

USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA MICROBACIA DO RIBEIRÃO MARINGÁ - MARINGÁ/PR: ANÁLISE DA EXPANSÃO URBANA POR MEIO DO SIG

LAND USE AND OCCUPATION IN THE RIBEIRÃO MARINGÁ WATERSHED – MARINGÁ/PR: AN ANALYSIS OF THE URBAN EXPANSION BASED ON GIS

Roseli Aparecida do Valle¹

Cássia Rocha Pompeu²

Raquel Latini Gavassi Fernandes Ricciardi³

Cristhiane Michiko Passos Okawa⁴

Daniel das Neves Martins⁵

Evaristo Atencio Paredes⁶

Resumo. A urbanização vem se expandindo rapidamente e muitas vezes de forma irregular, adentrando cada vez mais áreas antes rurais. Dessa maneira, o uso e ocupação do solo modifica-se, aumentando o índice de impermeabilização do solo, afetando e degradando a bacia hidrográfica local. Para tanto, este trabalho busca analisar o desenvolvimento e evolução da urbanização na bacia do Ribeirão Maringá, afluente do Rio Pirapó, bem como traçar um índice de ocupação para os próximos anos. Com o uso de *softwares* de tecnologia SIG e imagens dos satélites Landsat 5, 7 e 8, além de imagens da missão SRTM, foi estudada a bacia hidrográfica a fim de delimitá-la e determinar a porcentagem de ocupação urbana em vários anos entre 1984 e 2014. A partir dos dados obtidos, foi possível projetar a porcentagem de urbanização da bacia para os anos futuros. Constatou-se que, com o uso da tecnologia SIG, a visualização da situação da bacia torna-se mais fácil e assim contribui para o entendimento dos problemas de impermeabilização, uso e ocupação do solo.

Palavras-chave: Sistema Computacional. Urbanização. Bacia hidrográfica.

Abstract. The urbanization comes expanding quickly and often in an irregular form, entering more and more areas which were originally rural. Thereby, the rate of impervious surfaces in the region increases, changing completely the use and occupation of the land once original, affecting and degrading the local watershed. In order to do so, this paper looks to analyse the development and evolution of the urbanization in the basin of the Maringá Stream, affluent of the Pirapó River, as well as drawing the rate of occupation for the following years. Through GIS technology software and satellite images from Landsat 5, 7 and 8, besides the Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), the hydrological basin was studied in order to delimit it with precision and determine the rates of urbane occupation in several years between 1984 and 2014. According to the obtained data, it was possible to project the urbanization percentage for the basin for future years. It was noticed that, through the GIS technology, it eases the visualization of the situation of the basin and leading to a better comprehension of the problems such as impervious surfaces, use and occupation of the land.

Keywords: Computer system. Land Development. Watershed.

¹Universidade Estadual de Maringá, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, roselli.valle@gmail.com.

²Universidade Estadual de Maringá, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, cassia.pompeu@gmail.com.

³Universidade Estadual de Maringá, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, engraelgavassi@gmail.com.

⁴Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Engenharia Civil, crisokawa@gmail.com.

⁵Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Engenharia Civil, martinsddn@uem.br.

⁶Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Engenharia Civil, evaristo@uem.br.

1 INTRODUÇÃO

A paisagem natural vem sofrendo modificações por ações antrópicas em busca de subsistência e do labor humano. E a região Norte do Paraná também sofreu a derrubada de sua vegetação nativa para cultivos agrícolas com a ocupação do solo e mesmo edificações das cidades. Maringá foi formada sobre terras tidas como desocupadas ou espaços vazios, e sofreu rápida transformação, passando de paisagem nativa para paisagem urbanizada. Em 2010, 95,6% da população da cidade já ocupava as áreas urbanas. Essas transformações se fazem presentes ainda hoje, pelas mãos do homem, que possibilita cada vez mais, construções submergindo das áreas naturais. (TOMAZ, 2009; IBGE, 2014).

Neste contexto, nota-se que o crescimento exacerbado e desordenado das urbes com suas consequências explícitas despertou o interesse de pesquisadores e da população acerca da necessidade de áreas verdes e de sua preservação, de modo a favorecer a permeabilidade do solo e minimizar outros impactos decorrentes do processo de urbanização e industrialização, favorecendo assim, melhor qualidade de vida. (BOVO e AMORIM, 2009). Além disso, de acordo com Sebusiani e Bettine (2011), há a necessidade de associar o uso dos recursos e ocupação dos espaços, reconhecendo áreas aptas à exploração e aquelas que necessitam de preservação de seus recursos naturais.

Para White e Greer (2006), o aumento da urbanização da bacia hidrográfica leva a mudanças significativas, como por exemplo, o aumento do escoamento superficial e assim o favorecimento da ocorrência de inundações urbanas. Com a urbanização rápida de uma bacia hidrográfica, as características hidrológicas do local se modificam causando também a alteração da fauna e flora nativas, as quais tem que se adaptar as novas características do local.

Segundo Ramalho et al (2008), são inúmeras as consequências sofridas pela bacia hidrográfica devido a alterações provocadas pelo homem. E geralmente, são estas as principais áreas de aglomeração popular, o que interfere cada vez mais no ambiente natural. Isto normalmente acontece por desrespeito dos cidadãos por superexplorarem a área acima de sua capacidade.

Sendo assim, o autor continua ressaltando que estes fatos precisam ser mapeados e analisados de acordo com suas ocorrências no tempo e espaço, a fim de visualizar as consequências das mudanças provocadas pelo próprio homem no ambiente em que vive. Desta forma, a cobertura vegetal e o uso dos solos são fatores que devem ser considerados e analisados para melhor compreender os problemas ambientais das bacias hidrográficas. Muitas vezes, a impermeabilização do solo não é levada em conta como um fator importante na elaboração dos objetivos, políticas e leis de um município. De acordo com o Arnold Jr. e Gibbons (1996), esse é um fator que influencia diretamente nos problemas das cidades e na qualidade de vida, sendo necessário incluí-lo sempre no planejamento e gestão das mesmas.

Netto et al (2012) complementa que, maiores serão os problemas ambientais em uma bacia hidrográfica, quanto maior for o índice de ocupação ou urbanização, e que é possível elaborar estratégias de planejamento vislumbrando a preservação, conservação e diminuindo os riscos e impactos ambientais. Todas as ações desenvolvidas na bacia pelo homem refletem-se nos rios desde sua nascente até sua foz, como uma "relação de causa e efeito". Assim sendo, este fator aborda um dos motivos que justificam o quesito de se "adotar a bacia hidrográfica como unidade territorial de planejamento para atuação do poder público, da sociedade civil e de seus usuários".

De acordo com Cavallari et al (2007), o homem observa e representa a superfície terrestre com relevante importância para a organização das sociedades, desde tempos remotos. Tal processo era realizado por cartógrafos muitas vezes com visitas *in loco*. Porém, a partir da década de 60 com o advento dos computadores, o homem passou a utilizar imagens de satélites, originando os primeiros Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Estes por sua

vez, possibilitam a análise de impactos ambientais com a obtenção qualitativa e quantitativa de dados computacionais geográficos, o que viabiliza a gestão de recursos e aplicação de técnicas adequadas embasadas em dados de georreferenciamento. A possibilidade de se manipular diferentes “camadas” de dados geográficos permitiu que os estudos das mais diversas áreas fossem feitos considerando as interações de diferentes processos, a localização, características do local, problemas ambientais, entre outros (BONHAM-CARTER, 1994).

O SIG pode ser definido como sendo um banco de dados computacional, formado por conjuntos de hardware e *software* que, interagindo entre si, permitem "adquirir, introduzir, armazenar, combinar, analisar, recuperar informações codificadas espacialmente para serem representadas em dados geográficos" (PISSARA et al, 2003). Assim, com o surgimento da tecnologia SIG e a sua popularização no final dos anos 80 causou um grande impacto no modo como as informações são analisadas.

Entre os diversos tipos de aplicação do SIG, pode ser citado o Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas (SPRING). De acordo com Silva e Barbosa (2007), este tem como principais funções o processamento de imagens, análise espacial, modelagem numérica e banco de dados espaciais.

O SIG tem inúmeras aplicações, sendo muito usado na área da hidrologia. Um exemplo é a simulação de inundações urbanas, que, de acordo com Zhang e Pan (2014), apresenta as vantagens de ser muito simples de ser executado de não exigir a entrada de muitos dados. Obviamente, há também as desvantagens e limitações, como o cálculo das inundações finais somente, sem haver uma avaliação do processo passo a passo e, claro, a simplificação dos resultados, o que leva a maiores erros.

Uma ferramenta importante no estudo do SIG é modelo digital de elevação do terreno ou Digital Elevation Model (DEM), que é a representação da elevação de um terreno, aliado as informações geográficas do local. Desde o início do uso da tecnologia SIG, surgiu a integração da informação espacial com as informações geográficas, como por exemplo o estudo do escoamento superficial, que leva em conta as características do terreno, retiradas diretamente do modelo digital de elevação do terreno (BAND e WOOD, 1988). Desse modo, este tem um papel fundamental para análise e entendimento dos modelos SIG aplicados a hidrologia e recursos hídricos. Por meio deste processo, analisou-se a bacia do Ribeirão Maringá, pois esta não está isenta dos problemas ambientais causados pelo processo evolutivo da população urbana e rural.

A avaliação do desenvolvimento da bacia pode ser estudada também usando métodos estatísticos para previsões futuras, de forma a estimar valores futuros. Um dos métodos mais usados nesse contexto é o método de Holt. O método foi proposto por C. C. Holt na década de 1960 e é usado para dados com variação temporal que apresentem tendência linear (CHATFIELD, 2013).

O município passou por um acelerado desenvolvimento e ocupação territorial, o que provocou alterações na paisagem natural acarretando uma série de problemas ambientais. A identificação de áreas degradadas e passíveis de degradação em uma bacia pode ocorrer por meio de modelagem de dados em SIG, que apresenta variáveis previamente definidas, a partir de análise e cruzamento de dados (SANTOS e MORAIS, 2012).

Neste contexto, tem-se como o objetivo analisar a evolução da urbanização da bacia hidrográfica por meio das ferramentas do SIG de 1984 a 2014 e ainda, com base nos dados obtidos, estimar um percentual de urbanização futuro para os anos de 2020 e 2030.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Tem-se como área de estudo do presente trabalho a bacia do Ribeirão Maringá, um afluente do Rio Pirapó. Sua área é de 90,61 km², com sua maior extensão na zona rural e parte

na área urbanizada do Município de Maringá-PR, este por sua vez, está localizado ao Norte do Paraná (como mostrado na Figura 1). A bacia em estudo se situa entre as latitudes 23°15'13" e 23°33'29" S e longitudes 51°50'08" e 52°06'02" W. As altitudes variam de 349m a 602m, com média de 467m.

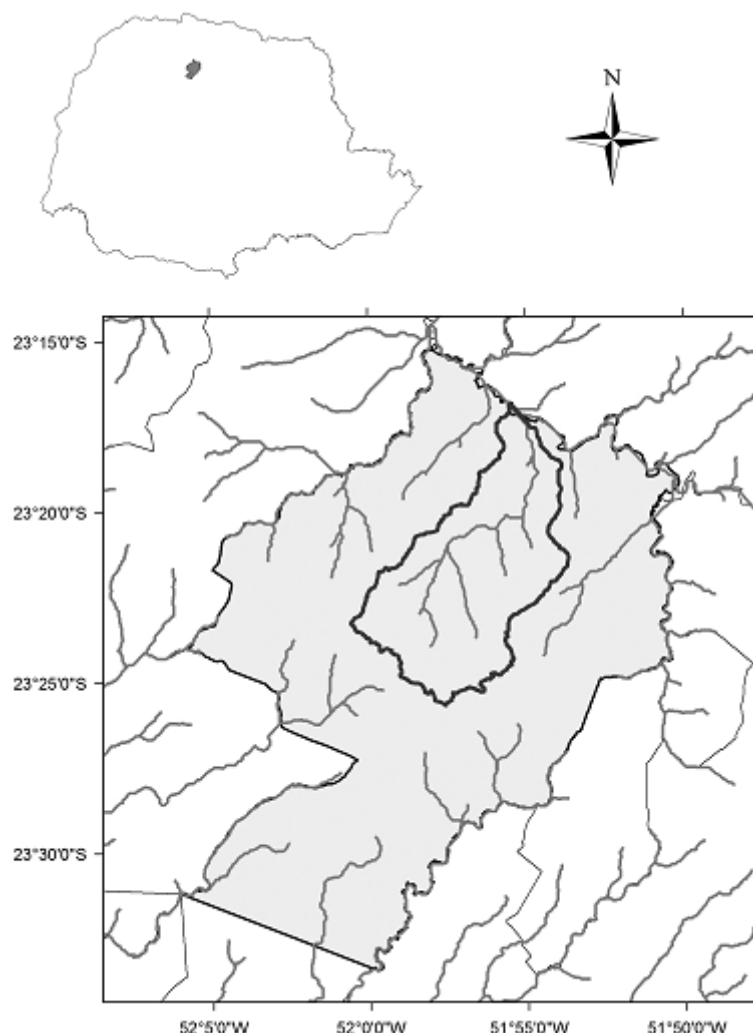


Figura 1. Localização da cidade de Maringá no contexto estadual e delimitação da bacia hidrográfica do Ribeirão Maringá no município.
Fonte: IBGE, 2007.

Devido à falta de dados oficiais atualizados e em escala adequada da região da Bacia do Ribeirão Maringá, optou-se por aplicar métodos computacionais de SIG. Para isso, foram utilizados o software ArcGIS 10.1. Tal software permite desenvolver estudos baseados em imagens de satélite para as áreas estudadas, com base em sistemas de informações geográficas (SIG).

A topografia do terreno foi construída a partir de imagens da missão Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), realizada pela agência espacial dos Estados Unidos, Itália e Alemanha no ano de 2000 (USGS, 2014). A imagem utilizada foi capturada em 11 de fevereiro de 2000, com resolução espacial de um segundo de arco (cerca de 30 metros) e é fornecida gratuitamente pela NASA/METI no site United States Geological Survey (USGS).

Para a delimitação da bacia hidrográfica do Ribeirão Maringá e construção da carta hipsométrica do local, foi usada essa imagem que, inseridas no *software* ArcGis 10.1, geraram a carta hipsométrica da área. Com base no relevo, foi possível perceber a variação de altitude,

os pontos mais altos e vales, o que influencia diretamente no traçado da bacia hidrográfica e suas características.

O processo de determinação da bacia hidrográfica e dos corpos d'água usando as ferramentas SIG é feito com base no algoritmo das oito direções, primeiramente proposto por O'Callaghan e Mark (1984) e muito aplicado nos estudos de bacias hidrográficas atualmente. Para cada ponto é definido a direção do curso d'água com base no valor da elevação atribuído a cada pixel. O *software* ArcGIS 10.1 gera então a delimitação da bacia e dos córregos através desse algoritmo, presente no *software* nas ferramentas da sessão “Hydrology”.

A partir das informações e delimitação da bacia hidrográfica, foi iniciado o estudo com imagens de satélite. A fim de observar a ocupação do solo, imagens provenientes de satélites de anos entre 1984 e 2014 foram usadas. As imagens mais antigas foram geradas pelo satélite TM/Landsat-5, com resolução de 30m ou então pelo satélite ETM+/Landsat-7, também com resolução de 30m. As imagens mais recentes foram capturas pelo satélite OLI/Landsat-8 e são compostas por 11 bandas no total e resolução de 30m, com uma banda pancromática de resolução de 15m. As imagens utilizam o sistema de coordenadas UTM Datum WGS 1984, zona 22S e são disponibilizadas gratuitamente pelo USGS.

As imagens do satélite Landsat-5 utilizadas para o estudo foram capturadas nas seguintes datas: 11/07/1984, 05/06/1986, 03/05/1988, 09/05/1990, 05/10/1992, 25/09/1994, 10/06/1996, 13/04/1998, 28/03/2004, 19/04/2006, 08/04/2008, 20/08/2010, sendo de órbita 223 e ponto 76. As imagens do satélite ETM+/Landsat-7, de mesma órbita e ponto, foram capturadas em 21/01/2000, 15/03/2002 e 02/09/2012. As imagens do satélite OLI/Landsat-8 foram geradas em 11/05/2014, também para a órbita 223 e ponto 76.

Para melhor visualização, utilizou-se a composição das bandas RGB 3, 2 e 1 para as imagens dos satélites Landsat 5 e 7 e a composição RGB 4, 3, 2 para as imagens provenientes do satélite Landsat 8. Essa composição colorida natural foi usada para melhor identificação e entendimento da imagem quando feita a classificação visual. Para o estudo comparativo entre as imagens em relação as áreas urbanizadas e áreas de vegetação, foram determinadas duas classes: área urbanizada e área rural/vegetação. A classificação foi feita por interpretação visual devido ao baixo número de classes e também a fim de minimizar os possíveis erros causados pela interpretação das imagens no momento da classificação.

As imagens dos anos de 1984 a 2014, com intervalo de 2 anos, foram analisadas e a porcentagem urbanizada de cada ano foi quantificada. As áreas com edificações foram consideradas parte da “mancha urbana” e as áreas agricultáveis, de proteção ambiental (como parques e fundos de vale) foram quantificadas como área rural/vegetação. O Plano Diretor de Maringá foi também observado para verificar quais os tipos de ocupação previstos pelo município.

Dessa maneira, os dados obtidos são organizados em um gráfico para observar o aumento gradual da urbanização na bacia de estudo. Os dados são avaliados usando o método estatístico de suavização exponencial, no caso, o método de Holt, sendo possível assim, fazer uma previsão futura da porcentagem de urbanização para a área.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A delimitação da bacia e o traçado dos corpos d'água foram gerados pelo *software* a partir do modelo digital de elevação, como visto na Figura 1. A delimitação da bacia é muito próxima da delimitação feita por Sala (2005). Observa-se na Figura 2 a sobreposição da delimitação da bacia hidrográfica e o plano diretor do município. A bacia em estudo é composta em sua maior parte por áreas rurais e de transição, seguidas por área urbana (composta por áreas residenciais, centrais e de qualificação, ou seja, área em torno da zona urbana consolidada caracterizada pela alta taxa de crescimento populacional, não

consolidação da infraestrutura e grande quantidade de terrenos não edificadas), em sua menor parte, por áreas de proteção ambiental e de mananciais e áreas industriais (Figura 2).

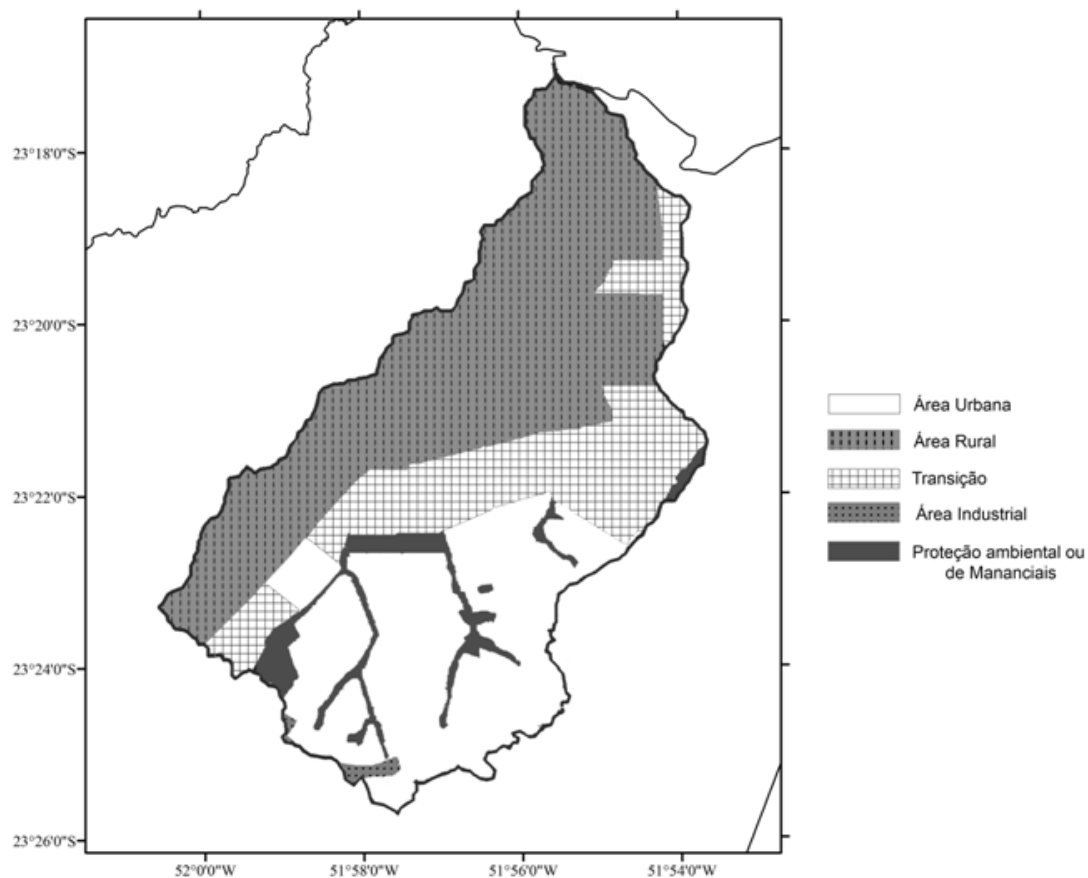


Figura 2. Bacia de estudo com áreas definidas pelo Plano Diretor do Município de Maringá
Fonte: Maringá, 2006 adaptado pelos autores.

As imagens do satélite Landsat permitem a avaliação temporal da ocupação urbana na bacia de estudo e também na cidade de Maringá, como visto na Figura 3, referentes aos anos de 1984 e 2014, evidenciando a expansão urbana durante este período.

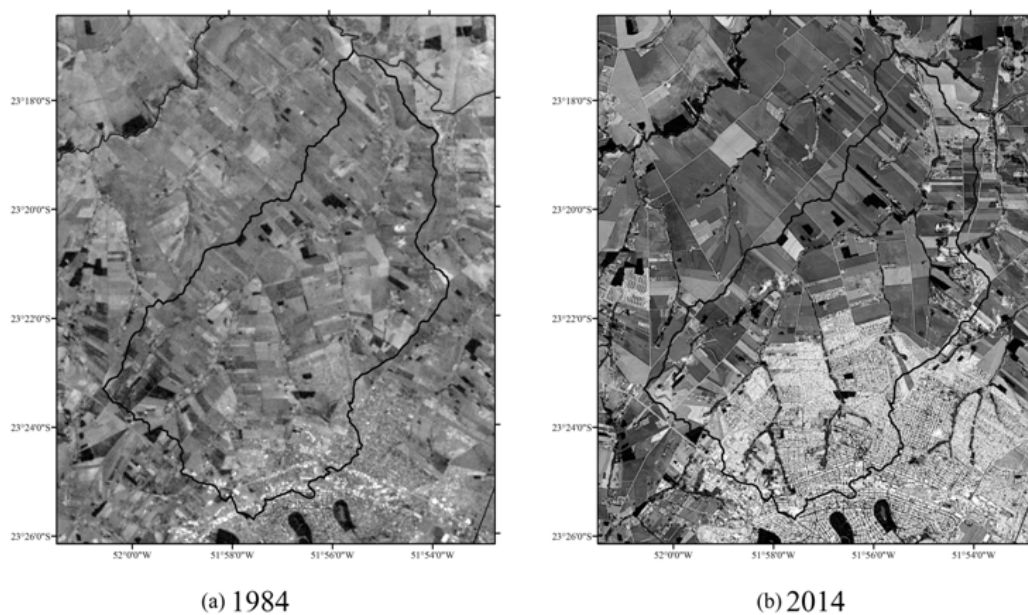


Figura 3. Imagens de satélite da bacia do Ribeirão Maringá.
Fonte: USGS (2014), adaptado pelos autores

Os mapas temáticos gerados pelo ArcGIS 10.1 (Figura 4) demonstram as diferenças da ocupação do solo nos anos de 1984 (a) e 2014 (b), em relação a urbanização. A expansão da mancha urbana é evidente, o que faz com que as áreas antes rurais passem a dar lugar a edificações e a pavimentação, por exemplo, aumentando drasticamente a área de solo impermeabilizado. É possível verificar na Figura 4, que as áreas mais claras indicam as áreas urbanizadas e as mais escuras, as áreas rurais ou de vegetação predominante.

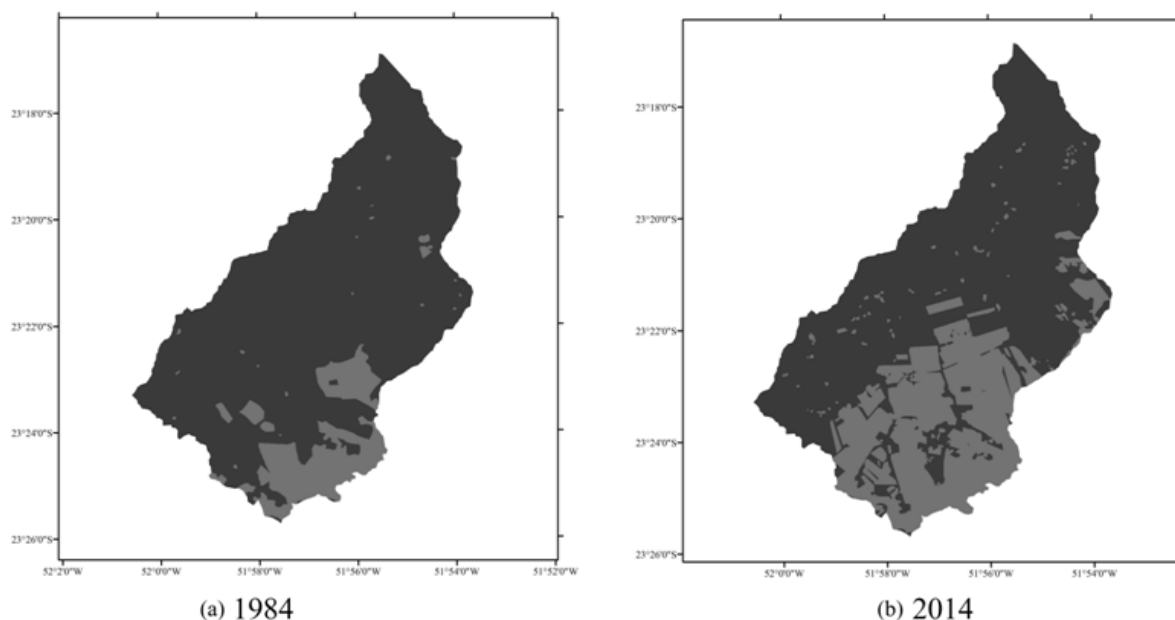


Figura 4. Mapa da Bacia do Ribeirão Maringá para os anos de 1984 e 2014.
Fonte: ArcGIS 10.1 (2014), adaptado pelos autores

No mapa a esquerda (Figura 4a), com a bacia hidrográfica do Ribeirão Maringá no ano de 1984, nota-se que há a predominância das áreas rurais, ou seja, áreas agricultáveis, pastos, áreas de vegetação mais densa como matas ciliares e reservas legais. Neste cenário, a área percentual de urbanização encontrada por meio do método de interpretação visual foi de 12,48%. No ano de 2014 (Figura 4b), a mancha urbana apresenta-se muito mais consolidada e concentrada, atingindo novas áreas da bacia. A área percentual de urbanização encontrada pelo mesmo método foi de 30,43%. Porém, faz-se necessário ressaltar que as imagens possuem diferença em sua qualidade devido à diferença entre os anos em que são registradas, sendo que, as imagens de 1984, possuem qualidade inferior em relação às imagens de 2014 até mesmo pelo avanço tecnológico. Outros fatores como presença de nuvens e vegetação entre outros, também interferem e influenciam na qualidade das mesmas.

Aplicando o mesmo procedimento de avaliação para outras imagens de anos entre 1984 e 2014, obteve-se dados suficientes para comparação da taxa de ocupação urbana na bacia do Ribeirão Maringá, como visto na Figura 5. Observa-se, no entanto que, no Gráfico estão relacionado os anos do período de estudo no eixo x e as porcentagens de urbanização encontradas pela análise das imagens de satélite no eixo y.

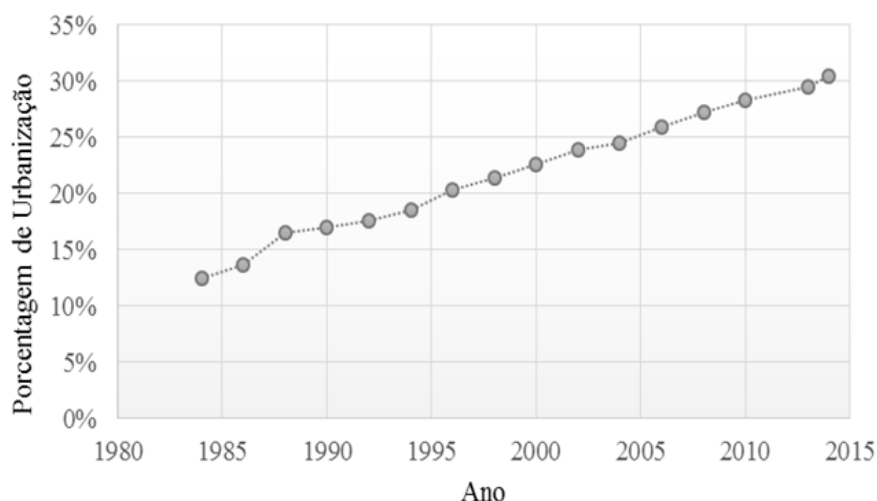


Figura 5. Evolução da urbanização na Bacia do Ribeirão Maringá
Fonte: Autores, 2014

O método de Holt aplicado para projeção futura dos níveis de urbanização da área, traz os valores encontrados na Figura 06. Observa-se que o valor estimado pelo método estatístico para os anos entre 1984 e 2014 se aproximam dos valores obtidos neste estudo. Assim, as previsões para os anos futuros seguem a tendência de crescimento, chegando a 34,56% para o ano de 2020 e 40,57% para o ano de 2030.

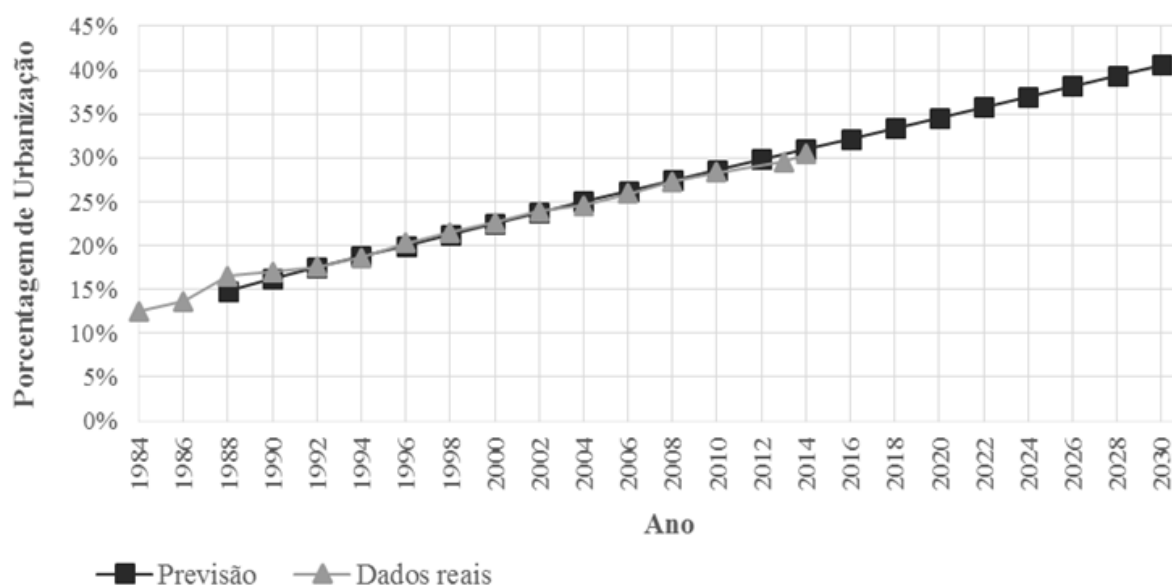


Figura 6. Evolução da urbanização na Bacia do Ribeirão Maringá até o ano de 2030
Fonte: Adaptado pelos autores, 2014

4 CONCLUSÃO

Por meio dos dados obtidos a partir de sistemas computacionais, nota-se que o índice de urbanização na bacia hidrográfica do Ribeirão Maringá aumentou nestes últimos 30 anos de 12,48% em 1984, para 30,43% em 2014. Isto demonstra que a cidade está em expansão e, considerando as taxas estimadas para os anos de 2020 e 2030 por meio do método de Holt, observa-se que a urbanização, com a ocupação do solo, continuará aumentando e impactando diretamente nas áreas permeáveis e impermeáveis e, conseqüentemente, no comportamento hidrológico da bacia, o que poderá ser agravado, pois se estima chegar a uma porcentagem de

urbanização de 40,57% em 2030. O crescimento da cidade e sua expansão estão ligados a inúmeros fatores, desde sociais, econômicos, ambientais, entre outros, tornando a previsão futura das taxas de impermeabilização da bacia uma tarefa complexa, que nem sempre segue as previsões estatísticas. Porém, verifica-se que os meios computacionais são ferramentas importantes para estudar a região e auxiliar na definição de ações estratégicas que possam mitigar impactos ambientais causados pela ocupação antrópica.

REFERÊNCIAS

- ARNOLD JR, C. L.; GIBBONS, C. J. Impervious surface coverage: the emergence of a key environmental indicator. *Journal of the American Planning Association*, 62(2):243-258, 1996.
- BAND, L. E., WOOD, E. F. Strategies for large-scale, distributed hydrologic simulation. *Applied Mathematics and Computation*, 27(1):23-37, 1988.
- BONHAM-CARTER, G. Geographic information systems for geoscientists: modelling with GIS. Oxford: Elsevier, 1994.
- BOVO, M. C., AMORIM, M. C. de C. T. Áreas verdes urbanas, a imagem, o mito e a realidade: um estudo de caso sobre a cidade de Maringá/PR/BR. *Revista Formação*, 16(1):60-69, 2009.
- CAVALLARI, R. L., TAMAE, R. Y., ROSA, A. J. A importância de um sistema de informações geográficas no estudo de microbacias hidrográficas. *Revista Científica Eletrônica de Agronomia*, 6(11):1-7, 2007.
- CHATFIELD, C. The analysis of time series: an introduction. Florida: CRC Press, 2013.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Maringá - Infográficos: dados gerais do município. 2014. Disponível em: <<http://cod.ibge.gov.br/1EN>> Acesso em 15 set. 2014.
- _____. Malha Municipal do Brasil. 2007. Disponível em: <<ftp://geofpt.ibge.gov.br/>> Acesso em 30 set. 2014.
- MARINGÁ (Câmara de Vereadores). Lei nº 632/06 de 06 de outubro de 2006. *Lex*: Cria o Plano Diretor do município de Maringá, Maringá.
- NETTO, L. G., SANT'ANA, L. C. F. PASSOS, M. M. dos. Um diagnóstico preliminar da análise da paisagem na bacia hidrográfica do Ribeirão Maringá. *Revista Geonorte*, 3(4):1292-1305, 2012.
- O'CALLAGHAN, J. F.; MARK, D. M. The extraction of drainage networks from digital elevation data. *Computer vision, graphics, and image processing*, 28(3):323-344, 1984.
- PISSARRA, T. C. T., AMARAL NETO, J. do. FERRAUDO, A. S. POLITANO, W. Utilização de sistemas de informação geográfica para avaliação de áreas de preservação permanente em microbacias hidrográficas: um estudo de caso para o município de Jaboticabal, SP. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11, 2003, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: INPE. P. 1915-1920.
- RAMALHO, M. F. de J. L., BORGES, J. P., FARIAS, L. R. C. B. de. O uso do Spring na análise do processo de ocupação em bacias hidrográficas do Rio Grande do Norte/RN. *Espaço & Geografia*, 11(2):1-22, 2008.
- SALA, M. G. Indicadores de fragilidade ambiental na bacia do Ribeirão Maringá-PR. UEM: Maringá, 2005. 164 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Curso de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual de Maringá, 2005.
- SANTOS, M. L. dos, MORAES, E. S. de. Produção de sedimentos em bacia hidrográfica de pequena ordem: uso de modelos matemáticos, bacia do Ribeirão Maringá, Paraná - Brasil. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 13(2):139-150, 2012.
- SEBUSIANI, H. R. V., BETTINE, S. do C. Metodologia de análise do uso e ocupação do solo em micro bacia urbana. *Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional*, 7(1):256-

285, 2011.

SILVA, A. P. M., BARBOSA, A. A. Validação da função mancha de inundação do SPRING. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12, 2007, Florianópolis. Anais... Florianópolis: INPE. P. 5499-5505.

TOMAZ, P. C. A Região Norte do Paraná e a formação da cidade de Maringá. Revista Semina (UEP), 8(2):1-19, 2009.

USGS – United States Geological Survey. Imagens de Satélite. Disponível em: <http://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 01 set 2014.

WHITE, M. D., GREER, K. A. The effects of watershed urbanization on the stream hydrology and riparian vegetation of Los Penasquitos Creek, California. Landscape and Urban Planning, 74(2):125-138, 2006.

ZHANG, S., PAN, B. An urban storm-inundation simulation method based on GIS. Journal of Hydrology, 517:260-268, 2014.