

**BACIAS HIDROGRÁFICAS, ESCALA DE APROXIMAÇÃO PARA O
ORDENAMENTO TERRITORIAL****HYDROGRAPHIC BASINS, APPROACH SCALE FOR THE TERRITORIAL
ORDINATION****CUENCAS HIDROGRÁFICAS, ESCALA DE ENFOQUE PARA LA PLANIFICACIÓN
TERRITORIAL****Fabio Martins Ayres¹****Maria Helena da Silva Andrade²****Adriana Bilar Chaquime dos Santos³****Sarah Couto de Freitas⁴**

Resumo: A gestão político-administrativa municipal carece de uma escala adequada para o planejamento e ordenamento territorial urbano e rural. As bacias hidrográficas, além de representar naturalmente a geomorfologia do terreno, permite mensurar todas as características físicas e socioeconômicas de forma transparente sem apresentar discordâncias. Objetivando estabelecer o a unidade de planejamento municipal o instrumento das análises integradas em visões estratégicas, buscar-se-á inicialmente estabelecer a escala apropriada. Com as ferramentas de geotecnologia a delimitação das bacias inicia com levantamento topográfico, seguindo pela construção do Modelo Numérico do Terreno – MNT. A geração das bacias foi automatizada, seguindo os procedimentos: preenchimento de *sinks*; direção de fluxo; fluxo acumulado; e delimitação de bacias. Para melhor aparelhamento no ordenamento territorial, este trabalho criou a delimitação das bacias para todo território em escalas do município de 1:30.000 e para a sede urbana 1:10.000, constituindo subsídio para planejar o espaço municipal. Para o município de Campo Grande, capital do estado de Mato Grosso do Sul, chegou-se a configuração das 169 bacias hidrográficas da Área Municipal e para a 58 micro bacias para Sede Urbana. A metodologia aplicada mostra-se adequada e de fácil utilização, podendo ser empregada a estudos em outras localidades, assegurando a acurácia e precisão cartográfica. O Zoneamento Ecológico-Econômico de Campo Grande, lei municipal n. 6.407/2020 CAMPO

¹ Doutor em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional. Professor da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS). Campo Grande/MS. E-mail: fabioayres@uems.br Lattes iD: <http://lattes.cnpq.br/1788099460030519> Orcid iD: <https://orcid.org/0000-0003-0324-8880>

² Doutora em Ecologia. Professora da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), FAENG – Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo e Geografia. Campo Grande/MS. E-mail: helena.andrade@ufms.br Lattes iD: <http://lattes.cnpq.br/3618197296141334>. Orcid iD: <https://orcid.org/0000-0001-7252-4020>.

³ Mestranda em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS). Aquidauana/MS. E-mail: adrianabilar@hotmail.com. Lattes iD: <http://lattes.cnpq.br/2789620289136425>. Orcid iD: <https://orcid.org/0000-0003-2610-0870>

⁴ Mestranda em Geografia pela Programa de Pró-Graduação em Geografia da Universidade de São Paulo (USP). São Paulo/SP. E-mail: scfreitas.geo@gmail.com Lattes iD: <http://lattes.cnpq.br/1379157917583059> Orcid iD: <https://orcid.org/0000-0002-4078-6314>

GRANDE (2020), institui as bacias e microbacias aqui delimitadas como unidade territorial de planejamento ambiental. Assim assumindo as bacias e microbacias como a unidade de planejamento e ordenamento da paisagem no município.

Palavras-chave: Desenvolvimento Regional; Recursos Hídricos; Unidade Territorial Básica; Geoprocessamento.

Abstract: The municipal political-administrative management lacks adequate scale for urban and rural planning and territorial ordination. The hydrographic basins, besides evidencing a geomorphology of the terrain, make it possible to measure all the physical and socioeconomic characteristics in a transparent way without presenting disagreements. The objective is to establish a mechanism for integrated analyzes in the strategic visions, the first time that an appropriate scale will be sought. With the tools of geotechnology the delimitation of the basins begins with topographic survey, followed by the construction of the Digital Terrain Model - DTM. The generation of the basins was automated, following the procedures: filling of sinks; flow direction; accumulated accumulated; and delimitation of basins. The territorial planning, this work created a delimitation of the basins for all territory in scales of the municipality of 1: 30,000 and for the urban office 1: 10,000, constituting the subsidy to plan the municipal space. The municipality of Campo Grande, capital of the state of Mato Grosso do Sul, has become one of the 169 watersheds of the Municipal Area and one to 58 microbes for the Urban Headquarters. Use this image quickly and easily, and it can be used in other studies, ensuring accuracy and cartographic accuracy. It should be assumed as basins and micro basins as a planning and planning plan of the municipal landscape.

Keywords: Regional Development; Water Resources; Basic Territorial Unit; Geoprocessing.

Resumen: La gestión político-administrativa municipal carece de una escala adecuada para la planificación y ordenamiento territorial urbano y rural. Las cuencas hidrográficas, además de representar de forma natural la geomorfología del terreno, permiten la medición de todas las características físicas y socioeconómicas de forma transparente sin presentar desacuerdos. Con el objetivo de establecer la unidad de planificación municipal como el instrumento de análisis integrado en visiones estratégicas, buscaremos inicialmente establecer la escala adecuada. Con herramientas de geotecnología, la delimitación de las cuencas se inicia con un levantamiento topográfico, seguido de la construcción del Modelo Numérico de Terreno - MNT. La generación de las cuencas se automatizó siguiendo los procedimientos: llenado de piletas; dirección del flujo; flujo acumulado; y delimitación de cuencas. Para equipar mejor la planificación territorial, esta obra creó la delimitación de las cuencas para todo el territorio en una escala de 1: 30.000 para el municipio y para la sede urbana de 1: 10.000, otorgando un subsidio para la planificación del espacio municipal. Para el municipio de Campo Grande, capital del estado de Mato Grosso do Sul, se alcanzó la configuración de las 169 cuencas hidrográficas del Área Municipal y 58 microcuencas para la Sede Urbana. La metodología aplicada es adecuada y fácil de usar, pudiendo ser utilizada para estudios en otras localizaciones, asegurando exactitud y precisión cartográfica. Las cuencas y microcuencas deben asumirse como la unidad de ordenamiento y planificación del paisaje municipal.

Palabras clave: Desarrollo Regional, Recursos Hídricos, Unidad Territorial Básica; Geoprocessamiento.

Introdução

A organização ou reorganização socioespacial no território, exige uma análise detalhada e equânime que se destina a esclarecer a escolha para o seu uso e ocupação. As características físicas não são as únicas constituintes da paisagem e devem ser consideradas (TRICART, 1977).

Na década de 1970, os tomadores de decisão da França já consideravam esta análise detalhada para o desenvolvimento das cidades, na escolha da escala adequada precede ao estudo do zoneamento, tornando necessário conhecer as aptidões para as construções, principalmente, as limitações naturais e antrópicas, a fim de estabelecer o tipo de ocupação do solo compatível com tais limitações. Ignorar esse processo, seria aumentar consideravelmente os custos, tanto dos equipamentos urbanos quanto das construções (TRICART, 1977).

No Brasil, segundo Fonseca (2010), o mesmo ocorreu, também, nos anos 70 em:

Desde 1978, com a portaria interministerial que criou o Comitê Especial de Estudos Integrados de Bacias Hidrográficas – CEEIBH, o Brasil vem desenvolvendo pesquisas voltadas para as bacias hidrográficas. O CEEIBH tinha como principal objetivo classificar os corpos d'água, estudar de forma integrada e acompanhar o uso racional dos recursos hídricos federais, visando obter o melhor aproveitamento múltiplo de cada bacia, mas não conseguiu, com o passar dos anos, atingir os seus propósitos (FONSECA, 2010, p. 25).

A Política Nacional de Recursos Hídricos – PNRH, instituída no Brasil, em 1997, pela Lei nº 9.433, em 08 de janeiro de 1997, estabelece a bacia hidrográfica como sendo a unidade territorial para a sua implementação. A necessidade de planejamento e monitoramento dos recursos hídricos, em virtude dos problemas enfrentados de escassez de água em quantidade e qualidade, denota a importância da padronização no traçado de bacias hidrográficas (BRASIL, 1997).

A contribuição técnica para a gestão político-administrativa inicia por meio do alinhamento da definição das bacias hidrográficas como sendo as regiões de planejamento que, além de representar naturalmente a geomorfologia do terreno, permitem mensurar todas as características morfométricas, equalizadas e estudadas, sem apresentar discordâncias.

Já para o meio socioeconômico esse cenário não é o mesmo: conflitos conceituais e de interesses afloram acirrando o debate e apontam para o estabelecimento de delimitações empíricas. Essa amostra da interação do meio técnico com o político/econômico estreita a relação entre as partes e promove avanços sobre a qualidade e a quantidade dos recursos hídricos do nosso país.

A utilização das bacias hidrográficas como escala de trabalho para elaboração do Zoneamento Ecológico-Econômico – ZEE está assegurada no Art. 11º do Capítulo III do Decreto nº. 4.297 de 10 de julho de 2002, onde se lê que a instituição de zonas deverá ser orientada pelos princípios da utilidade e da simplicidade, de modo a facilitar a implementação de seus limites e restrições pelo Poder Público, bem como a sua compreensão pelos cidadãos (BRASIL, 2002).

Inúmeras formas de delimitação de bacias hidrográficas foram desenvolvidas ao longo do tempo, desde o processo manual até técnicas de delimitação automáticas. O Sistema de Informações Geográficas - SIG, definido por BURROUGH e MACDONNELL (1998) como um poderoso conjunto de ferramentas que coletam, armazenam, recuperam, transformam e disponibilizam dados espaciais do local para um determinado conjunto de finalidades surge como um auxílio para este fim. Vale registrar DIAS *et al.* (2004), que afirma que quanto maior a objetividade no critério da definição dos limites de uma bacia, mais preciso será o seu traçado.

Através do SIG, a modelagem da realidade é buscada, de modo a produzir informações que subsidiem tomadas de decisão por técnicos e/ou gestores (HUGGETT, 1980).

Objetivando estabelecer o Zoneamento Ecológico-Econômico de Campo Grande – ZEECG como o instrumento das análises integradas em visões estratégicas, buscou-se, inicialmente, o estabelecimento da escala adequada, capaz de integrar os aspectos natural e antrópico no território municipal, de forma que as variáveis possam ser aplicadas, analisadas, avaliadas e, então, alicerçadas com precisão de acurácia técnica (AYRES, 2018).

Com base nesses pressupostos, este trabalho objetiva detalhar o processo de delimitação das bacias e micro bacias hidrográficas, e estabelecer como unidade territorial de planejamento, que integre o município na sua totalidade, permeando nos limites urbano e rural em todo território municipal.

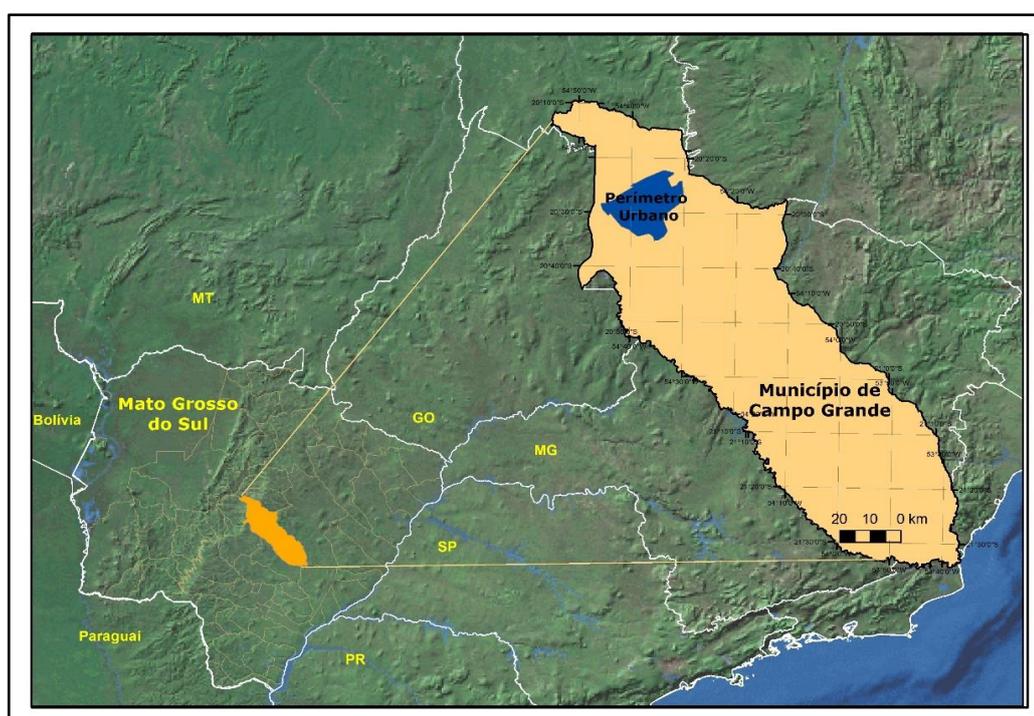
Além disso, propõe que a bacia hidrográfica seja a unidade territorial de planejamento, em escala adequada, para a realização das ações do executivo municipal, em todos os seus níveis.

Metodologia

O estudo foi realizado no município de Campo Grande, capital do estado de Mato Grosso do Sul, representado na Figura 01 A dimensão territorial do município de Campo Grande, 8.092,951 km² de acordo com o IBGE (2017). Nesse contexto, é por si só um desafio para a definição de uma escala adequada ao ordenamento territorial urbano e rural.

Estabelecer unidades de planejamento que sejam capazes de subsidiar a aplicação de análises integradas previstas nos diversos instrumentos vai além da configuração cartográfica de gestão. Exemplos de tais instrumentos em questão são o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Ambiental de Campo Grande (CAMPO GRANDE, 2019), o Zoneamento Ecológico-Econômico de Campo Grande – ZEE CG, (CAMPO GRANDE, 2020), o Plano Municipal de Saneamento Básico (CAMPO GRANDE, 2013), entre outros.

Figura 01 - Localização do Município de Campo Grande no território nacional e do estado de Mato Grosso do Sul, destacando os limites municipal e urbano.



Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

A Prefeitura Municipal de Campo Grande – PMCG detém materiais cartográficos e dados geoespaciais desde as últimas duas décadas, adquiridos pelo Sistema GEOMORENA, que realizou o levantamento de fotografias aéreas de pequeno formato para a área urbana nos anos de 2000 e 2004.

Além desses, possui levantamentos aerofotogramétricos, organizado em um conjunto de imagens georreferenciadas, obtidas de fotografias aéreas de pequeno formato, ortorretificada, realizadas em 2008 e 2013, que se encontram no formato *ECW* e possuem resolução espacial de 0,10m, por meio da arquitetura da ESRI, *software* do *ArcGis* e *ArcServer* (ESRI, 2015).

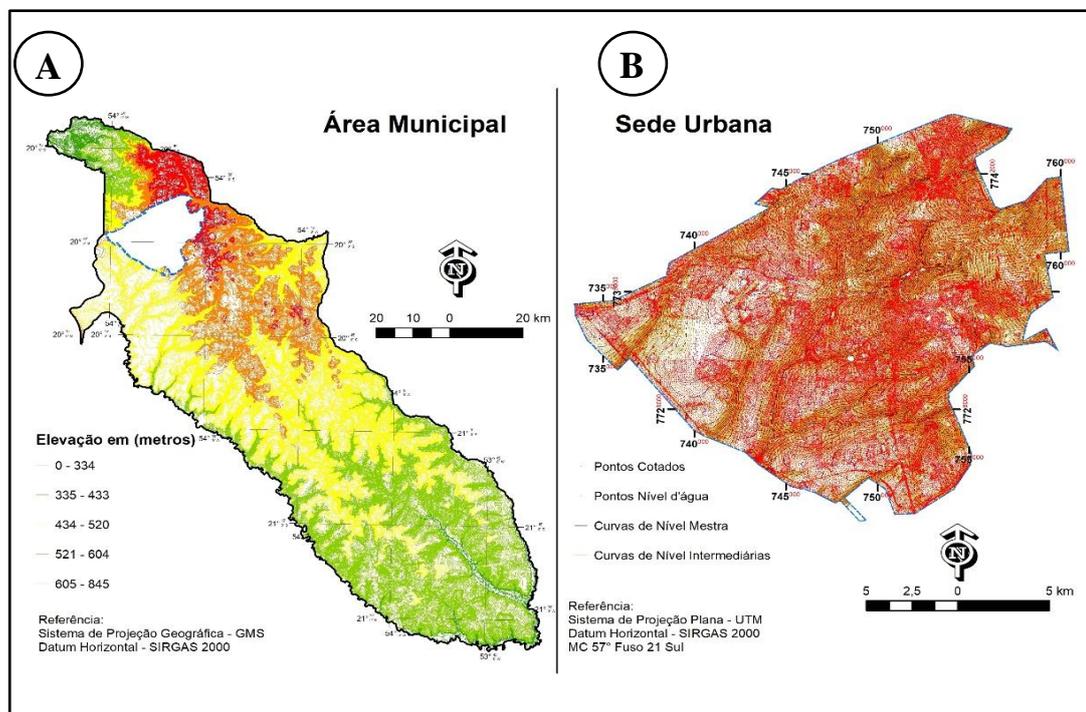
Os levantamentos aerofotogramétricos foram ajustados e corrigidos geometricamente, nas coordenadas planas - *Universal Transversa de Mercator* - UTM, datum horizontal SIRGAS/2000, meridiano central 57 W, fuso 21, com uma rede geodésica municipal constituída de 90 monografias, fundamentados no Sistema Municipal de Geoprocessamento - SIMGEO (CAMPO GRANDE, 2014).

O município dispõe das curvas de nível de 1 metro de equidistância para Sede Urbana e 5 metros para a Área Total do Município, neste trabalho denominada Área Municipal, resultado dos levantamentos aerofotogramétricos, disponível no endereço eletrônico da Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Gestão Urbana – SEMADUR.

Assim, para a construção do Modelo Numérico do Terreno – MNT, que representa matematicamente a distribuição espacial dos fenômenos naturais, como afirmam CÂMARA *et al.* (2001), foram utilizadas técnicas comuns na derivação de atributos oriundos disponíveis, curvas de nível, representado na Figura 02 Nas curvas de nível foram aplicadas rotinas computacionais capazes de extrair dados da análise morfométrica.

Por um lado, a melhor precisão quanto as equidistâncias favorecem o resultado esperado e eleva o esforço de trabalho para construção das bases. Foram somados ainda os pontos cotados e pontos no nível dos corpos d'água para a construção do MNT, produzindo *raster* com tamanho de *pixel* de 1 m² e 25 m² para cada equidistância.

Figura 02 - Pontos cotados, nível do rio e curvas de nível com equidistância de 5 metros para Área Municipal (Figura A) e 1 metro para Sede Urbana de Campo Grande (Figura B).



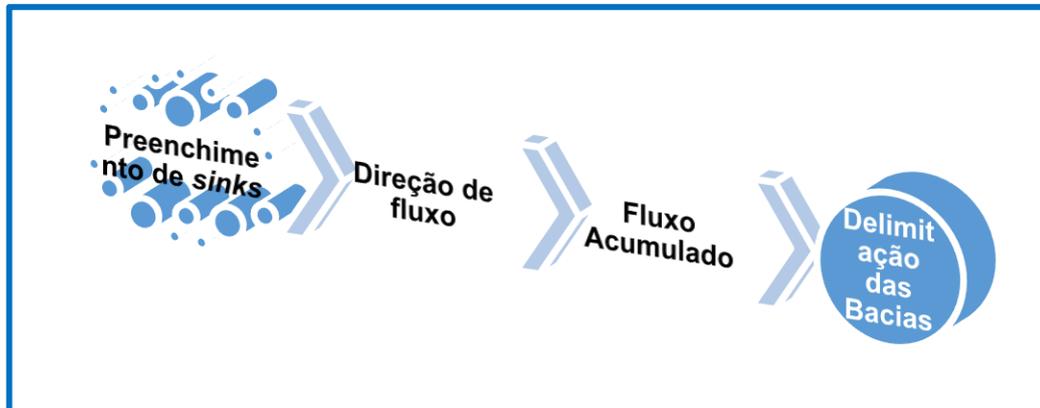
Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Com as curvas de nível disponíveis, o procedimento foi oposto ao utilizado para os trabalhos com base de dados do *Shuttle Radar Topography Mission - SRTM*, VALERIANO e ROSSETTI (2011). Assim, realizou-se a conversão dos vetores em *raster* e integração de dados em ambiente de Sistema de Informações Geográficas – SIG.

O ambiente SIG foi construído com o *software ArcGis 10.4* e, para a delimitação automática das bacias hidrográficas, foram aplicadas as extensões *Spatial Analyst*, *Archydro* e *Hydrology Modeling* (ESRI, 2011).

Com o Modelo Numérico do Terreno - MNT definido, a automatização da geração das bacias no software está aportada na extensão *Archydro*, seguindo os procedimentos em quatro etapas: *i*) preenchimento de *sinks* (*fill sinks*); *ii*) direção de fluxo (*flow direction*); *iii*) fluxo acumulado (*flow accumulation*) e *iv*) delimitação de bacias (*Watershed*), expressos na Figura 03.

Figura 03 - Principais etapas realizadas para delimitação de bacias hidrográficas.

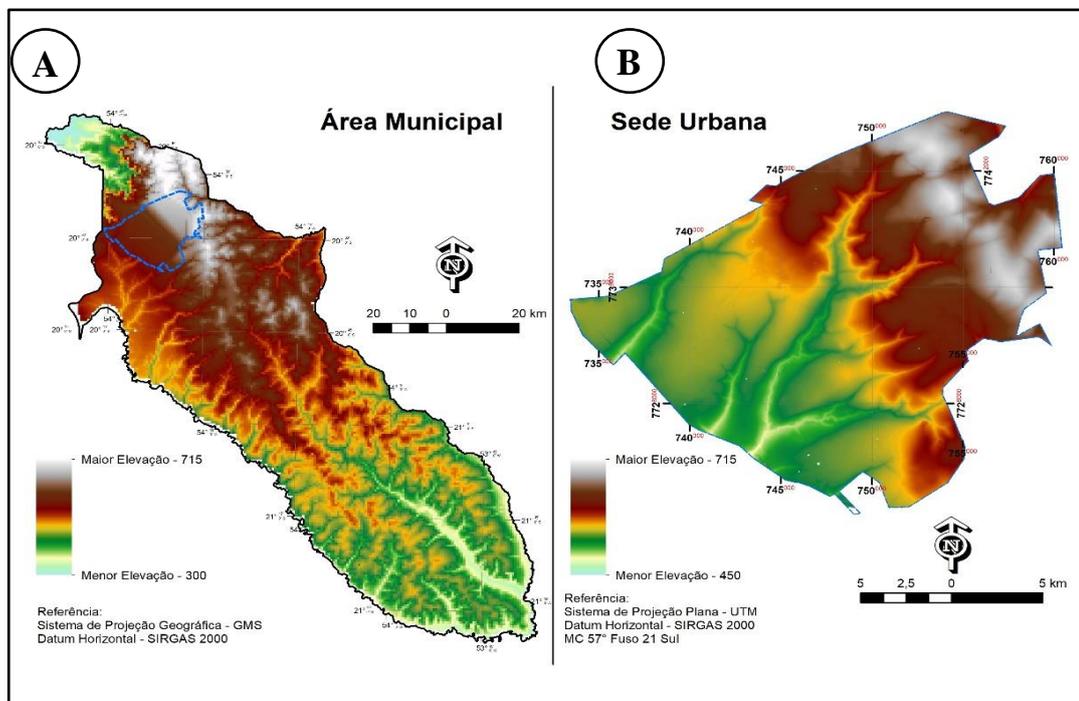


Fonte: Elaborado pelos autores (2021), adaptado de Sobrinho *et al.* (2010).

A organização dos dados seguiu procedimentos que atendem a geração automática. O MNT obtido a partir da restituição aerofotogramétrica foi realizada com a conversão dos arquivos vetoriais, possibilitando criar a grade regular em formato de 1x1 metros e 5x5 metros, conforme, Figura 4, gerando a hipsometria com as altitudes variando de 300 m a 715 m.

A espacialização altimétrica na imagem (A) da Figura 4, limita-se ao entorno da sede urbana, já a sede urbana representada na imagem (B) da Figura 4, como já mencionado as diferenças das equidistâncias, a interpolação não foi aplicada para garantir o controle do erro e permanecer as escalas originais da restituição aerofotogramétrica.

Figura 04 – Representação da hipsométrica realizada pelo Modelo Numérico do Terreno - MNT para Área Municipal imagem (A) e para Sede Urbana imagem (B), de Campo Grande, MS.



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Essas depressões ou *sinks* podem comprometer o resultado final, implicando no escoamento durante a aplicação de modelos que podem ser superestimados.

O preenchimento dessas pequenas depressões é necessário para eliminar qualquer erro de estimação das altitudes e para construção do MNT, sendo este o primeiro tratamento dado à matriz de altitudes, Figura 05.

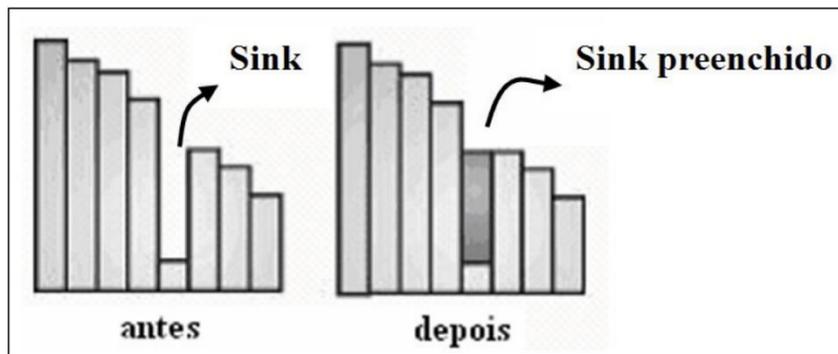
De acordo com Dias *et al.* (2004), um *sink* é uma área rodeada por elevações com valores de cotas superiores, que pode ser associada a uma depressão. A maioria dos *sinks* pode ser considerada imperfeição no MNT, o que pode inviabilizar a aplicação de modelos hidrológicos, caso não seja corrigido.

Para iniciar as etapas do procedimento de geração automática das bacias hidrográficas no *Archydro*, foi realizado a correção de erros do tipo *sinks* do MNT por meio da função *fill sinks*.

As falhas no MNT advindas dos dados do *raster* são denominadas de “*sinks*” que, conforme Mendes e Cirilo (2001), apresentam para as imagens do *Shuttle Radar Topography*

Mission - SRTM, caracterizadas por áreas rodeadas por elevações com valores de cotas superiores, semelhantes a uma depressão, considerando boa resolução espacial.

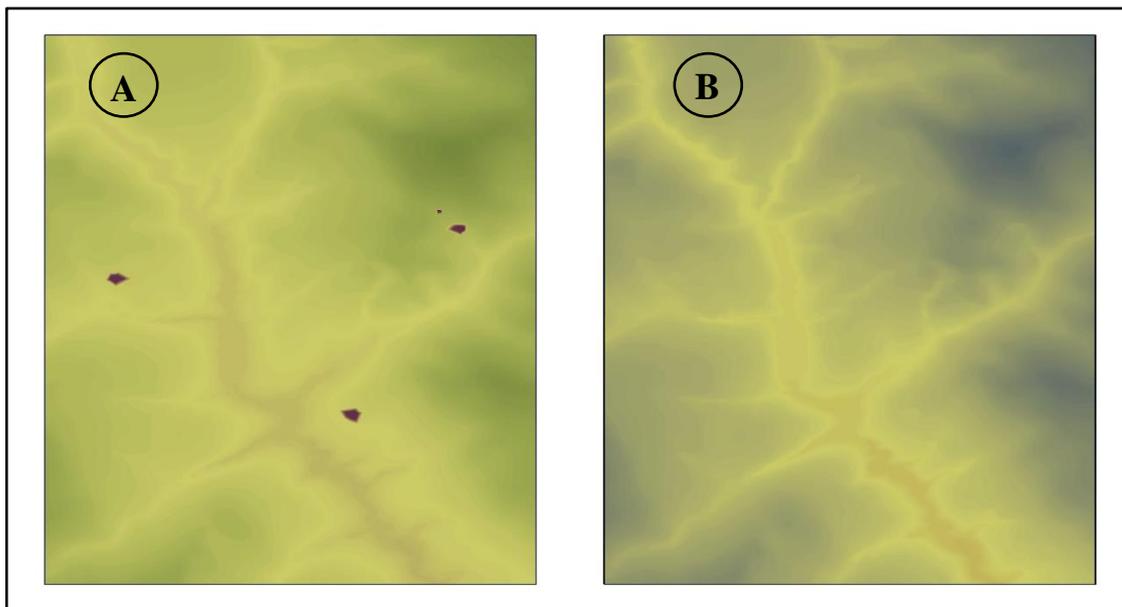
Figura 05 - Representação gráfica da correção de erros do tipo “*sink*” por meio da execução da função “*fill sinks*”.



Fonte: Elaborado pelos autores (2021), adaptado de Sobrinho *et al.* (2010).

A aplicação da função *sink* permite a geração de um MNT, considerando a altitude em cada *pixel* com maior precisão na elevação, conforme representado nas manchas da Figura 06.

Figura 06 - Preenchimento com *sink* no MNT, representado nas manchas em destaque, imagem (A), manchas antes do preenchimento, e imagem (B), imagem corrigida com preenchimento.



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

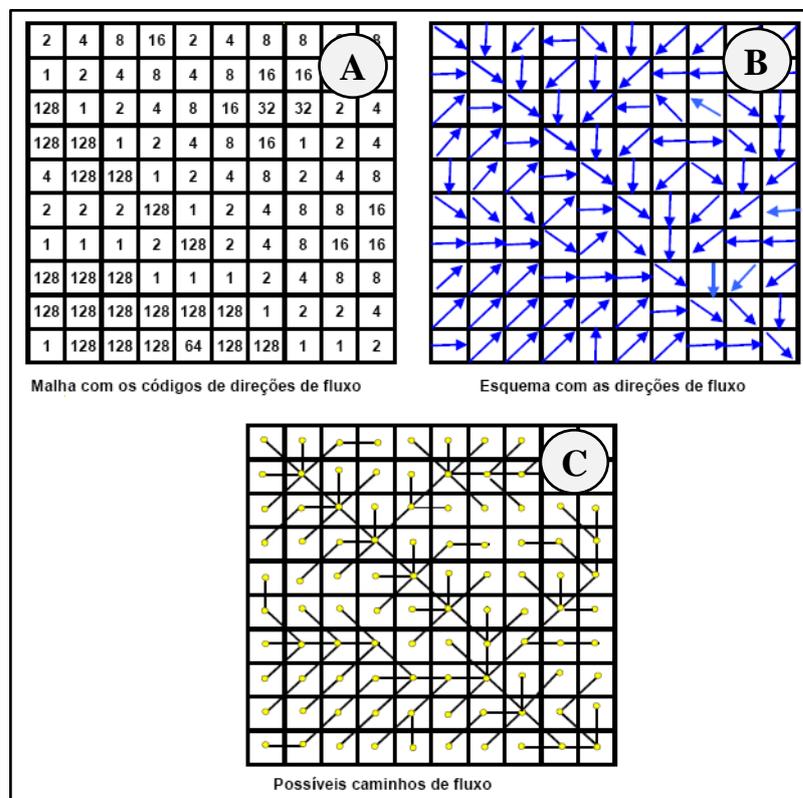
As machas escuras na imagem (A) representam as falhas no MNT e quando aplicado o preenchimento *sink* as imperfeições são corrigidas, observadas na imagem (B). Essa amostra representa a forma do preenchimento em toda área de estudo, aplicado ao MNT.

A imagem preenchida do MNT corrigido segue para segunda etapa, geração do fluxo de direção – *flow direction*, aplicação capaz de determinar qual é a direção do escoamento em cada vertente. Da mesma forma, é gerada uma matriz, representada por uma grade regular, onde cada *pixel* possui um valor que representa uma direção do escoamento. Essa direção corresponde àquela que levará a água para o *pixel* vizinho de menor valor de cota.

A representação dessa matriz é, usualmente, representada por uma escala de cores, conforme Marcellini (2002). O resultado desse processo é uma malha caracterizada por cores, onde cada cor assume uma direção.

O fluxo de direção preenche cada *pixel* com valores numéricos que representam o seu ângulo de direção e pode ser representado graficamente como ilustra a Figura 07.

Figura 07 - Malha com a representação esquemática das direções de fluxo com códigos imagem (A), esquema de direções imagem (B) e possíveis caminhos imagem (C).



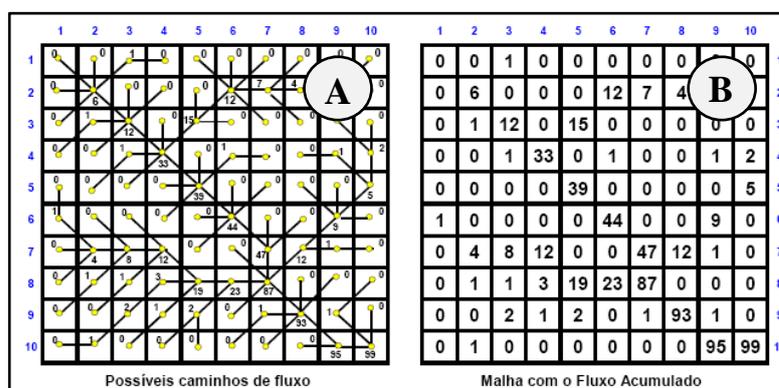
Fonte: Elaborado pelos autores, (2021), adaptado de MARCELLINI (2002).

A malha com códigos de direção de fluxo está explicitada, na imagem (A) da Figura 07, já na imagem (B) traduz em setas de direção os valores, denominadas de esquema, com direções de fluxo e, para a imagem (C), observam-se os possíveis caminhos do fluxo de escoamento. O preenchimento do *pixel*, com os valores do fluxo de direção, permite uma representação gráfica com diversas cores.

Com a direção de fluxo representada, partiu-se para a terceira etapa, isto é, a obtenção da malha de fluxo acumulado, construída por meio da função *flow accumulation*. Segundo Mendes e Cirilo (2001), os dados relativos ao fluxo acumulado sob o ponto de vista da hidrologia significam uma integração entre o fluxo superficial e subsuperficial da água à montante de um determinado ponto no terreno conforme Figura 08.

A malha de fluxo acumulado resulta da soma do valor de pixel à montante que flui na direção de cada pixel, individualmente.

Figura 08 - Representação esquemática da malha de fluxo acumulado imagem (B) e possíveis caminhos de fluxo imagem (A).

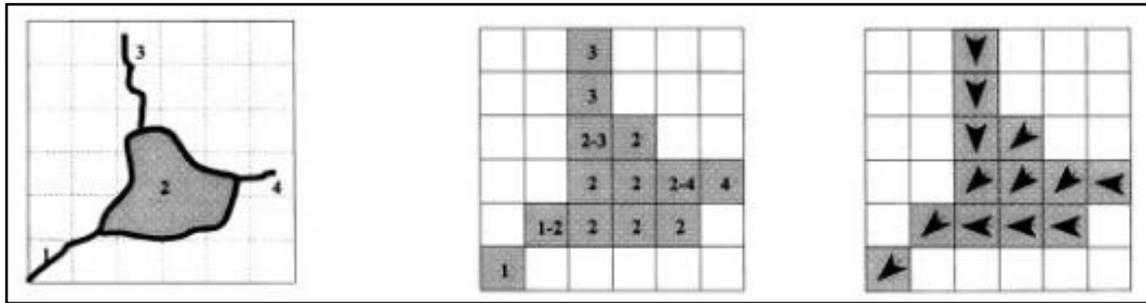


Fonte: Elaborado pelos autores, (2021), adaptado de MARCELLINI (2002).

Observando a Figura 08, nota-se um exemplo de obtenção da malha de fluxo acumulado representado pela imagem (B) e a partir de uma rede de fluxos possíveis caminho de fluxos, conforme imagem (A) (MARCELLINI, 2002).

A partir do estabelecimento do fluxo de direção, o fluxo acumulado é obtido somando-se a área das células, quantidade de células na direção do fluxo ou escoamento. Traduzindo a representação do fluxo de acumulação, a Figura 09 demonstra a exemplificação do fluxo de acumulação, ilustrando os caminhos preferenciais e o fluxo de origem da rede hidrográfica.

Figura 09 - Ilustração do resultado do fluxo acumulado.

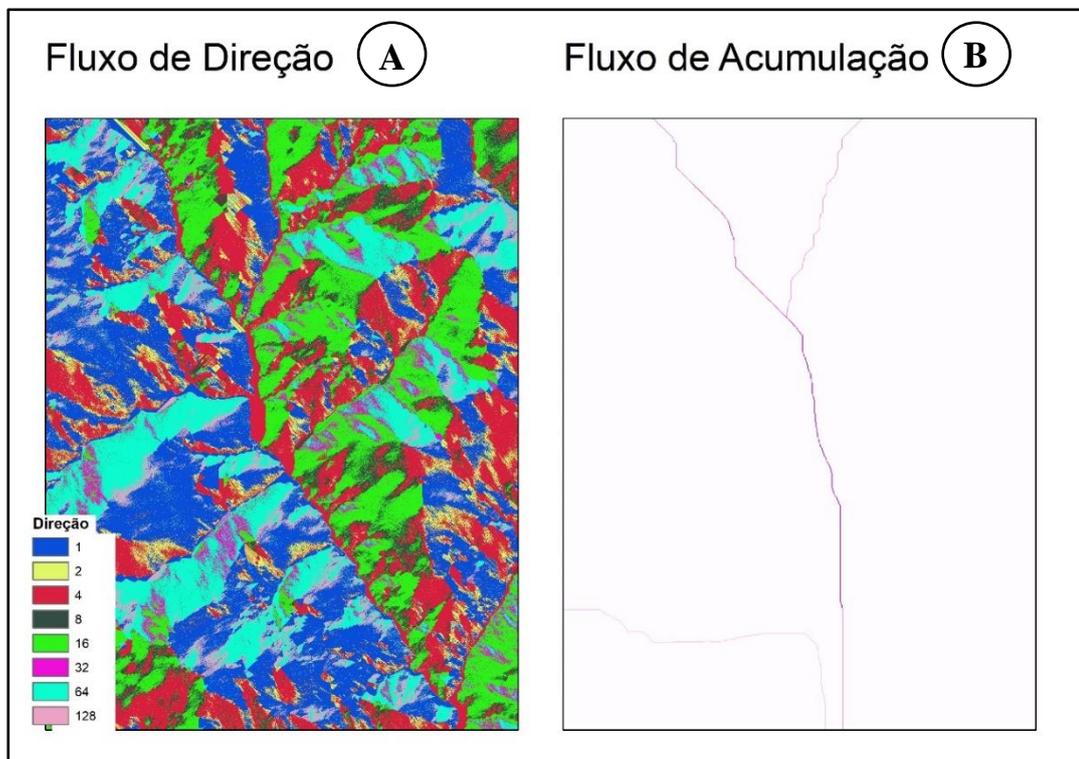


Fonte: Elaborado pelos autores, (2021), adaptado de Sobrinho *et al.* (2010).

Conforme Sobrinho *et al.* (2010), a figura demonstra os *pixels* de fluxo de direção, indicando o grau de confluência do escoamento, que pode representar o comprimento de rampa e ainda o fluxo de acumulação, reconhecido como área de captação (Figura 10).

Após realizada as três etapas, a direção de fluxo, na Figura 10 imagem (A) e o fluxo acumulado, na Figura 10 imagem (B), é possível construir o divisor de águas e a última etapa será a delimitação das bacias propriamente dita, obtida por meio da função *watershed*.

Figura 10 - Aplicação do fluxo de direção imagem (A) e fluxo de acumulação imagem (B) sobre o Modelo Numérico do Terreno – MNT.



Fonte: Elaborado pelos autores, (2021).

As bacias geradas, principalmente as próximas ao limite do município, foram ajustadas de forma manual e, posteriormente, recortadas de modo a representar somente limites Sede Urbana e Área Municipal.

Para transformar o fluxo acumulado em área de drenagem foi realizado o processo de *Stream Defination* que permite definir o limiar, o qual foi adotado para representar área de 25 km² para área do município e 5 m² para sede urbana.

Resultados e discussão

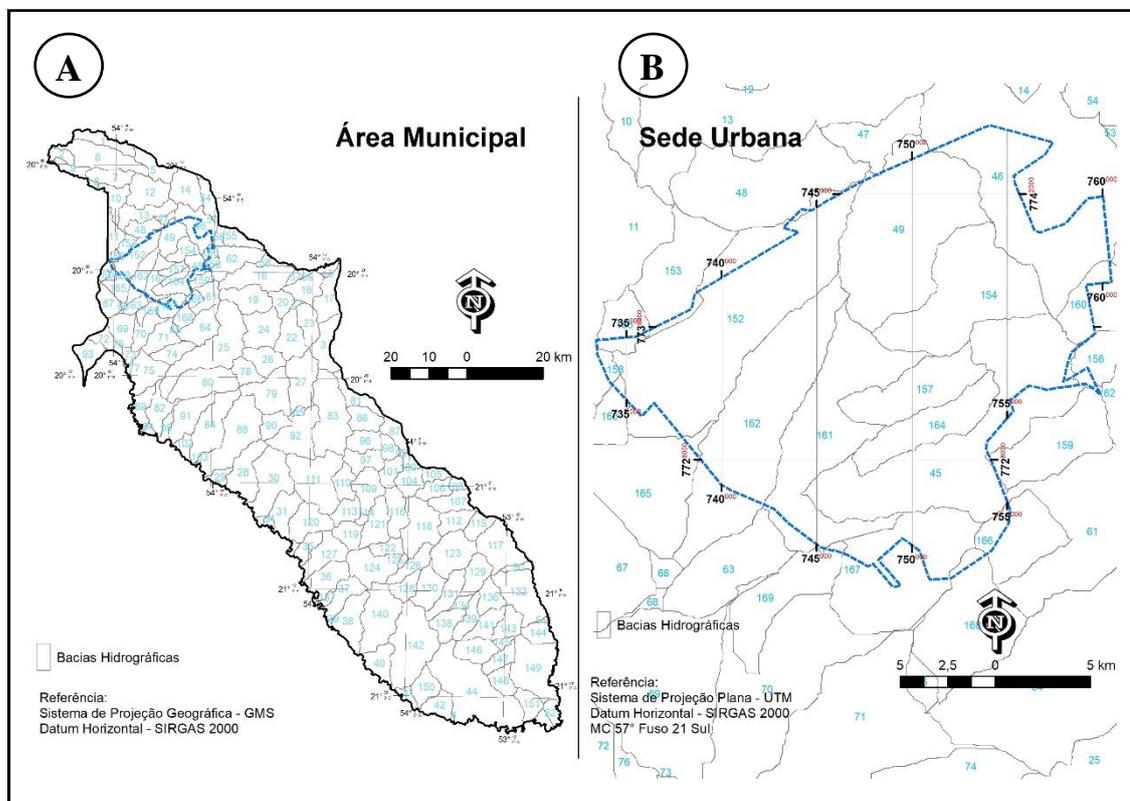
A delimitação das bacias hidrográficas para todo território municipal, permitiu de forma inédita compartimentar o território de todo município em 169 bacias, para subsidiar o tomador de decisão de forma compartimentada e instituir como unidade territorial de planejamento ambiental, definido no art. 8º da Lei Municipal 6.407 de 14 de janeiro de 2020, (CAMPO GRANDE, 2020).

A delimitação das bacias obedeceu aos padrões cartográficos e seguiu a metodologia já consolidada, esse procedimento, apesar de parecer inicialmente simples e evidente, firmou e fundamentou a sistemática de trabalho culminando na delimitação das bacias da área municipal Figura 11.

As unidades de planejamento territoriais conflitam com as delimitações político/administrativo, considerando que os limites municipais, são predominantemente estabelecidos pelos acidentes naturais, neste caso, o município de Campo Grande tem seus maiores divisores estabelecidos leitos dos rios Anhanduí e Ribeirão Lontra.

O Plano Estadual de Recursos Hídrico do Mato Grosso do Sul – PERHMS, assumiu as Unidades de Planejamento e Gerenciamento – UPG, tendo como referência as bacias hidrográficas, respeitando os principais divisores e incorporando menores áreas de contribuição para permitir melhor ordenamento. (MATO GROSSO DO SUL PERHMS, 2010).

Figura 11 - Representação das 169 bacias hidrográficas do município de Campo Grande – MS imagem (A) e o detalhe para Sede Urbana imagem (B), interceptação com o perímetro urbano, numeradas sequencialmente.



Fonte: Elaborado pelos autores, (2021).

A confiança técnico-científica esteve presente nos resultados que permitiram assumir a configuração física do território para as delimitações políticas e administrativas no apoio e ordenamento territorial, “a Bacia Hidrográfica como unidade de planejamento pode ser analisada a partir de uma abordagem sistêmica, pois existem um conjunto de elementos e de relações entre ela, o território e outros componentes e relações” (LIMA; NERY, 2017, p.727).

A definição da escala de aproximação para o planejamento e ordenamento territorial foi o motivo impulsionador deste trabalho, sendo o território municipal compreendido por temáticas distintas: social, econômica, ambiental e física, todas muito complexas e com limitações de representação em uma escala que comungue todas as temáticas e permita uma configuração para a gestão municipal.

A compartimentação do território municipal em bacias e micro bacias e que deve ser reconhecida e assumida pela municipalidade como Unidade Territorial Básica - UTB e Zonas

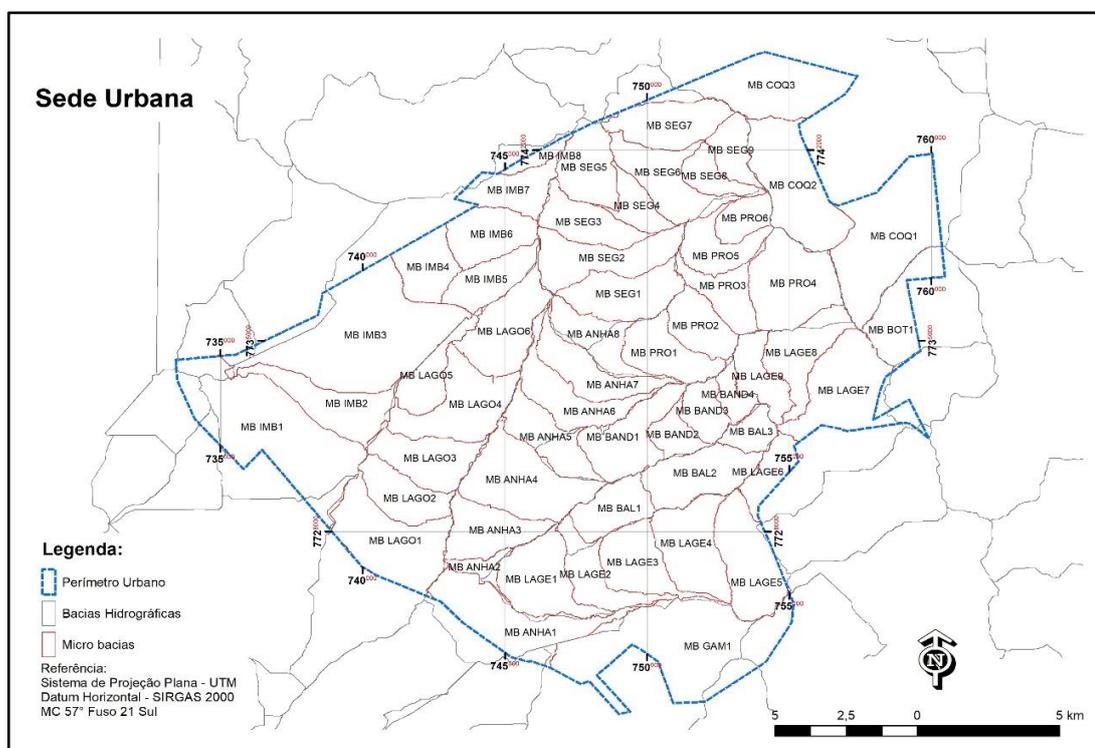
Ecológicas-Econômicas, teve seu destaque quando permitiu incorporar de forma imparcial as diferentes temáticas determinantes para o ordenamento territorial, gestão e planejamento.

Cumprindo as etapas proposta na metodologia foi possível chegar à configuração das 169 bacias da Área Municipal. Vale ressaltar que todas as bacias foram analisadas e, quando necessário, ajustada sua configuração, para que fossem utilizadas pelos agentes públicos ou não, como UTB.

Respeitando-se a configuração territorial das bacias hidrográficas já existentes no Plano Municipal de Drenagem Urbana, representado por 11 bacias que interceptam a sede urbana, a partir delas estabeleceu-se as áreas de contribuição com os respectivos exutório limitados pela área municipal, compreendida em sua maior parte pelos fundos de vale dos principais rios: Anhanduí, Ceroula e Ribeirão Lontra (CAMPO GRANDE, 2015).

A peculiaridade da sede urbana e a qualidade das informações permitiu a construção do micro bacias, com maior escala, compreendida na sede urbana, representado na Figura 12, delimitadas automaticamente, cumprindo todas as etapas apresentadas.

Figura 12 - Representação das 58 microbacias hidrográficas da Sede Urbana do município de Campo Grande – MS e o perímetro da sede urbana.



Fonte: Elaborado pelos autores, (2021).

Observa-se que os recursos tecnológicos, associados às técnicas de geoprocessamento, tornou possível a delimitação das bacias e microbacias, conforme as demandas. Para a Sede Urbana o modo automático permitiu ampliar a escala e representar áreas de até 5 m², maior escala que a Área Municipal, representada com áreas de 25 m².

As configurações das bacias e micro bacias contiveram uma aplicação que transcende as características físicas e, tem por objetivo agrupar áreas homogêneas, capazes de mensurar a morfometria e dinâmicas socioeconômicas para compreender seu potencial de ocupação.

Frente aos desafios da gestão e ordenamento do território, a delimitação das microbacias germinou a demanda de ajustes, fundamentais para sua aplicação e parametrizar a escolha da área.

A necessidade de efetivar a rede pluviométrica do município, impulsionou a demanda em estabelecer as microbacias na sede urbana, assumindo as temáticas físicas. Esta estrutura demanda organizar a distribuição espacial e delimitar as áreas de contribuição dos 10 pluviômetros existentes e criar mais 40 áreas de contribuição, para completar a rede de pluviômetros prevista para o município.

As microbacias serão as áreas de contribuição pluviométrica, que futuramente permitirão estimar, prever e simular o balanço hídrico de cada microbacia, ampliando a configuração territorial das bacias hidrográficas de 11 bacias para 58 microbacias.

A constituição das 58 microbacias para Sede Urbana, adotou nomenclaturas respeitando os nomes das 11 bacias hidrográficas que permeiam a Sede Urbana Anhanduí, Bálsamo, Bandeira, Coqueiro, Gameleira, Imbirussu, Lageado, Lagoa, Prosa, Ribeirão Botas e Segredo, definidas no Plano Diretor de Drenagem Urbana de Campo Grande (CAMPO GRANDE, 2015).

O município de Campo Grande já dispõe de instrumentos de planejamento, como: *i*) a Carta de Drenagem (PLANURB, 1997); *ii*) o Plano Diretor de Drenagem Urbana (CAMPO GRANDE, 2015); e *iii*) o Plano Municipal de Saneamento (CAMPO GRANDE, 2013). Todos os instrumentos respeitam a delimitação de 11 bacias hidrográficas para a sede urbana, todas com o perímetro urbano limítrofe, representado na tabela 1, as mudanças nas configurações em áreas.

O aumento da escala é atingido somente com implementação de dados acurados e precisos, isso está explicitado na Tabela 1, quando demonstradas as áreas nos respectivos instrumentos, a alteração de área deve ser observada somente com a mudança do perímetro urbano. O detalhamento em micro bacias, permite uma melhor gestão do território dando

suporte aos atores públicos e privados, além das análises físicas essa configuração permite econômica, social e até ambiental e deve ser a Unidade Territorial Básica - UTB.

Pode-se afirmar que os dados da restituição da aerofotogrametria foram precisos e acurados no caso analisado. Além de serem eficientes por demandarem maior tempo no processo de tratamento dos dados brutos até o delineamento da bacia, comparado com dados do SRTM, que fornecem diretamente o MNT, ao passo que as curvas de nível necessitam de procedimento inicial trabalhoso, até a obtenção do MNT.

Considerando os resultados obtidos, avalia-se como adequada a metodologia proposta neste estudo a partir dos dados de elevação do terreno e do aplicativo *ArcGis* (ESRI, 2015). Portanto, vale ressaltar a possibilidade de aplicação dessa técnica em outras áreas, proporcionando, assim, a redução da subjetividade e dos erros provenientes do método manual de traçado de bacias hidrográficas.

A sobreposição das bacias hidrográficas com o perímetro urbano, permite estabelecer áreas que possam ser reservadas e também destinadas como áreas de expansão urbana ou de estoque do potencial construtivo. Assim, essa nova configuração permite a intersecção entre o urbano e o rural, considerando que esses limites são políticos e administrativos e agora são aportados no meio físico, possibilitando compreender as condições biológicas e as ações socioeconômicas.

Tabela 01 – Apresentação da quantidade de Micro Bacias por Bacias Hidrográficas, suas respectivas áreas e as áreas da Carta de Drenagem e do Plano Diretor de Drenagem Urbana.

Bacia Hidrográficas Sede Urbana	Quant. de Micro Bacia	Área Carta de Drenagem/1997 (km ²)	Área Plano Diretor de Drenagem/2015 (km ²)	Área das Micro Bacias (km ²)
Anhanduí	8	29,9	38,3	45,9
Bálsamo	3	13,4	13,3	13,1
Bandeira	4	19,5	15,2	13,3
Coqueiro	3	35,3	33,2	33,9
Gameleira	1	16,6	15,5	18,9
Imbirussu	8	55,1	66,7	64,0
Lageado	9	51,1	51,3	53,7
Lagoa	6	35,7	36,6	38,6
Prosa	6	30,9	31,9	28,7
Ribeirão Botas	1	-	5,4	5,4
Segredo	9	46,1	45,4	43,3
TOTAL	58	333,6	352,8	358,8

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Para elaboração da delimitação das bacias e microbacias, os resultados foram satisfatórios obedecendo todos os procedimentos e escalas de trabalho, onde pode-se observar a geração de uma delimitação técnica, capaz de apoiar as tomadas de decisão e recomenda-se como áreas territoriais básicas para o planejamento

A escala para ordenamento do território como proposto neste estudo, atendeu todas as demandas para o planejamento, resgatando a integração do conhecimento técnico-científica, ancorado na tecnologia disponível na prefeitura municipal e indicar como base para o estudo do Zoneamento Ecológico-Econômico de Campo Grande – ZEE/CG.

Considerações Finais

O levantamento a campo é considerado o método mais preciso em um estudo dessa natureza, no entanto, apresenta valores de custo financeiro mais elevados, além de demandar muito mais tempo para sua execução quando comparado à utilização de técnicas de geoprocessamento. Assim, a automatização para delimitação de bacias mostrou-se vantajosa

em relação ao custo/benefício proporcionado, além de estabelecer a padronização do traçado e minimizar conflitos quanto ao planejamento e monitoramento de paisagem.

A metodologia aplicada foi adequada e de fácil utilização, podendo ser empregada a estudos em outras localidades, assegurando-se a acurácia e precisão cartográfica.

A delimitação automática da rede de drenagem obtida a partir dos dados das ortofotos mostrou precisão elevada, permitindo adotar grandes escalas cartográficas para distintas áreas, mostrando-se superior àquela baseada em cartas topográficas ou até mesmo nas imagens do SRTM.

A tecnologia empregada na delimitação automática de bacias por meio do processamento das restituições aerofotogramétrica em ambiente SIG, revelou-se vantajosa, além de estabelecer padronização do traçado e posterior minimização de conflitos quanto à fixação da unidade elementar de gestão dos recursos hídricos.

Com as áreas definidas para o município, é possível estabelecer as unidades de planejamento urbano, rural e ambiental, seja para conservação e preservação da natureza ou para o desenvolvimento socioeconômico sendo capaz de prover ambientes para análise dos impactos cumulativos e sinérgicos.

Deve-se assumir as bacias e micro bacias como a menor unidade de planejamento e ordenamento da paisagem e maior escala, fundamentalmente para elaboração de Zoneamentos Ecológicos-Econômicos - ZEE municipal pela sua capacidade de permear entre os ambientes urbano e rural e expor o caráter técnico-científico para transparente.

A divisão, em 169 bacias para o município de Campo Grande é adequada para o planejamento e ordenamento do território e ao mesmo tempo para a sede urbana sede das 58 microbacias, possibilitando compreender maiores detalhes na área compartimentada e assumindo a identidade de Unidade Territorial Básica – UTB. Destarte, essa configuração é uma novidade na transparência e com discernimento precisos e acurados.

Perante todo esse arcabouço técnico-científico disponível, o processamento dos dados para gerar informações que apoiem as tomadas de decisão é realidade e está à disposição dos gestores públicos.

Referências

AYRES, F. A.; **Análise da Paisagem e Ordenamento Territorial, por meio do Zoneamento Ecológico Econômico Municipal**. 134p. Tese (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional). Universidade Anhanguera - Uniderp, Campo Grande, 2018.

BRASIL, Constituição da República Federativa do Brasil. **Diário Oficial**, Brasília, 1988.

BRASIL, Lei Federal 9.433 Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial**, Brasília, 1997.

BRASIL, Decreto Federal 4.297. Regulamenta o art. 9º, inciso II, da Lei nº 6.938, de agosto de 1981, estabelecendo critérios para o Zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil – ZEE, e dá outras providências. **Diário Oficial**. Brasília, 2002.

BURROUGH, P.A.; MACDONNELL. **Principles of geographical information systems**. New York: Oxford University Press, 1998. 333p.

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A.M.V. **Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001. 345p.

CAMPO GRANDE, Decreto Municipal 12.680 Aprova o Plano Diretor de Drenagem Urbana do Município de Campo Grande – MS. **Diário Oficial de Campo Grande - DIOGRANDE**, Poder Executivo. Campo Grande MS. 10 jul. 2015 n. 4.313.

CAMPO GRANDE, Decreto n. 12.254, de 26 de dezembro de 2013. Aprova o Plano Municipal de Saneamento Básico de Campo Grande. **Diário Oficial de Campo Grande - DIOGRANDE**, Poder Executivo. Campo Grande MS. 27 dez. 2013 n. 3.921.

CAMPO GRANDE, Lei n. 341, de 04 de dezembro de 2018. Institui o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Ambiental de Campo Grande (PDDUA) e dá outras providências. **Diário Oficial de Campo Grande – DIOGRANDE**, Poder Executivo. Campo MS. 03 de abr. 2019 n. 5.539.

CAMPO GRANDE, Lei n. 6.407, de 14 de janeiro de 2020. Institui o Zoneamento Ecológico-Econômico do Município de Campo Grande – ZEE CG, aprova a primeira aproximação e dá outras providências. **Diário Oficial de Campo Grande - DIOGRANDE**, Poder Executivo. Campo Grande MS. 15 jan. 2020 n. 5.805.

DIAS, L.S.O.; ROCHA, G.A.; BARROS, E.U.A.; MAIA, P.H.P. Utilização do radar interferométrico para delimitação automática de bacias hidrográficas. *Bahia Análise & Dados, Salvador*, v. 4, n.2. p. 265-271. 2004.

ESRI. Environmental Systems Research Institute, **Inc. ArcGIS Professional GIS for the desktop**, version 14.0. Software. 2015.

ESRI. Environmental Systems Research Institute, **Arc Hydro Tools**, version 2.0. Software. 2011.

FONSECA, B. M. **Uso do sistema de informações geográficas na análise morfométrica e morfológica de bacias de drenagem na Serra do Espinhaço Meridional – MG**. Minas

Gerais, 2010. 89f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal de Minas Gerais UFMG, Belo Horizonte.

HUGGETT, R. **Systems analysis in geography; contemporary problems in geography**. Oxford, Clarendon Press, 1980. 79-93p.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estimativa População 2017 (Cidades)**. 2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ms/campo-grande/panorama> Acesso em: 20 set. 2021.

LIMA, A. J. R.; NERY, J.T. **Revisitando o conceito de bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão e a governança das águas**. XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física, I Congresso Nacional de Geografia Física. Unicamp-São Paulo.

MARCELLINI, S. S. **Diretrizes para utilização de tecnologias de Sistema de Informação Geográfica (SIG) na exploração de informações hidrológicas – exemplos de aplicação**. São Paulo. 228f. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2002.

MASCARELLO, M. A; GANDRA, T. B. R.; ESPINOZA, J. M. A.; ASMUS, M. L. Conflitos espaciais entre instrumentos legais de planejamento territorial: caso de estudo na região do Balneário Cassino (Rio Grande, RS). **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 38, p. 325-346. 2016.

MENDES, C. A. B.; CIRILO, J. A. **Geoprocessamento em Recursos Hídricos: Princípios, Integração e Aplicação**. Porto Alegre: ABRH, 2001. 536p.

PLANURB – Instituto Municipal de Planejamento Urbano e Meio Ambiente. **Carta de Drenagem de Campo Grande – MS**. (Relatório Técnico) Campo Grande: PMCG, 1997. 39p.

PLANURB – Agência Municipal de Meio Ambiente e Planejamento Urbano **Zoneamento Ecológico-Econômico de Campo Grande**, 2015. Disponível em: <https://sites.google.com/site/zeecampogrande/>. Acessado em 02 abr. 2021.

SILVA, A. C. P; FREITAS, M. M; RODRIGUES, R. A. Estratégia metodológica de Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) na escala municipal: um exercício acadêmico de geografia política para a gestão do território. **L’Espace Politique, Revue en ligne de géographie politique et de géopolitique**, Reims - France, v. 31, 19 páginas, 2017.

SOBRINHO, T. A; OLIVEIRA, P. T. S; RODRIGUES, P. B. B; e AYRES F. M. Delimitação automática de bacias hidrográficas utilizando dados SRTM. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticaba, v. 30 n. 1, p. 46-57, 2010.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE – SUPREN, 1977. 97p.

VALERIANO, M. M.; ROSSETTI, D. F. Topodata: Brazilian full coverage refinement of SRTM data. **Applied Geography**, Sevenoaks, v. 32, p. 300 - 309, 2011.

*Recebido em 20 de maio de 2021.
Aceito em 24 junho de 2021.
Publicado em 10 de setembro de 2021.*