

O GEOPROCESSAMENTO NA IDENTIFICAÇÃO DOS PONTOS DE ALAGAMENTOS E INUNDAÇÕES NA ÁREA URBANA DE UBERLÂNDIA-MG NO PERÍODO DE 2011 A 2016

NATHALIE RIBEIRO SILVA
Universidade Federal de Uberlândia | Brasil
nathaliersilva@yahoo.com.br

PAULO CESAR MENDES
Universidade Federal de Uberlândia | Brasil.
pcmendes@ig.ufu.br

RESUMO:

O processo de urbanização tem sido responsável pelas imensas áreas impermeáveis onde as chuvas concentradas não encontram espaços para a infiltração contribuindo para o agravamento do escoamento superficial. A cidade de Uberlândia-MG se insere neste contexto, pois a existência de grande área impermeabilizada, asfaltada e ocupada pelas construções, somada à canalização dos córregos, à deficiência no sistema de drenagem e à remoção de cobertura vegetal, diminui ano a ano a área de infiltração. É nesse sentido que o objetivo desse trabalho foi mapear os pontos de alagamentos e inundações no ambiente urbano de Uberlândia-MG entre os anos de 2011 a 2016 com base nos registros de atendimento da Defesa Civil Municipal. A área urbana, como um todo, foi susceptível aos impactos das chuvas no período analisado, fato que evidencia como os efeitos da urbanização afeta todos os setores da cidade quando ocorrem os temporais. Além disso, notou-se a importância das técnicas e tecnologias de geoprocessamento, enquanto ferramenta eficaz e essenciais para o estudo e planejamento do espaço, principalmente quando associado aos estudos de impacto ambiental.

Palavras-chave: geoprocessamento; alagamentos; inundações; planejamento urbano.

THE GEOPROCESSMENT IN THE IDENTIFICATION OF THE POINTS OF ALAGEMENTS AND FLOODS IN THE URBAN AREA OF UBERLÂNDIA-MG IN THE PERIOD FROM 2011 TO 2016

ABSTRACT:

The urbanization process has been responsible for the immense impermeable areas where the concentrated rains do not find spaces for the infiltration contributing to the aggravation of the surface runoff. The city of Uberlândia-MG is inserted in this context, because the existence of a large waterproofed area, asphalted and occupied by the constructions, added to the channeling of the streams, the deficiency in the drainage system and the removal of vegetal cover, diminishes year by year the area of infiltration. It is in this sense that the objective of this work was to map the points of alagements and floods in the urban environment of Uberlândia-MG between the years 2011 to 2016 based on the records of the Municipal Civil Defense. The urban area as a whole was susceptible to rainfall impacts in the analyzed period, a fact that shows how the effects of urbanization affect all sectors of the city when storms occur. In addition, was noted the importance of geoprocessing techniques and technologies as an effective and essential tool for the study and planning of space, especially when associated with environmental impact studies.

Keywords: geoprocessing; alagements; floods; urban planning.

GEOPROCESO EN IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS DE ANEGAMIENTOS E INUNDACIONES EN EL ÁREA URBANA DE UBERLANDIA-MG DE 2011 A 2016

RESUMEN:

El proceso de urbanización ha sido responsable de las enormes áreas impermeables donde la lluvia concentrada no encuentra espacios de infiltración que contribuyan al agravamiento de la escorrentía. La ciudad de Uberlândia-MG encaja en este contexto, ya que la existencia de una gran área impermeabilizada, pavimentada y ocupada, junto con la canalización de arroyos, la deficiencia en el sistema de drenaje y la eliminación de la cubierta vegetal, reduce el área año tras año. de infiltración. Es en este sentido que el objetivo de este trabajo fue mapear las inundaciones y los puntos de

anegamiento en el entorno urbano de Uberlândia-MG entre 2011 y 2016 con base en los registros de asistencia de la Defensa Civil Municipal. El área urbana en su conjunto fue susceptible a los impactos de la lluvia en el período analizado, un hecho que muestra cómo los efectos de la urbanización afectan a todos los sectores de la ciudad cuando ocurren tormentas. Además, se destacó la importancia de las técnicas y tecnologías de geoprocésamiento como una herramienta eficaz y esencial para el estudio y la planificación del espacio, especialmente cuando se asocia con estudios de impacto ambiental.
Palabras clave: geoprocésamiento; inundación; inundación; planificación urbana.

Introdução

O uso das geotecnologias tanto nos estudos ambientais como urbanos, tem aumentado significativamente diante das transformações que o homem tem provocado no espaço geográfico. Diversas são as maneiras e nomenclaturas que envolvem e se relacionam as técnicas das geotecnologias, como o geoprocessamento, que abrange concomitantemente interfaces como o Sensoriamento Remoto; Posicionamento por Satélite; Banco de Dados Geográficos, a Geoestatística e o Sistema de Informação Geográfica (SIG). Tais técnicas têm destacado a ciência do Geoprocessamento quanto ao uso de novas geotecnologias aprimoradas no Século XXI.

Ao relacionar o uso das geotecnologias nos estudos urbanos, Rezende e Rosa (2015) destacam que é possível indicar as áreas potenciais para os seus diversos usos, como a construção de uma infraestrutura urbana (bairros, rodovias, dentre outros) além de atuar na elaboração de mecanismos para reduzir ou até mesmo impedir que determinados problemas socioambientais ocorram, especialmente àqueles ligados a dispersão de populações urbanas sobre ambientes fragilizados. As geotecnologias, também, auxiliam justamente na redução dessa dispersão, e em relação à exposição dos indivíduos aos riscos socioambientais.

Nas diversas formas de análise ambiental, a ferramenta SIG tem sido amplamente utilizada, uma vez que esse atributo oferece mecanismos para combinação de várias informações, permitindo manipular e analisar um grande volume de dados, assim como realizar consultas, recuperação, visualização e representação de inúmeros dados, obtidos, calculados, georreferenciados, dentre outros. É nesse sentido que Rocha (2002, p. 210) cita que o geoprocessamento

é uma tecnologia transdisciplinar, que, através da axiomática da localização e do processamento de dados geográficos, integra várias disciplinas, equipamentos, programas, processos, entidades, dados, metodologias e pessoas para coleta, tratamento, análise e apresentação de informações associadas a mapas digitais georreferenciados.

As geotecnologias, as quais englobam principalmente o Sistema de Informação Geográfica (SIG), o Sensoriamento Remoto e o Sistema de Posicionamento Global (GPS), fornecem subsídios que facilitam a geração e a produção de dados e de informações para o estudo de fenômenos geográficos, como por exemplo, os desastres naturais (MARCELINO, 2007).

O SIG possui diversas aplicações, no qual esse ambiente é composto por elementos que se integram entre si de modo a produzir a informação espacial. Segundo Miranda (2005), essas aplicações se destacam em três principais componentes: informática, módulos e programas de aplicação e de recursos humanos. Tais componentes, de caráter de sistema informatizado, atuam conjuntamente a partir de um grupo de *softwares* compostos por quatro subsistemas: entrada de dados, armazenamento e recuperação de dados, manipulação de dados espaciais e saída de informações geográficas.

O geoprocessamento configura-se como uma ferramenta eficaz para o planejamento territorial ordenado, podendo ser associado aos estudos de impacto ambiental (DIAS et al., 2002). Assim sendo, justifica-se que as técnicas e tecnologias de geoprocessamento são

essenciais para o estudo e planejamento do território, incluindo os estudos ambientais, como por exemplo, os correlatos às inundações.

As técnicas de Geoprocessamento aliadas ao Sistema de Informação Geográfica (SIG) se denotam como contributivos ideais no tocante a riscos e desastres, nesse ensejo, na prevenção de acidentes, ocasionados em áreas passíveis a inundações. Através da inter-relação entre os dados existentes e a elaboração de novos planos de informações, podem-se identificar e gerenciar de forma mais eficiente os eventos de alagamentos, fornecendo prognósticos de inundação em áreas já urbanizadas e antecipando-se na realização de medidas protecionistas e preventivas (RAMOS et al., 2013).

Para Alcantara e Zeilhofer (2006, p. 12) os procedimentos que envolvem a referida área (geoprocessamento) são “voltadas para o estudo específico através da coleta e tratamento de dados espaciais, o geoprocessamento auxilia na análise de ocorrências reais e no estabelecimento de propostas para a prevenção de eventos futuros”.

Ao tratar indiretamente sobre planejamento urbano, passando pelas necessidades básicas da população das grandes cidades, um ponto a se destacar é a carência pungente de informações georreferenciadas das áreas de risco e vulnerabilidade ambiental. Além de saber das necessidades da população em geral, quem são e como vivem aqueles que delegaram aos governantes a obrigação de zelar pelo bem estar de todos, faz-se necessário ter em mãos esse tipo de informação não apenas para fins de cadastro ou visualização, mas também para fins organizacionais voltados ao planejamento urbano, pois a simples percepção individual do risco, de eventos de baixa frequência e restritos a um determinado local, não se mostra suficiente para a criação e implementação de práticas de gerenciamento (SILVA, 2014).

Além do problema conceitual da vulnerabilidade, por possuir várias especificações, a mesma, é uma variável de difícil mapeamento. Por exemplo, na análise de riscos ambientais ao destacar a vulnerabilidade social, a mesma possui um arsenal de dados a serem levados em consideração, e, ao mesmo tempo, muitos desses dados possuem classificações subjetivas, dificultando seu mapeamento. Mesmo assim, com toda a dificuldade de mapeamento, salienta-se, que é de extrema importância a sua caracterização (da vulnerabilidade em geral), visto que a mesma é um dos pilares para a definição do risco (GOERL; KOBAYAMA; PELLERIN, 2012).

Na opinião de Veyret (2007) a vulnerabilidade é a relação da "magnitude do impacto previsível de uma área sobre os alvos". A autora explana sobre a dificuldade do mapeamento da vulnerabilidade visto a diversidade de variáveis a serem levantadas para caracterizá-la de forma adequada.

Como pode ser visto, cada vez mais as técnicas de geoprocessamento e SIG estão sendo aplicados na análise, definição e monitoramento de áreas de risco. O estudo de vulnerabilidade climática, portanto, através da utilização dos SIGs podem oferecer recursos para uma nova abordagem cartográfica por permitir auxiliar nas tomadas de decisões, favorecendo um planejamento adequado das atividades urbanas.

A importância da espacialização dos dados através do mapeamento dessas informações fornece um grande aparato nas tomadas de decisões, inclusive com vistas a redução dos impactos causados pela variabilidade climática e/ou eventos climáticos intensos.

Esses eventos, além de colocar a vida em risco causam grandes danos na infraestrutura urbana, como prejuízos às residências, às instituições públicas e privadas, às instalações industriais, comerciais e bens dos moradores.

A cidade de Uberlândia-MG se insere neste contexto, pois a existência de grande área impermeabilizada, asfaltada e ocupada pelas construções, somada à canalização dos córregos e à remoção da cobertura vegetal, diminui ano a ano a área de infiltração. Assim, com o passar do tempo, a cidade tem se tornado extremamente vulnerável à ocorrência de desastres relacionados às precipitações concentradas, cuja altura necessária para causar impactos diminui à medida que aumenta a população urbana da cidade.

Oeste do Brasil e, em dado momento, um Sistema Frontal avança ultrapassando o Trópico de Capricórnio. A partir da latitude do trópico, quando a frente depara com a MEC ocorre um aumento da umidade devido as características da MEC, fato que intensifica a nebulosidade e consequentemente as chuvas. Além disso, ao tratar sobre a atuação das ZCAS, o autor observa que

Uma faixa de intensa nebulosidade se estende de noroeste para sudeste desde a Amazônia até o interior do Atlântico Sul. Nessa faixa ocorrem precipitações intensas e recebem grandes acumulados no período de atuação, às vezes superior a 80 mm/dia. Por isso, não raro eventos de precipitação extremos (BORSATO, 2016, p. 140).

A identificação das áreas mais vulneráveis, considerando as áreas de risco, a impactos provocados pelas chuvas no ambiente urbano, somado ao uso de geotecnologias, tem possibilitado as cidades, a adoção de medidas mitigadoras e preventivas frente à ocorrência aos considerados “desastres naturais” relacionado aos eventos climáticos.

Tais constatações acerca da realidade uberlandense atual justificam as contribuições desta pesquisa em oferecer tanto a comunidade acadêmica, como à sociedade civil e pública uma análise acerca da importância do geoprocessamento na identificação das áreas em que as chuvas intensas impactam a cidade, auxiliando assim, a fomentação de ideias acerca do planejamento e modelagem urbanos, com vistas a minimizar tais impactos, bem como a vulnerabilidade de determinadas áreas diante dos eventos pluviométricos intensos.

Material e Métodos

O caminho metodológico percorrido neste trabalho contou inicialmente com a tabulação dos dados das ocorrências de atendimento da Coordenadoria Municipal de Proteção e Defesa Civil (COMPDEC) do município de Uberlândia – MG que demandaram atendimento desse órgão devido a alagamentos e inundações provocados por chuvas intensas que atingiram a área urbana. Os registros de ocorrências analisadas abrangem o período de 6 anos, de 2011 a 2016.

Para identificar a localização exata dos locais de atendimento, o endereço de cada ocorrência foi consultado no sítio eletrônico www.google.com.br/maps/ do município de Uberlândia, onde foi possível coletar as coordenadas geográficas para pontuar os atendimentos. Esta consolidação dos dados possibilitou a espacialização dos endereços no sistema SIG, onde a Defesa Civil se deslocou para o atendimento das ocorrências.

Para o mapeamento temático desse trabalho utilizaram-se tanto o software ArcGis versão 10.1, disponibilizado pelo Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia, como o Quantum Gis, versão 2.18 (software livre). Esses programas constituem ferramentas de análises em um ambiente SIG, os quais atuam na criação de mapas, compilação de dados geográficos, análise de informações mapeadas e gestão de informações geográficas a partir de um banco de dados criado previamente. Para essa etapa, fez-se necessário realizar o download das bases cartográficas da área de estudo no site do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) e da Prefeitura Municipal de Uberlândia – MG.

De posse dessas bases cartográficas da área de estudo, associou-se ao banco de dados já desenvolvido e, assim, foram criados os layers (camadas) das informações espacializadas.

Cada ocorrência tabulada está vinculada a uma coordenada geográfica X (longitude) e Y (latitude). As ocorrências foram tabuladas em planilhas Excel e para que o SIG realizasse a “plotagem” dessas informações sobre o layer do município foram criados shapes de pontos (cada qual com suas coordenadas geográficas) para cada tipo de ocorrência.

Para a elaboração dos mapas hipsométricos, os sites da Embrapa, do Brasil em Relevo e também do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), com o projeto Topodata, disponibilizam os dados geomorfométricos, chamados de Modelo Digital de Elevação (MDE), elaborados a partir dos dados SRTM, com cobertura nacional.

Quanto ao relevo da área urbana, a partir da taxa de Declividade foi possível elaborar o mapa dos tipos de relevo predominantes. Para identificar as classes de relevo da área urbana de Uberlândia, considerou-se a Classificação da Declividade proposta pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) conforme Quadro 1.

Quadro 1 - Classificação de Declividade segundo a EMBRAPA.

Declividade (%)	Discriminação
0 – 3	Relevo Plano
3 – 8	Relevo suavemente ondulado
8 – 20	Relevo ondulado
20 – 45	Relevo fortemente ondulado
45 – 75	Relevo montanhoso
> 75	Relevo fortemente montanhoso

Fonte: EMBRAPA (1979)

Os dados de precipitação foram obtidos a partir da Estação Meteorológica de Observação de Superfície Automática pertencente à Rede de Estações do INMET. Em Uberlândia, a Estação está localizada na Universidade Federal de Uberlândia (UFU) no Campus Santa Mônica. Os dados ficam armazenados em Banco de dados do Laboratório de Climatologia e Recursos Hídricos, vinculado ao Instituto de Geografia da UFU, de onde se adquiriu as tabelas de Precipitações registradas pela Estação durante todos os dias do ano, de hora em hora.

A partir do cruzamento de informações/dados e a seleção dos eventos mais impactantes na área urbana de Uberlândia-MG, foi possível discutir acerca da temática proposta no trabalho.

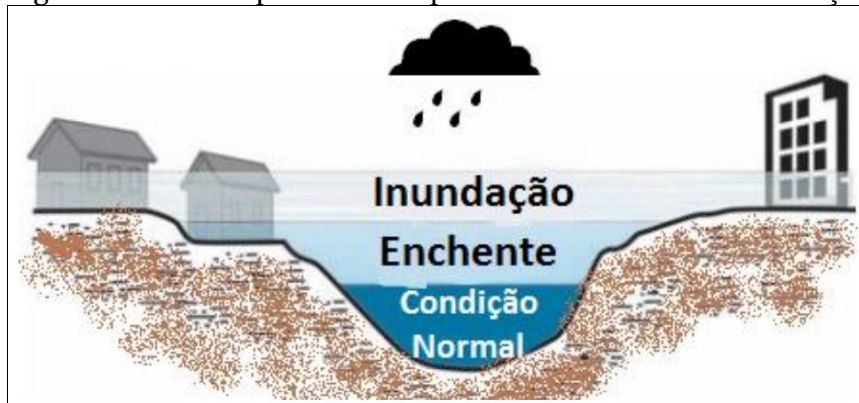
Discussão

Para melhor compreensão das nomenclaturas aqui citadas, vale ressaltar alguns conceitos, adotados inclusive pelo Departamento de Defesa Civil (DEDEC) com o intuito de contribuir com as entidades, os profissionais da área e as instituições de ensino, em todo o território nacional, de modo a uniformizar os conceitos e definições nesse campo.

Quanto aos conceitos e termos que envolvem a drenagem urbana é comum perceber que existe certa confusão ao diferenciar os termos: Enchente, Inundação e Alagamento.

De acordo com o Ministério das Cidades/Instituto de Pesquisas Tecnológicas – ITP (2007), ‘Enchente’, ou também chamada de Cheia, é a “elevação temporária do nível d’água em um canal de drenagem devido ao aumento da vazão ou descarga” (p. 90). A ‘Inundação’ se refere ao “processo de extravasamento das águas do canal de drenagem para as áreas marginais (planície de inundação, várzea ou leito maior do rio) quando a enchente atinge cota acima do nível máximo da calha principal do rio” (p. 91). O ‘Alagamento’ é definido pelo “acúmulo momentâneo de águas em uma dada área decorrente de deficiência do sistema de drenagem” (p. 94). A Figura 1 ilustra esses processos.

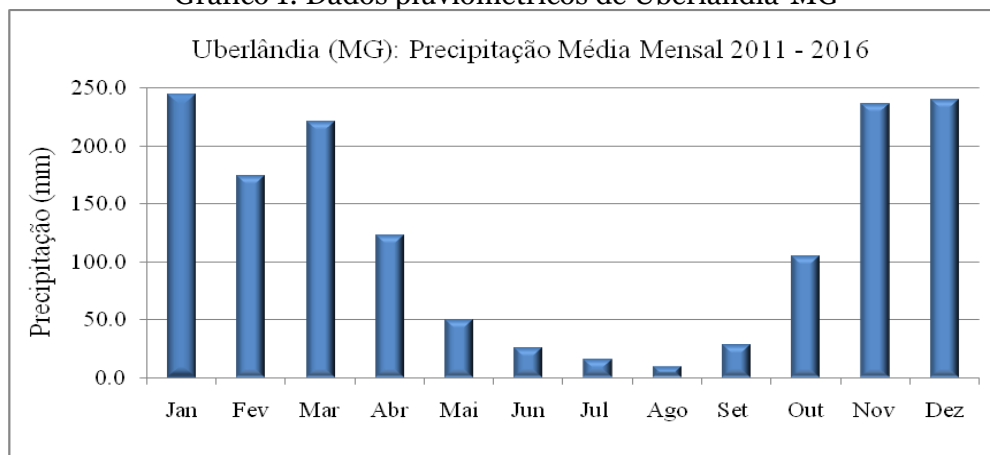
Figura 1 - Perfil Esquemático do processo de enchente e inundação



Fonte: Ministério das Cidades/ITP (2007)

A fim de correlacionar tanto os dados pluviométricos (Gráfico 1 e Tabela 1) como a localização das ocorrências das inundações e alagamentos, faz-se necessário considerar alguns elementos físicos da área urbana de Uberlândia, como a altitude e o relevo.

Gráfico 1: Dados pluviométricos de Uberlândia-MG



Fonte: Laboratório de Climatologia e Recursos Hídricos - UFU (2017)

Tabela 1: Dados pluviométricos mensais no período de 2011 a 2016.

Ano/Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
2011	233.7	195.0	303.4	160.4	4.8	16.6	0.0	0.0	25.0	134.6	124.1	253.7	1451.3
2012	259.2	182.3	175.9	151.8	53.0	49.2	15.0	0.0	27.2	87.2	258.6	175.8	1435.2
2013	292.3	238.2	179.5	108.8	147.1	0.0	0.0	7.2	44.7	104.4	98.7	372.2	1593.1
2014	102.2	104.6	117.8	181.8	14.6	0.4	74.8	2.0	19.0	55.2	353.8	155.4	1181.6
2015	135.6	197.4	288.0	118.8	37.2	20.1	4.0	0.0	46.2	86.0	297.8	229.8	1460.9
2016	444.0	125.6	263.0	12.4	40.6	64.8	0	45.2	4.8	160.6	286.6	252.0	1699.6

Fonte: Laboratório de Climatologia e Recursos Hídricos - UFU (2017)

No que se refere à hipsometria do município, as altitudes variam entre 600 a 900 metros. No perímetro urbano elas variam entre 736 a 952 metros, sendo que a maior parte da malha urbana encontra-se nas altitudes entre 800 e 952 metros (Mapa 2).

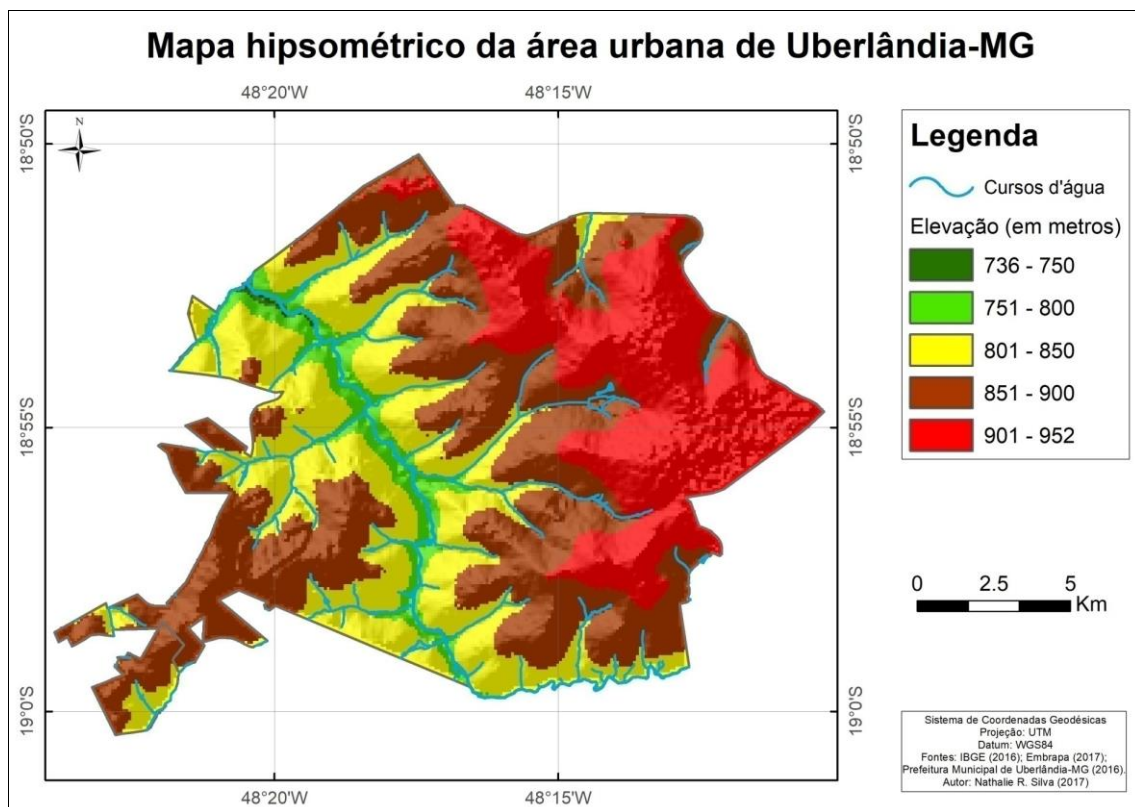
Os bairros localizados no quadrante leste estão nas áreas mais altas da cidade, entre 901 e 952 metros de altitude, como Segismundo Pereira, Morumbi, Dom Almir e Custódio A altitude diminui no sentido leste-oeste.

A área central, onde se localiza bairros como Centro, Brasil e Fundinho, situam-se principalmente nas altitudes que variam entre 800 e 900 metros, assim como a porção oeste da área urbana, onde se localizam bairros como Luizote, Planalto, e Jardim das Palmeiras.

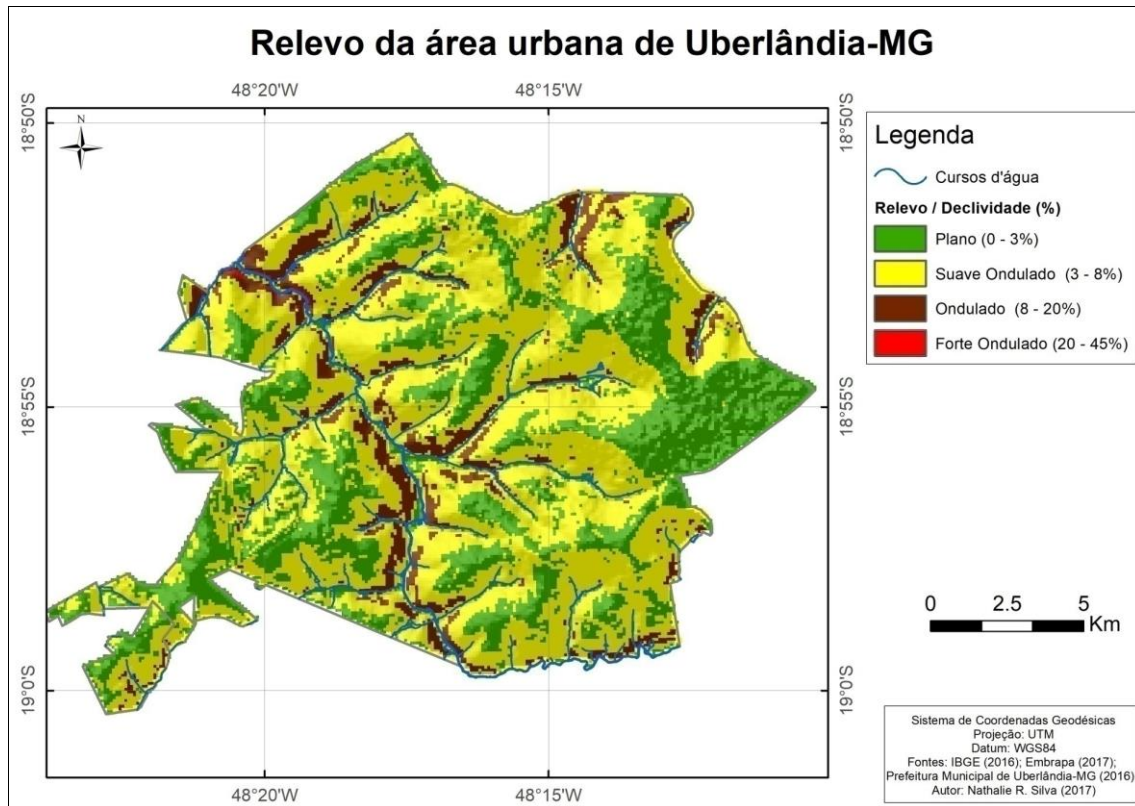
As áreas mais baixas onde a malha urbana se concentra estão nas margens do Rio Uberabinha (sentido sul a nordeste), que variam entre 751 a 800 metros de altitude. Nessas altitudes deságuam os córregos afluentes do Rio Uberabinha como o Vinhedo, São Pedro, Cajubá, do Óleo, Tabocas e Liso. Estão situados nessas áreas, bairros como Cidade Jardim, Tabajaras, Tubalina, Zona Zulmira, Osvaldo Rezende e São José.

Ao relacionar as altitudes com o tipo de Relevo, a área urbana de Uberlândia abrange, principalmente nas áreas mais altas da cidade, o Relevo do tipo 'Plano', com uma malha urbana concentrada principalmente na porção leste (Mapa 3).

Mapa 2: Altitude da área urbana de Uberlândia-MG



Mapa 3: Relevo da área urbana de Uberlândia-MG segundo classificação Embrapa (1979)



O 'Relevo suavemente ondulado' abrange praticamente todos os setores da cidade, onde se concentra a maior parte da malha urbana de Uberlândia. Já o 'Relevo ondulado' localiza-se próximo aos cursos d'água presentes no município, muitos deles inclusive estão canalizados, como é o caso do córrego São Pedro canalizado na Av. Rondon Pacheco e do córrego Taboca na Av. Getúlio Vargas. O 'Relevo fortemente ondulado' se encontra no quadrante noroeste, no leito do rio Uberabinha, local onde não há uma malha urbana concentrada, no limite do perímetro urbano.

Os registros de atendimentos da Defesa Civil classificados como Inundação (Tabela 2) ocorreram principalmente entre outubro e março, característico período chuvoso na região. Em poucos meses, foram atípicos, como as ocorrências de Maio de 2013.

Tabela 2: Ocorrências Mensais de Atendimento às Inundações (Defesa Civil de Uberlândia-MG - 2011 a 2016)

Ano / Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
2011	0	6	22	4	0	0	0	0	0	35	3	22	92
2012	1	2	4	0	0	1	1	0	1	24	10	10	54
2013	10	18	17	5	23	11	0	2	3	2	6	10	107
2014	13	14	3	12	6	3	5	11	4	5	22	4	102
2015	25	3	25	0	1	0	0	0	1	2	7	5	69
2016	1	25	186	0	0	2	0	0	0	0	10	4	228

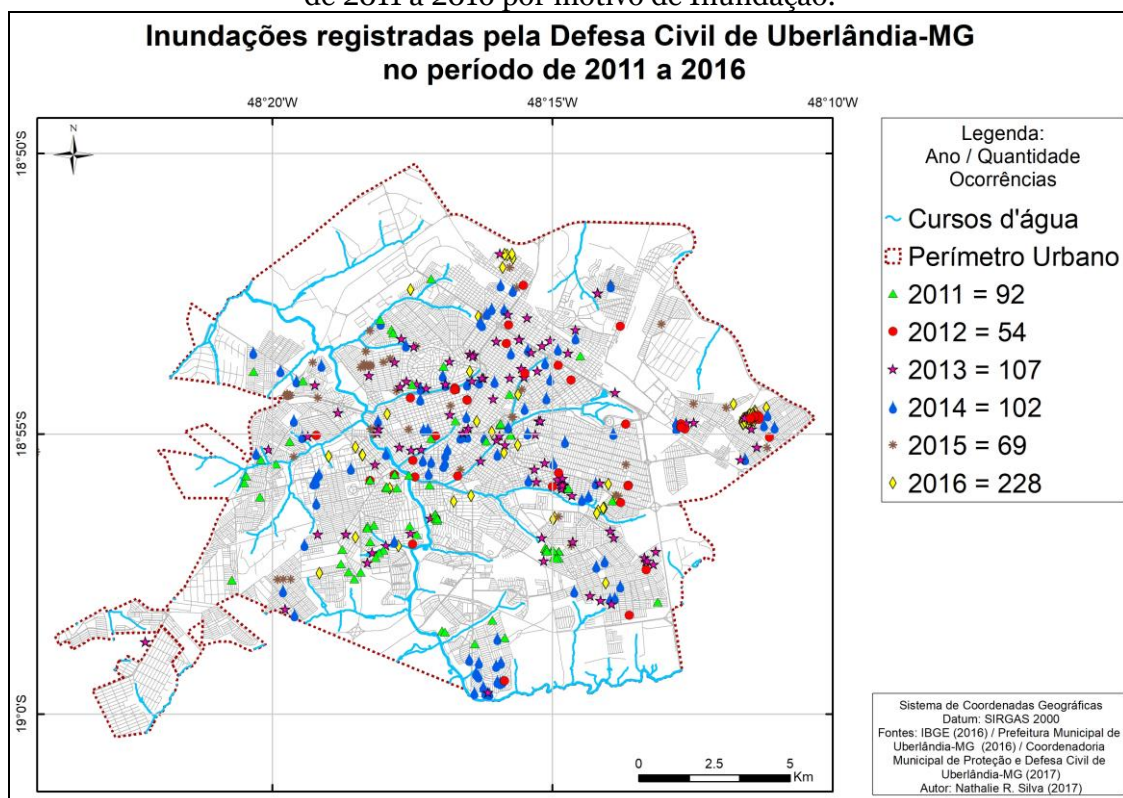
Fonte: Defesa Civil de Uberlândia (MG). Org.: O autor (2017).

Como pode ser observado no Mapa 3, os pontos de 'Inundações' se dispersou tanto na área central da cidade, como nos setores norte, sul, leste e oeste, principalmente próximo aos cursos d'água. Comparando com o Mapa 2 – Hipsométrico e também o de Relevo (Mapa 3) foi principalmente nas altitudes entre 750 e 900 metros e nas áreas de relevo 'Suave Ondulado' onde as 'Inundações' mais se manifestaram.

O ano de 2016, com o maior número de ocorrências (228), registrou pontos de Inundações principalmente na área Central e em todo o quadrante Norte, com destaque para o setor leste, onde se localiza o bairro Morumbi que contou com grande parte das ocorrências atendidas neste ano, com destaque para os mês de março, como também nos anos de 2012 a 2016, com boa parte das ocorrências nos meses de fevereiro, março, outubro e novembro, alguns desses meses com precipitação média de cerca de 200mm mensais.

Os anos de 2013 e 2014 também apresentam representatividade referente a quantidade de inundações em todos os setores da área urbana. Os destaques foram a quantidade de volume precipitado no mês de Maio/2013 (147 mm), um mês com registro de chuva atípica, por estar iniciando o período de estiagem, o que levou ao registro de 23 ocorrências de Inundação e em Novembro/2014 com o maior volume precipitado nesse ano (353 mm) que levou ao maior número de pontos de Inundação também, com 22 registros.

Mapa 3: Localização das Ocorrências atendidas pela Defesa Civil de Uberlândia-MG no ano de 2011 a 2016 por motivo de Inundação.



Os registros de atendimentos da Defesa Civil do tipo Alagamentos (Tabela 3) também ocorreram principalmente entre os meses de outubro e março. No ano de 2016 registrou-se a maior quantidade (278) com destaque para os meses de Março, com o registro de 91 pontos de alagamentos, e Dezembro, com 63, os quais ocorreram em todos os setores da área urbana (Mapa A).

A espacialização desses pontos de alagamentos, pode ser observada no Mapa 4, os quais se dispersaram no setor central em direção a porção leste da cidade. Verifica-se

também uma proximidade dos pontos de alagamento próximo aos cursos d'água. Ao contrastar com o Mapa 2 – Hipsométrico e o de Relevô (Mapa 3) nota-se que principalmente nas altitudes entre 800 e 950 metros e nas áreas de relevô 'Plano' que as ocorrências de Alagamentos foram pontuadas. Todos os setores da cidade tiveram pontos de alagamentos nos seis anos analisados.

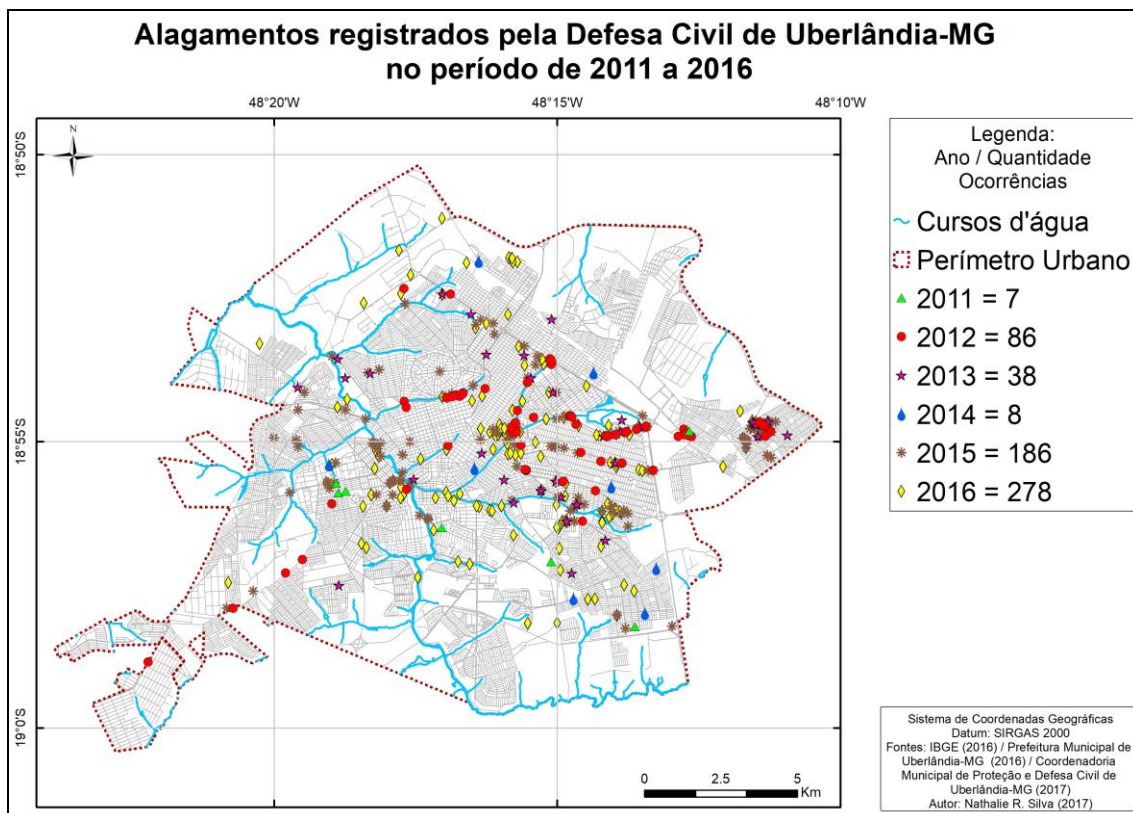
O ano de 2011 apresentou uma pequena quantidade de registros de Alagamento em pontos diversos da cidade, no ano seguinte (2012) há um expressivo aumento principalmente na porção leste, já nos anos de 2013 e 2014 houve uma redução das ocorrências de Alagamento, as quais tiveram registros em todo o ambiente urbano.

Tabela 3: Ocorrências Mensais de Atendimento aos Alagamentos (Defesa Civil de Uberlândia-MG - 2011 a 2016)

Ano / Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
2011	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	2	2	7
2012	0	0	8	0	0	0	0	0	0	29	24	25	86
2013	22	8	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	38
2014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	8
2015	10	19	67	31	5	1	0	0	7	6	30	10	186
2016	7	22	91	0	0	21	0	4	0	23	47	63	278

Fonte: Defesa Civil de Uberlândia (MG). Org.: O autor (2017).

Mapa 4: Localização das Ocorrências atendidas pela Defesa Civil de Uberlândia-MG no ano de 2011 a 2016 por motivo de Alagamentos.



Ao analisar tanto as ocorrências de ‘Inundação’ como ‘Alagamento’, em cada ano aqui proposto, há de se considerar algumas questões:

No ano de 2011, ao analisar a espacialização das ocorrências da Defesa Civil verifica-se que em todos os setores da cidade, com leve concentração na porção oeste e sul, a urbanização favorece a maximização dos impactos refletidos pelas chuvas. Ao relacionar a localização das ocorrências com o Mapa do Relevo (Mapa 3), percebe-se que foram principalmente nas áreas de Relevo ‘Plano’ e ‘Suave Ondulado’ onde esses registros mais se manifestaram, nas altitudes entre 751 a 900 metros (Mapa 2).

Há de se ressaltar, a característica de chuvas isoladas principalmente no verão. É comum ocorrer chuvas torrenciais em certas áreas da cidade e em outras não ocorrer nenhuma precipitação. A quantidade de ocorrências de atendimento da Defesa Civil se alinha aos meses onde tiveram eventos pluviométricos mais intensos: outubro, março e dezembro. Com maior quantidade delas nos dias específicos em que esses temporais aconteceram, como ocorreu por exemplo, no dia 11 de dezembro de 2011 (Figura 2).

Figura 2 - Casa desmoronada, via alagada, queda de árvore e destacamento asfáltico por consequência da chuva do dia 25 de dezembro de 2011 em Uberlândia-MG.



Fonte: Jornal Correio de Uberlândia (2011)

Os eventos pluviométricos mais intensos do ano de 2012 envolveram, principalmente, os setores central, norte e leste da cidade com destaque para as Avenidas Rondon Pacheco, Anselmo A. Santos e Prof^a Minervina C. Oliveira, situadas em áreas de Relevo ‘Plano’ e ‘Suave Ondulado’, principalmente nas altitudes entre 851 a 952 metros (Mapa 2). Esse ano, foi marcante para a população uberlandense, quanto as chuvas intensas principalmente nos três últimos meses do ano, e especialmente o evento pluviométrico do dia 10 de dezembro que com 81.8 mm de chuva em duas horas causou grandes transtornos aos munícipes, envolvendo ‘Alagamentos’ e ‘Inundação’ em todos os setores da cidade (Figura 3).

Figura 3 - Ruas alagadas, principalmente na Av. Rondon Pacheco, carros submersos, após maior chuva do ano no dia 10 de dezembro de 2012 em Uberlândia-MG.



Fonte: Jornal Correio de Uberlândia (2012).

Os reflexos da urbanização nesses eventos são observados claramente tanto na grande impermeabilização do solo, ineficiência das drenagens e não menos importante, a questão do lixo que entopem as bocas de lobo e afeta consideravelmente a área urbana nos dias mais intensos de chuva.

No ano de 2013, os setores central, norte e leste foram onde a concentração das ocorrências incidiu de forma mais acentuada, com destaque para o evento do dia 29 de maio, o qual abrangeu vários bairros da cidade, principalmente na porção norte (Mapas 3 e 4) e ficou marcado pela intensa chuva em um mês atípico de precipitações (Figura 4).

Figura 4: Alagamento na Av. Rondon Pacheco, destacamento asfáltico, queda de árvore e chuva de granizo no dia 29 de maio de 2013 em Uberlândia-MG.



Fonte: Jornal Correio de Uberlândia (2013).

Na espacialização das ocorrências, durante o ano de 2014, todos os setores da cidade sentiram os reflexos das chuvas intensas, porém foi um ano com registro de menor índice pluviométrico anual (1181 mm) e também a maioria dos meses com quantidade de chuva inferior ao comum daquele mês. O destaque desse ano foi a chuva do dia 10 de abril, apesar de ser um mês que marca o fim do período chuvoso, mas que demandou atendimento da Defesa Civil por motivo de Alagamento no bairro Morumbi, no setor leste da cidade (Figura 5).

Figura 5 - Rua no bairro Morumbi fica alagada após chuva intensa no dia 10 de abril de 2014 em Uberlândia-MG.



Fonte: Jornal Correio de Uberlândia (2014).

No ano de 2015, ao observar a localização das ocorrências tanto de Alagamento como Inundação, verifica-se o quanto a malha urbana próximo aos cursos d'água influencia nesses registros. Além disso, a ocupação da população em áreas de relevo plano onde não há sistema eficiente de drenagem gera cada vez mais transtornos a cada chuva torrencial. É o exemplo do bairro Morumbi, no extremo leste da cidade. Entretanto, os outros setores, norte, sul e oeste também sentiram os reflexos das chuvas mais expressivas no ano de 2015. O temporal do dia 03 de Março gerou transtornos nos setores central, norte e leste da cidade, como nos bairros Brasil, Marta Helena e Custódio Pereira (Figura 6).

Figura 6 - Vias alagadas nos bairros Custódio e Brasil, setor leste da cidade após chuva do dia 03 de março em Uberlândia-MG



Fonte: Jornal G1Triângulo (2015).

No ano de 2016, as inundações e alagamentos prejudicaram, na maior parte, a região central e leste da cidade. As regiões que mais sofreram com os impactos das chuvas intensas foram principalmente aquelas em áreas de relevo 'Plano' e 'Plano Ondulado'. O bairro Morumbi, não diferente dos anos anteriores, foi vítima de sérios problemas de alagamento das vias. No ano de 2016, esse cenário foi ainda mais intenso, sempre que ocorre uma forte chuva naquela região o bairro sofre as consequências do problema de escoamento das águas pluviais, como o temporal do dia 12 de março (Figura 7). As Avenidas Rondon Pacheco e Anselmo A. dos Santos merecem destaque por estarem envolvidas na maioria dos eventos pluviométricos ocorridos no ano de 2016, como o ocorrido nos dias 13 e 14 de dezembro (Figuras 8 e 9).

Figura 7 - Ruas alagadas, casas inundadas e asfalto de Avenida em Uberlândia-MG arrancado com a força da água após chuva do dia 12 de março de 2016



Fonte: Jornal G1 (2017).

Figura 8 - Via alagada com a chuva do dia 13 de dezembro de 2016 em Uberlândia-MG



Fonte: Jornal G1 Triângulo Mineiro (2016).

Figura 9 - Alagamentos provocados com a chuva do dia 14 de dezembro de 2016



Fonte: Jornal G1 Triângulo Mineiro (2016).

Conclusão

Os impactos que as chuvas causam nas cidades é, sem dúvida, um assunto complexo e que exigem análises que permeiem diversas vertentes, seja de cunho social, ambiental, cultural, político e econômico diante dos diversos problemas de planejamento urbano, como, a elevada impermeabilização e compactação de solos, ausência de cobertura vegetal, deficiência no sistema de captação das águas, os quais contribuem para a permanência de uma sociedade de riscos.

O perímetro urbano de Uberlândia, como um todo, foi susceptível aos impactos das chuvas. Em todos os setores das cidades, as chuvas intensas mostraram os seus reflexos. Na área onde a malha urbana é mais concentrada, com poucos espaços vazios, identificou-se o maior número de alagamentos e inundações, como é o caso da área central. O setor leste também apresentou estar constantemente vulnerável aos impactos das chuvas. Praticamente em todos os setores da cidade, existem locais considerados com risco de alagamento.

Em relação a topografia, nas altitudes entre 750 a 850 metros, principalmente onde a declividade do relevo se inclina para os cursos d'água, são as áreas mais vulneráveis aos riscos decorrentes de inundação. A declividade do relevo do perímetro urbano de Uberlândia apresenta pouca variação, principalmente entre 0° e 9°, o que caracteriza um relevo em sua maior parte como 'Plano' e 'Suave Ondulado'. Essa característica física justifica, quando das chuvas intensas, ocorrer inúmeros pontos de alagamento com dificuldades de escoamento das águas pluviais. Fato que justifica também a pouca existência de deslizamentos de terra ou de encosta quando ocorrem chuvas prolongadas.

Já nas áreas mais altas e planas da cidade, principalmente entre 900 e 950 metros, de relevo 'Plano' identificou-se que, principalmente o bairro Morumbi, a cada evento pluviométrico extremo se mostra ainda mais vulnerável. Caracterizado como um bairro de baixa renda, sérios problemas de drenagem para o escoamento da água pluvial continuam sem uma solução eficaz por parte dos órgãos públicos.

Em relação a espacialização dos registros da Defesa Civil sobre a malha urbana, através do mapeamento desses dados, relacionando-os com os mapas de altitude, declividade e relevo, percebe-se a importância das técnicas e tecnologias de geoprocessamento, enquanto ferramenta eficaz e essenciais para o estudo e planejamento do espaço, principalmente quando associado aos estudos de impacto ambiental, como já abordado por Dias (et al., 2002).

Referências

ALCANTARA, L. H.; ZEILHOFER, P. **Aplicação de técnicas de geoprocessamento para avaliação de enchentes urbanas: estudo de caso – Cáceres, MT.** Anais 1º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Campo Grande, Brasil. Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p.18-27. 11-15 novembro 2006.

BORSATO, V. A. **A dinâmica climática do Brasil e massas de ares.** 1 ed. Curitiba, PR: CRV, 2016.

BAIRROS de Uberlândia ficam alagados após chuva desta terça-feira. **Jornal G1 Triângulo Mineiro Uberlândia.** 03 mar. 2015. Disponível em <<http://www.correiodeuberlandia.com.br/cidade-e-regiao/chuva-desta-tarde-caoa-pane-eletrica-em-veiculos-e-alagamentos/>>. Acesso em: Jul. 2017.

CHUVA forte atinge Uberlândia na tarde desta quinta-feira e causa transtornos. **Jornal Correio de Uberlândia.** 10 abr. 2014. Disponível em <http://www.correiodeuberlandia.com.br/cidade-e-regiao/chuva-forte-atinge-uberlandia-na-tarde-desta-quinta-feira-e-caoa-transtornos/>. Acesso em: Jul. 2017.

DIAS, J. E.; GOMES O. V. DE O.; COSTA M. S. G. C. da; GARCIA J. M. P., GOES., M. H. de B.. **Impacto ambiental de enchentes sobre áreas de expansão urbana no município de Volta Redonda/Rio de Janeiro.** Rev. biociênc., Taubaté, v.8, n.2, p.19-26, jul.-dez. 2002. Disponível em: <<http://periodicos.unitau.br/ojs-2.2/index.php/biociencias/article/viewFile/68/46>>. Acesso em: Jul. 2017.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, Monitoramento por satélite. **Brasil em relevo.** Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpn.embrapa.br/download/mg/mg.htm>>. Acesso em: Abr. 2017.

GOERL, R. F.; KOBIYAMA M.; PELLERIN, J. R. G. M. **Proposta metodológica para mapeamento de áreas de risco a inundação: estudo de caso do município de Rio Negrinho - SC.** Bol. Geogr., Maringá, v. 30, n. 1, p. 81-100, 2012.

LEMOS, V.; BOENTE, F. Chuva forte causa alagamento e destruição em vários pontos de Uberlândia. **Jornal Correio de Uberlândia.** 10 dez. 2012. Disponível em <<http://www.correiodeuberlandia.com.br/cidade-e-regiao/chuva-forte-caoa-alagamento-e-destruicao-em-varios-pontos-de-uberlandia/>>. Acesso em: Jul. 2017.

LEMOS, V. Chuva do domingo de Natal foi a mais forte desde 1986. **Jornal Correio de Uberlândia.** Uberlândia. 26 dez. 2011. Disponível em <<http://www.correiodeuberlandia.com.br/cidade-e-regiao/chuva-do-domingo-de-natal-foi-a-mais-forte-desde-1986/>>. Acesso em: Jul. 2017.

MARCELINO, E. V. **Desastres Naturais e Geotecnologias: Conceitos Básicos.** Ministério da Ciência e Tecnologia. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. São José dos Campos, 2008.

PIRES, V. Escola Municipal e avenidas ficam alagadas com chuva forte em Uberlândia. **Jornal Correio de Uberlândia.** 22 fev. 2013. Disponível em <<http://www.correiodeuberlandia.com.br/cidade-e-regiao/escola-municipal-e-avenidas-ficam-alagadas-com-chuva-forte-em-uberlandia/>>. Acesso em: Jul. 2017.

PREFEITURA MUNICIPAL DE UBERLÂNDIA. **Coordenadoria Municipal de Proteção e Defesa Civil (COMPDEC).** Uberlândia, 2016. Arquivo de registro de ocorrências.

RAMOS, Y. S.; Rêgo, S. C. A.; RIBEIRO, G. N.; PEDROZA, J. P.; BARROS, D.F. **Integração Geoprocessamento SIG na identificação de área susceptíveis à inundação**. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v. 7, n. 5, p. 91-95, 2013.

REZENDE, P. S.; Rosa, R. **Uso de geotecnologias para estudo da vulnerabilidade socioambiental em Paracatu-MG: uma análise dos setores censitários em situação de risco devido à proximidade com os cursos d'água**. In: A diversidade da Geografia Brasileira: Escalas e Dimensões da Análise e da Ação. Anais do XI – Encontro Nacional da Anpege. 12 p. 2015.

ROCHA, C. H. B. **Geoprocessamento: Tecnologia Transdisciplinar**. Juiz de Fora: Ed. do Autor, 2002.

SILVA, A. V. X. **Uso de geotecnologias no mapeamento de áreas de vulnerabilidade ambiental em Campina Grande**. Campina Grande, 2014. 45p. Monografia (Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental), Universidade Estadual da Paraíba.

SILVA, E. M.; ASSUNÇÃO, W. L. **O clima na cidade de Uberlândia-MG**. Revista Sociedade & Natureza. Uberlândia, 16 (30): 91 -107, jun, 2004.

SILVA, N. R. **Caracterização do Regime Climático Regional: uma análise dos parâmetros de temperatura, precipitação e balanço hídrico do Triângulo Mineiro**. 2010. Monografia (Graduação em Geografia) - Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG, 2010.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA. **Laboratório de Climatologia e Recursos Hídricos**. Uberlândia, 2017. Arquivo de dados climatológicos.

Veyret, Y. **Os Riscos: o homem como agressor e vitima do meio ambiente**. São Paulo: Contexto, 2007.

Recebido em: 23/03/2018

Aprovado para publicação em: 30/07/2018