



## **Geotecnologias aplicadas na avaliação do potencial das subbacias hidrográficas enquanto unidades espaciais de planejamento urbano integrado na cidade de Rondonópolis-MT**

Tatiane Duarte Silva Oliveira <sup>1</sup>  
Jeater Waldemar Maciel Correa Santos <sup>1</sup>  
Nestor Alexandre Perehouskei <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT  
Rodovia Rondonópolis-Guiratinga MT 270,  
s/n - Parque Sagrada Família, Rondonópolis - MT, 78735-910  
{tatyduartegeo, jeatermaciel, nestoralexandre34}@gmail.com

**Resumo.** O município de Rondonópolis possui como instrumento básico de planejamento urbano o Plano Diretor Participativo de Desenvolvimento Urbano e Ambiental. Tal instrumento legal, de cunho técnico e político, define normas e regras para estabelecer o ordenamento territorial da cidade. Contudo, apesar de todo aparato legal Rondonópolis ainda apresenta muitos problemas urbanos oriundos de má gestão e também do não cumprimento da legislação ou ainda da ineficácia das proposições destas, como demonstrado por vários estudos (Negri (2008), Petri e Negri (2014), Albacette (2008), Trassi (2015), Pereira (2011), Nardes (2010), entre outros). Tais estudos concluíram que as questões enfrentadas cotidianamente pela população de Rondonópolis referem-se principalmente a segregação socioespacial; a poluição ambiental; ocorrência de inundações; distribuição inadequada e insuficiente de espaços públicos de áreas verdes e praças em Rondonópolis; e a drástica redução da cobertura vegetal da cidade, até mesmo nas Áreas de Preservação Permanente das margens e nascentes dos córregos do sítio urbano. A legislação municipal de Rondonópolis define como unidade espacial para planejamento territorial do município as “Zonas de Uso”. Mas, na prática várias outras unidades espaciais, não previstas na legislação, se encontram usualmente consolidadas nas tomadas de decisão para planejamento e gestão da cidade, referentes a infraestrutura, saúde, educação etc. Esse conflito no uso de unidades espaciais contribui também para a ineficiência do planejamento e gestão do espaço urbano. Neste sentido, esse estudo propõe utilizar geotecnologias na avaliação do potencial das áreas das subbacias hidrográficas do sítio urbano de Rondonópolis enquanto unidades espaciais de Planejamento Territorial Integrado e Participativo.

**Palavras-chave:** Subbacias hidrográficas, planejamento urbano, unidade espacial de planejamento, geotecnologias .

**Abstract.** The county of Rondonópolis possess as basic instrument of urban planning, the Participative Director Plan of Development Urban and Environmental. Such legal instrument, of technical and political nature, defines norms and rules to establish the territorial planning of the city. However, in despite of all the legal apparatus Rondonópolis still demonstrates many urban problems originated from the bad management and the non accomplishment of the legislation, or still the inefficiency of their propositions, as related by various studies (Negri (2008), Petri e Negri (2014), Albacette (2008), Trassi (2015), Pereira (2011), Nardes (2010), etc.). Those studies concluded that the question faced daily by the population of Rondonópolis refers mainly to the socio spatial segregation; the ambient pollution; occurrence of inundations; inadequate and insufficient distribution of public spaces of green areas and squares in Rondonópolis; and the drastic reduction of the city vegetal cover, even in the Permanent Preservation Areas of the banks and headwaters of streams from the urban sites. The county legislation of Rondonópolis defines the “Use Zones” as spatial unit for the territorial planning of the city. But, in the practice many other spatial units, not predicted in the legislation, encounter itself usually consolidated in the taking of decisions to the city planning and management, refer to infrastructure, health, education, etc. This conflict in the use of the spatial units contributes to the inefficiency of the planning and management of the urban space. In this sense, these study proposes make use of the geotecnologies in the evaluation of potential areas of hydrographic sub basins of the urban site of Rondonópolis while spatial units of Participatory and Integrated Territorial Planning.

**Keywords:** Sub Watersheds, urban planning, spatial planning unit, geotechnology.

## 1. Introdução

O município de Rondonópolis possui o Plano Diretor Participativo de Desenvolvimento Urbano e Ambiental, sendo a Lei Complementar nº 043 de 28 de Dezembro de 2006, para o estabelecimento de normas e regras para o ordenamento territorial sustentado por princípios do Estatuto da Cidade Lei Federal 10.257 de 10/07/2001 e pela Legislação Municipal desde o ano de 1975.

Na legislação municipal que rege o planejamento urbano de Rondonópolis são previstas as normas para o Parcelamento Urbano, Uso e Ocupação do Solo, Zoneamento e Código de Postura para Construção entre outras. Todas essas normas e regras são estabelecidas, de acordo, com a própria legislação federal e municipal, para o crescimento urbano ordenado, justo e igualitário. Contudo, apesar de todo esse aparato legal alguns problemas urbanos existentes em Rondonópolis são oriundos do não cumprimento desse conjunto de leis.

Os estudos Negri (2008), Petri e Negri (2014), Albacette (2008), Trassi (2015), Pereira (2011) e Nardes (2010) mostram que alguns problemas enfrentados pelo município são decorrentes da falta de cumprimento da legislação ou devido uma gestão inadequada. Tais estudos concluíram que as questões enfrentadas cotidianamente pela população de Rondonópolis referem-se principalmente a: a) segregação socioespacial, quando se tem infraestrutura adequada e de qualidade e o acesso próximo a equipamentos urbanos de assistência educacional, de segurança e de saúde em bairros menos populosos e de classe social alta; b) a poluição ambiental decorrente da utilização predominantemente de “fossa-negra” como sistema alternativo para a remoção e disposição do esgoto residencial, e com conhecimento do poder público; c) ocorrência de inundações em várias regiões da mancha urbana de Rondonópolis em consequência da ocupação desordenada de áreas de várzeas dos cursos dá gua do sítio urbano e também pelo alto índice de impermeabilização do solo urbano; d) Distribuição inadequada e insuficiente de espaços públicos de áreas verdes e praças em Rondonópolis, as quais se concentram majoritariamente nas principais vias de acesso como avenidas e bairros de classe média alta e condomínios fechados; e a redução da cobertura vegetal das Áreas de Preservação Permanente das margens e nascentes dos córregos do sítio urbano de Rondonópolis, sendo fato relacionado com o avanço da ocupação urbana (criação de bairros) nesses locais, sobretudo, com a conivência da gestão municipal, que aprovou diversos loteamentos nestas APPs.

Todos esses problemas seriam evitados ou no mínimo mitigados se houvesse o cumpri-

mento das diretrizes, normas e regras determinadas e estabelecidas pela Lei Complementar Nº 012 de 2002 que institui Código Ambiental do Município de Rondonópolis; pela Lei Nº 2.119 de 1994 que institui o Zoneamento Urbano do Município de Rondonópolis; Lei Nº 2.120 de 1994 que institui o Parcelamento Urbano do Município de Rondonópolis; pela Lei Nº 2.122 de 1.994 que institui o Código de Postura no Município de Rondonópolis; e pelo Plano Diretor Lei Complementar Nº 043 de 2006.

Tal legislação define como unidade espacial para planejamento territorial do parcelamento e ocupação do espaço urbano as “Zonas de Uso” que são frações de acordo com seu uso preponderante. Mas, existem no município outras unidades espaciais não previstas na legislação, mas, usualmente consolidadas na tomadas de decisão para a gestão de infraestrutura, saúde e educação da cidade de Rondonópolis. Esse conflito no uso de unidades espaciais contribui também para a ineficiência do planejamento e gestão do espaço urbano de Rondonópolis.

Neste sentido, esse estudo propõe utilizar geotecnologias na avaliação do potencial das áreas das subbacias hidrográficas do sítio urbano de Rondonópolis enquanto unidades espaciais de Planejamento Territorial Integrado da cidade.

A bacia hidrográfica apresenta-se como uma proposta viável para este estudo quando é definida como uma unidade espacial muito prática para planejamento, gestão e monitoramento do espaço, pois tem um limite definido de maneira muito consistente segundo aspectos do contexto hidrológico de seu território. Desse modo, as características biofísicas, de uso e ocupação do solo e ainda os impactos ambientais decorrentes das alterações de sua paisagem pelas ações antrópicas (produção agrícola, atividades industriais, implantação de bairros residências e áreas comerciais etc), podem ser melhor estudados, monitorados e controlados, o que fornece melhores bases para a condução de ações de planejamento e gestão desse espaço e dessa forma amenizar impactos negativos, como o desequilíbrio, a degradação ambiental e prejuízo socioambientais associados (Tundisi, 2003)

Estudos como os de Magalhães et al (2013), Schussel e Nascimento Neto (2015), Carvalho (2014) tomam a bacia hidrográfica como unidade espacial para planejamento urbano municipal buscando a correlação dos aspectos urbanos, sociais, legais com as limitações, fragilidades e de uso do solo de tais ambientes. Tais estudos relatam a experiência em relação a implementação de uma sistemática de monitoramento do uso e ocupação do solo municipal tendo a bacia hidrográfica como unidade básica de planejamento. Pois, elas permitem se conhecer de modo relativamente fácil as limitações naturais desse ambiente e assim impedir práticas nocivas e insustentáveis que fatalmente resultariam em prejuízo a natureza e a sociedade.

As geotecnologias possuem recursos capazes de manipular informações tempororo-espaciais e têm proporcionado meios eficazes para aquisição e manipulação de dados para escalas pequenas, médias e grandes, sem a necessidade de contato direto com o objeto alvo e, ainda, em tempo real para inúmeras aplicações de variados campos de conhecimento (Moreira, 2011).

O uso das geotecnologias viabiliza a espacialização de informações geográficas e possibilita a compreensão da realidade do espaço, além disso, apresenta as interações e os agrupamentos para auxiliarem na definição de tomadas de decisão. Sendo realizados a partir do reconhecimento de obstáculos físicos naturais ou construídos, através do manuseio de técnicas de sensoriamento remoto e de ferramentas para a realização de operações espaciais, tais como: Sistemas de Informações Geográficas (SIG). (Oliveira et al., 2010).

O sensoriamento remoto “é a aquisição de informações sobre objetos a partir de detecção e mensuração de mudanças que se impõem ao campo eletromagnético.” (Novo, 2010, p.81). Ele pode ser dividido em dois grandes subsistemas, sendo: subsistema de aquisição de dados de sensoriamento remoto e subsistema de produção de informações. (Miranda, 2010).

A tecnologia por detecção remota tem tido intensa evolução no aprimoramento de aqui-

sição de dados através de imageamento por meio de radares, sensores orbitais e semi-orbitais. E isso pode ser notado na qualidade das resoluções: radiométrica, espectral, temporal e espacial e na possibilidade de obtenção de informações de vegetação, uso do solo, conservação do solo, altimetria, temperatura, geomorfologia, mineração, hidrografia, entre outros, como por exemplo, os dados obtidos através de pares estereoscópicos digitais por sensores ópticos, a bordo de satélites, como os do Aster (Marques et al., 2011).

O SIG é a estrutura funcional para a entrada de dados, manuseio, transformação, visualização, combinação, consultas, análises, modelagem e saída de conhecimento útil na forma de mapas e imagens, estatísticas, gráficos e outros, com a localização geográfica para atribuir uma referência a um elemento não espacial. É usado em diversas e inúmeras áreas como variáveis, funções, e, inclusive, na descrição geomorfológica por meio de manuseio de Modelos Numéricos de Terreno (MNT) (Valeriano, 2002).

Com a utilização de modelos de elevação e manuseio do SIG é possível a realização da extração de rede de drenagem e delimitação automática de bacias, sendo um processo rápido e simples, mas que, no entanto, está sujeito a maior número de falhas, dependendo do tamanho da escala, localização da área e qualidade do modelo (Santos; Linhares, 2012; Araújo et al., 2009).

O modelo de elevação digital e as ferramentas das geotecnologias são utilizados em aplicações de múltiplos estudos, que abordam a correção de altitudes, atualização cartográfica, mapeamento geomorfológico e no desempenho da obtenção de dados hidrológicos, como extração de malha hídrica e limites das bacias, tais como Santos et al. (2013); Lima et al. (2012); Carvalho (2007); Souza e Almeida (2014); Faria et al. (2015); Santos (2013); Rodrigues et al. (2010); Araújo et al. (2014); Grohmann (2015); Biffi et al. (2015); Cherem (2011); Silva et al. (2015).

Tais objetivos por meio da utilização de produtos de sensoriamento remoto e manuseio de técnicas de geoprocessamento também são aplicados em estudos realizados no Pantanal, como a pesquisa realizada por Andrades Filho et al. (2009), que teve como intuito obter automaticamente a rede de drenagem a partir das diferentes fontes de dados SRTM (USGS, Embrapa e Topodata) e ASTER no limite do Pantanal de Aquidauana com o Planalto de Maracajú. E o estudo de Cândido e Santos (2011) que objetivou delimitar automaticamente as sub-bacias dos rios de segunda e quarta ordem da bacia hidrográfica do rio Manso-MT a partir de um MDE. E vários outros estudos que tiveram o intuito de aplicar geotecnologias na extração automática de rede de drenagem e de limites de bacias hidrográficas, tais como: Oliveira et al. (2010); Souza e Almeida (2014) e Brubacher (2012).

A amplitude do uso de Geotecnologias perpassa obstáculos e áreas que possuem características físicas bastante inerentes, como as áreas do Pantanal.

## **2. Objetivo**

Este estudo teve como objetivo mapear as sub-bacias hidrográficas do sítio urbano e de expansão urbana do município de Rondonópolis/MT com emprego de recursos de geoprocessamento, considerando-os aspectos físicos e sociais como parâmetros para avaliar o potencial das mesmas como unidades espaciais de planejamento urbano.

## **3. Materiais e Métodos**

### **3.1 Uso de geotecnologias no mapeamento das sub-bacias hidrográficas da área do sítio urbano e de expansão urbana do município de Rondonópolis**

Para identificar/delimitar as microbacias hidrográficas da área urbana e rural do município de Rondonópolis foi utilizado um Modelo de Elevação Digital (DEM), sendo Pleyades de 0,5

metro de Resolução disponibilizado pelo Laboratório de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento (LASERGEO/UFMT/CUR).

Utilizando ambiente SIG foi realizada a técnica de extração automática de rede de drenagem e limites das bacias hidrográficas do modelo, utilizando o algoritmo D8 do Método das Oito Possíveis Direções de Fluxo (O'Callaghan e Mark, 1984). A obtenção de informações hidrológicas através de DEM no ambiente SIG obtida realiza-se a partir de princípio básico matemático: a definição de linhas de fluxo (drenagem) através do cálculo da mínima distância entre as curvas de nível. E, ainda, considera-se o ângulo dessas linhas de fluxos criadas entre curvas de nível que as originaram para que sejam perpendiculares (ROSIM et al., 2003).

Com isso, a extração da rede de drenagem é realizada a partir da geração de grades de relevos produzidas por interpolador linear de média ponderada por cota quadrante. A rede de drenagem é obtida pelo algoritmo desenvolvido na sobreposição sobre esses produtos de relevo. Com o desenvolvimento desse processo dá-se a grade direção de fluxo local *Drainage Network (LDD)* (Rosim et al., 2003).

A partir do LDD produzido obtêm-se o *FlowDirection*, sendo a direção de fluxos, relacionada aos pontos cardeais e aos pontos colaterais, quando a água escoar na direção de maior declividade do terreno. A direção de fluxos obtém-se a partir de uma grade regular (matriz de altimetria) que foi determinada por meio da direção de maior declividade de um “*pixel*” em comparação aos seus oito “*pixels*” vizinhos, tomando-se por base a linha de maior declividade do terreno. E, em caso de *pixels* com valores iguais de menor altitude considera-se a que não está diagonal. E, se *pixels* com a mesma altitude tiverem adjacentes, a preferência será para o pixel central (Sobrinho et al., 2010; Santos; Linhares, 2012; Oliveira et al., 2012; Souza e Almeida, 2014).

Desse procedimento origina-se a grade de fluxos acumulados chamada ACM, a qual representa os caminhos que originam a rede de drenagem. O fluxo acumulado é um parâmetro que indica o grau de confluência do escoamento e pode ser associado ao fator comprimento entre conexão com divisores de água a montante. É possível montar uma nova grade contendo os valores de acúmulo de água em cada “*pixel*”. Desse modo, cada “*pixel*” recebe um valor correspondente ao número de “*pixels*” que contribuem para que a água chegue até ele. O fluxo acumulado, também denominado área de captação (Lima et al., 2012; Sobrinho et al., 2010; Rosim et al., 2003).

Nessa etapa o valor limite (início do canal) de acordo com Souza e Almeida (2014) é fornecido e cada “*pixel*” da grade é pesquisado, que corresponderá se o valor do “*pixel*” da grade de fluxos acumulados for maior ou igual ao valor de limite fornecido. Dessa forma, o valor desse “*pixel*” será inserido na mesma posição na grade de saída, que conterà a rede de drenagem. Assim, somente valores maiores ou iguais ao valor inicial estarão representados na grade de drenagem (Lima et al., 2012).

Para a delimitação das bacias é necessário a produção do LDD, rede de drenagem, a ordem das ramificações hidrológicas e o ponto exutório. Qualquer ponto da rede de drenagem pode ser escolhido como ponto exutório, sendo que toda a água coletada ou captada naturalmente é proveniente da precipitação com escoamento para um único ponto de saída. E, de acordo com diversas finalidades e características da área de estudo, podendo ser barragens, reservatórios, foz e confluências de rios (Carvalho, 2007; Santos et al., 2013; Rosim et al., 2003).

A partir da execução da função anterior, é adquirido o fluxo acumulado, quando é possível verificar a formação dos caminhos que incidem a rede de drenagem e a representação dos valores de acúmulo de água em cada *pixel*. No SIG, tal procedimento é feito com a função “*flowaccumulation*”.

O próximo passo é a extração da rede de drenagem. Nessa etapa ocorre a definição de um

conjunto de segmentos ou o subconjunto do fluxo acumulado. No SIG o usuário deve definir o valor limite que seja igual ou maior ao valor de *pixel* do fluxo acumulado. Ou seja, serão obtidos ramificações ou segmentos da drenagem maior ou igual ao valor 200, que foi o valor definido para esse estudo. Quanto maior esse valor menor será o número de ramificações (RO-SIM, 2014).

No SIG esse valor é definido, onde os seguintes parâmetros de cálculo são utilizados: Coseno (fluxo acumulado) maior que (>) 200 número de *pixels*, 1 (O número 1 corresponde a todos os valores igual ou maior que 200, ou seja, todos serão convertidos ao valor 1. Enquanto que, valores menores que 200 serão convertidos em 0 (zero), e, dessa forma, não serão extraídos). Posteriormente, na função “*streamtofeatures*” com o ACM habilitado, é retirada a rede de drenagem em formato vetorial.

Para isso foram utilizados como parâmetros a resolução do MNT de 0,5 metros, o tamanho da área mínima da captação de acumulo de fluxos para se gerar uma drenagem, sendo de 1500 células, e a cota média de altitude da área de depressões do terreno como sendo de 05 metros.

Após o processo de extração automática, os limites das subbacias e sua rede de drenagem foram editados e finalizados de acordo com o conhecimento da área de estudo pelo pesquisador e utilizando imagens de satélite de alta resolução espacial disponibilizada no *Google Earth Pro*, o MNT *Pleyades* e ferramentas do SIG.

Para obter a hierarquia fluviométrica de rede de drenagem e, assim, delimitar e classificar as sub-bacias hidrográficas do sítio urbano de Rondonópolis, a rede de drenagem extraída foi classificada segundo o método *Strahler* (Chow et al., 1988). O processamento para adquirir as ordens da drenagem das sub-bacias também foi realizado em ambiente SIG.

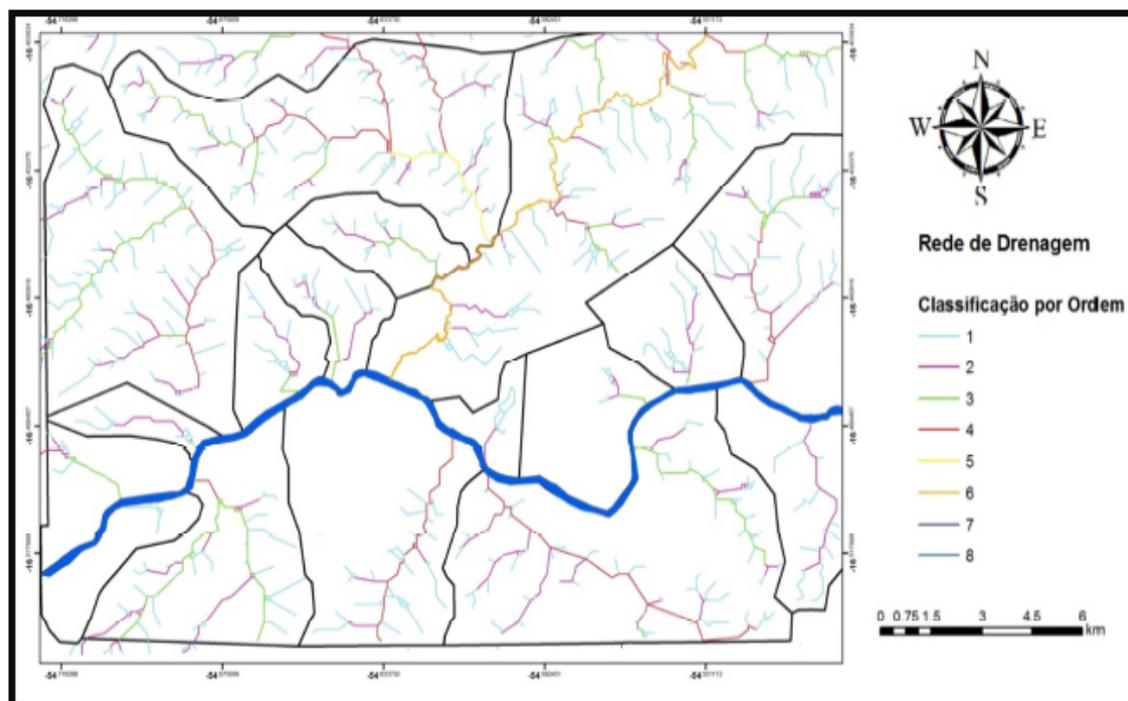
### **3.2 Uso de Geotecnologias no Mapeamento do uso do solo das sub-bacias hidrográficas da área do sítio urbano e de expansão urbana do município de Rondonópolis**

Para o mapeamento do uso do solo foi realizada consulta na Lei Complementar Nº 056, de 14 de dezembro de 2007 para a definição das classes de uso, as quais foram: comercial, industrial, residencial, solo exposto, água e vegetação de cerrado e vegetação florestal, sendo as matas ciliares e áreas verdes com alta de vegetação florestal. Após a definição das classes foi realizada vetorização na imagem de alta resolução do *Google Earth Pro* e consultando o modelo *Pleyades* de 0,5 metros. Sendo o desenho de polígonos de acordo com as classes pré-definidas e encontradas na imagem, conforme, cor, contraste, padrão, forma e textura, e principalmente, segundo conhecimento do pesquisador e consulta de modelo de alta resolução e com data atual da área de estudo. Tal técnica é chamada de classificação visual.

## **4. Resultados e Discussão**

### **4.1 As Sub-bacias Hidrográficas da Área do Sítio Urbano e de Expansão Urbana do Município de Rondonópolis**

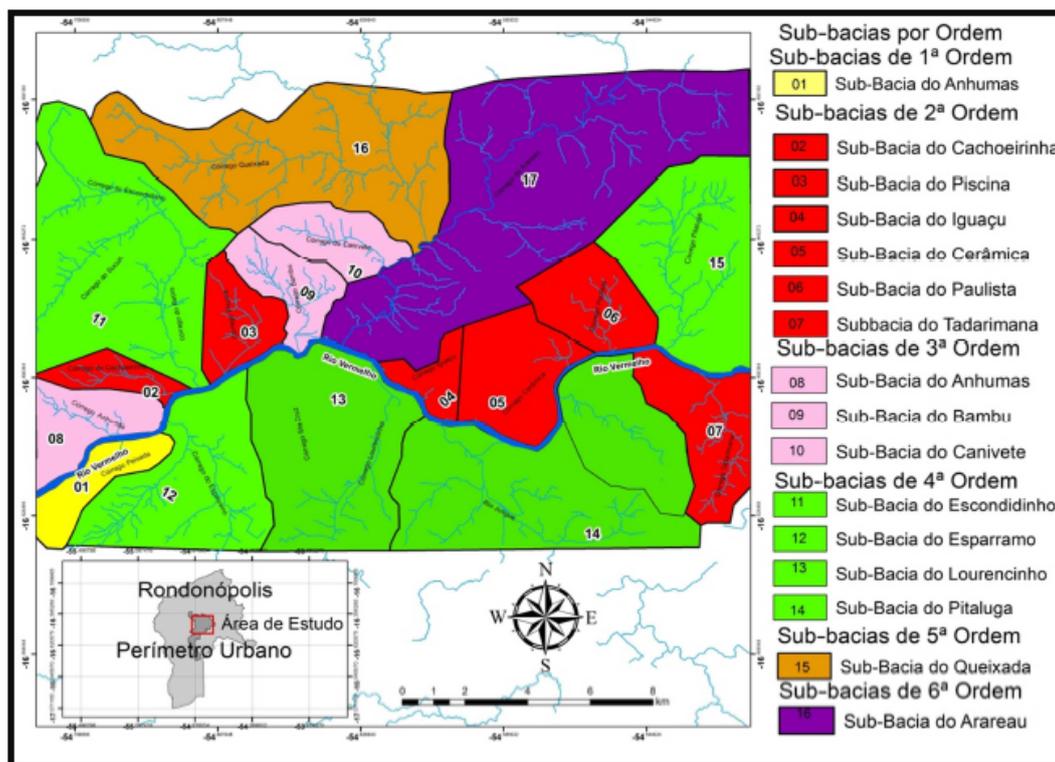
A hierarquia fluvial extraída do MNT da imagem *Pleyades*, definida de acordo com o método *Strahler* (Chow et al, 1988), resultou na classificou da rede de drenagem da área das sub-bacias do sítio urbano de Rondonópolis em oito categoria de ordens, sendo que os cursos d’água de primeira ordem configuram os trechos de áreas de nascentes, e o de maior ordem, é o rio principal do sítio urbano, ou seja, o rio Vermelho, assim como mostra a **Figura 1**. Nessas sub-bacias, a rede de drenagem se configura tendo como cursos d’água de maior frequência, os de segunda, terceira e quarta ordem.



**Figura 1.** Rede hídrica de acordo com a classificação hierárquica do método Strahler (Chow et al, 1988).

Para a área da mancha/sítio urbano de Rondonópolis foram mapeadas dezoito subbacias hidrográficas que ocupam áreas das zonas urbana e de expansão urbana do município de Rondonópolis. As sub-bacias mapeadas foram extraídas de acordo com a área de captação de cada uma tomando-se como ponto máximo de acumulação o ponto dos exutórios dos seus córregos (Anhumas, Cachoeirinha, Piscina, Iguaçu, Cerâmica, Paulista, Peixada, Bambu, Canivete, Vermelhinho, Escondidinho, Esparramo, Lourencinho, Pitaluga, Queixada) e rios (Jurigue, Tadarimana e Arareau). A grande maioria dessas sub-bacias é de segunda e quarta ordem. Foram mapeadas 05 sub-bacias de segunda ordem, 06 subbacias de quarta ordem e outras 04 sub-bacias de terceira ordem. De primeira ordem só foi encontrada 01 (uma), e o mesmo para as de quinta e sexta ordem, como apresentado na **Figura 2**.

Na **Figura 2** a sub-bacia do Iguaçu tem a menor extensão territorial, sendo 356 hectares. As maiores sub-bacias são as de quinta e sexta ordem, sendo a sub-bacia do Queixada que possui 3.564 hectares e a sub-bacia do baixo Arareau que tem 5.760 hectares. As sub-bacias de quarta ordem têm áreas que variam entre 1.188 hectares e 3.613 hectares. A menor subbacia de quarta é a do córrego Tadarimana, e a maior sub-bacia dessa mesma ordem é a do córrego Escondidinho. Contudo é preciso lembrar que tal metodologia restringiu a área das sub-bacias à apenas o limite da área considerada como sendo da “mancha urbana” de Rondonópolis. Então, obviamente que a área total de tais sub-bacias pode ser muito maior que a apontada para a área restringida para as análises desse estudo. As áreas das sub-bacias de segunda ordem variam de 356 hectares e 1196 hectares, sendo a maior de segunda ordem é a sub-bacia do Cerâmica. A terceira ordem é composta pelas sub-bacias dos córregos Anhumas, Vermelhinho, Canivete e Bambu, os quais possuem áreas entre 696 hectares e 930 hectares, sendo a menor a sub-bacia do Bambu e a maior da terceira ordem a sub-bacia do córrego Vermelhinho.

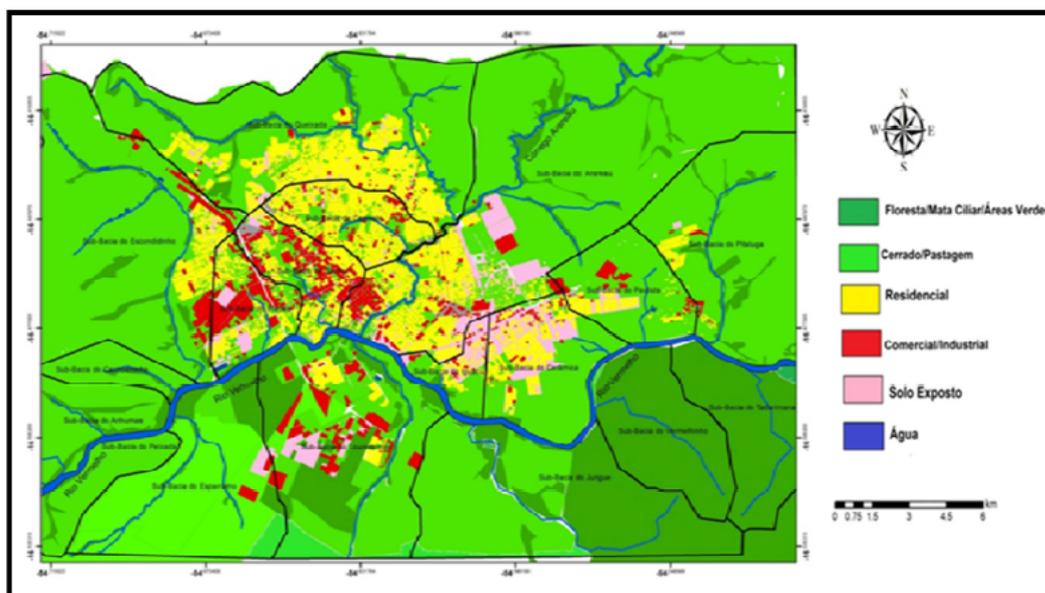


**Figura 2.** Sub-bacias hidrográficas do sítio urbano (zonas urbana e de expansão urbana) do município de Rondonópolis, de acordo com a classificação hierárquica do método Strahler (Chow et al, 1988).

#### 4.2 Uso e Ocupação do Solo em Nível das Sub-Bacias Hidrográficas de Rondonópolis

A área de estudo tem 32937 hectares, sendo que desse total 1092 há são ocupados por áreas comerciais e industriais, e 2386 ha são usados para habitação. As áreas de solo nu, sendo lotes e quadras que não possuem nenhuma tipo construção somam um total de 533 hectares apresentado na **Figura 3**. Grande parte dessa área, sendo principalmente em áreas de expansão são grandes extensões de cerrado e pastagem e possui uma área de 27846 hectares. As áreas de mata ciliar somam 1613 ha. As sub-bacias do Piscina, Canivete, Bambu tem maior áreas territoriais usadas pelas classes Residencial, Comercial e Industrial. A bacia do Canivete tem maior uso Residencial e a classe de Comércio e Industria tem maior abrangência nas bacias Bambu e Piscina

Em se tratando de subbacias hidrográficas é relevante obter-se o conhecimento do uso e cobertura do solo, pois contribui para o planejamento urbano municipal, visto que o Plano Diretor de um município necessita dessas informações, bem como, do conhecimento prévio da realidade física, biológica, social, econômica e espacial compoendo uma base consolidada para planejamento integrado. Foi possível verificar na **Figura 3** que as subbacias possuem áreas inadequadas à ocupação humana, e as quais já estão ocupadas pelo uso comercial, residencial, principalmente nas áreas mais elevadas, onde se encontram a maior parte das nascentes das sub-bacias do Queixada, Canivete, Bambu, Piscina, Cerâmica e Iguaçu, sendo necessário assim, o cumprimento da legislação municipal vigente, bem como a gestão da área em análise a fim de evitar desmatamentos, impermeabilização, inundação, enchentes e outros problemas ambientais e sociais.



**Figura 3.** Uso e Ocupação do Solo das Sub-bacias hidrográficas do sítio urbano (zonas urbana e de expansão urbana) do município de Rondonópolis

Para uma análise consolidada em relação ao uso do solo nas unidades das bacias, é possível verificar o nível de ocupação através do tamanho das áreas edificadas pelos usos comercial, industrial e residencial, os quais somam um total de 2162 hectares, no que pode resultar na impermeabilização do solo, sendo um dos graves problemas agravados pelo inadequado planejamento urbano municipal.

## 5. Conclusões

A bacia hidrográfica é uma unidade adequada para o planejamento por ter delimitação física clara e ecossistemas hidrológicamente integrados, pois os terrenos de suas vertentes são drenados por um curso de água principal e seus afluentes, o que permite o gerenciamento e o controle do uso dos seus recursos naturais e a conservação ambiental. Além disso, seu espaço também se caracteriza por ações sociais e a possibilidade de aplicabilidade de tecnologias para proteção, conservação e recuperação ambiental.

Dessa forma, pode-se contemplar a bacia hidrográfica como um sistema que possui processos vinculados e que resultam em fonte de recursos para ações e degradações. É possível identificar na bacia hidrográfica, o uso do solo de forma integralizada e interligada com os aspectos ambientais, e, ainda, diagnosticar os impactos negativos no ambiente natural devido as ações sociais ocorridas que não priorizaram conservação e preservação do meio.

A Geotecnologia constitui-se como um dos instrumentos metodológicos de apoio ao planejamento, devido a possibilidade de espacialização otimizada, levantamento de dados, diagnóstico do problema, execução de ações, reconhecimento das transformações da natureza e sociedade, integração de variáveis, fontes de informação e análise da evolução social em tempo real e de forma precisa. As geotecnologias são um conjunto de ferramentas, instrumentos e sistemas tecnológicos e geográficos que tem como funcionalidade a espacialização, manipulação, gerenciamento, representação, integração, articulação de informações geográficas coletadas através de receptores ou sensores portáteis, orbitais ou semi orbitais para diversas aplicações.

Nesse estudo teve papel fundamental na definição automática e concisa de unidades espaciais de planejamento que tem maior integração ambiental, social e econômica necessária para

um planejamento urbano com maiores alcances para os principais objetivos do plano diretor municipal de Rondonópolis. Além disso, foi primordial na produção de mapa temático preciso e atual do uso e ocupação do sítio urbano do município enriquecendo a base de dados com informações para o plano diretor, o qual é instrumento de planejamento de Rondonópolis. Dessa forma, tem se maiores detalhes de quais usos e sua dinâmica espacial resultando em produto que apresenta as áreas vulneráveis, áreas que podem ser ocupadas, áreas que podem ser recuperadas e principalmente, uma fonte de dados para tomada de decisões para evitar vários problemas urbanos e sociais. Tendo essas unidades espaciais, mapas temáticos, é possível realizar cruzamento de dados, otimização de informações e análises integradas que possam ter impactos na destinação de recursos e mudanças para uma cidade com maior gestão e melhor planejada.

## 6. Referências

- Albacette, S.L. **Análise do sistema de saneamento Ambiental em Rondonópolis-MT, a relação Água e esgoto.** 2008. 128p. (Dissertação de Mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá. 2008.
- Andrades Filho, C. O.; Zani, H.; Gradella, F. S. Extração Automática das redes de drenagem no Pantanal de aquidauana: estudo comparativo com Dados SRTM, ASTER e carta topográfica DSG. **Geografia**, v. 34, Número Especial, p.731-743, 2009.
- Araujo, E.P de; Teles, M.g.l; Lago, W. J.S. Delimitação das bacias hidrográficas da Ilha do Maranhão a partir de dados SRTM. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. **Anais...** Curitiba: INPE, 2014.p.4631-4638.
- Araujo, O.S de; Brum, E.V.P; Silva, E.P da et al. Acurácia Posicional do Modelo Digital de Terreno com os Modelos Digitais de Elevação: Aster GDEM, SRTM e Topodata. **Enciclopédia Bioesfera**, Goiânia: Centro Científico Conhecer, v.10, n.19, p.42-51, 2014.
- Biffi, L.J.; Jarenkow, G.L. et al. Comparação de modelos digitais de elevação de SRTM e ASTER com modelo de elevação de grande escala do município de Lages – SC. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 16., 2013, Foz de Iguaçu. **Anais...** Paraná: INPE. 2013.
- Brubacher, J.P ; Oliveira, G.G; Guasselli, L.A; Luerce, T.D. Avaliação de bases SRTM para extração de variáveis morfométricas e de drenagem. **Geociências**, v. 31, n. 03, p. 01-13, 2012.
- Candido, A. K. A. A; Santos, J.M.W.C. **Avaliação de métodos de delimitação automática de sub-bacias da bacia hidrográfica do Rio Manso-MT a partir de MDE.** In. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 15., 2011, Curitiba. **Anais...**Paraná: INPE, 2011.
- Carvalho, R.G. **As bacias hidrográficas enquanto unidades de planejamento e zoneamento ambiental no Brasil.** Presidente Prudente: Caderno Prudentino de Geografia, 2014.
- Carvalho, P.R.S. **Análise comparativa de métodos para delimitação automática das sub-bacias do Alto Curso do Rio Preto.** 2007. 58 p. (Dissertação de Mestrado em Gestão Ambiental e Territorial) - Universidade de Brasília, Brasília. 2007.
- Cherem, L.F.S. **Análise morfométrica da bacia do alto Rio das Velhas – MG.** 2008. 96 p. (Dissertação de Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2008.
- Correia, E.F.G. **Modelagem hidrológica da bacia hidrográfica do rio Bengalas, Nova Friburgo, RJ, utilizando o potencial de geotecnologias na definição de áreas de risco de inundação.** 2011. 299 p. (Dissertação de Mestrado) - Universidade do Estado do Rio Janeiro, Rio de Janeiro. 2011.
- Grohmann, C.H. Análise comparativa preliminar entre dados SRTM, Topodata, ASTER GDEM e modelos de superfície/ terreno do projeto radiografia da Amazônia. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 17., João Pessoa. **Anais...** Paraíba: INPE, 2015.
- Faria, V.G.; Barros, P.P.S. et al. Avaliação de modelos numéricos de redes de drenagem com SIG. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 17., João Pessoa. **Anais...** Paraíba: INPE, 2015.
- Lima, F.A. Almeida; L. Silva de; Braga, F.L; Nery, C.V.M. Utilização do sistema de informações geográficas terraview para delimitação da bacia hidrográfica do Rio Vieira, Montes Claros – MG. In: Simpósio Regional de

Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto, 06., Aracaju. **Anais...** Sergipe: INPE, 2012.

Magalhães, C.R **Bacia hidrográfica como referência de planejamento e Expansão urbana para as cidades no século XXI.** 2013. 227p. (Dissertação de Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2013.

Marques, H.H.; Penatti, N.C. et al. Comparação entre os modelos de elevação SRTM, TOPODATA e ASTER na delimitação automática de rede de drenagem e limite da bacia hidrográfica. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 15., Curitiba. **Anais...** Paraná: INPE, 2001. p.1271.

Nardes, A. M. M. **Rondonópolis – MT: Sua Espacialidade Reconstruída.** 1997. 150p. (Dissertação de Mestrado) - Universidade de Brasília, Brasília. 1997.

Nardes, A. M. M; Demamann, M.T.M. Uma leitura geográfica dos espaços públicos em Rondonópolis-MT: praças e áreas verdes. In: Encontro Nacional dos Geógrafos: Crise, práxis e autonomia: espaços de resistência e esperanças. Espaços de diálogos e práticas, 07., 2010, Porto Alegre. **Anais...**Rio Grande do Sul: AGB, 2010. p. 01-11.

Negri, S. M. **O processo de segregação sócio-espacial no contexto do desenvolvimento econômico da cidade de Rondonópolis.** 2008. 180p. (Tese de Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 2008.

Oliveira, S.N; Júnior Carvalho, O. A de; Silva da, T.M. et al. Delimitação Automática De Bacias De Drenagens E Análise Multivariada De Atributos Morfométricos Usando Modelo Digital De Elevação Hidrologicamente Corrigido. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Ano 08 N01, 2007.

Oliveira, S.N.; Carvalho Júnior, O.A.; Silva, T.M. et al. Delimitação automática de bacias de drenagens e análise multivariada de atributos morfométricos usando modelo digital de elevação hidrologicamente corrigido. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. v. 8, n 1, p.3-21. 2007.

Pereira, E. S. **Expansão urbana e impactos ambientais no Perímetro urbano de Rondonópolis – MT: uma comparação da situação da cobertura vegetal e Das áreas de proteção ambiental nos anos de 1986 e 2008.** Rondonópolis: UFMT, 2009.

Rodrigues, T. L.; Debiasi. P.; Souza, R.F. Avaliação da adequação dos produtos Aster Gdem no auxílio ao mapeamento sistemático brasileiro. In: Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, 03., 2010, Recife. **Anais...**Pernambuco: UFPE, p. 01-05. 2010.

Rosim, S.; Oliveira, J.R.F. et al. Extração da drenagem da região nordeste utilizando o sistema terrahidro. In: Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 12., Natal. **Anais...**Rio Grande do Norte: ABRH. 2014.

Sobrinho, T.A.; Oliveira, P.T.S.; Rodrigues, D.B.B.; Ayres, F.M. Delimitação automática de bacias hidrográficas utilizando dados SRTM. **Engenharia Agrícola**. v.30. n1, p.46-57. Jaboticabal. 2010.

Santos, L;B;L; Linhares, C.A. ArcGis, IDL-HAND e TerraHidro: avaliando eficácia e eficiência na delimitação de bacias hidrográficas usando diferentes fontes de dados altimétricos. In: Congresso Brasileiro Sobre Desastres Naturais, 2012, Rio Claro. **Anais...**São Paulo: 2012.

Santos, L.B.L; Jorge, A.A.; Zolino, M.M. et al. Caracterização de bacias hidrográficas por uma abordagem diretamente baseada em operações via bancos de dados geográficos. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 01., 2013, Porto Alegre. **Anais...**Rio Grande do Sul: UFRS, 2013.

Silva da C.R.P; Demarqui, E.N; Almeida, F.T; et al. **Diferentes modelos digitais de elevação na caracterização física da bacia hidrográfica do Rio Nandico, MT, Brasil.** Scientia Plena. v.11, n. 05. 2015.

Schussel, Zulma; Nascimento Neto, Paulo. **Gestão por bacias hidrográficas: do debate teórico à gestão municipal.** São Paulo: Ambiente & Sociedade, 2015.

Souza, J.O.P; Almeida, J.D.M. **Modelo digital de elevação e extração automática de drenagem: dados, métodos e precisão para estudos hidrológicos e geomorfológicos.** Boletim de Geografia. v.32, n.2, p. 134-149. Maringá. 2014.

Torres, R. P; Negri, S. M. Análise da segregação sócio espacial urbana em Rondonópolis (MT), a partir dos equipamentos urbanos e sociais instalados. In: Congresso Brasileiro dos Geógrafos, 05., 2014, Vitória. **Anais...** Espírito Santo: AGB, 2014. p. 01-10.

Trassi, J da Silva. **Estudo do potencial de riscos de inundações nas microbacias da cidade de Rondonópolis, Mato Grosso.** 2015. 160p. (Dissertação de Mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Rondonópolis.

2015.

Tucci, C. E. M.; **Gestão da Água no Brasil**. Brasília: Unesco, 2001

Tundisi, J. G. **Água no século XXI: Enfrentando a Escassez**. São Carlos: Editora Rima, 2003.

Valeriano, M. M; Moraes, J.L. Extração de rede de drenagem e divisores por processamento digital de dados topográficos. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 10., 2001, São Paulo. **Anais...**, Campinas: INPE, 2001.