes centros brasileiros. Os aguaceiros são os principais exemplos e possuem grande destaque na mídia, tendo em vista os crescentes impactos diretos nas cidades, o elevado número de pessoas afetadas, proliferação de doenças, perdas econômicas onerosas e danos ao meio ambiente.

Nesse sentido, estudar o clima urbano local é de grande importância, pois são nas menores escalas que ocorrem as maiores transformações no espaço geográfico e, conseqüentemente, as alterações do clima são mais evidenciadas no cotidiano das pessoas. Dentro desta perspectiva, é de extrema relevância analisar a relação que o modo de vida citadino mantém com o sistema climático local dentro de um viés de planejamento, considerando o Clima Urbano enquanto componente da qualidade do ambiente (ANDRADE, 2005).

Ugeda Junior (2011) destaca que o estudo do Clima Urbano deve ser prático e eficiente, buscando sempre auxiliar no planejamento e na produção de projetos voltados para aperfeiçoar a realidade socioambiental local.

Logo, anualmente os impactos e prejuízos gerados por essa relação desequilibrada em ambientes urbanos fazem parte do cotidiano da maior parte da população citadina brasileira. Propostas de solução para as problemáticas socioambientais só poderão ser alcançadas através da integração de todas as esferas da sociedade, dentro de uma perspectiva de gestão integrada do risco ambiental e climático das cidades.

2.3 A relação Chuva/Cidade.

Neste tópico, faz-se necessário compreender a relação que o principal fenômeno atmosférico em análises climáticas, a chuva, mantém com o modo de vida e a infraestrutura das cidades. É sabido que anualmente no Brasil inúmeros são os prejuízos causados pelas chuvas, acarretados, sobretudo pela baixa capacidade de resistência e de ajustamento da sociedade.

É importante sair do senso comum e compreender os impactos pluviométricos como o resultado da falta de organização e planejamento da população nas cidades, como aponta Simas:

As enchentes, decorrentes de inundações, são exemplos de episódios desorganizadores dos fluxos urbanos que tornam evidentes os problemas cumulativos do seu modelo de urbanização. Seus impactos são recorrentes e comumente colocados com consequência única e exclusivamente, de fenômenos de ordem natural como as chuvas. No entanto, superando o sendo comum existente sobre esse tipo de episódios extremos deve-se destacar que a chuva é apenas uma das variáveis responsáveis por sua ocorrência. São as características morfológicas e dos materiais de superfície e as formas de ocupação antrópica ligada à apropriação do espaço urbano que definem a fragilidade estrutural a vulnerabilidade e suscetibilidade de certos grupos aos impactos (2017, p. 12).

As chuvas interferem nas economias, na saúde pública, na alimentação, na urbanização, enfim, em todos os processos da sociedade. Desta maneira, o conhecimento da

sua variabilidade espacial e temporal é essencial para o planejamento das atividades humanas (SANT'ANNA NETO, 1998).

Segundo Nimer (1979), a precipitação é considerada um dos principais fenômenos naturais com grande potencial de alterar rapidamente a dinâmica da paisagem, e sua compreensão possui notória relevância dentro da construção do espaço geográfico.

A precipitação pode ser definida pela água proveniente do vapor de água da atmosfera depositada na superfície terrestre em forma de chuva, granizo, neve, geada ou orvalho. Embora, de acordo com Cuadrat e Pita (1997), de maneira geral, apenas a chuva e a neve, originárias das massas de ar, contribuem significativamente para os totais pluviométricos.

As chuvas podem ser classificadas em três tipos principais, de acordo com a sua gênese de formação e os processos que as desencadearam: convectivas, frontais e orográficas. No entanto, como foco de análise para a área de estudo, destacam-se as chuvas frontais. De acordo com Ribeiro (1975, p. 29), “é com a passagem frontal que ocorrem os eventos climáticos de maior impacto na paisagem geográfica: a brusca alteração da temperatura e a ocorrência de episódios pluviais significativos”.

Anualmente, as chuvas frontais, acompanhadas de vendavais, trovoadas e granizo, provocam diversas problemáticas socioambientais para a vida das pessoas e para a qualidade ambiental nas cidades brasileiras. Principalmente na região sudeste os impactos ocasionados por essas chuvas são de especial interesse, tendo em vista o elevado número de cidades que sofrem prejuízos onerosos anualmente.

De acordo com Zanella e Sales (2016, p. 2293), a propósito de análise da temática precipitação e impactos no Brasil, merecem destaque “os eventos pluviais concentrados, característicos de regiões tropicais, que, ao interagirem com os demais atributos da paisagem urbana, contribuem para agravar a ocorrência das inundações nas cidades”.

Como nos aponta Bell (1963), uma chuva concentrada de 40 mm, por exemplo, com duração de tempo de 30 minutos em uma área de 2 quilômetros quadrados, pesaria mais de 90 mil toneladas. Tendo esse fato como referência, a ocorrência de inúmeros impactos pluviométricos em ambientes urbanos vulneráveis é inevitável.

Dentre os impactos pluviométricos mais frequentes no Brasil, os eventos de inundação, enchente e alagamento são os que mais causam danos significativos à população, como nos aponta Barreto:

Dentre as principais consequências negativas dos eventos pluviométricos, podem-se citar as enchentes, inundações e alagamentos de áreas urbanas, fatos cada vez mais presentes e intimamente relacionados ao uso intenso e desorganizados do solo. Estudos evidenciam a relação direta entre o crescimento da população e a ocupação em áreas de risco com a exposição frente a eventos naturais extremos. Independente de suas origens e locais de ocorrência estes eventos apresentam como característica comum os grandes prejuízos e perdas para a população afetada e para a economia nacional (2011, p. 11).

De acordo com o Ministério das Cidades (2007), podemos classificar as inundações, as enchentes, os alagamentos e as enxurradas da seguinte maneira:

- Inundação representa o transbordamento das águas de um curso d'água, atingindo a planície de inundação ou área de várzea.
- As enchentes ou cheias são definidas pela elevação do nível d'água no canal de drenagem devido ao aumento da vazão, atingindo a cota máxima do canal, porém, sem extravasar.
- O alagamento é um acúmulo momentâneo de águas em determinados locais por deficiência no sistema de drenagem.
- A enxurrada é escoamento superficial concentrado e com alta energia de transporte, que pode ou não estar associado a áreas de domínio dos processos fluviais.

A principal causa para as inundações e enchentes nas cidades como citado anteriormente refere-se à impermeabilização do solo pelo concreto e asfalto. Em uma situação normal, a água das chuvas quando atinge o solo, consegue penetrar facilmente até atingir o

ponto de saturação, e assim, dar início ao escoamento superficial. Na cidade, a superfície não impermeável aumenta o volume do escoamento superficial e potencializa os consequentes impactos hidroclimáticos.

Para se ter uma ideia desta problemática, a impermeabilização de 7% de uma determinada área já acarreta a duplicação do escoamento superficial e quando essa impermeabilização atinge os 80% desta mesma área, o volume de escoamento superficial é oito vezes maior (TUCCI, 2000).

Ainda segundo o autor,

A inundação ocorre quando as águas dos rios, riachos, galerias pluviais saem do leito de escoamento devido à falta de capacidade de transporte de um destes sistemas e ocupam áreas onde a população utiliza para moradia, transporte (ruas, rodovias e calçadas), recreação, comércio, indústria, entre outros. (2003, p.45)

Para Canholi (2005), além da impermeabilização dos solos nas zonas urbanas, os sistemas de captação de águas pluviais ineficientes, o acúmulo de resíduos sólidos em bocas de lobo que impedem o escoamento normal das águas, sistemas de alertas lentos, pouco abrangentes e/ou inexistentes e à inadequada gestão e planejamento da cidade são outros fatores que potencializam às inundações urbanas.

É dentro dessa perspectiva que a “ação antrópica se faz notar claramente em bueiro, cano, caixa-d’água e torneira – exemplos concretos da participação humana nos caminhos percorridos pela água e que alteram as respostas hidrológicas da cidade” (MEDEIROS, 2015, p. 30).

Ainda, é importante destacar a evolução dos impactos nas cidades para uma mesma chuva ou para uma de menor intensidade. Na medida em que as modificações urbanas se intensificam em áreas vulneráveis, a cada ano que passa uma chuva de igual ou menor intensidade que ocorreu no passado, possui agora, maior potencial de impacto (MENDES, 2001; BUFFON et. al, 2017).

Diante deste pressuposto, o estudo das chuvas e suas problemáticas nas cidades têm-se destacado no meio acadêmico/científico, dentro de uma perspectiva de otimização e melhoria da qualidade ambiental dos ambientes urbanos. Para Olímpio et al (2013), estudos relacionados a riscos e vulnerabilidades em episódios de chuvas concentradas devem buscar compreender e analisar de forma integrada a relação entre a sociedade urbana e a natureza.

De acordo com Brandão et. al (2010), para se compreender e minimizar as problemáticas pluviais que alteram drasticamente a qualidade de vida das pessoas é necessário uma análise detalhada dos fenômenos climáticos e atmosféricos atuantes sobre a região.

Segundo Cotta et al (2016, p. 204) “estudos sobre precipitações extremas de uma região são de suma importância, pois, informações como diagnóstico de impacto, frequência e previsões proporcionam conhecimentos que podem minimizar os impactos sobre a população local”.

Nesse sentido, a partir da definição das áreas urbanas sujeitas às problemáticas ambientais é possível contribuir muito para o planejamento urbano, no sentido da busca pela utilização racional do espaço, procurando minimizar os impactos e contribuir para a melhoria da infraestrutura e melhora na qualidade de vida da população citadina (SILVEIRA & SARTORI, 2011).

É necessário buscar ainda perspectivas nos âmbitos qualitativos e quantitativos para compreender a Climatologia como um fenômeno socioambiental, e assim desenvolver uma ciência que dê suporte para o estabelecimento do homem e de suas atividades dentro do espaço urbano frente aos impactos pluviométricos (ZAMPARONI, 2012).

Portanto, a chuva, uma vez essencial para a vida em todos os seus tipos e formas, dentro de uma realidade urbana desequilibrada, torna-se agora um elemento produtor de impactos e de prejuízos para a vida humana. Propostas de prevenção e minimização dos impactos devem partir da associação entre a Universidade e o Poder Público, enquanto representantes da sociedade civil.

2.4 Eventos Pluviométricos Intensos.

A definição de chuvas intensas é trabalhada de inúmeras formas, por diferentes autores, tendo em vista, a complexidade das pesquisas relacionadas a esta temática. A condição extrema deste fenômeno climático está diretamente relacionada ao excesso de precipitação que, tem como consequência o aumento exponencial do número de ocorrências e/ou impactos relacionados principalmente às enchentes, inundações e movimentos de massa.

No entanto, nem sempre elevados totais diários causam problemas para as infraestruturas urbanas, sendo importante então, levar em consideração a concentração horária das chuvas e como esta se relaciona com os equipamentos citadinos, principalmente aqueles relacionados à drenagem urbana. (MENDES, 2001)

Atualmente, estudos vêm demonstrando que a ocorrência de problemas climático-ambientais nas cidades possui não só relação direta com a concentração das chuvas em um curto período de tempo, como também ao modo de organização socioespacial e socioeconômico das cidades. De acordo com Silveira (2016), a organização espacial de cada região condiciona as repercussões dos eventos pluviométricos extremos, de forma que o mesmo evento pode causar diferentes tipos de impactos, sejam positivos ou negativos, em regiões com diferentes fatores socioespaciais. A definição de eventos pluviométricos extremos, dessa forma, torna-se diferenciada, pois o território é produzido de maneira desigual.

Há que se destacar também, que as chuvas têm seus arranjos e dinâmicas alteradas pelas atividades citadinas, tanto nos totais acumulados como na sua distribuição espacial. Essas mudanças variam muito de acordo com o porte da cidade, das funções urbanas desempenhadas e dos ritmos atmosféricos associados a estas transformações.

Segundo Grillo (1992), é fato notório que as modificações ocorridas durante a urbanização mudam as consequências dos processos naturais na cidade. O rápido

desenvolvimento urbano sem planejamento, especialmente nas áreas tropicais, compromete o escoamento superficial, acarretando em enchentes e inundações, em inúmeras áreas do país.

No Brasil Central, os eventos pluviométricos extremos em geral, se concentram no verão chuvoso, como nos aponta Monteiro (2001). No verão, a intensidade do calor, associada aos altos índices de umidade, favorece a formação de convecção tropical, bandas de nuvens muito desenvolvidas do tipo cumulus nimbus que resultam em fortes pancadas de chuvas, principalmente no final da tarde e início da noite.

Nesse sentido, faz-se necessário exemplificar algumas definições de eventos pluviométricos intensos, utilizadas para análise de impactos pluviais, por alguns autores brasileiros, buscando uma representação harmônica deste fenômeno, tão complexo e dinâmico.

Assis (2012) em seu estudo de impactos pluviométricos para a cidade de Belo Horizonte (MG), entendeu como chuva intensa, aquela caracterizada pela duração e distribuição têmporo-espacial crítica para uma determinada área ou sub-bacia hidrográfica no município, causadora de consideráveis prejuízos materiais, econômicos e sociais.

Zannella (2006), ao analisar os impactos pluviométricos no Bairro Cajuru em Curitiba, considerou eventos pluviométricos intensos e/ou extremos, como aqueles iguais e superiores a 60 mm em 24 horas, destacando nas análises, os superiores a 100 mm.

Gonçalves (2003), ao realizar um estudo de impactos pluviais para a cidade de Salvador assim como Zannella (2006), destacou que os eventos onde foi possível evidenciar o maior número de problemas, as precipitações coletadas pelas estações meteorológicas ultrapassaram os 60 mm em 24 horas.

Já Brito e Silva (2012), classificaram como extremos aqueles eventos iguais ou superiores a 60 mm/24h, embora, consideraram também eventos como a somatório de chuvas de três dias consecutivos, resultantes em 60 mm ou mais.

Alguns autores, utilizam padrões definidos pela Defesa Civil, como Santos e Fialho (2016) que classificaram a intensidade das chuvas para a cidade de Ubá (MG) a partir do Plano de Contigência da Defesa Civil local, da seguinte maneira: “Fraca” (0,1-10,0mm/24hrs); “Moderada” (10,1-20,0mm/24hrs); “Forte” (20,1-50,0mm/24hrs); “Muito Forte” (50,1-80,0mm/24hrs); “Extremamente Forte” (>80,1mm/24hrs).

As bases técnico-científicas oferecidas por trabalhos como os citados anteriormente, contribuem principalmente para a otimização e gestão da atuação da Defesa Civil durante a ocorrência de eventos pluviométricos extremos, bem como, nas ações de prevenção.

É nesse sentido que, identificar e compreender a dinâmica das chuvas, sobretudo em eventos extremos, é de suma importância para subsidiar os órgãos tomadores de decisão sobre as causas, as consequências e como preparar a infraestrutura das cidades, ajustando-a aos impactos.

2.5 Clima e Defesa Civil.

É imensurável a importância do planejamento dos riscos e da vulnerabilidade da população citadina. A junção da ciência com órgãos tomadores de decisão, enquanto representantes da sociedade, é necessária tanto para a melhoria da qualidade ambiental da cidade como para o cotidiano das pessoas em um contexto de fenômenos climáticos extremos.

Atualmente percebe-se que os impactos causados por eventos climáticos extremos ainda atingem a sociedade brasileira de maneira intensa, tendo em vista as diversas problemáticas socioambientais urbanas evidenciadas ano após ano.

A relação conflituosa entre o ambiente natural e a dinâmica das cidades brasileiras produz situações de vulnerabilidade, que dentro de um contexto caótico acarreta inúmeras perdas financeiras, estruturais e de vidas humanas (STEINKEL et al, 2006).

Para Seluchhi et al (2016), o número de desastres naturais (DNs) vem aumentando no mundo nos últimos tempos, sobretudo aqueles relacionados às chuvas, uma vez que, o

crescimento populacional, a ocupação desordenada do território e as alterações do uso do solo, tanto de índole natural como social são fatores que vêm agravando e potencializando este cenário.

No entanto, vale ressaltar que cada vez mais episódios e fenômenos climáticos de menor proporção, não caracterizados como desastres, estão promovendo transtornos para a sociedade. Isto se explica pela perda de capacidade do poder público em gerenciar e controlar o espaço urbano, permitindo que as ocupações irregulares e as intervenções inadequadas sobre o ambiente desequilibrem o já frágil equilíbrio socioambiental do tecido urbano (SANT'ANNA NETO, 2011).

À vista disso, destaca-se a Defesa Civil como um importante órgão público, atuante tanto em trabalhos de prevenção e planejamento da cidade, como também em desastres ou eventos que causam transtornos e impactos para a população. De acordo com o Manual de Planejamento em Defesa Civil, entende-se por Defesa Civil:

Conjunto de ações preventivas, de socorro, assistenciais e reabilitadoras e reconstrutivas destinadas a evitar ou minimizar desastres, preservar o moral da população e restabelecer a normalidade social. A finalidade da defesa civil é promover a segurança global da população, em circunstâncias de desastres naturais, antropogênicos e mistos (1999, p. 7).

Além disso, segundo Brasil, os valores da Defesa Civil (2015), permeiam:

- a) Informação: fundamento das atividades de Segurança Governamental e para as ações de Defesa Civil.
- b) Lealdade: valor que mantém a confiança e o relacionamento pessoal e profissional.
- c) Estratégia: valor que norteia a atuação da organização.
- d) Comprometimento: atitude que fundamenta o exercício profissional.
- e) Disciplina: valor determinante do equilíbrio organizacional.
- f) Ética: valor que fundamenta o comportamento humano.
- g) Transparência: valor que regula as atividades profissionais.
- h) Governança Pública: Capacidade de integrar esforços, promovendo a sinergia intersetorial com foco no valor público.

A Defesa Civil, presa por um desenvolvimento urbano sustentável, que atenda as necessidades do presente, planejando o futuro. Um desenvolvimento planejado em relação ao

uso e gestão responsável dos recursos naturais, assim como na ocupação e ordenamento dos espaços urbanos.

O objetivo primordial é promover a resiliência da população, tornando-a resistente a eventos adversos. A resiliência pode ser definida como a habilidade de uma sociedade em “recuar” quando adversamente é afetada por impactos climáticos. Porém, na maioria dos casos, após a ocorrência dos desastres aquela mesma sociedade retoma o seu ritmo normal e volta a realizar as mesmas práticas que proporcionaram os danos (AYOADE, 2006).

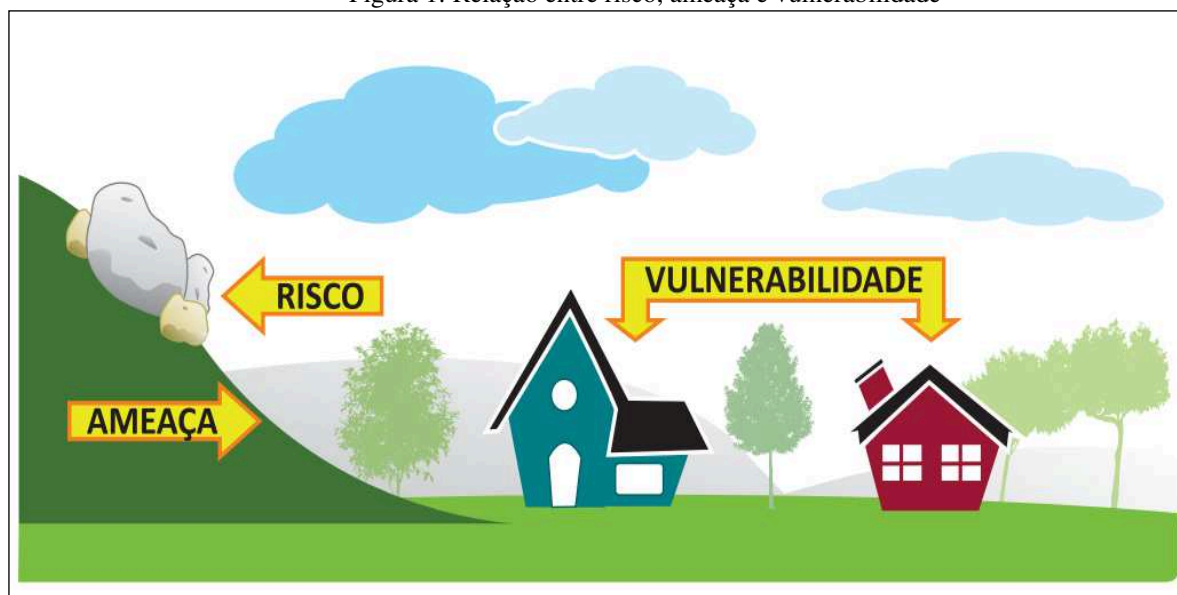
Ainda sobre a resiliência, Silveira comenta:

A resiliência deve ser um objetivo a ser buscado por todas as esferas da sociedade. Para tanto torna-se indispensável o investimento em pesquisa, no intuito de conhecer as características e a frequência dos eventos extremos em cada região. O enfrentamento dos problemas sociais com vistas a redução das desigualdades, juntamente com o planejamento a longo prazo, que vise a melhor organização do espaço urbano e rural, são ações que certamente levarão a uma sociedade mais resiliente (2016, p. 52).

Nessa perspectiva, a Defesa Civil trabalha muito com os conceitos de risco e vulnerabilidade da população, pois é através da mensuração destes dois elementos que pode promover ações de prevenção e tornar aquela parcela social resiliente aos desastres.

A vulnerabilidade define-se pela relação existente entre a magnitude da ameaça, caso ela se concretize, e a intensidade do dano consequente. Já o risco é descrito como a medida de danos ou prejuízos potenciais, expressa em termos de probabilidade estatística de ocorrência e de intensidade ou grandeza das consequências previsíveis. Em suma, o risco provém da relação existente entre a probabilidade de que uma ameaça de evento adverso se concretize, com o grau de vulnerabilidade do sistema receptor a seus efeitos (SECRETARIA NACIONAL DE DEFESA CIVIL, 2007).

Figura 1: Relação entre risco, ameaça e vulnerabilidade



Fonte: Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil (CEPED UFSC, 2011)

No Brasil, a principal problemática urbana a ser pensada pela Defesa Civil nas últimas décadas parte do crescimento desordenado das cidades, que trouxe uma série de problemas de ocupação do espaço urbano e gerou uma cidade complexa, onde vários atributos da natureza foram degradados, criando injustiças e necessidades sociais, especialmente frente aos fenômenos naturais extremos.

Neste contexto, as principais ações da Defesa Civil estão relacionadas aos impactos pluviais, surgindo em meio ao espaço urbano na forma de inundações, alagamentos e deslizamentos de terra. Anualmente, centenas de cidades brasileiras são atingidas por essas problemáticas, levando a morte de centenas de pessoas.

Os planos de ação e prevenção da Defesa Civil trabalham a partir da análise da vulnerabilidade da população, identificando as áreas sujeitas ao risco e na resposta imediata durante a ocorrência das chuvas e dos consequentes impactos. Além disso, o órgão possui também um importante papel de reconstrução material, moral e social da população pós-desastre.

Sucintamente, segundo Neves (2008), as ações da Defesa Civil, com a finalidade básica de proteger a vida humana, desenvolvem-se nas seguintes fases:

Preventiva: tem como objetivo preparar as populações, trabalhada em situação de normalidade, a partir de medidas e obras públicas em pontos críticos e planos operacionais específicos de prevenção.

Socorro: Resgata e conduz as vítimas aos hospitais.

Assistencial: encaminha os afetados a abrigos seguros com toda uma infraestrutura, oferecendo medicamentos, agasalhos, alimentos, conforto psicológico e moral.

Recuperativa: promove o retorno à normalidade daquele ambiente, através de obras de reconstrução, recuperando e prevenindo quanto a outros eventos adversos.

Diante deste pressuposto, é necessário que os estudos e trabalhos acadêmicos comuniquem-se com a Defesa Civil, visando produzir novos conhecimentos, assim como facilitar o planejamento das ações de prevenção e recuperação frente à sociedade. O subsídio científico, sobretudo, climático em situações de risco, é de suma importância para auxiliar a Defesa Civil com informações sobre fenômenos atmosféricos extremos, contribuindo com o monitoramento e atuação durante a ocorrência do evento caótico.

De acordo com Kobiyama (2003), o processo de interação entre a sociedade comum e a sociedade acadêmica deve acontecer de maneira mútua, contribuindo para as transformações da realidade local e disponibilizando informações que auxiliem na melhoria da qualidade de vida da população, pois uma comunidade bem informada é muito mais resistente aos impactos.

Nessa situação, a Universidade possui enorme relevância na transformação da sociedade como um todo, e suas atividades devem vislumbrar o processo de interação entre a sociedade civil e a sociedade acadêmica, na transformação da realidade local, sobretudo, na redução de impactos ocasionados por desastres naturais (BUENO, 2012).

Neste contexto, Galera aponta:

Cabe às Universidades contribuir com o debate ou diminuir as potencialidades, discutindo as incertezas pré-estabelecidas pela ocupação e

pela vulnerabilidade dos sistemas instalados. Definir alternativas na concepção de políticas públicas, focadas na gestão dos riscos, superando as limitações impostas pelas tradições de uma administração verticalizada e centralizada, que dificultam a adoção de ações integradas com a colaboração dos diferentes agentes do poder público (2007, p. 10).

Aliado a isso, a interdisciplinaridade dentro da relação sociedade/natureza e suas consequências deve se fazer presente, como aponta Fialho (2010) ao afirmar que tal questão não é apenas de caráter natural e deve ser abordada como resultado da combinação política e social.

Diante do exposto, faz-se necessário comentar sobre o caso da cidade de Uberlândia (MG), área de análise deste estudo. No município, a Defesa Civil, representada pela sua Coordenadoria Municipal de Proteção e Defesa Civil (COMPDEC), tem como base de trabalho ações preventivas, de socorro, assistenciais e recuperativas com o propósito de evitar ou minimizar desastres naturais e/ou incidentes humanos, bem como preservar o moral da população e restabelecer a normalidade social (UBERLÂNDIA, 2017).

No que diz respeito às atribuições da COMPDEC, envolvem ainda as funções:

(...) de realizar estudos de ameaças (levantamento de áreas de risco); conscientizar a população sobre a gravidade dos desastres e procedimentos preventivos a serem adotados; determinar vulnerabilidades; estabelecer e divulgar alertas e alarmes; socorrer; dar assistência; analisar danos e confeccionar a documentação relacionada à situação de emergência e estado de calamidade pública, além de prestar apoio na recuperação do cenário afetado por desastres (BRASIL, 2016).

O órgão público conta com uma estrutura física padrão, câmeras de monitoramento da cidade, banco de dados, automóveis e diversos objetos para doação, em casos de transtornos a população. Além do suporte prestado à população, a Defesa Civil de Uberlândia dispõe de diversas parcerias:

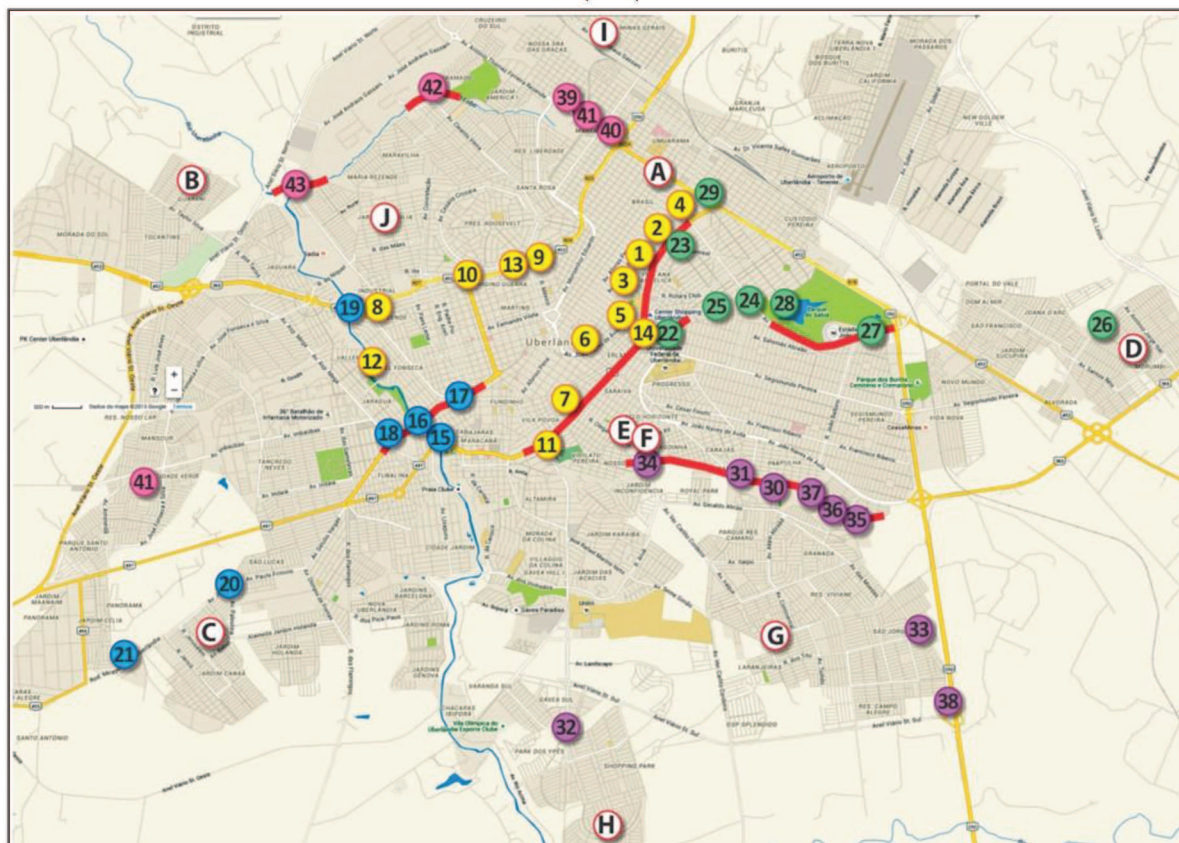
Estas envolvem diretamente 14 secretarias do município, como Secretaria Municipal de Serviços Urbanos, Secretaria Municipal de Planejamento Urbano Civil, Secretaria de Trânsito e Transportes (SETTRAN), Horto Municipal, além das autarquias e de 19 órgãos externos, como a Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG) e Algar Telecom (telecomunicações). Todos eles contam com a parceria do Laboratório de Climatologia e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), da Coordenadoria Estadual de Defesa Civil, do Radar do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), da Regional de Defesa Civil (REDEC- MG), 9ª Região de Polícia Militar (RPM) e do Centro de Previsão de Tempo e

Estudos Climáticos / Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE). (SILVA, 2018, p. 44)

Em conjunto a todos estes órgãos, a Defesa Civil trabalha focada no Plano Preventivo de Emergência Pluviométrico (PEP). O programa é constituído por quatro fases: Preventiva, Preparativa, de Resposta e Socorro e Recuperativa. De acordo com o PEP, ao todo, são 33 pontos críticos que em caso de emergência poderão ocorrer desvios e interdições imediatas nos seus entornos. No PEP 2015/2016 esse número subiu para 43, sendo 09 deles considerados pontos de alto risco.

De acordo com o PEP 2015/2016, as regiões mais afetadas (figura 1), durante as chuvas concentradas na cidade de Uberlândia, se localizam ao longo das Avenidas Rondon Pacheco, Anselmo Alves dos Santos, Getúlio Vargas e as Travessias do Córrego Lagoinha e do Córrego do Lobo.

Figura 2: Uberlândia (MG) – Mapeamento dos locais de risco segundo o Plano Preventivo de Emergência Pluviométrica (PEP) 2015/2016.



Fonte: PEP 2015/2016 de Uberlândia-MG.

Figura 3: Legenda do mapa das áreas de risco segundo o Plano Preventivo de Emergência (PEP) 2015/2016

REGIÃO CENTRAL	1	AV. CESÁRIO ALVIM, CRUZAMENTO COM A RUA BELÉM
	2	AV. CESÁRIO ALVIM, CRUZAMENTO COM A RUA PARANÁ
	3	AV. CESÁRIO ALVIM, CRUZAMENTO COM A RUA NITERÓI
	4	AV. CESÁRIO ALVIM, CRUZAMENTO COM A RUA ALAGOAS
	5	AV. JOÃO NAVES COM RUA PRATA (SESC)
	6	AV. JOÃO NAVES DE ÁVILA COM RUA JOAQUIM CORDEIRO
	7	RUA OLEGÁRIO MACIEL COM RUA CARAJÁS
	8	AV. MARCO DE FREITAS COSTA COM RUA JOÃO THOMAZ DE RESENDE E RUA INDIANÓPOLIS
	9	RUA MÉXICO SENTIDO BR 365
	10	AV. RAULINO COTTA PACHECO COM RUA CONQUISTA
	11	RUA ANTÔNIO MARQUES PÓVOA COM NICOMEDES ALVES DOS SANTOS
	12	AVENIDA GERALDO MOTA BATISTA PROX. RUA LEÔNIO CHAVES
	13	AV. MINERVINA C. OLIVEIRA E AV. PAULO ROBERTO C. SANTOS
	14	RUA ADELINO FRANCO C/ CAMILO BRAGE
REGIÃO OESTE	15	AV. SÍLVIO RUGANI PROX. ROTATÓRIA CEL. TOBIAS JUNQUEIRA
	16	RUA CEL. TOBIAS JUNQUEIRA ENTRE RUA ANGAZEIROS E RUA JANGADEIRO
	17	AV. GETÚLIO VARGAS TRECHO BELVEDERE - D'VILLE
	18	PC. RITA HUGUENEY FERREIRA
	19	PONTE DO VAL BR 365
	20	AV. JUDÉIA CRUZAMENTO COM AV. PAULO FIRMINO
REGIÃO LESTE	21	AVENIDA ALDO LEÃO BORGES - ENTRE CHÁCARAS PANORAMA E MORADA NOVA
	22	AV. JOÃO NAVES DE ÁVILA COM AV. BELARMINO COTTA PACHECO, FRENTE À CÂMARA MUNICIPAL
	23	ROTATÓRIA - AV. MONTREAL, ATIAIDE DE DEUS VIEIRA
	24	AV. BENJAMIN MAGALHÃES C/ AV. ANSELMO ALVES DOS SANTOS
	25	AV. SUÍÇA COM AV. ANSELMO ALVES DOS SANTOS
	26	AV. FELIPE CALIXTO MILKEM C/ RUA BATÉIA
REGIÃO SUL	27	AV. ANSELMO ALVES DOS SANTOS PROX. BR. 050
	28	PARQUE DO SABIÁ
	29	RUA ARLINDO MASSARO ENTRE MICHELE VIRNO E JAIRÓ MARQUES ANDRADE
	30	R. SALTANHA MARINHO E AV. GERALDO ABRÃO
	31	ALAMEDA ARNOLDE DE ALMEIDA CASTRO C/ AV. JURACI JUNQUEIRA RESENDE
	32	AVENIDA ARGEMIRO EVANGELISTA FERREIRA C/ NICOMEDES ALVES DOS SANTOS
REGIÃO NORTE	33	RUA CHAPADA DOS GUIMARÃES - OCUPAÇÃO DO GLÓRIA
	34	AVENIDA INCONFIDENTES - TRAV. CÔRREGO LAGOINHA
	35	RUA ANA CARDOSO SILVA - TRAV. CÔRREGO LAGOINHA
	36	RUA VASCO MARCIA - TRAV. CÔRREGO LAGOINHA
	37	RUA JAIME BARROS - TRAV. CÔRREGO LAGOINHA
	38	ANEL VIÁRIO SETOR SUL
	39	AV. ANTÔNIO T. F. REZENDE C/ BR 050
	40	AV. ANTÔNIO T. F. REZENDE ENTRE COMENDADOR ALEX. GARCIA X/ ALEXANDRINO A. VIEIRA
	41	AVENIDA BALAIADAS C/ ANTÔNIO THOMAZ FERREIRA DE REZENDE
	42	ALAMEDA AUDINA CARRUJO C/ AV. CLEANTO VIEIRA (TRAV. CÔRREGO DO LOBO)
	43	AVENIDA CEL. JOSÉ TEÓFILO CARNEIRO (TRAV. CÔRREGO DO LOBO)

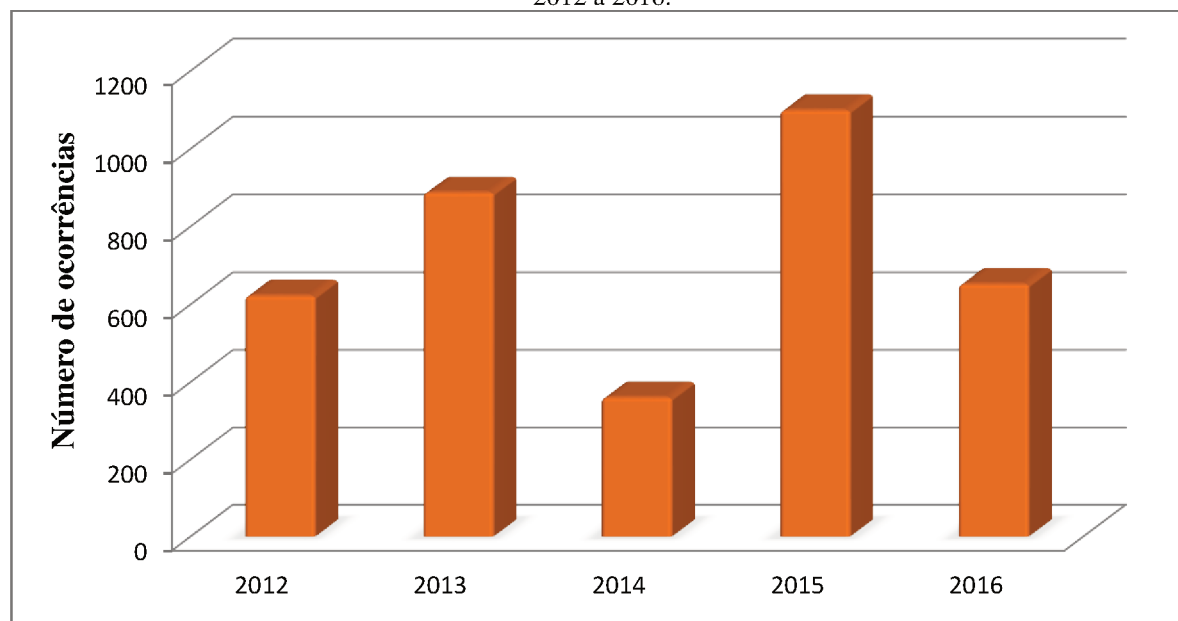
PONTOS DE ALTO RISCO	
●	AV. RONDON PACHECO
●	AV. ANSELMO ALVES DOS SANTOS
●	TRAVESSIAS DO CÔRREGO LAGOINHA
●	AV. GETÚLIO VARGAS
●	TRAVESSIAS DO CÔRREGO DO LOBO

LOCAIS DE ABRIGO / ALOJAMENTO	
A	E.M. Prof. Otávio Batista Coelho Filho R. José Rezende dos Santos, 1010 - B. Brasil - Central
B	Conviver Guarani Av. Carnaval, 415 - Guarani - Oeste
C	E.M. Gládis Guerra de Rezende Rua Gaza, 330 - Canaã - Oeste
D	E.M. Hilda Leão Carneiro Rua Gamela, 220 - Morumbi - Leste
E	Centro Profissionalizante do Lagoinha Rua São Francisco de Assis, 1070 - Lagoinha - Sul
F	EMEI Paulo Freire Rua Pio XII, s/nº - Lagoinha - Sul
G	Conviver Laranjeiras Rua Senegal, 30 - Laranjeiras - Sul
H	E. M. Presidente Itamar Franco Rua Jurandir Macedo, 185 - Shopping Park - Sul
I	E. M. Orlanda Neves Strack Rua da Produção, 1675 - Minas Gerais - Norte
J	E. M. Afranio Rodrigues da Cunha Rua Mundial, 640 - Jardim Brasília - Norte

Fonte: PEP 2015/2016 de Uberlândia-MG.

Nos últimos anos, as ações da Defesa Civil em Uberlândia-MG tem tido grande destaque, haja vista a grande quantidade de ocorrências atendidas pelo órgão durante os anos de 2012 a 2016, principalmente nas áreas de alto risco, como observa-se no gráfico 02.

Gráfico 2: Uberlândia (MG) – Número de ocorrências atendidas pela Defesa Civil durante os anos de 2012 a 2016.



Fonte: COMPDEC Uberlândia-MG (2018). Organização: LEITE (2018)

Estas ações da Defesa Civil estão dentro de uma sazonalidade atmosférica regional, concentrando as ocorrências relacionadas aos aguaceiros no verão úmido e de queimadas no inverno seco da cidade. Sendo assim, a compreensão da dinâmica atmosférica tem muito a acrescentar nos planos de gestão do risco, como também no monitoramento climático e na gestão urbana de Uberlândia.

2.6 A Dinâmica Atmosférica da Mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba.

O clima de qualquer região é determinado em grande parte pela circulação geral da atmosfera, sendo assim, a sua compreensão é essencial para pesquisas que analisam a intensidade das chuvas e seus impactos decorrentes, uma vez que a ocorrência e variação dos fenômenos climáticos estão diretamente associadas à dinâmica atmosférica terrestre. No caso das chuvas, por exemplo, a sua distribuição e intensidade, ou sua ausência está diretamente interligada a variação dos estados de tempo atmosférico, em níveis regionais e locais.

Segundo Monteiro (1963), a movimentação atmosférica fornece a verdadeira unidade geográfica e a movimentação local dá a diversidade e potencializa as influências locais. Sendo assim, o entendimento do clima local perpassa tanto pelas escalas superiores como inferiores da atmosfera. Ainda, conforme Zanella (2006), para uma melhor compreensão do fato climático, independente de sua interação com as atividades humanas, torna-se primordial conhecer a dinâmica dos sistemas atmosféricos atuantes na região onde se insere a área de estudo.

De acordo com Nimer (1979), a dinâmica atmosférica envolve a compreensão da dinâmica das massas de ar, das frentes, dos ciclones e anticiclones móveis, dentre outros elementos climáticos, com vistas a interpretar a ocorrência dos fenômenos. A circulação geral da atmosfera pode ser definida por um conjunto de movimentos atmosféricos, que em escala planetária definem as zonas climáticas e os tipos de tempo em determinadas localidades do

planeta. Essa resulta do aquecimento diferencial do globo pela radiação solar, da distribuição assimétrica de oceanos e continentes, como também das características topográficas do globo (MENDONÇA, 2007; FERREIRA & MELLO, 2005).

A circulação dos sistemas atmosféricos, proporcionadas por essa dinâmica, promovem as trocas de energia entre as zonas climáticas, influenciam na movimentação dos ventos e caracterizam os diversos climas do Brasil e do mundo.

Os grandes corpos de ar, ou sistemas atmosféricos, podem ser quentes ou frios, úmidos ou secos, e sofrem influência a partir do momento em que começam a se afastar de sua região-fonte, sendo afetados por diferentes trocas de calor e umidade com a superfície do solo e por processos dinâmicos da atmosfera. Para a sua formação, estes sistemas necessitam primordialmente de uma superfície plana e extensa, de baixa altitude e homogeneidade em relação às características da superfície. Estes só se formam sobre os oceanos, mares e planícies continentais.

De acordo com Nimer (1979), esta variável meteorológica se caracteriza como um dos principais fatores para a compreensão dos fenômenos climáticos. Sobre os sistemas atmosféricos, Borsato comenta:

As características básicas de cada sistema está estritamente relacionadas às áreas de origens, isto porque, para uma massa de ar adquirir as suas características é necessário que o ar repouse sobre uma área de temperatura e umidade relativamente homogêneas, tais como as grandes massas oceânicas, também nas regiões frias continentais ou oceânicas, as grandes áreas continentais com características geomorfológicas sem grandes contrastes, como as planícies centrais americanas (2016, p. 86-87).

Na América do Sul, a dinâmica atmosférica é controlada basicamente pelos sistemas equatoriais, tropicais e polares. Isso ocorre devido à sazonalidade da radiação, extensão territorial e latitudinal do território e ao afunilamento do continente com o aumento da latitude. No entanto, observa-se, na região, uma pequena quantidade de sistemas continentais e predominância dos sistemas de origem oceânica, caracterizando as zonas climáticas do

continente em sua maioria com considerável umidade (MENDONÇA, 2007).

Os climas do Brasil são comandados por cinco sistemas principais, sendo eles: o Sistema Equatorial Atlântico (SEa), atuante mais no Norte e Nordeste do país; o Sistema Equatorial Continental (SEc), que tem a sua atuação principal no interior da Amazônia; o Sistema Tropical Atlântico (STa), mais atuante no Sul da região Nordeste e no Sudeste; o Sistema Tropical Continental (STc), atuante principalmente na região Centro-Oeste; e o Sistema Polar Atlântico (SPa), com maior atuação na região Sul.

Além desses sistemas, os estados de tempo no Brasil são influenciados por dois anticlones móveis, sendo eles: a Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), originário do Atlântico Sul e o Anticiclone Migratório Polar (AMP), originário do Sul da Patagônia Argentina (BORSATO, 2016).

A ASAS consiste em um centro de ação positivo, caracterizado pelas altas pressões, elevadas temperaturas, devido à recepção de radiação o ano todo e umidade elevada, em função da sua formação sobre o Oceano Atlântico. Além de ser o centro de formação do STa, a ASAS tem influência direta em outros sistemas atuantes no Brasil e que condicionam os tipos de tempo.

Para a região Sudeste, este sistema inibe no inverno, a produção de chuvas, em função do seu afastamento da costa brasileira e do bloqueio atmosférico de sistemas úmidos, provenientes da região amazônica. No verão, sua maior aproximação provoca o aumento no transporte de umidade, aumento da convecção, formação de nuvens e elevação nos índices pluviométricos (PETRUCCI, 2018).

O Anticiclone Migratório Polar, centro de formação do Sistema Polar Atlântico, é caracterizado pelas altas pressões, baixa temperatura e umidade. No Brasil, ele atua mais intensamente no inverno, devido à sua aproximação sobre latitudes mais baixas (na altura no norte da Argentina e Uruguai) e no verão, sua atuação é quase inexistente em função do seu

recuo para latitudes mais elevadas (sul da América do Sul). Na região Sudeste, de maneira geral, esse sistema influencia na formação de tempos estáveis, com céu claro, temperaturas amenas e umidade baixa (MENDONÇA & DANNI-OLIVEIRA, 2007). No entanto, quando associado a sistemas úmidos provoca precipitação a partir do avanço das frentes frias sobre o território brasileiro.

Num recorte mais específico, sobre o Clima Regional do Sudeste, sobretudo na Mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba onde se insere Uberlândia, o clima está associado à atuação dos seguintes Sistemas: Tropical Continental, Equatorial Continental, Tropical Atlântico Continentalizado, Polar Atlântico, além dos Sistemas Frontais. De maneira geral, esta região é influenciada pela continentalidade, onde forma-se uma grande área de baixa pressão, provocando a entrada de sistemas úmidos advindos do norte, aumentando a precipitação no verão, e sistemas frios e secos advindos do sul, causando a estiagem de inverno.

Sobre a dinâmica climática/atmosférica da região, Cavalcanti et. al (2009, p. 246) destaca:

Por sua posição e pelo arranjo dos fatores geográficos, a região é envolvida pelas principais correntes de circulação atmosférica da América do Sul, sendo uma faixa de conflito entre massas de ar distintas, participação de correntes tropicais marítimas de leste-nordeste, correntes polares de sul e correntes do interior de oeste-noroeste.

Ainda, vale ressaltar a dinâmica das chuvas da região, controlada principalmente pela associação entre frentes frias e instabilidades tropicais, caracterizando a formação da Zona de Convergência do Atlântico Sul, que será descrita na próxima sessão.

O Sistema Tropical Continental é originário da região do Chaco boliviano e tem características de baixa umidade e altas temperaturas. Na primavera e verão provoca chuvas pela associação com o Sistema Equatorial Continental e no outono e inverno causa baixos índices pluviométricos pela associação com o Sistema Polar Atlântico. Na primavera este sistema traz para a região Sudeste um aquecimento bastante acentuado, resultando em dias

mais quentes e abafados. Em geral esse sistema de ação periódica é responsável pela gênese climática dos dias mais quentes e de umidade relativa mais baixa para a área de estudo.

O Sistema Equatorial Continental atua com mais frequência no verão, quando suas massas quentes e úmidas provenientes da região amazônica percorrem o território nacional e chegam até o sudeste brasileiro. É um sistema natural do interior da Amazônia Ocidental, que se expande e avança pelo centro-sul, carregando bastante umidade oriunda dos ventos alísios úmidos do Nordeste, originários do Anticiclone dos Açores e também dos ventos alísios úmidos provenientes do ASAS. Esta dinâmica causa à formação de linhas de instabilidade, provocando intensas chuvas no Brasil Central, sobretudo no verão, conforme destaca Nimer:

Tais fenômenos são comuns em todo o Brasil tropical, principalmente no seu interior, no período que se estende de meados da primavera a meados do outono, porém são mais frequentes e regulares no verão (dezembro a fevereiro), quando há um decréscimo geral de pressão, motivado pelo forte aquecimento do interior do continente (1989, p. 365).

Durante a sua atuação, nos primeiros dois dias acontece à formação de aglomerados de cúmulus nimbus, denominados Complexos Convectivos de Mesoescala (CCMs), que frequentemente resultam em tempestades locais ou até regionais. Passados mais de três dias, esta dinâmica atmosférica é denominada ZCAS. As chuvas são volumosas, podendo em um único dia chover até mais de 100 mm, potencializando adversidades climáticas (BEREZUK, 2007; BORSATO & SOUZA FILHO, 2009; MENDONÇA, 2011).

Sobre o Sistema Equatorial Continental, Borsato complementa:

No início do verão, com a máxima ampliação do período diário com o solstício do verão e a perpendicularização dos raios solares, o aquecimento continental é intenso. Com isso, a mEc se amplia e, às vezes, sua área de atuação manifesta-se até no Rio Grande do Sul. Por isso, as chuvas frontais diminuem e as convectivas se ampliam em todo o Centro-Sul do Brasil. A mEc é o sistema mais importante no aspecto umidade, pois a baixa pressão e as temperaturas elevadas favorecem a intensificação das correntes convectivas e as precipitações (2014, p. 4).

Portanto, este sistema, durante o verão Austral, época em que o ar quente e úmido da Amazônia afeta toda a porção interiorana da América do Sul e a partir das linhas de

instabilidades atinge a Mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, provocando intensas tempestades.

O Sistema Tropical Atlântico tem origem no Anticiclone do Atlântico Sul e apresenta-se quente e úmido. É um dos principais sistemas dentro da dinâmica atmosférica da porção centro-leste de Minas Gerais. Durante o inverno, este sistema se limita às regiões litorâneas em função do seu afastamento e retenção da umidade por meio das barreiras orográficas. No verão, o sTa avança sobre o continente, atuando na região centro-sul com características distintas da sua área de formação devido ao efeito da continentalidade. Na Mesorregião, este sistema chega com características quentes e secas, no entanto, por meio de correntes de leste e nordeste, quando atraída pelas relativas baixas pressões que se formam sobre o continente, podem trazer para a região umidade e calor, provocando zonas de instabilidade e consequentes chuvas (MENDONÇA, 2011).

O Sistema Polar Atlântico é de característica fria, originado na região do Anticiclone Migratório Polar. Sua atuação é mais frequente no sul do país, sobretudo nos meses de inverno. Ao adentrar o território, este sistema pode se deslocar por dois caminhos distintos, até o Oceano Atlântico e seguir para latitudes mais baixas, ou permanecer no continente abrangendo o sul do país e se estender até a região norte. Quando sua atuação se dá sobre a região sudeste, causa quedas nas temperaturas e também nos índices de umidade. Além disso, frequentemente, o Sistema Polar Atlântico e o Sistema Tropical Atlântico, massas com características distintas, se encontram originando as zonas frontais, ou popularmente as denominadas frentes frias. Grande parte das chuvas da mesorregião deve-se às incursões das Frentes Frias, originadas pelo contato dessas massas.

Resumidamente, na estação chuvosa, a partir do intenso aquecimento continental, o Sistema Tropical Continental impede o deslocamento do Sistema Polar, provocando instabilidade no Sistema Tropical Atlântico que, associado aos aportes de umidade do Sistema

Equatorial Continental, origina as precipitações. Na estação seca, o Sistema Polar, ao se tropicalizar impede os avanços do Sistema Equatorial Continental, dos aportes de umidade, e caracteriza a região por sua estabilidade e baixos índices de umidade. Em seu trabalho, Mendes (2001) destaca que em Uberlândia (MG), a atuação dos principais sistemas atmosféricos se dá de maneira equilibrada, caracterizando o clima regional a partir da atuação das frentes frias (35,8%), das instabilidades tropicais (26,1%) e dos sistemas produtores de estabilidade (27,6%).

Na próxima sessão serão discutidos os principais sistemas produtores de chuva em Uberlândia, sobretudo, dentro da dinâmica de eventos extremos.

2.7 Os Principais Sistemas Produtores de Instabilidade Meteorológica em Uberlândia (MG).

Para a região de Uberlândia, a dinâmica atmosférica de tempos instáveis, ora está atrelada aos aportes de umidade provenientes do Sistema Equatorial Continental, caracterizando a Zona de Convergência do Atlântico Sul, sobretudo no verão; ora associada às instabilidades provocadas pelos Sistemas Frontais, atuantes o ano todo, sobretudo nos meses de outono e inverno. Segundo Lima et al (2010), estes sistemas são os principais responsáveis pela precipitação na região sudeste do Brasil.

Neste tópico, optou-se pela descrição da dinâmica destes sistemas formadores de importantes episódios pluviométricos para a cidade de Uberlândia. Como observado em outros trabalhos voltados para Uberlândia, como os de Mendes (2001), Silva (2013), Petrucci (2018), Ribeiro (2018), grande parte dos episódios pluviométricos que atingem a cidade de Uberlândia estão relacionados à dinâmica da ZCAS e das Zonas Frontais, ou, Sistemas Frontais.

De acordo com Berezuk e Sant'Anna Neto (2006) a ação da ZCAS no Brasil é mais comum nos meses de setembro a março, com maior intensidade de dezembro a fevereiro, provocando precipitações intensas, com significativos volumes. No estado de Minas Gerais,

Amazônia, que passa pelo interior do continente e atinge a região centro-sul do Brasil, gerando tempestades (CAVALCANTI et al., 2009).

A ZCIT, citada anteriormente, pode ser definida como,

(...) uma banda de nuvens que circunda a faixa equatorial do globo terrestre, formada principalmente pela confluência dos ventos alísios do hemisfério norte com os ventos alísios do hemisfério sul, em baixos níveis (o choque entre eles faz com que o ar quente e úmido ascenda e provoque a formação das nuvens), baixas pressões, altas temperaturas da superfície do mar, intensa atividade convectiva e precipitação (FERREIRA E MELLO, 2005, p. 18).

De acordo com Quadro (1994), a ZCAS é caracterizada principalmente pela sua estacionaridade por vários dias, e a consequente alteração no regime das chuvas nas regiões afetadas. Uma das principais consequências da atuação da ZCAS em Uberlândia é a ocorrência dos altos índices pluviométricos, caracterizando-se como um verdadeiro repositório hídrico da região.

Em relação ao posicionamento da ZCAS, este depende muito da atuação de Sistemas Frontais no Litoral do Sudeste brasileiro, uma vez que, as frentes atuam como canais de convergência da umidade originária da região amazônica. (SANTOS E FIALHO, 2016)

Reboita (2015) destaca que os transportes de umidade da ZCAS que estabelecem a sua atuação para a região sudeste são realizados pelo Sistema de Jatos de Baixos Níveis (JBN) a leste da Cordilheira dos Andes. O sistema de Jatos de Baixos Níveis (JBN) define-se como uma estreita corrente de ar quase horizontal, geralmente próximo à tropopausa, com altas velocidades e extensão horizontal de 500 km aproximadamente (MARENGO E SOARES, 2002).

Aliado aos transportes acarretados pelo JBN a topografia do Planalto Central brasileiro intensifica a precipitação e a manutenção da convecção através da geração de circulação ciclônica e convergência em baixos níveis, como nos aponta Grimm et al. (2007).

Ainda, a variação espacial da ZCAS estabelece-se a partir da dinâmica de precipitação da região andina. De acordo com Carvalho e Jones (2009, p. 109):

A ZCAS localiza-se na sua posição mais a leste em dezembro, principalmente em associação com a alta precipitação sobre o Brasil, o escoamento de nordeste sobre a parte leste da Bolívia e a baixa precipitação sobre o Altiplano. No mês de janeiro, as ZCAS posiciona-se mais a oeste devido ao aumento no Altiplano, que é fortemente modulada pelo escoamento de ar úmido em baixos níveis na região leste dos Andes.

Dentro da dinâmica da ZCAS e possíveis consequências, Reboita et. al resalta que:

Na ocorrência da ZCAS, também se pode observar uma frente fria semi-estacionária sobre o sudeste do Brasil ou próxima a essa região. Episódios de ZCAS têm uma duração mínima de quatro dias, podendo persistir por até dez dias ou mais. 47% da precipitação na região sudeste, na estação chuvosa (verão), deve-se a episódios de ZCAS. Como a ZCAS é um sistema persistente, pode contribuir para ocorrência de enchentes, inundações e alagamentos. Também por efeito das chuvas, podem ocorrer deslizamentos de terra, assim como outros desastres naturais (2017, p. 21).

A dinâmica da ZCAS, a princípio dá origem às nuvens cumulus, que gradativamente continuam a se desenvolver verticalmente devido à movimentação convectiva, transformando-se em nuvens cumulonimbus ao final da tarde, causando temporais localizados (chuvas de verão), com vendavais e possibilidade de granizo.

A dinâmica das Instabilidades Tropicais (ITs) está relacionada diretamente a pré-formação de ZCAS e pode oferecer condições para a formação de Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM'S), que possuem as mesmas características das chuvas de IT, embora tenha maior abrangência de atuação (BEREZUK & SANT'ANNA NETO, 2006).

Para Nimer (1979), as ITs são centros de baixa pressão, semistacionárias observados durante a primavera e o verão, associadas ao aquecimento das regiões durante este período. Segundo ele, a combinação deste sistema com aportes de umidade, favorece forte convecção, que contribui para os elevados índices pluviométricos para o Estado de Minas Gerais. Já Os CCM's são responsáveis, assim como as ZCAS, por eventos de chuvas abundantes, podendo promover precipitações de mais de 100 mm em 24 horas, possuindo, porém, uma atuação mais regional, ao contrário das ZCAS que atuam em grande parte do território.

Como já observado nos trabalhos de Abreu (1998), Souza et al (2005), Silva (2009), Fialho et al (2010) e Nascimento (2010, 2012) os altos índices pluviométricos dos Estados de São Paulo e Minas Gerais são acarretados pela atuação destes sistemas e provocam elevados prejuízos para a região.

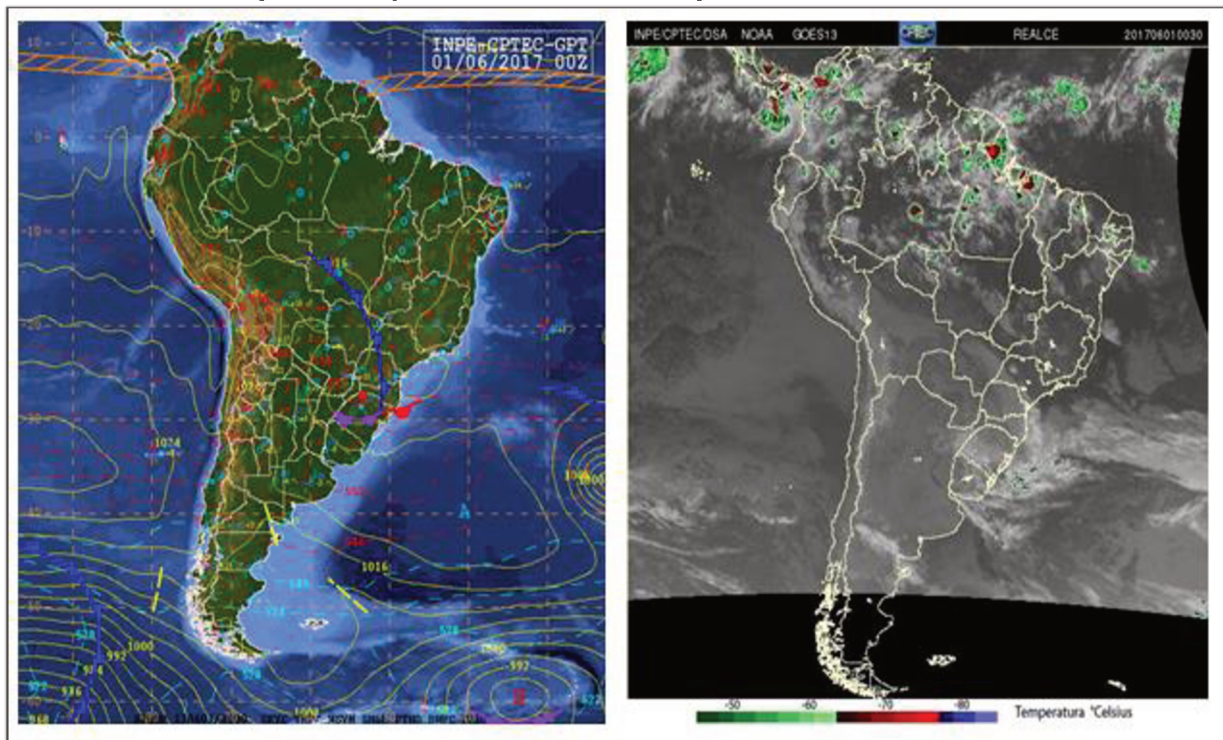
Além da ZCAS e de toda a sua dinâmica envolvida, ressalta-se também a participação dos Sistemas Frontais na produção de instabilidade meteorológica para Uberlândia. O entendimento da dinâmica dos Sistemas Frontais é fundamental para compreender os impactos pluviométricos nas cidades brasileiras, tendo em vista a falta de ajustamento da sociedade perante as churras torrenciais, rápidas e concentradas (SILVA, 2013).

Segundo Cardozo, et al (2015), a América do Sul (AS) é influenciada por sistemas polares provenientes da Antártica. Quando essas massas encontram o ar mais quente das latitudes menores ocorre a formação de frentes frias.

Estes sistemas são descritos pela região de contato entre dois sistemas atmosféricos com características distintas. O sistema frio e seco está diretamente relacionado ao Sistema Polar Atlântico, que quando chega a uma determinada área causa instabilidade atmosférica. Na medida em que o ar quente ascende, ele vai se resfriando, condensando e dando origem a nuvens e conseqüentemente às chuvas frontais (NIMER, 1966).

De acordo com Petterssen (1956) a chegada de uma frente fria ocasiona mudança no tempo local. Há um decréscimo rápido da temperatura, a pressão atmosférica diminui seguida por um aumento e ocorre um giro na direção dos ventos de quadrante norte para quadrante sul no Hemisfério Sul.

Figura 5: Atuação do Sistema Frontal na região Sudeste no dia 01/06/2017.



Fonte: CPTEC (2017). Org: LEITE (2017).

Ainda, de acordo com Ferreira e Mello, as frentes frias (figura 5) podem ser definidas como:

(...) bandas de nuvens organizadas que se formam na região de confluência entre uma massa de ar frio (mais densa) com uma massa de ar quente (menos densa). A massa de ar frio penetra por baixo da quente, como uma cunha, e faz com que o ar quente e úmido suba, forme as nuvens e, conseqüentemente, as chuvas (2005, p. 20).

Estes sistemas se deslocam no Brasil, de maneira geral, de sudoeste para nordeste, de maneira que, durante o inverno associado ao sPa, causam quedas nas temperaturas, podendo gerar geadas e friagens. Durante o verão, os Sistemas Frontais ao avançarem sobre o Sul e Sudeste do país, promovem fortes chuvas na região ao se associarem com o Sistema Equatorial Continental e ao ASAS.

Segundo Mendes (2001, p. 70) as frentes seguem três caminhos principais no território brasileiro:

O primeiro caminho corresponde à depressão formada pelos planaltos brasileiros e a Cordilheira dos Andes, onde a massa de ar fria passa sobre o Paraguai, o Pantanal e o Estado do Mato Grosso, atingindo a região Norte do

Brasil, provocando o fenômeno conhecido como friagem na Amazônia. No segundo caminho, o Sistema Polar Atlântico avança sobre o Planalto Meridional, provocando chuvas frontais e geadas nos estados do sul. Todavia, à medida em que ela vai se aquecendo, produzindo um inverno seco, devido à escassez de umidade da própria massa e da região onde ela se encontra nessa época do ano. No terceiro caminho, ela praticamente vem contornando o litoral oriental da América do Sul, atingindo o Sistema Tropical Atlântico, quente e úmido, provocando chuvas frontais no litoral leste e nordeste do Brasil no período do inverno.

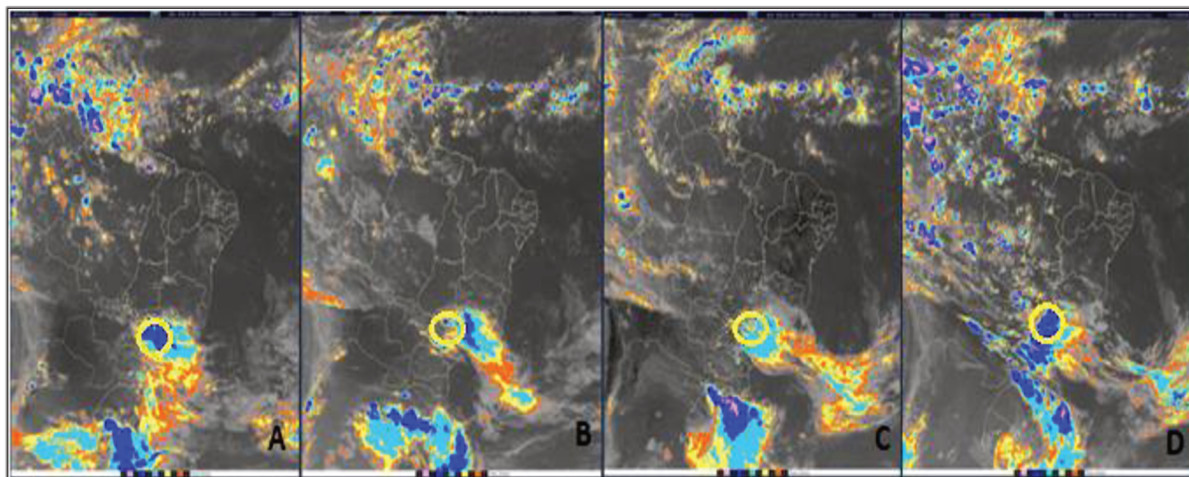
Outro fator que influencia diretamente na dinâmica de circulação das frentes são as baixas altimetrias do Planalto Brasileiro, que não dificultam às incursões do sistema em direção as baixas latitudes.

Para Berezuk e Sant'Anna Neto (2006) seu período de atuação depende de inúmeros fatores, como: período do ano, pressão atmosférica, umidade relativa, dentre outros. Sendo assim, as consequências decorrentes da passagem de um Sistema frontal também podem variar, apresentando intensas rajadas de vento e chuvas fracas ou chuvas intensas sem rajadas de ventos fortes, e até chuvas com presença de granizo e grandes tempestades.

De acordo com Silva (2013), na região do Triângulo Mineiro atuam aproximadamente 25 frentes frias associadas aos sistemas que atuam no Mato Grosso do Sul e no Oeste Paulista. As ocorrências destes sistemas ocorrem principalmente de maio a setembro e com menor atuação de dezembro a fevereiro (apud CAVALCANTI E KOUSKY 2009, p. 139).

No entanto, no trimestre dezembro-fevereiro, as frentes quando associadas à atuação da ZCAS podem provocar instabilidade e consequentes chuvas extremas a partir de sua condição semi-estacionária no sudeste Brasileiro. Essa dinâmica ocorre no verão, quando as frentes atuam mais ao norte e interagem com os sistemas úmidos e produzem intensa convecção e precipitação, como observado na Figura 6.

Figura 6: Evolução e formação de uma zona de instabilidade sobre a Mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba a partir da associação entre a ZCAS e o SF.
A – 00h00min; B – 08h00min; C – 16h00min; D – 22h00min



Fonte: Satélite Meteosat-7, CPTEC (2017). Org: LEITE (2017).

Logo, compreender a dinâmica destes fenômenos e os estados de tempo resultantes de suas atuações tem a acrescentar muito para o monitoramento climático de Uberlândia e para a gestão do risco da Defesa Civil. A organização do espaço urbano deve se voltar também e/ou principalmente para os princípios dinâmicos da atmosfera, buscando harmonizar o cotidiano das pessoas com o funcionamento natural do espaço.

3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O Município de Uberlândia encontra-se localizado na Mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, Estado de Minas Gerais, entre as coordenadas 18 55' 23'' Latitude Sul e 48 17' 19'' de Longitude Oeste. Possui área territorial de 4.115,206 km², população estimada em 683.247 mil habitantes para 2018 e densidade demográfica de 146,78 hab\km², segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE (2018).

Em termos ambientais, o clima da região é influenciado, principalmente por fenômenos meteorológicos das latitudes médias e tropicais que, segundo NIMER (1989), fazem com que o clima atuante na região seja caracterizado como de transição, com duas estações bem definidas.

De acordo com Carrijo e Baccaro (2000), Uberlândia – MG sofre grande influência de sistemas atmosféricos tropicais e seu clima é controlado pelos Sistemas Tropical Continental (sTc), Equatorial Continental (sEc), Polar Atlântico (sPa) e Tropical Atlântico (sTa) como já descrito anteriormente. Além disso, a cidade também sofre a ação de Sistemas Frontais durante todo o ano, da Zona de Convergência de Umidade (ZCOU) e da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), que são responsáveis pelas intensas e prolongadas chuvas no verão. (MENDES, 2001)

Seguindo com a classificação macroclimática do Brasil, proposta por Koppen (1936), o clima da cidade é caracterizado como Aw, sendo tropical com duas estações bem definidas, tendo suas chuvas concentradas entre o período de outubro a março e estiagem entre maio e setembro. A temperatura média anual da cidade é de 22,4°C e nos meses mais frios, junho e julho a temperatura média não ultrapassa os 20°C.

De acordo com o Projeto Radam Brasil (1983), Uberlândia se insere no “Domínio dos Planaltos e Chapadas da Bacia Sedimentar do Paraná”, na porção sudoeste do Cerrado Brasileiro. A vegetação típica da região se diferencia de acordo com os aspectos geofísicos de

cada área, variando desde espécies rasteiras e formas campestres (campo limpo), até grandes formações florestais (cerradão).

O relevo do município é definido por Ab'Saber (1972), dentro do conjunto de Chapadões Tropicais do Brasil. Dispõe de uma morfologia dissecada com a presença de vales encaixados e vertentes com acentuado declive.

Segundo Silva (2018), as altitudes de Uberlândia variam entre 730 e 950 metros, sendo que a maior parte da malha urbana se encontra entre 800 e 952 metros. Os bairros do Setor Leste estão nas áreas mais altas da cidade, entre 901 e 952 metros, tais como, Segismundo Pereira, Morumbi, Dom Almir e Custódio Pereira. Já as áreas mais baixas da cidade, estão vinculadas aos cursos d'água, sobretudo ao Rio Uberabinha e seus afluentes, onde se encontram os bairros Cidade Jardim, Tabajaras, Dona Zulmira, Osvaldo Rezende, São José, por exemplo.

A declividade predominante na cidade varia de 0 a 3°, caracterizando-se como pequena, embora, próximo aos cursos d'água é possível encontrar as maiores declividades variando de 3.1 a 6° e no Rio Uberabinha, de 9° a 13,7°. (SILVA, 2018)

Como apontado no trabalho de Silva (2013), a declividade acentuada, nas bacias dos córregos São Pedro, Tabocas e Óleo, áreas de elevado adensamento urbano, é um agravante na produção de impactos pluviométricos durante as precipitações concentradas. Na medida em que as águas pluviais escoam superficialmente para os fundos de vale, a pressão hídrica aumenta, causando enchentes nos cursos d'água e consequentes alagamentos de vias e inundação de residências e comércios.

Ainda, para Del Grossi (1991), a morfologia de Uberlândia apresenta extensas áreas com superfícies aplainadas, formadas por rochas sedimentares que fazem parte do domínio dos chapadões, comumente delimitados por vertentes erosivas de moderada declividade, que

resultaram nos processos erosivos pluviais e, principalmente fluviais, que levaram a exposição de derrames basálticos nos fundos de vale.

A geologia, descrita por Nishiyama (1989), é constituída de rochas sedimentares e magmatitos básicos da era Mesozoica (Jurássico e Cretáceo), compreendendo as formações Botucatu, Serra Geral, Adamantina e Marília. Estas formações encontram-se recobertas por sedimentos cenozoicos terciários e suas bases deposicionais por rochas do grupo Araxá (Proterozoico) e do Complexo Basal Goiano (Arqueano).

O complexo Goiano é caracterizado por migmatitos, gnaisses e granitos, que estão presentes em parte da região leste do município de Uberlândia. O Grupo Araxá é caracterizado por afloramentos de xistos, gnaisses e quartzitos exumados pelas drenagens fluviais, encontrados nos vales dos rios Uberabinha e Araguari. (OLIVEIRA E CAMPOS, 2000)

Os afloramentos dos arenitos da Formação Botucatu, são constituídos por trapes e intertrapes de arenitos silicificados que ocorrem em forma de manchas isoladas de pouca expressividade em Uberlândia. Já a Formação Serra Geral, corresponde à derrames basálticos provenientes de intensas atividades vulcânicas datadas da era Mesozoica, sendo encontrada ao longo dos rios Araguari, Uberabinha, Tijuco e Douradinho. (NISHIYAMA, 1989)

O Grupo Bauru, é representado por litotipos das Formações Uberaba, Adamantina e Marília (Nishiyama, 1989; Oliveira, 2002). Os afloramentos dos arenitos da Formação Adamantina ocorrem a sudoeste e oeste do município de Uberlândia-MG, nas bacias dos rios Tijuco, Douradinho e Estiva. Por fim, a Formação Marília corresponde a arenitos não consolidados superpostos aos níveis carbonáticos, estendendo-se de sudoeste à noroeste no município de Uberlândia. (PETRUCCI, 2018)

Mapa 1: Localização do Perímetro Urbano e Hidrografia de Uberlândia – MG

Setor Central	Setor Norte	Setor Sul
Setor Leste	Setor Oeste	Hidrografia

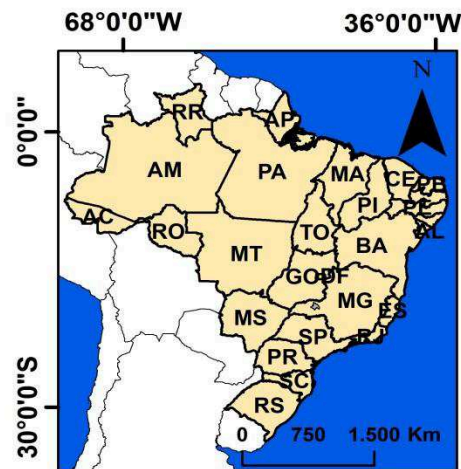
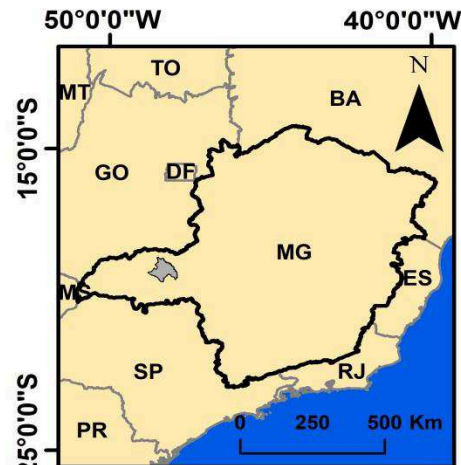
Localização do Município de Uberlândia (MG)

Sistema de Coordenadas Geográficas
Datum: WGS84

Autoria / Organização: LEITE, E. S.

Elaboração: PIRES, G. A. C.

Fonte: ANA / IBGE 2018



Localização do Município de Uberlândia (MG)

Sistema de Coordenadas Geográficas
Datum: WGS84

Autoria / Organização: LEITE, E. S.

Elaboração: PIRES, G. A. C.

Fonte: ANA / IBGE

2018

Em relação à hidrografia, dentro do perímetro urbano de Uberlândia existem várias sub-bacias, que formam uma rede fluvial ampla que drena grande parte da cidade, conduzindo as águas para o seu principal rio, o Uberabinha (Mapa 2).

Dessas redes de drenagens, algumas se encontram canalizadas e são palcos dos principais impactos pluviais durante a ocorrência de chuvas concentradas na cidade, sendo elas, o córrego Cajubá onde se localiza atualmente a Av. Getúlio Vargas, o córrego Taboca onde se localiza a Av. Minervina Cândida de Oliveira e a BR-365, o córrego Jataí onde se localiza a Av. Anselmo Alves dos Santos e por último, o córrego São Pedro onde se localiza a Av. Rondon Pacheco.

3.1 O clima de Uberlândia – MG.

O clima de Uberlândia e da mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba possui características climáticas muito mais próximas da região centro-oeste, do que ao do restante das demais regiões mineiras. Este fato se explica tanto pela posição geográfica como pelas formas do relevo que compõe a região. (MENDES, 2001)

A dinâmica atmosférica em Uberlândia está sob o controle, principalmente, dos sistemas intertropicais, cuja participação anual supera os 50% em conjunto à atuação dos sistemas polares, com participação próxima aos 25%. (DEL GROSSI, 1991).

Partindo do pressuposto de que é necessária uma sequência de dados de no mínimo trinta anos para se determinar o clima atuante de uma determinada localidade, Del Grossi (1991) realizou uma descrição a partir dos dados das décadas de 60 a 80 para a cidade de Uberlândia. Mendes (2001), objetivando uma descrição mais próxima da realidade da estrutura urbana/climática vigente em Uberlândia, realizou uma caracterização climática comparativa entre as três décadas de análise de Del Grossi com os anos de 1996 a 2000,

período de análise e desenvolvimento de sua pesquisa. Outros pesquisadores, como Roldão (2015) e Petrucci (2018) também realizaram análises sínteses atuais sobre as características climáticas de Uberlândia.

Deste modo, com base nestas análises, o clima de Uberlândia pode ser descrito a partir das seguintes características climáticas:

- Em relação à temperatura, Mendes (2001) constatou que nos meses mais quentes (setembro, outubro, dezembro e fevereiro) a temperatura média foi igual ou superior a 24°C e durante os meses mais frios (maio, junho e julho) a temperatura média não ultrapassou os 20,6°C. Tomado como base a análise de Del Grossi (1991), estes dados foram próximos, uma vez que, durante os meses mais quentes, a autora constatou que a temperatura média foi superior aos 22°C e nos meses mais frios, a média foi inferior a 18°C.

No que se refere à síntese das temperaturas médias Petrucci (2018, p. 62) conclui que:

Os meses com maiores valores de temperatura compreende o período de setembro e abril, com valores médios acima dos 23 °C, sendo os meses de outubro e fevereiro os com valores mais elevados, com 24,2 °C e 23,9 °C, respectivamente. No período de maio a agosto, as temperaturas são mais amenas, sendo os meses de junho e julho os mais frios, com 19,9 °C e 20,0 °C, respectivamente. A temperatura média anual da cidade de Uberlândia-MG é de 22,6 °C e o gradiente entre o mês mais quente para o mês mais frio é de 4,3 °C.

- Em relação às chuvas, Mendes (2001) constatou uma concentração pluviométrica de 85% durante os meses de outubro a março e 15% de maio a setembro. Na caracterização de Del Grossi (1991), a concentração das chuvas de outubro a março foi de 90% e de maio a setembro de apenas 10%. Este fato demonstra claramente um período chuvoso e outro seco, caracterizando bem a sazonalidade das estações. Para Petrucci (2018, p. 61):

A precipitação é concentrada nos meses de outubro a março, sendo que os picos ocorrem nos meses de janeiro e dezembro, com 309 mm e 292 mm, respectivamente nesta ordem. No período de estiagem, que se estende dos meses de abril a setembro, as médias dos totais de precipitações são baixas, abaixo dos 100 mm, sendo os meses de julho e agosto com os menores valores médios de precipitação, com 10 mm e 11 mm, respectivamente. A precipitação média anual para a cidade de Uberlândia-MG é de 1.507 mm.

- Na análise da umidade relativa do ar, os dados encontrados pelos autores são bastante próximos, demonstrando que os maiores índices foram alcançados no período chuvoso, durante os meses de outubro a março, com destaque aos meses de dezembro a março, que obtiveram uma umidade relativa média superior aos 75%. Em contrapartida, constatou-se a menor média de umidade relativa no mês de agosto, com concentração inferior aos 50%.

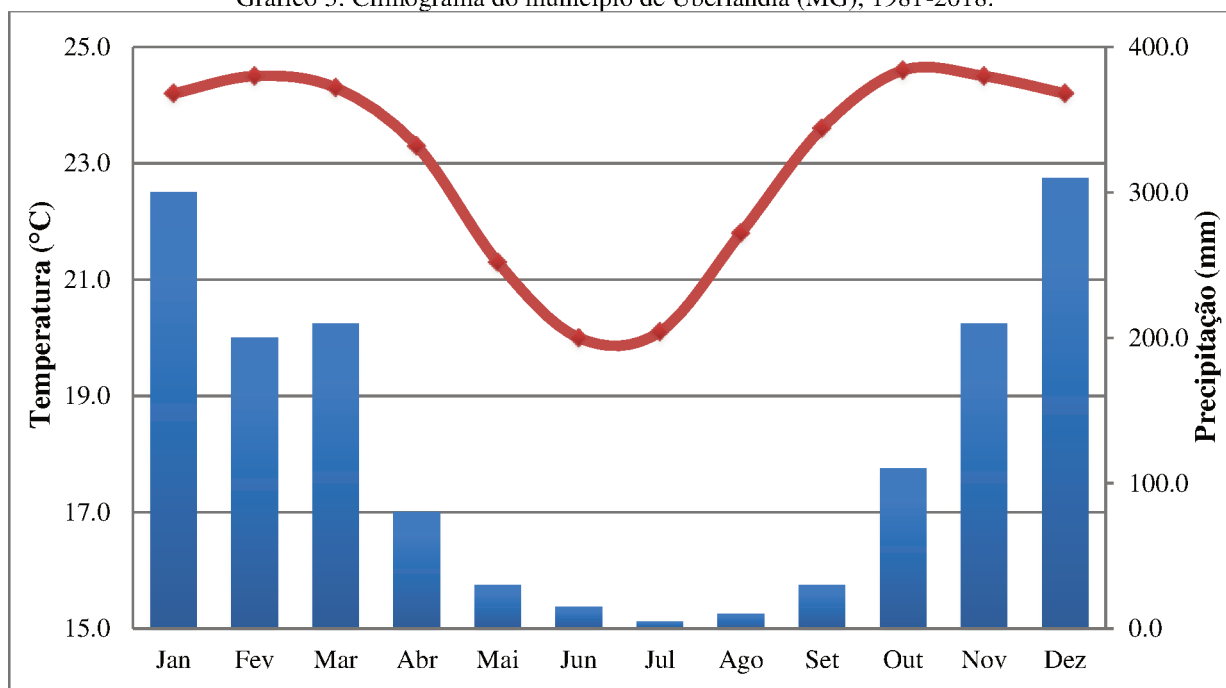
- Sobre a nebulosidade, observou-se que sua intensidade é maior nos meses de dezembro a fevereiro, com uma média de nebulosidade superior a 67%. Já nos meses de julho e agosto, constataram-se as menores porcentagens, com um índice inferior a 30%.

- Em referência a insolação, de acordo com Mendes (2001), o maior número de horas registradas ocorreu no mês de agosto e o menor no mês de fevereiro. Estes dados entram em concordância à análise de Del Grossi (1991), onde a insolação foi maior no semestre seco, quando o tempo se apresenta claro e estável, e menor durante o período chuvoso, quando o tempo permanece instável e nublado por vários dias.

Todas as mudanças no comportamento e na distribuição dos elementos climáticos citados devem-se, principalmente, à sazonalidade de atuação dos sistemas atmosféricos sobre a cidade de Uberlândia, como visto anteriormente.

Observando a Gráfico 3, destaca-se que 86,7% das chuvas anuais estão concentradas no período chuvoso (outubro a março), com destaque para os meses de dezembro e janeiro. Já os menores índices podem ser observados nos meses de junho a agosto. A temperatura média se mantém elevada o ano todo, com um pequeno decréscimo nos meses de estiagem.

Gráfico 3: Climograma do município de Uberlândia (MG), 1981-2018.



Fonte: INMET (2018) Org. LEITE (2018)

Portanto, a sazonalidade existente entre os períodos chuvosos e quentes, frios e secos, se deve justamente pela alternância da dinâmica atmosférica entre os sistemas tropicais e polares, que caracterizam o clima da cidade de Uberlândia como tropical alternadamente úmido e seco.

4. MATERIAIS E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.

Para conseguir atingir os objetivos propostos por esta pesquisa, utilizou-se como base metodológica o Sistema Clima Urbano, proposto por Monteiro (1976). Assim, considera-se a abordagem geográfica do clima, levando em consideração tanto os elementos de ordem meteorológica quanto à dinâmica da superfície e da vida do homem.

4.1 O Sistema Clima Urbano (S.C.U.).

Assim como Monteiro, a perspectiva adotada por esta pesquisa levou em consideração o processo de crescimento da cidade, associado ao estabelecimento desordenado das atividades econômicas e sociais, e criação de espaços suscetíveis aos impactos durante a passagem de fenômenos climáticos extremos.

O S.C.U. foi elaborado por Monteiro a partir da Teoria Geral dos Sistemas (TGS) e pode ser caracterizado como um sistema complexo, aberto e adaptativo, que ao receber energia a transforma, de modo a produzir uma condição exportada para o ambiente (LIMA et al, 2012).

Por meio da utilização da TGS e da integração de todos os elementos; atmosfera, sítio urbano e o fato urbano, o clima das cidades passou a ser focado de maneira integrada e numa dimensão evolutiva (MENDONÇA, 2003).

Sobre o S.C.U., Mendonça (1994) apud Pinheiro (2012, p. 25) nos relata que “o Sistema Clima Urbano é uma proposição de abordagem geográfica do clima e da cidade, ou seja, envolve tanto os elementos de ordem meteorológica da atmosfera quanto os elementos da paisagem urbana em sua dinâmica [...]”.

Nesse sentido, há que se considerar a atmosfera como o operador do sistema e o homem como o operando do sistema:

Sendo o homem o operando deste sistema, conclui-se uma característica importante do S.C.U.: ser passível de autorregulação. Considerando o Sistema Clima Urbano como um sistema aberto é necessário considerar, além dos fatores geradores de energia externos, os fatores internos, isto é, o homem e a dinâmica criada pelo mesmo no espaço citadino (LIMA et al, 2012, p. 630).

Buscando um entendimento didático, faz-se necessário citar o quadro de análise proposto por Monteiro (1976) acerca do S.C.U. Para o autor, há alguns tópicos que explicam a estrutura e os principais conceitos deste sistema resumidamente, sendo eles:

- O Clima urbano é um sistema que abrange o clima de um determinado ambiente e seu processo de urbanização.

- O espaço construído, urbanizado, que se identifica através do sítio, compreende o núcleo do sistema que mantém as relações com o ambiente regional imediato em que se insere.

- O S.C.U. capta energia do seu ambiente e é caracterizado por uma sucessão de eventos que articulam diferenças de estados, mudanças e transformações internas, a ponto de gerar produtos que se incorporam ao núcleo e/ou são exportados para o ambiente, configurando-se, como um todo, numa organização complexa que se pode enquadrar na categoria dos sistemas abertos.

- As energias importadas pelo S.C.U. são de natureza térmica, oriundas da energia solar, implicando, portanto, componentes dinâmicos em seu sistema, determinados pela circulação atmosférica e decisivos para a componente hídrica englobada nesse conjunto.

- A análise acerca da entrada de energia, a partir da circulação atmosférica regional, deve ser observada tanto em termos quantitativos como em relação ao seu modo de transferência.

- A estrutura interna do S.C.U. não pode ser compreendida apenas pela simples superposição de seus elementos (ecológicos, morfológicos e urbanos), mas somente por meio da total conexão entre elas.

- O conjunto do S.C.U. pressupõe vários elementos que possuem ação direta no desempenho do sistema, sendo assim, é necessário a classificação destes elementos através de canais de percepção humana, de acordo com a sua área de produção.

- A natureza urbana do S.C.U. implica em condições especiais da dinâmica interna das cidades, envolvendo diversas facetas do complexo processo de crescimento e desenvolvimento urbano.

- O S.C.U. é passível de modificações, dado que, na medida em que se identifica disfunções, é necessário intervir no seu funcionamento e adaptar-se a ele em diferentes situações.

- Acrescentam-se ao S.C.U. como sistema aberto, aquelas propriedades de entropia negativa pela sua própria capacidade de especialização dentro do crescimento através de processos adaptativos, qualificando-o como um sistema morfogenético.

A partir da junção de fatores naturais e sociais, criando um sistema singular de análise por meio de canais de percepção humana – o termodinâmico (conforto térmico), o físico-químico (qualidade do ar) e o hidrometeorológico (impacto pluvial) –, Monteiro (1976) compreendeu o clima dentro dessa teia de relações no ambiente urbano (Quadro 1).

De acordo com Monteiro os canais de percepção humana podem ser definidos como:

Conforto Térmico - englobando as componentes termodinâmicas que, em suas relações, se expressam através do calor, ventilação e umidade nos referenciais básicos a esta noção. É um filtro perceptivo bastante significativo, pois afeta a todos permanentemente. Qualidade do Ar - a poluição é um dos males do século, e talvez aquele que, por seus efeitos mais dramáticos, atraia mais a atenção. Associada às outras formas de poluição (água, solo, etc.), a do ar é uma das mais decisivas na qualidade ambiental urbana; Meteoros do Impacto - aqui estão agrupadas todas aquelas formas meteorológicas, hídricas (chuva, neve, nevoeiro), mecânicas (tornados) e elétricas (tempestade), que assumindo, eventualmente, manifestações de

intensidade, são capazes de causar impacto na vida da cidade, perturbando-a ou desorganizando-lhe a circulação e os serviços. (2003, p.24)

Quadro 1: Sistema Clima Urbano (SCU)

<u>Subsistemas</u> Canais de Percepção	<u>Termodinâmico</u> Conforto Térmico	<u>Físico-Químico</u> Qualidade do ar	<u>Hidrometeorológico</u> Impacto Meteorológico
Fonte	Atmosfera Radiação Circulação Horizontal	Atividades Urbanas Veículos auto-motores Indústrias	Atmosfera estados especiais (desvios rítmicos)
Trânsito no Sistema	Intercâmbio de operador e operando	De operando ao operador	Do operador ao operando
Mecanismo de Ação	Transformação no Sistema	Difusão através do Sistema	Concentração no Sistema
Projeção	Interação núcleo Ambiente	Do núcleo ao ambiente	Do ambiente ao núcleo
Desenvolvimento	Contínuo (permanente)	Comulativo (renovável)	Episódio (eventual)
Observação	Meteorológica especial (T. campo)	Sanitária e Met. especial	Meteorológica Hidrológica (T.Campo)
Correlações Disciplinares	Bioclimatologia Arquitetura e Urbanismo	Engenharia Sanitária	Engenharia Sanitária e Infra-estrutura urbana
Produtos	Ilhas de Calor Ventilação Aumento de Precipitações .	Poluição do Ar	Ataques à integridade Urbana
Efeitos Diretos	Desconforto e redução do desempenho humano	Problemas sanitários, respiratórios, oftalmológicos	Problemas de circulação e comunicação urbana
Reciclagem adaptativa	Controle do Uso do Solo, Tecnologia de conforto habitacional	Vigilância e controle dos agentes de poluição	Aperfeiçoamento da infra-estrutura urbana e regulação fluvial. Uso do solo
Responsabilidade	Natureza e Homem	Homem	Natureza

Fonte: Monteiro (1976). Adaptado pelo autor.

Nesta perspectiva, o clima é compreendido a partir de um ritmo, ou seja, de acordo com a sucessão dos estados atmosféricos, abrindo espaço para as variações e os desvios da dinâmica atmosférica regional, sobretudo na constituição de padrões extremos ao ritmo.

A compreensão deste clima urbano é derivada do rearranjo da paisagem natural, em que há a imposição de um novo ambiente construído a partir das intensas atividades humanas.

A cidade gera um clima próprio, fruto da interferência de todos os fatores antrópicos sobre os elementos atmosféricos locais.

Portanto, a preocupação fundamental da Climatologia Urbana a partir do S.C.U. é analisar o grau de transformação da atmosfera pelas atividades humanas, visando a construção de uma ciência que auxilie no planejamento e na melhoria das condições ambientais da sociedade citadina.

4.2 O Componente Hidrometeorológico.

O campo hidrometeorológico, no qual se desenvolve esta dissertação, trata do estudo das precipitações urbanas e seus impactos decorrentes, podendo ser definido como:

Todas aquelas formas meteorológicas, hídricas (chuva, neve, nevoeiros), mecânicas (tornados) e elétricas (tempestade), que assumindo, eventualmente, manifestações de intensidade são capazes de causar impacto na vida da cidade, perturbando-a ou desorganizando-lhe a circulação e os serviços (MONTEIRO E MENDONÇA, 2013, p. 24).

É nessa perspectiva que devemos levar em consideração a ideia de impacto, que pressupõe consequências calamitosas e prejudicam a qualidade de vida da cidade. Estes impactos são gerados por eventos que refletem variações extremas do ritmo e desvios nos padrões habituais dos elementos climáticos locais.

Segundo Monteiro e Mendonça (2013), os aguaceiros, fortes impactos pluviais concentrados, se configuram como ponto de interesse para nós brasileiros, tendo em vista a frequência anual dos impactos nas cidades do país.

Nesse sentido como produto do S.C.U. os aguaceiros (enchentes, inundações e alagamentos) são causados devido à ocupação humana em direção às vertentes, às margens dos rios e em locais inadequados. Assim, é necessário considerar a complexidade do sítio urbano, e de como este foi construído dentro do seu contexto climático-ambiental. Quanto

mais caótico é o processo de urbanização, maiores serão os impactos negativos da precipitação no ambiente urbano.

Para que haja autorregulação deste processo, as ações humanas devem se direcionar a partir de dois processos: a racionalização do uso e da ocupação do solo e o aperfeiçoamento da infraestrutura urbana. Intervenções como adequações das galerias de águas pluviais e a regulamentação das drenagens dos cursos d'água são alguns exemplos de autorregulação imediata dos problemas climáticos. Além dessas medidas, a previsão e monitoramento do clima são de extrema importância, uma vez que são acompanhadas pela prevenção e aumento da resistência e ajustamento da sociedade frente aos fenômenos adversos (TEODORO, 2008).

Deste modo, tendo este referencial teórico/metodológico como base, busca-se para o caso de Uberlândia integrar todos os elementos que compõem a dinâmica climatológica urbana, tais como a circulação atmosférica regional (potencial hídrico, tipos de tempos especiais), o escoamento urbano (fatores geomorfológicos, estrutura da drenagem urbana, uso do solo) e a inundação do espaço urbano (problemáticas socioambientais), visando otimizar o planejamento e a gestão do risco na cidade perante as chuvas concentradas.

4.3 Etapas Operacionais.

O caminho metodológico adotado teve início a partir do levantamento bibliográfico, tendo como base principal a relação clima/cidade. Baseado no aprofundamento desta temática foi possível à compreensão de inúmeras questões, principalmente aquelas relacionadas à organização das atividades humanas frente aos fenômenos atmosféricos extremos em ambientes urbanos.

O desenvolvimento das análises sobre a evolução da cidade de Uberlândia ocorreu a partir do levantamento de informações em trabalhos da Geografia Urbana da Universidade Federal de Uberlândia, coleta de dados do IBGE (2018), coleta de dados de impactos em

mídias locais, mapeamentos por imagem de satélite (evolução da mancha urbana), buscando compreender como a cidade se consolidou como um espaço suscetível a impactos pluviais.

A fase de tabulação dos dados de precipitação e rajadas de vento, dos materiais sinóticos e das ocorrências de impactos ocorreu através do fornecimento destes, obtidos diretamente junto ao Laboratório de Climatologia e Recursos Hídricos (LCRH), ao Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) e à Coordenadoria Municipal de Proteção e Defesa Civil (COMPDEC).

De posse das ocorrências relacionadas às chuvas da Defesa Civil, elas foram tabuladas uma a uma em planilhas Microsoft Office Excel 2010. Após a sistematização, foram selecionados todos os eventos pluviométricos que demandaram ações da Defesa Civil e do Corpo de Bombeiros, buscando a compreensão dos arranjos diários e horários das chuvas e rajadas de ventos, bem como, quais os sistemas atmosféricos foram responsáveis pelos extremos de precipitação. Nesta etapa é importante destacar as análises – dos ritmos dos sistemas atmosféricos dentro dos episódios pluviométricos – imensuráveis no desenvolvimento desta pesquisa como produto de gestão dos riscos para a Defesa Civil de Uberlândia

Após a sistematização de todos os eventos, realizou-se uma análise acerca dos dias que mais demandaram ações da Defesa Civil por ano, dentro da série 2012-2016. A escolha desses eventos refere-se à importância dada à magnitude dos impactos diários dentro da infraestrutura urbana de Uberlândia para um único evento chuvoso. Já a utilização da série 2012/2016 se dá pela totalidade dos dados da Defesa Civil, tendo em vista que em anos passados a contagem e a sistematização das ocorrências não eram práticas realizadas.

Ressaltam-se que todos os episódios e eventos de chuva selecionados nesta pesquisa estão corroborados pelos dados climáticos, sendo assim, aqueles eventos que demandaram

ações da Defesa Civil, mas não tiveram seus dados coletados pela estação meteorológica, foram desconsiderados.

Após esta etapa realizou-se a correlação dos eventos de maior repercussão da Defesa Civil de cada ano, com os dados climáticos da estação meteorológica da Universidade Federal de Uberlândia (relação fato climático x impactos/ocorrências). Seguindo a proposta de análise, é fundamental compreender a disposição dos dados climáticos (precipitação e ventos), e assim identificar a dinâmica atmosférica atuante nos eventos, por meio da análise sinótica. Conhecer o horário das chuvas e das rajadas máximas de vento possibilitou selecionar, de forma criteriosa, os materiais sinóticos para observação da dinâmica atmosférica (sistemas) na região de Uberlândia para cada evento.

Vale destacar, que o risco dos impactos ocorrerem é proporcionalmente maior quando a precipitação acontece em pouco tempo, do que a mesma quantidade em um tempo maior, sendo necessário levar em consideração a relação duração/intensidade/frequência como referência na análise dos eventos extremos. (MENDES, 2001)

Embora exista a ausência de outros postos pluviométricos dentro do perímetro urbano de Uberlândia, entende-se que a utilização de apenas uma estação não foi uma problemática a ser enfrentada na pesquisa, uma vez que o foco principal deste trabalho é analisar a gênese atmosférica dos eventos e compreender, de modo geral, a dinâmica citadina em um contexto de instabilidade meteorológica. Logo, o dado isolado da estação da Universidade foi satisfatório para expressar o fenômeno climático e demonstrar a distribuição diária das chuvas e das rajadas de vento.

A dinâmica atmosférica dos eventos selecionados se deu por meio de cartas sinóticas, imagens de satélite e imagens de precipitação instantânea estimada por satélite,

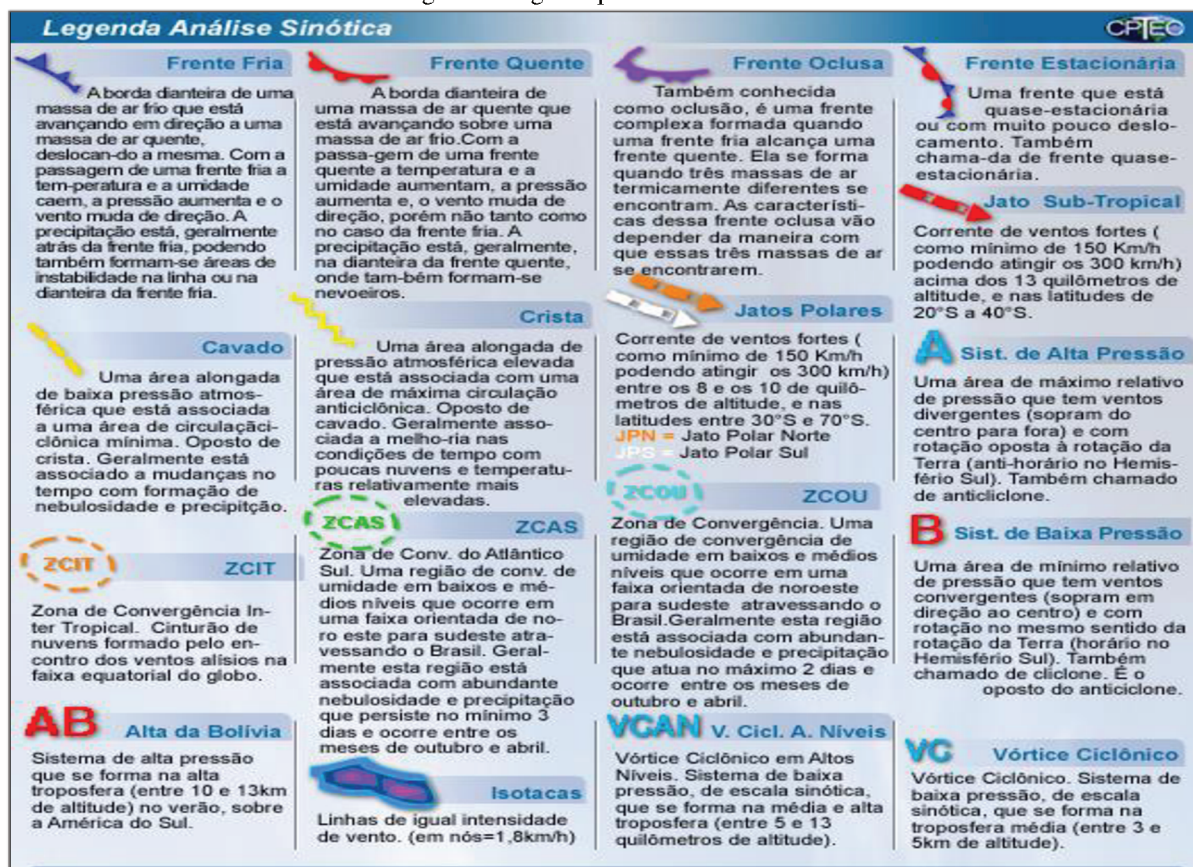
disponibilizados pelo CPTEC (2018). Além destes materiais, também foram coletadas cartas sinóticas junto ao Serviço Meteorológico da Marinha (2018).

As imagens de precipitação instantânea estimada por satélite foram utilizadas para a elaboração de cartogramas, que demonstram a instabilidade e a previsão horária das chuvas em Uberlândia para os cinco eventos de maior magnitude de impactos por ano, dentro da série 2012-2016. As imagens são produzidas através do método do hidroestimador. De acordo com o CPTEC (2018, não paginado):

O hidroestimador é um método inteiramente automático que utiliza uma relação empírica exponencial entre a precipitação (estimada por radar) e a temperatura de brilho do topo das nuvens (extraídas do canal infravermelho do satélite GOES-12), gerando taxas de precipitação em tempo real. Através da tendência de temperatura da nuvem (e informações de textura) é utilizado um ajuste da área coberta pela precipitação. Variáveis como água precipitável, umidade relativa, orografia, paralax e um ajuste do nível de equilíbrio convectivo para eventos de topos quentes são utilizadas para ajustar automaticamente a taxa de precipitação.

A análise da dinâmica atmosférica contou ainda, com o auxílio do Boletim Técnico, disponibilizado pelo CPTEC, que contém informações sobre a previsão do tempo para o Brasil e suas regiões a partir de imagens de satélite e cartas sinóticas. Além disso, outros referenciais foram utilizados para a interpretação das cartas sinóticas, principalmente para compreensão da simbologia das imagens, como na imagem abaixo. (FIGURA 7)

Figura 7: Legenda para Análise Sinótica

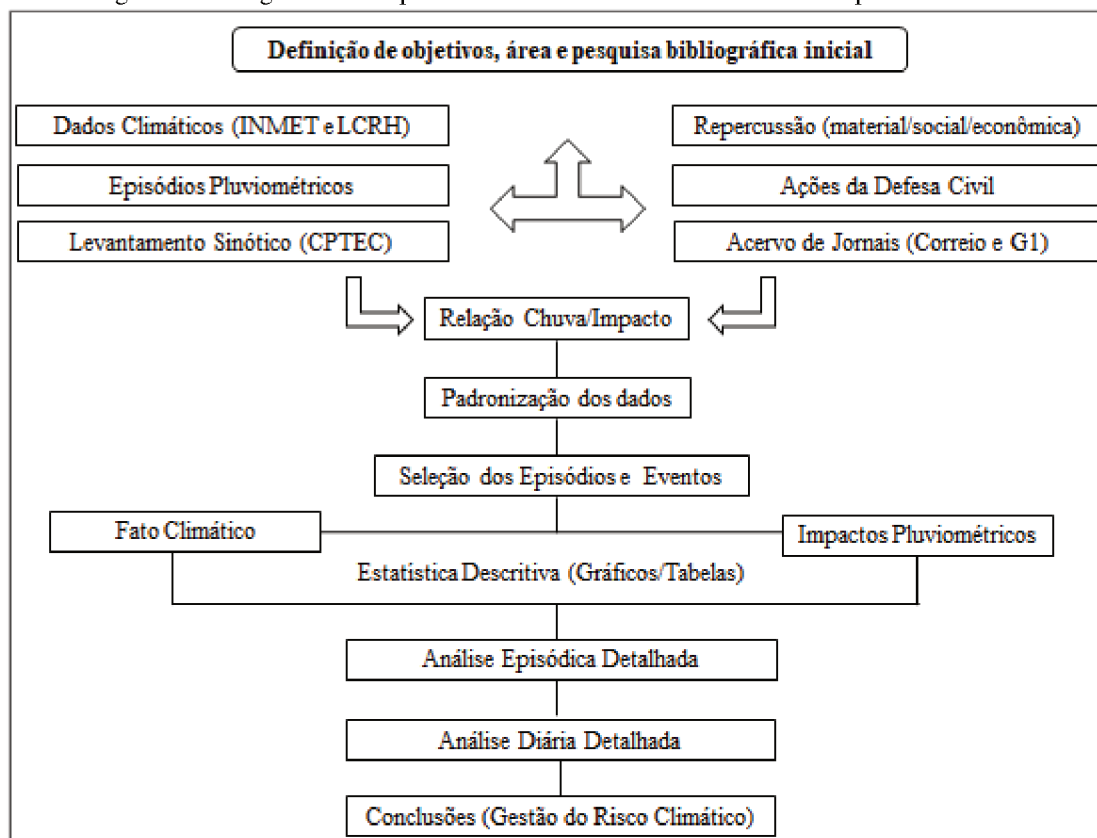


Fonte: CPTEC (2018)

A partir dessa base de dados, a dinâmica dos impactos pluviométricos em Uberlândia foi analisada de maneira conjugada e integrada aos dados climáticos, às cartas sinóticas e imagens de satélite, fazendo-se possível a identificação da variabilidade pluvial e dos sistemas atmosféricos atuantes ao longo dos eventos selecionados, bem como a repercussão dos fenômenos atmosféricos na infraestrutura da cidade a partir das ocorrências da Defesa Civil.

O fluxograma exposto na figura 8 exemplifica a integração e o caminho metodológico seguido nesta pesquisa. Destaca-se a importância da padronização dos materiais a partir da correlação entre os dados climáticos, as cartas sinóticas e a repercussão do fenômeno.

Figura 8: Fluxograma da etapa de levantamento e análise dos eventos pluviométricos.



Fonte: LEITE (2018).

Nas análises dos eventos intensos, os impactos evidenciados nas ocorrências da Defesa Civil foram subdivididos em aguaceiros (pontos de alagamento e inundação de residências), danos a edificações (destelhamentos, queda de muros e trincas/infiltrações), quedas de árvores e outros (destacamento asfáltico, movimentação de terra e refluxo de esgoto). Realizou-se esta categorização para facilitar a análise e o mapeamento dos principais problemas evidenciados na cidade de Uberlândia para os eventos selecionados. É importante ressaltar que, na descrição das ocorrências da Defesa Civil havia a informação se aquela solicitação foi motivada por chuva, vendaval, ou por outros motivos. Levou-se em consideração para o desenvolvimento dessa pesquisa apenas aquelas ocorrências relacionadas aos fenômenos climáticos (chuvas e ventos).

Para a análise da espacialização das ocorrências e identificação das áreas afetadas no perímetro urbano de Uberlândia, foram produzidos mapas temáticos no software Quantum

Gis, versão 2.18 (software). A utilização do Sistema de Informações Geográficas (SIG) foi fundamental nas análises climáticas, auxiliando na compreensão dos fenômenos a partir de mapas, compilação de dados, análise de informações mapeadas e gestão de informações geográficas por meio de banco de dados.

Para a produção dos mapas realizou-se o download das bases cartográficas das áreas de estudo no site do IBGE e da Prefeitura Municipal de Uberlândia. Na elaboração dos mapas temáticos de impactos, as coordenadas geográficas de cada ocorrência da Defesa Civil foram retiradas do sítio eletrônico www.google.com.br/maps/ no município de Uberlândia e sistematizadas pelo Quantum Gis.

Esta etapa de produção de mapas e cartogramas, além de necessária para o cumprimento do objetivo desta pesquisa, contribuiu com o planejamento das ações da Defesa Civil do município, tendo em vista que os produtos serão disponibilizados. Ainda, a espacialização dos dados através do mapeamento dessas informações forneceu um grande aparato para a gestão do risco e para o planejamento climático/ambiental da cidade. É fundamental aplicar essas informações sob a ótica da gestão equilibrada do ambiente, visando ajustar a sociedade e torná-la resiliente.

As imagens e fotos utilizadas nesta pesquisa, bem como a repercussão dos fenômenos na mídia, foram coletadas junto aos jornais Correio de Uberlândia e G1 Uberlândia em seus portais eletrônicos.

Por fim, com o intuito de sintetizar as informações referentes à todos os eventos pluviométricos que causaram problemas em Uberlândia durante a série 2012/2016, aplicou-se estatísticas descritivas. A partir de uma visão global de uma série de valores, foi possível organizar e descrever informações por meio de tabelas, gráficos e medidas descritivas no software eletrônico Microsoft Excel.

Portanto, as etapas de desenvolvimento desta pesquisa envolvem tanto métodos quantitativos, a partir da coleta das informações e tratamento estatístico dos eventos climáticos e das ocorrências de atendimento da Defesa Civil, como também métodos qualitativos ao empregar as análises episódicas e diárias, de modo a identificar a atuação dos fenômenos atmosféricos e seus reflexos materiais, sociais e econômicos na cidade de Uberlândia.

4.4 Estatística.

Além das análises descritivas dos eventos pluviométricos que demandaram ações da Defesa Civil para a série 2012-2016, objetivou-se compreender estatisticamente a relação que as chuvas concentradas e as rajadas de vento têm com a produção de impactos na infraestrutura de Uberlândia.

O número de ocorrências recebido pela defesa civil é uma variável numérica e tal variável, supostamente, pode ser explicada ou determinada por outras variáveis como precipitação diária, precipitação máxima diária ou ainda, rajada máxima de vento em 24 horas. A variável ocorrência é então, uma resposta obtida a partir do efeito das demais variáveis. Em outras palavras, o número de ocorrência, por hipótese, é explicado por meio das demais variáveis mencionadas acima.

Como tanto a variável explicada como as explicativas ou explanatórias são quantitativas admite-se que a metodologia denominada análise de regressão é adequada para estudar a relação entre elas. No entanto, ainda que as características das variáveis sugiram esta metodologia, o modelo de regressão pode não ser adequado para estudar a relação entre as variáveis devido a vários outros fatores não controlados na coleta dos dados ou no experimento.

Uma alternativa a este problema é o estudo da influência da variável explicativa na variável resposta através de suas categorias. Pode-se verificar se à medida que a intensidade

da precipitação ou da rajada de vento aumenta (baixa, moderada, forte), em consequência, o número de ocorrências aumenta significativamente, em média.

Realizou-se a seguinte categorização dos dados de precipitação e rajadas de vento.

Tabela 1: Categorização dos dados

<u>Dados Diários</u>	
Precipitação Baixa	10-30 mm/24h
Precipitação Moderada	30-60 mm/24h
Precipitação Forte	>60 mm/24h
<u>Dados horários</u>	
Precipitação Baixa	0-15 mm/h
Precipitação Moderada	15-30 mm/h
Precipitação Forte	>30 mm/h
Rajada fraca	20-35 km/h
Rajada Moderada	35-50 km/h
Rajada Forte	>50 km/h

Org: LEITE (2018)

Este estudo pode ser feito por meio da análise de variância se os pressupostos de normalidade e homogeneidade de variâncias forem atendidos ou, caso contrário, por meio do teste não paramétrico, de Kruskal-Wallis.

O teste de Kruskal Wallis é calculado pela equação:

$$H = \left[\frac{12}{(N \cdot (N+1))} \right] \cdot \left[\frac{\sum R_1^2}{n_1} + \frac{\sum R_2^2}{n_2} + \frac{\sum R_3^2}{n_3} \right] - 3 \cdot (N + 1)$$

Onde: N é o número dados em todos os grupos

n é o número de sujeitos em cada grupo

$\sum R$ é a somatória dos postos em cada grupo

As análises foram realizadas com o auxílio do software R (R Core Team, 2018).

5. RESULTADOS

Nos subtópicos deste capítulo estão as análises realizadas acerca da temática “Sistemas Atmosféricos/Chuvas Extremas/Impactos Urbanos” em Uberlândia. Nesse sentido, realizou-se a sistematização de informações a respeito do desenvolvimento da cidade de Uberlândia e como esta se comporta nos dias atuais durante a passagem de extremos climáticos; a descrição de todos os eventos pluviométricos que causaram impactos durante os anos de 2012/2016; as análises atmosféricas dos episódios pluviométricos, onde constatou-se os eventos mais relevantes para Defesa Civil e, por fim, as análises individuais para cada evento de maior impacto dentre os anos de 2012/2016.

5.1 Contexto Clima-Urbano de Uberlândia – MG.

Em Uberlândia, os impactos relacionados aos fenômenos climáticos configuram-se como processos históricos e estão associados ao modo de expansão da cidade. Ocupações em fundos de vale, em áreas irregulares, falta de áreas verdes e problemas na drenagem são algumas das problemáticas urbanas que merecem destaque. Dessa forma, é importante compreender como se deu o processo de crescimento urbano da cidade e como ela reage às intempéries climáticas atualmente.

De modo geral, durante o seu processo de expansão urbana, a cidade de Uberlândia provocou transformações dentro do seu equilíbrio ambiental e até hoje sofre com repercussões negativas durante eventos pluviais concentrados. Não diferente de grande parte dos principais centros brasileiros, o seu desenvolvimento produziu profundas modificações no uso do solo, na vegetação e nas respostas hidrológicas destas áreas, gerando, dentre outras consequências, aumento do escoamento superficial e diminuição da infiltração.

Historicamente, o processo de urbanização de Uberlândia esteve relacionado com a industrialização brasileira e principalmente com a criação de uma malha viária que ligaria os principais centros do Sudeste brasileiro com a recém-criada Brasília.

Este processo inicia-se a partir da década de 1940. Antes, os centros hegemônicos da região, Uberaba e Araguari, detinham as relações comerciais em função de suas importantes infraestruturas ferroviárias. No entanto, de acordo com Silva (2008), “com o prosseguimento do rodoviarismo, em nome da modernização, Uberlândia assumiu lugar de grande destaque na redistribuição de mercadorias já na década de 50” (p. 75).

Soares (1995) destaca que o crescimento da cidade de Uberlândia ocorre substancialmente através da chegada de grandes grupos atacadistas, atraídos pela importante malha viária da qual a cidade fazia parte dentro do contexto nacional. Dois grupos marcaram a história do crescimento econômico uberlandense, os grupos Martins e Alô Brasil, na década de 1950, que posteriormente tornaram-se os maiores da América Latina.

A partir da década de 1970 a cidade se consolida economicamente em conjunto aos avanços tecnológicos da agricultura e do comércio atacadista em escala nacional, como também por meio da difusão de atividades relacionadas ao transporte e à propagação de estabelecimentos bancários e de outros serviços. Para Silva (2012), outro fator que impulsionou a economia da cidade, assim como o seu crescimento demográfico e populacional, foi a sua posição estratégica, haja vista que a localização do município é um importante ponto entre São Paulo e o Planalto Central.

Bessa e Soares comentam sobre o crescimento e consolidação da economia de Uberlândia:

No atual contexto de modernizações, essa cidade foi capaz de intensificar e ampliar sua importância funcional, por meio de acumulações de funções e do surgimento de especializações e complementaridades; econômica, em decorrência da ampliação dos setores secundários (agroindústria e indústrias para a agricultura) e terciários, (marcada pela diversificação do comércio e

da prestação de serviços); e demográfica, por meio do expressivo incremento na população total e, principalmente na população urbana (2002, p. 22).

Observando a Tabela 1, é evidente que a cidade de Uberlândia passou por um “boom” populacional entre as décadas de 1960 a 1980, uma vez que sua população urbana aumentou em três vezes o seu número absoluto. É sabido que este processo é caracterizado pelo rápido crescimento da mancha urbana e inchaço populacional, associados à falta de planejamento e instalação de uma infraestrutura incompleta.

O crescimento demográfico desenfreado refere-se principalmente ao êxodo rural e também pelo aumento do número de migrantes de outras regiões que chegavam à cidade durante as décadas de 1970 a 1990, atraídos pelos serviços e consolidação econômica/industrial do local.

Tabela 2: Uberlândia (MG) - Crescimento populacional urbano, 2010

Ano	Urbana	Rural	Total
1940	22.143	20.036	42.179
1950	35.799	19.185	54.984
1960	71.717	16.565	88.282
1970	111.466	13.240	124.706
1980	321.598	9.363	330.961
1991	358.165	8.896	367.061
1996	431.744	7.242	438.986
2000	488.982	12.232	501.214
2010	587.613	16.400	604.013

Fonte: IBGE/Prefeitura Municipal de Uberlândia, 2018. Org: LEITE (2018).

Sobre a rápida Urbanização de Uberlândia, Mendes (2008) aponta:

Essa rápida urbanização teve reflexo no surgimento de loteamentos e formação de novos bairros na cidade, principalmente na periferia, que apresentou crescimento vertiginoso, mesmo sendo essas áreas desprovidas, em sua maioria, de infra-estrutura básica. Porém, o menor valor agregado do terreno era um fator atrativo para moradia, nessas áreas (p. 204).

De acordo com Bessa e Soares (2002), o processo de urbanização de Uberlândia se intensifica neste período, a partir dos movimentos migratórios acarretados pela atração da

cidade num contexto de disseminação da reprodução moderna dos espaços urbanos, por meio de indústrias, comércios, serviços e novos equipamentos urbanos.

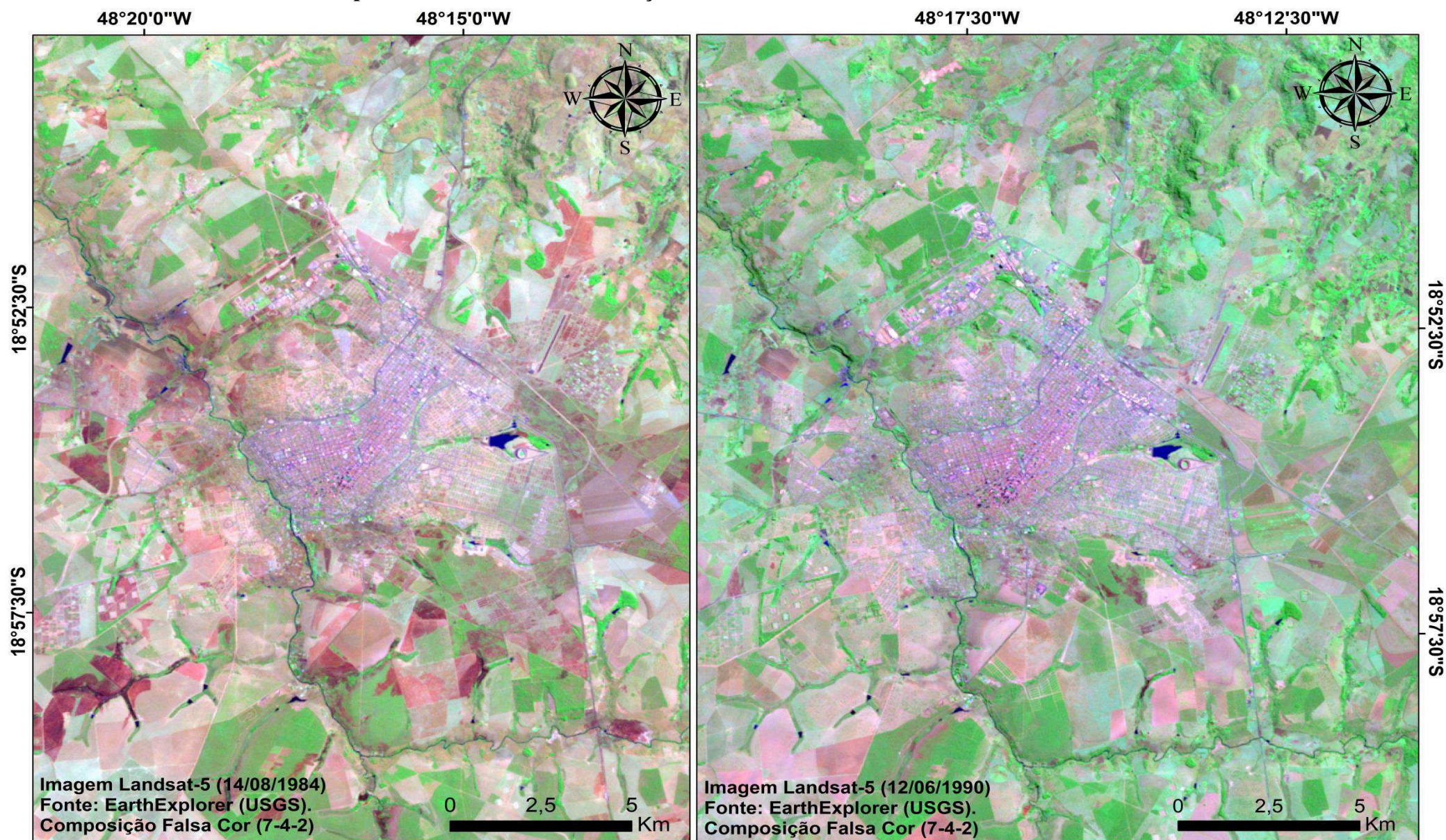
Em relação ao ordenamento do território e à questão habitacional, Uberlândia sofreu significativas influências dos agentes imobiliários, em muitos casos, vinculados à administração pública. O ordenamento dos loteamentos e surgimento de novos bairros está estritamente ligado à posse de terras pertencentes a grupos econômicos e políticos da cidade, culminando numa malha urbana fragmentada horizontalmente.

Sposito (1983) nos aponta que esse processo de crescimento, baseado na especulação imobiliária, foi uma configuração urbana característica das principais cidades médias brasileiras. Os eixos de expansão e de crescimento da cidade eram escolhidos de acordo com a potencialidade econômica de cada área, definidas pelas elites econômicas e políticas de cada município.

Analisando as imagens de satélite dos anos de 1984/1990 e dos anos de 2000/2010, é possível observar como o ordenamento de Uberlândia, a partir do aumento da mancha urbana, foi avançando sobre os limites ambientais do município, sobretudo os cursos d'água e matas ciliares. O aumento das edificações, da verticalização urbana, do asfalto e do concreto em detrimento à redução das áreas verdes são marcantes em ambas as imagens.

Na década de 1980, segundo Moura (2003), ocorreram grandes transformações em Uberlândia, que recebeu inúmeras obras e equipamentos que contribuíram para seu crescimento e reordenamento urbano, como as rodovias BR-050, BR-365, BR-362; construção das Usinas Hidrelétricas de São Simão e Emborcação; asfaltamento da estrada que liga Uberlândia a Araxá; instalação da fábrica de cigarros Souza Cruz; a fábrica de óleo Fugiwara-Hisato (hoje ABC Óleo); a fábrica de tecidos Daiwa Têxtil; a Brasfrigo; e a modernização da fábrica de chocolates Erlan. Esses agentes foram fundamentais no aumento populacional e maior crescimento da mancha urbana (Mapa 3).

Mapa 2: Uberlândia – MG: Evolução da mancha urbana entre os anos de 1984 a 1990



Evolução da Mancha Urbana do Município de Uberlândia (MG) entre os anos de 1984 e 1990.

Sistema de Coordenadas Geográficas. Datum: WGS84.	Autoria / Organização: LEITE, E. S.	Elaboração: Pires, G. A. C. (2018).	Fonte: Earth Explorer.
---	-------------------------------------	-------------------------------------	------------------------

Destaca-se o aumento da ocupação residencial nos setores Leste, Oeste e Sul, maior concentração industrial no Setor Norte e aumento da verticalização no Setor Central. Como apontado por Soares (1995), com a crescente industrialização, a cidade de Uberlândia se tornou polo de investimento, atraindo serviços, comércios e, conseqüentemente, pessoas.

Ainda, de acordo com Mendes (2008), outro fator que impulsionou o crescimento populacional em Uberlândia neste período foi o êxodo rural:

(...) ocorrido no município devido, principalmente, à modernização do campo. Essas pessoas instalaram-se, principalmente, nos bairros periféricos, alguns ainda, nesse momento, deficientes de infra-estrutura. Podem-se destacar os bairros Tibery, Santa Mônica, Custódio Pereira, Presidente Roosevelt, São Jorge, Luizote de Freitas e Morumbi (p.208).

Para Silva (2013), neste momento o desenvolvimento se dá tanto horizontalmente, com loteamentos avançando sobre as bordas do perímetro urbano, e conseqüentemente reduzindo as áreas de cerrado, como verticalmente, sobretudo nos setores Central e Leste, onde a lucratividade era maior. Nas áreas periféricas, a falta de infraestrutura era marcante, demonstrando também a consolidação de espaços segregados, como aponta Moura:

Neste período, Uberlândia expõe, de forma mais clara, os ambientes e a separação entre bairros habitados pela população de melhor renda (Altamira, Cidade Jardim e Morada da Colina), bairros habitados pela classe média (Martins, Saraiva, Brasil e Roosevelt) e bairros habitados pela classe trabalhadora (Jardim Brasília, Maravilha, Lagoinha, Aclimação, entre outros, além das favelas). Desse modo, estruturou-se a segregação social e espacial na cidade (2003, p 96).

Em relação ao desequilíbrio ambiental, vale ressaltar o aumento da pressão urbana sobre o Rio Uberabinha (Setor Oeste e Sul), córregos Taboca (Setor Norte), Jataí (Setor Leste), São Pedro (Setor Central), Lagoinha (Setor Leste) e Lobo (Setor Norte), além da redução das Matas Ciliares e áreas de cerrado.

Como apontado em outros estudos, durante as décadas de 1980 e 1990, ocorre um crescente processo de inadequação e construção de canais de escoamento sobre os principais cursos urbanos em Uberlândia. A canalização planejada, juntamente com a retirada da faixa

de vegetação, em prol da modernização urbana da cidade (avenidas, viadutos e grandes estabelecimentos) consolidaram espaços suscetíveis a impactos pluviométricos.

Em 1986, por exemplo, Uberlândia sofreu com um importante evento pluviométrico no mês de dezembro, de 157,8 mm, que teve duração aproximada de 2 horas. Após esse evento foram registrados inúmeros impactos socioambientais (figura 9) e até mesmo vítimas fatais. Depois do ocorrido, algumas obras para aumentar as galerias e otimizar o escoamento foram realizadas, porém, no entanto, impactos continuaram ocorrendo, tendo em vista que a maioria das ruas que fazem parte da drenagem das bacias não tiveram seus canais de drenagem ampliados.

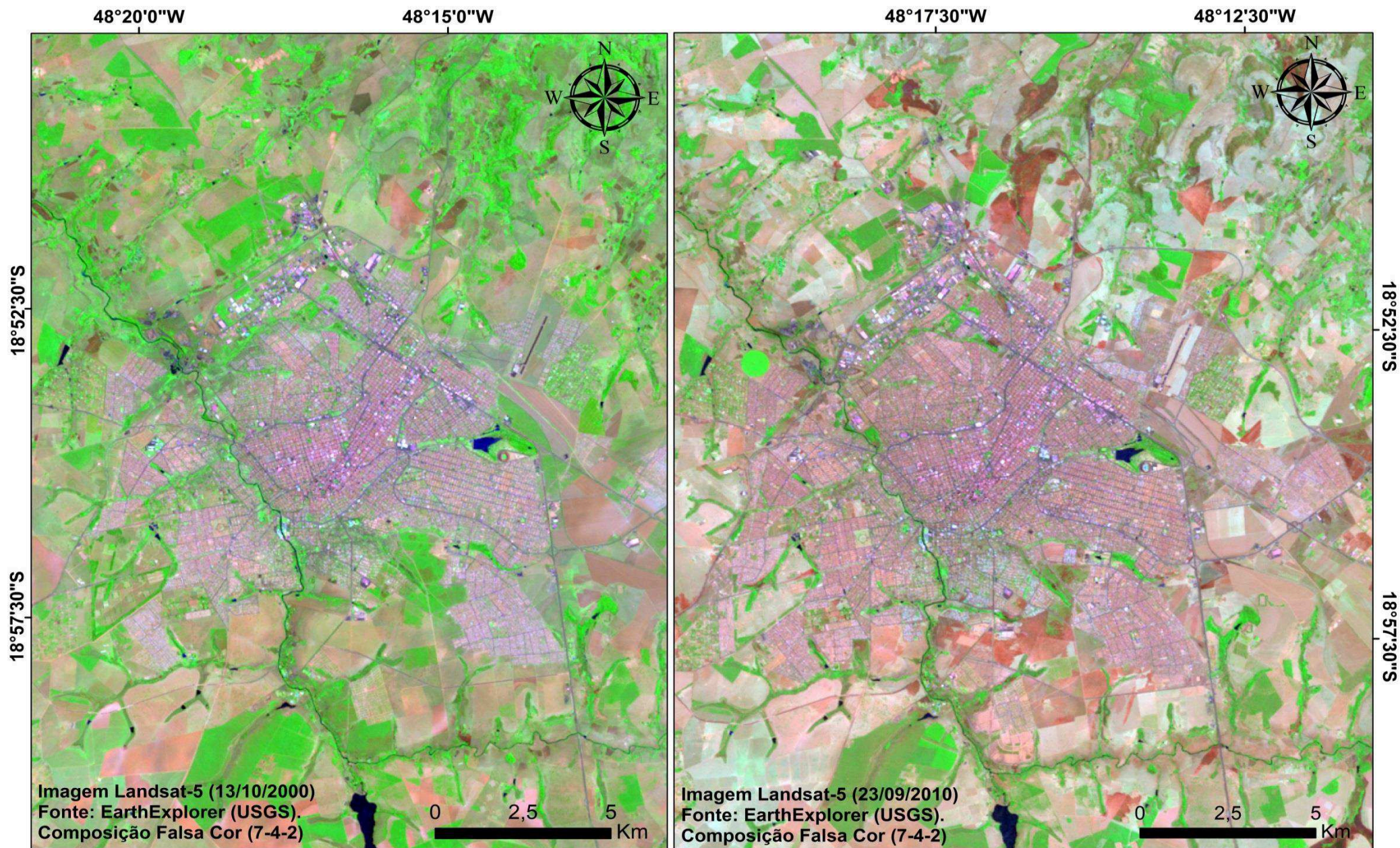
Figura 9: Uberlândia (MG) - Estragos na Av. Rondon Pacheco após as chuvas de Dezembro de 1986



Fonte: LCRH apud SILVA (2013)

A partir de 1990 é importante ressaltar que Uberlândia inicia a elaboração do seu Plano diretor, objetivando o desenvolvimento planejado, mas como apontado por Soares (1995) e Silva (2012), dentre outros, foi um projeto operado por especialistas de outras localidades, dificultando, assim, o desenvolvimento planejado aplicado dentro da realidade local. Para Soares (1995) este Plano diretor era generalizado, sem as singularidades locais necessárias, podendo ser aplicado em qualquer cidade semelhante a Uberlândia.

Mapa 3: Uberlândia – MG: Evolução da mancha urbana entre os anos de 2000 a 2010



Evolução da Mancha Urbana do Município de Uberlândia (MG) entre os anos de 2000 e 2010.

Sistema de Coordenadas Geográficas. Datum: WGS84.	Autoria / Organização: LEITE, E. S.	Elaboração: Pires, G. A. C. (2018).	Fonte: Earth Explorer.
---	-------------------------------------	-------------------------------------	------------------------

Observando as imagens de 2000 e 2010, destaca-se que com a chegada do século XXI, Uberlândia passa por mais um salto de ocupação, impulsionado pela chegada de grandes imobiliárias (Alphaville, Cyrela), centros universitários, indústrias (descentralização), empresas de tecnologia (Algar), dentre outros serviços. A cidade teve um acréscimo de cem mil habitantes.

Entretanto, cabe esclarecer que o aumento populacional, a partir desse período, está relacionado ao próprio crescimento vegetativo do município, como também pelo crescimento migratório oriundo de outras cidades, principalmente do Triângulo Mineiro e porção sul do estado de Goiás (MENDES, 2008).

Nestes anos, as áreas que mais receberam investimentos e novos loteamentos foram os Setores Sul (condomínios) e Leste. Nota-se também um avanço da mancha urbana sobre as bordas do Setor Oeste, aumento das edificações industriais no Setor Norte e também aumento da ocupação no Setor Central.

No setor Leste, destaca-se um grande aumento da ocupação ao lado direito do Parque do Sabiá e nas áreas próximas ao Aeroporto. A redução das áreas verdes e das Matas Ciliares dos rios urbanos é evidente.

O Setor Sul talvez foi a região onde-se direcionou a maior parte do crescimento da mancha urbana nesta última década. É uma região caracterizada pelo antagonismo, dos condomínios fechados e população de alta renda com os bairros populares e população de baixa renda.

Como apontado por Silva (2012), a expansão urbana do Setor Sul é interligada à um grande fluxo populacional, atraído não só pela saturação do centro, mas sim e principalmente pela nova funcionalidade dada a região, preparada para receber condomínios horizontais e verticais de luxo, com uma nova proposta de vida, repleta de modernidade e conforto.

No entanto, apesar das novas territorialidades dadas ao Setor, é incoerente pensar aquela área apenas para os bairros de alta renda, estes que representam 25% (SILVA, 2012), levando em consideração a diversidade de classes sociais que fazem parte dos bairros do Setor Sul. O Bairro Shopping Park, por exemplo, idealizado a partir do Programa Minha Casa Minha Vida, do Governo Federal, possui milhares de moradores de baixa renda, e na maioria das vezes não recebe as mesmas condições de investimento em equipamentos urbanos, como os bairros de alta renda. Recorrentemente, a população do Bairro Shopping Park sofre com inúmeros impactos pluviométricos.

É nesse sentido que Uberlândia se desenvolveu a partir de espaços fragmentados, cada um com suas fragilidades e vulnerabilidades socioambientais. A expansão da mancha urbana se deu a partir de interesses econômicos e financeiros, consolidando uma cidade com diferenças socioespaciais e problemas ambientais, principalmente sobre os seus rios urbanos e respectivas áreas de drenagem e vegetações nativas (áreas verdes).

Sobre a expansão urbana de Uberlândia, consolidada a partir do desenvolvimento econômico e de sua classe política, Soares destaca que:

Ao poder público coube, desde a fundação do arraial, o papel de gerar condições para a expansão da cidade. Sua atuação entretanto, privilegiou a classe dominante, seja por doações de terrenos, por provimento de infraestrutura, ou por isenção de impostos para cada novo investimento. Esse comportamento resultou na produção de um espaço urbano multifacetado, com áreas urbanizadas entremeadas entre os espaços vazios, facilitando o processo de estratificação social e incentivando a especulação imobiliária (1988, p. 44).

Conforme as considerações de Mendes (2002), historicamente, a consolidação de áreas impermeabilizadas, asfaltadas e ocupadas pelas construções, somada à canalização dos córregos e à remoção da cobertura vegetal, diminui ano a ano a área de infiltração em Uberlândia. Assim, com o passar do tempo, a cidade tornou-se extremamente vulnerável a cada temporal, que anualmente traz prejuízos para a população.

Os ambientes mais afetados na cidade de Uberlândia estão relacionados principalmente à ocupação desordenada sobre a dinâmica hídrica do município. A hidrologia urbana de Uberlândia é composta por diversos cursos componentes da Bacia do Rio Uberabinha como já citado anteriormente: os córregos São Pedro, Óleo, Jataí, Lagoinha, Guariba, Lobo, Moji, Cavalo, Vinhedo, Buritizinho, Tabocas e Cajubá. A grande maioria destes cursos se torna palco dos principais impactos pluviométricos na cidade, em decorrência de irregularidades ambientais e precipitações concentradas (SILVA, 2013).

De acordo com a própria Prefeitura de Uberlândia, as avenidas que mais sofrem com os alagamentos e inundações são: Rondon Pacheco, Minervina Cândida, Anselmo Alves dos Santos, Getúlio Vargas, João Naves de Ávila, Segismundo Pereira e Antônio Thomaz Ferreira de Rezende.

Figura 10: Uberlândia (MG) – Impactos pluviométricos nas Avenidas A – Rondon Pacheco; B – Minervina Cândida; C – Anselmo Alves dos Santos; D – Antônio Thomaz de Rezende, 2013



Fonte: JORNAL CORREIO E JORNAL G1 (2018). Org: LEITE (2018).

Os principais impactos, como pode ser observado nas imagens, estão relacionados aos aguaceiros (inundações e alagamentos) nas regiões de fundo de vale ou em áreas com sistema de captação ineficaz ou obstruído (figura 9).

O grande problema alegado pelo próprio poder público nestas áreas se refere a ineficiência da captação das águas pluviais das ruas transversais às avenidas principais, que forma uma calha conduzindo as águas pluviais, o que gera uma grande pressão sobre a massa asfáltica.

A partir da identificação das áreas mais vulneráveis, é importante a intervenção por meio de obras e projetos de engenharia, principalmente relacionados ao redimensionamento dos canais de drenagem, que buscam otimizar a captação das águas pluviais e fluviais, além de aumentar a resistência daquelas áreas frente as chuvas concentradas.

Ao longo dos últimos anos, a prefeitura tem realizado obras de engenharia no sentido de otimizar a captação e a drenagem das águas pluviais nas áreas críticas. No entanto, são medidas de caráter emergencial e paliativo, logo após a passagem de eventos que tiveram grande repercussão. Essas medidas dão uma resposta imediata para o problema, contudo, após a passagem dos eventos caóticos, as mesmas práticas que potencializaram os danos são retomadas, principalmente pela população com o tratamento incorreto dos resíduos sólidos, prejudicando a resistência de toda a cidade.

Além disso, outras problemáticas relacionadas à dinâmica hídrica e pluvial merecem ser destacadas, sobretudo aquelas relacionadas à obstrução dos canais de drenagem por lixo e entulho. Em geral, a drenagem das águas pluviais é comprometida pelo descarte irregular de resíduos sólidos em toda a cidade, sobretudo no Bairro Morumbi, que já situado em uma área de recarga hídrica, de divisa de águas, com um relevo bastante aplainado, tem os impactos hidroclimáticos potencializados por essas irregularidades ambientais. Anualmente esta área é

alagada e tem centenas de pessoas afetadas pela inundação de suas casas, como será visto posteriormente.

Portanto, a cidade de Uberlândia, não diferente do grande contexto nacional, teve um ordenamento voltado ao desenvolvimento econômico, industrial, empresarial e comercial, marcado pela especulação imobiliária, fragmentação e segregação do seu espaço urbano e ambiental. Esse modelo de crescimento proporcionou a formação de espaços suscetíveis a não suportar grandes variações climáticas, afetando anualmente a qualidade de vida da sua população. Assim, a busca pela resiliência da cidade se deve partir do planejamento contínuo e da gestão urbana futura, objetivando tornar a população resistente e possibilitando o recuo dos impactos quando a cidade se vê atingida por eventos climáticos extremos.

5.2 Eventos Pluviométricos Impactantes, Sistemas Atmosféricos e Ocorrências da Defesa Civil.

A partir da sistematização das ocorrências da Defesa Civil dos anos de 2012-2016, constatarem-se 46 eventos pluviométricos impactantes na cidade de Uberlândia, com diferentes comportamentos de chuvas, rajadas de vento e impactos. Todos estavam sob a atuação de Sistemas Frontais e/ou ZCAS, sobretudo nos meses de verão, com apenas dois casos fora deste período, sendo os eventos dos dias 29/05/2013 e 03/06/2016.

Analisando a Tabela 3, destaca-se que precipitações diárias acima de 20 mm/24h já possuem potencial de impacto em Uberlândia, embora seja importante destacar a influência da concentração das chuvas em 1h ou menos na gênese dos problemas urbanos-climáticos em Uberlândia – MG. De maneira geral, quanto maior os totais diários e principalmente horários, maior o número de ocorrências da Defesa Civil.

Tabela 3: Uberlândia - MG: Eventos pluviométricos impactantes, 2012-2016

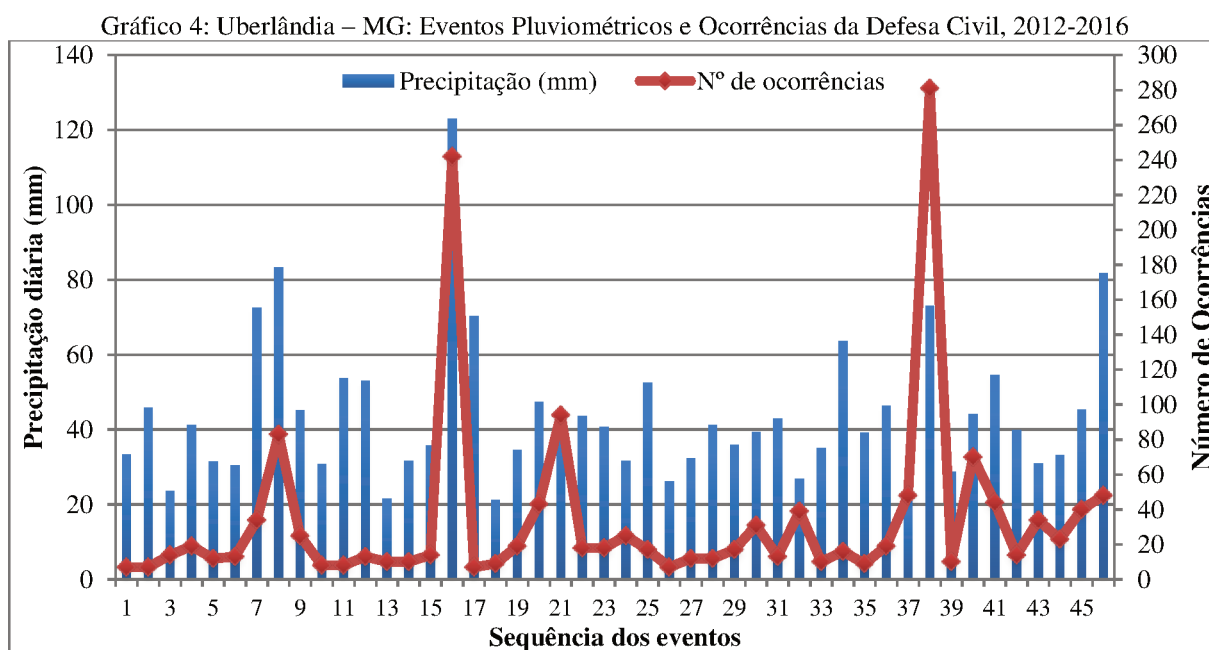
Data	Prec. total 24h (mm)	Prec. máxima horária (mm)	Rajadas de vento máx. 24h (km/h)	Sistema Atmosférico	Nº de ocorrências total	Aguaceiro	Quedas de árvores	Danos à edificações	Outros
11/01/2012	33,4	17,0	44	ZCAS	7	0	1	5	1
13/02/2012	45,8	22,6	44,45	ZCAS	7	0	1	5	1
01/03/2012	23,6	13,2	34,2	SF	14	3	5	5	1
02/03/2012	41,2	33,4	64	SF	19	4	11	2	2
03/11/2012	31,4	27,2	40	ZCAS	12	4	3	2	3
06/11/2012	30,4	27,4	28	ZCAS	13	7	1	1	4
19/11/2012	72,6	40,2	33,1	ZCAS	34	20	2	7	5
10/12/2012	83,4	47,6	50,4	SF	83	36	17	13	17
09/01/2013	45,2	24,6	46	SF	25	24	1	0	0
11/01/2013	30,8	20,0	32,4	ZCAS	8	0	0	5	3
02/02/2013	53,8	37,6	34,2	SF	8	4	0	2	2
22/02/2013	53,0	38,6	38,4	SF	13	8	1	1	3
04/03/2013	21,6	13,4	29	SF	10	2	0	5	3
14/03/2013	32,0	8,4	36,2	SF	10	3	0	3	4
23/03/2013	35,8	22,8	38,4	ZCAS	14	2	2	5	5
29/05/2013	123,2	30,2	57	SF	242	122	43	58	19
10/12/2013	70,4	35,6	34,2	SF	7	1	1	4	1
27/01/2014	21,2	14,6	42,4	SF	9	1	0	5	3
10/04/2014	34,6	31,6	45,3	SF	19	8	0	6	5
22/11/2014	47,4	21,2	49,7	SF	43	25	3	18	8
03/01/2015	44,0	36,4	50,7	SF	94	39	20	22	13
06/02/2015	43,6	14,8	32,4	ZCAS	18	11	1	5	1
23/03/2015	40,8	37,6	27,7	SF	18	14	0	4	0
24/03/2015	31,6	26,4	43,5	SF	25	14	8	2	1
05/04/2015	52,6	22,8	41,7	SF	17	15	2	0	0
20/04/2015	26,2	23,8	40	SF	7	5	0	1	1
29/10/2015	32,4	23,8	51,1	SF	12	4	7	0	1
15/11/2015	41,2	18,0	25,2	SF	12	12	0	0	0
17/11/2015	36,0	34,0	44	SF	17	7	5	4	1
02/12/2015	39,4	34,8	42,1	SF	31	5	13	5	8
06/12/2015	43,0	14,8	55,1	SF	13	0	10	2	1
20/12/2015	26,8	16,2	63	SF	39	7	21	7	4
04/01/2016	35,0	15,0	23,25	SF	10	3	2	2	3
15/01/2016	63,6	14,0	30,1	ZCAS	16	2	3	7	4
18/01/2016	39,2	18,2	35	ZCAS	9	3	0	5	1
18/02/2016	46,4	44,8	53,6	SF	19	7	10	1	1
01/03/2016	22,8	13,2	31	SF	48	11	15	17	5
12/03/2016	76,8	37,2	33,1	ZCAS	273	238	2	17	16
24/03/2016	28,8	28,8	51,5	SF	10	8	1	0	1
25/03/2016	44,2	24,6	52,9	SF	70	41	19	5	5
03/06/2016	54,6	21,2	50,4	SF	44	23	14	4	3
20/10/2016	39,8	12,6	34,5	SF	14	6	3	4	1
29/11/2016	31,0	20,4	40,7	SF	34	16	6	9	3
30/11/2016	33,2	25,6	50,4	SF	23	23	0	0	0
13/12/2016	45,4	20,6	32,4	ZCAS	40	32	2	5	1
14/12/2016	81,8	51,2	29,5	ZCAS	48	33	3	8	4
Legenda	Eventos analisados	Máxima anual							

Fonte: INMET (2018) e Defesa Civil (2018); Org: LEITE (2018)

Objetivando integralizar as análises de todos os comportamentos de chuvas, rajadas de vento e seus impactos decorrentes, assim como, aplicar a metodologia estatística, realizou-se uma categorização dos dados em classes, como demonstrado na metodologia. (Tabela 2)

Em relação aos dados diários, destacam-se as precipitações acima de 60 mm/24h, dado que, em apenas sete eventos, que representam 15% do total, a Defesa Civil atendeu à 711 ocorrências, que equivalem a 46% do total. Estes casos, acima de 60 mm/24h, podem ser caracterizados como eventos extremos, tendo em vista a magnitude dos impactos em Uberlândia. A maioria das ocorrências estiveram relacionadas aos aguaceiros (alagamentos e inundações), devido as chuvas concentradas.

Ainda, destacam-se também as precipitações entre 30-60 mm/24h, com um total de 35 eventos (75% do total) e 736 ocorrências atendidas pela Defesa Civil e o Corpo de Bombeiros. Ressalta-se que, nestes casos, a magnitude dos impactos está relacionada muito mais à quantidade de eventos impactantes, do que com o comportamento pluviométrico diário dos eventos. O gráfico 4 representa a distribuição pluviométrica diária dos eventos e seus impactos decorrentes.



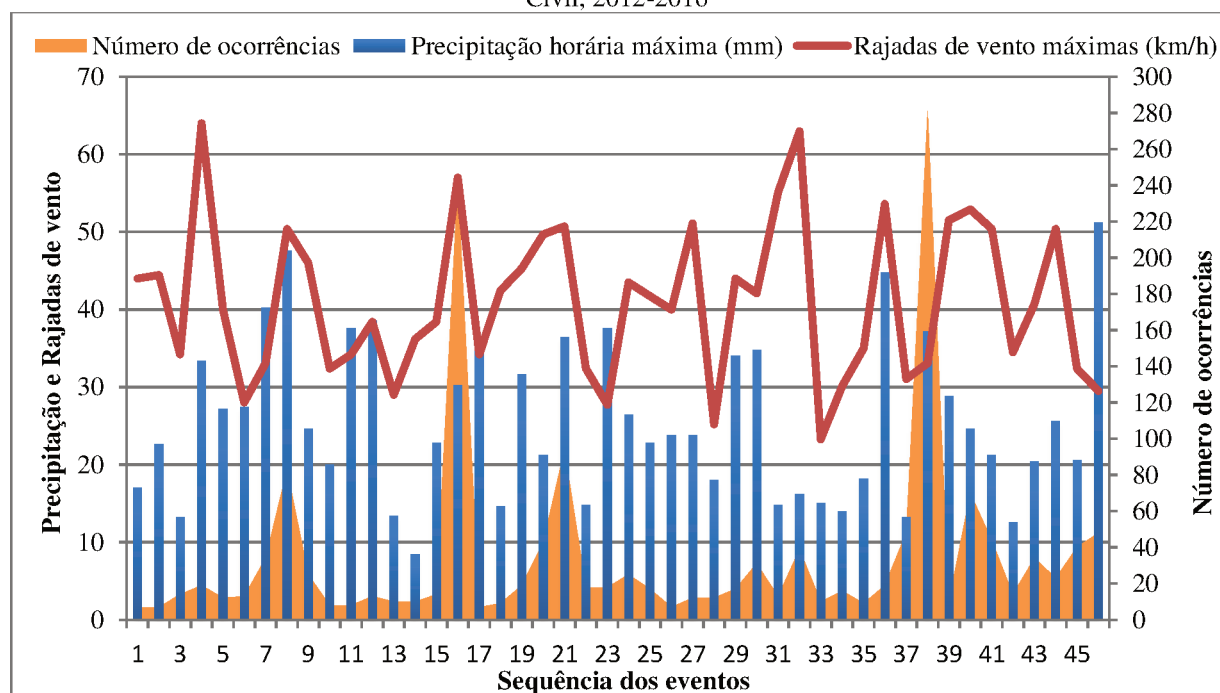
Fonte: INMET (2018); DEFESA CIVIL (2018) Org: LEITE (2018)

Analisando os dados horários, concluí-se que precipitações acima de 30 mm/h e rajadas de vento acima de 50 km/h caracterizam-se como fortes perturbações climáticas em Uberlândia, com elevado potencial de impactos e de sérios problemas para a infraestrutura material da cidade.

Dos 46 eventos selecionados, dez apresentaram precipitações máximas horárias entre 0-15 mm/h; vinte apresentaram precipitações entre 15-30 mm/h e em dezesseis casos obteve-se valores acima de 30 mm/h. Respectivamente, constatarem-se 162 ocorrências (10%), 464 ocorrências (30%) e 933 ocorrências (60%) para as classes de precipitação horária.

Em relação às rajadas de vento, destacaram-se os eventos que alcançaram valores acima de 50 km/h, sendo 12 casos (25% do total) com 668 ocorrências (42% do total). Nestes eventos, as ocorrências relacionadas às quedas de árvores e destelhamentos tiveram destaque.

Gráfico 5: Uberlândia – MG: Precipitações horárias máximas, rajadas de vento máximas e ocorrências da Defesa Civil, 2012-2016



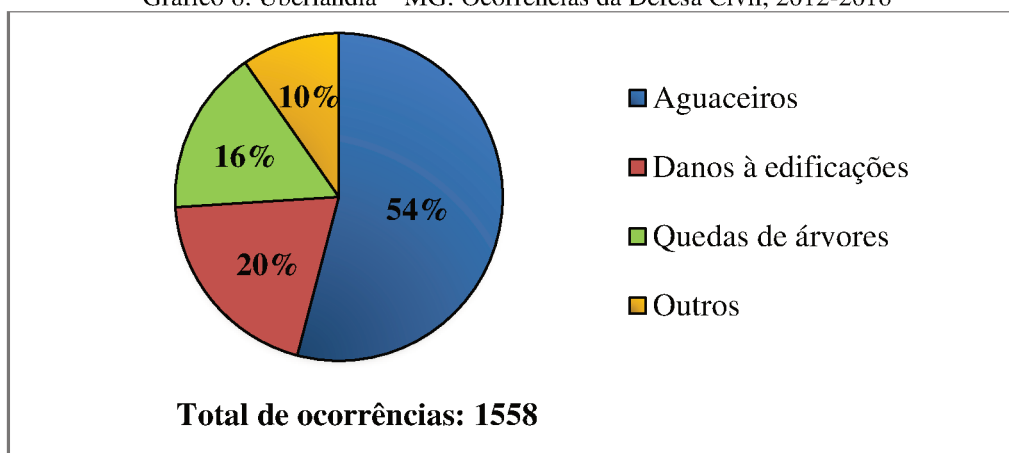
Fonte: INMET (2018); DEFESA CIVIL (2018) Org: LEITE (2018)

O gráfico 5 busca correlacionar as variáveis, precipitação horária máxima, rajadas máximas de vento e ocorrências da Defesa Civil. Fica evidente que precipitações acima de 30

mm/h e rajadas acima de 50 km/h causaram os maiores prejuízos e demandaram os maiores esforços da Defesa Civil e do Corpo de Bombeiros, pelo elevado número de ocorrências.

Para os 46 eventos, obteve-se um total de 1.558 ocorrências atendidas pela Defesa Civil e pelo Corpo de Bombeiros. Os aguaceiros (alagamento e inundação) representaram 54% das ocorrências, os danos a edificações 20% do total, as quedas de árvores 16% e outras ocorrências em geral, 10% do total.

Gráfico 6: Uberlândia – MG: Ocorrências da Defesa Civil, 2012-2016



FONTE: DEFESA CIVIL (2018) Org: LEITE (2018)

Em referência a dinâmica atmosférica dos 46 eventos pluviométricos impactantes constatados, realizou-se uma sistematização da sequência de atuação dos Sistemas Atmosféricos por meio dos dados de precipitação, cartas sinóticas e imagens de satélite. Deste modo, cada evento pluviométrico foi analisado dentro de seu respectivo episódio atmosférico, que possui o ritmo de cada sistema.

Foi possível compreender, de maneira descritiva, o comportamento do Sistema Frontal e da Zona de Convergência do Atlântico Sul na produção de eventos pluviométricos impactantes. De todos os eventos selecionados dentro da série 2012-2016, 12 estavam sob a atuação de ZCAS e 34 sob a atuação de SF. A maioria dos episódios de Sistemas Frontais tiveram duração de 3 dias, e episódios de ZCAS tiveram duração mínima de 5 dias, com episódios máximos de 11 dias de atuação.

Tabela 4: Uberlândia (MG) - Ritmo Atmosférico dos Eventos Pluviométricos Impactantes, 2012-2016

DIAS DE ATUAÇÃO DOS SISTEMAS ATMOSFÉRICOS												Total Prec. Episódio (mm)	Sistema Atmosférico	Dia de atuação (evento impactante)
Evento impactante	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11			
jan/12	20,2	18,2	0,6	0,0	20,0	2,2	0,2	15,8	38,4	26,8	33,4	175,8	ZCAS	11º dia
fev/12	0,4	42,4	45,8	5,8								94,4	ZCAS	3º dia
mar/12	23,6	41,2										64,8	SF	1º dia
mar/12	23,6	41,2										64,8	SF	2º dia
nov/12	31,4	1,8	0,0	30,4	0,6							64,2	ZCAS	1º dia
nov/12	31,4	1,8	0,0	30,4	0,6							64,2	ZCAS	4º dia
nov/12	6,0	0,0	1,4	0,0	0,0	72,6	0,8	3,2				84,0	ZCAS	6º dia
dez/12	0,2	2,8	83,4									86,4	SF	3º dia
jan/13	0,8	24,4	45,2									70,4	SF	3º dia
jan/13	8,4	30,8	2,8	1,4	2,4	20,8	16,4	0,2	0	17,2		100,4	ZCAS	2º dia
fev/13	15,8	53,8	5,8									75,4	SF	2º dia
fev/13	53,0	20,6	0,2									73,8	SF	1º dia
mar/13	21,6	0,8										22,4	SF	1º dia
mar/13	32,0	3,6	0,4									36,0	SF	1º dia
mar/13	0,0	1,4	15,2	8,4	0,0	35,8						60,8	ZCAS	6º dia
mai/13	123,0	33,8	0,2									157,0	SF	1º dia
dez/13	70,4	60,2										130,6	SF	1º dia
jan/14	0,0	0,0	21,2									21,2	SF	3º dia
abr/14	0,0	34,6										34,6	SF	2º dia
nov/14	47,4	7,4	16,6									71,4	SF	1º dia
jan/15	5,2	44,0	20,2									69,4	SF	2º dia
fev/15	43,6	1,8	3,4	14,6								63,4	ZCAS	1º dia
mar/15	3,4	40,8	31,6									75,8	SF	2º dia
mar/15	3,4	40,8	31,6									75,8	SF	3º dia
abr/15	52,6	4,8	0,4									57,8	SF	1º dia
abr/15	0,2	26,2										26,4	SF	2º dia
out/15	32,4	0,2	14,4	4,2								51,2	SF	1º dia
nov/15	28,2	41,2										69,4	SF	2º dia
nov/15	36,0	19,4	0,2									55,6	SF	1º dia
dez/15	0,0	39,4	9,2									48,6	SF	2º dia
dez/15	43,0	17,6	9,2									69,8	SF	1º dia
dez/15	12,0	26,8	0,0									38,8	SF	2º dia
jan/16	19,2	35,0										54,2	SF	2º dia
jan/16	10,2	63,6	28,6	40,8	39,2	10,8	0,0	0,0	0,0			193,2	ZCAS	2º dia
jan/16	10,2	63,6	28,6	40,8	39,2	10,8	0,0	0,0	0,0			193,2	ZCAS	5º dia
fev/16	46,4	1,2										47,6	SF	1º dia
mar/16	3,8	2,6	22,4									28,8	SF	3º dia
mar/16	14,6	0,6	76,8	13,0	4,6							109,6	ZCAS	3º dia
mar/16	4,8	28,8	44,2									77,8	SF	2º dia
mar/16	4,8	28,8	44,2									77,8	SF	3º dia
jun/16	7,6	54,8	0,2									62,6	SF	2º dia
out/16	0,8	39,8	3,0									43,6	SF	2º dia
nov/16	31,0	33,2	3,0									67,2	SF	1º dia
nov/16	31,0	33,2	3,0									67,2	SF	2º dia
dez/16	1,2	45,4	81,8	12,0	6,0							146,4	ZCAS	2º dia
dez/16	1,2	45,4	81,8	12,0	6,0							146,4	ZCAS	3º dia

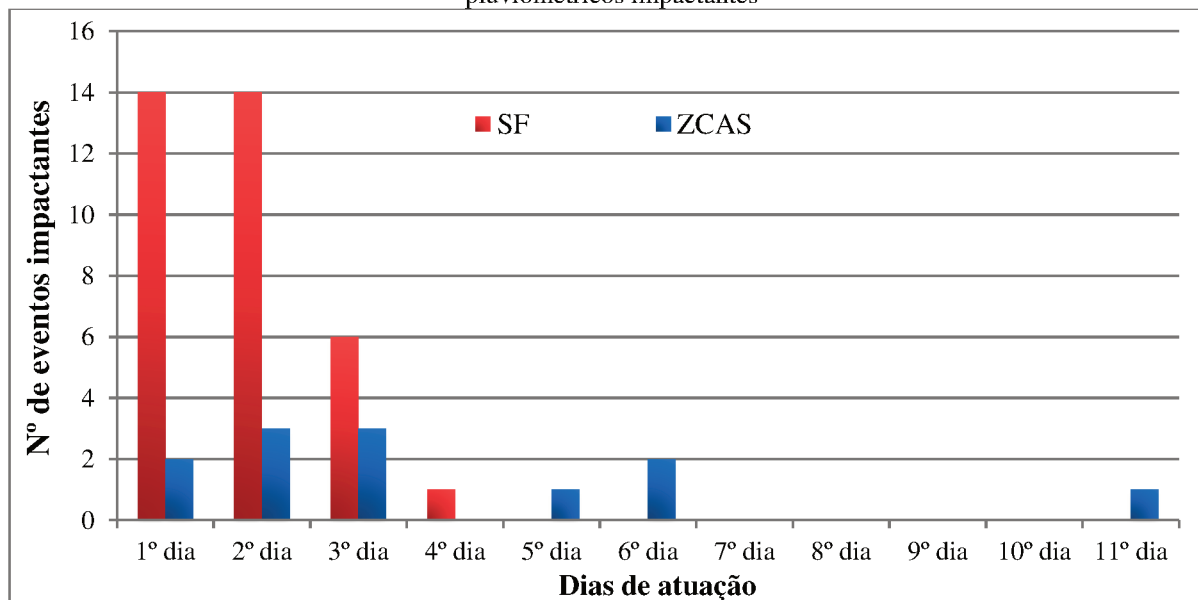
Fonte: INMET (2018) e CPTEC (2018) . Org: LEITE (2018)

De acordo com a tabela 4 e o gráfico 7, dos 34 episódios atmosféricos que estavam sob a atuação de Sistemas Frontais, em 28 e/ou em 82% dos casos os eventos pluviométricos impactantes foram ocasionados no 1º ou no 2º dia de atuação.

Este comportamento atmosférico está dentro do padrão de atuação do Sistema Frontal, em geral, as frentes contribuem para a precipitação nas áreas que atravessam a partir da mudança brusca dos elementos climáticos locais. Há um decréscimo rápido da temperatura, a pressão atmosférica diminui seguida por um aumento e ocorre um giro na direção dos ventos de quadrante norte para quadrante sul no Hemisfério Sul (PETTERSEN, 1956).

Assim, já na chegada e instalação (1º e 2º dia) do sistema, as chuvas frontais ocorrem pela formação de nuvens instáveis, que são acompanhadas de intensas rajadas de ventos, raios, trovões e até granizo. Na saída do sistema ocorrem também as chuvas pós-frontais e nos eventos selecionados elas foram responsáveis por sete eventos impactantes, no 3º e 4º dia de atuação do Sistemas Frontais.

Gráfico 7: Uberlândia – MG: Dinâmica e Ritmo Atmosférico do SF e ZCAS na produção de eventos pluviométricos impactantes

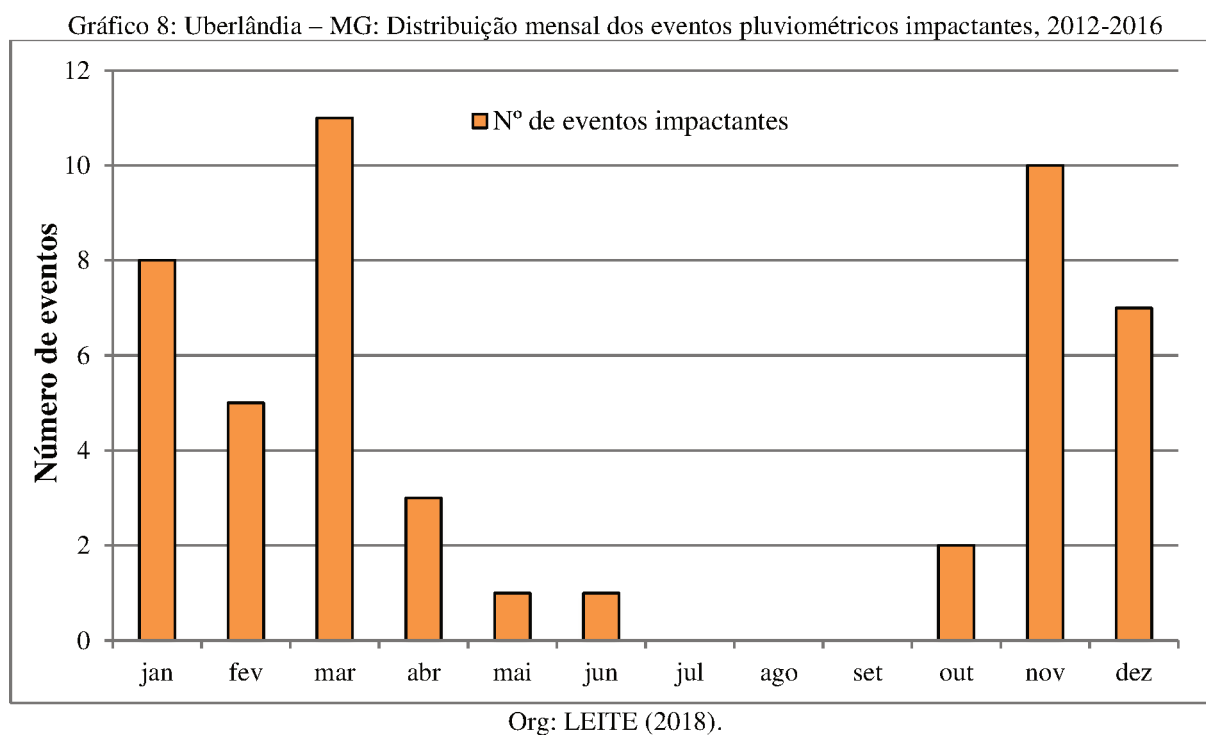


Org: LEITE (2018)

Os episódios atmosféricos que estavam sob a atuação de ZCAS tiveram os maiores totais pluviométricos, uma vez que a sequência de dias com chuvas foi maior. De maneira

descritiva, 58% dos eventos pluviométricos impactantes de ZCAS ocorreram após o 3º dia de atuação. Acredita-se que este fato se relaciona com a saturação dos solos urbanos e elevação dos níveis dos rios urbanos, uma vez que a somatória de 3 dias ou mais com chuvas promove um grande aumento no escoamento superficial e enchentes dos cursos d'água, principais fatores na produção de impactos hidroclimáticos, líderes nas ocorrências da Defesa Civil.

Em concomitância à sazonalidade climática de Uberlândia, os eventos pluviométricos que demandaram ações da Defesa Civil e do Corpo de Bombeiros se concentraram no período chuvoso, com apenas 2 eventos no período de estiagem, ambos causados pela entrada de sistemas frontais, mais comuns nesta época do ano. Os meses com o maior número de eventos impactantes foram Março, Novembro, Janeiro e Dezembro, respectivamente. (GRÁFICO 8)



Todos os dados, sistematizados e analisados nesta seção, possuem importância imensurável na otimização e aperfeiçoamento das ações públicas direcionadas à gestão do risco climático e que buscam tornar a cidade de Uberlândia resiliente e ajustada às intempéries climáticas.

5.3 Análise Estatística, Precipitações Intensas, Rajadas de vento e Ocorrências da Defesa Civil.

A partir dos 46 eventos pluviométricos selecionados na seção anterior, realizou-se uma análise estatística em relação as categorias (baixa, moderada, forte) de precipitação e rajadas de vento correlacionadas às ocorrências da Defesa Civil.

Os modelos de regressão estudados não foram adequados para explicar a relação entre as ocorrências e as variáveis explicativas (precipitação e vento) uma vez que o percentual da variação explicada ou o coeficiente de determinação foi baixo. Possivelmente, outros fatores como, o comportamento diferenciado das chuvas e dos ventos e a fidelidade do registro dos dados da Defesa Civil, contribuem para a quantidade de ocorrências, além dos dados de precipitação e rajadas máximas de vento coletados na estação da Universidade.

Assim, as categorias foram comparadas por meio do teste de Kruskal-Wallis uma vez que os pressupostos da análise de variância não foram atendidos. No teste de Kruskal-Wallis, as comparações foram realizadas a partir dos ranks (postos) médios e sendo assim, foi considerado a posição ou ordem que o valor ocupa no conjunto ordenado de dados.

A comparação das três categorias de intensidade de precipitação diária quanto às ocorrências (Quadro 2) nos mostra que precipitações de intensidade forte (>60 mm/24h), tiveram médias elevadas de ocorrências. A distribuição dos dados se deu da seguinte maneira.

Quadro 2: Teste de Kruskal-Wallis* para intensidade da precipitação diária por tipo de ocorrência.

Intensidade da Precipitação Diária	Rank médio por tipo de ocorrência				
	y	a	q	d	O
Forte (>60 mm/24h)	34,07 a	32,50 a	27,43 a	38,86 a	31,57 a
Moderada (30-60 mm/24h)	23,03 ab	23,59 ab	23,65 a	26,00 ab	25,07 a
Baixa (10-30 mm/24h)	18,50 b	17,43 b	22,21 a	20,42 b	22,17 a

(*) Ranks seguidos de mesma letra nas colunas não diferem entre si.

Org: LEITE (2018)

As precipitações diárias fortes tiveram médias aproximadas de 34 ocorrências totais (y), 32 ocorrências de aguaceiros (a), 27 ocorrências de quedas de árvores (q), 39 ocorrências de danos à edificações (d) e 31 ocorrências relacionadas a outros fatores (o) (pane elétrica, destacamento asfáltico, refluxo de esgoto, etc...).

Na medida em que a intensidade de precipitação diária diminui, para moderada (30-60 mm/24h) e para baixa (10-30 mm/24h) os valores médios de ocorrências também decrescem, embora ainda há potencial de impacto. Por exemplo, dentro da categorização moderada, obteve-se uma média aproximada de 23 ocorrências totais (y) e para a categorização baixa, uma média de 18 ocorrências (y).

Na comparação das três categorias de intensidade de precipitação máxima horária quanto às ocorrências destacou-se o aumento exponencial das médias das ocorrências (y), sobretudo de aguaceiros (a), para chuvas concentradas de intensidade forte (>30 mm/h). A distribuição dos dados se deu da seguinte maneira. (Quadro 3)

Quadro 3: Teste de Kruskal-Wallis* para intensidade da precipitação máxima horária por tipo de ocorrência.

Intensidade da Precipitação Máxima Horária	Rank médio por tipo de ocorrência				
	y	a	q	d	O
Forte (>30 mm/h)	30,30 a	29,57 a	26,20 a	28,9 a	28,17 a
Moderada (15-30 mm/h)	22,18 ab	24,86 a	23,14 a	26,70 ab	25,35 a
Baixa (0-15 mm/h)	18,55 b	13,75 b	22,60 a	19,43 b	20,55 a

(*) Ranks seguidos de mesma letra nas colunas não diferem entre si.

Org: LEITE (2018)

As precipitações horárias fortes (>30 mm/h) tiveram uma média total aproximada de 30 ocorrências (y), média aproximada de 29 aguaceiros (a), 26 quedas de árvores, 29 danos à edificações (d) e de 28 ocorrências relacionadas a outros fatores (o) (pane elétrica, destacamento asfáltico, refluxo de esgoto, etc...)

Assim como nas análises descritivas anteriores, em relação às precipitações (diárias e horárias), concluiu-se que chuvas acima de 60 mm/24h e de 30 mm/h caracterizam-se como fortes

perturbações climáticas, ou intempéries climáticas, tendo em vista, a magnitude de ocorrências atendidas pela Defesa Civil.

Realizou-se também uma comparação das três categorias de rajadas de vento máximas quanto às ocorrências, objetivando correlacionar sobretudo os ventos com as quedas de árvores.

Quadro 4: Teste de Kruskal-Wallis* para intensidade de rajadas de vento máxima por tipo de ocorrência.

Intensidade de rajadas de vento máxima	Rank médio por tipo de ocorrência				
	y	a	q	d	O
Forte (>50 km/h)	32,13 a	29,83 a	36,42 a	27,03 a	27,21 a
Moderada (35-50 km/h)	21,69 b	22,50 a	21,74 b	22,58 a	24,12 a
Baixa (20-35 km/h)	20,71 b	21,47 a	17,86 b	21,79 a	21,75 a

(*) Ranks seguidos de mesma letra nas colunas não diferem entre si.

Org: LEITE (2018)

Rajadas com intensidade forte (>50 km/h) tiveram as quedas de árvores (q) como uma das principais ocorrências durante os seus respectivos eventos pluviométricos. No rank médio de ocorrências, rajadas classificadas como fortes tiveram uma média aproximada de 36 quedas de árvores e de 27 danos à edificações, sobretudo aqueles relacionados aos destelhamentos e quedas de muro.

Na medida em que a intensidade diminui, para moderada e baixa, ocorrências relacionadas aos aguaceiros e danos à edificações ganham maior destaque, devido as fortes e concentradas chuvas. Rajadas com valores de 35-50 km/h (moderada) e de 20-35 km/h (baixa) tiveram respectivamente, médias aproximadas de 22 e 18 ocorrências relacionadas às quedas de árvores.

Tendo em vista a complexidade de interação entre as variáveis climáticas (precipitação e vento), na produção de impactos urbanos, entende-se que a aplicação do Teste de Kruskal-Wallis possibilitou correlacionar estatisticamente, mesmo que de maneira simplificada, as

variáveis climáticas com as ações da Defesa Civil, contribuindo para a compreensão dos arranjos das chuvas e dos ventos impactantes em Uberlândia.

5.4 Episódios Pluviométricos e Dinâmica Atmosférica.

Os episódios pluviométricos analisados referem-se àqueles que contêm em seu ciclo de chuvas os eventos pluviométricos que mais demandaram ações da Defesa Civil por ano, e que consequentemente causaram transtornos na infraestrutura urbana de Uberlândia durante os anos de 2012 a 2016. Considerou episódio pluviométrico, o período que varia do dia em que ocorre a primeira chuva até o dia que ocorre a última chuva dentro do ciclo do episódio, visando facilitar a análise atmosférica, de chegada, instalação e saída dos sistemas.

5.4.1 Episódio pluviométrico do dia 08/12/2012 a 16/12/2012.

Analisando o comportamento sinótico do seguinte episódio pluviométrico, no qual se insere o evento do dia 10 de dezembro de 2012, destaca-se que as primeiras chuvas foram ocasionadas por uma ampla massa quente, úmida e bastante instável, originária do Sistema Equatorial Continental que dominou as condições de tempo sobre grande parte do Brasil Central.

Do dia 05/12 ao dia 08/12 as chuvas se concentraram mais no Sul do país, uma vez que áreas de baixa pressão atmosférica sobre a Argentina, Uruguai e o Rio Grande do Sul (RS) atraíram ventos quentes e úmidos da região Amazônica, ocasionando precipitações. No sábado (08/12), um sistema frontal estacionário que atuava no Paraguai e no Rio Grande do Sul se deslocou em sentido nordeste para o Atlântico e manteve a instabilidade sobre o continente. Mesmo longe da costa este sistema promoveu convergência de umidade sobre parte do Sudeste brasileiro. A previsão para os dias 08/12 e 09/12, mesmo que de forma isolada no Sudeste e no Nordeste, era de chuva em quase todo o Brasil (CPTEC, 2012).

A partir do dia 09/12 o Anticiclone do Atlântico Sul (ASAS) continuou empurrando o sistema frontal mais ao Norte. Este sistema avançou, embora atuando de forma oceânica, e contribuiu na intensificação da convergência de umidade sobre boa parte do Sul e Sudeste do país. De acordo com o Boletim Técnico (CPTEC, 2012) “o anticiclone ajudou a advecção de umidade do Atlântico para áreas destas duas regiões brasileiras, condição que associada a divergência em altitude e ao deslocamento de cavados de ondas curtas em 500 hPa garantiram instabilidade sobre o centro-sul do Brasil.”

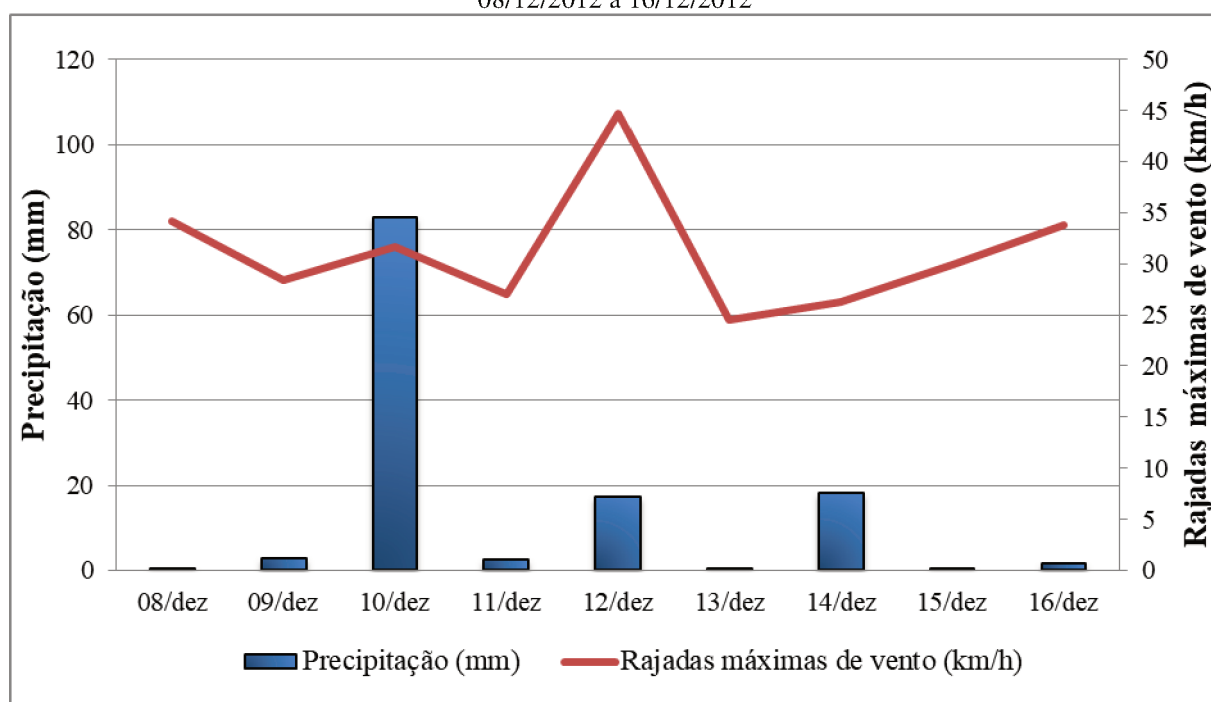
A advecção de umidade, associada às elevadas temperaturas e à divergência forçada pelo Sistema Tropical Continental (Alta da Bolívia) favoreceram a instabilidade sobre a mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, principalmente em Uberlândia (MG), provocando chuvas nos dias 09/12 e 10/12 na região. O evento do dia 10/12, (descrito na próxima sessão) foi bastante significativo, tendo um acumulado de mais de 80 mm, causando inúmeros estragos na cidade de Uberlândia.

Na análise Sinótica do dia 10/12 (carta de superfície da 00Z) observou-se um Sistema Frontal estacionário na altura do litoral do Espírito Santo. Este sistema contribuiu na convergência de umidade para o Sudeste, caracterizando uma pré-formação de ZCAS. De acordo com as previsões do CPTEC (2012) para a segunda feira (10/12) a possibilidade de chuvas fortes localizadas era grande, principalmente entre o Norte de São Paulo e Minas Gerais, região serrana do Rio e em parte do Espírito Santo.

Nos dias seguintes, até 14/12, as chuvas da região foram ocasionadas pela passagem de cavados e pela formação de uma área baixa pressão na região Sudeste que intensificou a convergência de umidade. Durante esses dias e nos seguintes não há a presença de Sistemas Frontais.

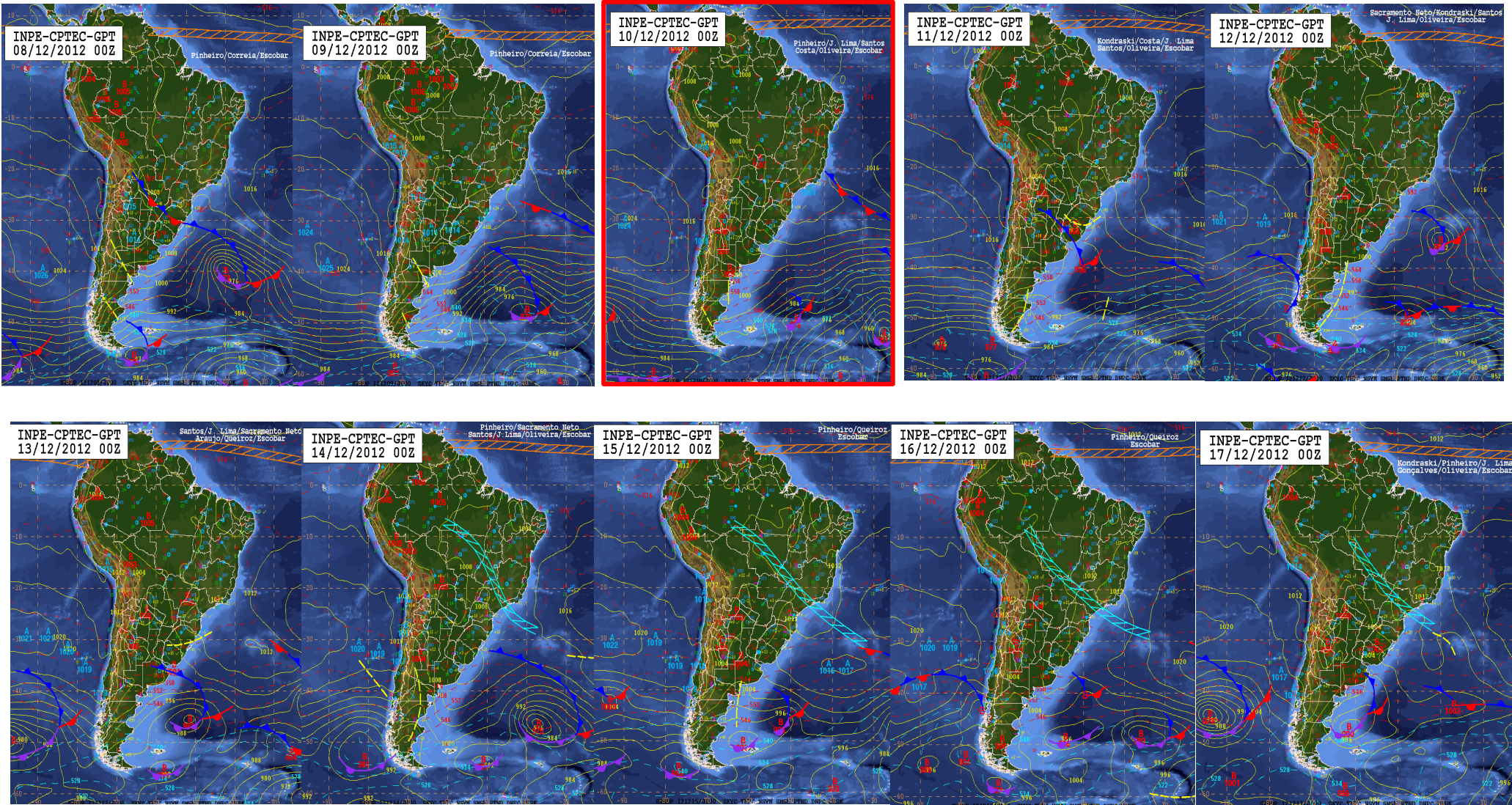
Do dia 15/12 até o dia 18/12, finalizando assim o episódio, às chuvas na região Sudeste foram ocasionadas pela Zona de Convergência de umidade (ZCOU), posteriormente denominada Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) após quatro dias de sua atuação. Atraída pelas baixas pressões do centro-sul do país causadas pela passagem e instalação de uma frente estacionária no Atlântico, a ZCAS atuou na região com ventos quentes e úmidos empurrados pelos Jatos de Baixos Níveis (JBN) e instalou um canal de umidade e chuva ao longo da sua trajetória no sentido Noroeste-Sudeste.

Gráfico 9: Uberlândia (MG) - Comportamento das chuvas e dos ventos para o episódio pluviométrico do dia 08/12/2012 a 16/12/2012



Fonte: INMET (2018). Org: LEITE (2018)

Figura 11: Comportamento Atmosférico do Episódio Pluviométrico do dia 08/12/2012 a 17/12/2012



 Evento analisado

Fonte: CPTEC (2018). Org: LEITE (2018)

5.4.2 Episódio Pluviométrico do dia 29/05/2013 a 03/06/2013.

O episódio do dia 29/05/2013 a 03/06/2013, com um total de 165 mm, foi marcado pela passagem de dois Sistemas Frontais sobre a Mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba. Na carta sinótica do dia 29/05/2013 foi possível observar a atuação de um sistema frontal que tem sua origem entre o norte da Argentina, Rio Grande do Sul e o Oceano Atlântico, avançando em sentido Nordeste. Próximo a esse sistema frontal observou-se a presença de uma crista produzida pelo Anticiclone Subtropical do Pacífico Sul com centro de alta em torno de 30°S. A junção desses sistemas possibilitou a formação de uma grande área de instabilidade sobre Minas Gerais e o Rio de Janeiro. Especialmente, sobre a Mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba e Uberlândia.

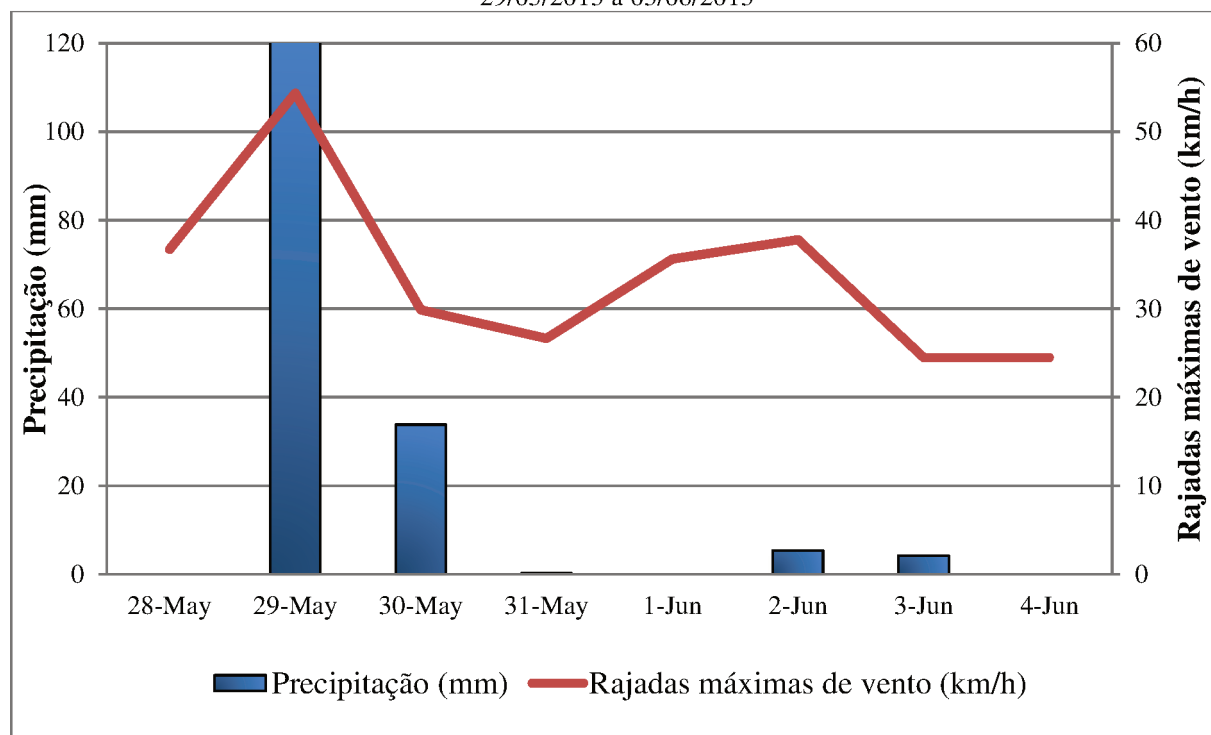
Essa dinâmica contribuiu significativamente para a ocorrência do evento pluviométrico do dia 29/05 (descrito na próxima sessão). O total pluviométrico diário alcançou os 123 mm, se tornando um dos dias mais chuvosos na história da cidade de Uberlândia. De acordo com o Boletim Técnico (CPTEC, 2013), a previsão para a região Sudeste neste episódio era de dias com bastante nebulosidade e condições para fortes pancadas de chuva.

A chuva se manteve até o dia 30/05 em Uberlândia. Nos dias seguintes, o Sistema Frontal se afastou pelo Atlântico e na Mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba e Uberlândia e as condições de tempo ficaram estáveis. A instabilidade predominou apenas no Sul do país em função do deslocamento de cavados de média e alta troposfera e a convergência de umidade nos baixos níveis.

Nos dias 02/06 e 03/06 observou-se a ocorrência de chuvas isoladas em Uberlândia, de baixa intensidade, ocasionadas pela atuação de um novo Sistema Frontal na região Sul do país, mais precisamente na porção litorânea do Paraná. De acordo com o Boletim Técnico

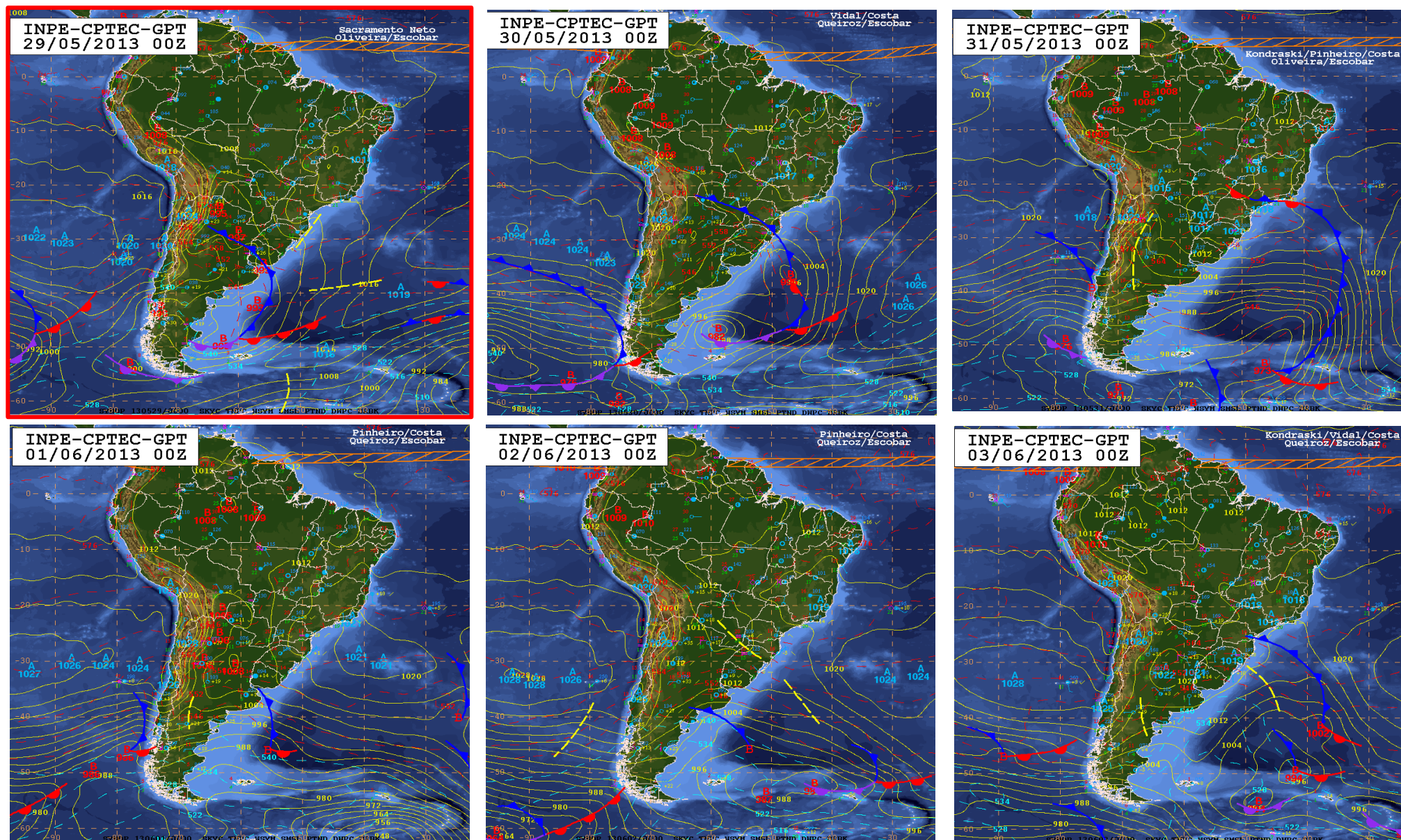
(CPTEC, 2013), o sistema frontal atuou de forma mais oceânica e juntamente com um cavado, influenciou as condições atmosféricas de parte do Sudeste e do Centro-Oeste com muitas nuvens e pancadas de chuva, acompanhadas de trovoadas nestas áreas.

Gráfico 10: Uberlândia (MG) – Comportamento das chuvas e dos ventos para o episódio pluviométrico do dia 29/05/2013 a 03/06/2013



Fonte: INMET (2018). Org: LEITE (2018)

Figura 12: Comportamento Atmosférico do Episódio Pluviométrico do dia 29/05/2013 a 03/06/2013



Evento analisado

Fonte: CPTEC (2018). Org: LEITE (2018)

5.4.3 Episódio Pluviométrico do dia 22/11/2014 a 30/11/2014.

O episódio pluviométrico em destaque teve um acumulado de 204 mm de chuva. Tendo maior destaque, o evento do dia 22/11 (descrito na próxima sessão) teve um total de 47,4 mm concentrados em apenas duas horas, causando o maior número de impactos dentro do episódio em Uberlândia (MG).

No dia 22/11 o episódio iniciou-se com a atuação de um Sistema Frontal, localizado ao leste do Paraguai, nordeste da Argentina e sudoeste do Rio Grande do Sul. A medida em que este sistema avançou no sentido nordeste, provocou instabilidade no Centro-Oeste e Sudeste brasileiros, acarretando em pancadas de chuvas localmente fortes.

No dia 23/11 e 24/11 o Sistema Frontal avançou mais sobre o oceano, no entanto, sobre a Mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba persistiu à instabilidade, decorrente do deslocamento de um cavado nos níveis superiores e nos Jatos de Baixos Níveis que provocaram a convergência de umidade para a região.

No dia 25/11 observou-se a atuação de um novo Sistema Frontal, localizado entre o centro da Argentina e extremo sul do Uruguai. O cavado do RS, associado à essa frente, juntamente à atuação do Sistema Tropical Continental (Baixa do Chaco) e da formação de uma área de baixa pressão sobre o centro-sul do país favoreceu a ocorrência de pancadas de chuva, sobretudo na Mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, na qual se insere Uberlândia (MG).

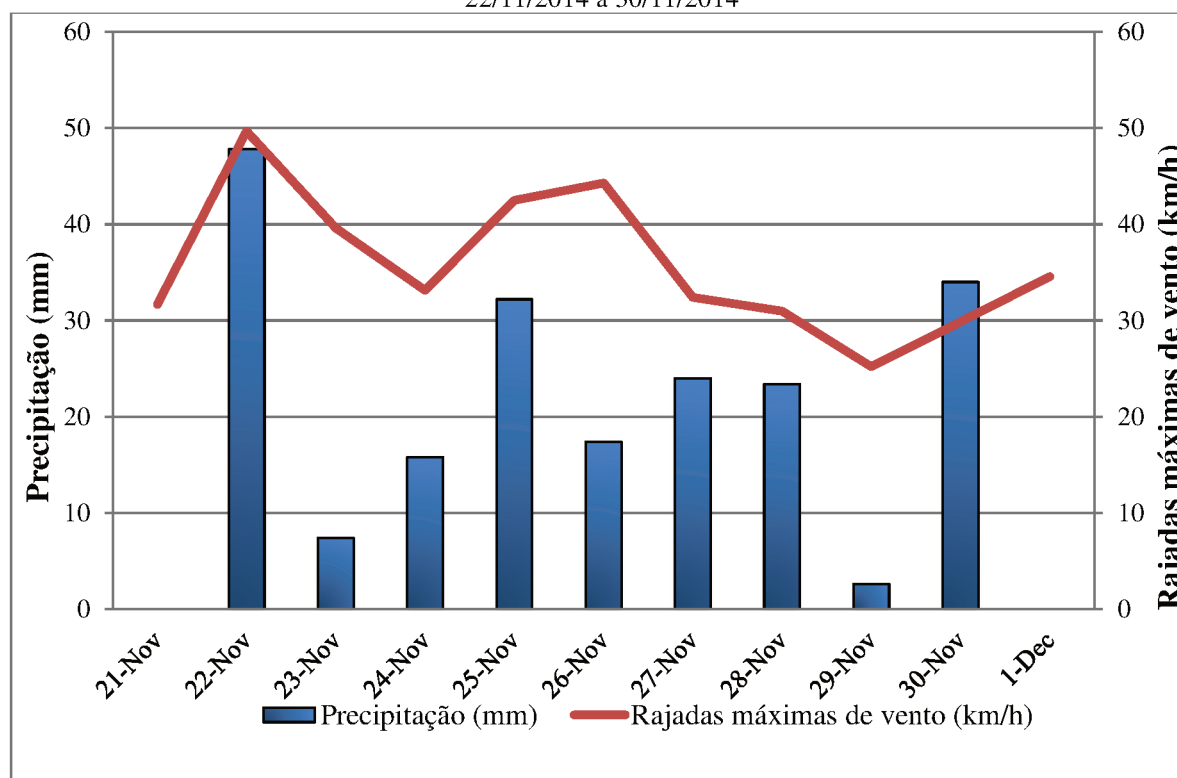
Já a dinâmica atmosférica do dia 26/06 está associada à pré-formação da ZCAS. De acordo com o Boletim Técnico (CPTEC, 2014, não paginado), “a formação de um ciclone subtropical adjacente ao litoral do Sudeste/Sul do Brasil e com a chegada de um amplo cavado em 500 hPa intensificou a convergência de umidade entre boa parte da região Sul,

Centro-Oeste e de todo o Sudeste, alcançando até o Norte do Brasil, dando origem à uma Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) que atuou nos 3 dias seguintes”.

Do dia 27/11 ao dia 30/11 a dinâmica atmosférica de Uberlândia ficou sob a atuação da ZCAS, que provocou fortes pancadas de chuva ao final da tarde. No dia 27/11 a formação de uma zona frontal, atuante do Atlântico, reforçou ainda mais a convergência de umidade e a instalação da ZCAS.

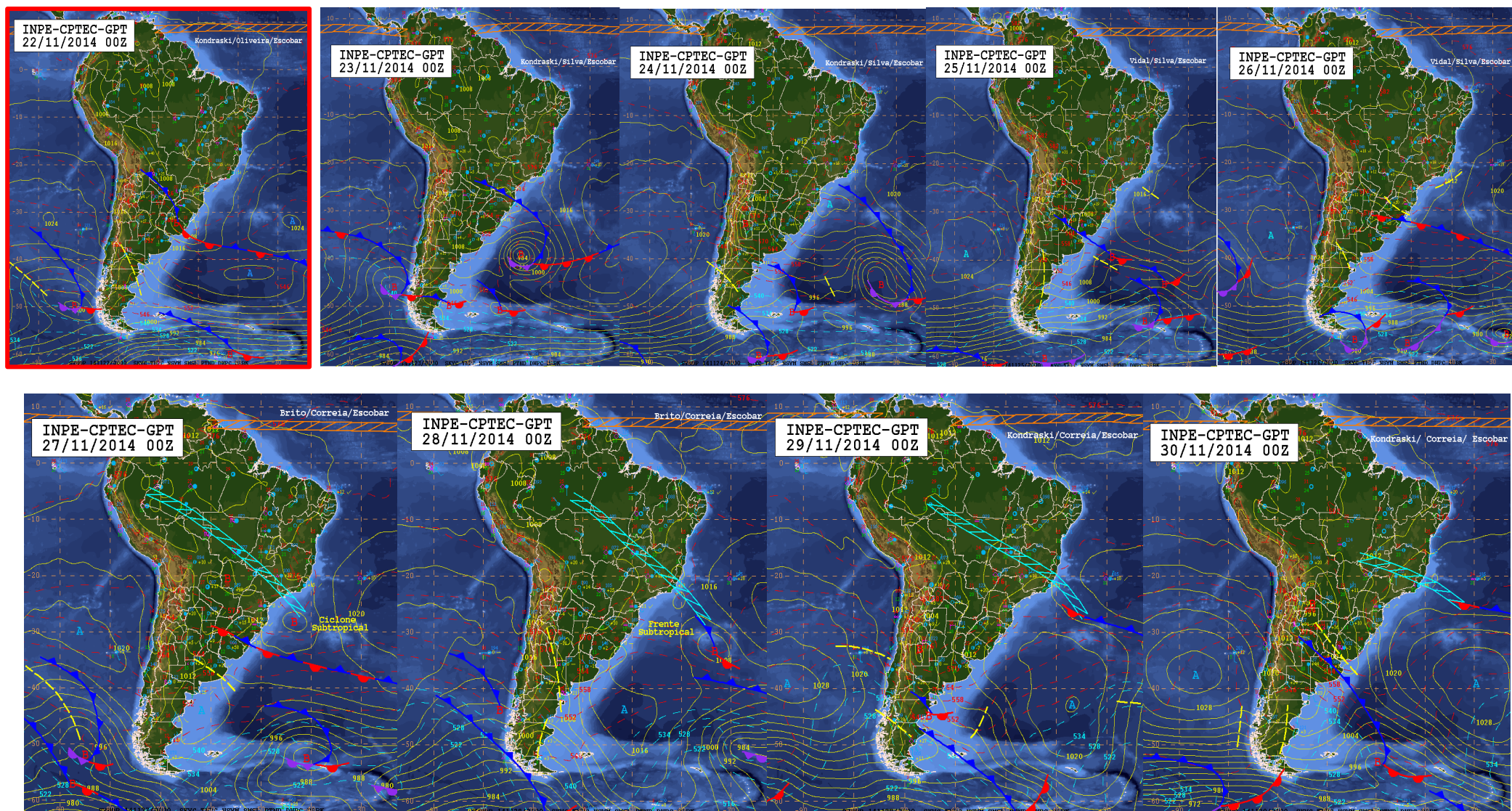
Nos dias 29/11 e 30/11, ainda sob a atuação da ZCAS, as condições de chuvas localmente fortes continuaram na região Sudeste. Em Uberlândia, no último dia de atuação da ZCAS, obteve-se o segundo maior total pluviométrico diário do episódio, com 34 mm, acarretando, também, problemas para a Defesa Civil.

Gráfico 11: Uberlândia (MG) – Comportamento das chuvas e dos ventos para o episódio pluviométrico do dia 22/11/2014 a 30/11/2014



Fonte: INMET (2018). Org: LEITE (2018)

Figura 13: Comportamento Atmosférico do Episódio Pluviométrico do dia 22/11/2014 a 30/11/2014



Evento analisado

Fonte: CPTEC (2018). Org: LEITE (2018)

5.4.4 Episódio pluviométrico do dia 31/12/2014 a 05/01/2015.

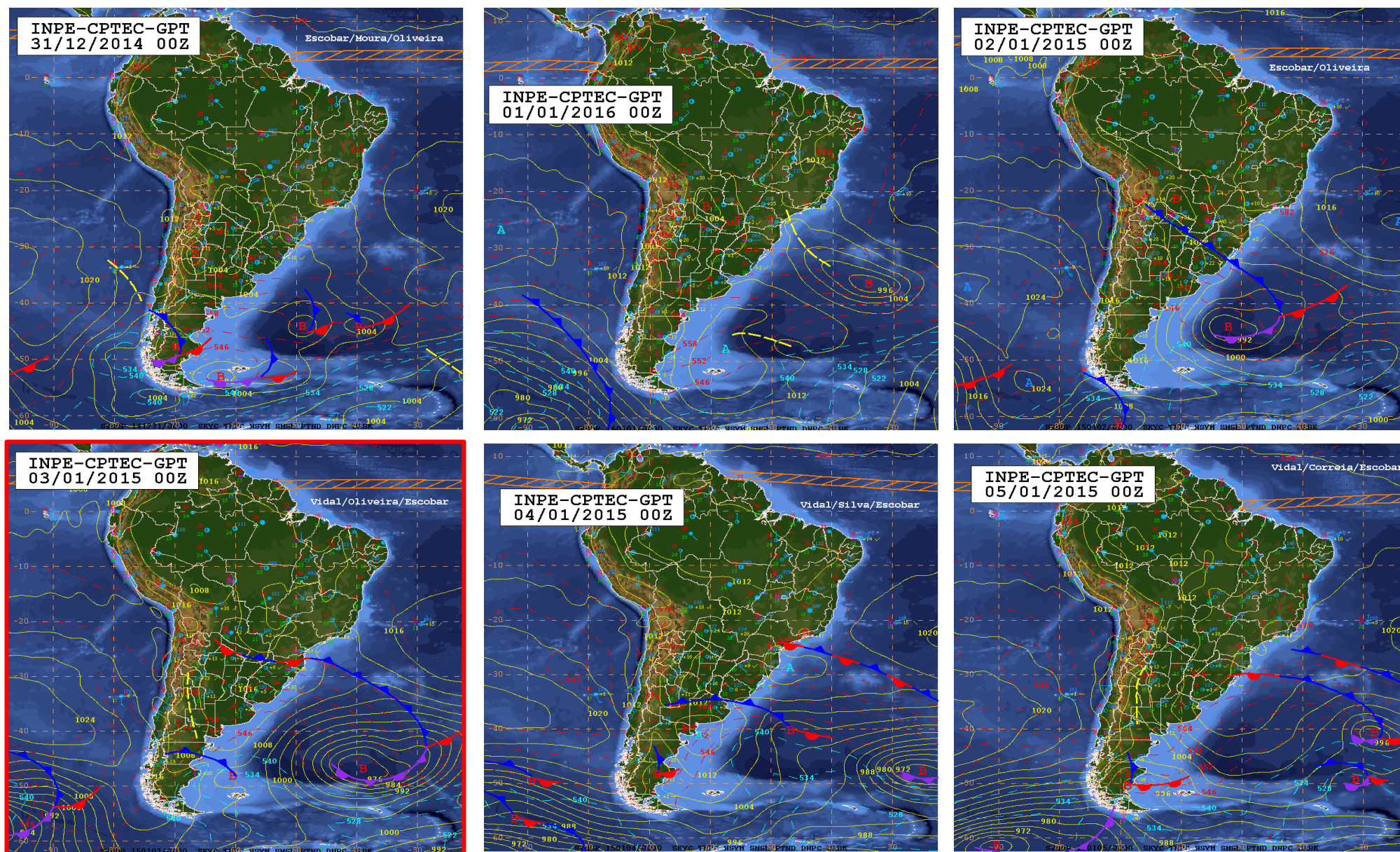
O episódio em destaque teve um total pluviométrico de 76,8 mm, sendo 44 mm concentrados em uma hora do dia 03/01 (descrito na próxima sessão), evento de maior magnitude de impactos dentro do episódio. A dinâmica atmosférica se inicia com a aproximação do ASAS, posicionado próximo ao litoral brasileiro nos dias 31/12 e 01/01. A dinâmica do ASAS favoreceu o escoamento de umidade de Nordeste para a região Norte do Brasil. Este escoamento seguiu de Norte para Noroeste através da ZCIT até sua chegada aos Andes. Pressionada pelos Jatos de Baixos Níveis, o escoamento segue para a região Centro-Sul brasileira, provocando convergências de umidade e formação de áreas de instabilidade.

No dia 02/01 a chegada de um SF sobre o Norte do Paraná ocasionou instabilidade sobre o Brasil Centro-Sul, mais precisamente nas regiões “norte do RS, SC, PR, sul de MS, oeste de MT, Triângulo Mineiro, sul de RO e sudoeste do AM” (CPTEC, 2015). A proximidade do sistema reforçou as pancadas de chuva que já vinham ocorrendo.

O evento do dia 03/01, de maior relevância, se dá pela dinâmica de um Sistema Frontal, quase que estacionário localizado ao Norte da Argentina e Sul do Brasil. As chuvas se concentraram em maior parte nos estados de SC, PR e Sul de São Paulo. No entanto, pela proximidade, este sistema reforçou as pancadas de chuvas que já estavam ocorrendo em Minas Gerais, principalmente na Mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba no período da tarde. De acordo com o Boletim Técnico (CPTEC, 2015), em parte do Sudeste a proximidade do sistema reforçou a instabilidade que já predominava na região, devido à termodinâmica e difluência em altitude.

No dia 04/01 a frente estacionária avança até o Sul de São Paulo e a dinâmica se mantém a mesma do dia anterior, associada à proximidade do Sistema Frontal, as áreas de instabilidade se intensificaram, provocando pancadas de chuva no Sudeste brasileiro e em Uberlândia (MG).

Figura 14: Comportamento Atmosférico do Episódio Pluviométrico do dia 31/12/2014 a 05/01/2015

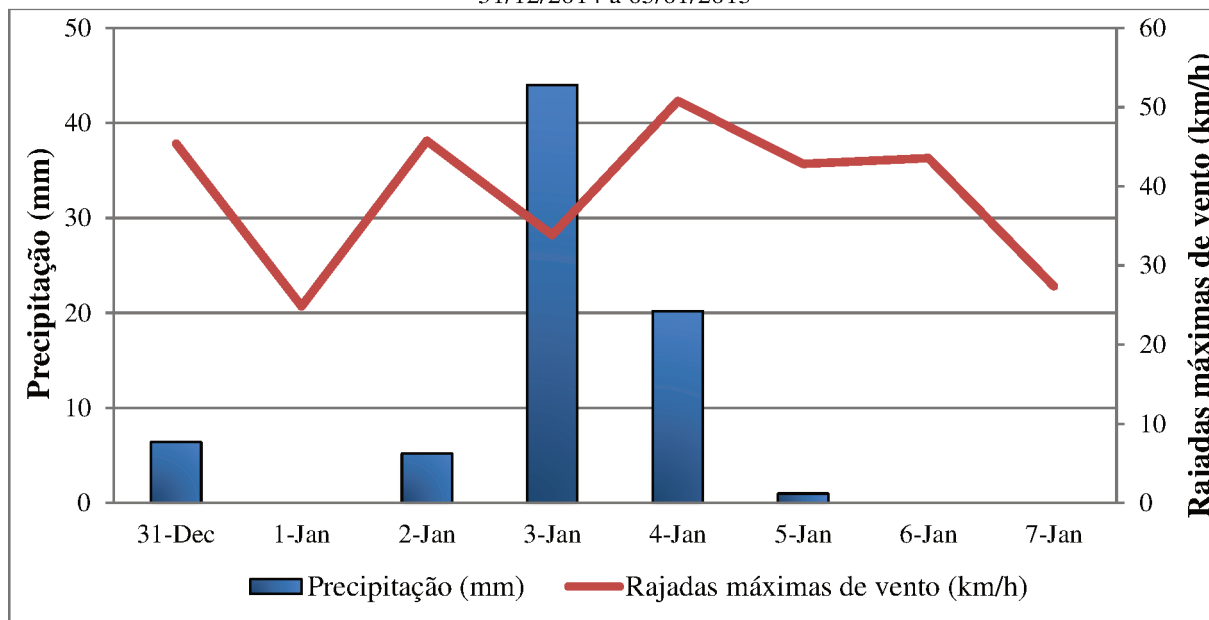


 Evento analisado

Fonte: CPTEC (2018). Org: LEITE (2018)

Por fim, no dia 05/01 observou-se a presença de uma nova frente estacionária, com atuação oceânica próxima aos estados do Sul do país. No Sudeste, as condições de tempo ficaram estáveis, com poucas chuvas.

Gráfico 12: Uberlândia (MG) – Comportamento das chuvas e dos ventos para o episódio pluviométrico do dia 31/12/2014 a 05/01/2015



Fonte: INMET (2018). Org: LEITE (2018)

5.4.5 Episódio pluviométrico do dia 07/03/2016 a 14/03/2016.

Analisando o comportamento sinótico da Figura 14, destaca-se que o episódio pluviométrico se inicia a partir da atuação de um Sistema Frontal, localizado na carta do dia 07/03, na porção central da Argentina e sul do Uruguai. Existe também a formação de uma área de baixa pressão na região Centro-Oeste (Baixa do Chaco) e maior atuação da Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), localizada próximo ao litoral do Sudeste brasileiro. Essa dinâmica propiciou a formação de chuvas localizadas no Centro-Sul do país em função das condições de instabilidade proporcionados pelo Sistema Frontal e pelos aportes de umidade escoados para a região em função da grande área de baixa pressão instalada.

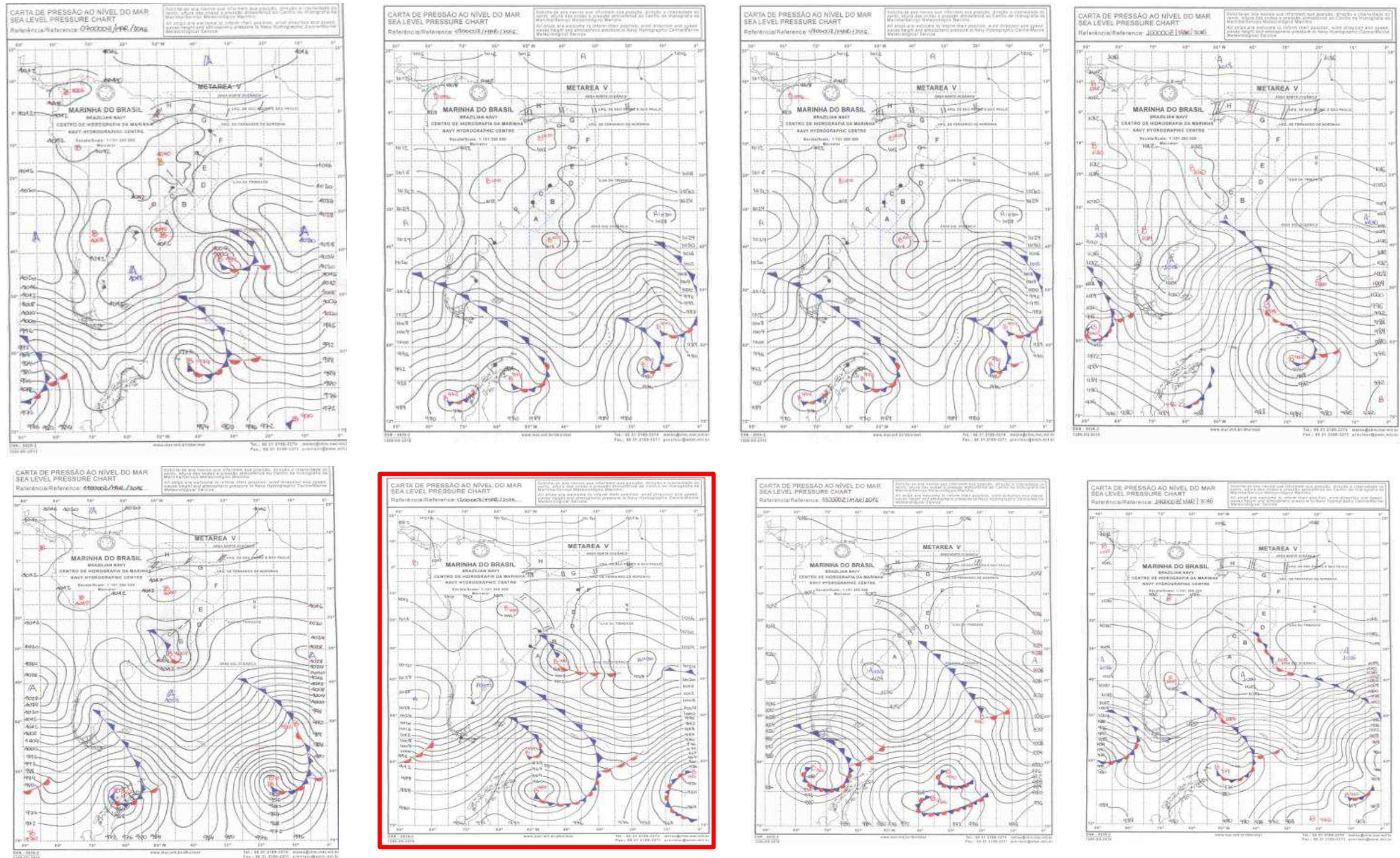
Essa dinâmica de chuvas continuou instalada até o dia 09/03 na medida em que o Sistema Frontal se aproximava da região Sudeste, se deslocando em sentido Nordeste, em

direção ao Atlântico. O Sistema Tropical Continental (Baixa do Chaco) continuou atuando na região Centro-Oeste, constituindo uma grande área de baixa pressão.

No dia 10/03 ocorre à entrada de uma nova frente no Sul do Brasil, localizada no litoral do RS, com caráter estacionário. Nos dias seguintes ela avançou pelo Atlântico, tendo sua área de atuação localizada no Sudeste, como se observa na carta do dia 11/03. Essa dinâmica foi fundamental para a instalação da ZCOU e ocorrência das chuvas nos dias seguintes no Sudeste, sobretudo na Mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba e em Uberlândia (MG).

A presença do Sistema Frontal semi-estacionário no litoral do Sudeste favoreceu a entrada de umidade, advinda da região amazônica, constituindo o início de um episódio de ZCOU, que não consolidou uma dinâmica de ZCAS, devido sua atuação de apenas dois dias. Atraído pelas baixas pressões do centro-sul do país, este sistema invadiu a região com ventos quentes e úmidos empurrados pelos JBN e instalou uma esteira de umidade e chuva ao longo da sua trajetória no sentido Noroeste-Sudeste.

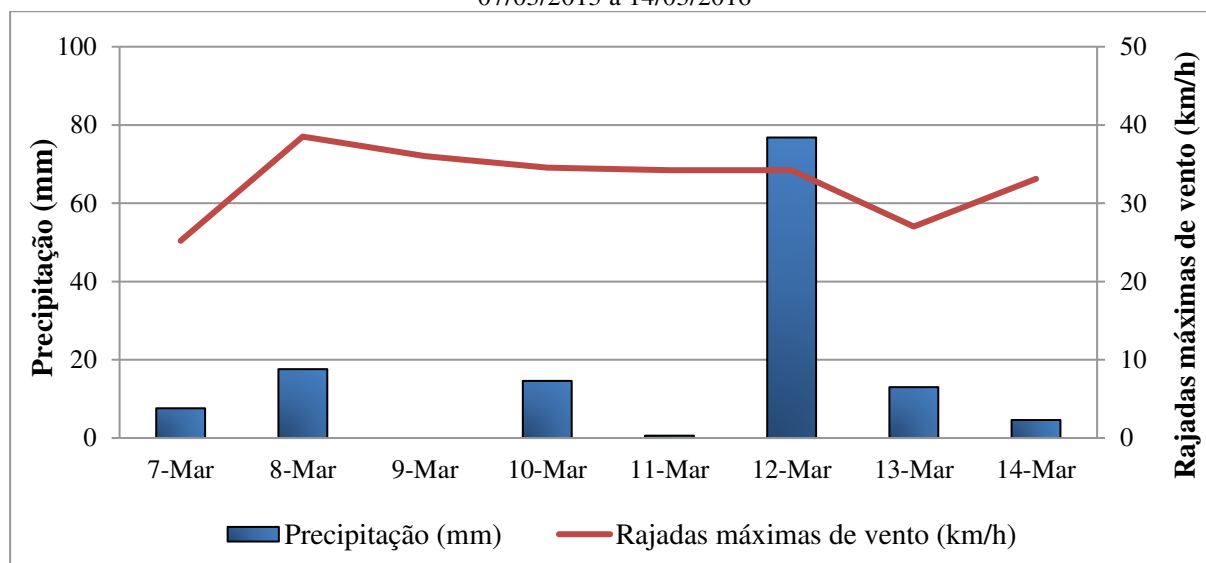
O evento pluviométrico concentrado do dia 12/03 (descrito na próxima sessão), com um total de 76,8 mm, causador do maior número de impactos dentro do episódio em Uberlândia, está associado à dinâmica de um episódio de ZCOU. De acordo com a carta sinótica do dia 12/03, este sistema inicia a sua pré-formação com a entrada de uma frente semi-estacionária no litoral do Sudeste. No Centro-Oeste observou-se uma grande área de Baixa Pressão devido à atuação do Sistema Tropical Continental (Baixa do Chaco). Essa condição proporcionou a formação de chuvas ao longo de todo o Brasil Central. Essa dinâmica fica instalada até o dia 14/03, quando o episódio pluviométrico acaba, e as condições de tempo em Uberlândia ficam estáveis (céu claro) durante os dias seguintes.



Evento analisado

Fonte: MARINHA DO BRASIL (2018). Org: LEITE (2018)

Gráfico 13: Uberlândia (MG) – Comportamento das chuvas e dos ventos para o episódio pluviométrico do dia 07/03/2013 a 14/03/2016



Fonte: INMET (2018). Org: LEITE (2018)

5.5 Eventos Extremos, Dinâmica Atmosférica, Dinâmica Urbana e Ações da Defesa Civil

Nesta seção serão analisados os eventos pluviométricos que demandaram o maior número de ações da Defesa Civil por ano dentro da série 2012/2016. Assim, cinco eventos foram selecionados e tiveram a descrição detalhada de suas dinâmicas atmosféricas, do comportamento diário das precipitações e dos ventos, dos impactos evidenciados pelas ocorrências da Defesa Civil e da repercussão das mídias locais.

Quadro 5: Eventos pluviométricos selecionados e seus produtos.

Eventos selecionados	10/12/2012	29/05/2013	22/11/2014	03/01/2015	12/03/2016
Sistema Atuante	SF	SF	SF	SF	ZCOU
Precipitação diária	83,4 mm	123,2 mm	47,4 mm	44 mm	76,8 mm
Precipitação máxima horária	47,6 mm	30,2 mm	21,2 mm	36,4 mm	37,2 mm
Rajadas de vento máximas	50,4 km/h	57 km/h	50 km/h	51 km/h	33 km/h
Número de ocorrências	83	242	43	94	273

Organização: LEITE (2018)

5.5.1 Evento pluviométrico do dia 10/12/2012.

Na Figura 17, observa-se a presença de um Sistema Frontal estacionário na altura do litoral do ES no Atlântico. A atuação desse sistema favoreceu a convergência de umidade para

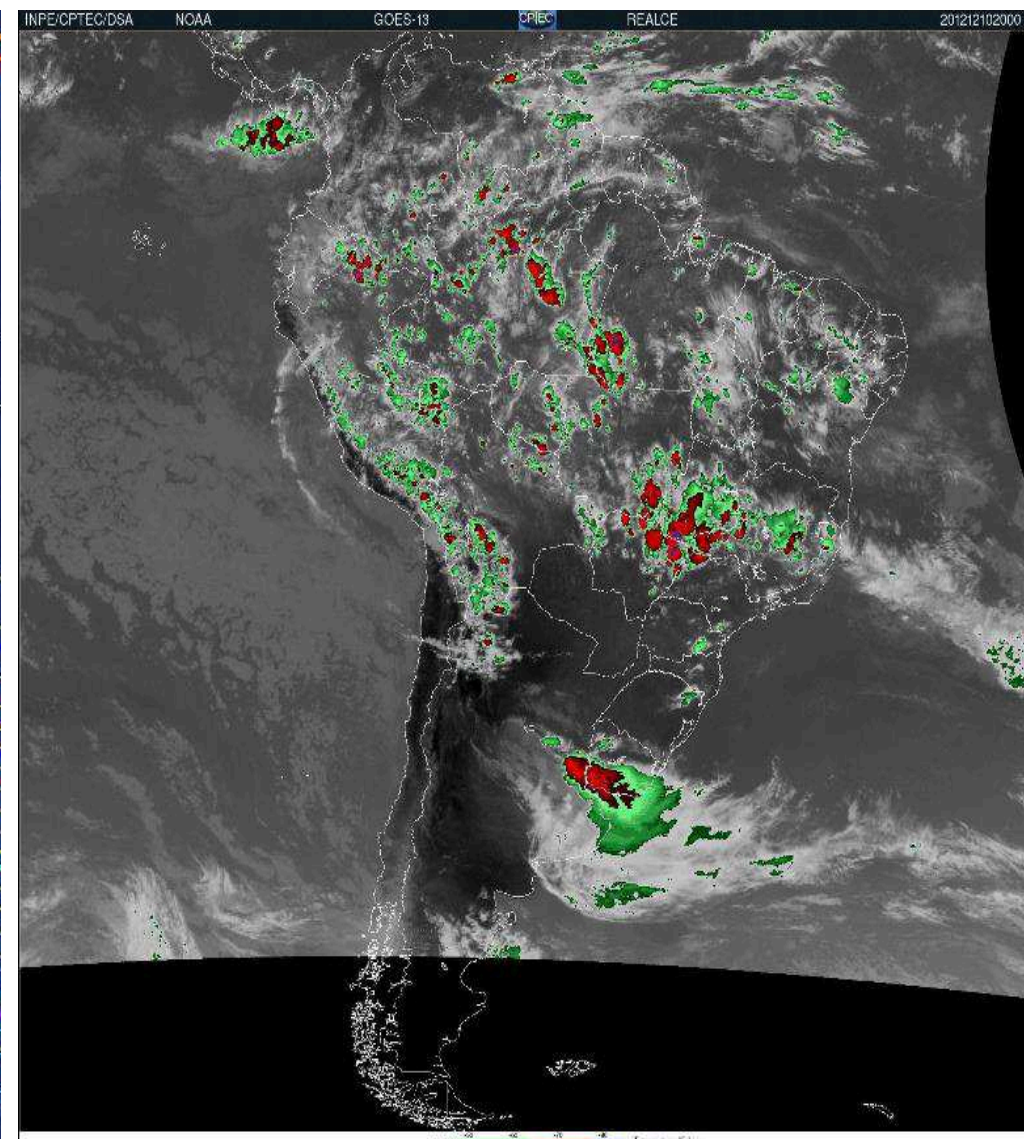
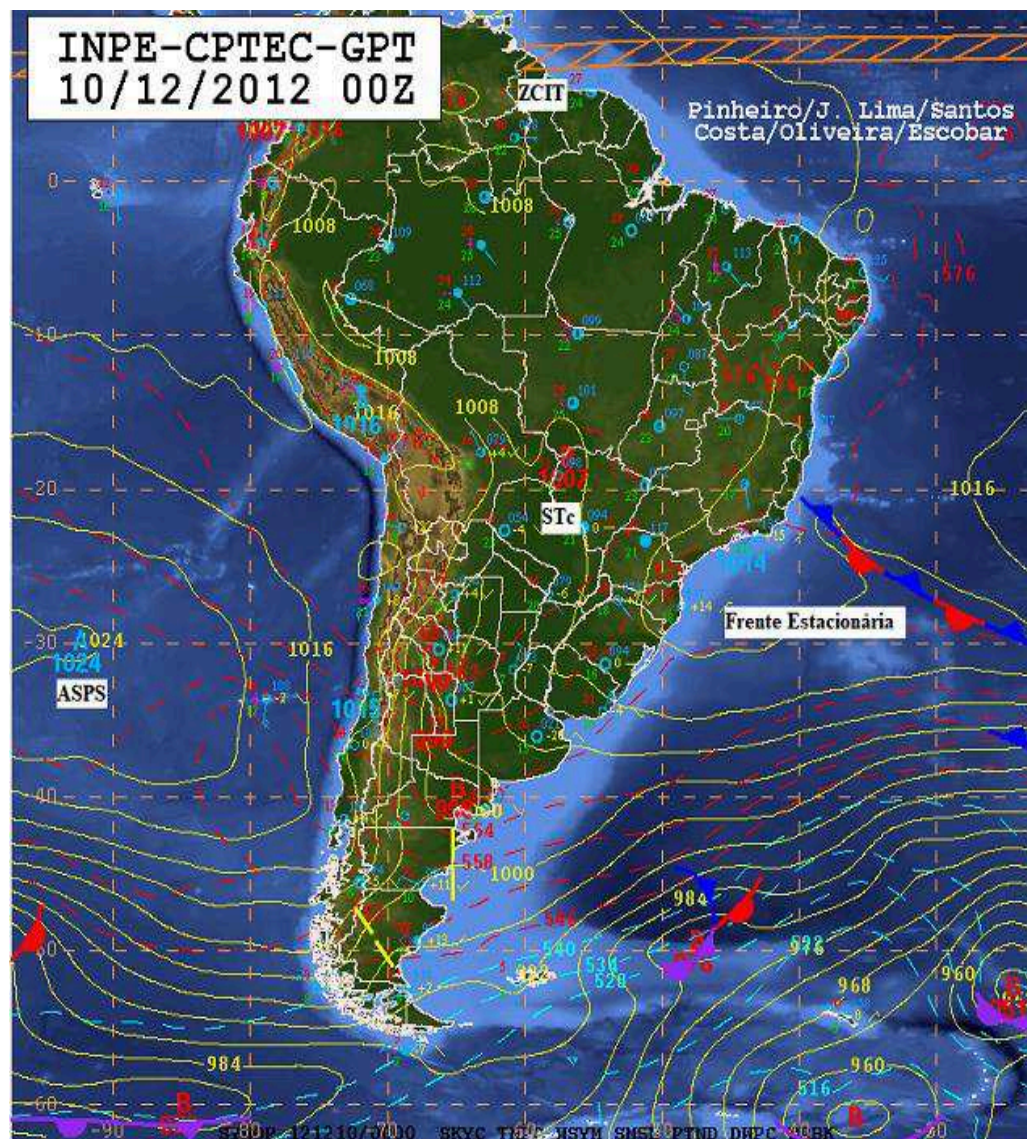
a região Sudeste, associada à formação de uma área de baixa pressão no Centro-Oeste brasileiro, que estava sob a atuação do Sistema Tropical Continental (Baixa do Chaco) com valor pontual de 1007 hPa.

A convergência de umidade na região é originária dos ventos úmidos da região Amazônica e também dos ventos de Leste, que transportam ventos úmidos do Atlântico. As correntes da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), localizadas próximo ao Equador, em sentido Leste-Oeste, do Atlântico até o Pacífico, carregaram ventos úmidos até à região dos Andes que posteriormente foram redirecionados em sentido Sudeste para a região central brasileira, pelos Jatos de Baixos Níveis (JBN).

Observando a Imagem de Satélite fica evidente a atuação deste sistema que, associado à passagem e instalação do Sistema Frontal e à consequente formação de uma área de baixa pressão, promoveu o deslocamento de umidade e formação de um corredor de nebulosidade (pré-formação de ZCAS), com sentido Noroeste-Sudeste no Brasil, provocando chuvas na porção central do país, sobretudo na Mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, na qual se insere Uberlândia (MG).

Destaca-se a presença de um padrão de circulação anticiclônico sobre o continente, sobretudo na porção Centro-Oeste. Associado a dinâmica da Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), esta circulação promove a formação de uma área de confluência de ventos. De acordo com o CPTEC (2012, não paginado),

(...) Apesar de que esse padrão anticiclônico funcione como um sistema inibidor da formação de nuvens e proporcione o aquecimento adiabático, o mesmo pode ser rompido devido ao aquecimento diurno em superfície que juntamente com a presença de ar mais frio neste nível gera contraste térmico suficiente para disparar o mecanismo de formação de nuvens com desenvolvimento vertical significativo, aumentando também a instabilidade local e consequentemente potencial para eventos severos, principalmente sobre os estados do Sul e Sudeste.



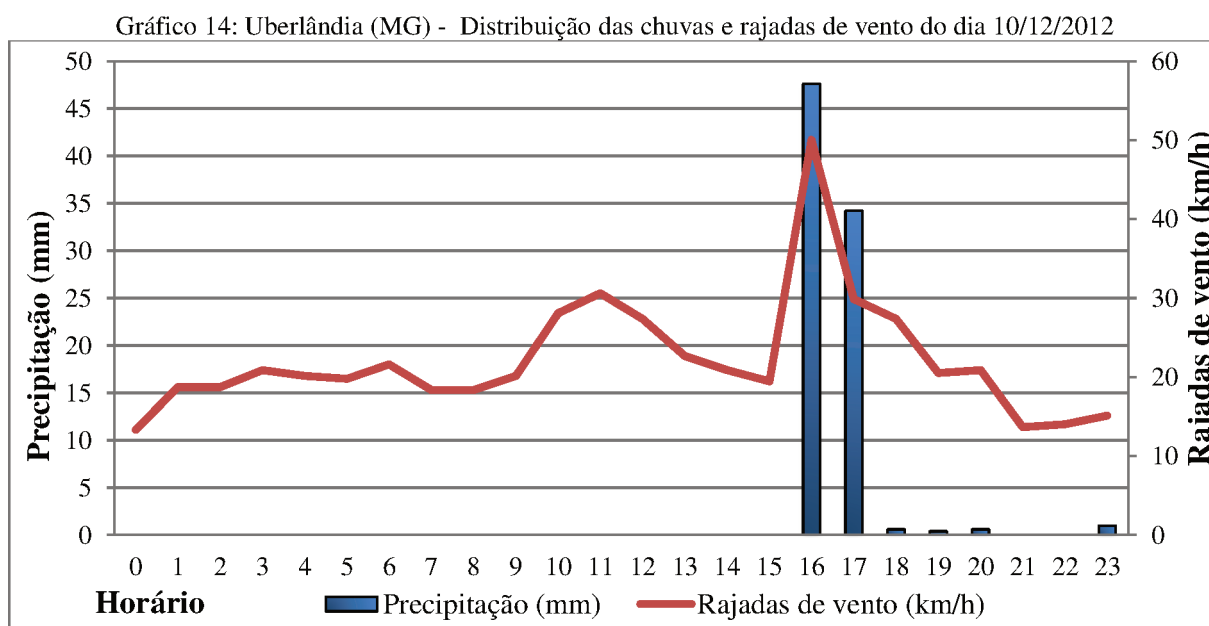
STc: SistemTropical Continental
 ZCIT: Zona de Convergência Intertropical.
 ASPS: Anticiclone Subtropical do Pacífico Sul

Fonte: CPTEC (2018). Org: LEITE (2018)

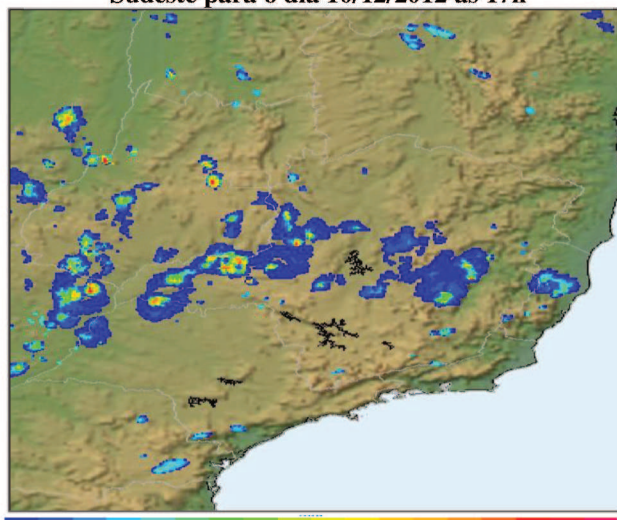
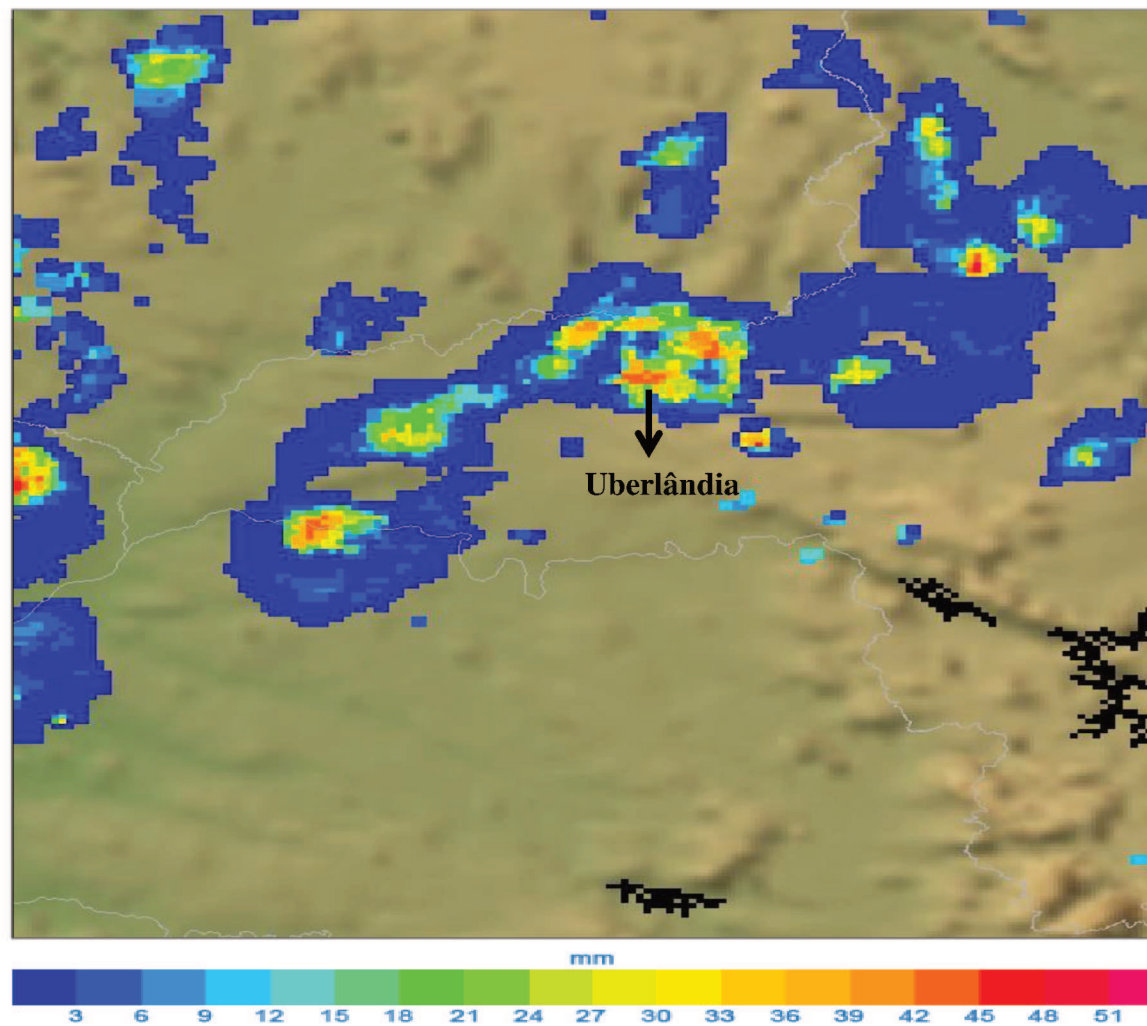
Ainda, é possível inferir que entre o Sul da Bolívia e Centro-Norte da Argentina se nota o fluxo de ventos com elevadas velocidades, indicando a atuação dos Jatos de Baixos Níveis (JBN) que transportam calor e umidade da região Norte para áreas do Centro-Sul do Brasil, Bolívia, Paraguai e Norte da Argentina.

O total pluviométrico para o evento foi de 83,6 mm, embora grande parte dos impactos foram potencializados pela concentração das chuvas. De acordo com as imagens de precipitação estimada por satélite do cartograma abaixo, havia a possibilidade de chuvas de até 45 mm às 17 horas em Uberlândia. Outras localidades da Mesorregião tinham a previsão de chuvas, no entanto, para a cidade, o hidroestimador quantificou chuvas extremas.

Esta previsão se comprovou, uma vez que, entre as 16h e às 17h59min precipitaram 83,6 mm em Uberlândia. De acordo com Bell (1963), uma chuva concentrada de 40 mm, por exemplo, com duração de tempo de 30 minutos em uma área de 2 quilômetros quadrados, pesaria mais de 90 mil toneladas. Tendo esse fato como referência, a ocorrência de inúmeros impactos socioambientais em Uberlândia era inevitável.



Fonte: INMET (2018). Org: Leite (2018)

Cartograma 1: Precipitação estimada por satélite na Mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba do dia 10/12/2012 às 17h**Precipitação estimada por satélite na América do Sul para o dia 10/12/2012 às 17h****Precipitação estimada por satélite na Região Sudeste para o dia 10/12/2012 às 17h****Precipitação estimada por satélite na Mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba para o dia 10/12/2012 às 17h**

Imagens do Satélite Goes-13

Fonte: CPTEC (2018)

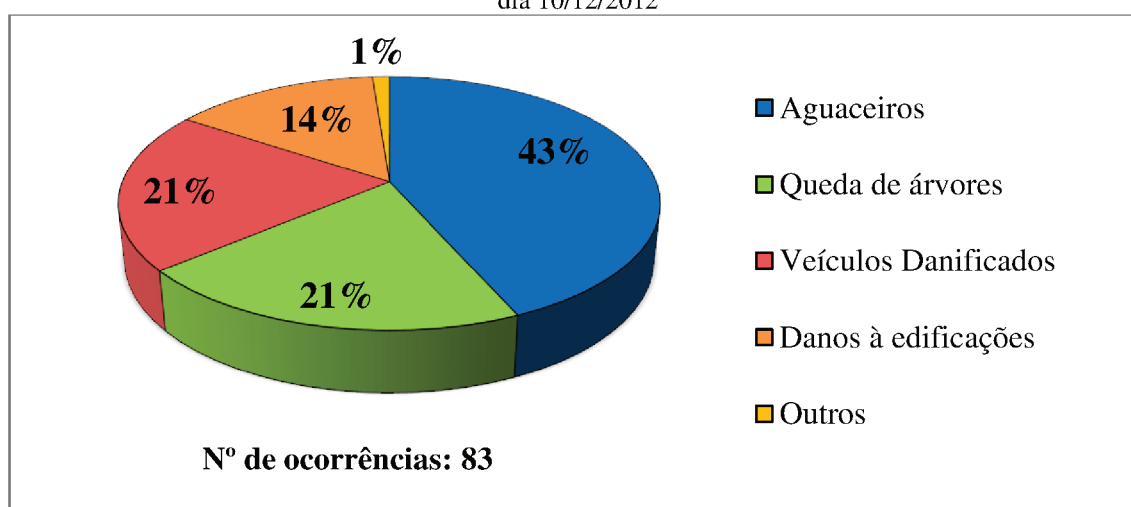
Org: LEITE (2018)

No gráfico 8, destaca-se a presença de dois picos pluviométricos, que totalizaram 47,6 mm às 16h e 34,2 mm às 17h, respectivamente. Em relação às rajadas de vento, destacam-se as que chegaram aos 50 km/h às 16h, embora a Defesa Civil relatou em suas ocorrências que em alguns pontos da cidade as rajadas atingiram 70 km/h, causando quedas de árvores e destelhamentos.

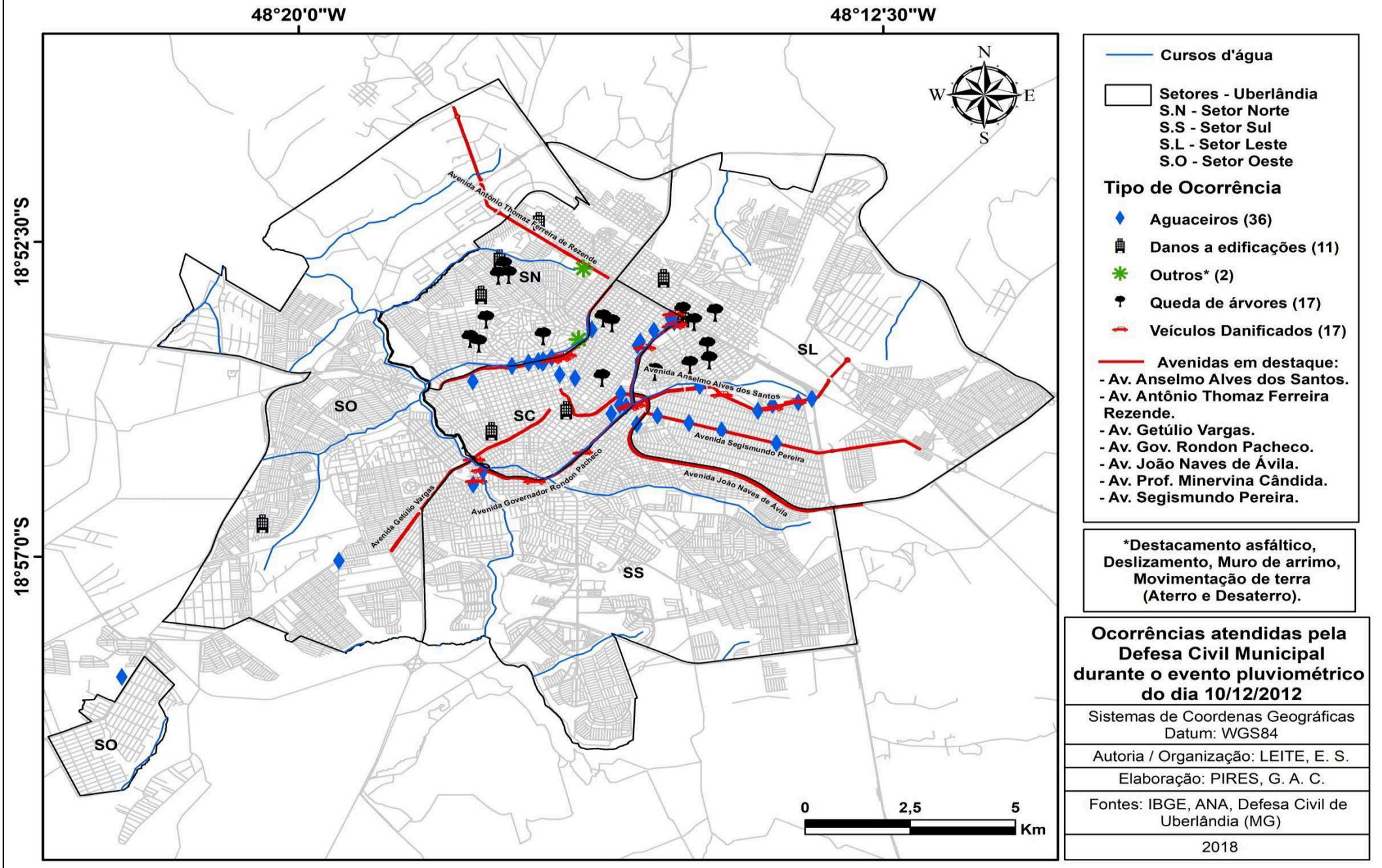
Neste evento, as precipitações foram ocasionadas pela formação de nuvens cumulus nimbus, tendo em vista o comportamento das chuvas e a concentração dos impactos em áreas isoladas da cidade. Esta nuvem, de grande desenvolvimento vertical, traz consigo ação de ventos convectivos, intensas rajadas de vento, raios, chuva volumosa, granizo, tudo isso em um curto período de tempo. Neste evento, a nuvem concentrou sua atuação sobre a região central da cidade.

A partir das 16h, foi evidenciado o maior número de ocorrências da Defesa Civil na cidade de Uberlândia. A precipitação concentrada de 81 mm em apenas duas horas provocou um grande aumento na velocidade do escoamento pluvial pelas ruas da cidade, que associada à ineficácia da rede de drenagem e a obstrução dos canais por resíduos sólidos provocou a formação de inúmeros pontos de alagamento e inundação de residências na cidade. A Defesa Civil do município atendeu a 83 ocorrências.

Gráfico 15: Principais impactos deflagrados pelas ocorrências da Defesa Civil durante o evento pluviométrico do dia 10/12/2012



Fonte: DEFESA CIVIL (2018). Org: LEITE (2018)



Nota-se que o maior número de ocorrências neste evento esteve relacionado aos aguaceiros (alagamentos e inundações) com 36 ocorrências, que representam 43% do total. Em seguida, os registros de quedas de árvores e danos a veículos com 17 ocorrências cada, cerca de 21% das ocorrências totais e por último, os danos a edificações (trincas, destelhamentos e quedas de muros) com 12 ocorrências, 14% do total.

Ainda vale destacar alguns danos na rede de distribuição de energia relatados pela Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG, 2018). Cabos foram rompidos, apagões e alguns postes caíram em algumas áreas da cidade.

De acordo com o mapa 4, as ocorrências tiveram maior intensidade para a região central em direção aos setores Norte e Leste. Especificamente, as áreas mais afetadas foram as Avenidas Rondon Pacheco, Minervina Cândida, Segismundo Pereira e Anselmo Alves dos Santos. Essa informação também foi corroborada pelas mídias locais e pela própria Defesa Civil.

Sobre este evento, Machado (2012, não paginado) relatou que:

A Av. Profª Minervina Cândida Oliveira apresentou pontos de alagamento nos primeiros 15 minutos de precipitação [...] A trincheira que faz a ligação entre as avenidas Rondon Pacheco e Anselmo Alves dos Santos também apresentou acúmulo de água nos primeiros minutos de chuva. Na Avenida Rondon Pacheco algumas travessias elevadas ficaram alagadas. A Avenida Cleanto Vieira Gonçalves e as ruas transversais, na zona norte da cidade, também apresentaram pontos de alagamento.

Estas avenidas recebem a água precipitada e não escoada corretamente para as galerias nas vias transversais. O aumento da velocidade do escoamento, em conjunto à ineficiência da infiltração pluvial causaram inúmeros pontos de alagamento e inundação de residências e comércios nessas áreas. Este contexto será uma das tantas similaridades descritas em todos os eventos analisados nesta dissertação.

Historicamente, estas áreas tiveram intensa transformação dos seus componentes naturais, com elevados índices de adensamento, alta impermeabilização do solo, não respeitando os limites ambientais das bacias hidrográficas, nem das áreas de drenagem das

águas pluviais.

Os bairros mais afetados foram: Santa Mônica (Setor Leste), Bom Jesus (Setor Central), Tibery (Setor Leste), Brasil (Setor Central), Custódio Pereira (Setor Leste), Jardim América e Presidente Roosevelt (Setor Norte), respectivamente.

Tabela 5: Uberlândia (MG) – Bairros afetados durante o evento pluviométrico do dia 10/12/2012

Bairros afetados	Nº de ocorrências	Bairros afetados	Nº de ocorrências
Santa Mônica	13	Centro	2
Bom Jesus	10	Tabajaras	2
Tibery	8	Pacaembu	1
Brasil	8	Umuarama	1
Custódio Pereira	6	Jardim Europa	1
Jardim América	5	Saraiva	1
Presidente Roosevelt	4	Canaã	1
Tubalina	4	Jardim Célia	1
Cazeca	3	Vigilato Pereira	1
Osvaldo Rezende	3	Marta Helena	1
Martins	3	Nossa Sr ^a das Graças	1
Aparecida	2	-	-

Fonte: Defesa Civil (2018) Org: LEITE (2018)

No que se refere à repercussão desse evento pelas mídias locais, destaca-se a importância dada para os alagamentos e inundação de residências. De acordo com o Jornal Correio (2012), a chuva que atingiu a cidade de Uberlândia no dia 10/12/2012 deixou a Defesa Civil e o Corpo de Bombeiros em estado de alerta amarelo, com um nível médio de gravidade. Vários carros foram inundados pela enxurrada em diversos pontos da cidade, sobretudo na Rua Segismundo Moraes, umas das vias transversais à Avenida Rondon Pacheco, palco dos principais impactos pluviais.

Ainda, duas pessoas tiveram que ser resgatadas na Avenida Minervina Cândida, no bairro Roosevelt, zona norte da cidade. Ao terem o seu carro ilhado no viaduto da Avenida Raulino Cotta Pacheco as duas pessoas foram resgatadas por cordas pelo Corpo de Bombeiros e não tiveram ferimentos.

Figura 17: Uberlândia (MG) – Repercussão da mídia acerca do evento pluviométrico do dia 10/12/2012



Fonte: JORNAL CORREIO E JORNAL G1 (2018). Org: LEITE (2018)

Na BR-050 houve alguns acidentes, o mais grave deles, de um homem que perdeu o controle do carro e bateu contra a mureta da rodovia. A vítima teve ferimentos leves e o trânsito na área ficou parado, com engarrafamento de mais de 1 km.

Na notícia do Jornal G1 (2012), foram evidenciados várias fotos e vídeos, enviados por internautas ao jornal. O destaque foi para o grande número de quedas de árvores, relatados pelo Corpo de Bombeiros e pelos inúmeros carros arrastados pela enxurrada nas Avenidas Rondon Pacheco e Minervina Cândida. Além disso, o jornal deu grande importância para a ineficácia do sistema de captação, relatando, em vários trechos da notícia, que as bocas de lobo em vários pontos da cidade não conseguiram escoar as águas pluviais pela obstrução por lixo e entulho.

5.5.2 Evento Pluviométrico do dia 29/05/2013.

A Circulação Atmosférica para a Região Sudeste no dia 29/05/2013 esteve associada ao ASAS, que atuava próximo ao litoral e à chegada de um Sistema Frontal, localizado ao Norte da Argentina e Uruguai. Esta dinâmica favoreceu forte divergência e condições que intensificaram a instabilidade atmosférica em Uberlândia (MG). De acordo com a previsão do CPTEC (2018), as condições atmosféricas para este evento eram favoráveis para ocorrência de tempestades na região Sudeste.

A convergência e intensificação da instabilidade na região Sudeste ocorreu na medida em que a frente avançou sobre o território e se associou à dinâmica dos ventos úmidos originários do sistema anticiclônico do litoral. A movimentação deste sistema foi intensificada pela atuação do Jato Subtropical (JST), que de acordo com o CPTEC (2018), atuava na borda do sistema anticiclônico, se estendendo do Pacífico ao Atlântico, passando por todo o continente, inclusive sobre a Mesorregião do Triângulo Mineiro, na qual se insere Uberlândia (MG).

Sobre esta dinâmica, de acordo com o CPTEC (2018, não paginado):

(...) Nota-se o domínio do escoamento anticiclônico sobre boa parte do Atlântico entre a linha do equador e o paralelo 50S e sobre o continente Sulamericano a norte de 30S. Este padrão de circulação reflete a presença do anticiclone subtropical em superfície, no entanto, o escoamento está mais intenso e mais penetrado no continente neste nível. Na borda oeste deste anticiclone percebe-se a presença de fortes ventos de quadrante norte/noroeste, ventos que ajudam a formar uma esteira entre o sudoeste da Amazônia, Bolívia, Paraguai e centro-sul do Brasil, padrão dinâmico que fortalece a advecção de uma massa mais quente, e relativamente mais úmida, de latitudes mais baixas para áreas entre o centro-sul do Brasil e o leste da Argentina.

Assim, as chuvas (frontais) ocorridas em Uberlândia (MG) para o evento do dia 29/05 estão associadas ao encontro do Sistemas Frontal com um canal quente e úmido que se estendia do Pacífico ao Atlântico, passando pelo Centro-Sul do Brasil.

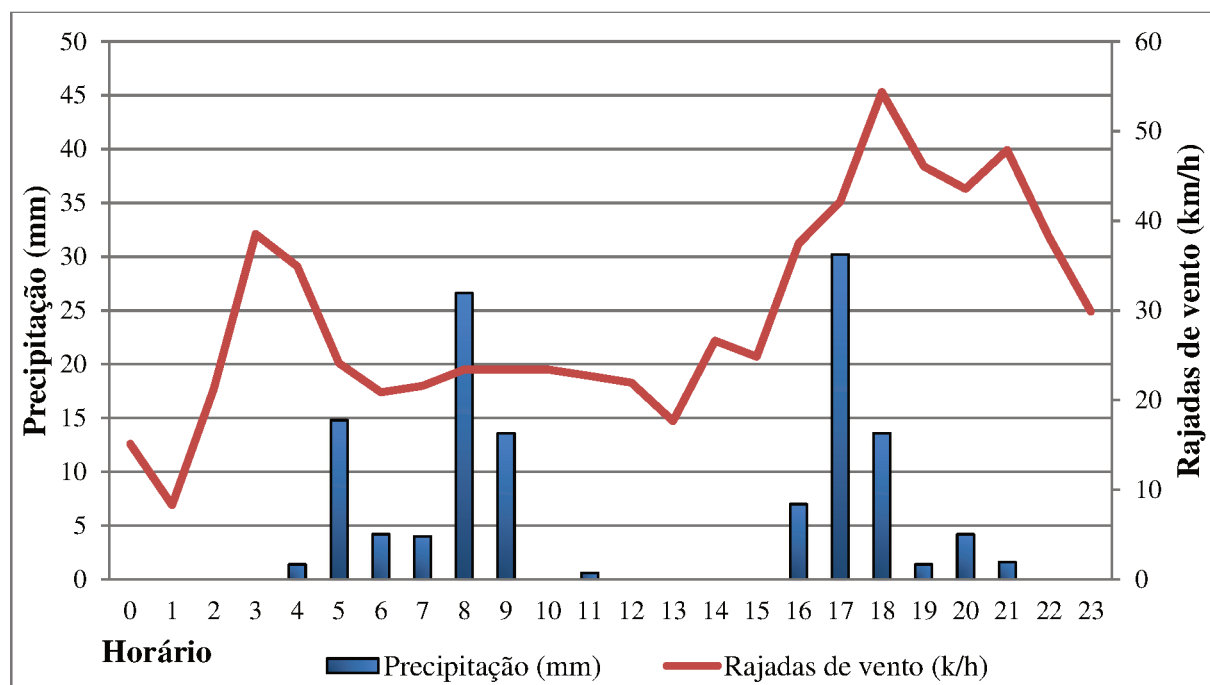
O Sistema Frontal, observado na Carta de Superfície abaixo, avançou pela região Sul, até atingir o Norte do Estado de São Paulo, Centro-sul de Minas e parte do Centro-Oeste,

intensificando a instabilidade em várias áreas do Sudeste do Brasil.

O total pluviométrico do evento foi de 123,2 mm, registrados pela Estação Meteorológica da Universidade, se tornando um dos dias mais chuvosos da história de Uberlândia e o dia mais chuvoso do mês de maio em 30 anos de medição da estação. Em relação às rajadas de ventos, destacam-se as que chegaram aos 57 km/h entre às 18h e 19h. Para esta temporada de chuvas, o total de 123,2 mm trata-se de um volume extremo, especialmente significativo para a ocorrência de impactos pluviométricos.

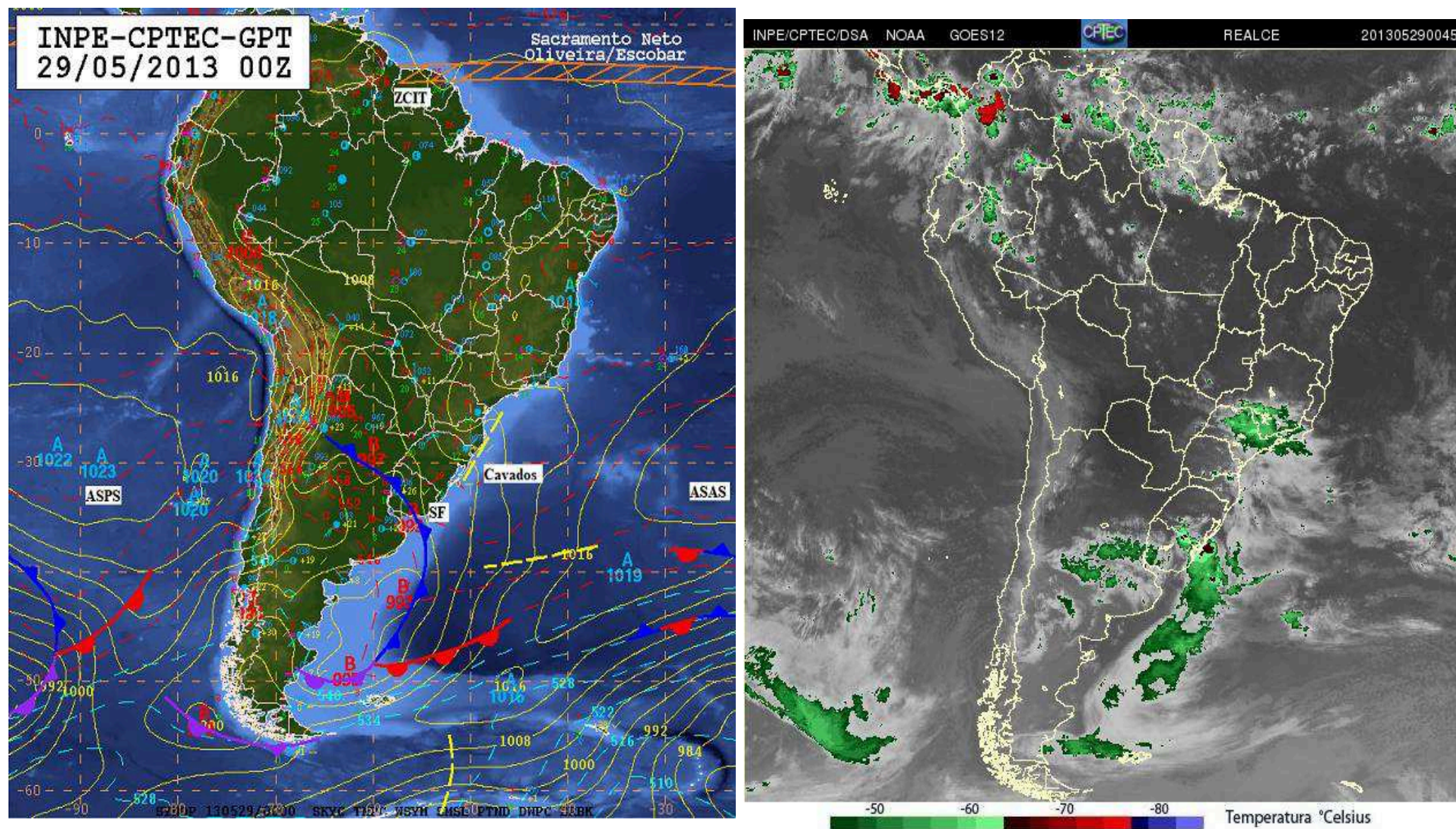
O grande problema observado neste evento foi à sucessão e concentração de elevados totais pluviométricos durante praticamente 12 horas, com um intervalo de pouco menos de 4 horas sem chuva. Vale ressaltar o total de 49 mm entre às 7h e às 9h da manhã e o total de 43,8 mm entre às 16h e 18h da tarde. Neste evento não foi possível encontrar imagens de satélite de precipitação estimada.

Gráfico 16: Uberlândia (MG) – Distribuição das chuvas e rajadas de vento no dia 29/05/2013



Fonte: INMET (2018). Org: LEITE (2018)

Figura 18: Comportamento Atmosférico do evento pluviométrico do dia 29/05/2013



SF: Sistema Frontal
 ZCIT: Zona de Convergência Intertropical.
 ASAS: Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul
 ASPS: Anticiclone Subtropical do Pacífico Sul

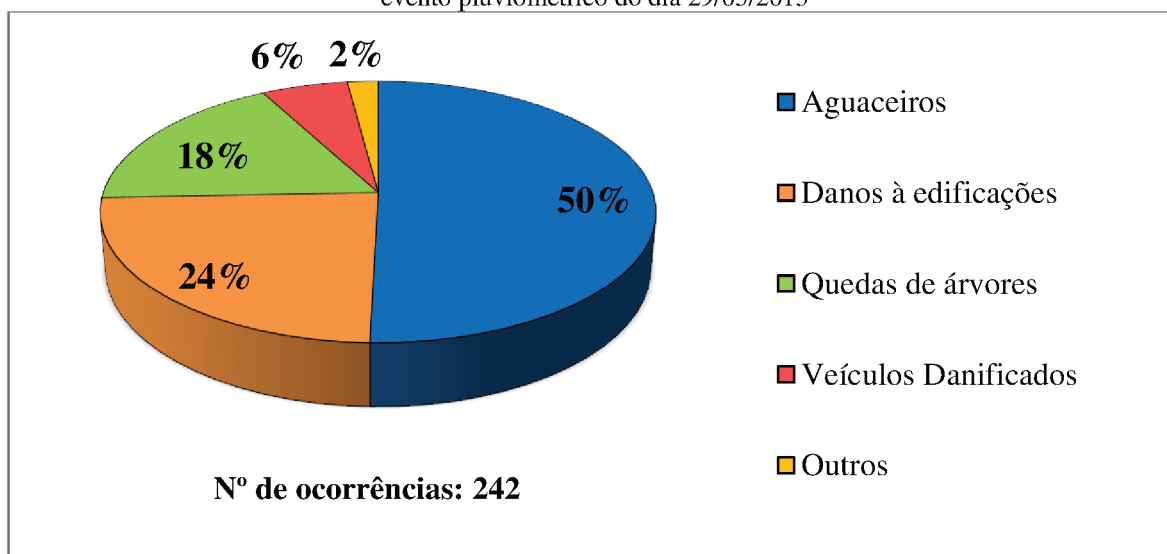
Fonte: CPTEC (2018)
 Org: LEITE (2018)

Com a análise desta dinâmica, temos a identificação de um evento extremo para a cidade de Uberlândia (MG), de elevada magnitude de impactos, sobretudo nas áreas próximas aos fundos de vale dos rios urbanos, áreas com ineficácia no sistema de drenagem e áreas com a interrupção dos sistemas captadores por resíduos sólidos, este último, problema de grande destaque para o contexto atual da cidade.

A Defesa Civil do Município registrou um total de 242 ocorrências, sendo a maior parte relacionada aos aguaceiros (alagamentos e inundações), com um total de 122 ocorrências, representando 50% do total. Em seguida, os danos a edificações (trincas, destelhamentos e quedas de muros), com 58 ocorrências e as quedas de árvores com 43 ocorrências. Em menor proporção, a Defesa Civil, em conjunto ao corpo de bombeiros, registrou 14 veículos que tiveram pane elétrica em áreas alagadas da cidade.

Ainda, de acordo com a CEMIG (2018), durante o evento, 320 áreas ficaram sem energia com um total de 120 cabos rompidos. Vale ressaltar que a maior parte destes impactos nos serviços de energia estão associados às quedas de árvores.

Gráfico 17: Uberlândia (MG) – Principais impactos deflagrados pelas ocorrências da Defesa Civil durante o evento pluviométrico do dia 29/05/2013



Fonte: DEFESA CIVIL (2018). Org: LEITE (2018)

Analisando o mapa 6, praticamente todos os setores da cidade foram afetados. No entanto, destacam-se as áreas de drenagem dos principais cursos urbanos de Uberlândia. Para este evento, os principais cursos afetados foram o córrego Taboca, onde se localiza a Av. Minervina Cândida de Oliveira e a BR-365, o córrego São Pedro, onde se localiza a Av. Rondon Pacheco e o Rio Uberabinha, em praticamente toda a sua extensão.

Os outros pontos demarcados como aguaceiros no mapa, foram fortes enxurradas, ocasionadas pela obstrução dos sistemas de captação, que provocaram alagamentos de vias e potencializaram o transbordamento dos cursos d'água, uma vez que a água precipitada e não escoada para as galerias nas vias transversais aumentou a velocidade e a quantidade do escoamento superficial para as vias principais (fundos de vale).

As áreas mais afetadas estão totalmente inseridas dentro de uma planície de inundação. Todos os cursos transbordaram, as avenidas ficaram interditadas, casas desabaram, árvores caíram e inúmeros veículos ficaram ilhados. Apesar da estação ter registrado rajadas máximas de 57 km/h, a Defesa Civil estima que os ventos atingiram valores de até 70 km/h, tendo em vista o grande número de quedas de árvores e destelhamentos.

Em relação aos danos às edificações, a Defesa Civil acusa a infraestrutura frágil das edificações, somada às fortes chuvas e rajadas de vento. Principalmente em bairros de habitações populares, a utilização de materiais de baixo custo, aliada a falta de estudos sobre os solos, potencializam as quedas de muros, trincas e infiltrações.

Os bairros mais afetados foram: Presidente Roosevelt (Setor Norte), Brasil (Setor Central), Osvaldo Rezende (Setor Central), Santa Mônica (Setor Leste), Daniel Fonseca (Setor Central), Martins (Setor Central), Bom Jesus (Setor Central), Jardim Brasília (Setor Norte), Dona Zulmira (Setor Oeste), Tibery (Setor Leste) e Maravilha (Setor Norte), respectivamente.

Mapa 5: Uberlândia (MG) – Mapa das ocorrências atendidas pela Defesa Civil durante o evento pluviométrico do dia 29/05/2013

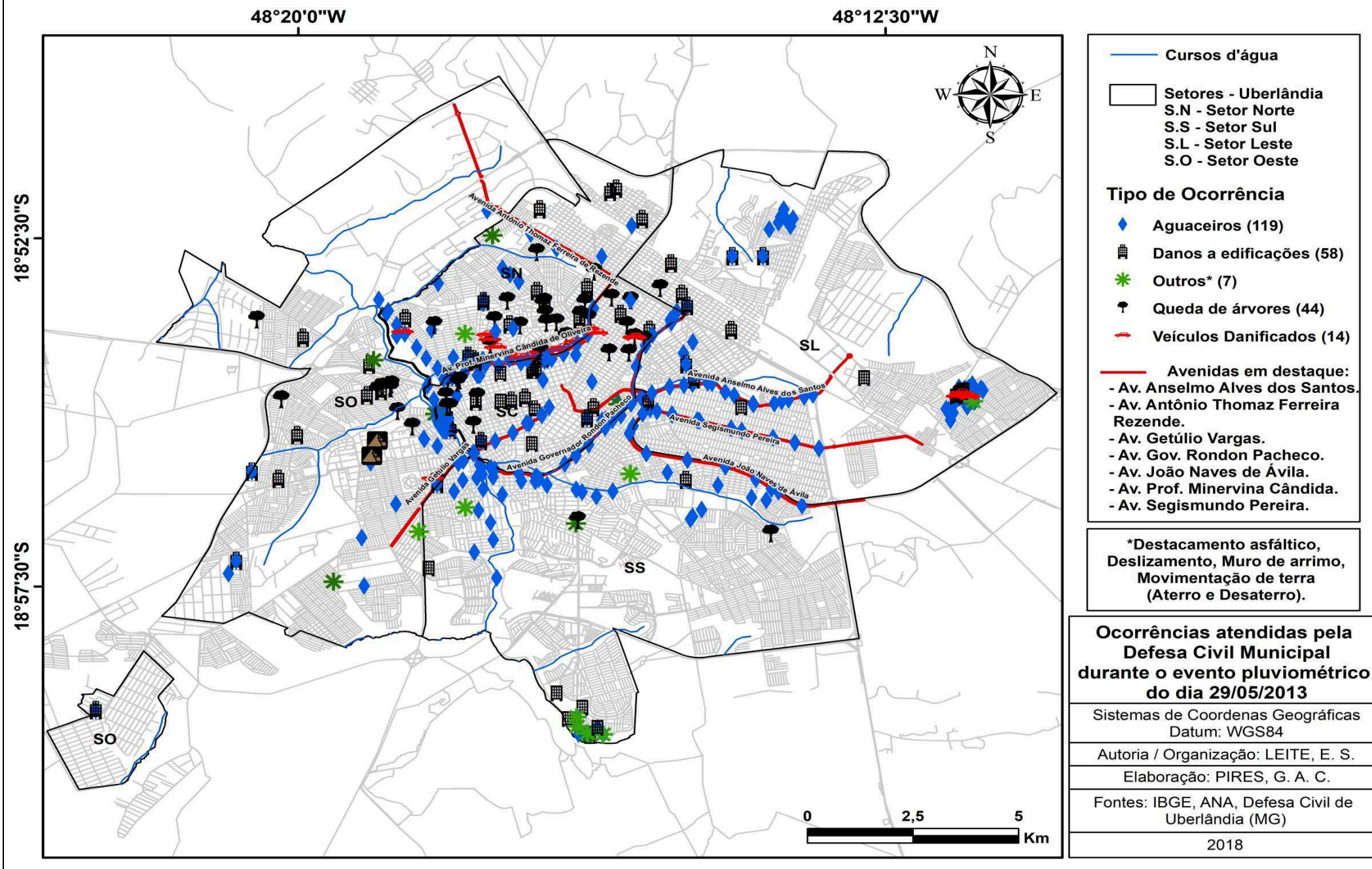


Tabela 6: Uberlândia (MG) – Bairros afetados durante o evento pluviométrico do dia 10/12/2012

Bairros Afetados	Nº de Ocorrências	Bairros Afetados	Nº de Ocorrências
Presidente Roosevelt	30	Cazeca	3
Brasil	17	Saraiva	3
Osvaldo Rezende	16	Jardim Célia	3
Santa Mônica	15	Mansour	3
Daniel Fonseca	14	Industrial	2
Martins	12	Altamira	2
Bom Jesus	10	Shopping Park	2
Jardim Brasília	10	Gramado	2
Dona Zulmira	9	Luizote	2
Tibery	8	Lídice	2
Maravilha	8	Copacabana	2
Custodio Pereira	7	Jaraguá	2
Tabajaras	6	Tocantins	2
Umuarama	6	Aclimação	2
Tubalina	5	Morada Nova	2
Marta Helena	5	Nossa Sr ^a das Graças	1
Cidade Jardim	5	Jardim das Palmeiras	1
Santa Rosa	4	Esperança	1
Centro	3	Jardim Patrícia	1
Minas Gerais	3	Jardim Holanda	1
Aparecida	3	Jardim Indaiá	1

Fonte: Defesa Civil (2018) Org. LEITE (2018)

O elevado número de impactos sobre o Setor Central pode ser explicado pelo elevado adensamento urbano e consequente impermeabilização do solo, que aumentou o escoamento superficial, prejudicando a drenagem das águas pluviais, além das obstruções por lixo, comum na região central que possui grande fluxo populacional.

Além dos impactos físico-materiais observados na infraestrutura urbana, o Corpo de Bombeiros e a Polícia Militar atenderam também a mais de 40 ocorrências de diferentes naturezas. A mais grave delas foi de uma jovem que foi arrastada por sete quarteirões na Avenida Rondon Pacheco, socorrida pelos bombeiros e encaminhada com hematomas e hipotermia para a Unidade de Atendimento Integrado (UAI) do Bairro Tibery. No dia não houve nenhuma vítima fatal, mas várias pessoas sofreram ferimentos.

De acordo com o Jornal G1 (2018), a população viveu momentos de tensão na tarde e

início da noite do dia 29/05/2013. O Jornal destacou as várias ruas e avenidas da cidade que ficaram alagadas e os acidentes relatados pela população.

Figura 19: Uberlândia (MG) – Repercussão da mídia acerca do evento pluviométrico do dia 29/05/2013



Fonte: JORNAL CORREIO E JORNAL G1 (2018). Org: LEITE (2018)

Além das fortes chuvas, ocorreu precipitação de granizo em diversos pontos da cidade, como relatado ao G1 (2018), pela professora Patrícia Silva, de 29 anos:

(...) de repente começou a chover novamente e a cair pedras enormes de granizo. Com o barulho do vento e das pedras, corri para a janela e foi quando avistei a Avenida Paulo Roberto Cunha alagada e com gente pedindo socorro. Foi assustador. Vi gente pedindo socorro e não podia fazer nada para socorrer a mulher que estava lá. Tinha um outro carro prensado também, um outro encoberto pela água. Desesperador, contou (Jornal G1, 2013).

Ainda, de acordo com o jornal, tetos e coberturas de algumas empresas desabaram, provocando inúmeros estragos, nos Bairros Roosevelt, Industrial e no Centro da cidade. Além disso, o Aeroporto da cidade ficou inoperante durante várias horas, provocando atraso e problemas na logística da cidade.

O Jornal Correio de Uberlândia (2018) destacou o grande volume das chuvas e os inúmeros pontos de alagamento, sobretudo do Rio Uberabinha, no Bairro Daniel Fonseca. De acordo com o Jornal:

A tempestade que caiu nesta quarta-feira (29) em Uberlândia foi a mais intensa do mês de maio em 30 anos de medição da Estação de Climatologia da Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Foram 123 mm durante todo o dia, mais de três vezes a média histórica do mês, que é de 37 mm. O Corpo de Bombeiros recebeu cerca de 100 chamados durante a tarde, quando a avenida Rondon Pacheco foi inundada e uma mulher de 21 anos foi arrastada pela enxurrada. Com a chuva, o Rio Uberabinha transbordou, parte do telhado de um hipermercado desabou e duas UAIs tiveram problemas com inundações e quedas de energia. Dezenas de carros e motos foram arrastados e destruídos em vários pontos da cidade (Jornal Correio de Uberlândia, 2013).

O prefeito de Uberlândia decretou estado de emergência e solicitou ajuda aos governos estaduais e federais para recuperação dos locais afetados. Como medida de apoio e auxílio social, a Defesa Civil do Município doou colchões, telhas e agasalhos, além de oferecer abrigos temporários para as populações mais afetadas.

5.5.3 Evento Pluviométrico do dia 22/11/2014.

Dentre a série utilizada para análise, o ano de 2014 foi o período onde se constatou o menor número de impactos pluviométricos em Uberlândia (MG), em decorrência dos baixos índices pluviométricos mensais, que caracterizaram 2014 como um dos anos mais secos da história de Uberlândia. No entanto, apesar da redução das chuvas na cidade, o mês de Novembro teve suas chuvas acima da média histórica e alguns eventos concentrados se destacaram, sobretudo o do dia 22/11/2014, que teve um total de 43 ocorrências atendidas pela Defesa Civil na cidade.

A análise sinótica demonstra que para o dia 22/11/2014 em Uberlândia (MG), as chuvas foram provocadas pela aproximação de um Sistema Frontal em confluência ao escoamento de umidade pelo Jato de Baixos Níveis (JBN), originário da região Amazônica.

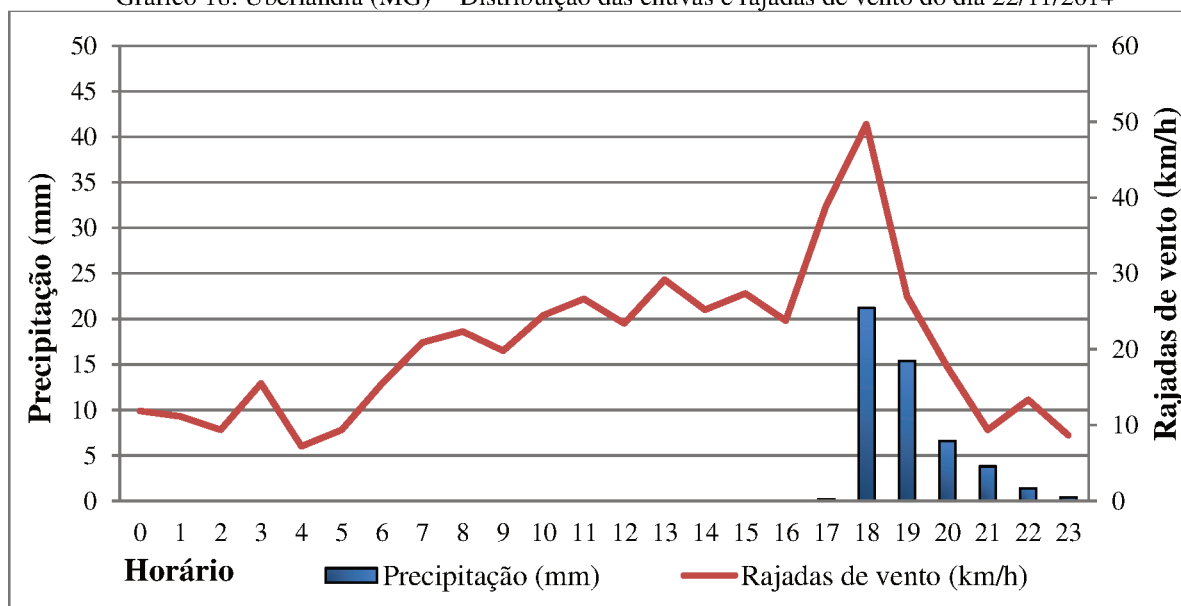
Analisando a imagem de satélite abaixo foi possível identificar um extenso corredor de nebulosidade e umidade, que nos dias posteriores veio a se configurar como uma Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), após a instalação do SF estacionário no Atlântico.

Dentro desta dinâmica, destaca-se a presença da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), sinalizada na parte superior da carta sinótica abaixo. A ZCIT alimenta a convergência de umidade em direção aos Andes, que redirecionam o escoamento em baixos níveis em direção ao centro-sul do país.

De acordo com o Boletim Climático do CPTEC (2018), no dia 22/11/2014 em MG, a previsão era de fortes pancadas de chuva, em decorrência da instabilidade provocada pela chegada de uma frente associada à convergência de umidade do JBN, e também pela presença da convergência de ventos úmidos do Leste, originários do ASAS, no Atlântico.

O total pluviométrico foi de 47,4 mm e as rajadas de vento atingiram o valor máximo de 50 km/h. Apesar da concentração de 36,4 mm em 2 horas, registrados pela estação meteorológica, acredita-se que em alguns setores da cidade, principalmente os que demandaram maior parte das intervenções da Defesa Civil, as chuvas e as rajadas de vento foram extremas.

Gráfico 18: Uberlândia (MG) - Distribuição das chuvas e rajadas de vento do dia 22/11/2014



Fonte: INMET (2018). Org: Leite (2018)

Figura 20: Comportamento Atmosférico do evento pluviométrico do dia 22/11/2014

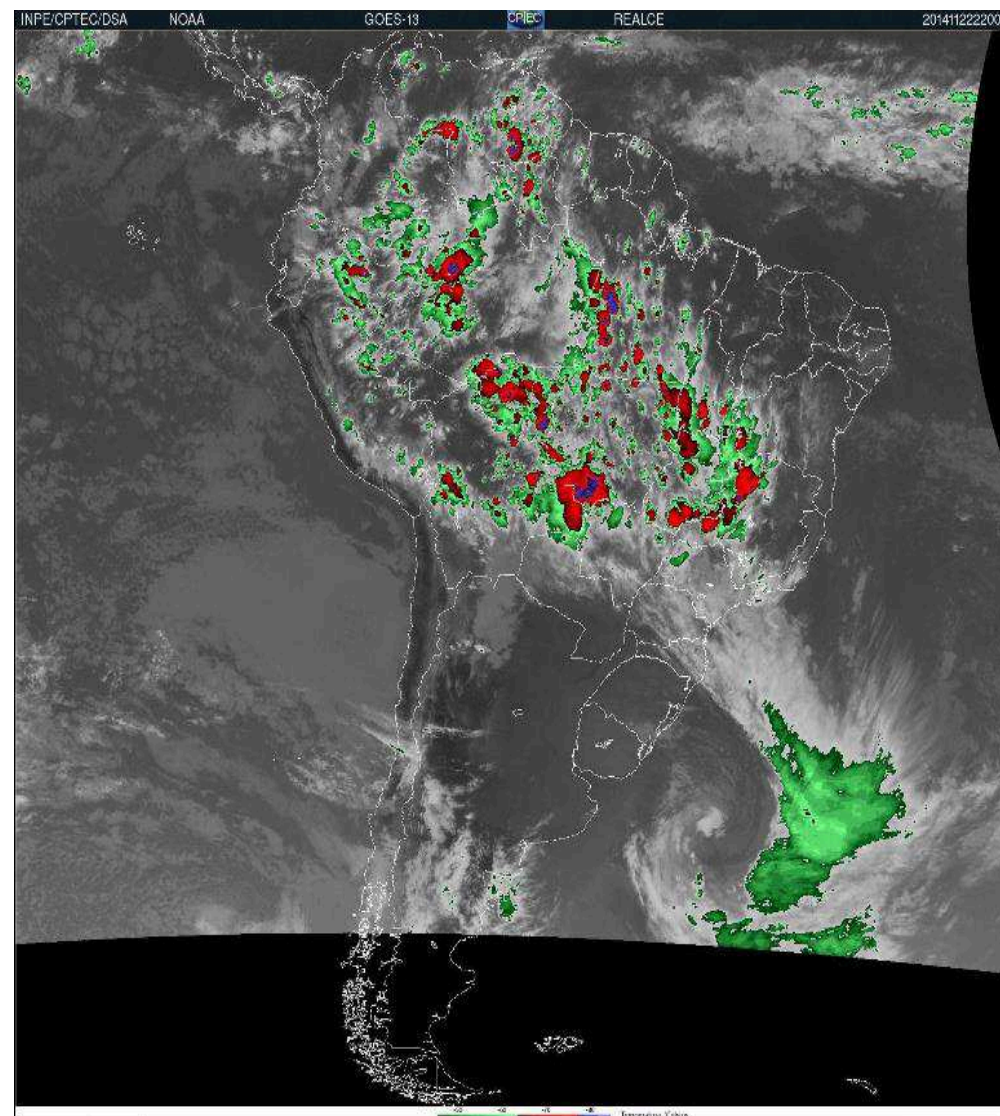


SF: Sistema Frontal

ZCIT: Zona de Convergência Intertropical.

ASAS: Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul

ASPS: Anticiclone Subtropical do Pacífico Sul



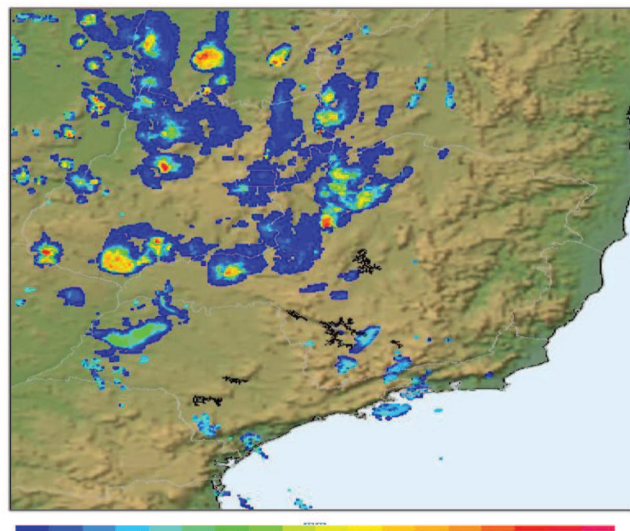
Fonte: CPTEC (2018)

Org: LEITE (2018)

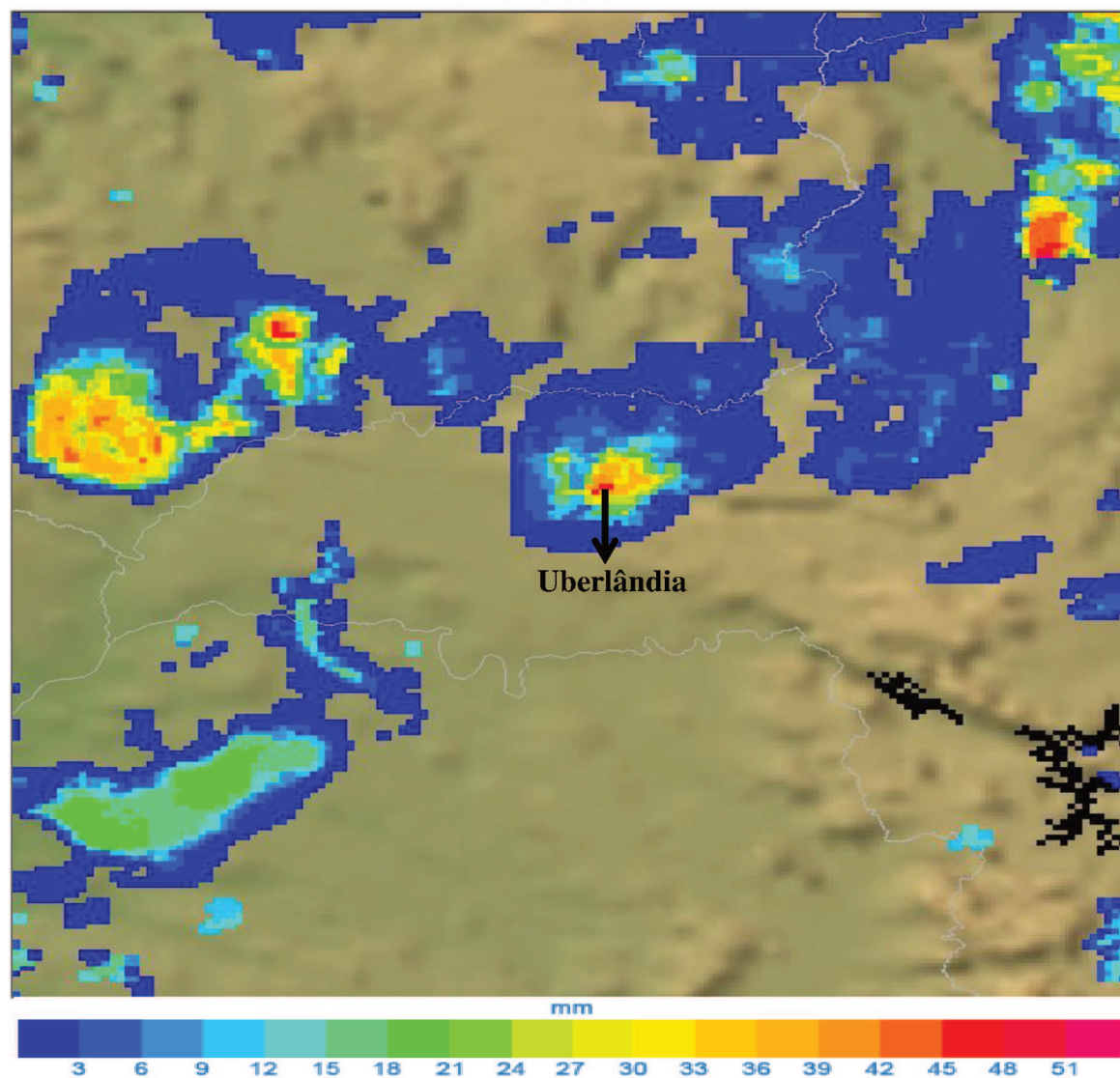
Precipitação estimada por satélite na América do Sul para o dia 22/11/2014 às 18h



Precipitação estimada por satélite na Região Sudeste para o dia 22/11/2014 às 18h



Precipitação estimada por satélite na Mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba para o dia 22/11/2014 às 18h



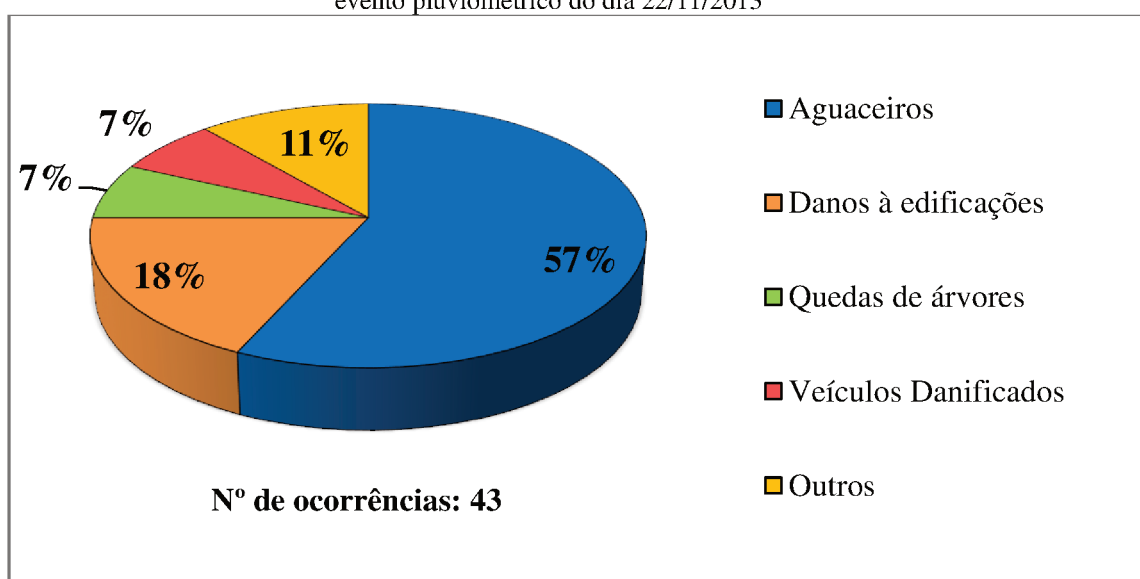
Imagens do Satélite Goes-13
Fonte: CPTEC (2018)
Org: LEITE (2018)

As imagens de precipitação estimada por satélite do Cartograma 2 demonstram a grande área de instabilidade que se formou sobre Uberlândia (MG). De acordo com o hidroestimador do CPTEC (2018), em alguns locais próximos da cidade havia a previsão máxima de até 50 mm/h às 18h.

A Defesa Civil do Município registrou um total de 43 ocorrências, sendo a maior parte relacionada aos aguaceiros (alagamentos e inundações), com um total de 25 ocorrências, representando 57% do total. Em seguida, os danos à edificações (trincas, destelhamentos e quedas de muros) com 8 ocorrências, 18% do total e as quedas de árvores e veículos danificados com 3, representando 7% das ocorrências.

Diferente dos outros eventos, os rios urbanos não transbordaram e não sofreram grandes impactos no dia 22/11/2014. A Defesa Civil relatou que grande parte dos aguaceiros registrados estiveram relacionados com a obstrução das bocas de lobo por lixo e entulho, que provocaram enxurradas, aumento no escoamento superficial e consequente alagamento de vias e inundação de residências e comércios. Os danos à edificações, em sua maioria, foram causados por infiltrações e trincas, devido as fortes chuvas e materiais de construção deficitários.

Gráfico 19: Uberlândia (MG) – Principais impactos deflagrados pelas ocorrências da Defesa Civil durante o evento pluviométrico do dia 22/11/2013



Fonte: DEFESA CIVIL (2018). Org: LEITE (2018)

De acordo com o mapa abaixo, a maioria das ocorrências se deram nos setores Sul, Norte e Leste, respectivamente. Vale ressaltar que, em contrapartida aos outros eventos analisados, que tiveram repercussão de impactos em vários bairros e os setores da cidade, no dia 22/11/2014 a Defesa Civil atendeu ocorrências em pontos isolados.

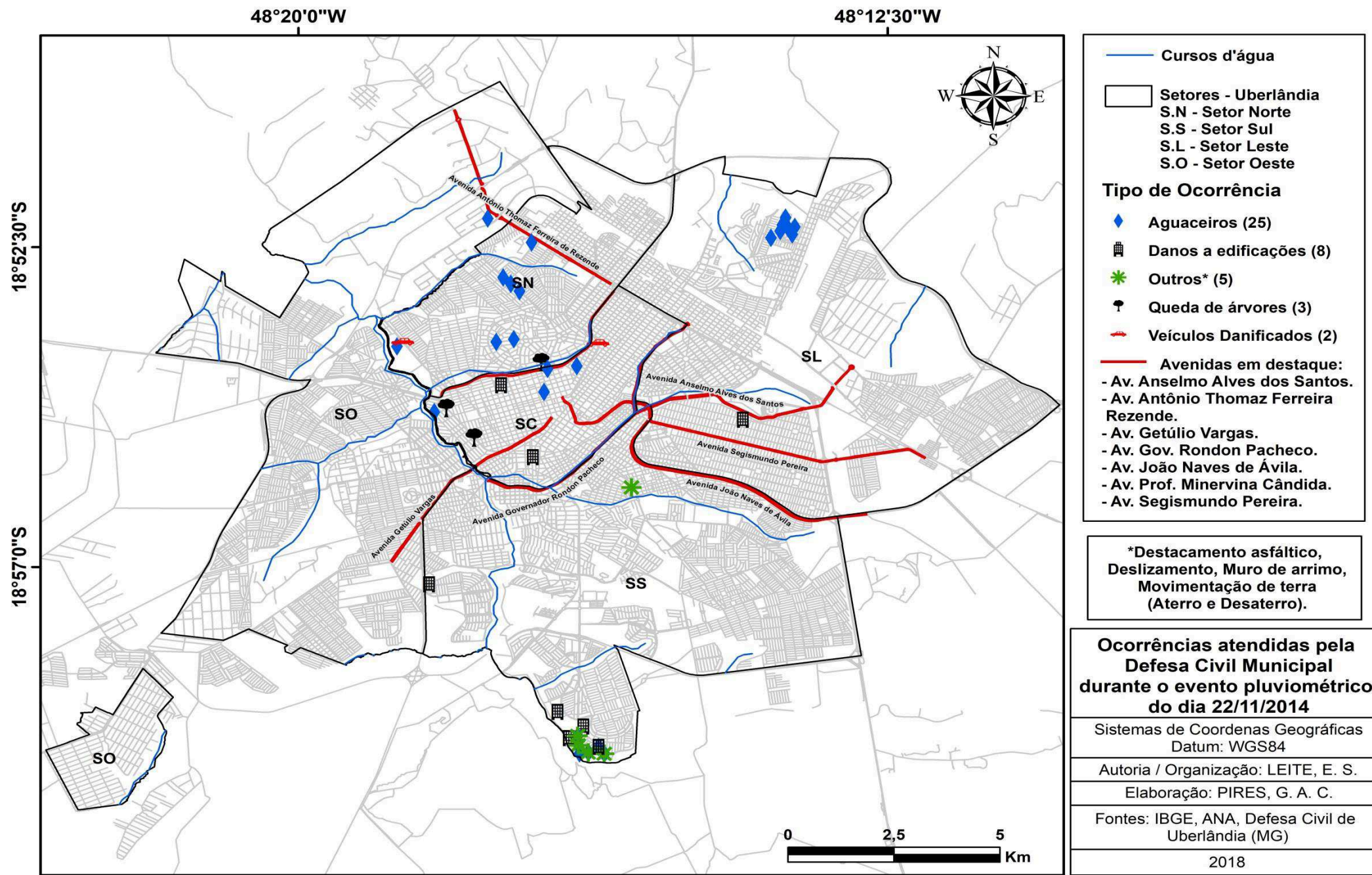
O Bairro Shopping Park (Setor Sul) foi o mais afetado, com um total de 14 ocorrências, relacionadas principalmente aos destelhamentos, trincas/infiltrações e quedas de muro. Recorrentemente o Bairro Shopping Park sofre com problemas relacionados às chuvas concentradas em Uberlândia. De acordo com a Defesa Civil, o bairro de moradias populares, do Programa Minha Casa Minha Vida, do Governo Federal, tem muitos problemas estruturais nas edificações, principalmente nos muros de arrimo, que desabam durante a passagem de eventos de maior intensidade.

Tabela 7: Uberlândia (MG) – Bairros afetados durante o evento pluviométrico do dia 22/11/2014

Bairros Afetados	Nº de ocorrências
Shopping Park	14
Jardim Califórnia	6
Daniel Fonseca	3
Presidente Roosevelt	3
Bom Jesus	3
Pacaembu	3
Martins	2
Centro	2
Jardim Brasília	2
Nossa Srª das Graças	1
Industrial	1
Santa Mônica	1
Cidade Jardim	1
Terra Nova	1

Fonte: DEFESA CIVIL (2018) Org. LEITE (2018)

Mapa 6: Uberlândia (MG) – Mapa das ocorrências atendidas pela Defesa Civil durante o evento pluviométrico do dia 22/11/2014



Não foram encontrados arquivos de notícias acerca desse evento em Uberlândia. No entanto, os jornais locais deram ênfase para o aumento das chuvas no mês de Novembro, depois de um longo período de estiagem. O Jornal Correio de Uberlândia (2014) destacou que as chuvas para o mês de Novembro superaram a média pluviométrica dos últimos 4 anos e que além de contribuírem para o abastecimento dos reservatórios locais (Figura 25), também trouxeram alguns transtornos para a cidade, principalmente relacionados aos alagamentos.

De acordo com o Jornal Correio de Uberlândia (2014, não paginado):

Após o período de estiagem atípico na região Sudeste e no Centro-Oeste do Brasil, as chuvas retornaram, neste mês, e já garantiram que o volume de precipitações para novembro fosse 10% superior aos 200 mm catalogados em média desde a década de 80, quando começou a ser feita a medição do nível pluviométrico. O volume superou em até 300% os registros dos últimos quatro anos, neste mesmo período em Uberlândia e região.

Figura 21: Uberlândia (MG) – Repercussão da mídia em relação ao aumento das chuvas no mês de Novembro de 2014.



Fonte: JORNAL CORREIO DE UBERLÂNDIA (2014) Org. LEITE (2014)

5.5.4 Evento Pluviométrico do dia 03/01/2015.

O comportamento atmosférico do evento do dia 03/01/2015 em Uberlândia está associado a dinâmica de um Sistema Frontal Estacionário, localizado ao Norte da Argentina e Sul do Brasil (FIGURA 27).

As chuvas se concentraram em maior parte nos estados do RS, SC, PR e Sul de São Paulo. No entanto, pela proximidade, este sistema reforçou a formação de tempos instáveis e consequentes pancadas de chuvas que já estavam ocorrendo em Minas Gerais, principalmente na Mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba. De acordo com o Boletim Técnico (CPTEC, 2015), “em partes do Sudeste a proximidade do sistema reforçou as pancadas de chuva que estavam ocorrendo, devido à termodinâmica e difluência em altitude”.

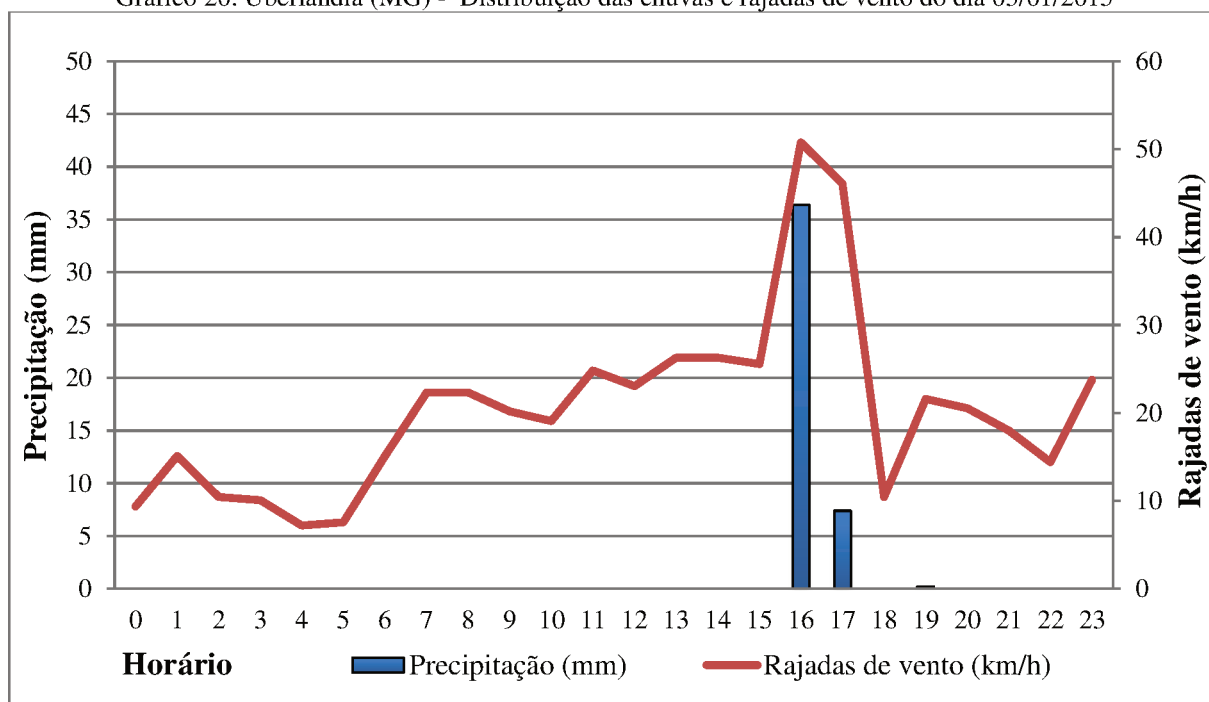
Somado à atuação dessa frente no Sul do país, é possível observar também uma área anticiclônica a leste de São Paulo que favoreceu o escoamento de umidade entre a faixa que vai do Centro-Oeste até o litoral do Sudeste. Na imagem de Satélite abaixo foi possível identificar esse corredor que atua sobre as regiões Centro-Oeste e Sudeste, onde se observa nuvens de chuva.

A atuação do ASAS, centrado a oeste de 30°W na carta sinótica, favoreceu o escoamento de ventos úmidos do Nordeste sobre boa parte da Região Norte do Brasil. Seguindo o caminho para Noroeste, o escoamento perdeu força e mudou de direção devido a presença dos Andes. De acordo com o CPTEC (2018), esta dinâmica reflete a atuação do JBN, que direciona ventos úmidos da região amazônica para o Brasil Central, até o Atlântico.

Assim, a formação da instabilidade atmosférica para o dia 03/01/2015 está relacionada à atuação do ASAS e do JBN, junto à difluência em altitude e o Sistema Frontal, de caráter estacionário, mas que seguiu avançando em direção ao Atlântico, caracterizando uma dinâmica de pré-formação de ZCAS, que se confirmou dias seguintes. (CPTEC, 2018)

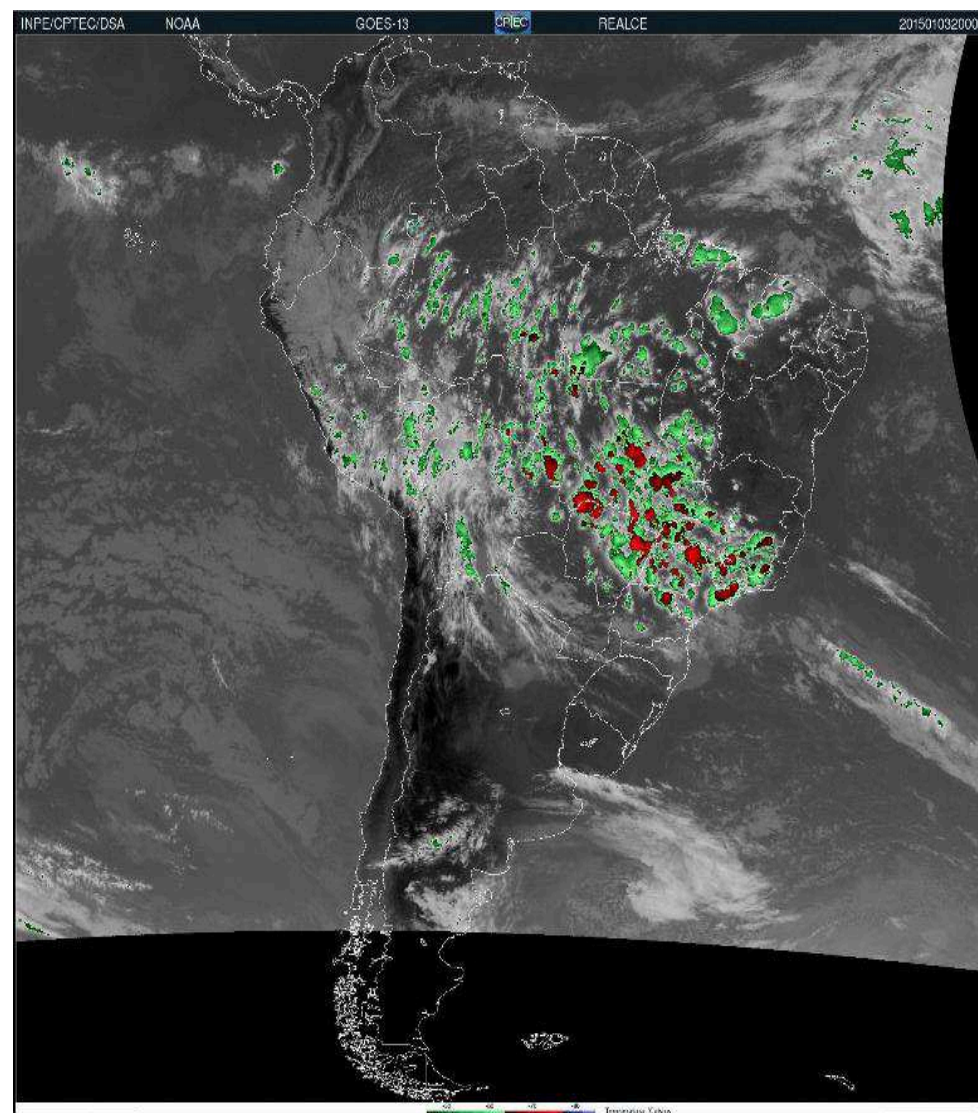
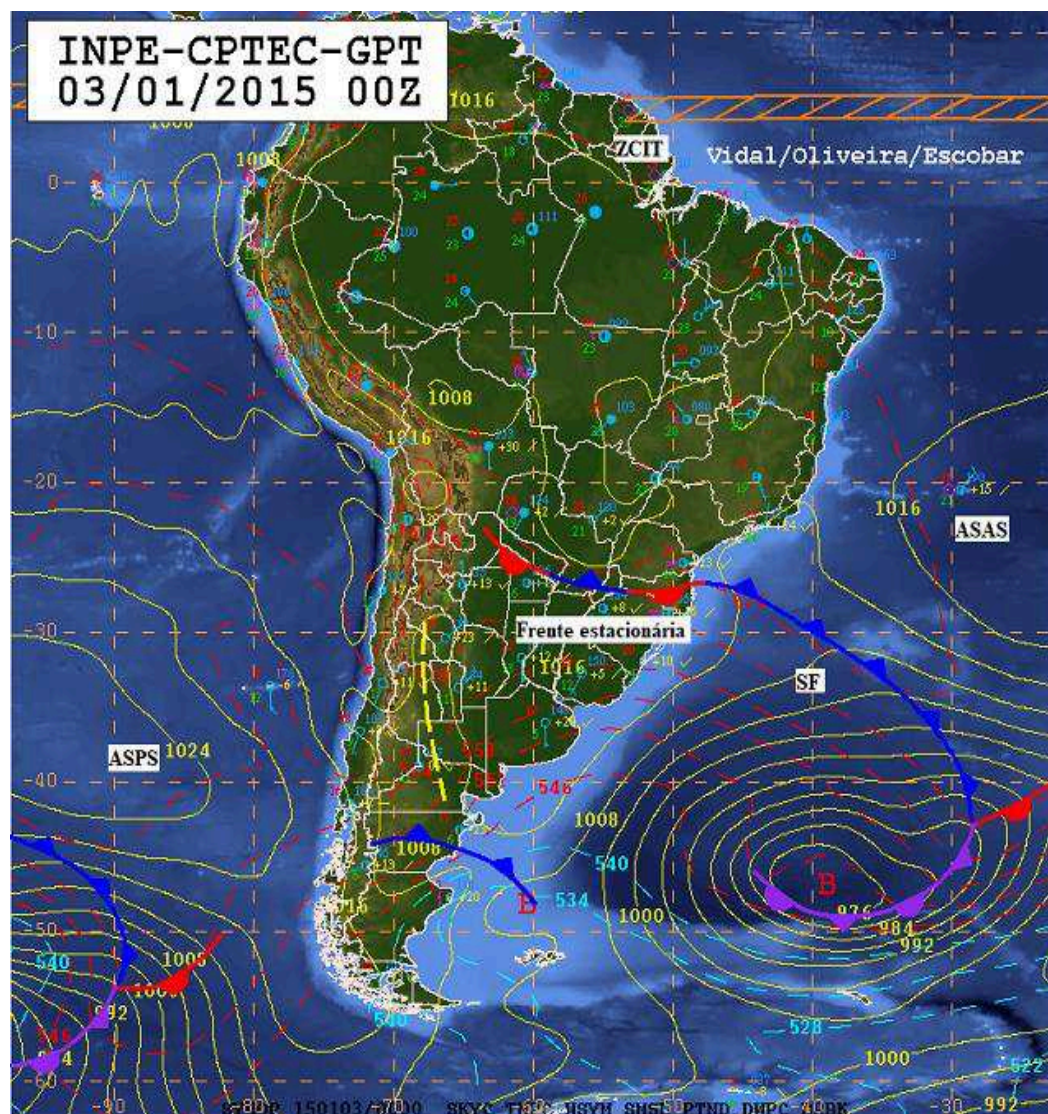
O total pluviométrico para o evento foi de 44 mm, sendo 36,4 mm concentrados em apenas uma hora, às 16h da tarde, fato que potencializou grande parte dos problemas deflagrados pelas ocorrências da Defesa Civil. Em relação às rajadas de vento, a máxima registrada alcançou os 51 km/h, embora a Defesa Civil relate nas ocorrências a possibilidade de rajadas de até 60 km/h em alguns setores da cidade.

Gráfico 20: Uberlândia (MG) - Distribuição das chuvas e rajadas de vento do dia 03/01/2015



Fonte: INMET (2018). Org: Leite (2018)

Figura 22: Comportamento Atmosférico do evento pluviométrico do dia 03/01/2015



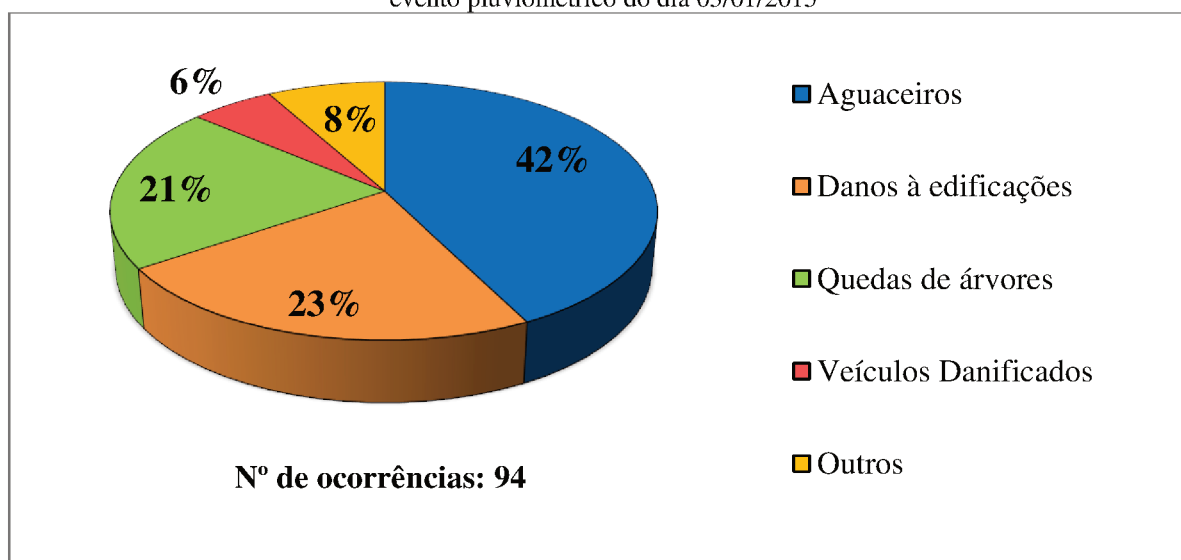
SF: Sistema Frontal
 ZCIT: Zona de Convergência Intertropical.
 ASAS: Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul
 ASPS: Anticiclone Subtropical do Pacífico Sul

Fonte: CPTEC (2018)
Org: LEITE (2018)

De acordo com as imagens de precipitação estimada por satélite (Cartograma 3), havia a possibilidade de precipitação de até 35 mm às 16h, valor bem próximo da chuva registrada pela estação meteorológica. Ainda, destacam-se a grande área de instabilidade meteorológica sobre o município de Uberlândia (MG) e os corredores de umidade, que têm origem no Norte da América do Sul, passam pela região Oeste, próximo aos Andes e se deslocam para o Atlântico, atuando no Centro-Oeste e Sudeste do Brasil.

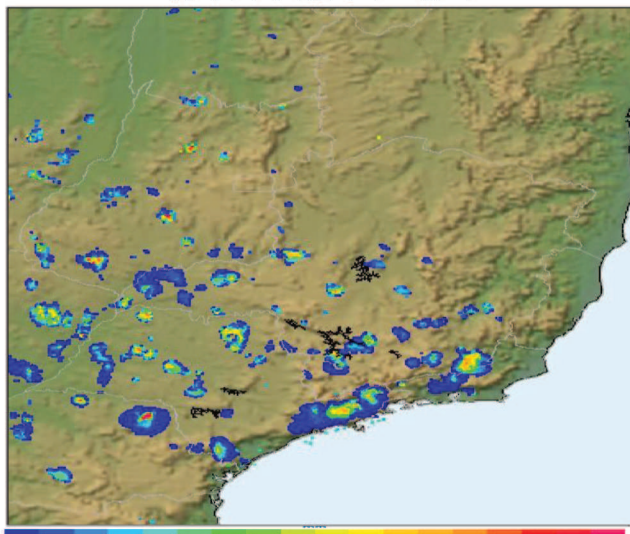
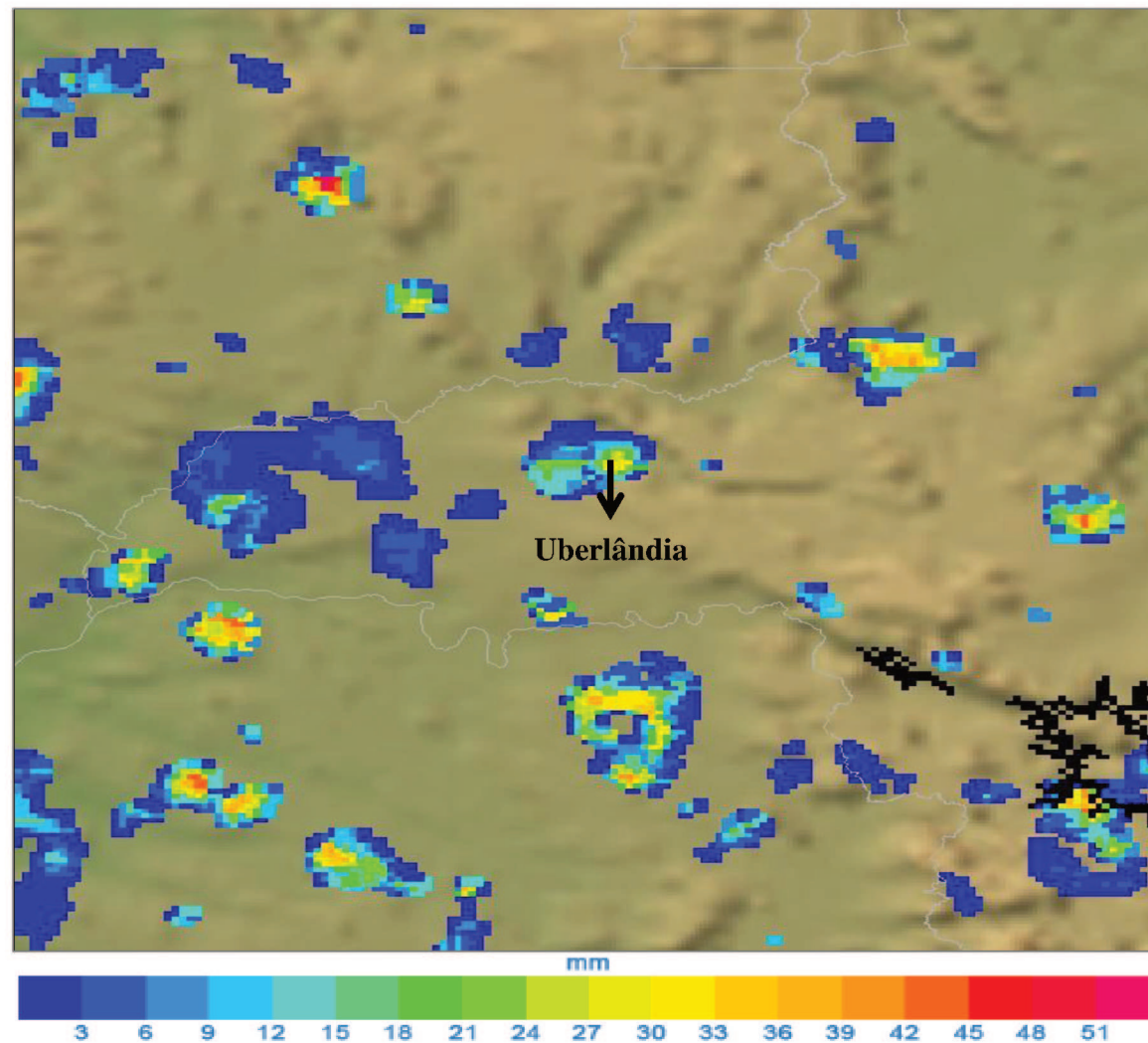
Sobre os impactos, a Defesa Civil do Município registrou um total de 94 ocorrências, sendo a maior parte relacionada aos aguaceiros (alagamentos e inundações), com um total de 37 ocorrências, representando 42% do total. Em seguida, os danos às edificações (trincas, destelhamentos e quedas de muros) com 20 ocorrências e as quedas de árvores com 18 ocorrências.

Gráfico 21: Uberlândia (MG) – Principais impactos deflagrados pelas ocorrências da Defesa Civil durante o evento pluviométrico do dia 03/01/2015



Fonte: DEFESA CIVIL (2018). Org: LEITE (2018)

Mais da metade das ocorrências relacionadas aos aguaceiros foram registradas próximas as áreas de inundação do Rio Uberabinha e dos córregos São Pedro, Taboca, Jataí e Liso.

Cartograma 3: Precipitação estimada por satélite na Mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba do dia 03/01/2015 às 16h**Precipitação estimada por satélite na América do Sul para o dia 03/01/2015 às 16h****Precipitação estimada por satélite na Região Sudeste para o dia 03/01/2015 às 16h****Precipitação estimada por satélite na Mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba para o dia 03/01/2015 às 16h**

Imagens do Satélite Goes-13

Fonte: CPTEC (2018)

Org: LEITE (2018)

O restante das ocorrências referentes aos aguaceiros, de acordo com a Defesa Civil, foi ocasionado pela obstrução dos sistemas de captação de água pluvial, que produziram fortes enxurradas e consequentes pontos de alagamento. Segundo estimativas da Defesa Civil e dos Bombeiros, as rajadas de vento atingiram velocidades máximas de até 60 km/h em alguns setores da cidade, causando quedas de árvores, desabamentos de estruturas, quedas de muro e destelhamento de residências.

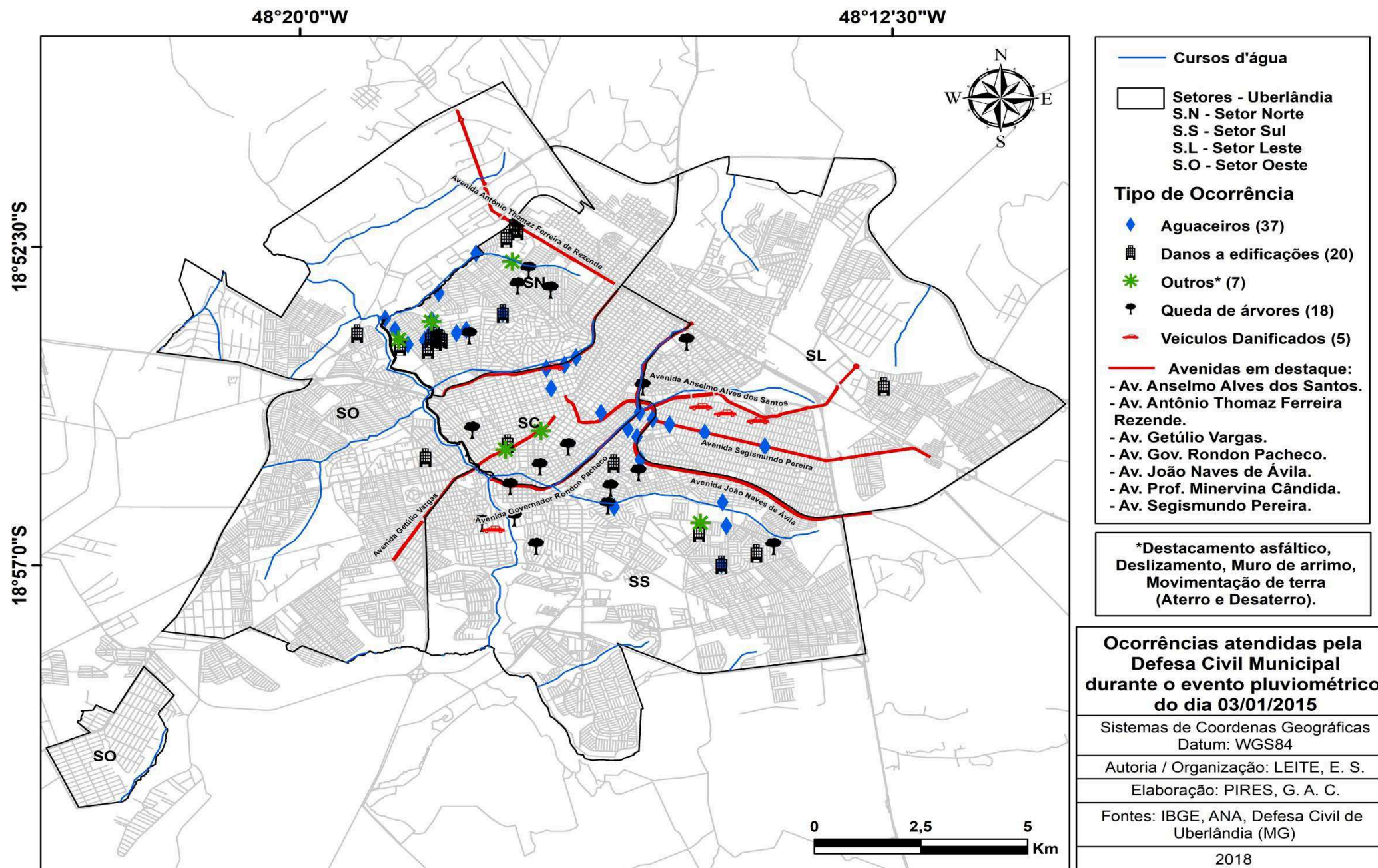
Os bairros mais afetados foram Jardim Brasília (Setor Norte), Santa Mônica (Setor Leste), Gramado (Setor Norte) e Martins (Setor Central), respectivamente.

Tabela 8: Uberlândia (MG) – Bairros afetados durante o evento pluviométrico do dia 03/01/2015

Bairros Afetados	Nº de Ocorrências	Bairros Afetados	Nº de Ocorrências
Jardim Brasília	28	Morada da Colina	2
Santa Mônica	8	Rezende Junqueira	2
Gramado	6	Centro	2
Martins	5	Buritis	1
Cidade Jardim	4	Cazeca	1
Tibery	4	Vigilato Pereira	1
Pampulha	3	Santa Maria	1
Presidente Roosevelt	3	Osvaldo Rezende	1
Saraiva	3	Joana Dark	1
Jardim América	3	Fundinho	1
Granada	2	Lagoinha	1
Santa Luzia	2	Copacabana	1
Jardim Inconfidência	2	Taiamã	1
Maravilha	2	Jaraguá	1
Santa Rosa	2	Jardim Botânico	1

Fonte: DEFESA CIVIL (2018) Org. LEITE (2018)

Analisando a espacialização das ocorrências no mapa abaixo e o elevado número de ocorrências registradas nos bairros do setor norte da cidade, como o Bairro Jardim Brasília, que obteve o maior número de impactos registrados pela Defesa Civil, conclui-se que as chuvas e as rajadas de vento foram de maior intensidade neste setor da cidade, tendo como referência os dados registrados pela estação meteorológica da Universidade (Setor Leste).



Neste evento, a população do Bairro Jardim Brasília sofreu com inúmeros pontos de alagamento de vias e inundação de residências nas áreas próximas ao Córrego Liso e ao Rio Uberabinha, quedas de muro, destelhamento de residências, dentre outros danos a edificações.

Além disso, como de costume, as Avenidas Minervina Cândida de Oliveira, Rondon Pacheco, Anselmo Alves dos Santos, Segismundo Pereira, Getúlio Vargas e Antônio Thomaz Ferreira de Rezende registraram alagamento (MAPA 8).

De acordo com a CEMIG (2015), aliado ao grande número de quedas de árvores, vários postes caíram e inúmeros cabos foram rompidos em todos os setores da cidade, deixando momentaneamente vários bairros sem energia.

Figura 23: Uberlândia (MG) – Quedas de árvores e impactos na rede de distribuição de energia.



Fonte: JORNAL G1 (2015) Org. LEITE (2018)

As mídias locais destacaram o elevado número de quedas de árvores e de pontos de alagamento na cidade. O Jornal G1 (2015, não paginado), destacou que “a Defesa Civil do Município recebeu vários chamados por inundações em residências nos bairros Jardim Brasília e Maravilha”. Além disso, o G1 ressaltou a destruição do asfalto em vários setores,

principalmente nos bairros Jardim América, Jardim Brasília, Centro e Oswaldo Resende, onde a placa asfáltica foi rompida, dificultando o tráfego de veículos.

Figura 24: Uberlândia (MG) – Repercussão da mídia em relação ao evento pluviométrico do dia 03/01/2015.



Fonte: JORNAL CORREIO DE UBERLÂNDIA (2015) e JORNAL G1 (2015) Org. LEITE (2014)

O Jornal Correio de Uberlândia tratou o evento como um grande temporal, que atingiu dezenas de bairros em diversos pontos de Uberlândia na tarde do dia 03/01/2015. De acordo com o Jornal, o Setor Norte da cidade foi o mais atingido por inundações de casas e alagamento de vias. Um fato curioso foi relatado ao jornal, onde vários motoristas estacionaram carros e motos embaixo de um viaduto, na Avenida Nicodemos Alves dos Santos para se proteger da chuva de granizo, que também marcou a passagem do evento do dia 03/01/2015.

5.5.5 Evento Pluviométrico do dia 12/03/2016.

A instabilidade atmosférica causadora das chuvas do dia 12/03/2016 em Uberlândia esteve relacionada à dinâmica de um episódio de ZCOU, que atuou durante dois dias em toda a região Centro-Sul do Brasil.

A ZCOU estabelece uma dinâmica de pré-formação de ZCAS, definida após 4 dias de sua atuação. Neste episódio a Zona de Convergência durou apenas 2 dias, como observou-se nas cartas sinóticas.

Na carta sinótica abaixo, observa-se uma grande área de baixa pressão no Planalto Central, com valor pontual de 1012 hpa, que possibilitou a convergência de umidade da região amazônica até o Atlântico. Associado à umidade do SEc, uma frente estacionária atuava no litoral do Sudeste, provocando instabilidade e consequentes chuvas para toda a região.

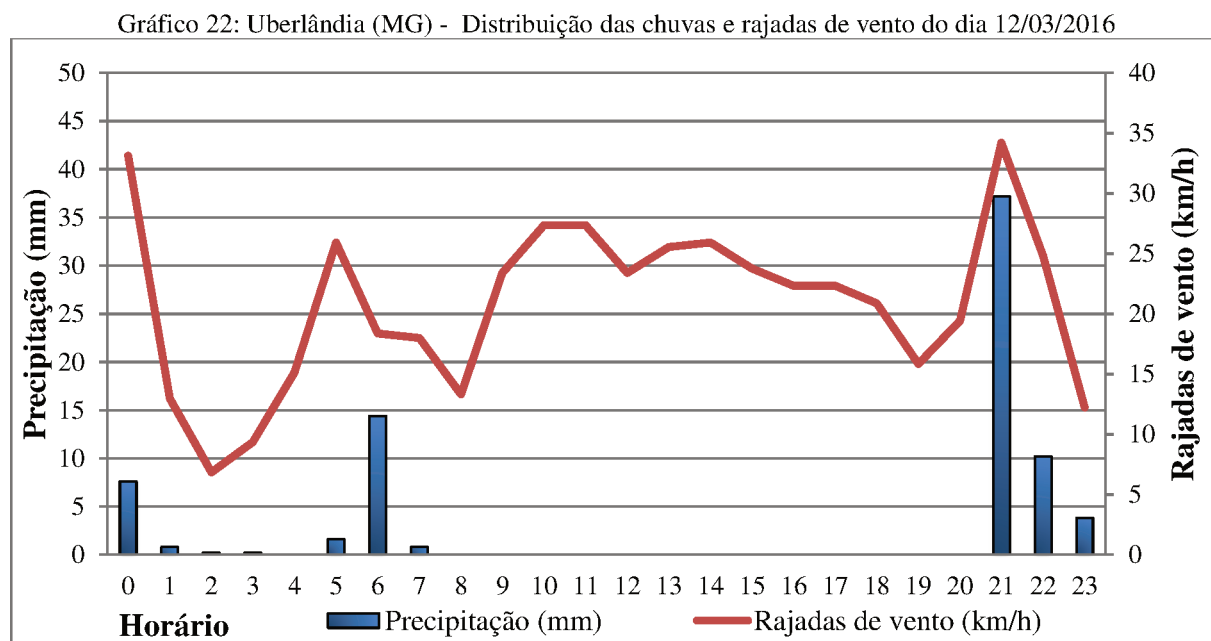
O ASAS, localizado com valor pontual em 1002 hpa, atuava próximo ao litoral brasileiro, alimentando a ZCOU com umidade e também favorecendo o escoamento de ventos úmidos do Nordeste sobre boa parte da Região Norte do Brasil. Dentro desta dinâmica, ressalta-se a atuação da ZCIT no Norte da América do Sul, escoando ventos úmidos para a região Norte do país. O escoamento da ZCIT seguiu caminho para Noroeste, perdendo força e posteriormente mudando de direção devido à presença dos Andes e atuação do JBN.

O total pluviométrico diário registrado pela estação meteorológica da Universidade foi de 76,8 mm, com destaque para a chuva das 21 horas, onde foram registrados um total de 37,2 mm e a maioria das ocorrências da Defesa Civil. As rajadas de ventos não demonstraram valores extremos, com máxima de 34 km/h. Este dado é corroborado pelas poucas ocorrências de quedas de árvores, quedas de muro e destelhamento de residências.

O pico pluviométrico observado no gráfico abaixo é uma das principais características de episódios de ZCOU e ZCAS, com suas chuvas de verão ao final da tarde e início da noite.

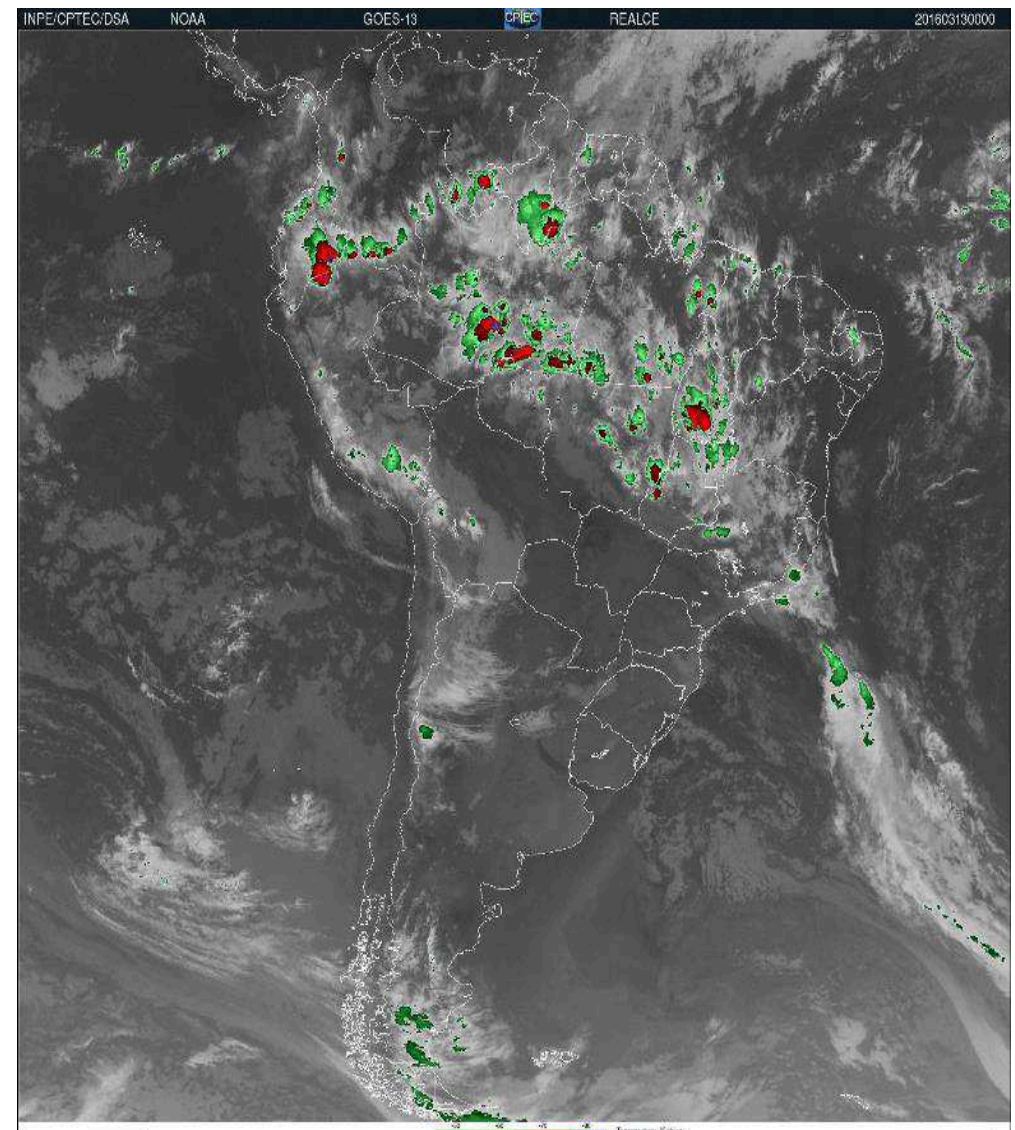
A dinâmica da ZCAS, a princípio dá origem às nuvens cumulus, que gradativamente continuam a se desenvolver verticalmente devido à movimentação convectiva, transformando-se em nuvens cumulus nimbus ao final da tarde, causando temporais localizados.

Os impactos se distribuíram em 4 setores da cidade, no entanto 65% deles se concentraram no bairro Morumbi, setor Leste da cidade. De acordo com relatos da Defesa Civil, no final da tarde e início da noite, foi possível observar a formação de uma grande nuvem de tempestade sobre o setor leste da cidade, que possivelmente causou uma precipitação acima do registrado pela estação meteorológica.



Fonte: INMET (2018). Org: Leite (2018)

De acordo com as imagens de precipitação estimada por satélite, foi possível observar o grande corredor de umidade por quase todo o Brasil Central. Na imagem em destaque há uma pequena área de instabilidade atmosférica no Triângulo Mineiro, localizada sobre a cidade de Uberlândia. De acordo com o hidroestimador, havia a possibilidade de precipitação de até 36 mm às 21h na cidade, valor próximo ao dado registrado posteriormente pela estação.



ASPS: Anticiclone Subtropical do Pacífico Sul

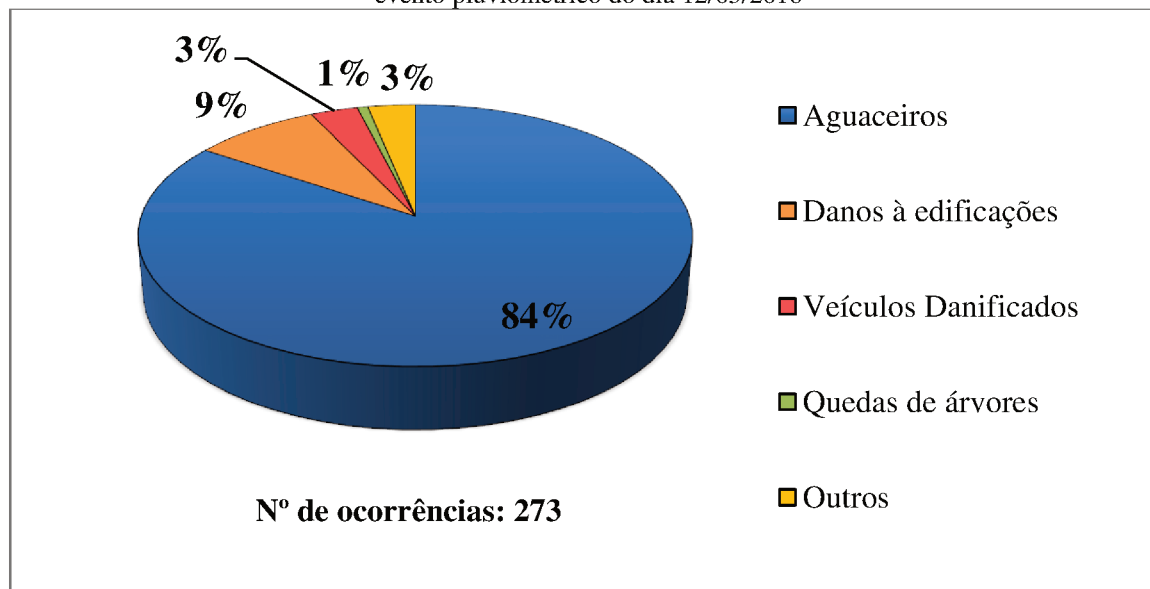
Org: LEITE (2018)

A Defesa Civil do Município atendeu a um total de 273 ocorrências, 194 apenas no Bairro Morumbi. Quase 85% dos impactos estiveram relacionados aos aguaceiros (alagamentos e inundações), com um total de 238 ocorrências, seguida pelos danos a edificações, representando 9% dos impactos, com um total de 24 ocorrências.

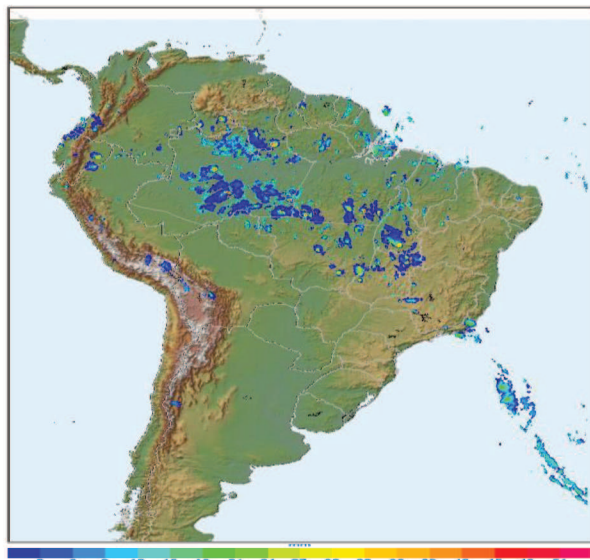
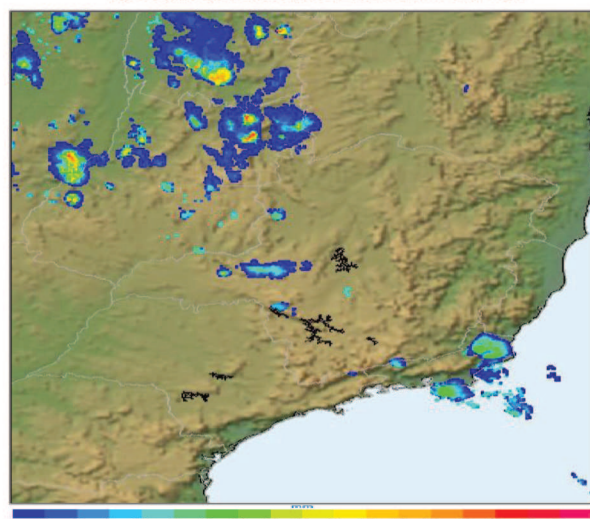
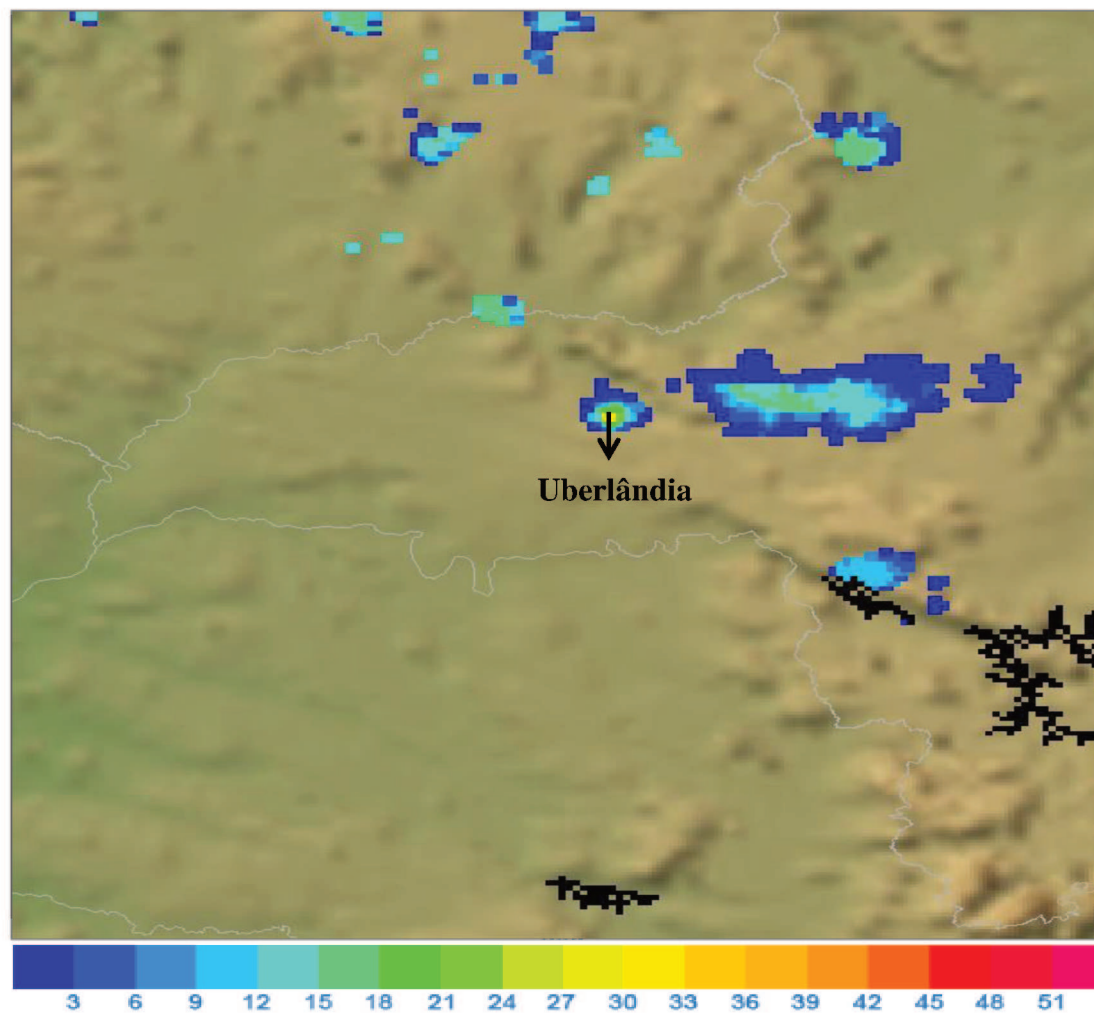
Neste evento, a maior parte dos alagamentos de vias e inundação de residências foram causados pela obstrução das bocas de lobo por lixo e entulho e pela ineficiência dos sistemas de drenagem, sobretudo no bairro Morumbi. Os outros casos foram causados principalmente pelo transbordamento dos cursos Rio Uberabinha, Córrego São Pedro e Córrego Jataí.

Os danos a edificações em sua maioria foram identificados pela Defesa Civil como trincas e infiltrações, ocasionados pelas fortes chuvas. A maior parte dos veículos danificados foram localizados nas ruas alagadas do Bairro Morumbi e registrou-se apenas duas quedas de árvores em todo o perímetro urbano, em função das fracas rajadas de vento.

Gráfico 23: Uberlândia (MG) – Principais impactos deflagrados pelas ocorrências da Defesa Civil durante o evento pluviométrico do dia 12/03/2016



Fonte: DEFESA CIVIL (2018). Org: LEITE (2018)

Cartograma 4: Precipitação estimada por satélite na Mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba do dia 12/03/2016 às 21h**Precipitação estimada por satélite na América do Sul para o dia 12/03/2016 às 21h****Precipitação estimada por satélite na Região Sudeste para o dia 12/03/2016 às 21h****Precipitação estimada por satélite na Mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba para o dia 12/03/2016 às 21h**

Imagens do Satélite Goes-13

Fonte: CPTEC (2018)

Org: LEITE (2018)

Analisando o mapa 9 e a tabela 6, percebe-se grande concentração dos impactos no setor leste da cidade, com destaque para os bairros Morumbi e Santa Mônica. Como apontado em outros estudos sobre os impactos das chuvas em Uberlândia (SILVA 2012, MENDES 2001), o bairro Morumbi é historicamente afetado pelas chuvas concentradas desde o seu planejamento na década de 1980.

O Bairro Morumbi está em uma área de divisa de águas, bastante aplainada e apresenta inúmeros problemas estruturais relacionados à vazão das águas pluviais devido a infraestrutura ineficaz. A baixa declividade da área somada aos problemas na rede de drenagem constitui um quadro ideal para alagamentos e inundações no bairro.

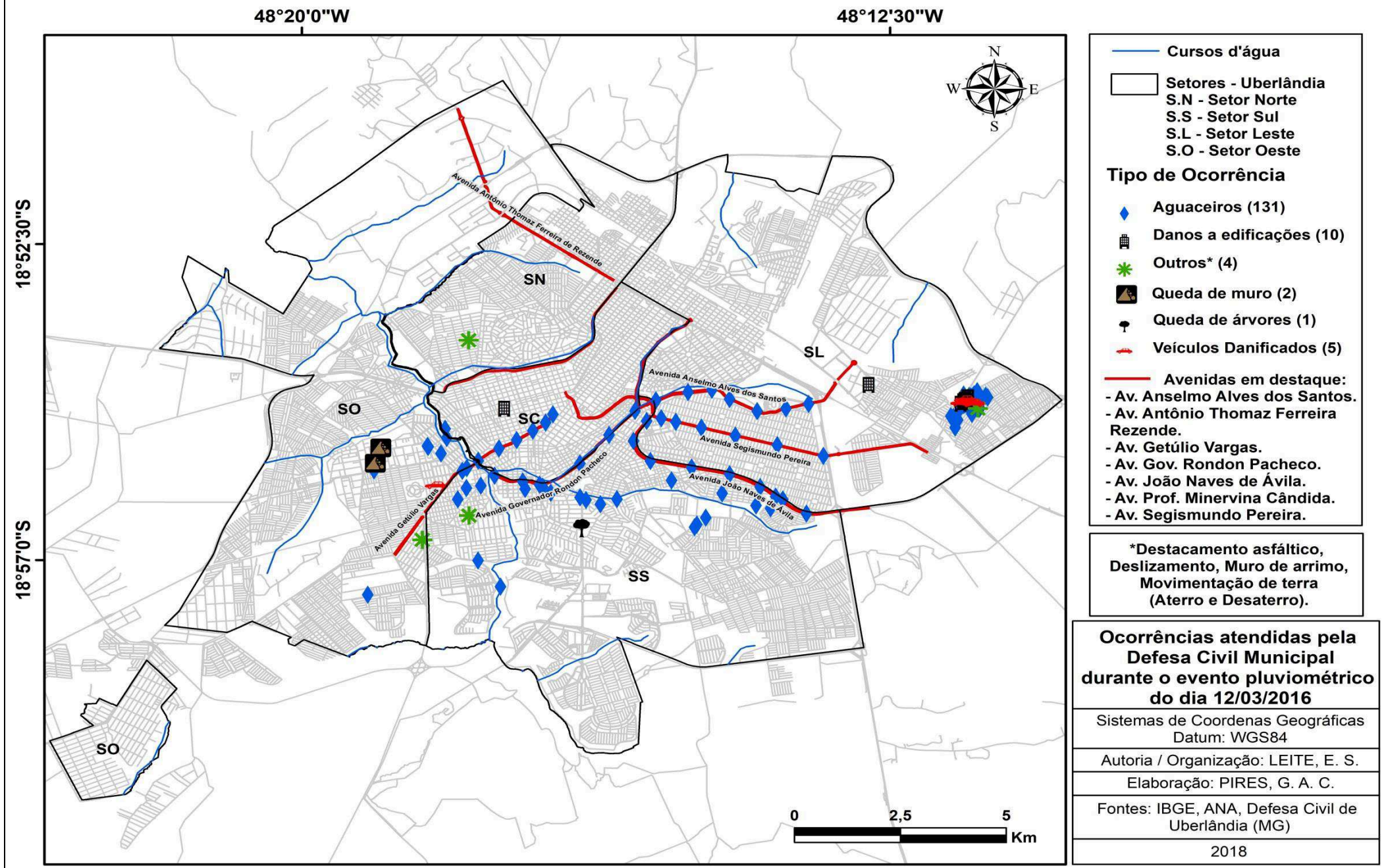
Apesar da Prefeitura recorrentemente realizar obras no local e intervenção para a limpeza das ruas e das bocas de lobo, anualmente é noticiado e registrado pela Defesa Civil alagamentos e inundações de residências no bairro. No evento do dia 12/03/2016, de acordo com a Defesa Civil, 250 famílias tiveram suas casas invadidas pela água.

Figura 26: Uberlândia – MG. Foto mostrando inundação em residência no Bairro Morumbi.



Fonte: JORNAL G1 (2016)

Mapa 8: Uberlândia (MG) – Mapa das ocorrências atendidas pela Defesa Civil durante o evento pluviométrico do dia 12/03/2016



As Avenidas, Getúlio Vargas, Rondon Pacheco, Anselmo Alves dos Santos, Segismundo Pereira e João Naves de Ávila registraram 42 pontos críticos de alagamento de suas vias e consequentes danos a veículos (pane elétrica), não registrados pela Defesa Civil, mas citados pelas notícias dos jornais locais.

Tabela 9: Uberlândia (MG) – Bairros afetados durante o evento pluviométrico do dia 12/03/2016

Bairros Afetados	Nº de ocorrências	Bairros Afetados	Nº de ocorrências
Morumbi	194	Jardim Inconfidência	2
Santa Mônica	16	Santa Maria	2
Tubalina	9	Pampulha	2
Centro	7	Vigilato Pereira	2
Morada da Colina	6	Tibery	2
Jaraguá	4	Segismundo Pereira	1
Santa Luzia	4	Granada	1
Cidade Jardim	4	Copacabana	1
Gravatas	3	Tabajaras	1
Karafa	3	Martins	1
Daniel Fonseca	3	Dom Almir	1
Jardim Holanda	2	Jardim Brasília	1

Fonte: DEFESA CIVIL (2018) Org. LEITE (2018)

Sobre a repercussão dos jornais locais, o Jornal G1 destacou que em apenas 2 horas, choveu mais de 50 mm na cidade, deixando vários bairros alagados na noite do dia 12/03/2016. Segundo noticiado, o bairro mais atingido foi o Morumbi que já amanheceu sobre reparos por diversas secretarias da Prefeitura de Uberlândia.

Na noite do dia 12, algumas Unidades de Atendimento Integrado (UAI) também sofreram com as chuvas, sobretudo a do Bairro Martins, que chegou a ficar inundada, tendo o atendimento interrompido e restabelecido em pouco tempo.

Ainda, de acordo com o Jornal, logo após o início das fortes chuvas, a Defesa Civil emitiu alerta amarelo para a cidade e orientou que a população evitasse regiões com risco de alagamento, como a Avenida Rondon Pacheco. “Segundo balanço da Defesa Civil, os maiores transtornos foram de fato na região Leste de Uberlândia, mas também em algumas vias de acesso à Avenida Rondon Pacheco” (JORNAL G1, 2016, não paginado).

Outra notícia do Jornal G1 (2018) teve como destaque a abertura de uma cratera no Bairro Cidade Jardim, setor Oeste de Uberlândia. A erosão tomou metade da Rua dos Jasmins e logo foi sinalizada pelo Departamento Municipal de Água e Esgoto (DMAE). Um dos problemas causados pela abertura da cratera foi a contaminação de uma área de preservação permanente próximo ao Rio Uberabinha, após o rompimento de um cano de esgoto que jorrou material contaminado. No local há nascente e minas de água em meio à vegetação.

Figura 27: Uberlândia (MG) – Repercussão da mídia em relação ao evento pluviométrico do dia 12/03/2016.



Fonte: JORNAL CORREIO DE UBERLÂNDIA (2015) e JORNAL G1 (2015) Org. LEITE (2014)

Além disso, o jornal deu destaque para outros impactos de maior magnitude, como a queda de postes elétricos ainda no Bairro Cidade Jardim, destacamento de placas inteiras de asfalto no Bairro Jardim Patrícia, e as incríveis 250 casas que foram invadidas pela água em 16 ruas do Bairro Morumbi.

6. CONCLUSÕES

As problemáticas que envolvem as chuvas se encaixam como elementos primordiais nas análises referentes ao Sistema Climático Urbano das cidades brasileiras, tendo em vista a gama de consequências negativas, sobretudo aquelas relacionadas aos aguaceiros e movimentos de massa.

É necessário considerar o Clima e seus subprodutos como fatores organizadores da paisagem urbana, influenciando nas dinâmicas e no cotidiano do homem a partir das condições de tempo. No entanto é fundamental ressaltar como as dinâmicas humanas alteram o funcionamento climático e este exporta novos núcleos às cidades, recorrentemente gerando impactos, muitas vezes catastróficos.

No caso de Uberlândia, foi possível concluir que, o desenvolvimento e ordenamento da cidade, baseado no viés econômico, não respeitou os limites geofísicos do município, constituindo um processo de urbanização inadequado, com o crescimento da mancha urbana em detrimento aos impactos ambientais. Logo, processos de impermeabilização do solo, retirada da mata nativa, ocupação e canalização de fundos de vale, falta de galerias adequadas para captação de água, irresponsabilidade ambiental com resíduos sólidos, foram práticas realizadas ao longo das últimas décadas e que potencializaram as perturbações hidroclimáticas e afins observadas nesta dissertação.

De maneira geral, as análises realizadas revelaram que os impactos pluviométricos acompanharam o processo de expansão urbana de Uberlândia, ou seja, na medida em que a cidade cresceu, os problemas tiveram um aumento exponencial, evidenciando a falta de sincronia entre o desenvolvimento e o planejamento ambiental.

Tendo como referência a análise dos sistemas atmosféricos produtores de instabilidade meteorológica e de consequentes eventos pluviométricos impactantes para a infraestrutura urbana de Uberlândia, destaca-se que dos 46 eventos pluviométricos impactantes constatados

dentre 2012-2016, todos estavam sob atuação de Sistemas Frontais e Zonas de Convergência do Atlântico Sul.

Os Sistemas Frontais atuaram em 34 casos e em 82% deles (28 episódios) os eventos de chuvas extremas impactantes ocorreram no 1º dia de chegada e no 2º dia de atuação do sistema. Como já visto em outros estudos, as frentes, quando instaladas, alteram bruscamente as condições climáticas, provocando intensa instabilidade atmosférica e consequentes chuvas frontais. Nesse sentido, a infraestrutura urbana, muitas das vezes não comporta a velocidade e a intensidade das chuvas ocasionadas por este sistema.

As ZCAS foram responsáveis por 12 episódios (26%), tendo a maioria dos eventos de chuvas extremas impactantes concentrados a partir do 3º dia de atuação. Os impactos causados por este sistema em Uberlândia estão relacionados tanto por elevados totais diários e/ou principalmente pela saturação dos solos urbanos, que não permitem a infiltração das águas pluviais depois de vários dias consecutivos com chuvas, aumentando o escoamento superficial e os consequentes pontos de alagamento, seja nos leitos fluviais, seja nas vias e residências em locais com problemas de drenagem.

Em Uberlândia, o padrão pluviométrico se diferencia em seus cinco setores, no entanto, chuvas iguais ou acima de 60 mm/24h e de 30 mm/h e rajadas de vento acima de 50 km/h, coletadas pela estação meteorológica de Uberlândia (Setor Leste) durante os anos de 2012 a 2016 tiveram grande potencial de impacto, caracterizando-se como verdadeiras perturbações climáticas. Vale ressaltar que a concentração das chuvas em 1h ou menos foi ponto chave na produção de problemas, uma vez que os aguaceiros ocorridos nos leitos fluviais canalizados são decorrentes do forte escoamento das ruas transversais e do seu próprio extravasamento.

Este fato também foi corroborado pelas análises estatísticas, onde, a partir da aplicação do Teste de Kruskal-Wallis, constatou-se que dentro da categorização realizada, as

precipitações consideradas fortes, >60 mm/24h e >30 mm/h e as rajadas categorizadas como fortes, >50 km/h, obtiveram os maiores valores médios de ocorrências, dentro do ranqueamento proposto pelo método.

Ressalta-se a grande dificuldade encontrada para caracterizar o padrão pluviométrico impactante da área urbana pela ausência de mais estações dentro do perímetro urbano de Uberlândia, embora, como a proposta principal de análise foi identificar a dinâmica atmosférica produtora de chuvas impactantes, o dado da estação da Universidade foi satisfatório.

Em relação à distribuição mensal dos eventos e impactos, Março, Novembro e Janeiro foram os meses onde se identificou o maior número de chuvas impactantes dentro da série 2012/2016, respectivamente. Portanto é importante que os órgãos tomadores de decisão (Defesa Civil, Corpo de Bombeiros, Polícia Militar, Prefeitura e secretarias) coloquem práticas de gestão e planejamento do risco climático o ano todo, sobretudo nos meses de verão, onde os locais tornam-se mais suscetíveis pelo aumento exponencial das chuvas.

A Defesa Civil avaliou um total de 1558 ocorrências para estes 46 eventos selecionados, e incríveis 762 ocorrências apenas nos eventos de maior magnitude que foram analisados separadamente. Os eventos do dia 29/05/2013 e do dia 12/03/2016 se destacaram com um total de 242 e 272 ocorrências diárias, respectivamente.

Ao longo da série analisada, a maioria dos impactos estiveram relacionados aos aguaceiros (alagamento de vias e inundação de residências), danos à edificações (quedas de muro, trincas e infiltrações) e quedas de árvores. Impactos estes classificados pela Defesa Civil.

Como analisado e também apontado pela Defesa Civil, os pontos de alagamento observados nos mapas produzidos, estiveram relacionados à dinâmica hídrica dos principais cursos d'água que fazem parte da Hidrografia urbana de Uberlândia. A maioria deles canalizados e com suas áreas de drenagem comprometidas pela ocupação urbana.

Deste modo, não diferente de outros trabalhos acerca dos problemas hídricos e pluviais de Uberlândia, os principais palcos de impactos hidroclimáticos foram os córregos São Pedro (Av. Governador Rondon Pacheco), Taboca (Av. Minervina Cândida e BR/365), Jataí (Av. Anselmo Alves dos Santos), Cajubá (Av. Getúlio Vargas) e o Rio Uberabinha, por toda a sua extensão, sobretudo próximo aos bairros Daniel Fonseca e Jardim Brasília.

As outras áreas alagadas referem-se às áreas com problemas nos sistemas de captação de água (bocas de lobo, galerias, entre outros) muita das vezes obstruídos por resíduos domésticos, depositados incorretamente, e áreas de ocupação irregular, como no Bairro Morumbi, situado em uma região de divisa de águas, extremamente plana, palco de inúmeros eventos de inundação de residências, afetando recorrentemente, mais de 200 famílias.

Os danos a edificações, de acordo com a Defesa Civil estão relacionados a edificações com problemas estruturais e mal construídas, como nas casas populares do Programa Minha Casa Minha Vida do Bairro Shopping Park. Anualmente, muros de arrimo desabam e trincas e infiltrações abalam as casas do bairro, deixando até pessoas desabrigadas em alguns eventos.

Os eventos que obtiveram um grande número de quedas de árvores tiveram velocidades de ventos acima dos 50 km/h, coletados na estação meteorológica da UFU, embora a Defesa Civil e o Corpo de Bombeiros ressalte a possibilidade de rajadas acima dos 70 km/h, como nos eventos analisados dos anos 2012, 2013 e 2015 que tiveram 17, 43 e 18 árvores caídas após as chuvas.

Respectivamente, os bairros mais afetados foram, Santa Mônica (Setor Leste), Morumbi (Setor Leste), Tibery (Setor Leste), Osvaldo Rezende (Setor Central), Bom Jesus (Setor Central), Brasil (Setor Central), Presidente Roosevelt (Setor Norte), Jardim Brasília (Setor Norte) e Shopping Park (Setor Sul).

Referente à espacialização dos impactos em Uberlândia, depreendeu-se que a organização espacial de cada setor ou bairro condicionou as repercussões das chuvas, de

forma que o mesmo evento, ou padrões de chuvas distintos, causaram diferentes tipos de impactos, com maior ou menor magnitude. Logo a suscetibilidade aos impactos pluviométricos urbanos torna-se diferenciada em Uberlândia, pois os espaços foram construídos desigualmente, principalmente quando analisamos as condições socioeconômicas da população.

Outra conclusão a ser considerada diz respeito ao Planejamento da cidade, especificamente na necessidade pela busca da resiliência de toda a população uberlandense. É fundamental que todas as esferas da cidade, englobando diferentes profissionais, diferentes secretarias, diferentes classes sociais se aproximem com o objetivo máximo de otimizar as ações de planejamento, gestão e recuperação dentro do contexto de intempéries climáticas.

Em Uberlândia, já existem iniciativas de integração entre vários setores, buscando a construção e efetivação do Plano de Emergência Pluviométrica. Reuniões são realizadas a cada semestre entre as secretarias de planejamento, DMAE, Corpo de Bombeiro, Polícia Militar, Exército Brasileiro e membros da Universidade Federal de Uberlândia. No entanto, é necessário otimizar as práticas no sentido de aplicabilidade de obras de engenharia, melhoria nas condições de habitação e ordenamento territorial e principalmente em pesquisas científicas em conjunto às Universidades locais, como esta dissertação.

Produtos científicos como este possuem importância fundamental na construção e organização de espaços resistentes, oferecendo ferramentas técnico-científicas de compreensão dos fenômenos atmosféricos/climáticos e como a infraestrutura urbana se comporta e como deveria se comportar quando verificado impactos.

Dentre as medidas principais, de enquadramento da infraestrutura atual da cidade de Uberlândia frente à eventos climáticos extremos, como os analisados, cita-se: aumento do diâmetro de galerias em áreas críticas (prática já realizada em alguns pontos da cidade), aumento dos canais de escoamento, construção de piscinões (reservatórios de água pluvial),

retilinização de cursos d'água, edificações mais resistentes e melhores materiais construtivos, disposição correta do lixo urbano (evitando entupimento de bueiro e galerias), cumprimento das leis ambientais no ordenamento de novos bairros, dentre outras medidas.

Além destas medidas, a gestão do risco climático deve ter suas análises avançadas, a partir de uma gestão integrada em comum acordo com o Plano de Emergência Pluviométrico. Sendo assim, a instalação de um sistema de previsão e alerta nos diferentes setores da cidade, seria uma medida fantástica na busca pelo ajustamento de cada setor, de cada bairro e de cada sub-bacia frente aos impactos pluviométricos em Uberlândia.

Portanto, conhecer a dinâmica atmosférica e os tipos de tempo impactantes para Uberlândia, bem como a maneira que os impactos se mostram dentro da infraestrutura da cidade, nos diferentes setores, bairros, avenidas e ruas, propiciou um aprofundamento na temática climática/urbana para a cidade, oferecendo um aparato técnico/científico para a gestão do risco climático não só para a Universidade, mas também para a Defesa Civil e todos os órgãos públicos locais que se preocupam com o planejamento estrutural, social, econômico e ambiental de Uberlândia.

Em conclusão, a participação dos Sistemas Frontais e das ZCAS na produção de chuvas impactantes para Uberlândia demonstram um processo histórico de produção do espaço urbano de Uberlândia sem medir os impactos ambientais decorrentes do desenvolvimento, sobretudo no que se refere ao modo de ocupação e uso do solo dos seus fundos de vale, desaparecimento de áreas verdes e tratamento incorreto dos resíduos sólidos. Assim, a intensidade dos eventos climáticos e de suas condições extremas, inter-relacionadas às condições de atuação atmosférica, assumem papel secundário, frente à vulnerabilidade e suscetibilidade da cidade, em seus diferentes contextos socioespaciais, socioeconômicos e socioambientais.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Algumas considerações ainda merecem ser apresentadas na reta final dessa pesquisa, visando uma avaliação em relação aos métodos e procedimento operacionais, às dificuldades encontradas e perspectivas de elaboração de futuras pesquisas dentro do viés da gestão do risco climático frente às chuvas extremas em Uberlândia.

A base metodológica se apoiou em todo momento na compreensão geográfica do Clima, se apoiando na relação Clima/Cidade e Clima/Homem, e os produtos gerados pela interação destes elementos chave. O componente hidrometeorológico do S.C.U proposto pelo professor Carlos Augusto Monteiro teve grande importância como referencial de análise, uma vez que as análises do trabalho envolveram eventos meteorológicos (chuvas concentradas) e seus impactos na cidade de Uberlândia.

Por meio da análise das cartas sinóticas foi possível identificar os sistemas atmosféricos e compreender a dinâmica dos eventos extremos, além dos seus ritmos de atuação, ponto importante na gestão dos impactos pela Defesa Civil. O aprofundamento no conhecimento de como os Sistemas Atmosféricos se comportam anual, mensal e diariamente nos eventos de maior magnitude é o primeiro passo para a constituição de sistemas de monitoramento e alerta para o contexto da cidade.

As maiores dificuldades encontradas restringiram-se às análises acerca do comportamento pluviométrico de todo o perímetro urbano de Uberlândia (MG) e na consequente definição de chuvas extremas/chuvas impactantes, corroborada por métodos estatísticos. Este fato se explica pela falta de estações meteorológicas e de dados de todos os setores da cidade. No entanto, as análises dos eventos, corroboradas pelas cartas sinóticas, dados climáticos da estação da UFU e os dados de ocorrências (impactos) da Defesa Civil e Jornais locais foram suficientes e conseguiram dar corpo as análises e conclusões.

Esta dificuldade caracteriza-se como uma oportunidade para elaboração de pesquisas futuras, tendo em vista, que recentemente o Instituto de Geografia (IG/UFU) adquiriu nove estações de superfície em conjunto a outros órgãos públicos e já começaram a ser instaladas. A partir dos dados dos cinco setores e de vários bairros da cidade, será possível compreender, criteriosamente, o arranjo das chuvas que causam problemas nos bairros x e y. Sendo assim, medidas de prevenção e recuperação serão direcionadas de acordo com cada dinâmica climática e socioespacial específica. Esperamos materializar esta investigação através de tese de doutorado.

Por fim, espera-se que esta dissertação tenha avançado e contribuído com a climatologia urbana de Uberlândia e que tenha auxiliado de algum modo, na compreensão da gênese atmosférica e de como os eventos pluviométricos intensos se relacionam com a infraestrutura urbana da cidade, oferecendo para os órgãos públicos, sobretudo a Defesa Civil, um aparato, ainda que preliminar, das causas e consequências dos impactos pluviométricos na cidade de Uberlândia – MG.

8. REFERÊNCIAS

- ABREU, M. L. Climatologia da estação chuvosa de Minas Gerais: De Nimer (1977) à Zona de Convergência do Atlântico Sul. **Revista Geonomos**, v. 6, n. 2, p. 17-22, 1988.
- AB'SABER, A. N. Contribuição à geomorfologia da área dos cerrados. In: **Simpósio sobre o cerrado**. São Paulo, EDUSP, 1972. P. 97-105.
- ANDRADE, H. O clima urbano – Natureza, escalas de análise e aplicabilidade. **Finisterra**, Lisboa, Portugal, v. 40, n. 80, p.67-91, 2005.
- AMORIM, M.C. de C. T. **O clima urbano de Presidente Prudente/SP**. São Paulo, 2000. 378p. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas – USP.
- AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 11 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.
- AYOADE, J. O. On the use of multivariate technique in climatic classification and regionalization. **Arch. Geoph.** 1976.
- ALCOFORADO, M. J; LOPES, A.; ANDRADE, H.;VASCONCELOS, J. **Orientações climáticas para o Ordenamento em Lisboa**. Relatório 4. Lisboa; Ed. Centro de Estudos Geográficos da Universidade de Lisboa. 2006.
- ARAÚJO, R. R.; SANT'ANNA NETO, J. L. O processo de urbanização na produção do clima urbano de São Luís – MA. In: SANT'ANNA NETO, J. L (Org.), **Os Climas das Cidades Brasileiras**. Presidente Prudente: 2CT/UNESP, 2002. p. 21 – 41.
- ARAÚJO, R. R. **Clima e vulnerabilidade socioespacial: uma avaliação dos fatores de risco na saúde da população urbana do município de São Luís (MA)**. Presidente Prudente, 2014. 290 p. Tese (Pós-Graduação em Geografia), Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.
- ASSIS, W.; RIBEIRO, S. M; ABREU, M. L. MARRA, J. F. Eventos pluviométricos extremos ocorridos no município de Belo Horizonte em dezembro de 2011. **Revista GEONORTE**, Belo Horizonte, v. 1, n. 5, p. 1177-1188, 2012.
- BACCARO, C. A. D. Estudos geomorfológicos do município de Uberlândia. **Sociedade & Natureza**. Ano 1, v. 1. Jun/1989, p. 17-21.
- BACK, A. J.; OLIVEIRA, L. R.; HENN. A. Relações entre precipitações intensas de diferentes durações para desagregação da chuva diária em Santa Catarina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16. n. 4, p. 391-398, 2012. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662012000400009>
- BARRETO, J. R. **Impactos Pluviais: Um estudo de caso de Jacaré – SP**. 2012. 93 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geografia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

BARRY, R. G.; CHORLEY, R. J. **Atmosfera, tempo e clima**. 9 ed. Porto Alegre: Bookman, 2013, 512 p.

BECK, U. **Sociedade de risco. Rumo a uma outra modernidade**. São Paulo: Editora 34, 2010.

BELL, T. H. **As tempestades. Trad. Heloisa Tavares**. 1.ed. Rio de Janeiro: Fundo de Cultura S.A, 1963.

BEREZUK, A. G.; SANT'ANNA NETO, J. L. Eventos climáticos extremos no oeste paulista e norte do Paraná, nos anos 1997, 1998 e 2001. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 2, p. 9-22, dez. 2006.

BEREZUK, A. G. **Análise das adversidades climáticas no oeste paulista e norte do Paraná**. Presidente Prudente, 2007, 379f. Tese (Doutorado em Geografia). Programa de PósGraduação em Geografia, Universidade Estadual “Júlio Mesquita Filho”.

BESSA, K. C. F. OO.; SOARES, B. R. Considerações sobre a dinâmica demográfica na região do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba. **Caminhos de Geografia** 3(6), Jun/2002 – Revista Online. Programa de Pós Graduação em Geografia. Instituto de Geografia – UFU, p. 22-45.

BORSATO, V. **A dinâmica climática do Brasil e as massas de ares**. Curitiba: CRV, 2016. <https://doi.org/10.24824/978854441188.9>

BORSATO, V. A.; FILHO, E. E. S. A participação dos sistemas atmosféricos atuantes na bacia do rio paraná no período 1980 a 2003. **Revista Brasileira de Climatologia**. Ano 6. V. 7. Setembro/2009. p. 83-102.

BRAGA, R. Planejamento urbano e recursos hídricos. In: BRAGA, Roberto; CARVALHO, Pompeu Figueiredo de. (Org.) **Recursos Hídricos e Planejamento Urbano e Regional**. Rio Claro: LPM/DEPLAN/IGCE – UNESP, 2003.

BRANDÃO, A. M. P. M. Clima Urbano e Enchentes na Cidade do Rio de Janeiro. In: GUERRA, Antonio J. T.; CUNHA, Sandra B. da. (org): **Impactos Ambientais Urbanos no Brasil**. 3^a ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p. 47- 95, 2005.

BRASIL. **Defesa Civil Municipal**. 2014. Disponível em <<http://www.uberlandia.mg.gov.br/2014/secretaria-pagina/117/2406/secretaria.html>>. Acesso em 10/08/2017.

BRASIL. **Instruo Normativa n 2, de 20 de Dezembro de 2016**. Estabelece procedimentos e critérios para a decretao de situao de emergência ou estado de calamidade pública pelos Municípios, Estados e pelo Distrito Federal, e para o reconhecimento federal das situao de anormalidade decretadas pelos entes federativos e dá outras providências, Brasília-DF, 2016.

_____. **Lei Nacional n 12.608, de 10 de abril de 2012**. Institui a Política Nacional de Proteo e Defesa Civil – PNDEC, Brasília-DF, 2012.

_____. **Ministério das Cidades / Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios.** CARVALHO, C. S.; MACEDO, E. S. de; OGURA, A. T. (Orgs.). Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT, 2007. 176 p.

BRASIL. SECRETARIA NACIONAL DE DEFESA CIVIL (2007). Políticas públicas de prevenção e resposta aos desastres: as ações da SEDEC de 2003 a 2006. Relatório de Atividades. Brasília, Ministério da Integração Nacional. 47 p.

BRITO, D. S.; SILVA, J. M. O. Estudo dos Impactos Pluviométricos e os Eventos Extremos no Município de Crato - CE. **Revista Geonorte**, v. 3, n. 8, p. 964-976, 2012.

BUENO, M. S. M. **I O papel da Universidade na redução/mitigação dos impactos dos desastres ambientais: o caso da Universidade do Estado de Santa Catarina.** Monografia (Curso de Especialização em Gestão de Riscos de Desastres para o Desenvolvimento Socioambiental). Universidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

BUFFON, E. A. M.; GOUDARD, G.; MENDONÇA, F. A. Gestão de risco de desastres e medidas de adaptação em áreas de inundação urbana em pinhais, Paraná – Brasil. **Revista Brasileira de Cartografia**, Curitiba, PR, v. 69, n. 4, p. 635-646, abr. 2017.

CANHOLI, A. P. **Drenagem Urbana e Controle de inundações.** São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

CARRIJO, B. R.; BACCARO, C. A. D. Análise sobre a erosão hídrica na área urbana de Uberlândia(MG). **Caminhos de Geografia**, v. 2, n. 2, fev/2001, p. 70-83.

CARVALHO, L. M. V.; JONES, C. Zona de Convergência do Atlântico Sul. In: CAVALCANTI, I.F.A.; FERREIRA, N.J.; SILVA, M.G.J.; SILVA DIAS, M.A.F (Org.). **Tempo e Clima no Brasil**. 1ed. 2009, São Paulo: oficina de textos, 1, pp 96-109

CARDOZO, A. B.; REBOITA, M. S.; GARCIA, S. R. Climatologia de Frentes Frias na América do Sul e sua relação com o Modo Anular Sul. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v.17, n.1, p. 9-29, 2015.
<http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v17i0.40124>

CASTELLS, M. **The City and the Grassroots: A cross-cultural theory of urban social movements.** Berkeley, The University of California Press, 1983.

CASTRO, A. L. C. **Manual de Planejamento em Defesa Civil.** Brasília: Ministério da Integração Nacional, Secretaria de Defesa Civil, 1999

CAVALCANTI, I. F. A. et al. (orgs). **Tempo e Clima no Brasil.** São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

CAVALCANTI, I. F. A.; KOUSKY, V. E. Parte I - Sistemas meteorológicos que afetam o tempo na América do Sul: Frentes frias sobre o Brasil. In: **Tempo e Clima no Brasil.** Cavalcanti, I. F. A., N. J. Ferreira, M. G. Justi da Silva, M. A. F. Silva Dias, Eds., Editora Oficina de Textos, São Paulo, p. 135-147, 2009.

CONTI, J. B. **Circulação secundária e efeito orográfico na gênese das chuvas na região lesnordeste paulista**. Série Teses e Monografias, n. 18. São Paulo: IG/USP, 1975.

COTTA, H. H. A.; CORREA, W. S. C.; ALBUQUERQUE, T. T. A. Aplicação da distribuição de Gumbel para valores extremos de precipitação no município de Vitória-ES. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 19, 2016. <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v19i0.39440>

CPTEC. **Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos**. Disponível em: <http://www.cptec.inpe.br/>, acesso em 10/05/2017.

CRUZ, J. C. **Disponibilidade hídrica para outorga: avaliação de aspectos técnicos e conceituais**. 2001. 199 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental). Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

CRUZ, J. C.; TUCCI, C. E. M. Estimativa da disponibilidade hídrica através da curva de permanência. RBRH - **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 13, n. 1. Jan-mar/2008. p. 111-124

CUADRAT, J. M.; PITA, M. F. - **Climatologia**. Madrid, Cátedra, 1997. LOWRY, Willian P. - Atmospheric ecology for designers and planners. New York, Van Nostrand Reinhold, 1991.

DANNI-OLIVEIRA, I. M. **A cidade de Curitiba/PR e a poluição do ar – implicações de seus atributos urbanos e geoecológicos na dispersão de poluentes em período de inverno**. São Paulo: Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 1999. (Tese, Doutorado).

DEL GROSSI, S. R. **De Uberabinha a Uberlândia: os caminhos da natureza. Contribuição ao Estudo da Geomorfologia Urbana**. 1991. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.

DREW, D. **Processos Interativos Homem-Meio Ambiente**. São Paulo: Difel, 1986.

FERREIRA, A. G. F.; MELLO, N.G.S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a Região Nordeste do Brasil e a influência dos Oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região. **Revista Brasileira de Climatologia**, vol.1, nº 1, 2005

FIALHO, E. S. **A pesquisa climatológica realizadas por geógrafos brasileiros**. Revista Brasileira de Climatologia, Curitiba, v. 6, p. 193-212, 2010. <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v6i0.25618>

FIALHO, E. S., COELHO, D.D. A destinação de recursos públicos para a minimização dos impactos decorrentes de eventos pluviais extremos nos estados de Minas Gerais, Santa Catarina e São Paulo entre 2008 e 2010. **Revista ACTA Geográfica**, Bela Vista, n. 8, v. 1, p. 67-82, 2010. <https://doi.org/10.5654/actageo2010.0408.0006>

GALERA, R. A. O papel da universidade no desenvolvimento de políticas públicas de gestão de riscos de desastres: O caso do Grande ABC, SP. In: XVII Encontro Nacional da

Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Planejamento Urbano e Regional (Enanpur), São Paulo, **Anais**. Artigos, p. 2-12, 20174

GARCÍA, F. F. **Manual de climatología aplicada: clima, medio ambiente y planificación**. Madrid: Síntesis, 1995. 285 p.

GOLFARI, L.; **Esquema de zoneamento ecológico florestal para o Brasil**. Rio de Janeiro. IBDF. 1974.

GOMES, P. S. **Clima e planejamento ambiental urbano: estudo preliminar para Montes Claros-MG**. 2007. Paisagem Ambiente: ensaios – n.23. São Paulo. p .42-49.

GONÇALVES, N. M. S. **Impactos pluviais e desorganização do espaço urbano em Salvador**. In: MONTEIRO, C. A. F; MENDONÇA, F. (Org.) **Clima Urbano**. 1. ed. São Paulo: Contexto, 2003.

GONÇALVES, C. W. P. **A globalização da natureza e a natureza da globalização**. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira. 2006.

GRILLO, R. C. **A Precipitação Pluvial e o Escoamento Superficial na Cidade de Rio Claro (SP)**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1992.

GRIMM, A. M.; J. PAL; F. GIORGI, Connection between spring conditions and peak summer monsoon rainfall in South America: Role of soil moisture, surface temperature, and topography in eastern Brazil. **Journal of Climate**, v. 20, p. 5929-5945, 2007. <https://doi.org/10.1175/2007JCLI1684.1>

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/>, acesso em 20/05/2017.

INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/>, acesso em 22/05/2017.

JORNAL CORREIO DE UBERLÂNDIA. **Site do Jornal Correio de Uberlândia**. Disponível em: <http://www.correiodeuberlandia.com.br>, acesso em 08/02/2018

JORNAL G1 Uberlândia. **Site do Jornal G1 Uberlândia**. Disponível em: <http://g1.globo.com/mg/triangulo-mineiro/cidade/uberlandia>, acesso em 12/11/2018.

KOBIYAMA, M.; MENDONÇA, M.; MORENO, D. A.; MARCELINO, I. P. V. O.; MARCELINO, E. V.; GONÇALVEZ, E. F.; BRAZETTI, L. L. P.; GOERL, R. F.; MOLLER, G. S. F.; RUDORFF, F. M. **Prevenção de Desastres Naturais: Conceitos Básicos**. Curitiba: Organic Trading, 2006.

KÖPPEN, W. **Das geographische System der Klimate**. Gebr, Borntraeger, 1936, p. 1-44.

LANDSBERG, H. E. **The urban climate**. New York: Maryland Academic Press, 1981.

LEITE, E. S; MENDES, P. C. O clima e a cidade: uma análise dos impactos causados pela ação das chuvas e vendavais na cidade de Uberlândia-MG. In: **Encontro Nacional da ANPEGE. (Anais)**. Porto Alegre: PPGE/UFRGS, 2017, v. 1, p. 1-12.

LIMA, K. C.; SATYAMURTY, P.; FERNÁNDEZ, J. P. R. Large-scale atmospheric conditions associated with heavy rainfall episodes in southeast Brasil. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 101, n. 1- 2, p. 121-135, 2010.

LIMA, A. P. **Análise de impactos associados à precipitação na cidade de São Carlos – SP**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Geografia. Presidente Prudente: FCT/UNESP, 2012.

LIMA, N. R.; PINHEIRO, G. M.; MENDONÇA, C. Clima urbano no Brasil: Análise e contribuição da metodologia de Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro. **Revista Geonorte**. V. 2, n. 5, p. 626-638, 2012.

LIMA, N. R.; PINHEIRO, G. M.; MENDONÇA, C. Clima urbano no Brasil: Análise e contribuição da metodologia de Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro. **Revista Geonorte**. V. 2, n. 5, p. 626-638, 2012.

LUCAS, T. P. B.; AUGUSTO, P.; REIS, S.; ROCHA, S. M;. Impactos Hidrometeorológicos em Belo Horizonte. In: **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 16, p. 7-28, jan/jul 2015. <https://doi.org/10.5380/abclima.v16i0.37051>

MAIA, D. C. **Impactos pluviiais na área urbana de Ribeirão Preto – SP**. Tese (doutorado) UNESP – Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Rio Claro, 2007.

MARENGO, J. A.; SOARES, W.R. Episódios de Jatos de Baixos Níveis ao Leste dos Andes durante 13-19 de abril de 1999. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.17, n.1, p.35-52, 2002.

MEDEIROS, T. S. **A Geografia como base para um plano diretor de drenagem pluvial em Uberlândia – MG** . 178 f. Dissertação (mestrado). Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal de Goiás, Catalão, 2015.

MELLO, Y. R.; LOPES, F.C.A.; ROSEGHINI, W.F.F. Características climáticas e análise rítmica aplicada a episódios extremos de precipitação e temperatura no município de Paranaguá, PR. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v.20, n.1, p.313-336, 2017 <https://doi.org/10.5380/abclima.v20i0.48594>

MELLO, M. A. R.; MARTINS, N.; SANT'ANNA NETO, J. L. A influência dos materiais construtivos na formação do clima urbano. In: **Revista Brasileira de Climatologia**, p. 27-70, set. 2009. <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v5i0.50473>

MENDES, P. C. **Gênese e estrutura espacial das chuvas na cidade de Uberlândia – MG**. 2001. 258 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2001.

MENDES, P. C. **Aspectos Ecológicos e Sociais da Doença de Chagas no Município de Uberlândia, Minas - Gerais – Brasil**. 2008. 270f. Tese (Doutorado em Geografia) - Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. 2008.

MENDONÇA, F. A. **O clima e o planejamento urbano de cidades de porte médio e pequeno – proposição metodológica para estudo e sua aplicação à cidade de Londrina/**

PR. São Paulo: Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 1994. (Tese, Doutorado).

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil.** São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

_____. **Aspectos da Interação clima-ambiente-saúde humana:** da relação sociedade-natureza à (in) sustentabilidade ambiental. In: RA'EGA, Curitiba: UFPR, n.4. p. 85-99, 2003

_____. **Riscos, vulnerabilidade e abordagem socioambiental urbana: uma reflexão a partir da RMC e de Curitiba.** In: Revista de Desenvolvimento e Meio Ambiente – Cidade e Ambiente Urbano, n.10. Curitiba: Editora da UFPR, p. 139-148. 2004.

MENDONÇA, F; MONTEIRO, C. A. de F. (Org). **Clima urbano.** São Paulo: Contexto, 2.ed. 2015, 192 p. 133

MONTEIRO, C. A. F. **Notas para o estudo do clima do Centro-Oeste brasileiro.** Revista Brasileira de Geografia, Rio de Janeiro, v.13, n.1, p.3-46, 1951.

MONTEIRO, C. A. F. **Sobre a análise geográfica de sequências de carta de tempo (Pequeno ensaio metodológico sobre o estudo do clima no escopo da Geografia).** Revista Geográfica, Rio de Janeiro, v.32, n.58, p.169-179, 1963.

_____. **Sobre um índice de participação de massas de ar e suas possibilidades de aplicação à classificação climática.** Revista Geográfica, Rio de Janeiro, v.33, n.61, p.59-69, 1964.

_____. **A frente polar atlântica e as chuvas de inverno na fachada sub-oriental do Brasil.** Contribuição metodológica à análise rítmica dos tipos de tempo no Brasil. São Paulo: Instituto de Geografia da Universidade de São Paulo, 1969. (Série Teses e Monografias, n.1).

_____. **Teoria e clima urbano.** São Paulo: Instituto de Geografia da Universidade de São Paulo, 1976. (Série Teses e Monografias, n.25).

MOURA, G. G. **Imagens e representações da periferia de Uberlândia (MG): um estudo de caso do Setor Oeste.** 2003. 317f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2003.

NASCIMENTO, R. A., FIALHO, E. S. Análise das estratégias emergenciais do Governo Federal para amenizar os impactos pluviais em Minas Gerais entre 2006 e 2008. In: SIMPÓSIO DE GEOGRAFIA APLICADA, 13, Viçosa, 2009. **Anais...**, Minas Gerais: UFV, 2009, cd-rom.

NASCIMENTO, R. A. Impactos pluviais: o caso de Piranga-MG. **Revista de C. Humanas**, vol. 10, p. 94-110, 2010.

NEVES, R. A. T. **O combate às enchentes no município de Santo André/SP: caracterização socioambiental do problema e subsídios dos afetados ao planejamento das ações de Defesa Civil.** Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia Ambiental de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos – SP. 2008.

NÍMER, E. Circulação atmosférica do Brasil: contribuição ao estudo da climatologia do Brasil. **Revista Brasileira Geografia**, 28 (3); jul./set., 1966. p. 232-250.

NÍMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2 ed. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1989.

NISHIYAMA, L. Geologia do município de Uberlândia e áreas adjacentes. **Sociedade & Natureza**. Ano 1, vol. 1. Jun/1989, p. 09-16.

NODARI, L. A. **Variações térmicas ocorridas em dois conjuntos habitacionais de Rio Claro: o Santa Maria e o Vila Elizabeth**. Rio Claro: Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, 2000. (Dissertação, Mestrado).

NUNES, L. H. Mudanças climáticas, extremos atmosféricos e padrões de riscos a desastres hidrometeorológicos. In: HOGAN, D. J. e MARANDOLA JR., E. (orgs.) **População e mudanças climáticas. Dimensões humanas das mudanças ambientais globais**. NEPO/Unicamp. Brasília: UNFPA, 2009.

OLIMPIO, J.L.S.; VIEIRA, P. M. ; ZANELLA, M. E. ; SALES, M. C. L. Episódios pluviais extremos e a vulnerabilidade socioambiental do município de Fortaleza: o episódio do dia 27/03/2012. **Geo UERJ**, v. 1, 2013. <https://doi.org/10.12957/geouerj.2013.5074>

OLIVEIRA, L. A. **O sistema Aquífero Bauru na região de Araguari/MG: parâmetros dimensionais e propostas de gestão**. 120 f. Dissertação (Mestrado em Geologia). Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, 2002.

OLIVEIRA, L. A.; CAMPOS, J. E. G. Sequência conglomerática do Membro Araguari – Grupo Bauru – Norte do Triângulo Mineiro. **Geociências** (São Paulo). V. 22, n. 1. p. 43-51, 2003. <https://doi.org/10.11606/issn.2448-1769.mag.2003.64467>

PÉDELABORDE, P. **Introduction à l'étude scientifique du climat**. Paris: SEDES, 1970. 246 p.

PEDELABORDE, P. **Lê climat du Bassin Parisien: Essai d'une méthode rationnelle de climatología physique**. Paris: Editons M. T. Leinin, 1957. v.2.

PETTERSEN, S. **Weather analysis and forecasting**. New York: McGraw-Hill, 1956. v.1, 498p.

PETRUCCI, E. **Características do clima de Uberlândia – MG: análise da temperatura, precipitação e umidade relativa**. 245 f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG, 2018. <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2018.1433>

PITA, M. F. La climatología como ciencia geográfica. In: CUADRAT, J. M; PITA, M. F (Org.). **Climatología**. 1ed. Madrid: Cátedra, 1997. p. 9-18.

PITTON, S. E. C. **As cidades como indicadoras de alterações térmicas**. São Paulo: Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 1997. (Tese, Doutorado).

PREFEITURA MUNICIPAL DE UBERLÂNDIA. **Defesa Civil**. 2014. Disponível em http://www.uberlandia.mg.gov.br/uploads/cms_arquivos/13797.pdf. Acesso em: 07/01/2018.

PREFEITURA MUNICIPAL DE UBERLÂNDIA. **Plano Preventivo de Emergência Pluviométrica – PEP 2015/2016**. Coordenadoria Municipal de Defesa Civil. Disponível em http://www.uberlandia.mg.gov.br/uploads/cms_b_arquivos/13797.pdf. Acesso em: 08/01/2018.

QUADRO, M. F. L. **Estudo de episódios de Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) sobre a América do Sul**. 1994. 125 p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1994

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2018. URL <https://www.R-project.org/>.

REBOITA, M. S. et al. Regimes de precipitação na América do Sul: uma revisão bibliográfica. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.25, n.2, 2010, p. 185 – 204. <https://doi.org/10.1590/S0102-77862010000200004>

REBOITA, M. S.; MARIETTO, D. M.; SOUZA, A.; BARBOSA, M. Caracterização atmosférica quando da ocorrência de eventos extremos de chuva na região sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 21, p. 20-37, 2017. <https://doi.org/10.5380/abclima.v21i0.47577>

RIBEIRO, A. G. **O consumo de água em Bauru, SP: o tempo cronológico e o tempo meteorológico aplicado na elaboração de subsídios à previsão de demanda de água**. (Dissertação Mestrado em Geografia Física, USP/FFLCH) São Paulo, 1975.

SANT'ANNA NETO, J. L. Clima e a organização do espaço. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 16, n. 1, p. 119- 131, 1998.

SANT'ANNA NETO, J. L. O clima urbano como construção social: da vulnerabilidade polissêmica das cidades enfermas ao sofisma utópico das cidades saudáveis. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 8, 2011, p. 45 – 60. <https://doi.org/10.5380/abclima.v8i0.25794>

_____. **Da climatologia geográfica a Geografia do Clima: Gênese, paradigmas e aplicação do clima como fenômeno geográfico**. In: Anpege, v. 4, 2008, p. 61 – 88.

_____. Da complexidade física do universo ao cotidiano da sociedade: mudanças, variabilidade, ritmo climático. **Terra Livre**, São Paulo, n.20, 2003, p. 51-64.

_____. **Escalas geográficas do clima: mudança, variabilidade e ritmo**. In: AMORIM, M. C. C. T; SANT'ANNA NETO, J. L; MONTEIRO, A. Climatologia urbana e regional: questões teóricas e estudos de caso. Expressões, São Paulo, 2013, p. 75 – 91.

SANTOS, M. **Técnica, Espaço, Tempo: Globalização e meio técnico-científico-informacional**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2008

SANTOS, V. J. dos; 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. Ano 12. v. 19. - Jul/Dez 2016. p. 218-238.
<http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v19i0.35684>

SELLERS, A. H.; ROBINSON, P. J. **Contemporary climatology.** Longman Group Limited, New York, 1986.

SELUCHHI, M. E; BEU, C. M. L.; ANDRADE, K. M. Características das frentes frias com potencial para provocar chuvas intensas na região serrana de Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Climatologia.** Ano 12. V. 18, Jan/Jul 2016, p. 361-376. <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v18i0.453699>

SERRA, A.; RATISBONNA, L. As massas de ar da América do Sul: 1ª e 2ª partes. **Revista Geográfica.** Rio de Janeiro: Instituto Panamericano de Geografia e História, n. 51-52, 1959-1960.

SILVA, E. F. P. **Ferrovias: da produção de riquezas ao apoio logístico no Triângulo Mineiro.** Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia-MG, 2008).

SILVA, E. M. **A cidade e o clima: impactos das precipitações concentradas e as tendências climáticas em Uberlândia-MG.** 2013. 346 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG, 2013.

SILVA, N. R. **Precipitações intensas e seus impactos no ambiente urbano de Uberlândia – MG.** 188 f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-Mg, 2018.
<http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2018.170>

SILVEIRA, R. D. **Relação entre os tipos de tempo, eventos de precipitação extrema e inundações no espaço urbano de São Sepé – RS.** Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Geografia. Santa Maria: UFSM, 2007.

SILVEIRA, R. D. Risco climático e vulnerabilidade socioespacial: o exemplo dos eventos extremos relacionados ao calor e ao frio. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.19, p. 36-53, 2016. <https://doi.org/10.5380/abclima.v19i0.48872>

SILVEIRA, R. D.; SARTORI, M. G, B. Elementos geocológicos e geourbanos de São Sepé-RS, Brasil: condicionantes para estudo do clima urbano. **Revista Geográfica de América Central**, Costa Rica, Número especial EGAL, p. 1-13, jul. 2011.

SIMAS, I. T. H.; **Análise retrospectiva de episódios de inundação na Bacia Hidrográfica do Rio Aricanduva – São Paulo.** 169 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.
<https://doi.org/10.11606/D.8.2017.tde-21072017-162915>

SOARES, B. R. **Habitação e produção do espaço em Uberlândia.** São Paulo: USP, 1988, 222p. Dissertação (Mestrado em Geografia Humana) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, USP, São Paulo, 1988.

SOUZA, R. O. R. de; et al. Equações de chuvas intensas para o estado do Pará. **Revista Brasileira de Engenharia agrícola e ambiental**, v. 16, n. 9, p. 999-1005, 2012. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662012000900011>

SORRE. M.; Megale (org.). **Geografia**. Trad. Januário F. São Paulo: Ática, 1984.

SPORL, C; ROSS, J. L. S.; Análise comparativa da fragilidade ambiental com aplicação de três modelos. In: **GEOUSP, espaço e tempo: revista de pós-graduação**. São Paulo, nº15, p.39-49, 2004.

SPOSITO, M. E. B. **O chão em Presidente Prudente: a lógica da expansão territorial urbana**. 1984. 230 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1984.

STEINKE, E. T. REZENDE, M. de S, CAVALCANTI, L. Sistemas Atmosféricos Geradores de Eventos Extremos de Precipitação em Outubro de 2006 no Distrito Federal: Uma Análise Geográfica dos Desastres. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 2, 23-34, 2006.

STEINKE, E. T. **Climatologia Fácil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

TARIFA, J. R. **Sucessão de tipos de tempo e variação do balanço hídrico no extremo Oeste Paulista**. São Paulo: IGEOG/USP, 1973. 71 p. (Série Teses e Monografias, 8).

TEODORO, P. H. M. **O clima na urbanização e no planejamento de Maringá/PR: uma contribuição metodológica e de aplicabilidade urbana para os estudos hidrometeorológicos**. (Monografia em Bacharelado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista. Presidente Prudente, 2008. 398 p.

TOMINAGA, L. K. et al. **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009.

TUCCI, C. E. M. (org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 1.ed. Porto Alegre: ABRH/EDUSP, 1993.

TUCCI, C. E. M. (org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 3 ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2004.

TUCCI, C. E. M.; MARQUES, D. M. L. M. (orgs.). **Avaliação e Controle da Drenagem Urbana**. Porto Alegre: ABRH, 2001 v.2, p. 405-419

UGEDA JUNIOR, J. C. **Clima urbano e planejamento na cidade de Jales-SP**. Presidente Prudente, 2011, 383f. Tese (Doutorado em Geografia). Faculdade de Ciências e Tecnologia. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 2011.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia**. Versão Digital 2. Recife (PE), 2006. 449 p.

VECCHIA, F. **Clima e ambiente construído. a abordagem dinâmica aplicada ao conforto humano**. São Paulo: Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 1997. (Tese, Doutorado).

YNOUE, R. Y. et al. (Orgs.). **Meteorologia noções básicas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2017, 179 pp.

ZAMPARONI, C.A. Riscos e Desastres Naturais em Ambiente Urbano: o exemplo de Cuiabá/MT. In **Revista Brasileira de Climatologia**, Ano 8 – Vol. 10 – JAN/JUN 2012, p. 07 à 20. <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v10i1.30581>

ZANELLA, M. E. **Inundações urbanas em Curitiba/PR: Impactos, riscos e vulnerabilidade socioambiental no Bairro Cajuru**. Paraná, 2006. Tese (doutorado em Geografia). Programa de doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento. Universidade Federal do Paraná.

ZANELLA, M. E.; SALES, M. C. L. Impactos Pluviais em Fortaleza – CE na perspectiva do sistema clima urbano. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 09, n. 07, p. 2290-2300, 2009.

ZAVATTINI, J. A. O paradigma da análise rítmica e a Climatologia Brasileira. **Revista Geografia**, Rio Claro, v. 25, n. 3, p. 25-43, dez. 2000.

ZAVATINI, J. A. A Climatologia Geográfica Brasileira, o enfoque dinâmico e a noção de ritmo climático. **Revista Geografia**, Rio Claro, v. 23, n. 3, p. 5-24, dez. 1998.