

A influência do relevo e das coberturas superficiais no uso e ocupação das terras urbanas: alagamentos sazonais em topos de cimeira na cidade de Uberlândia/MG ,Brasil

The influence of relief and surficial covers on urban land use and land cover: seasonal flooding on summits in Uberlândia/MG, Brazil

La influencia del relieve y la cobertura de la superficie en el uso y ocupación del suelo urbano: inundaciones estacionales en las cimas de las cumbres de la ciudad de Uberlândia/MG ,Brasil



Vinícius Borges Moreira

Universidade Estadual de Campinas - Campinas - São Paulo - Brasil
viniciusmoreira@ige.unicamp.br



Archimedes Perez Filho

Universidade Estadual de Campinas - Campinas - São Paulo - Brasil
archi@unicamp.br



Cláudio Antonio Di Mauro

Universidade Federal de Uberlândia - Uberlândia - Minas Gerais - Brasil
claudiodimauro@ufu.br

Resumo: Em grandes e médios centros urbanos brasileiros, não são incomuns processos de alagamentos durante as estações chuvosas, sendo muito particulares os fatores que desencadeiam tais ocorrências. Na cidade de Uberlândia/MG, especificamente no bairro Morumbi, os alagamentos sazonais são observados desde a sua formação, desencadeando diversos impactos urbanos e sociais. A influência do relevo e das coberturas superficiais que ali ocorrem pode explicar parte desse fenômeno, que já acontecia antes mesmo da ocupação do bairro. Nessa perspectiva, o objetivo deste trabalho é ponderar sobre os aspectos geológico-geomorfológicos regionais para compreender a dinâmica dos sistemas naturais pré-existentes à povoação, por meio de

fotografias aéreas, radares disponíveis e intensidade das chuvas, correlacionando tais dados aos pontos de alagamentos registrados entre os anos de 2012 e 2016 pela Defesa Civil do município. Por meio da metodologia aplicada, identificou-se que o bairro foi edificado sobre relevo residual da chapada Uberlândia-Uberaba, sendo que os principais pontos de alagamento do local ocorrem em antigas depressões de cimeira que cumprem o papel de armazenar água durante o período chuvoso neste compartimento geomorfológico, processo que é intensificado pela impermeabilização artificial das terras e pela intensidade das precipitações, o que provoca os recorrentes alagamentos em períodos chuvosos.

Palavras-chave: Alagamentos urbanos, Relevo residual, Chapada, Eventos extremos de precipitação.

Abstract: Flooding processes during rainy seasons are common in large and medium urban centers in Brazil, and their causing factors are very particular. In the city of Uberlândia, state of Minas Gerais, specifically in the Morumbi neighborhood, seasonal floodings have been observed since the settlement of houses, causing several urban and social impacts. The influence of relief and surficial covers may explain part of this phenomenon, which already happened even before the establishment of the neighborhood. In this perspective, we considered regional geological-geomorphological aspects to understand the dynamics of the pre-existing natural systems to the population through image analysis, aerial photographs, radars available, and rainfall intensity, correlating such data to the flooding areas registered between 2012 and 2016 by the municipality's Civil Defense. We identified that the neighborhood was established on residual relief of the Uberlândia-Uberaba plateau, and the main flooding areas are in former summit surface depressions that store water during the rainy season in this geomorphological compartment. This process is intensified by the artificial impermeability of the land and by the rainfall intensity, which causes recurrent floodings in the rainy season.

Keywords: Urban flooding; Residual relief; Plateau; Extreme precipitation events.

Resumen: En los grandes y medianos centros urbanos brasileños, los procesos de inundación no son infrecuentes durante las temporadas de lluvias, siendo muy particulares los factores que desencadenan tales ocurrencias. En la ciudad de Uberlândia/MG, específicamente en el barrio de Morumbi, las inundaciones estacionales son observadas desde su

formación, desencadenando diversos impactos urbanos y sociales. La influencia del relieve y de las coberturas superficiales que allí se producen pueden explicar parte de este fenómeno, que ya sucedía incluso antes de la ocupación del barrio. En esta perspectiva, el objetivo de este trabajo es ponderar sobre los aspectos geológico-geomorfológicos regionales para comprender la dinámica de los sistemas naturales preexistentes a la población, a través del análisis de imágenes, fotografías aéreas, radares disponibles e intensidad de las lluvias, correlacionando dichos datos con los puntos de inundación registrados entre los años 2012 y 2016 por la Defensa Civil del municipio. Mediante la metodología aplicada, se identificó que el barrio fue edificado sobre el relieve residual de la meseta Uberlândia-Uberaba, siendo que los principales puntos de inundación del sitio se dan en antiguas depresiones de cumbres que cumplen el papel de almacenar agua durante la época de lluvias en este compartimiento geomorfológico, proceso que es intensificado por la impermeabilización artificial del terreno y por la intensidad de las precipitaciones, lo que provoca las inundaciones recurrentes en épocas lluviosas.

Palabras clave: Inundación urbana, Relieve residual, Meseta, Eventos de precipitación extrema.

Introdução

As áreas de relevo plano, situadas na porção superior da vertente, tendem a ser mais valorizadas pelos empreendimentos de incorporação imobiliária em centros urbanos localizados no interior do Brasil. Tal valoração está relacionada à baixa susceptibilidade a inundações, enxurradas, movimentos de massa, conforme apontado por Andrade et al. (2014), e menor necessidade em manejo de corte/aterro no seu parcelamento/instalação de infraestrutura urbana. Porém, nesse cenário, há exceções, por exemplo, quando combinados processos geomorfológicos atuantes na formação do relevo e estruturas geológicas específicas, sendo esse o caso de investigação deste trabalho.

Situa-se, neste contexto, o bairro Morumbi, na cidade de Uberlândia/MG, que está localizado em porção de cimeira do relevo. A região tem um grave problema: a ocorrência de alagamentos sazonais recorrentes, conforme descrito por Mendes (2001), Silva (2013), Medeiros (2015), Silva e Mendes (2018) e Leite (2019). Relatados desde a criação do bairro em meados da década de 1990, sendo destaque em jornais e noticiários locais (Serafim, 2001; Corrêa, 2006), os alagamentos ganharam maior repercussão na última década devido à difusão de fotografias e vídeos em redes sociais, feitos pelos próprios moradores afetados pelo fenômeno, caracterizando-se como problema crônico na cidade.

A dinâmica hidrogeomorfológica local pode explicar parte dessas ocorrências, pois, aparentemente, não foi considerada quando da instalação do empreendimento imobiliário no bairro, subdimensionando a rede de drenagem pluvial, que se tornou ineficiente. Esta não comporta eventos de precipitação de maior intensidade e/ou volume, incumbindo prejuízos à saúde e à economia das famílias que atualmente residem nos *hotspots* de alagamento do referido local.

Em relação aos processos genéticos geomorfológicos nesse contexto, destacam-se as superfícies de aplainamento, que, de acordo com Marques Neto (2014), são caracterizadas como superfícies de erosão ou acumulação resultantes de processos estruturais ou paleoclimáticos, esculpidas em diferentes períodos/épocas geológicas, sendo eventos de curta duração ou prolongados. As coberturas superficiais sobre tais superfícies de aplainamento, que consistem no material de origem dos solos, herdam suas características texturais, influenciando na

capacidade de infiltração da água em sua área de ocorrência, assim como as feições depressionárias do relevo, e favorecendo o acúmulo de água.

A influência climática consiste em outro fator igualmente importante a ser considerado nas discussões sobre alagamentos em relevos de cimeira, com destaque para os eventos extremos de precipitação, conforme descritos por Vicente (2004). Além disso, pondera-se a impermeabilização artificial promovida pela ocupação urbana, que tende a aumentar com o tempo, sendo esses aspectos debatidos por Tavares e Silva (2008) e Menezes Filho e Amaral (2014) em distintas abordagens metodológicas complementares. Por fim, há a questão da infraestrutura deficitária da rede de drenagem pluvial existente na cidade de Uberlândia, apresentada e debatida por Medeiros (2015), que elencou os principais problemas dessa rede e destacou os alagamentos no bairro Morumbi nesse contexto, concluindo, assim, as principais variáveis consideradas nesta análise.

Debater os processos de formação do relevo, assim como a distribuição espacial das superfícies de aplainamento e depósitos correlativos na região, traz à luz questões referentes ao ordenamento territorial e planejamento urbano, possuindo diversos instrumentos preventivos que deveriam ser seguidos pelos órgãos públicos e agentes imobiliários, como o Plano Diretor Municipal, o Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE), o Plano de Bacias Hidrográficas, dentre outros. Esses deveriam ser a base para os processos de expansão urbana, o que reduziria impactos negativos à qualidade de vida e dos recursos naturais, por meio dos projetos sustentáveis de incorporação imobiliária (MMA, 2012).

A partir do panorama apresentado, o objetivo deste trabalho consiste em descrever os principais fatores que desencadeiam os processos de alagamentos que ocorrem no bairro Morumbi, na cidade de Uberlândia/MG. Para tal, a caracterização e discussão dos aspectos geológico-geomorfológicos da área de estudo foram produzidas por meio de análise de imagens, fotografias aéreas e radares disponíveis, associando-os a eventos de precipitação e impermeabilização urbana.

Assim, elaborou-se uma análise sobre como esses elementos da paisagem influenciam nos alagamentos que afetam a área descrita e a população local. Tal investigação, portanto, reforça a necessidade de planejamento do uso e ocupação futura de outras áreas urbanas com características topomorfológicas similares,

que podem desencadear os mesmos impactos urbanos.

Caracterização da área de estudo

O perímetro urbano do município de Uberlândia/MG está majoritariamente localizado no médio curso da bacia hidrográfica do rio Uberabinha; porém, sua borda leste ocupa outra bacia hidrográfica, a do rio Araguari, estando o bairro Morumbi situado exatamente sobre o divisor de águas entre as mencionadas bacias, conforme ilustrado na Figura 1.

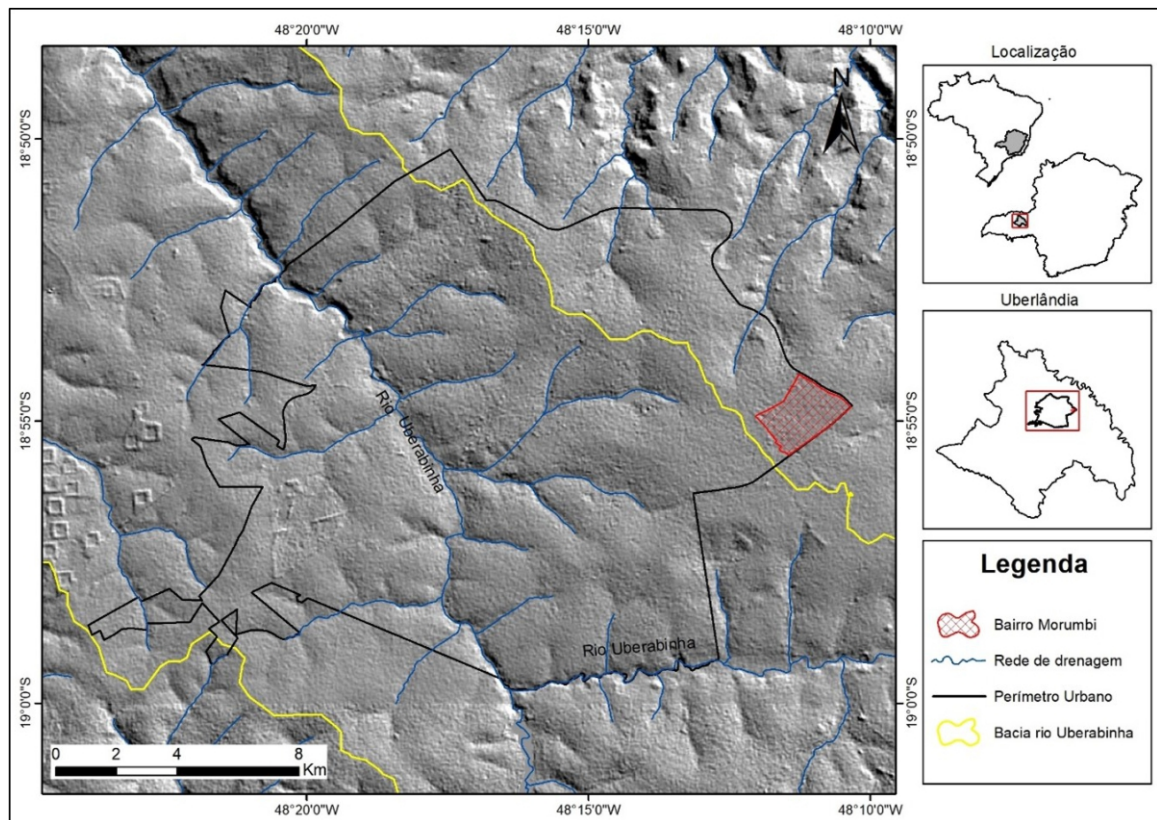
As considerações geológico-geomorfológicas desta pesquisa iniciam-se a partir da ocupação, parcelamento e loteamento dessa área para habitação, que ocorreu na década de 1990. Ressalta-se que não existem rios ou córregos que atravessam o bairro Morumbi, sendo os alagamentos o processo hidrológico predominante identificado na área com potencial de provocar risco à população. De acordo com Valente (2009), os alagamentos são acúmulos de água ocasionados pelas enxurradas, que, por sua vez, são escoamentos superficiais provocados por chuvas de maior intensidade, em áreas parcialmente ou totalmente impermeabilizadas por processos naturais ou de ação antrópica.

Em áreas planas, como o bairro Morumbi, a água pluvial não esco rapidamente, pois não há declividade e energia suficiente para tal, o que faz com que a água se acumule em locais ligeiramente mais rebaixados que o entorno, provocando os processos de alagamentos.

Figura 1 - Localização da área de estudo

A influência do relevo e das coberturas superficiais no uso e ocupação das terras urbanas: alagamentos sazonais em topos de cimeira na cidade de Uberlândia/MG

Vinicius Borges Moreira · Archimedes Perez Filho · Cláudio Antonio Di Mauro



Fonte: ANA, 2015; PMU, 2019. Elaborado pelos autores.

Aspectos geológicos-geomorfológicos e climáticos

Para a compreensão dos processos relativos às características geológico-geomorfológicas locais, é preciso abordá-las primeiramente em escala regional, pois parte da organização da paisagem local consiste em reflexo dos processos de maior abrangência espacial. Sendo assim, conforme Ab'Sáber (2003), é importante destacar que o Triângulo Mineiro está inserido no grande “domínio dos chapadões tropicais interiores com cerrados e florestas-galeria”, que consistem em extensas chapadas que variam de 600 a 1100 metros de altitude aproximadamente, recobertos naturalmente por vegetação de Cerrado. Essas chapadas se apresentam na paisagem como patamares escalonados, correspondentes a ciclos erosivos específicos, e são seccionadas por grandes rios, com diferentes dinâmicas e processos em cada um desses patamares (MOREIRA, 2017).

Moreira e Perez Filho (2020) apresentam modelos

topomorfológicos que correlacionam as superfícies de aplainamento descritas por King (1956) aos grupos ou formações rochosas encontradas na chapada Uberlândia-Uberaba, que se situa próximo à área de estudo, caracterizando os níveis altimétricos e feições geomorfológicas em cada patamar.

A mencionada chapada corresponde à superfície Sul-americana, sendo o patamar mais elevado da região. Ela é sustentada por derrames basálticos da Formação Serra Geral sob arenitos do Grupo Bauru, que são, por sua vez, recobertos por Coberturas Dentrítico-lateríticas, depósitos correlativos que dão origem às coberturas superficiais de textura muito argilosa, características desse ambiente. Dessa forma é constituído o relevo tabular da região, o que proporciona condições ambientais favoráveis à concentração de umidade na superfície, possibilitando, por meio de falhas na estrutura rochosa subjacente, abatimentos geoquímicos, formando, assim, as depressões em níveis de cimeira (BARCELOS, 1984; CODEMIG, 2017; MOREIRA, 2017).

As depressões côncavas de cimeira são feições geomorfológicas características dos patamares aplainados mais elevados, identificáveis em fotografias aéreas geralmente pela ocorrência de microrrelevos de murundus em seu interior, que consistem em montículos ou morrotes convexos, circulares ou elípticos com tamanho variável, conforme descreve Schneider (1996). Por esse motivo, tais depressões e microrrelevos são o principal geoindicador desse ambiente, auxiliando na delimitação do citado patamar geomorfológico.

O clima consiste no segundo fator preponderante para análise dos alagamentos na área de estudo, sendo relevante a compreensão da variável precipitação nesse contexto. Segundo Silva e Assunção (2004), a cidade de Uberlândia está alocada na região climática subtropical úmido (Cwa), com pluviosidade média de 1500 mm/ano, possuindo chuvas mal distribuídas; entre outubro e março, ocorrem 86,75% das chuvas anuais, tendo dezembro a maior média mensal, com precipitação de 318,6 mm.

Em classificação mais recente, Novais et al. (2018) delimitam grande parte do município de Uberlândia como Tropical Semisseco Meridional (Tr*m) – chegando no nível de subtipos climáticos –, englobando a área de estudo, somente sendo classificados como Tropical Semi Úmido Meridional (Tr'm) as áreas mais elevadas da chapada Uberlândia-Uberaba, que ocorrem acima de 1000 metros de altitude a sudeste da área de pesquisa.

Ao analisar os maiores volumes pluviométricos em um período de 24 horas para a cidade de Uberlândia, com série temporal de 34 anos, Petrucci e Oliveira (2019) identificaram considerável oscilação interanual, destacando que as máximas anuais variam de 48,0 a 147,0 mm, ocorrendo em dezembro de 1996 e janeiro de 2002, respectivamente. Ainda de acordo com os autores, as maiores concentrações de precipitação em 24 horas identificadas foram de 147,0 e 126,8 mm, ocorrendo nos meses de janeiro de 2002 e 1983. Petrucci e Oliveira (2019) também concluíram que o trimestre novembro-dezembro-janeiro concentra os maiores valores aferidos na série histórica, possuindo, portanto, o maior potencial de provocar riscos de alagamentos e enchentes.

Quanto aos principais sistemas atmosféricos que influenciam na pluviosidade regional e no município de Uberlândia, Mendes (2001) destaca a atuação das frentes frias (35,8%), das instabilidades tropicais (26,1%) e dos sistemas produtores de estabilidade (27,6%), obtendo proporção relativamente equilibrada entre os sistemas. De forma complementar em revisão de literatura, Leite (2019) aponta que grande parte dos episódios pluviométricos que afetam a região é relacionado à dinâmica da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), Zonas Frontais e Sistemas Frontais.

Ademais, as considerações estatísticas climáticas possuem destaque nesta discussão. Estudos de escala regional realizados por Santos e Ferreira (2016) e Petrucci e Oliveira (2019) apresentam resultados relevantes sobre as tendências pluviométricas, destacando a importância das chuvas de veranico durante a estação chuvosa e a maior intensidade das chuvas nos primeiros minutos de ocorrência, com período de retorno mais longos, assim como precipitação de maior volume, respectivamente.

Ao observar-se a organização dos sistemas ambientais climáticos, fora as médias descritas, nota-se que são altamente dinâmicos e de caráter sistêmico, apresentando variabilidade natural e intrínseca em seu ritmo, sendo os eventos extremos, anômalos ou excepcionais parte dessa complexa relação, como descreve Vicente (2004).

Sendo assim, a identificação e a padronização de eventos extremos de precipitação positivos podem auxiliar na compreensão desses fenômenos, que possuem ao menos três efeitos práticos mensuráveis: humano, social e econômico. A

forma de mensuração pode ser compreendida por meio de interpretação física ou estatística e também do ponto de vista social, sendo que as condições ambientais das áreas afetadas são capazes de modelar o potencial de danos causados por determinado evento de precipitação, fazendo com que seu limiar não seja, do ponto de vista dos danos causados, puramente estatístico ou puramente social (MONTEIRO; ZANELLA, 2017).

A combinação das características geomorfológicas da paisagem e fenômenos atmosféricos de precipitação indica o caminho metodológico deste trabalho, que aborda uma análise espacial desses fenômenos.

Materiais e métodos

Considerando que os elementos da paisagem possuem caráter complexo, mantendo uma interdependência entre si, a abordagem sistêmica em Geografia, discutida por Christofolletti (1999), ajuda a compreender a distribuição dos elementos geográficos desta pesquisa. As organizações espaciais resultam das interações entre meio físico natural e ações antrópicas, e estas últimas ocorrem em nível hierárquico superior, segundo Dias e Perez Filho (2017). Considerando tais premissas, primeiramente foram abordados os aspectos da natureza (geomorfologia, geologia e clima) e, em seguida, os aspectos dos sistemas antrópicos (uso e ocupação das terras e impermeabilização antrópica), para posterior correlação e mensuração de responsabilidade dos agentes, concluindo a análise das organizações espaciais da área de estudo. Estatística básica e modelos de evolução topomorfológicos das paisagens regionais foram utilizados como apoio para compreensão e ilustração dos processos mencionados, assim como imagens orbitais e não orbitais, que se constituíram como instrumentos colaborativos importantes desta pesquisa.

Para elaboração do modelo digital de elevação, que correlaciona a área de estudo à chapada adjacente, foram utilizadas imagens do radar Missão Topográfica Radar Shuttle (SRTM), disponibilizadas pelo United States Geological Survey (USGS) (2014), com resolução espacial de 30 metros. O material foi fundamental para compreender a evolução geomorfológica regional.

A partir da análise de fotografias aéreas e imagens de satélite, foi feita a identificação das depressões, feições geomorfológicas típicas das superfícies de cimeira antes da ocupação urbana, associando-as aos principais focos de alagamentos atuais. Para isso, foram georreferenciadas fotografias aéreas de 1964 elaboradas pela Forças Aérea dos Estados Unidos (USAF) e imagens de diversos satélites do ano de 2019 disponibilizadas no Google Earth Pro.

Para análise dos parâmetros de chuvas entre 2012 e 2016 e da correlação com episódios de alagamentos identificados pela Defesa Civil, foram coletados dados de precipitação da estação meteorológica Uberlândia-A507, do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (2020), localizada a aproximadamente 7 quilômetros da área de estudo. A classificação dos tipos de chuva foi sistematizada a partir da metodologia de Santos e Ferreira (2016), que, ao analisar a variabilidade pluviométrica na região do Triângulo Mineiro num recorte temporal de 33 anos, utilizaram os seguintes critérios para tipificar a intensidade das chuvas em 24 horas: <10 mm – chuva fraca; 10,1 mm a 20 mm – chuva moderada; 20,1 mm a 29,9 mm – chuva forte a moderada; e >30 mm – chuva forte. Por meio dessa sistematização, os resultados foram obtidos com o uso do *software* Excel 2018.

As ocorrências de alagamentos atendidas pela Defesa Civil de Uberlândia, elencadas por Silva e Mendes (2018) e pelo plano de emergência pluviométrica da cidade de Uberlândia PMU (2019a), no bairro Morumbi entre 2012 e 2016, correspondem aos aspectos sociais abarcados nesta pesquisa, fundamentais para a identificação dos *hotspots* de alagamentos, cartografados e correlacionados com áreas naturalmente suscetíveis a alagamentos.

Para a elaboração do mapa de densidade de pontos de alagamento, foi utilizada a base de chamados de emergência registrados pela Defesa Civil de Uberlândia. Essa base possui data da ocorrência e motivos dos chamados efetuados pela população. Sendo assim, foi possível separar os chamados registrados no bairro Morumbi que estavam associados a problemas com alagamentos, excluindo da análise outros registros no período.

A partir do georreferenciamento dos chamados registrados, foi construída uma malha de pontos, em que é possível identificar as áreas de maior recorrência de alagamentos por meio da interpolação de Kernel. Todos os procedimentos metodológicos foram realizados em ambiente Sistema de Informação Geográfica

(SIG), com o suporte do *software* ArcGIS, 10.7.

Resultados e discussões

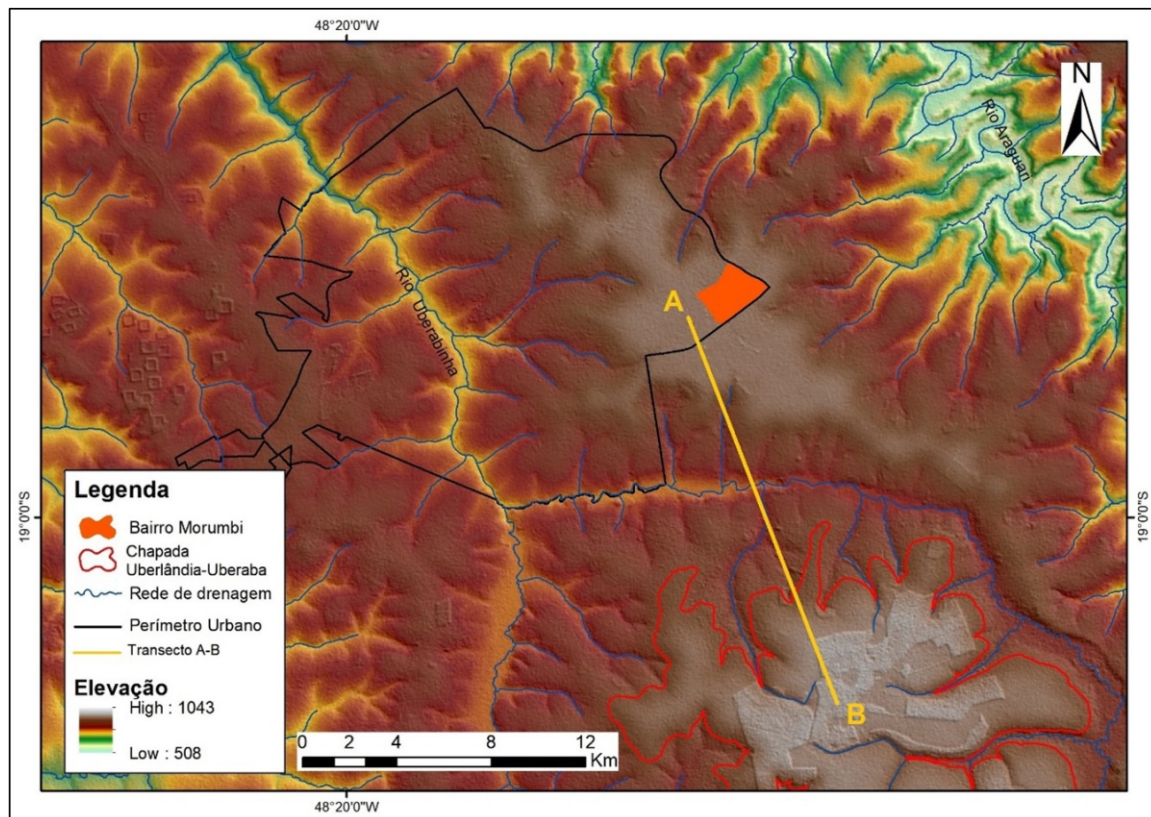
A chapada Uberlândia-Uberaba, que ocorre próximo ao perímetro urbano da cidade analisada, é de suma importância para a compreensão do contexto geológico-geomorfológico regional, pois, ao reconstruir cenários pretéritos da paisagem, observa-se que outrora a chapada possuía maior extensão, sendo o encaixe vertical dos canais fluviais responsáveis pela sua fragmentação, como pode ser observado na Figura 2. Com cotas altimétricas superiores a 900 metros, a área não dissecada entre os rios Uberabinha e Araguari, onde se localiza o bairro Morumbi, consiste em relevo residual da referida chapada, sendo classificada topograficamente com a mesma coloração de acordo com o Modelo Digital de Elevação (MDE) da Figura 2 (MOREIRA, 2017).

Em sequência, a Figura 3 ilustra o nível N(1) como correspondente à superfície Sul-americana, que foi seccionada pelo rio Uberabinha, tendo a porção à esquerda do transecto o mesmo relevo residual descrito anteriormente. A variação litológica também deixa evidente essa relação, pois oscila de acordo com o encaixe erosivo do vale, expondo as rochas mais antigas, cuja exumação é provocada pelos ciclos erosivos posteriores ao aplainamento generalizado do relevo, como os ciclos “Velhas” e “Paraguaçu”.

Figura 2 – Bairro Morumbi sobre relevo residual da chapada Uberlândia-Uberaba e localização do transecto topomorfológico A-B

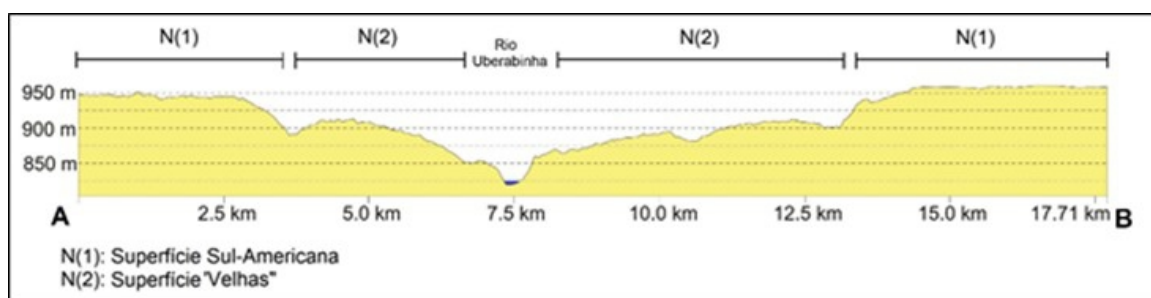
A influência do relevo e das coberturas superficiais no uso e ocupação das terras urbanas: alagamentos sazonais em topos de cimeira na cidade de Uberlândia/MG

Vinicius Borges Moreira · Archimedes Perez Filho · Cláudio Antonio Di Mauro



Fonte: ANA, 2015; USGS, 2014. Elaborado pelos autores.

Figura 3 – Transecto topomorfológico A-B entre chapada e relevo residual, separados pelo vale do rio Uberabinha

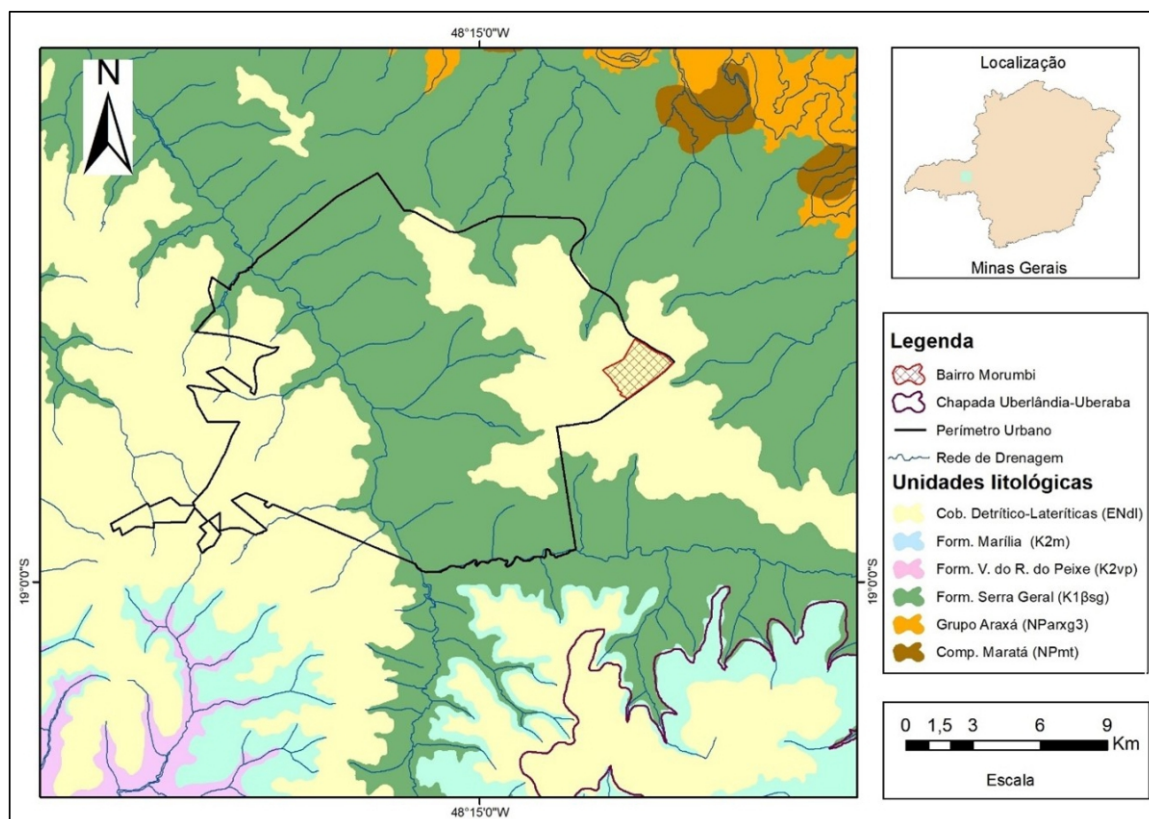


Fonte: USGS, 2014. Elaborado pelos autores.

A cidade de Uberlândia expandiu-se na década de 1990 exatamente sobre esse relevo residual, sendo o bairro Morumbi instalado na porção central do testemunho. O modelo topomorfológico apresentado e o contexto geológico expresso na Figura 4 reforçam essa hipótese, demonstrando a abrangência regional dos processos mencionados.

A ocorrência da Cobertura Detrítico-laterítica sobre relevo residual, indicada na Figura 4, propicia a baixa permeabilidade na área onde foi edificado o bairro Morumbi. Segundo Moreira (2017), que realizou diversas análises granulométricas nas coberturas superficiais da chapada Uberlândia-Uberaba, a quantidade da fração argila nas coberturas superficiais supera 80% em quase todos os pontos amostrados, mesmo em profundidades superiores a 2 metros. A argila, nesse contexto, comporta-se como uma barreira natural para a infiltração, devido à sua acomodação plano-paralela, que forma lentes quase impermeáveis, fazendo com que a água permaneça muito tempo disponível sobre a superfície do terreno.

Figura 4 – Contexto geológico do entorno de Uberlândia e da chapada Uberlândia-Uberaba



Fonte: CODEMIG, 2017. Elaborado pelos autores.

A maior disponibilidade de águas do período chuvoso sobre a superfície aplainada é direcionada para as áreas depressionárias sobre a chapada, que, por sua vez, acumulam umidade por

semanas e até meses a depender do regime de chuvas, alimentando lentamente e de forma subsuperficial os canais de primeira ordem próximos à chapada, funcionando como reservatório de águas para o período seco. Moreira e Perez Filho (2017) descrevem a dinâmica dessas depressões, caracterizando sua função como nascentes (*sic*) desse patamar geomorfológico, e reiteram a importância ecossistêmica e de serviços ambientais. A Figura 5 ilustra tais depressões fotografadas em dois momentos distintos, isto é, no período chuvoso e não chuvoso na chapada Uberlândia-Uberaba.

Figura 5 – Centro de depressão em topos de cimeira na chapada Uberlândia-Uberaba: seca (agosto/2015) e com água (fevereiro/2015)



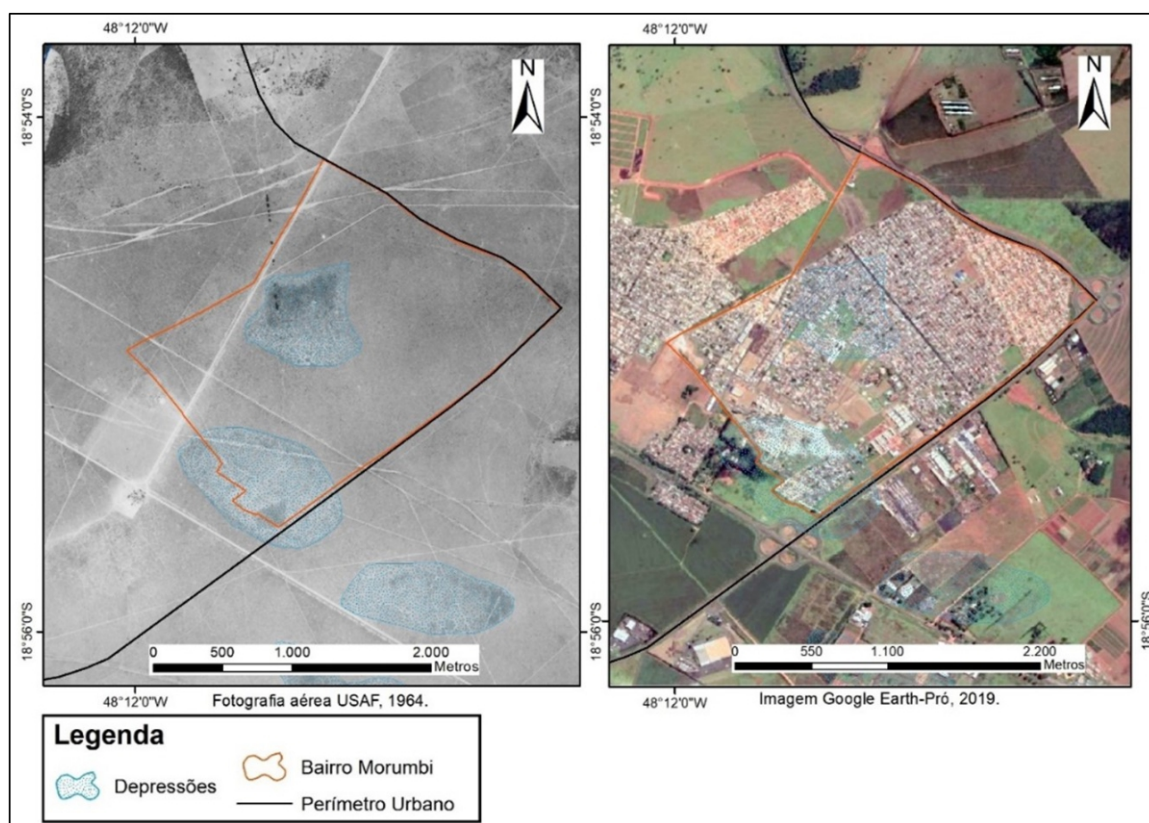
Fonte: Moreira e Perez Filho, 2017.

Tais depressões foram mascaradas pelo uso e ocupação das terras urbanas. Dessa maneira, sua ocorrência não é observada facilmente, sendo necessário um levantamento topográfico de detalhe ou análise de fotografias aéreas para tal afirmação. Sendo assim, foram vetorizadas imagens e fotografias antes e depois da ocupação urbana conforme a Figura 6.

Em 1964, toda a área ocupada atualmente pelo bairro Morumbi era dominada pelo uso de pastagem, com fragmentos de vegetação nativa contidas em áreas de formato elipsoidal, sendo estas justamente as áreas depressionárias que acumulam águas no período chuvoso. Uma dessas depressões se situa na extremidade sul do bairro Morumbi, com características morfológicas bem distintas. A outra depressão ocorre na porção central do bairro, que, mesmo em 1964, não possuía o formato elipsoidal natural característico, indicando que suas extremidades

já vinham sendo drenadas e alteradas para uso de pastagem. Mesmo não possuindo o formato característico, foi possível identificá-la devido à sua textura muito diferenciada em relação à área do entorno, o que se repete como atributo geoindicador de outras depressões. A coloração mais escura no centro das depressões também indica maior presença de umidade nesse tipo de fotografia.

Figura 6 – Imagens aéreas de 1964 e 2019 do bairro Morumbi



Fonte: Google Earth Pro, 2019; USAF, 1964. Elaborado pelos autores.

Em relação à imagem de 2019, observa-se que o bairro Morumbi possui adensamento de áreas edificadas, tendo poucas áreas verdes na porção central – áreas estas que ocorrem com maior expressão somente em algumas bordas do bairro, que possivelmente são locais para futura expansão. Assim, a impermeabilização superficial artificial consiste em fator agravante de um quadro que, naturalmente, já é de baixa permeabilidade, exigindo muito do sistema de esgotamento pluvial local.

Introduzindo a variável precipitação na discussão, destaca-se o trabalho de Silva e Mendes (2018), que utilizou dados de atendimentos efetuados pela Defesa Civil de Uberlândia em pontos de alagamentos entre 2011 e 2016, correlacionando tais episódios ao tipo de relevo e precipitações no perímetro urbano de Uberlândia. Os autores concluíram que os pontos de alagamento ocorrem em toda a cidade, mas possuem maior concentração e maior recorrência em área de relevo plano, apontando o setor leste da cidade, bairro Morumbi, como grande foco dos alagamentos.

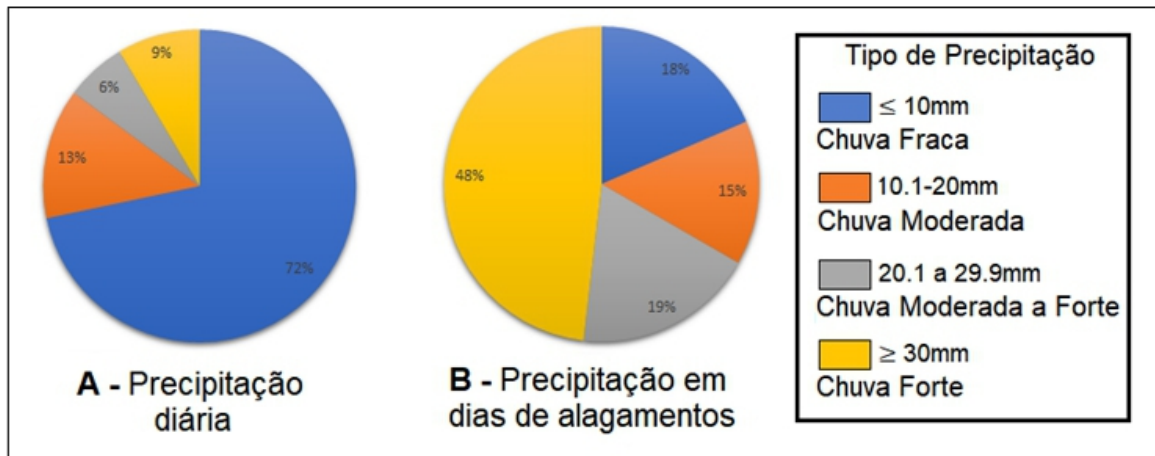
Ao discutir desastres pluviométricos, Silva (2012) aborda a variável intensidade das chuvas como fator importante em sua análise, que englobou cidades médias do estado do Paraná e caracterizou 30 anos de dados de precipitação. Silva (2012) estabeleceu como precipitações extremas eventos acima de 50 mm diários, sendo essa a base para elencar outras classes de chuva com potencial de provocar desastres. O autor também considerou a intensidade das chuvas e/ou sua evolução lenta/gradual, conseguindo, assim, correlacionar essas variáveis com os dados de atendimento da Defesa Civil estadual.

Em trabalho similar, porém abarcando a região do Triângulo Mineiro, Santos e Ferreira (2016) estabelecem os tipos de precipitação que foram utilizados como referência neste trabalho, por conta do mesmo possuir série temporal adequada para estudos climáticos e compor a mesma região da área de estudo, considerando eventos de precipitação extrema, com ocorrências de chuva maior do que 30 mm diários. Sendo assim, foi obtida a classificação dos tipos de chuva em relação à sua intensidade em porcentagem, para eventos de precipitação diários ocorridos entre 2012 e 2016, representados na Figura 7 (A). Posteriormente, foi analisado outro grupo amostral, contemplando somente os dias de precipitação que geraram chamados para a Defesa Civil de Uberlândia provenientes do bairro Morumbi por motivo de alagamento, demonstrando que a média de eventos de precipitação extrema é muito maior quando observado esse segundo grupo, o que apresenta uma correlação direta entre chuvas intensas e ocorrências de alagamentos, conforme a Figura 7 (B).

Figura 7 – Distribuição dos tipos de precipitação diária (A) e distribuição dos tipos de precipitação em dias de alagamentos (B) no bairro Morumbi entre 2012 e 2016

A influência do relevo e das coberturas superficiais no uso e ocupação das terras urbanas: alagamentos sazonais em topos de cimeira na cidade de Uberlândia/MG

Vinicius Borges Moreira · Archimedes Perez Filho · Cláudio Antonio Di Mauro



Fonte: INMET, 2020. Adaptado pelos autores.

Ao interpretar as porcentagens do gráfico (A), observa-se a grande predominância de eventos de chuva com fraca intensidade, demonstrando que são pouco recorrentes os eventos de precipitação extrema na área de estudo quando analisados todos os dias de precipitação no recorte temporal selecionado. Porém, diante do gráfico (B), que corresponde somente aos dias de chamado da Defesa Civil ao local por alagamentos, nota-se outro cenário, na qual a maior prevalência é de eventos de chuva forte e de moderada a forte.

Contudo, ainda ocorreram chuvas consideradas de intensidade fraca e moderada em dias de alagamento, remetendo a duas importantes considerações. Primeiramente, os alagamentos que ocorrem no bairro Morumbi não estão exclusivamente correlacionados a eventos de precipitações extremas, pois chuvas com menor volume também podem desencadear o processo. Segundo, pode haver precipitações muito localizadas e de rápida duração que não foram identificadas pela análise de chuvas diárias, mas que também podem provocar os alagamentos. Silva e Mendes (2018) corroboram essa segunda consideração, ao sinalizarem que a ocorrência de chuvas torrenciais localizadas também desencadeia tais alagamentos, agrupando parte dos atendimentos da Defesa Civil entre os meses de outubro e março.

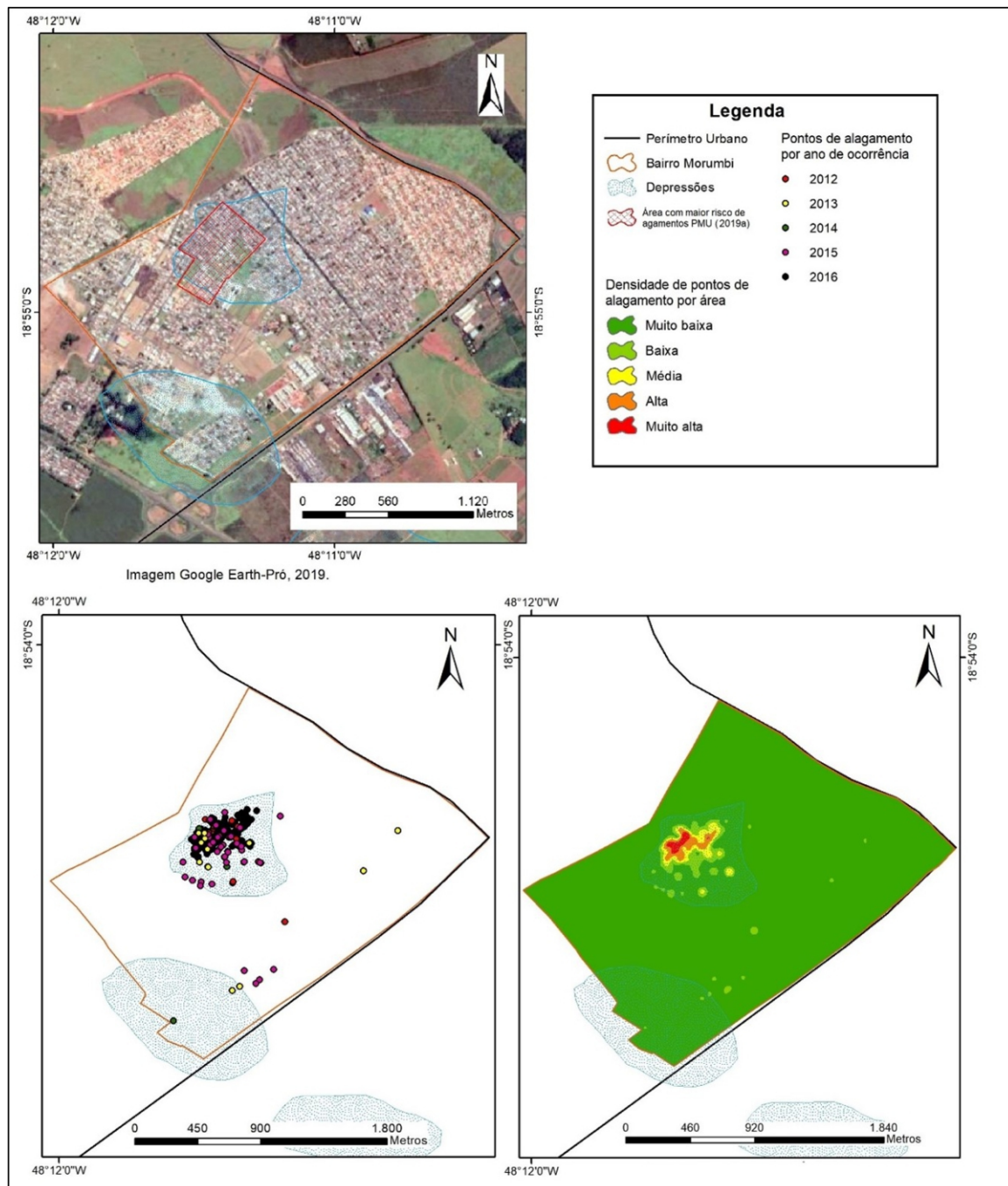
Ao analisar detalhadamente os dados de ocorrências atendidas pela Defesa Civil na cidade de Uberlândia, identifica-se que os alagamentos são anuais, causando diversos prejuízos em toda estação chuvosa entre os anos analisados (2012 a 2016),

principalmente em áreas onde naturalmente esses processos já ocorriam, mas que foram agravados quando associados a áreas densamente ocupadas e impermeabilizadas, como a do bairro Morumbi. Segundo Silva e Mendes (2018), a cada alagamento, essas áreas ficam ainda mais vulneráveis, reforçando que, para além das questões levantadas, ainda existe um fator social importante, já que se trata de um bairro periférico que abriga população de baixa renda.

Visando diminuir a gravidade dos problemas com os alagamentos, a Defesa Civil, em parceria com a Prefeitura de Uberlândia, lançou o plano de emergência pluviométrico da cidade. Esse projeto pretende informar a população a respeito dos riscos e de como agir em emergências pluviométricas de acordo com a gravidade dos eventos. No documento, destaca-se o mapa de riscos a inundações e alagamentos, em que o bairro Morumbi possui o maior destaque, compondo 15 ruas como áreas de alto risco de alagamento (PMU, 2019a).

Objetivando correlacionar a área de risco de alagamentos estabelecidas pela PMU (2019a) para o bairro Morumbi com três variáveis – áreas depressionárias, impermeabilização superficial artificial e pontos de ocorrência de alagamentos –, foi elaborada a Figura 8. Quando comparados os três cenários da citada figura, observa-se que o setor de alta e muito alta densidade de pontos de alagamentos também é intensamente impermeabilizado, dificultando ainda mais a infiltração da água pluvial. Sendo assim, o núcleo mais denso de pontos interpolados deve estar associado ao centro topográfico da depressão, área mais rebaixada que acumula águas superficiais por mais tempo, diminuindo sua intensidade no sentido das bordas da depressão. É possível inferir, assim, que ocorre a mesma dinâmica observada em depressões não antropizadas na chapada Uberlândia-Uberaba, conforme descrição de Moreira (2017), fenômeno agravado pela impermeabilização superficial artificial.

Figura 8 – Área de risco, depressões cartografadas e densidade de pontos de alagamentos no bairro Morumbi



Fonte: Google Earth Pro, 2019; PMU, 2019a. Elaborado pelos autores.

Destaca-se que, mesmo a Defesa Civil não delimitando a porção sul do bairro, que também possui depressões topográficas, como área de risco a alagamentos, também foram

registradas ocorrências nesse local, porém com menor recorrência devido à menor impermeabilização do solo.

Considerações finais

A partir dos resultados logrados, é possível demonstrar a influência dos processos geomorfológicos na ocorrência de alagamentos na área de estudo, o bairro Morumbi, localizado na cidade de Uberlândia/MG. Essa influência evidencia o papel das superfícies de aplainamento e seus depósitos correlativos, que possibilitaram a formação das coberturas superficiais argilosas que, por sua vez, permitem a ocorrência natural de alagamentos em depressões formadas por abatimentos geoquímicos condicionados por falhas na estrutura subjacente. Os alagamentos são acentuados pelas precipitações de intensidade elevada e impermeabilização artificial do terreno. As chuvas de moderada ou alta intensidade com características torrenciais funcionam como gatilho para desencadear os eventos de alagamento, que produzem prejuízos financeiros, à saúde e à qualidade de vida da população que reside no bairro.

Ao desconsiderar os instrumentos legais preventivos descritos introdutoriamente, o planejamento urbano é comprometido, causando danos em toda a comunidade, pois, mesmo com o investimento remediador de sistemas de esgotamento pluvial mais eficiente, ainda não foi possível solucionar o problema dos alagamentos no bairro Morumbi até o presente momento.

As ações antrópicas desordenadas, sobrepostas ao frágil equilíbrio dinâmico dos sistemas naturais, provocaram tal resposta negativa, sendo as organizações espaciais atuais reflexos de tais interações.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio financeiro da Fundação de Amparo e Apoio à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), por meio dos projetos 2015/10417-1 e 2016/21335-9 pela realização deste trabalho.

Referências

AB'SÁBER, A. N. **Os Domínios de Natureza no Brasil**. 6ª ed. São Paulo: Ateliê, 2003. 158p.

ANA – Agência Nacional de Águas. **Base hidrográfica ottocodificada da bacia do rio Paranaíba**. 2015. Disponível em: <https://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/metadata.show?uuid=09436656-f4cf-4793-b169-33700b2d40ee>. Acessado em: 22/03/2020.

ANDRADE, S. L.; FERREIRA, V. O.; SILVA, M. M. Elaboração de um mapa de risco de inundações da bacia hidrográfica do córrego São Pedro, área urbana de Uberlândia-MG. **Caderno de Geografia**, Belo Horizonte, v.24, n.41, 2014.

BARCELOS, J. H. **Reconstrução Paleogeográfica da Sedimentação do Grupo Bauru Baseada na sua Redefinição Estratigráfica Parcial em Território Paulista e no Estudo Preliminar Fora do Estado de São Paulo**. 1984, 190f. Tese (Livre Docência) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1984.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo: Edgar Blücher Ltda., 1999. 236p.

CODEMIG - Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais. Projeto Triângulo Mineiro. - 2017. **Mapa Geológico 1:100.000**. 2017. Disponível em: <http://www.portageologia.com.br/index.php/mapa/>. Acessado em: 10 de maio de 2018.

CORRÊA, G. Temporal causa destruição e medo. **Correio de Uberlândia**, Uberlândia, 18 de out. 2006. Caderno Cidade, p. B3.

DIAS, R. L.; PEREZ FILHO, A. Novas considerações sobre Geossistemas e organizações espaciais em Geografia. **Sociedade e Natureza**, Uberlândia, v. 29, n. 03, p. 409-421, 2017.

GOOGLE EARTH-PRO. **Imagens de satélite**. 2019. Disponível em: <https://www.google.com.br/earth/download/gep/agree.html>. Acessado em: 05/04/2020.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. **Dados da estação**

meteorológica Uberlândia-A507. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/>. Acessado em: 25/06/2020.

KING, L. C. A Geomorfologia do Brasil Oriental. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 2, p. 147-267, 1956.

LEITE, E. S. **Sistemas atmosféricos, precipitações intensas e impactos na cidade de Uberlândia - MG.** 2019, 186f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Departamento de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia/MG, 2019.

MARQUES NETO, R. As superfícies Geomorfológicas e a evolução do relevo brasileiro: transcurso das ideias e correspondência no sul de Minas Gerais, sudeste do Brasil. **Ra'e ga**, Curitiba, v. 32, p. 267-295, 2014.

MEDEIROS, T. S. **A geografia como base para um plano diretor de drenagem pluvial em Uberlândia-MG.** 2015, 178f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Departamento de Geografia, Universidade Federal de Goiás, Catalão/GO, 2015.

MENDES. P. C. **A gênese espacial das chuvas na cidade de Uberlândia (MG).** 2001, 2001f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Departamento de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2001.

MENEZES FILHO, F. C. M.; AMARAL, D. B. Histórico da expansão urbana e ocorrência de inundações na cidade de Cuiabá-MT. **Sociedade e Natureza**, Uberlândia, v. 26, n. 01, p. 159-170, 2014.

MMA - Ministério do Meio ambiente. **Instrumentos de Planejamento.** 2012. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/informma/itemlist/category/62-planejamento-ambiental-urbano>. Acessado em 25/03/2020.

MOREIRA, V, B.; PEREZ FILHO, A. Caracterização Física dos Microrrelevo de Murundus na Chapada Uberlândia-Uberaba/MG: Discussões Preliminares Sobre Gênese. **Revista do departamento de Geografia**, São Paulo, volume especial - eixo 10, p. 227-237, 2017.

MONTEIRO, J. B.; ZANELLA, M. E. A metodologia dos máximos de

precipitação aplicada ao estudo de eventos extremos diários nos municípios de Crato, Fortaleza e Sobral-CE. **Geotextos**, Salvador, v. 13, p. 135-159, 2017.

MOREIRA, V. B. **Geocronologia em ambientes de veredas e campos de murundus na chapada Uberlândia-Uberaba: subsídios à evolução da paisagem**. 2017, 123f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2017.

MOREIRA, V. B.; PEREZ FILHO, A. Das superfícies de aplainamento aos pulsos climáticos holocênicos: a evolução da paisagem em relevos de chapada. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 32, p. 176-195, 23 mar. 2020.

NOVAIS, G. T.; BRITO, J. L. S.; SANCHES, F. O. Unidades climáticas do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 23, p. 223-243, 2018.

PETRUCCI, E.; OLIVEIRA, L. A. Relações entre intensidade, duração e frequência das precipitações máximas de 24 horas e equação de chuvas intensas para a cidade de Uberlândia-MG. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 25, p. 337-354, 2019.

PMU – Prefeitura Municipal de Uberlândia. **Mapa base da cidade de Uberlândia**. 2019. Disponível em: <https://www.uberlandia.mg.gov.br/prefeitura/secretarias/planejamento-urbano/mapas-e-bairros/>. Acessado em 20/03/2020.

PMU – Prefeitura Municipal de Uberlândia. **Plano de emergência pluviométrica**. 2019a. Disponível em: <https://www.uberlandia.mg.gov.br/prefeitura/secretarias/prevencao-as-drogas-defesa-social-e-defesa-civil/defesa-civil-uberlandia/>. Acessado em 22/03/2020.

SANTOS, J. G.; FERREIRA, V. O. A variabilidade pluviométrica na Mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba-MG. **GeoTextos**, Salvador, v. 12, n. 1, p. 233-265, 2016.

SCHNEIDER, M.O. **Bacia do Rio Uberabinha: Uso agrícola do solo e meio ambiente**. 1996. 157f. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

SERAFIM, M. P. Temporal inunda casas e causam prejuízo. **Correio de Uberlândia**, Uberlândia, 8 fev., 2001. Caderno Cidade, p. B1.

SILVA, C. A. **Os desastres pluviométricos nas grandes e médias cidades do Paraná - 1980-2010**. 2012. 153p. Dissertação (mestrado) – Setor Ciências da Terra, Departamento de Geografia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR, 2012.

SILVA, E. M. **A cidade e o clima: impactos das precipitações concentradas e as tendências climáticas em Uberlândia-MG**. 2013, 349F. Tese (Doutorado em Geografia) - Departamento de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia/MG, 2013.

SILVA, E. M.; ASSUNÇÃO, W. L. O clima na cidade de Uberlândia-MG. **Sociedade e Natureza**, Uberlândia, v. 16, n. 3, p. 91-107, 2004.

SILVA, N. R.; MENDES, P. C. O geoprocessamento na identificação dos pontos de alagamentos e inundações na área urbana de Uberlândia-MG no período de 2011 a 2016. **Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium**, Ituiutaba, v. 9, n. 1, p. 119-136, 2018.

TAVARES, A. C.; SILVA, A, C, F. Urbanização, chuvas de verão e inundações: uma análise episódica. **Climatologia e estudos da paisagem**, Rio Claro, v. 3, n. 1, p. 4-18, 2008.

USAF - UNITED STATES AIR FORCE. **Fotografias aéreas pancromáticas do município de Uberlândia**, Escala 1:60000, 1964/1965. (Acervo do laboratório de cartografia do Departamento de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia).

USGS - UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. 2014. Shuttle Radar Topography Mission. Disponível em: <<https://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acessado em: 15/08/2018.

VALENTE, O. F. Reflexões hidrológicas sobre inundações e alagamentos urbanos. **Minha Cidade**, São Paulo, v. 10, n. 109.01, p. 1, 2009.

VICENTE A. K. **Eventos extremos de precipitação na região metropolitana de Campinas.** 2004. 149p. Dissertação (mestrado) – Instituto de Geociências, Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP, 2004.


Contribuições dos autores

Todos os autores ofereceram substanciais contribuições científicas e intelectuais ao estudo.


Vinicius Borges Moreira - Bacharel e Licenciado em Geografia pela Universidade Federal de Uberlândia (2013-2014), mestre em Geografia pela Universidade Estadual de Campinas (2017). Atualmente é doutorando do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), bolsista FAPESP.

 <https://orcid.org/0000-0001-5485-9468>

Archimedes Perez Filho - Bacharel Geógrafo e Licenciado em Geografia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (1971), mestrado em Geografia Física pela Universidade de São Paulo (1978). Doutorado em Geografia Física pela Universidade de São Paulo (1987). Atualmente é Livre Docente, professor e Titular pela Universidade Estadual de Campinas.

 <https://orcid.org/0000-0001-6675-3740>

Cláudio Antonio Di Mauro - Bacharel e Licenciado em Geografia pela Faculdade "Auxilium" de Filosofia Ciências e Letras de Lins (FAL-1971). Mestre (1981) e Doutor (1989) em Geografia Física pela Faculdade de Ciências Humanas da Universidade de São Paulo (USP). Atuou e se aposentou como Professor Doutor da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP Campus de Rio Claro. Em 2008 foi aprovado em concurso pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU) onde é Professor Associado 3, no Instituto de Geografia (IG).

 <https://orcid.org/0000-0001-5485-9468>

Recebido para publicação em 20 de junho de 2021

Aceito para publicação em 11 de setembro de 2021

Publicado em 29 de setembro de 2021