

ANÁLISE DOS FATORES CONDICIONANTES À INUNDAÇÕES E ALAGAMENTOS NO SETOR JAÓ, GOIÂNIA – GO

Braian de Alencar NOGUEIRA
Mestrando em Geografia pela Universidade Federal de Goiás (UFG)
E-mail: braiannogueira@yahoo.com.br

Arthur Soares NOGUEIRA
Graduado em Ciências Ambientais pela Universidade Federal de Goiás (UFG)
E-mail: arthur_93_sjp@hotmail.com

Karla Maria Silva de FARIA
Prof.^a Dr.^a do Instituto de Estudos Sócioambientais (UFG)
E-mail: karlamsfaria@gmail.com

RESUMO: O acelerado crescimento populacional e processo de urbanização intensa e desordenado trazem consigo diversos problemas ambientais que podem ser relacionados a condições de suscetibilidade ou a implantação de obras de infraestrutura inadequadas ou não funcionais. O objetivo geral do presente trabalho é identificar áreas sujeitas a inundações como também as susceptíveis a alagamentos do setor Jaó, situado em Goiânia, que tem aspectos ambientais e infraestruturas potencializadoras desses processos. Os procedimentos metodológicos selecionadas para analisar os fatores condicionantes de possíveis alagamentos e inundações envolveram a classificação histórica do uso e uso e cobertura do solo urbano entre 1965 e 2015; análise das variáveis ambientais, como declividade, orientação de linhas de fluxos de escoamento superficial, pesquisa de campo do estado de conservação do sistema de microdrenagem. Os resultados indicam que existe uma tendência de impermeabilização crescente no setor e que as áreas definidas como sujeitas a alagamento foram as ruas de baixa declividade (0 – 6%) que apresentam convergência de fluxos de escoamentos associado a ausência ou insuficiência do funcionamento do sistema de microdrenagem. A área sujeita à inundação inclui mais de 50 lotes ocupados, 4 trechos de avenida principal do setor, entre outras áreas ao longo dos cursos hídricos presentes no setor.

Palavras chave: Planejamento urbano. Análise Histórica de Ocupação Urbana. Sistema de Informações Geográficas.

ANALYSIS OF THE FACTORS CONDITIONING OF THE INUNDATIONS AND FLOODS IN THE JAÓ SECTOR, GOIÂNIA-GO

ABSTRACT: The rapid population growth and the process of intense and disordered urbanization bring with them several environmental problems that may be related to conditions of susceptibility or the implementation of inadequate or non-functional

infrastructure works. The main objective of this work is to identify areas subject to inundation as well as those susceptible to flooding in the Jaó sector, located in Goiânia, which has environmental aspects and infrastructures that enhance these processes. The methodological procedures selected to analyze the conditioning factors of possible floods and inundations involved the historical classification of urban land use and cover between 1965 and 2015; analysis of environmental variables, such as slope, orientation of surface runoff flow lines, field research of the conservation status of the microdrainage system. The results indicate that there is an increasing tendency of waterproofing in the sector and that the areas defined as subject to flooding were the low slope streets (0 - 6%) that present convergence of runoff flows associated with the absence or insufficiency of the functioning of the microdrainage system. The area subject to flooding includes more than 50 occupied lots, 4 stretches of the sector's main avenue, among other areas along the water courses present in the sector.

Keywords: Urban planning. Historical Analysis of Urban Occupation. Geographic Information System.

ANÁLISIS DE LOS FACTORES QUE CONDICIONAN LAS INUNDACIONES EN EL SECTOR JAÓ, GOIÂNIA – GO

RESUMEN: El acelerado crecimiento de la población y el intenso y desordenado proceso de urbanización traen consigo varios problemas ambientales que pueden estar relacionados con las condiciones de susceptibilidad o la ejecución de obras de infraestructura inadecuadas o no funcionales. El objetivo general de este trabajo es identificar las áreas inundables y las susceptibles de ser inundadas en el sector de Jaó, ubicado en Goiânia, que cuenta con aspectos ambientales e infraestructuras que mejoran estos procesos. Los procedimientos metodológicos seleccionados para analizar los condicionantes de posibles inundaciones incluyeron la clasificación histórica del uso y cobertura del suelo urbano entre 1965 y 2015; el análisis de variables ambientales, como la pendiente, la orientación de las líneas de flujo de la escorrentía superficial, la investigación de campo del estado de conservación del sistema de microdrenaje. Los resultados indican que existe una tendencia creciente de impermeabilización en el sector y que las áreas definidas como sujetas a inundación fueron las calles de pendiente baja (0 - 6%) que presentan convergencia de caudales asociados a la ausencia o insuficiencia del funcionamiento del sistema de microdrenaje. El área inundable incluye más de 50 lotes ocupados, 4 tramos de avenida principal del sector, entre otras áreas a lo largo de los cursos de agua presentes en el sector.

Palabras clave: Urbanismo. Análisis Histórico de la Ocupación Urbana. Sistema de Información Geográfica.

INTRODUÇÃO

O acelerado crescimento populacional e urbanização intensa e desordenada trazem consigo diversos problemas ambientais. No caso do município de Goiânia, capital do estado de Goiás, Machado et al., (2017) relacionaram processos e impactos associados à remoção da vegetação; ocupação de áreas frágeis ou de risco para habitação ou outros usos relacionados a ocupação urbana; impermeabilização do solo que de maneira integrada impactam os recursos hídricos.

O processo de urbanização nas proximidades de rios e corpos d'água, somados à ausência de planejamento e ordenamento territorial, são alguns dos fatores que tem agravado os efeitos de fenômenos associados a inundações e alagamentos nas últimas décadas, não apenas no Brasil, mas globalmente (JHA et al., 2012).

Com a impermeabilização do solo pelas construções antrópicas e com a retirada da vegetação, a água que infiltraria no solo e ficaria retida pela vegetação passa a escoar mais rapidamente pela superfície, reduzindo o tempo de deslocamento até o rio, aumentando o volume de água que irá escoar em uma mesma seção do rio (TUCCI, 2005).

Diversas áreas existentes no município de Goiânia, capital do estado de Goiás, apresentam problemas vinculados a deficiência do sistema de drenagem urbana, mas o setor Jaó se destaca pois se trata de um dos primeiros bairros planejados da capital cujo o projeto urbanístico foi espelhado no planejamento das cidades europeias do século XX, que está situado em uma área de fundo de vale do rio Meia Ponte, que é um rio de grande expressão no município.

Almejada pela classe média alta da capital o setor teve expressivo crescimento populacional (48% nos últimos 20 anos), comparado com os demais bairros do município, conseqüentemente incremento de superfícies impermeáveis, ocupação das margens do curso hídrico e instalação de obras de infraestrutura, como o Aeroporto Internacional Santa Genoveva que impactam diretamente a qualidade urbana do bairro planejado.

Jha et al (2012), alerta que a problemática de ocupação das proximidades dos cursos hídricos agravam os processos de inundação, que tem ocorrido com mais intensidade e frequência, resultando inclusive em perdas de vidas humanas e significativos prejuízos econômicos, mas que essa problemática não é exclusiva do Brasil é um fenômeno global associado a ausência de planejamento e ordenamento territorial.

Além das inundações o excesso de impermeabilização resulta em processos de alagamentos das vias públicas (arruamentos), que são formados pelo acúmulo de água

proveniente de chuvas intensas que em ambientes com sistema de drenagem urbana mal ou pouco planejados causam transtornos e catástrofes irreversíveis.

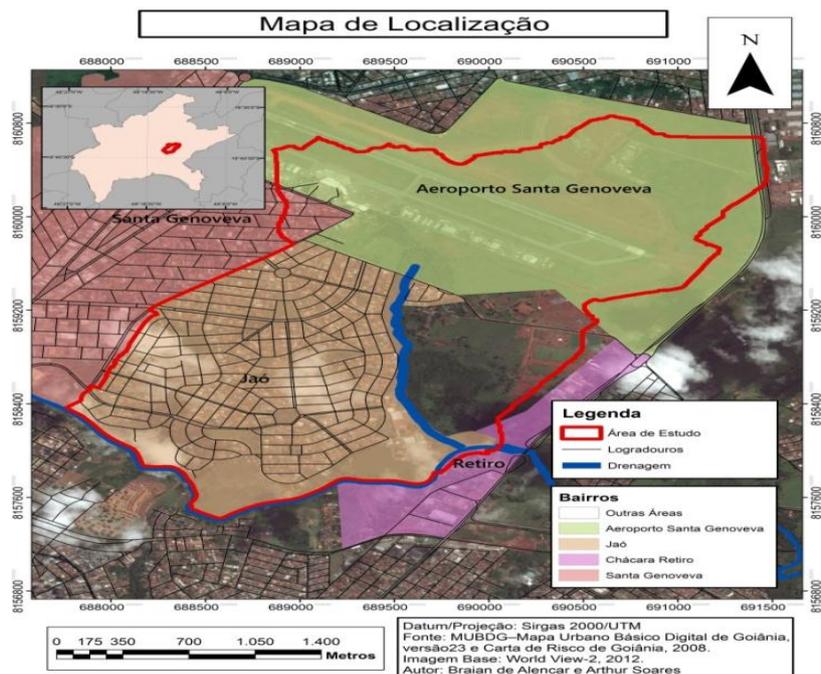
Dessa maneira, o objetivo geral do presente trabalho é identificar dentro do setor Jaó as áreas com maior susceptibilidade a ocorrência de inundações como também o apontamento de locais sujeitos a alagamentos, levando em consideração as características de um setor que teve seu planejamento baseado em padrões urbanísticos europeus. Nesse sentido, foram estabelecidos objetivos específicos do trabalho: obter a evolução do uso e ocupação do solo, analisar a contribuição da urbanização no setor e da ampliação do aeroporto para a impermeabilização do solo e conseqüente potencialização dos fenômenos; avaliar a funcionalidade do sistema de microdrenagem urbana; estimar a planície de inundação do rio Meia Ponte a partir da definição do termo e de cotas altimétricas.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Área de Estudo

A área do presente trabalho é composta pelo limite administrativo do Setor Jaó e pela área da microbacia do Córrego Jaó. Essa área se encontra no estado de Goiás na região nordeste de Goiânia tendo em seus limites, a oeste o Setor Santa Geneveva, a sul o Rio Meia Ponte, a leste a BR-153 e a norte o Setor Guanabara. A drenagem local é formada pelo Rio Meia Ponte e um de seus afluentes, o Córrego Jaó (Figura 1).

Figura 1: Mapa de localização da área de estudo.



Fonte: Autores do Trabalho

O Córrego Jaó se apresenta no centro da área de estudo com aproximadamente 1,7 quilômetros de extensão no sentido norte-sul, e bacia de captação de aproximadamente 477 hectares. O Rio Meia Ponte, que integra a bacia do Rio Paranaíba, é um dos rios mais importantes do estado, com um comprimento de 471,6 quilômetros.

Segundo o IBGE (2010) a população total residente na área de estudo, no ano de 2010 era de 5.651 residentes e estimativas já indicam um incremento populacional de 20% para o ano de 2016 (SEPLAN, 2018). Destaca-se que o padrão urbanístico adotado, espelhado em bairros europeus, atraem fluxo populacional de classe média-alta do município para o setor.

A Carta de Risco de Goiânia (ITCO, 2008) indica que a área de estudo pode ser avaliada em dois compartimentos, um que compõe a maior parte da área apresenta rochas da subunidade ortoderivada do complexo granulítico Anápolis-Itaçu, datado do proterozoico inferior a arqueano, onde está presente os Latossolos Vermelho-amarelos. O outro compartimento geológico é a planície aluvial do Meia Ponte, onde há a presença de aluviões e terraços aluviais formados no cenozoico com a presença dos Gleissolos. Martins Júnior (2010) definiu que a área corresponde a terraços fluviais da bacia do Meia Ponte e de fundo de vale, e que os solos apresentariam alta saturação e baixa capacidade de suporte para usos urbanos.

A declividade do terreno é classificada predominantemente como baixa, de acordo Rodrigues (2008), sendo em sua maioria inferior a 6%, chegando a um máximo de 15% (média) em alguns pontos do talude das drenagens (Figura 2). O terreno apresenta baixa variação em sua altitude, apresentando altitudes próximas a 800 metros, na parte norte, e altitudes próximas a 690 metros na parte sul (Figura 3).

Figura 2: Declividade da área de estudo.

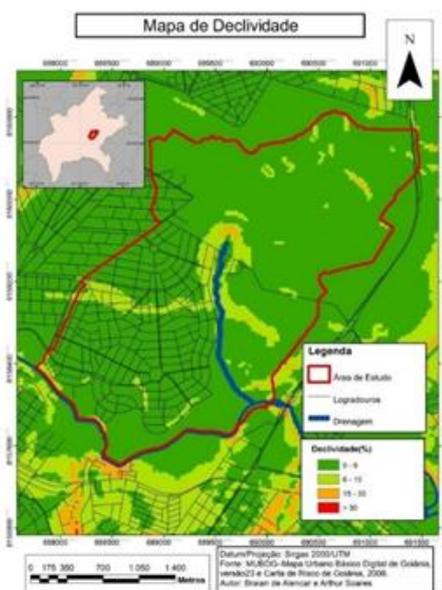
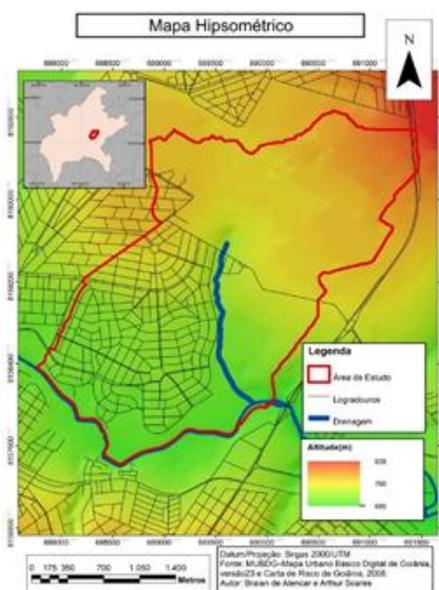


Figura 3: Hipsometria da área de estudo.



Fonte: Autores do Trabalho

Classificação do uso e cobertura do solo

A classificação do uso e cobertura do solo foi realizada com intuito de se analisar os fatores condicionantes de possíveis alagamentos e inundações na área de estudo. O modo como a superfície se apresenta é bastante influente na ocorrência desses fenômenos, já que o aumento de superfícies impermeáveis é uma tendência nas áreas urbanizadas e estas superfícies impedem a infiltração da água da chuva e promovem seu escoamento e acúmulo em áreas planas e mais baixas.

Buscou-se analisar a evolução do uso do solo desde 1965, quando do início da ocupação do setor Jaó, passando por 2003 e 2004, que foi o período entre 2000 e 2010 com maior taxa de crescimento no município de Goiânia, passando a população de 1.146.106 para 1.181.438 (SEPLAM, 2010). Também foi usado os dados do ano de 2015, que é o ano mais recente com dados disponíveis com qualidade suficiente para a análise em questão.

A chave de classificação considerou para o mapeamento de uso do solo as classes de: Vegetação Remanescente; Mata ciliar; Área pública permeável; Calçada permeável; Rua não pavimentada; Solo exposto; Logradouro, Área construída, Calçada impermeável. Estas classes correspondem a proposta de classificação utilizada também por Machado et al., (2017) e recentemente por Nicolau e Faria (2019). Esta chave foi definida em workshop de projeto científico ao qual essa pesquisa está vinculada¹. Deve ser destacado que para garantir correlação com a chave de classificação adotada na classificação do uso do solo para o aeroporto, houve a necessidade de agrupamentos, a saber: Vegetação aeroporto e Solo exposto aeroporto, correspondem as categorias de superfícies permeáveis; Área construída aeroporto e Pista aeroporto, correspondem às categorias de superfícies impermeáveis.

Algumas observações sobre essas classes se fazem importantes para o real entendimento do que elas representam. A classe “Vegetação” corresponde tanto a áreas com uma vegetação mais vistosa, com presença de árvores, quanto a áreas de vegetação baixa, inclusive no interior dos lotes. Sendo assim, os lotes baldios figuram nesta classe. A classe “Mata ciliar” corresponde apenas à vegetação marginal mais densa no entorno do Córrego Jaó tendo como base definido 30 metros a partir da margem e 50 metros ao entorno da nascente, como na Lei 12.651/2012 (BRASIL, 2012).

A classe “Área pública permeável” é representada por parques, praças e pelas denominadas “ilhas” ou canteiros centrais que apresentam vegetação rasteira. A classe

¹ Qualidade Ambiental de Paisagens Urbanas em Goiânia/GO.

“Logradouro” diz respeito apenas às ruas que se apresentam asfaltadas. Na ocorrência de ruas não asfaltadas, estas são caracterizadas como “Rua não pavimentada”.

A separação de classes semelhantes que se apresentam no aeroporto ou no interior do setor foi feita para que fosse possível ter noção de qual poderia ser a contribuição do aeroporto para o direcionamento da água para o interior do setor, já que o aeroporto se apresenta à montante do setor, não caracterizando uma área de ocorrência de alagamentos, mas que pode exercer influência na ocorrência desse fenômeno no setor Jaó.

O mapa de uso e ocupação do solo foi realizado com base em uma classificação manual de imagens, que consistiu na criação de polígonos que representassem cada feição visível na foto aérea e nas imagens de satélite, com posterior indicação das classes às quais cada polígono pertencia a partir de inspeção visual.

A imagem usada como base para a classificação do ano de 1965 foi uma foto aérea obtida junto ao acervo da Prefeitura de Goiânia. Esta foto foi georreferenciada no software ArcGIS 10, que também foi utilizado para a classificação e elaboração dos demais mapas. Foram criados polígonos representando as feições visíveis na imagem, de forma manual, pois não há base de dados vetorial, no formato shapefile, para a data em questão.

Para as classificações dos anos de 2003 e 2015 a imagem usada como base foi a imagem planificada do satélite World View 2, que é oferecida como extensão dentro do ArcGIS 10. Para a criação dos polígonos para 2003 e 2015, partiu-se de polígonos já criados obtidos da base de dados do Mapa Urbano Básico Digital de Goiânia (MUBDG), sendo estes os shapefiles de meio-fio e de quadras e lotes de Goiânia. Os shapefiles foram recortados para a área de estudo e georreferenciados a partir da imagem base do World View 2

Foram realizadas manualmente, a partir do editor de polígonos do ArcGIS 10, a edição dos polígonos preexistentes e a criação de novos polígonos para contemplar todas as feições visíveis na imagem base.

Definição das áreas sujeitas a inundações

As inundações fazem parte da história das humanidades, pois elas correspondem a um processo natural da interação sistêmica entre cursos hídricos e pluviosidade. Conforme Goerl e Kobiyama (2005), o processo de transbordamento de um curso hídrico para as áreas adjacentes, correspondem ao processo de inundação. Essa área adjacente ao corpo hídrico corresponde ao leito maior dos canais de drenagem (TUCCI, 2005).

Desse modo, como descrito por Tucci (2005), o fenômeno da inundação ocorre quando o escoamento atinge o leito maior ocupado pela população. Sendo assim, pode-se

inferir que a área que está sujeita à ocorrência de inundações é aquela que se apresenta na cota do leito maior, que é a cota altimétrica máxima atingida pela água nas épocas de cheia.

O leito maior é atingido pela água com uma frequência que depende da sazonalidade das chuvas. Seu nível máximo pode ser definido com base em um período em que se possa observar as maiores precipitações.

O processo, portanto, está associado ao comportamento natural dos rios (PISANI, 2001; TUCCI, 2007), mas que estão sendo ampliados pelas alterações produzidas na urbanização, especialmente com a impermeabilização das superfícies e canalização de córregos (JHA et al., 2012).

Para o Córrego Jaó, a legislação prevê um limite de 30 metros a partir das margens e 50 metros em torno das nascentes que deve ser destinado à preservação permanente (BRASIL, 2012). Essas metragens foram consideradas nessa pesquisa como a cota máxima de inundação para o Córrego Jaó.

A inferência da cota máxima de inundação do rio Meia Ponte foi realizada considerando-se mais aspectos. O Plano Diretor do Município de Goiânia define que a área de preservação permanente para o Meia Ponte deve ser de 100 metros **a partir da cota de inundação** (grifo nosso) (GOIÂNIA, 2007), mas o documento não traz indica a cota altimétrica correspondente à cota máxima de inundação.

Dessa maneira, buscou-se estimar essa cota a partir do shapefile de cotas altimétricas juntamente com a observação da imagem de 1965, pois nessa época a água se apresentava represada por causa da Usina Jaó, de modo que o nível da água seria semelhante ao nível máximo atingido nas cheias do rio.

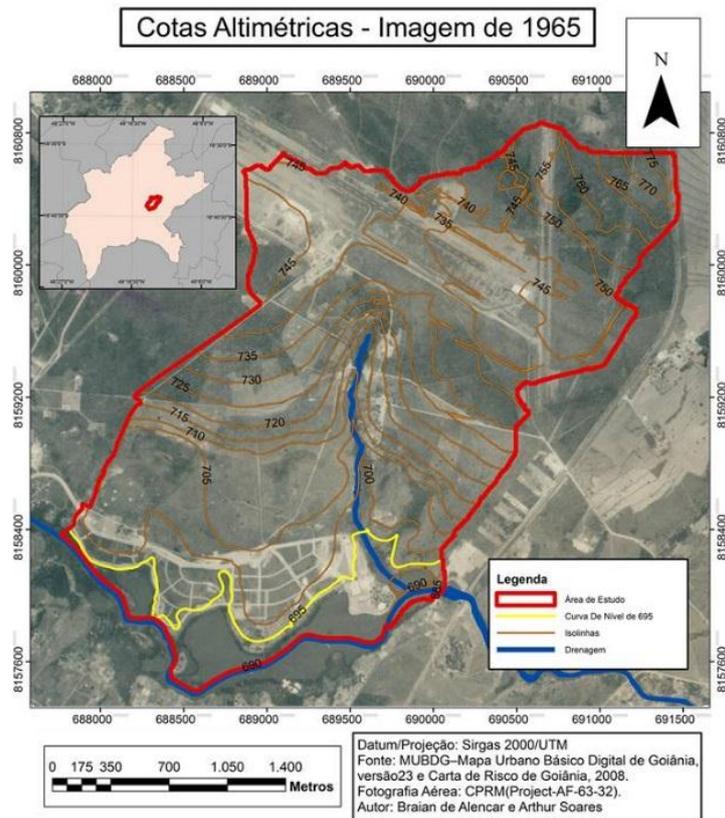
A partir desse procedimento, definiu-se a cota de 695 metros como sendo a que melhor representava a planície de inundação do Meia Ponte, observando-se ainda que essa cota apresentava maior distância horizontal em relação às outras mais próximas à margem do rio, caracterizando uma região mais extensa e plana próxima ao rio, que configuraria uma planície (Figura 4).

A planície de inundação definida para o Meia Ponte foi unida à área de preservação permanente (APP) do Córrego Jaó para se obter a área total que foi considerada planície de inundação na área de estudo.

Com a planície de inundação total definida, foi realizada a separação de áreas ocupadas, que sofreriam prejuízos materiais e humanos na ocorrência de uma inundação, das áreas não ocupadas, em que uma inundação ocorreria como evento natural. Essa separação se deu através de uma inspeção visual da imagem do acervo do Google Earth de 2015, sendo

posteriormente realizada uma reclassificação das classes em “Áreas Ocupadas”, que contam com as áreas construídas, calçadas e logradouros, e “Áreas Não Ocupadas”, que contam com as áreas vegetadas.

Figura 4: Cotas altimétricas comparadas ao nível da água represada na área de estudo no ano de 1965.



Fonte: Autores do trabalho.

Definição das áreas sujeitas a alagamentos

A ocorrência de alagamentos também está associada ao escoamento superficial das águas pluviais. Porém, diferentemente das inundações, esse fenômeno acontece no interior do perímetro urbano, em que, na ocorrência de fortes precipitações pluviométricas, há um acúmulo de água nas ruas situadas em áreas planas ou com depressão e fundos de vales, devido à ineficiência do sistema de drenagem (GRILO, 1992; CASTRO, 2003).

O sistema de drenagem que está ligado de maneira mais direta à ocorrência de alagamentos é o denominado como microdrenagem. A microdrenagem é representada por um sistema de condutos pluviais ou canais nos loteamentos, recebendo a água das fontes primárias (PORTO ALEGRE, 2005). O principal componente que exerce o papel de receptor da água para que não haja o acúmulo nas ruas é a boca-de-lobo, que é uma abertura no meio-fio ao longo das vias.

A definição das áreas sujeitas a alagamentos, nesta pesquisa, foi realizada com base na observação das direções de fluxo nos arruamentos, presença de bocas-de-lobo funcionais e na ocorrência de zonas planas e mais baixas.

O mapeamento da localização das bocas-de-lobo e funcionalidade foi desenvolvido em sete campanhas de campo. A vistoria realizada em toda a área de estudo com o uso de um aparelho de GPS, e avaliação da funcionalidade do sistema de drenagem quanto a dimensão, estado físico e limpeza das bocas-de-lobos. Os dados coletados em campo passaram a compor o banco de dados do projeto para análises correlacionadas.

A obtenção da orientação de fluxo para a área de estudo se deu a partir do processamento do modelo digital de terreno obtido do banco de dados da Carta de Risco de Goiânia.

Os dados da orientação de fluxo foram sobrepostos aos dados de arruamento e de locação das bocas de lobo. Considerou-se que os arruamentos têm uma relação direta com o escoamento: Ruas no mesmo sentido da orientação de fluxo favorecem o escoamento, enquanto ruas perpendiculares à orientação favorecem o acúmulo, portanto, ruas mais declivosas favorecem o escoamento e as ruas mais planas à jusante destas favorecem o acúmulo.

Observando-se todos esses aspectos foi possível indicar áreas que apresentam maior sujeição à ocorrência de alagamentos, sendo estas as ruas de baixa declividade ou perpendiculares à orientação do fluxo à jusante de ruas mais declivosas no mesmo sentido da orientação do fluxo, que apresentam convergência de fluxos e ausência ou insuficiência de bocas-de-lobo.

Por fim, após a indicação dessas áreas, foram consultados jornais disponibilizados *on-line* entre os anos de 2014 e 2015, além de outras bibliografias relacionadas ao tema, com o intuito de encontrar, caso houvesse, casos documentados de ocorrência de inundações ou alagamentos, na área de estudo.

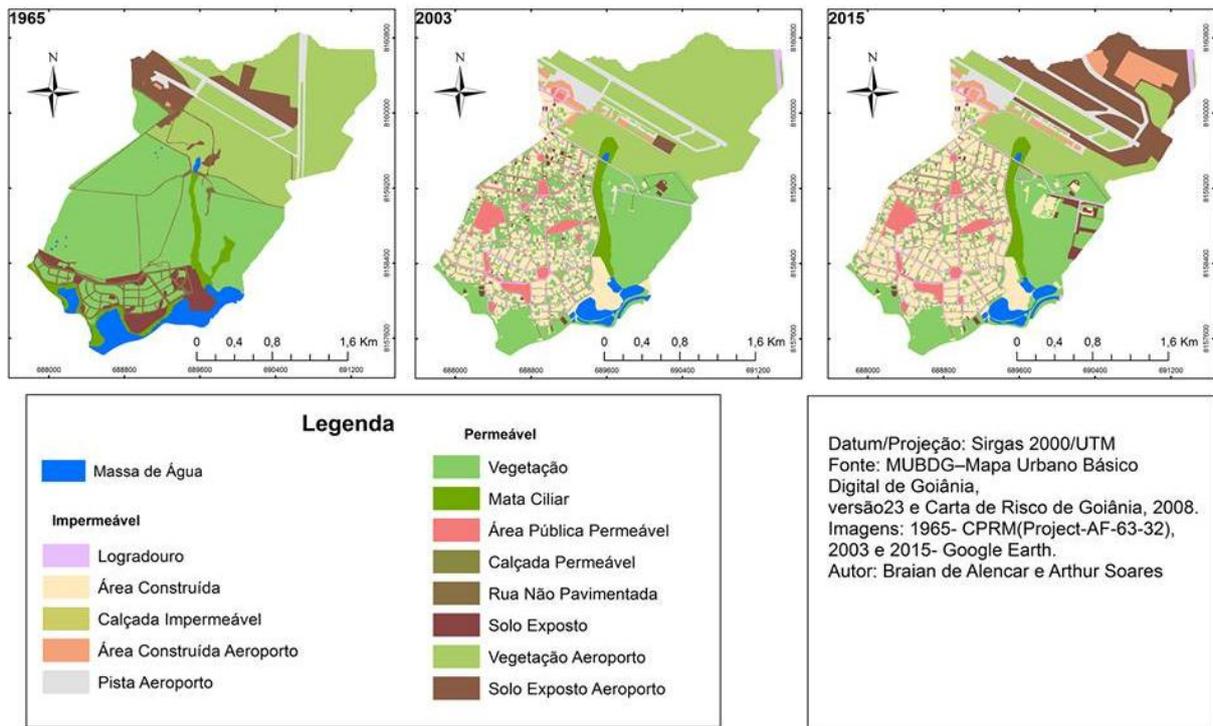
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Uso e cobertura do solo

A evolução histórica do uso das terras, entre os anos de 1965, 2003 e 2015 (Figura 5), sumarizada na tabela 1 indica a dinâmica de ocupação do setor e ampliação das áreas de impermeabilização, bem como diversidade de particularidades de usos antrópicos e urbanos.

Figura 5: Evolução histórica do uso da terra no Setor Jaó e Aeroporto Internacional Santa Genoveva.

Evolução Histórica do Uso da Terra



Fonte: Autores do Trabalho.

Tabela 1: Quantitativo, em porcentagem, das classes de uso e cobertura do solo nos anos de 1965, 2003 e 2015

Classe	1965	2003	2015
Vegetação	42,80%	25,50%	19,90%
Mata ciliar	3,40%	2,40%	2,40%
Área pública permeável	0%	3,80%	3,80%
Calçada permeável	0%	3,10%	2,90%
Rua não pavimentada	4,60%	0,10%	0,10%
Solo exposto	3,60%	0,80%	1,30%
Vegetação aeroporto	31%	32,70%	14,40%
Solo exposto aeroporto	6,30%	0,40%	14,10%
Total permeável	91,70%	68,80%	58,90%
Logradouro	0%	6,80%	7%
Área construída	0,10%	15,80%	20,30%
Calçada impermeável	0%	1,40%	2%
Área construída aeroporto	0,10%	1,10%	4,10%
Pista aeroporto	3,30%	4,10%	5,70%
Total impermeável	3,50%	29,20%	39,10%
Massa d'água	4,80%	2%	2%
Total	100%	100%	100%

Fonte: Autores do Trabalho

A partir desses dados, duas análises interessantes podem ser realizadas comparando-se as porcentagens de uso de cada classe: uma relacionando o uso no ano de 1965, quando no início da ocupação do setor Jaó, ao uso em 2015; e outra relacionando o uso no ano de 2003 ao uso em 2015, já que o período dos anos 2003 e 2004 foi o que apresentou a maior taxa de crescimento no município de Goiânia como um todo entre os anos 2000 e 2010 (SEPLAM, 2010).

Período 1965 a 2015

Na comparação dos anos de 1965 e 2015, nota-se uma diminuição muito significativa das áreas permeáveis, fato que se deve principalmente à retirada da vegetação, que foi reduzida a menos da metade levando em consideração a área pertencente ao aeroporto e a área do Setor Jaó. Soma-se a isso o fato de que houve a ampliação das obras do aeroporto, a implantação de ruas pavimentadas, que sequer existiam na área em 1965, e o loteamento dos terrenos e construção de várias casas no setor.

Como resultado, tem-se que a área construída no setor Jaó passou a ser mais de 200 vezes maior em relação a 1965, o que somado à área do aeroporto, implica em um incremento de área impermeável da grandeza de 10 vezes o que existia no referido ano. A atração da população goianiense para o Setor Jaó, vincula-se ao imaginário coletivo da cidade, que atrai a classe média-alta para o setor associado ao padrão urbanístico de cidades europeias. Recorrentemente a mídia local divulga que a história do setor vinculada a construção do loteamento por alemães e empreendimento urbanísticos vinculam o histórico na oferta de imóveis.

De fato, o loteamento apresenta padrão urbanístico planejado em arruamentos, dimensões dos lotes, localização de parques urbanos e comércio local específico para os moradores do setor, mas os problemas relacionados a infraestrutura urbana de drenagem comuns a bairros/loteamentos não idealizados nos padrões europeus estão presentes no Setor Jaó, assim como degradações e descumprimento da legislação quanto a proteção de nascentes.

Ano de 2003 comparado ao ano de 2015

Entre as alterações do ano de 2003 para o ano de 2015, uma das que mais se destaca é a diminuição drástica da vegetação. A vegetação do aeroporto somada à existente no Setor Jaó ocupava 58,2% da área de estudo em 2003, sendo que em 2015 essa porcentagem passou a ser de 34,3%.

Essa diminuição ocorreu no interior do setor quase na mesma intensidade em que houve o aumento de área construída, o que é de se esperar considerando que boa parte da área

do setor coberta por vegetação é aquela em que existem lotes vagos, cuja tendência é de conversão em área construída devido ao crescimento imobiliário. Mas o grande responsável pela diminuição da vegetação na área de estudo é o aeroporto. De 2003 a 2015, a vegetação no local foi reduzida a menos da metade devido à realização de construções de ampliação.

No interior do setor, outra relação que pode se observar é a existente entre as calçadas permeáveis e impermeáveis, em que estas por vezes substituem as primeiras, ou são colocadas junto a novas áreas construídas onde antes existia vegetação.

A substituição de calçadas permeáveis (Figura 6) e construção de novas calçadas impermeáveis, além de contribuir para o problema da impermeabilização excessiva do meio urbano, vão contra a Instrução normativa nº 30 do Plano Diretor de Arborização Urbana de Goiânia, que determina 1,25 metros de área pavimentada e o restante de área permeável para as calçadas do município.

Figura 6: Calçada permeável presente em Goiânia.



Fonte: Autores do trabalho.

Apesar do aumento de calçadas impermeáveis em detrimento das calçadas permeáveis não ser tão significativo quanto às outras formas de aumento de área impermeável, observar que essa é a tendência com o processo loteamento do setor é algo preocupante, pois ocasiona-se sobrecarga no sistema de microdrenagem.

O aumento das áreas de solo exposto, apesar de não representar diretamente uma conversão de área permeável em impermeável, também é um dado preocupante. A existência de solo exposto pode estar relacionada a problemas de erosão, entre outros, mas levando em consideração a questão da conversão das áreas, os locais com solo exposto podem ser entendidos como áreas de futura conversão, em que a vegetação já foi retirada e o terreno está sendo preparado para se tornar uma área construída. Teodoro e Nunes (2007) alertam que quanto menor a extensão de áreas verdes, menor a infiltração de água no solo, que alimenta os aquíferos suspensos, causando menor auxílio para o escoamento superficial, as quais poderiam atenuar as causas deles.

Dessa maneira, a tendência é que o quantitativo de áreas permeáveis, que ainda totaliza mais da metade do total, sofra uma diminuição considerável, já que as áreas de solo exposto, que figuram entre as áreas permeáveis, provavelmente serão convertidas em áreas construídas, em sua maioria.

Análise das áreas sujeitas a inundações

Avaliando-se a condição topográfica da área de estudo, a cota altimétrica que ficou definida como sendo a mais próxima da representação do limite da planície de inundação do rio Meia Ponte foi a cota de 695 metros, pois essa cota apresenta maior distância horizontal em relação às outras, caracterizando a maior extensão plana próxima ao rio, representando a superfície mais próxima a uma planície. Sendo assim, a área entre a margem do Meia Ponte e a cota altimétrica citada foi definida como a planície de inundação para a seção do rio em questão.

Avaliando-se a condição de ocupação dessa área de inundação constata-se que a cota definida de inundação pode afetar mais de 50 lotes ocupados, 4 trechos da Alameda Pampulha e uma pequena parte da rua J-22, assim como uma parte do Clube Jaó, na parte sudeste do setor. Além disso, inundações ligadas à cheia do Córrego Jaó podem afetar um trecho de um condomínio fechado no extremo nordeste do setor, além de um trecho da Rua da Divisa, como é destacado através de um zoom no mapa de áreas sujeitas a inundação (Figura 7).

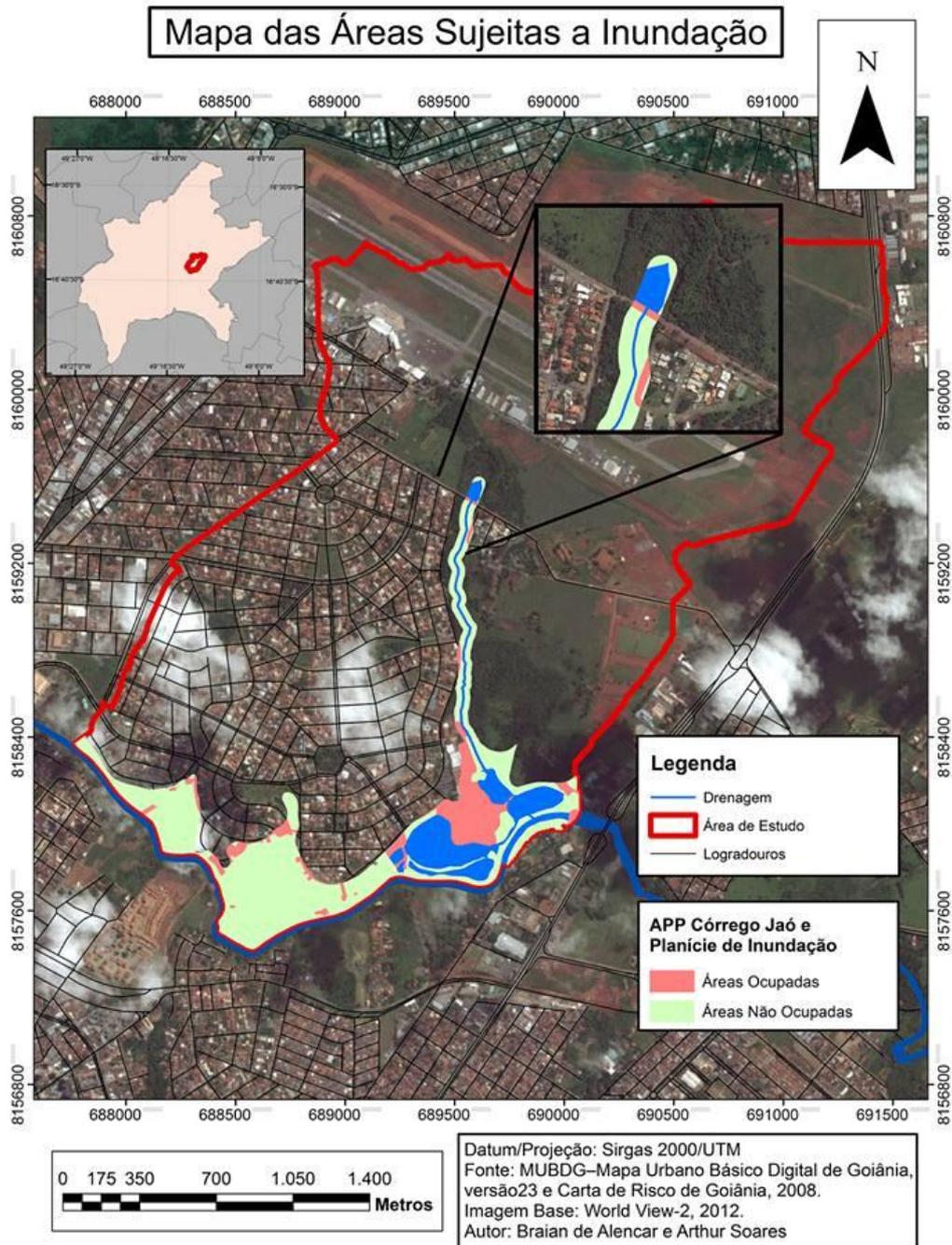
Áreas sujeitas a alagamentos

A avaliação do setor Jaó indica que no caso dos alagamentos as áreas selecionadas, que reuniram fatores de superfície que favorecem essa ocorrência foram um conjunto de ruas na parte sudoeste do setor, uma rua na parte leste/nordeste e outra no extremo nordeste do setor, numeradas no Mapa das Áreas Sujetas a Alagamento respectivamente com os números 1, 2 e 3 (Figura 8). O mapa conta com a orientação do fluxo no arruamento com as localizações das bocas-de-lobo, pois estes foram fatores determinantes na definição das áreas de interesse.

A área 1 contém trechos das ruas J-1, J-2, J-3 e J-6, além de uma pequena parte da Avenida Belo Horizonte, que possuem declividade menor do que 2%, favorecendo o acúmulo de água. Além disso, existe uma convergência de fluxos vindos de norte/nordeste e leste, sendo que apenas na parte leste há uma quantidade significativa de bocas-de-lobo. As duas avenidas que contribuem com o fluxo de água vindo de norte/nordeste são longas e mais declivosas, favorecendo um fluxo de água significativo que não é minimizado por bocas-de-

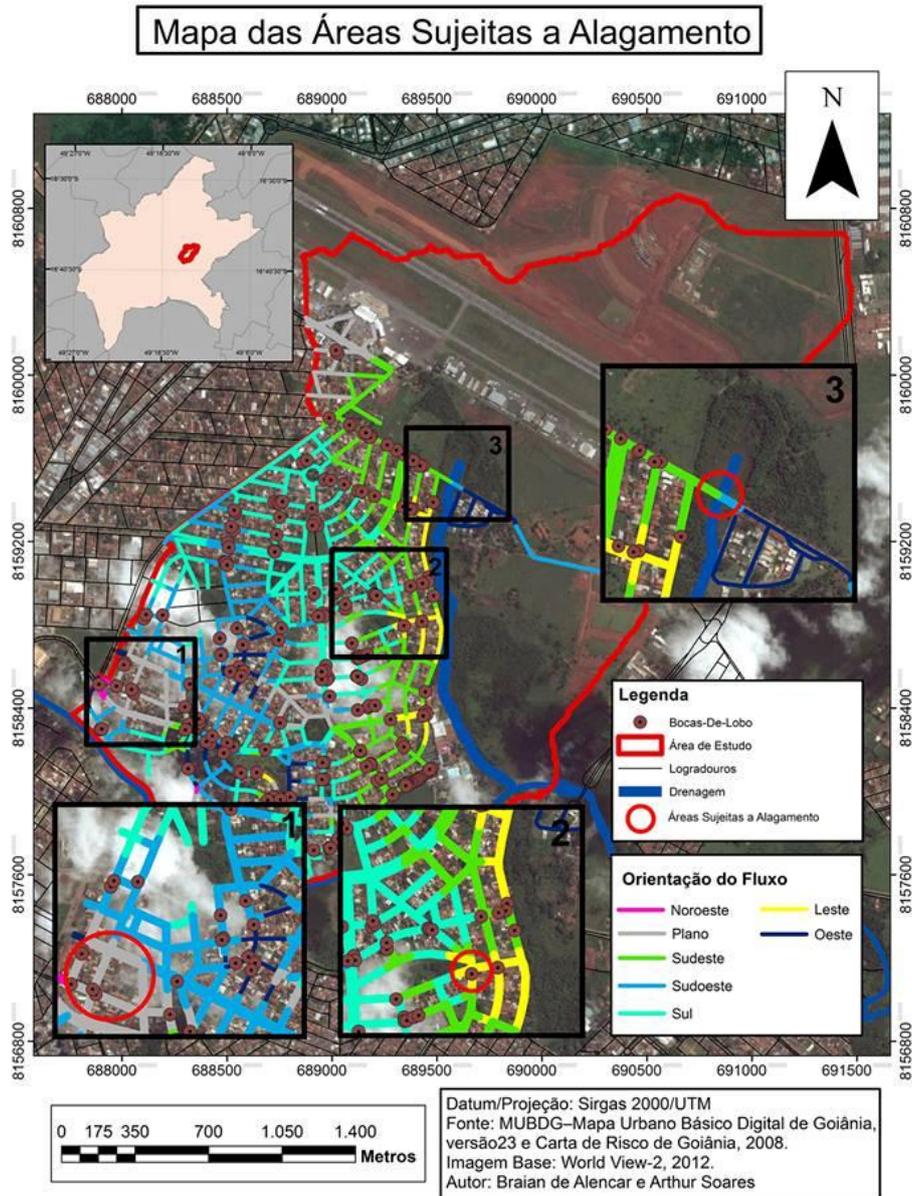
lobo de montante, que se mostram insuficientes, assim como as bocas-de-lobo de jusante, que deveriam existir nos cruzamentos das três ruas para evitar o acúmulo de água.

Figura 7: Mapa das áreas sujeitas a inundação no Setor Jaó em 2015.



Fonte: Autores do Trabalho.

Figura 8: Mapa das áreas sujeitas a alagamento no Setor Jaó em 2015.



Fonte: Autores do Trabalho.

A área 2 contém um trecho da rua J-44 que recebe um fluxo convergente de três ruas, sendo duas delas longas e com poucas bocas-de-lobo. O trecho em questão pode ter dificuldade em escoar um grande volume de água por ser pouco declivoso e apresentar direção perpendicular à sua direção de fluxo.

A área 3 contém um trecho da Rua da Divisa que se caracteriza por ser o ponto mais baixo da rua, que é extensa e apresenta um formato côncavo. A rua apresenta uma convergência de fluxos devido ao seu formato, um na direção Leste-Oeste e outro na direção noroeste-sudeste, sendo que apenas o segundo é minimizado por presença de bocas-de-lobo.

Pode-se ainda observar que esse trecho é o local em que a rua transpõe o Córrego Jaó, sendo uma área mais rebaixada entre duas áreas declivosas.

As consultas bibliográficas (referências e jornais dos anos de 2014 a 2015) indicam que essa é uma área em que já ocorreram eventos de inundação e de alagamento, trazendo transtornos para os moradores e outras pessoas que se utilizam da via para sair e entrar no Setor Jaó, ou acessar a BR-153 e o aeroporto.

Assim, a Rua da Divisa configura-se como um caso especial em que existem aspectos que podem colocá-la como área sujeita a inundações e alagamentos a depender a quantidade de pluviosidade. A rua atravessa o Córrego Jaó próxima à sua nascente e por vezes o nível da água, na época da cheia do córrego, ultrapassa a cota na qual a rua se encontra, pelo fato de que a rua tem um formato côncavo e o nível mais baixo é justamente aquele em que a rua sobrepõe o córrego, tornando-a sujeita à ocorrência de inundações.

Ainda pelo fato de ter um formato côncavo, existe uma convergência nos fluxos de escoamento, que pode ser observada também na orientação de fluxo presente no mapa das áreas sujeitas a alagamento, direcionando a água para a parte mais baixa da pista, tornando-a sujeita à ocorrência de alagamentos.

A região de entorno da denominada “área 3” do mapa de áreas sujeitas a inundação sofre diretamente com o processo de impermeabilização e alterações do aeroporto. No final do ano de 2015 e início do ano de 2016, o Aeroporto Santa Genoveva passou por obras de ampliação, que consistiram na construção de um novo terminal e de novos pontos de embarque.

O jornal G1 veiculou, no dia 30 de novembro de 2015, uma notícia que indicava que a nascente do córrego estava sendo atingida por lama proveniente de obras realizadas pelo aeroporto na região à montante, sendo que um reservatório, construído também pelo aeroporto para conter essa lama na parte mais próxima à nascente, estaria com problemas de estrutura e por isso a água do lago da nascente estaria sendo comprometida. O risco de assoreamento já era indicado.

O maior volume de água recebido pela nascente, associado a um princípio de assoreamento criou um cenário crítico, já que o período do final de 2015 e início de 2016 apresentou chuvas bastante intensas.

No dia 18 de janeiro de 2016, o jornal O Popular noticiou que a via de acesso ao aeroporto a partir da BR-153, no caso a Rua da Divisa, que atravessa o córrego próximo à nascente, estava interditada por agentes da Secretaria Municipal de Trânsito (SMT) e que a interdição se devia a um alagamento nesse trecho após uma forte chuva, o que confirma o

modelo de análise das áreas de alagamento. Em 9 de fevereiro de 2016, houve uma nova interdição por parte da Prefeitura de Goiânia, como noticiado pelo Jornal Opção, 27 após uma nova chuva de grande intensidade e um novo alagamento no mesmo trecho (Figura 9 e 10).

Figura 9: Agentes da SMT interditando a Rua da Divisa no dia 18 de janeiro de 2016.



Fonte: O Popular.

Figura 10: Alagamento na Rua da Divisa no dia 9 de fevereiro de 2016, por Elder Dias.



Fonte: Jornal Opção.

O caso da Rua da Divisa configura um exemplo de área sujeita aos fenômenos de inundação e alagamento e que foi extremamente afetada pelo modo como se deu o uso da terra na região próxima, no caso, as obras feitas por parte do aeroporto. Entretanto, outras áreas/setores arruamentos no setor passam a ser influenciadas pelo aumento da impermeabilização destinado a atendimento da pressão por urbanização.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As ferramentas de geoprocessamento, dados satelitários e outros dados obtidos on-line se mostraram como importantes instrumentos para análises ambientais. Porém, em escalas muito detalhadas de análise, como a do presente trabalho, pôde-se notar certa escassez de dados precisos, sendo necessários vários refinamentos e edições antes do processamento dos dados obtidos em um sistema de informações geográficas.

O histórico de ocupação do setor indica que há uma ineficiência do poder público no ordenamento da ocupação das áreas, mostrando que a ocupação de áreas de planície de inundação por parte da população existe e ainda assim, mesmo com a ocorrência de desastres que afetam negativamente essa população, não recebe a atenção devida.

A análise da evolução histórica do uso da terra mostra que existe uma tendência de impermeabilização crescente no ambiente urbano. A impermeabilização excessiva pode

potencializar ainda mais os efeitos de inundações e alagamentos quando outras características da superfície promovem a ocorrência desses eventos.

O presente trabalho não é definitivo e deixa aberto um campo que pode ser explorado mais a fundo. As características de superfície foram contempladas, como objetivo do trabalho, mas a indicação das áreas mais problemáticas pode ser mais precisa se analisada levando em consideração variáveis pluviométricas.

Com casos já documentados, a Rua da Divisa mostrou-se a área mais problemática, reunindo características favoráveis à ocorrência dos dois fenômenos analisados, sendo afetada ainda pelo uso do solo de maneira indevida em seu entorno. As demais áreas apontadas nestes mapas não necessariamente sofrem ou já sofreram com a ocorrência desses fenômenos, mas reúnem as características de superfície mais favoráveis para a sua ocorrência, carecendo de validação em campo com consulta a população local.

Com as ocorrências dos fenômenos na Rua da Divisa, fica clara a importância do ordenamento do uso do solo, que deve ser realizada de maneira cuidadosa e planejada, com o objetivo de evitar que novas áreas passem a sofrer com esses problemas.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. 2012.

CASTRO, A. L. C. de. **Manual de Desastres Naturais: Desastres Naturais**. Brasília: Ministério da Integração Nacional. Volume I. 2003.

G1. **Lama das obras de aeroporto atinge nascente de córrego, em Goiânia**. Disponível em: <http://g1.globo.com/goias/noticia/2015/11/lama-das-obras-de-aeroporto-atinge-nascente-de-corrego-em-goiania.html> >.

GOERL, R.F.; KOBAYAMA, M. Considerações sobre as Inundações no Brasil. XVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2005, João Pessoa. **Anais...** Porto Alegre, ABRH, 2005.

GOIÂNIA. Instrução normativa n. 30, de 05 de setembro de 2008. **Institui o Plano Diretor de Arborização Urbana de Goiânia**. 2008.

GOIÂNIA. Lei complementar n. 171, de 29 de maio de 2007. **Dispõe sobre o Plano Diretor e o processo de planejamento urbano do Município de Goiânia e dá outras providências.** 2007.

GRILO, R. C. **A precipitação pluvial e o escoamento superficial na cidade de Rio Claro/SP.** 1992. 103 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1992.

ITCO. **Revisão e detalhamento da carta de risco e planejamento do meio físico do município de Goiânia.** / Instituto de Desenvolvimento Tecnológico do Centro Oeste. Goiânia: Prefeitura Municipal de Goiânia, 2008.

JHA, A.; LAMOND, J.; PROVERBS, D.; BHATTACHARYA-MIS, N.; LOPEZ, A.; PAPACHRISTODOULOU, N.; A. BIRD.; BLOCH, R.; J. DAVIES.; R.BARKER. **Cities and Flooding: A guide to integrated urban flood risk management for the 21st Century.** 2012

JORNAL OPÇÃO. **Após alagamento, prefeitura interdita Rua da Divisa.** Disponível em: <<http://www.jornalopcao.com.br/ultimas-noticias/apos-alagamento-prefeitura-interdita-rua-da-divisa-58355/>>.

MACHADO, A. S.; DE PAULA, H, J. M.; RODRIGUES, H.S.C. FARIA, K.M.S. Avaliação Dos Efeitos Da Impermeabilização Do Solo Urbano Na Alta Bacia Do Córrego Cascavel – Goiânia /GO. IN: PERES FILHO, A.; AMORIM, R. R(org). **Os desafios da Geografia Física na fronteira do Conhecimento.** Campinas: Instituto de Geociências – Unicamp, 2017.

MARTINS JUNIOR, O. P. et al. Laudo pericial sobre degradação de áreas caracterizadas como zonas de proteção ambiental (ZPAs) no setor Jaó, em Goiânia. In: MARTINS JUNIOR, O. P.(Org.). **Perícia ambiental e assistência técnica:** instrumentos de defesa dos direitos individuais e coletivos. 2 ed. Goiânia: Kelps, 2010. p. 265- 304.

NICOLAU, R. DE .; FARIA, K.M.S de. Avaliação Da Eficiência E Condição De Conservação Da Microdrenagem E Relação Com Os Processos Erosivos Na Área De Contribuição Do Jardim Botânico De Goiânia/GO. IN: **XVIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2019, Fortaleza, 2019. No prelo.**

O POPULAR. **Via de acesso ao aeroporto segue fechada no Setor Jaó.** Disponível em: <<http://www.opopular.com.br/editorias/cidades/via-de-acesso-ao-aeroporto-segue-fechada-no-setor-ja%C3%B3-1.1023805>>.

PISANI, M. A. J. **As enchentes em áreas urbanas.** Ed. 03. pg 42-45. SINERGIA. São Paulo, 2001.

PORTO ALEGRE. **Plano Diretor de Drenagem Urbana de Porto Alegre**. Instituto de Pesquisas Hidráulicas. UFGRS. Departamento de Esgotos Pluviais da PMPA. 2005.

RODRIGUES, Valéria Lopes. **Mapeamento geotécnico como base para o planejamento urbano e ambiental: município de Jaú/SP**. 2008. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

SEPLAM. Evolução da população – Goiânia 2000-2018. Disponível em: <<http://www.goiania.go.gov.br/shtml/seplam/anuario2012/arquivos%20anuario/3%20DEMO%20DEMOGR/3.1%20Popula%C3%A7%C3%A3o/3.1.1%20Evolu%C3%A7%C3%A3o%20da%22popula%C3%A7%C3%A3o%20-%20Goi%C3%A2nia%202000-2010.pdf>>.

TEODORO, P. H. M.; NUNES, J. O. R. Os alagamentos em Presidente PrudenteSP: um trabalho interdisciplinar embasado no mapeamento geológico. **Revista Formação**, n.17, volume 2 – p. 81-102. São Paulo, 2007.

TUCCI, C. E. M. **Gestão de Inundações Urbanas**. Ministério das Cidades – Global WaterPartnership - World Bank - Unesco. Ministério Público Federal, 2005.

TUCCI, C. E. M. **Inundações urbanas**. Porto Alegre: ABR