

# UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO PARA MAPEAMENTO DE ÁREAS SUSCEPTÍVEIS À INUNDAÇÕES E ALAGAMENTOS NA CIDADE DE FORMOSA - GOIÁS

*Techniques geoprocessing for mapping areas susceptible to flooding and inundation in the city of Formosa – Goiás*

**Lucas de Sousa Ramalho\***  
**Elton Souza Oliveira\*\***  
**Marcos Vinicius Santos Dourado\*\*\***

**\*Universidade Estadual de Goiás**  
lucas.s.ramalho@hotmail.com

**\*\*Universidade Estadual de Goiás**  
elton.gea@gmail.com

**\*\*\*Secretaria da Educação de Goiás**  
mvsde82@gmail.com

## RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo mapear, através de técnicas de geoprocessamento, áreas susceptíveis a inundação e alagamento na bacia do córrego Josefa Gomes na cidade de Formosa-GO. No processo foram utilizadas as seguintes variáveis: tipo de solo, uso e cobertura do solo, declividade e altitude do relevo. A informação de solos se refere ao Zoneamento Ecológico-Econômico da Região Integrada do Distrito Federal e Entorno - Fase I. A informação de uso e cobertura do solo se refere ao mapa de cobertura e uso do solo do estado de Goiás, o qual foi refinado com base em dados do sensor AVNIR-2 a bordo do satélite ALOS e imagens Google Earth. E a informação de declividade e altitude do relevo foram obtidas a partir da vetorização em tela de uma carta altimétrica na escala 1:25.000 referente à área de estudo. As classes de risco a inundação foram definidas em Baixo – baixíssimo risco, Médio – baixo risco, Médio Risco, Alto – médio risco e Altíssimo – alto risco. De forma geral, a bacia apresenta alto-médio risco (66,26%) e altíssimo risco (31,91%) à inundação e alagamentos. As áreas mais susceptíveis aos processos se concentram nas porções mais rebaixadas do relevo até, aproximadamente, 920 metros de altitude. Entre os principais fatores que favorecem o fenômeno da inundação e alagamento pode-se citar: o processo de urbanização da bacia, a impermeabilidade do solo, baixos valores de declividade, deficiência no sistema de drenagem local, presença de lixo e detritos no canal, obstrução das galerias pluviais, aumento do pico de vazão em decorrência da canalização do córrego, entre outros. A metodologia utilizada nesse estudo se mostrou bastante satisfatória uma vez que conseguiu expor as áreas mais susceptíveis possibilitando seu mapeamento, além de constituir uma metodologia de baixo custo na produção da informação.

**Palavras-chave:** Risco. Cheias Urbanas. Planejamento. Geotecnologias.

## ABSTRACT

The present work aimed to map, through geoprocessing techniques, areas susceptible to flooding and flooding in the Josefa Gomes stream watershed in the city of Formosa-GO. In the process, the following variables were used: soil type, soil use and cover, slope and relief altitude. Soil information refers to the Ecological-Economic Zoning of the Integrated Region of the Federal District and Environment - Phase I. Information on land use and land cover refers to the land cover and use map of the state of Goiás, which was refined based on AVNIR-2 sensor data aboard the ALOS satellite and Google Earth images. And the slope and elevation information of the relief were obtained from the on-screen vectorization of an altimetric chart in the scale 1: 25,000 referring to the study area. Flood risk classes were defined as Low - very low risk, Medium - low risk, Medium Risk, High - medium risk and High - High risk. In general, the basin presents high-

medium risk (66.26%) and very high risk (31.91%) to flood and floods. The areas most susceptible to the processes are concentrated in the lower portions of the relief until, approximately, 920 meters of altitude. Among the main factors that favor the phenomenon of flooding and flooding are: the process of urbanization of the basin, soil impermeability, low values of slope, deficiency in the local drainage system, presence of garbage and debris in the canal, obstruction of the rain gauge, increase of the peak of flow due to channeling of the stream, among others. The methodology used in this study proved to be quite satisfactory once it was able to expose the most susceptible areas, allowing its mapping, besides being a low cost methodology in the production of information.

**Keywords:** Risk. Urban flooding. Planning. Geotechnology.

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo Tucci (2003) as inundações são mais antigas que a existência do homem e historicamente as civilizações se desenvolveram em áreas próximas aos rios, utilizando-os, para transporte e consumo de água. A história mostra que o homem, desde a antiguidade, tem procurado conviver com as inundações buscando, com o passar do tempo, habitar as zonas mais altas do relevo onde o rio dificilmente chegaria (TUCCI, 2003).

Outros autores ainda abordam que as inundações são fenômenos hidrometeorológicos que causam grandes prejuízos ao homem (MACHADO e TORRES, 2012), e representam um dos principais tipos de desastres naturais que frequentemente tem atingido populações tanto rurais, quanto metropolitanas (IPT, 2006). Dessa forma, entende-se que as inundações são eventos naturais e que cabe ao homem se adequar as condições do meio. Além das inundações outro fenômeno que corrobora com o processo de perdas são os alagamentos que segundo o Ministério das Cidades/IPT (2007) são definidos como o acúmulo momentâneo de águas em uma dada área por problemas no sistema de drenagem, podendo ter ou não relação com processos de natureza fluvial.

O homem como agente modificador da paisagem, por meio do processo de urbanização, tem conduzido à transformação do espaço e degradação ambiental. Segundo Cristo (2002) essa transformação causa impactos direto nas dinâmicas hidrológicas naturais, tais como redução na capacidade de infiltração de água no solo, aumento do escoamento superficial, processos erosivos, aumento do caudal em períodos de chuvas intensas, entre outros. Tendo em vista que esses fatores são determinantes na ocorrência das inundações e alagamentos, entende-se que o homem tem potencializado a ocorrência do fenômeno de cheia, responsável pelas inundações.

É sabido da ocorrência de inundações e alagamentos na cidade de Formosa Goiás. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas – IBGE (2013) o município de Formosa vem sendo atingido por inundações e alagamentos nos últimos cinco anos, tanto em áreas naturalmente inundáveis (planícies de inundação) quanto em áreas de ocupação regular (aproximadamente 26 eventos em áreas urbanas). Em alguns casos, na cidade de Formosa, a Defesa Civil e o Corpo de Bombeiros Militar chegaram a ser acionados para avaliar as condições de moradia de habitantes de áreas alagáveis.

A ocupação de áreas com restrições naturais para suprir a demanda do uso residencial, a exemplo, as áreas ribeirinhas, tem causado instabilidade ambiental podendo inclusive causar risco a população ali instalada. O uso do solo em áreas com restrições naturais para fins de ocupação residencial pode gerar instabilidade ambiental e riscos à população ali residente (CRISTO, 2002). O fenômeno de inundação submete a população ao risco, definido por Castro et al., (2005), de forma geral, como a probabilidade de perda material ou de vidas, ou de prejuízos materiais ou econômicos. Com isso cabe destacar a importância do desenvolvimento de estudos e pesquisas dedicados à prevenção desse tipo de desastre os quais devem ser priorizados por pesquisadores, estudiosos e sobretudo pelos órgãos gestores nacionais. Hora e Gomes (2009) afirmam que o mapa de risco à inundação é um importante instrumento na prevenção, controle e gestão das inundações.

A pertinência desse trabalho se baseia na necessidade da identificação, prevenção e mapeamento das áreas susceptíveis ao risco de inundação e alagamento na bacia do córrego Josefa

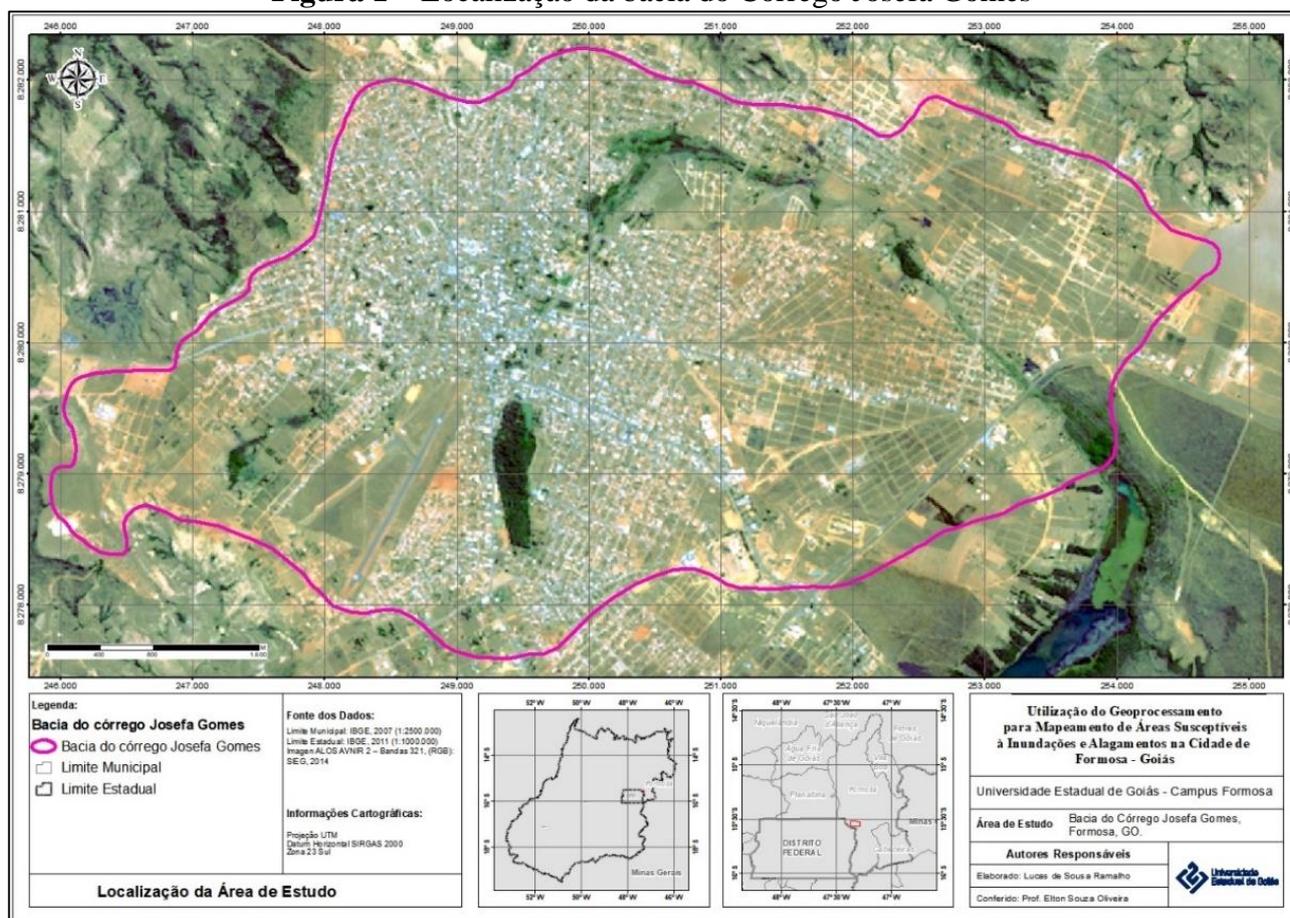
Gomes no município de Formosa Goiás, uma vez que esse mapeamento poderá subsidiar políticas de prevenção a desastres naturais e ordenamento do processo de uso e ocupação do solo.

## 2 MATERIAIS E METODOS

### 2.1 Caracterização da área de estudo

A bacia do Córrego Josefa Gomes se insere na região hidrográfica da bacia do São Francisco, no Planalto Central do Brasil, estado de Goiás, município de Formosa-GO. A bacia se localiza na porção norte da folha SD-23-Y-C-V, limitada ao norte pelo paralelo; 15°31'29,944" Sul, ao leste pelo meridiano; 47°17'10,610" Oeste, ao sul pelo paralelo; 15°34'0,970" Sul, e ao oeste pelo meridiano; 47°22'8,298" Oeste, figura 1.

**Figura 1** – Localização da bacia do Córrego Josefa Gomes



**Fonte:** O autor. Dados adaptados (IBGE, 2007; IBGE, 2011; SIEG, 2014).

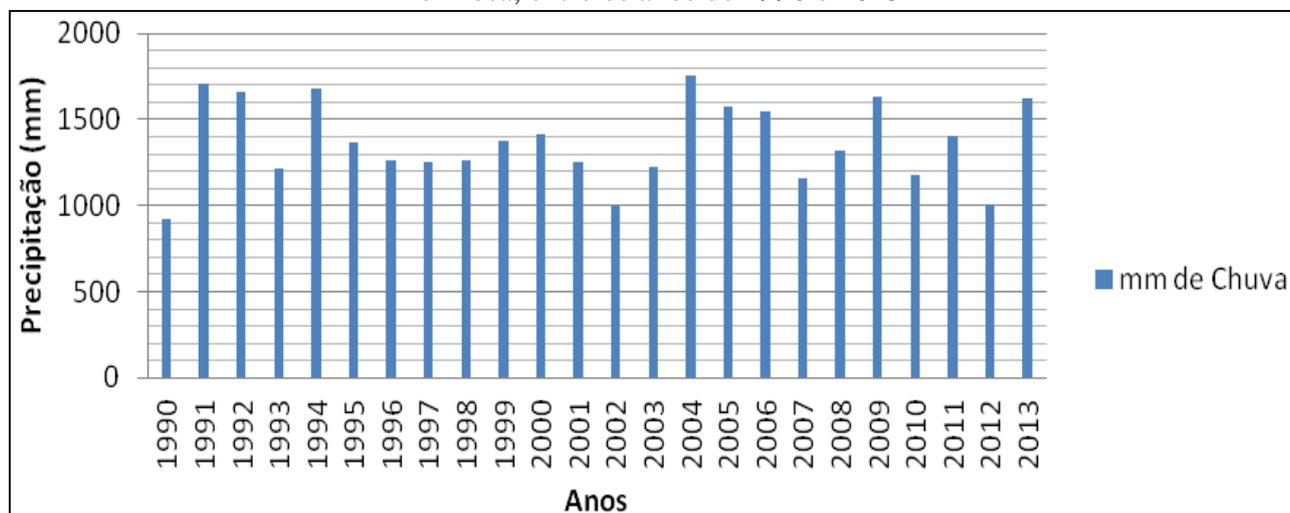
A bacia possui 25,6 km<sup>2</sup> de área e seu perímetro corresponde à 23,1 km. Caracterizada por possuir um formato mais próximo do oval, índice de circularidade igual a 0,60, implicando numa maior possibilidade de acúmulo de águas durante períodos de chuvas intensas que ocorram ao mesmo tempo em toda bacia, conforme salienta (ROCHA e KURTZ, 2001).

O clima da bacia é característico do bioma Cerrado. Segundo Coutinho (2002) o Cerrado apresenta, predominantemente, clima como Tropical Sazonal de inverno seco. A média anual no bioma é em torno de vinte e dois e vinte e três graus *Celsius* (22 e 23°C), apresentando pequena estacionalidade nas médias mensais. Já as precipitações apresentam significativa estacionalidade, se concentrando, geralmente, nos meses de outubro a março, que é a estação mais chuvosa. A média

anual de precipitação no bioma varia entre mil e duzentos a mil e oitocentos milímetros (1.200 e 1800 mm). No período de maio a setembro os índices pluviométricos mensais podem chegar a zero, dando origem a uma estação seca que dura de três a cinco meses (Coutinho, 2002). Segundo a classificação de Koppen, o clima da região se insere no grupo Aw. Esse grupo é caracterizado por duas estações bem definidas, uma seca (com cinco a seis meses de duração) e outra úmida (no restante do ano, com precipitações máximas mensais em torno dos 300 milímetros). As médias térmicas mensais oscilam entre 22 e 26° Celsius (°C), podendo chegar a 20° C nos meses mais frios e 36° C nos mais quentes conforme informações da Secretária de Planejamento do estado de Goiás (SEPLAN-GO, 1994).

Tratando-se do município de Formosa-GO foi constatado, entre o período de 1990 e 2013, que as médias anuais variaram entre 922 e 1758 mm, ocorrendo os menores valores anuais em 1990 e 2002 - valores inferiores a 1.000 mm, segundo dados levantados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2014). Por meio dos dados levantados foi possível observar a série histórica da evolução da precipitação média anual em Formosa-GO, gráfico 1.

**Gráfico 1** -- Série histórica da evolução da precipitação média anual em milímetros da cidade de Formosa, entre os anos de 1990 e 2013



Fonte: o autor. Adaptado (INMET, 2014).

Os seis anos mais chuvosos, em ordem decrescente, são: 2004 (1757,60 mm); 1991 (1705,00 mm); 1994 (1682,30 mm); 1992 (1661,60 mm); 2009 (1633,50 mm) e; 2013 (1621,90 mm).

A Tabela 1 exibe quais meses de cada ano da série histórica apresentaram maiores valores pluviométricos.

**Tabela 1** – Meses mais chuvosos em relação aos anos da série histórica (1990 - 2013)

Ano	Chuva (mm)											
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1990	-	184	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1991	-	-	367,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1992	-	429,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1993	-	362,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1994	-	-	503,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1995	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	280,1	-
1996	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	343,2
1997	262,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1998	-	263,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1999	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	283,3
2000	-	281,70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

2001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	269,70
2002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	285,50
2003	352,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2004	494,70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2005	-	-	328,90	-	-	-	-	-	-	-	-
2006	-	-	-	-	-	-	-	-	460,30	-	-
2007	409,10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2008	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	307,70
2009	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	368,10
2010	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	292,40
2011	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	267,00
2012	-	-	-	-	-	-	-	-	-	269,10	-
2013	350,40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fonte: o autor. Adaptado (INMET, 2014).

Tratando de aspectos morfológicos o relevo da bacia do córrego Josefa Gomes é predominantemente plano (46,74%) e suave ondulado (51,92%), ocorrendo pequenas superfícies onduladas (1,34%) dispersas ao longo da bacia. As declividades mais acentuadas ocorrem a leste da bacia, próximo à hidrografia (margeando o talvegue), e no extremo oeste da bacia às margens de uma depressão.

Segundo dados do Sistema Estadual de Geoinformação de Goiás SIEG (2014), a bacia está inserida, predominantemente, na Superfície Regional de Aplainamento II-A (SRAIIA) - que apresenta fraco processo de dissecação do relevo, sobre rochas pré-cambrianas. A porção norte/nordeste da bacia é cercada por duas Zonas de Erosão Recuante (ZER). Mais ao norte encontra-se uma ZER de forte dissecação, enquanto que, mais a nordeste encontra-se uma ZER de média dissecação, ambas relacionada a dissecação da SRAIIA.

As cotas altimétricas na bacia apresentam-se, aproximadamente, entre 860 e 1.030 metros, com uma variação de 170 metros entre o ponto mais alto e o mais baixo, Figura 2. As menores cotas se encontram junto à hidrografia, constituindo o nível de base local da bacia.

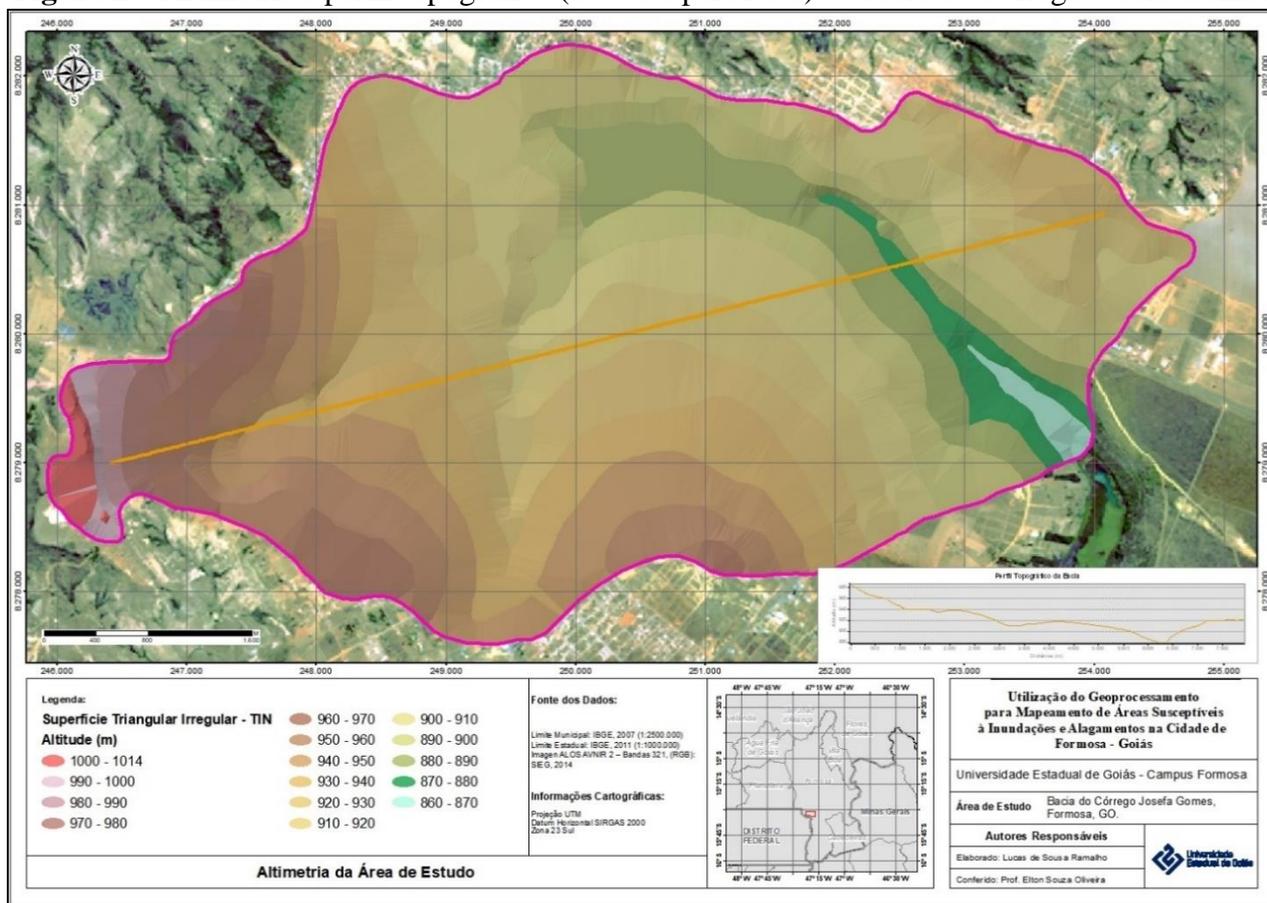
Tratando de características geológicas o Macrozoneamento Agroecológico e Econômico do Goiás (SIEG, 2014) a bacia do córrego Josefa Gomes compartilha dois ambientes geológicos: Grupo Bambuí - subgrupo Paraopeba (NP2bp) e Coberturas Detrito-lateríticas Ferruginosas (N1dl). As formações do Grupo Bambuí (0,24%) aparecem em uma pequena porção no extremo oeste da bacia do córrego Josefa Gomes. Essa formação (NP2bp) pertence à era Proterozóica, do período criogeniano, onde são encontradas rochas do tipo: Calcarenito, Arcóseo, Dolomito, Siltito, Folhelho, Argilito, entre outras (SIEG, 2014). Segundo a Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais - CPRM (2003), devido à escassez de dados na região de Formosa o grupo Bambuí foi subdividido em subgrupo Paraopeba, formado por siltitos e argilitos de coloração cinzenta-esverdeado e avermelhado, lentes de calcário e intercalações de arenito arroxeadado.

As Coberturas Detrito-lateríticas Ferruginosas (99,53%) aparecem predominantemente na bacia. Essa formação constitui formações mais jovens, da era Cenozóica (período Neogeno) relacionados a depósitos de silte, areia e argila (SIEG, 2014). A CPRM (2003) classifica essa região como Coberturas Detrito-lateríticas Terciário-Quaternário que caracteriza superfícies aplainadas de altitudes entre 900 e 1500 metros em processo de dissecação marginal por erosão. O domínio das coberturas detrito-lateríticas corresponde a terrenos estáveis, representados por superfícies planas com baixas declividades e solos bastante drenados. Essas coberturas compreendem crostas de lateritas autóctones maduras e imaturas que podem chegar a 20 metros de espessura, produto de forte intemperismo, formado por um conjunto de minerais, incluindo óxidos/hidróxidos de alumínio ou ferro, caulinita e quartzo. (CPRM 2003).

Com base no Mapa Digital de Solos do Ministério do Meio Ambiente - MMA (2002), na escala 1:50.000, a bacia do córrego Josefa Gomes abrange duas grandes classes de solos, sendo elas:

Cambissolos (95,77%) e Latossolos (4,23%). Os Cambissolos são solos minerais de horizonte B incipiente abaixo a qualquer tipo de horizonte superficial (EMBRAPA, 2013). São comumente encontrados em ambientes de relevo irregular (REATTO et al., 2004) e apresenta características como grandes teores de minerais primários e silte, o que indica pouca intemperização no solo (SENA-SOUZA et al., 2013).

**Figura 2** – Altimetria e perfil topográfico (de oeste para leste) da bacia do Córrego Josefa Gomes



**Fonte:** O autor. Dados adaptados (IBGE, 2007; IBGE, 2011; SIEG, 2014).

Os Latossolos são solos minerais de horizonte B latossólico abaixo de qualquer tipo de horizonte A, dentro de 2 metros a partir da superfície (EMBRAPA, 2013). São muito intemperizados e com alto teor de minerais secundários, óxidos e oxi-hidróxidos de Fe e Al (REATTO et al., 2004). São comumente encontrados em relevos planos e/ou suave-ondulados, assim como em ambientes de deposição. Essas grandes classes foram subdivididas em quatro classes de solos derivadas dos grandes grupos (unidades de mapeamento), descritas até o quarto nível categórico do Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (EMBRAPA, 2006), e que se distinguem segundo propriedades do solo identificáveis em campo ou que possam ser inferidas por outras propriedades. A seguir, será apresentada a descrição das classes que estão contidas na bacia do córrego Josefa Gomes, Quadro 1.

**Quadro 1** – Classes de solo descritas (EMBRAPA, 2006), apresentando o relevo como fase de distinção de classes

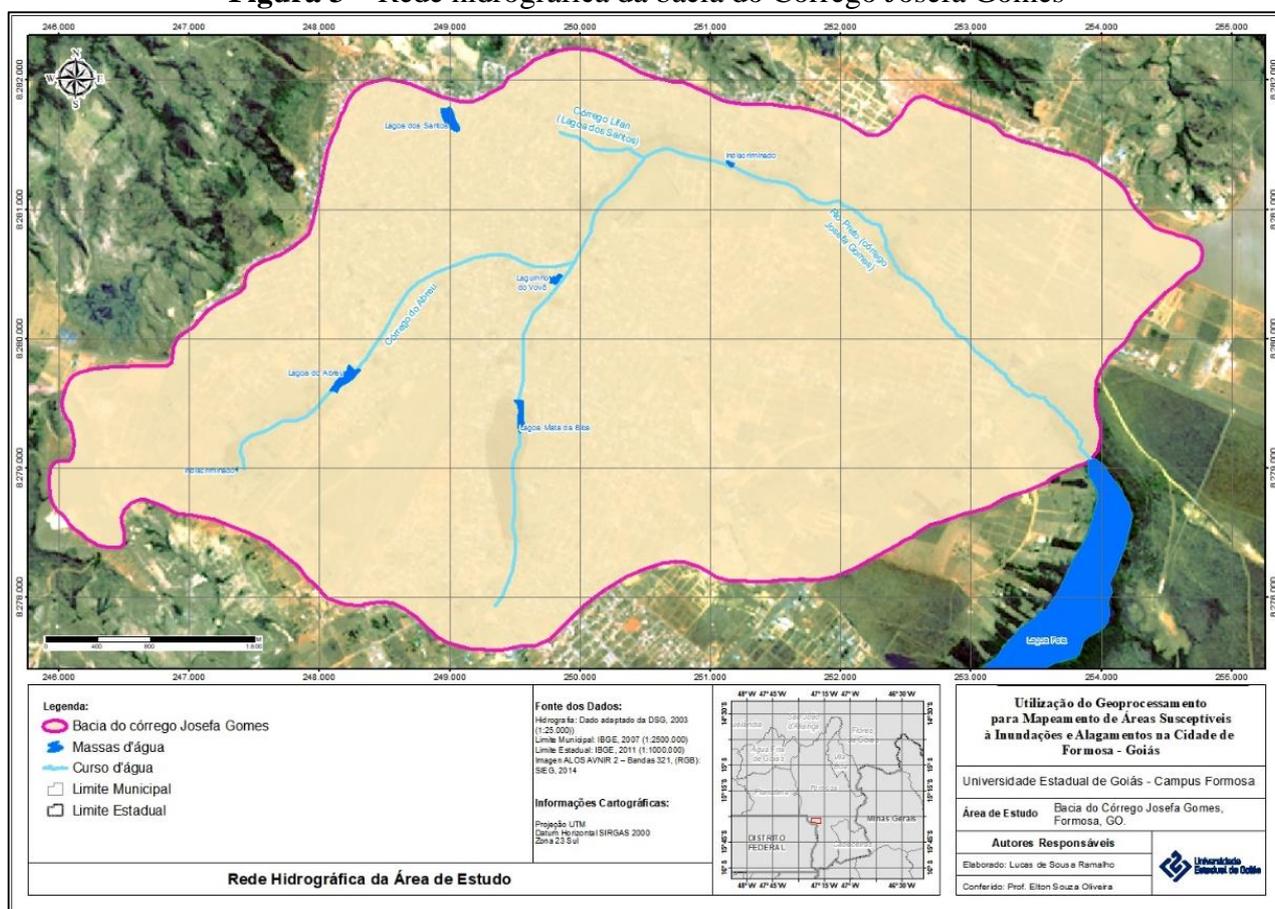
Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4	Fase (Relevo)	Sigla
Cambissolo	Háplico	Tb distrófico	Típico	Suave ondulado e Ondulado	CXbd23
Cambissolo	Háplico	Tb distrófico	Típico	Ondulado e Forte-ondulado	CXbd24
Cambissolo	Háplico	Tb distrófico	Petroplíntico	Ondulado e Forte-ondulado	CXbd27
Latossolo	Vermelho-Amarelo	Distrófico	Endopetroplíntico	Plano e Suave-ondulado	LVA5

**Fonte:** O autor. Adaptado (MMA, 2002).

No que tange a ocupação a bacia do córrego Josefa Gomes se apresenta em acentuado processo de urbanização. As áreas urbanas densamente construídas (alta densidade) representam 48,52% da superfície, enquanto outras áreas urbanas menos ocupadas já ocupam 36,92%. Menos de 5% da cobertura da bacia corresponde a vegetação natural nativa. Com isso, percebe-se que a bacia do córrego Josefa Gomes se encontra em avançado processo de urbanização, dessa forma, estando mais susceptível a processos de inundação e alagamentos. Segundo Tucci (2003) o desenvolvimento urbano altera a cobertura vegetal e causam vários efeitos que alteram o ciclo hidrológico natural, tais como impermeabilização do solo e aumento da capacidade de escoamento nas seções do curso d'água.

De acordo com a carta altimétrica da Diretoria de Serviço Geográfico do Exército - DSG (2003) a rede de drenagem da cidade de Formosa-GO apresenta três cursos, sendo eles: a) o rio Preto; b) o córrego do Abreu; e c) curso Indiscriminado. Popularmente esses cursos são conhecidos como: Córrego Josefa Gomes, Córrego do Abreu e Córrego Lifan (Lagoa dos Santos), respectivamente, Figura 3.

**Figura 3 – Rede hidrográfica da bacia do Córrego Josefa Gomes**



**Fonte:** O autor. Dados adaptados (DSG, 2003; IBGE, 2007; IBGE, 2011; SIEG, 2014).

Segundo a DSG (2003) o córrego Josefa Gomes (rio Preto) apresenta duas seções. Uma seção intermitente que segue das porções mais altas do relevo em direção ao Parque Municipal Mata da Bica, desaguando em sua lagoa, figura 4. A segunda seção do córrego constitui um curso perene, alimentado por algumas nascentes de dentro do Parque Municipal, figura 5, que segue até desaguar na Lagoa Feia.

A partir da Lagoa na Mata da Bica, o córrego Josefa Gomes segue em uma seção canalizada. Ao longo de seu curso pode-se observar obras de engenharia de micro e macrodrenagem, como por exemplo, galerias e trechos canalizados, Figuras 6 e 7.

**Figura 4** – Lagoa situada no Parque Municipal Mata da Bica



Fonte: O autor, Formosa-GO, 2014.

**Figura 5** – Nascente dentro do Parque Municipal Mata da Bica



Fonte: O autor, Formosa-GO, 2014.

**Figura 6** – Trecho canalizado do Córrego Josefa Gomes próximo a Lagoa do Parque



Fonte: O autor, Formosa-GO, 2014.

**Figura 7** – Trecho canalizado do Córrego Josefa Gomes ao lado do Laguinho do



Fonte: O autor, Formosa-GO, 2014.

Segundo Araújo Neto e Baptista (1995) obras que promovem a aceleração da drenagem da bacia hidrográfica são construídas para livrar as áreas urbanizadas dos efeitos negativos do escoamento, tais como inundações e alagamentos. Porém para Tucci (2003) a ideia de escoar a água precipitada, de determinado ponto na bacia, da forma mais rápida possível pode trazer sérias consequências à jusante, tais como o aumento significativo da vazão máxima, da frequência e do nível das inundações nessas áreas. Isso ocorre porque a água tem uma tendência natural de confluir na direção do relevo de jusante, ocasionando um acúmulo de água nessa região. Segundo Tucci (1997) as enchentes acontecem quando há precipitações intensas e consequente sobrecarga da capacidade de drenagem do curso d'água, resultando em inundação de áreas ribeirinhas.

Com relação aos impactos da urbanização da bacia, em várias seções do Córrego Josefa Gomes pode-se observar impactos, principalmente no ecossistema aquático. Em alguns trechos do córrego observaram-se seções assoreadas, figura 8, e galerias pluviais obstruídas por lixo e detritos, figura 9.

**Figura 8** – Segmento assoreado do Córrego Josefa Gomes



Fonte: O autor, Formosa-GO, 2014.

**Figura 9** – Galeria pluvial obstruído por vegetação, detritos e lixo



Fonte: O autor, Formosa-GO, 2014.

## 2.2 Metodologia

A metodologia teve como referência o trabalho de Lima (2010) onde, por meio da correlação entre planos temáticos de variáveis ambientais (altimetria, declividade, solo e geomorfologia) e considerando fatores de influência antrópica, o autor determinou as áreas potencialmente inundáveis com base no Geoprocessamento e SIG.

Na elaboração do mapa de susceptibilidade a inundação e alagamento da bacia do Córrego Josefa Gomes foram utilizados os seguintes materiais: a) Carta altimétrica referente à área de estudo; b) O Mapa digital de Solos da RIDE (1: 50.000) do MMA; c) Imagens ALOS Sensor AVNIR-2 referente à área de estudo; e o mapa de Uso e Cobertura do Solo do SIEG.

A carta altimétrica, na escala 1: 25.000, que abrange a área da bacia do córrego Josefa Gomes foi adquirida junto à Diretoria de Serviço Geográfico do Exército (DSG, 2003). Dessa carta altimétrica, por meio de vetorização em tela e conversão da informação (imagem em vetor), obteve-se as cotas altimétricas, as curvas de nível e a hidrografia superficial, que posteriormente, integraram o Modelo Digital de Terreno (MDT) e o Modelo Digital de Elevação (MDE) da bacia. A partir do MDE, por meio da ferramenta *Slope* do ArcGIS v.10.1 obteve-se a informação de declividade em percentagem da área de estudo.

O mapa temático de solos da bacia do córrego Josefa Gomes teve como base o Mapa Digital de Solos da RIDE (1: 50.000) referente ao Zoneamento Ecológico-Econômico da RIDE-DF - Fase I, proposto pelo MMA (2002).

A imagem ALOS da Microrregião do Entorno de Brasília, com resolução espacial de 10 metros, foi adquirida junto ao site do SIEG (2014). Com base na composição colorida (*Red, Green e Blue - RGB*), das bandas espectrais 3, 2 e 1 respectivamente, e com apoio de imagens do Google Earth do ano de 2014, foi realizado um refinamento das classes de Cobertura do Solo da área de estudo. O procedimento realizado foi o de vetorização em tela (com base nas imagens) considerando os padrões de forma, textura e cor dessas imagens, constituindo assim as novas unidades de mapeamento. As novas unidades de cobertura do solo (unidades de mapeamento) foram classificadas com base em um sistema que combinou diversas formas de classificação da cobertura. Adaptação essa que seguiu, principalmente, as proposições do sistema de classificação de Araújo Filho et al. (2007), Brito e Prudente (2005), Manual Técnico de Uso da Terra (IBGE, 2013) e as fitofisionomias do bioma Cerrado, segundo Ribeiro e Walter (2008). Esse processo de classificação obedeceu dois níveis de classificação, Quadro 2.

**Quadro 2** – Sistema utilizado na classificação da cobertura da terra

Nível 1	Nível 2
Natural	Formação Florestal
	Formação Savânica
	Formação Campestre
Antrópico	Aeroporto
	Área Construída (de alta intensidade)
	Área Construída (de baixa intensidade)
	Pastagens
	Reflorestamento
	Solo Exposto
Corpos D'água	Corpos D'água

**Fonte:** o autor.

Após o levantamento e tratamento das variáveis ambientais (Altimetria, Declividade, Tipo de Solo e Uso e Cobertura do Solo), foram atribuídos a cada uma dessas variáveis pesos estatísticos. Esses pesos foram utilizados para atribuir um valor hierárquico à informação, ou seja, para expressar o grau de susceptibilidade à ocorrência do fenômeno de inundação e alagamento com relação às variáveis analisadas. Os pesos atribuídos às variáveis ambientais foram definidos com base no método *Analytic Hierarchy Process* - AHP proposto por Saaty (1991), por meio do software QGIS 2.2, conforme a Quadro 3.

**Quadro 3** – Escala de valores AHP – Peso das variáveis ambientais

Intensidade de importância	Definição e explicação
1	Igual importância – os fatores contribuem igualmente para o evento.
3	Importância moderada – fator ligeiramente importante, com relação aos outros.
5	Importância essencial – o fator é claramente mais importante.
7	Importância demonstrada – o fator é muito favorecido, sendo sua relevância demonstrada na prática.
9	Importância extrema – a evidência que diferencia os fatores é da maior ordem possível.
2, 4, 6, 8	Valores intermediários entre os graus descritos – a diferença de importância entre os fatores é suportada por questões secundárias adicionais.

**Fonte:** Maia e Peixoto (2007).

Após a determinação dos pesos essas variáveis foram combinadas, por meio da ferramenta *Raster Calculator* no ArcGIS 10.1, utilizando-se a seguinte equação:

$$ria = 0,426*d + 0,283*a + 0,203*u + 0,088*s$$

**ria** = Risco a inundação e alagamento;  
**u** = uso e cobertura do solo;

**d** = declividade;  
**s** = solo.

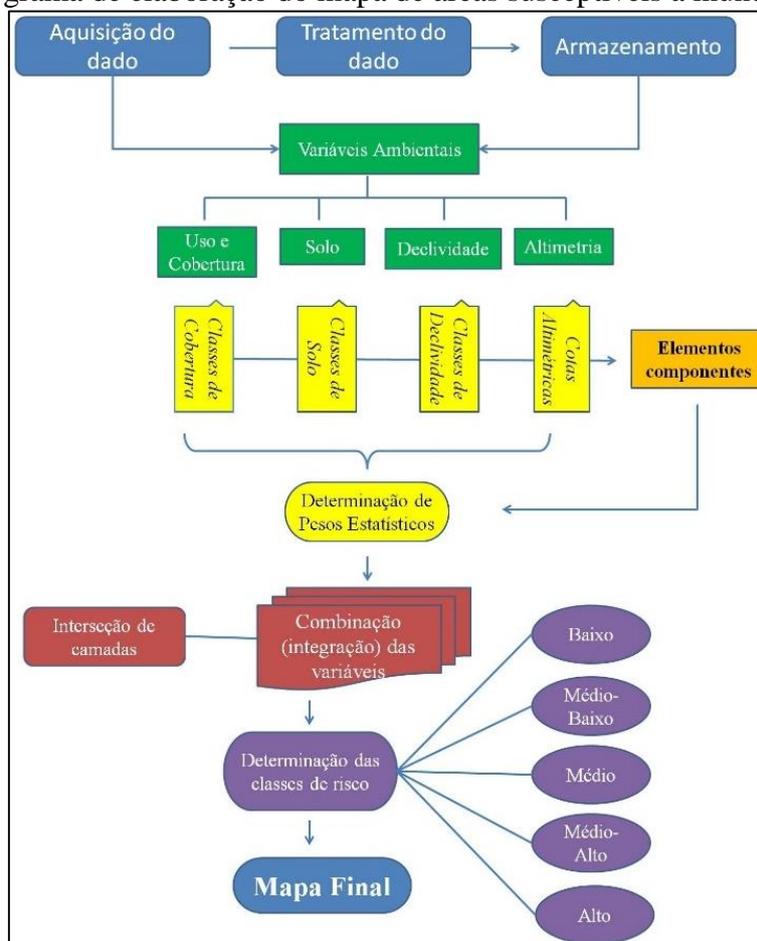
**a** = altimetria;

A utilização da equação possibilitou a produção do mapa de áreas susceptíveis a inundação e alagamento na bacia. Por fim, com base nas variáveis de Altimetria, Declividade, Solo e Uso e Cobertura do Solo, determinou-se as classes de risco à inundação e alagamento.

- Baixo risco: baixíssimo risco.
- Médio - Baixo risco: baixo risco.
- Médio risco: médio risco.
- Médio - Alto risco: alto risco.
- Alto risco: altíssimo risco.

Essa integração de dados requer um conhecimento prévio das variáveis presentes na paisagem e a integração de equipe multidisciplinar uma vez que são diversos fatores que controlam o fenômeno de inundação e alagamento. Tal integração pode ser observada no trabalho desenvolvido por Maia e Peixoto (2007), onde é apresentada a integração de dados geoespaciais, em ambiente de SIG, para atividades de licenciamento ambiental. Os procedimentos utilizados na elaboração do mapa de áreas susceptíveis a inundações e alagamentos podem ser observados no fluxograma da figura 10.

**Figura 10** – Fluxograma de elaboração do mapa de áreas susceptíveis a inundação e alagamentos



Fonte: o autor.

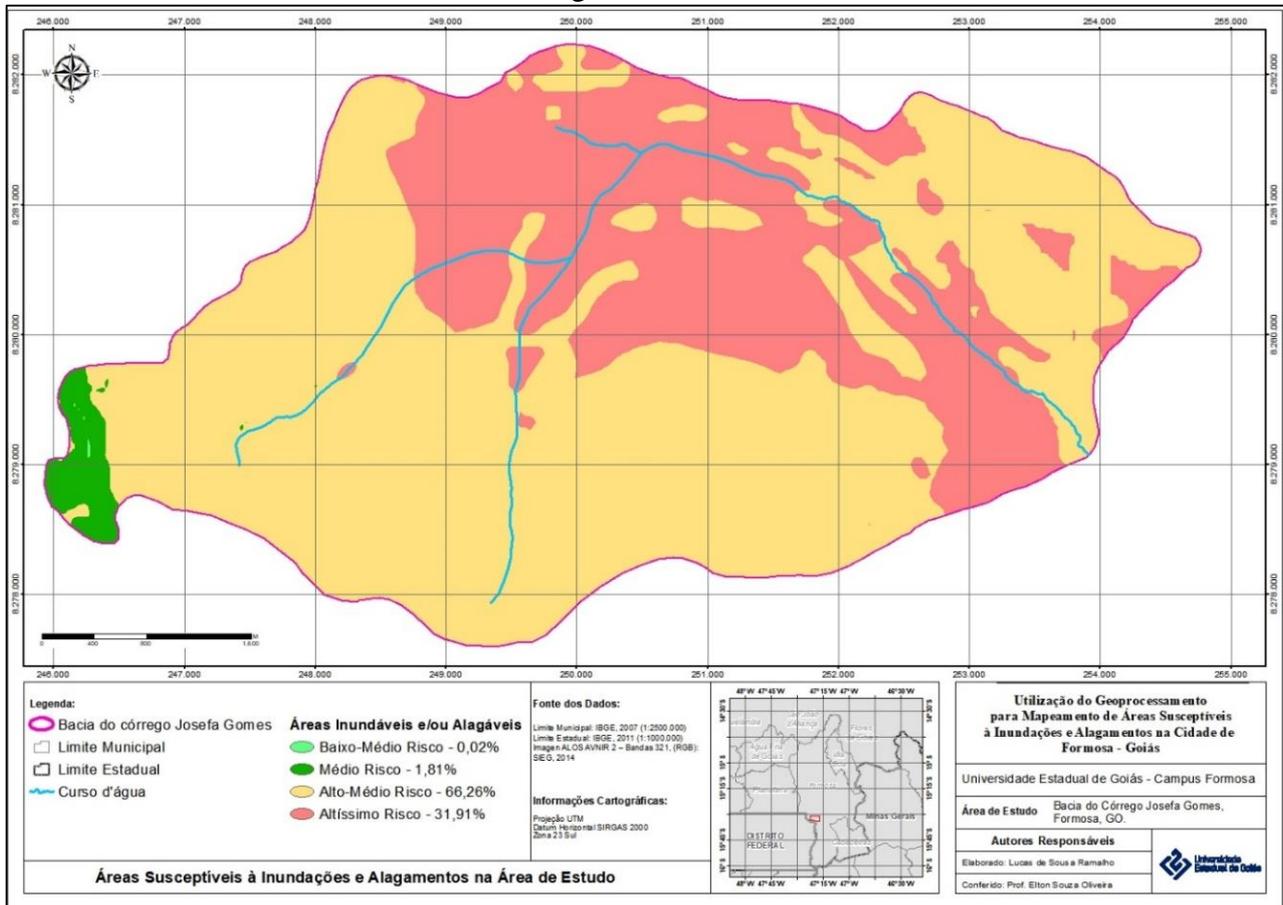
### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo Machado e Torres (2012) as análises morfométricas permitem uma melhor caracterização do ambiente de uma bacia hidrográficas em relação a fragilidade com certas atividades humanas e até sua predisposição à ocorrência de alguns fenômenos ou eventos. Muitos desses parâmetros são utilizados como indicadores de deteriorização ambiental, permitindo avaliar a susceptibilidade de determinada bacia à ocorrência de eventos erosivos e inundações (MACHADO e TORRES, 2012). Dessa forma, o conhecimento dos parâmetros morfométricos de bacias hidrográficas é de fundamental importância para compreender as interações que ocorrem entre os elementos da paisagem em determinada bacia.

Com base nas informações levantadas e na metodologia utilizada foi possível identificar as áreas susceptíveis à inundação e alagamento na bacia do córrego Josefa Gomes. Essas áreas, no mapa, são resultado da integração, em ambiente SIG, entre dados altimétricos, declividade, tipo de solo e cobertura do solo na bacia. Observando o mapa das áreas susceptíveis a inundação e alagamento,

figura 11, percebe-se que a bacia é altamente susceptível a esses processos, uma vez que as classes de Alto-médio risco (66,26%) e Altíssimo risco (31,91%) são predominantes. A classe de altíssimo risco se distribui ao redor das linhas de drenagem, favorecida pelas condições de declividade, relevo, cobertura e tipo de solo.

**Figura 2** – Áreas susceptíveis a inundações e alagamentos e sua representatividade na bacia do Córrego Josefa Gomes



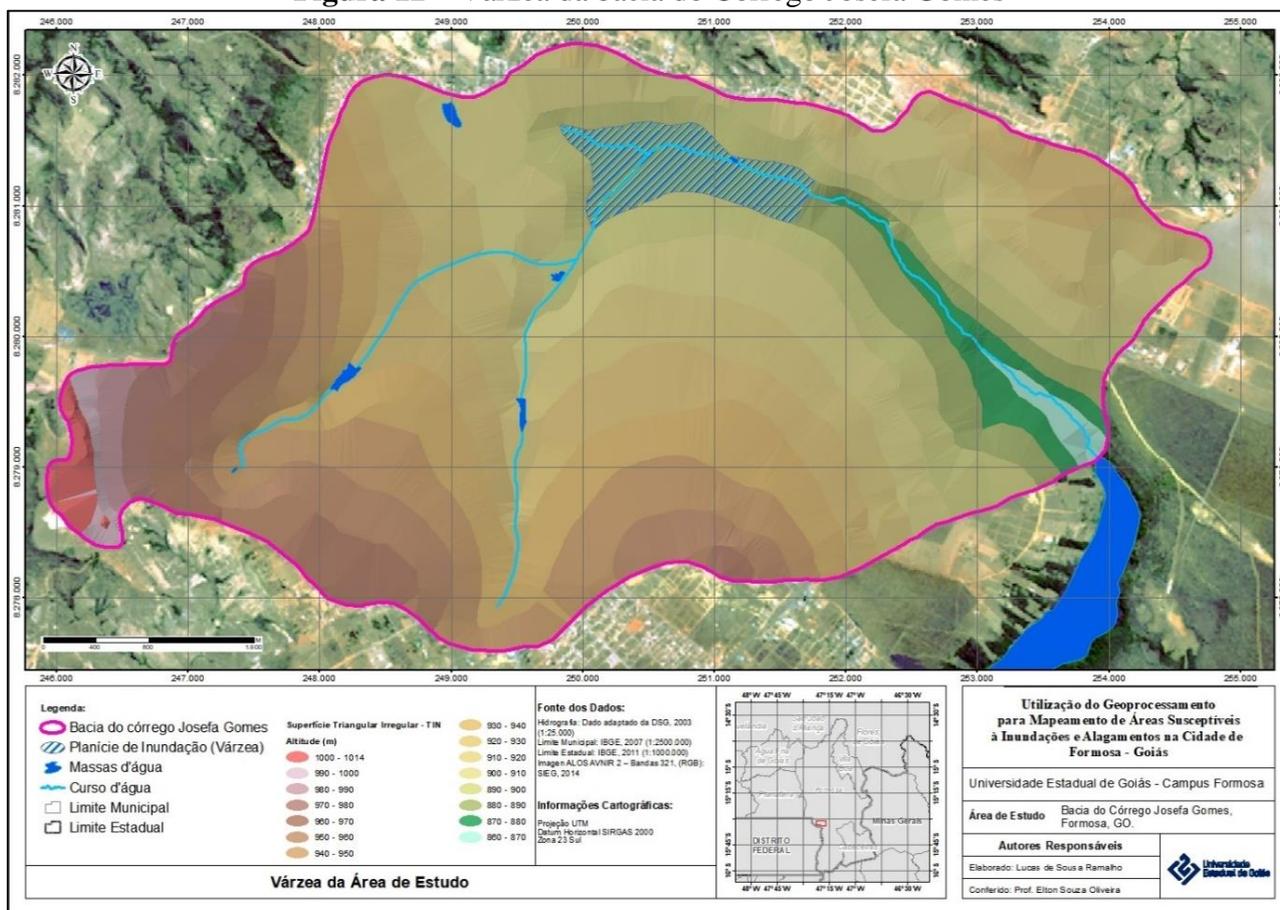
Fonte: O autor. Dados adaptados (IBGE, 2007; IBGE, 2011).

Entre os principais fatores que favorecem as inundações e alagamentos na bacia pode-se citar: a forma da bacia, sua declividade, o padrão de cobertura do solo, seu tipo de solo e as condições de seu sistema de drenagem (obstrução e canalização ineficiente). A forma da bacia (moderadamente arredondada,  $I_c = 0,6$ ) favorece a ocorrência de enchentes no curso d'água principal (Josefa Gomes) e no relevo de jusante devido ao fato de que em bacias arredondadas a água tende a concentrar-se num curto espaço de tempo (MACHADO e TORRES, 2012). Nesse tipo de bacia deve-se manter abundante cobertura vegetal e práticas de manejo do solo, conforme recomendam Machado e Torres (2012). Contudo, mais da metade da área da bacia já constitui área construída, conforme mencionado anteriormente. A ausência de cobertura vegetal na bacia tem relação direta com a velocidade do escoamento superficial (em função da rugosidade da superfície), do processo de infiltração de água no solo e no lançamento de detritos no leito da drenagem (em função da ausência de proteção superficial ao solo), favorecendo as enchentes (CRISTO, 2002), principalmente no relevo de jusante. Segundo Araújo Neto e Baptista (1995) a água ao cair diretamente no solo provoca sua compactação, perda da capacidade de infiltração e acelera o escoamento para os rios, provocando inundações. As condições em que se encontra o sistema de drenagem da bacia do córrego Josefa Gomes, tais como seções canalizadas obstruídas por lixo e detritos, potencializam tanto a inundação quanto os alagamentos na área urbana e ribeirinha na bacia.

Analisando as áreas susceptíveis à inundação e alagamento em relação à altimetria da bacia, observou-se que essas áreas se concentram nas porções mais rebaixadas do relevo (relevo de jusante) até, aproximadamente, 920 metros de altitude. Isso ocorre porque a água tem uma tendência natural, por meio do efeito da declividade do relevo e da gravidade, de confluir em direção do relevo de jusante. As áreas aplainadas ou côncavas do relevo, associadas às baixas declividades, mesmo nas porções mais altas da bacia, também podem contribuir para o alagamento de algumas superfícies da região em função da forte precipitação, como geralmente ocorre na Lagoa dos Santos e na Lagoa do Abreu, por exemplo.

No relevo de jusante da bacia há uma extensa várzea parcialmente ocupada por moradias e por usos agrícolas, figura 12. Naturalmente, essa área constitui uma área de alto risco de inundação devido sua proximidade ao curso d'água e relevo plano.

**Figura 12 – Várzea da bacia do Córrego Josefa Gomes**



**Fonte:** O autor. Dados adaptados (DSG, 2003; IBGE, 2007; IBGE, 2011; 2014).

Por meio de pesquisa de campo *in loco* e entrevista com moradores da Vila Aurora, verificou-se que a ocorrência de inundações na várzea é evidente. Segundo relato dos moradores, no ano de 2013, houve uma imensa inundação que chegou a aproximadamente 1,5 metros de altura, destruindo lavouras e promovendo até o abandono de algumas residências. A elevação do nível da água deixa vestígio na paisagem, como por exemplo, marcas e manchas deixadas pela água nas paredes das casas. Essas marcas são indícios da ocorrência do fenômeno de inundação no local, como pode ser observada na Vila Aurora, figura 13. Alguns moradores, na tentativa de se adequar ao evento da inundação na região, chegaram a elevar o nível de base de suas casas, na esperança de minimizar as consequências do fenômeno. Algumas residências apresentam elevação de até 1,5 metros em relação ao nível do solo, figura 14.

**Figura 13** – Nível atingido pela água na inundação de novembro de 2013, Vila Aurora



**Fonte:** O autor, Formosa-GO, 2014.

**Figura 14** – Casa ilhada que teve sua base elevada em 1,5 metros, Vila Aurora



**Fonte:** Sr. Ademir (morador da Vila Aurora), Formosa, 2013.

Segundo os moradores locais mais antigos, ocorreu um aumento significativo na magnitude das inundações dessa área (várzea) após a canalização do Josefa Gomes. Além disso, pode-se atribuir a esse fenômeno (inundação) ao fato dessa área receber toda carga hídrica da confluência entre os córregos do Abreu, Lifan e Josefa Gomes. A soma desses fatores potencializa as inundações nessa área.

Seguindo o córrego Josefa Gomes no sentido de sua jusante, depois da Vila Aurora está o Parque Dom Bosco. Nesse bairro também houve relatos de alagamentos, em novembro de 2013, que exigiu a presença do Corpo de Bombeiros Militar e da Defesa Civil de Formosa, figuras 15 e 16.

É importante destacar que, apesar da susceptibilidade natural dessa área (várzea) para inundações, os impactos decorrentes da urbanização da bacia hidrográfica têm grande impacto nessas áreas. Segundo Araújo Neto e Baptista (1995) a urbanização causa interferência na magnitude e no regime do escoamento da água devido principalmente a retirada da vegetação, compactação do solo, asfaltamento das ruas, construção de prédios e de calçadas.

Com base no mapa de áreas susceptíveis a inundações e alagamentos observou-se que as áreas mais susceptíveis às abrangem: Setor Central, Setor Ferroviário, Setor Centro Nordeste, Setor Nordeste, Pampulha de Brasília, Vila Santos, Vila Aurora, Parque Dom Bosco, Bairro Rosa Maria, Vila Bela, Jardim Califórnia, Jardim Triângulo, Parque Vila-Verde, Vila Mutirão e Parque Laguna.

Algumas dessas áreas são mais susceptíveis a inundação devido a características naturais da bacia como, por exemplo: sua posição no relevo, impermeabilidade do solo, proximidade ao curso d'água, entre outros. Outras, susceptíveis a alagamentos, em decorrência, sobretudo, da deficiência ou obstrução do sistema de drenagem urbana e concentração e aceleração do escoamento devido à impermeabilidade do solo pavimentado.

**Figura 15** – Defesa Civil avaliando a altura do nível da água no Parque Dom Bosco



**Fonte:** Glauco José – COMDEC, Formosa-GO, 2013.

**Figura 16** – Corpo de Bombeiros e Defesa Civil avaliando danos no Parque Dom Bosco



**Fonte:** Glauco José – COMDEC, Formosa-GO, 2013.

Foi registrado, no ano de 2013, alagamentos no Setor Bosque, no Setor Central e inundações no Vila Bela. No Setor Bosque houve alagamento no entorno da Mata Bica, ao longo da Avenida Bosque, figura 17. Segundo o mapa de áreas susceptíveis essa área é classificada como de médio-alto risco. A condição local de relevo (plana e de baixas declividades, somado a impermeabilidade do solo e deficiência do sistema de drenagem potencializam o alagamento nessa área.

Na Vila Bela, ao longo do trecho canalizado do córrego Josefa Gomes, ocorre fortes enxurradas no canal e, às vezes, inundações das áreas periféricas, figura 18. Segundo o mapa de áreas susceptíveis essa se classifica como de altíssimo risco. A ausência de cercas ao longo do trecho canalizado favorece o lançamento de detritos e lixo no canal, podendo causar sua obstrução. Segundo Tucci (2003) o lixo constitui um dos problemas relacionados a bacia urbanizada que, por meio da obstrução da drenagem, cria condições ambientais ainda piores. Trechos obstruídos e seções assoreadas na bacia já foram mencionadas anteriormente.

**Figura 17** – Alagamento ocorrido na Avenida Bosque, entorno do Parque Municipal Mata da Bica.



**Fonte:** Ingrid Neves, Formosa-GO, 2013.

**Figura 18** – Alagamento ocorrido ao longo do trecho canalizado do Córrego Josefa Gomes, Vila Bela.



**Fonte:** Raphael Mendes de Araújo, Formosa-GO, 2013.

No Setor Central também há registro de alagamentos. O alagamento ocorreu junto a Feira Coberta de Formosa-GO e entorno. As baixas declividades, impermeabilidade do solo e deficiência ou obstrução do sistema drenagem podem constituir as principais causas, Figura 19 e 20.

Segundo Tucci (1995) a tendência no controle das inundações urbanas é a canalização de trechos críticos, seguindo uma visão particular de um trecho da bacia, sem que as consequências sejam vistas para o restante da bacia. Ainda Tucci (1995) acrescenta que esse tipo de medida acaba por apenas transferir a inundação de um lugar para o outro na bacia.

Com relação ao alagamento das áreas urbanas, comparando os planos de informação - declividade, altitude e cobertura do solo, percebe-se que essas áreas se encontram onde as declividades são mais planas e densamente construídas. As condições de cobertura do solo da bacia (baixa permeabilidade) somada à baixa declividade favorece o acúmulo da água à superfície em áreas côncavas do relevo, uma vez que a declividade é fator fundamental no escoamento superficial (MACHADO e TORRES, 2012).

**Figura 19** – Alagamento que invadiu a feira coberta, Setor Central



**Fonte:** Raphael Mendes de Araújo, Formosa-GO, 2013.

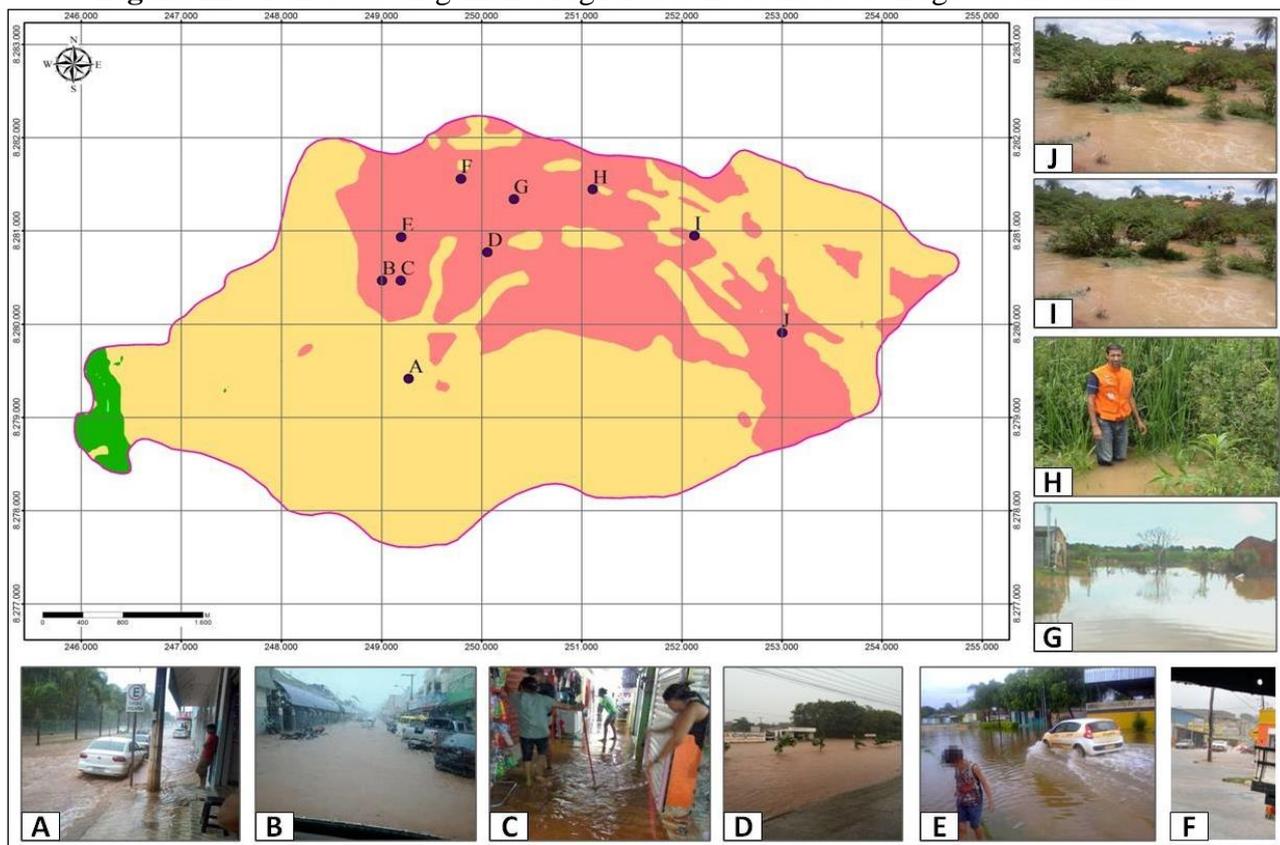
**Figura 20** – Alagamento no entorno da feira coberta, Setor Central



**Fonte:** Raphael Mendes de Araújo, Formosa-GO, 2013.

Na figura 21 são apresentados dez pontos, inundações e alagamentos, dispostos no sentido de montante à jusante do córrego Josefa Gomes e classificados de A a J, com os registros fotográficos que confirmam o fenômeno no ponto indicado.

O ponto "A" indica o alagamento ocorrido na Avenida Bosque, ao lado do Parque Municipal Mata da Bica. Os pontos "B" e "C" indicam o alagamento ocorrido no Setor Central na Feira Coberta de Formosa e entorno. O ponto "D" indica a inundação ocorrida na Vila Bela, no fim do trecho canalizado do córrego. O ponto "E" indica o alagamento ocorrido no Setor Central, mais a diante da Feira Coberta. O ponto "F" indica o alagamento ocorrido no Setor Nordeste. O ponto "G" indica a inundação ocorrida na Vila Aurora, no relevo de jusante da bacia. O ponto "H" indica a inundação ocorrida no Parque Dom Bosco, também no relevo de Jusante da bacia. O ponto "I" indica a inundação ocorrida próximo ao bairro Rosa Maria. E o ponto "J" indica a inundação ocorrida na Vila Verde, em frente à Vila Multirão.

**Figura 21** – Pontos de alagamento registrados na bacia do Córrego Josefa Gomes

Fonte: o autor.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados, constatou-se que grande parte da cidade de Formosa é susceptível a ocorrência de eventos de inundação e alagamento, principalmente as zonas mais baixas do relevo, mais próximas da rede hidrográfica e/ou áreas de baixa declividade que apresentem cobertura do solo impermeável e sistema de drenagem urbana deficiente.

A metodologia utilizada nesse estudo se mostrou bastante satisfatória uma vez que conseguiu expor as áreas mais susceptíveis possibilitando seu mapeamento, além de constituir uma metodologia de baixo custo na produção da informação.

É importante destacar a problemática da incompatibilidade de escala da informação de solos, a qual apresenta uma generalização cartográfica devida sua escala. Essa generalização elimina elementos importantes que influenciam na dinâmica hidrológica da região, como solos hidromórficos, solos mais argilosos e mais profundos, por exemplo. Nesse sentido, o ideal seria realizar um detalhamento da informação de solos. Porém, como o melhoramento do nível de detalhe da informação demanda tempo e gera custo, a realização dessa tarefa se tornou inviável para essa pesquisa.

Cabe destacar também que o desacordo entre o cronograma de atividades e o período chuvoso da região inviabilizou uma pesquisa de campo para observação do fenômeno de inundação neste ano, considerando que nos últimos cinco anos o período chuvoso da região se concentra entre novembro a janeiro. Dessa forma, sugere-se a continuidade dessa pesquisa a fim de possibilitar uma maior quantidade de observações acerca do fenômeno de inundação, possibilitando entender melhor sua dinâmica.

Por fim, o presente trabalho se constitui numa importante ferramenta de subsídio para políticas de prevenção de desastres naturais, assim como para o planejamento e ordenamento territorial. O mapeamento de áreas susceptíveis à inundação é um importante instrumento na prevenção, controle e gestão das inundações. Tal informação pode auxiliar a gestão pública no sentido de ordenamento na ocupação do solo, indicando quais as áreas ideais para ocupação humana, além de auxiliar no direcionamento de investimento público em saneamento básico e drenagem.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO FILHO, M. C.; MENESES, P. R.; SANO, E. E. **Sistema de classificação de uso e cobertura da terra com base na análise de imagens de satélite**. Revista Brasileira de Cartografia nº. 59/02, 2007.

ARAÚJO NETO, M. D.; BAPTISTA, G. M. de M. **Recursos hídricos e ambiente**. Brasília: Edição do Autor, 1995. 67p.

BRITO, Jorge Luís Silva; PRUDENTE, Tatiana Diniz. Mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal do município de Uberlândia – MG, utilizando imagens CCD/CBERS 2. In: **Revista Online - Caminhos de Geografia** 13(15) p. 144-153, jun/2005. Disponível em: <[http://www.geografiaememoria.ig.ufu.br/downloads/Jorge\\_Luis\\_Silva\\_Brito\\_MAPEAMENTO.pdf](http://www.geografiaememoria.ig.ufu.br/downloads/Jorge_Luis_Silva_Brito_MAPEAMENTO.pdf)>. Acessado em: Agosto de 2014.

CASTRO, C. M. C.; PEIXOTO, M. N. O.; RIO, G. A. Pires. **Riscos Ambientais e Geografia: Conceituações, Abordagens e Escalas**. Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ. Vol. 28 - 2. 2005, p. 11-30.

COUTINHO, L. M. 2002. **O bioma cerrado**. In: Eugen Warming e o cerrado brasileiro – um século depois. São Paulo: Ed. Unesp. p.77-91. Disponível em: <<http://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=z3QWyx9XcksC&oi=fnd&pg=PA9&dq=eugen+warming+e+o+cerrado+brasileiro&ots=SHEUhRoiz6&sig=raY66kNCaRkY0gmlPzc3FwrCSNg>>. Acessado em: dez. 2012.

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. 2003. Silva, Cássio Roberto da. [Coord.]. **Zoneamento Ecológico-Econômico da Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno**. Fase I. Rio de Janeiro: CPRM/ EMBRAPA/ SCO-MI, 2003. V.1, 58 p.

CRISTO, S. S. V. **Análise de susceptibilidade a riscos naturais Relacionados às enchentes e deslizamentos do Setor leste da bacia hidrográfica do rio Itacorubi, Florianópolis - SC**. Dissertação de Mestrado, Departamento de Geociências: Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis - SC. 2002. 195p.

DSG - Diretoria de Serviço Geográfico. 2003. **Solicitação de cartas**. 2014. Disponível em: <<http://www.dsg.eb.mil.br/index.php/produtos/solicitar-cartas>>. Acessado em: Ago. de 2014.

DSG - Diretoria de Serviço Geográfico. **Ortofotocarta especial: Formosa: campo de instrução de Formosa**. Ministério da Defesa/ Exército Brasileiro/ DSG, 2003.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ), 2. ed. – Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2006. 306p.: il. ISBN 85-85864-19-2.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos** Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ), 3. ed. rev. ampl. – Brasília, DF: EMBRAPA, 2013. 353p.

HORA, S. B.; GOMES, R. L. **Mapeamento e avaliação do risco a inundação do rio cachoeira em Trecho da área urbana do município de Itabuna-BA**. Sociedade & Natureza, v. 21, n. 2, p. 57-75, 2009.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa de Informações Básicas Municipais**. 2013. In: \_\_\_\_\_. Perfil dos Municípios Brasileiros. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/munic2013/ver\\_tema.php?tema=t5\\_2&munic=520800&uf=&nome=formosa](http://www.ibge.gov.br/munic2013/ver_tema.php?tema=t5_2&munic=520800&uf=&nome=formosa)>. Acessado em: Ago. de 2014.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas. **Malha Municipal Digital do Brasil**. 2007. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/default\\_prod.shtm#REC\\_NAT](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/default_prod.shtm#REC_NAT)>. Acessado em: Ago. de 2014.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas. **Mapas temáticos estaduais**. 2011. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/default\\_prod.shtm#REC\\_NAT](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/default_prod.shtm#REC_NAT)>. Acesso em: Ago. de 2014.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas. **Manual técnico de uso da terra**. 3ª ed. [Manuais técnicos em geociências, n. 7]. Rio de Janeiro, RJ. 2013.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. **Estação: Formosa - GO**. Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa - BDMEP/INMET, 2014. Disponível em: <Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa>. Acessado em: Out. de 2014.

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas. **Curso de capacitação em mapeamento e gerenciamento de risco**. Brasília: Ministério das Cidades, 2006.

LIMA, L. M. M. **Mapeamento da susceptibilidade à inundação na bacia hidrográfica do Arroio do Salso**. Porto Alegre: UFRGS/PPGEA, 74f. il. Dissertação de Mestrado. [Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós Graduação em Geografia]. Porto Alegre, RS - BR, 2010.

MACHADO, P. J. O.; TORRES, F. T. P. **Introdução à hidrogeografia**. São Paulo: Cengage Learning, 2012. 178p. (Textos básicos em geografia).

MAIA, M. L.; PEIXOTO, J. V. B. **O uso de SIG no licenciamento ambiental das propriedades rurais do DF**. 40f. Monografia (Especialização em Geoprocessamento – Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília-DF. 2007.

MINISTÉRIO DAS CIDADES / INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT – **Mapeamento de riscos em encostas e margens de rios**. Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007. 176 p.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Zoneamento Ecológico-Econômico da Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno, Fase I (Classes de Solos)**. 2002. Disponível em: <<http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm>>. Acessado em: Ago. de 2014.

REATTO, A.; MARTINS, E. S.; FARIAS, M. F. R.; SILVA, A. V.; CARVALHO JUNIOR, O. A. **Mapeamento pedológico digital: SIG atualizado do Distrito Federal escala 1:100.000 e uma síntese do texto explicativo.** Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 2004, 29 p. (Documentos, 120).

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. **As principais fitofisionomias do bioma Cerrado.** In: SANO, S. M. et al. Cerrado: ecologia e flora. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, Cap. 6, 2008, p.151-212.

ROCHA, J. S. M.; KURTZ, S. M. J. M. **Manual de manejo integrado de bacias hidrográficas.** Santa Maria/RS: Edições UFSM, 2001.

SAATY, Thomas L. **Método de Análise Hierárquica.** São Paulo: McGraw-Hill, Makron, 1991.

SENA-SOUZA, J.P.; MARTINS, E.S.; COUTO JÚNIOR, A.F.; REATTO, A.; VASCONCELOS, V.; GOMES, M.P.; CARVALHO JUNIOR, O.A.; REIS, A.M. **Mapeamento Geomorfológico da Bacia Hidrográfica do Rio são Bartolomeu, escala 1:100.000.** Brasília. Embrapa Cerrados, 2013, 38 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 314).

SEPLAN. Secretaria de Planejamento e Coordenação do Estado de Goiás. **Zoneamento ecológico-econômico da área do entorno do Distrito Federal.** Goiânia. 1994.

SIEG - Sistema Estadual de Geoinformação. **Download de imagens de satélite.** 2014. Disponível em: <<http://www.sieg.go.gov.br/>>. Acessado em: Ago. de 2014.

TUCCI, C. E. M. **Controle de enchentes.** In: Hidrologia, Ciência e Aplicação. Porto Alegre: UFRGS, 2ª ed. Vol.4. Abra editora da, 1997. Cap.16, p. 621-658.

TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C. (org.). **Inundações Urbanas na América do Sul.** Ed: ABRH. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003.

TUCCI, Carlos EM. **1 inundações urbanas.** 1995. Disponível em: <[http://4ccr.pgr.mpf.mp.br/ccr4/institucional/grupos-de-trabalho/encerrados/residuos/documentos-diversos/outros\\_documentos\\_tecnicos/curso-gestao-do-terrimorio-e-manejo-integrado-das-aguas-urbanas/drenagem1.PDF](http://4ccr.pgr.mpf.mp.br/ccr4/institucional/grupos-de-trabalho/encerrados/residuos/documentos-diversos/outros_documentos_tecnicos/curso-gestao-do-terrimorio-e-manejo-integrado-das-aguas-urbanas/drenagem1.PDF)>. Acessado em: Ago. de 2014.

**Data de submissão:** 25.05.2016

**Data de aceite:** 13.09.2017

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.