



Morfometria de Bacias Hidrográficas Através de SIGs Livres e Gratuitos Morphometric Characterization of Watersheds Using Free GIS Softwares

Camila Leonardo Miotto¹; Vinicius de Oliveira Ribeiro^{2,3}; Dulcélya Mônica de Queiroz Souza³;
Thiago Vieira Pereira³; Jamil Alexandre Ayach Anache¹ & Antonio Conceição Paranhos Filho¹

¹ Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Laboratório de Geoprocessamento para Aplicação Ambiental, Unidade 7A, 78720-100. Campo Grande, Mato Grosso do Sul.

² Instituto Federal de Mato Grosso, Campus Juína. Linha J, Quadra 8, Setor Chácara, 78320-000, Juína, MT.

³ SANESUL – Empresa de Saneamento de Mato Grosso do Sul S.A. Rua Doutor Zerbini, 421, Bairro Chácara Cachoeira, 79040-040. Campo Grande, MS.

E-mails: ea.miotto@gmail.com; viniciusoribeiro@yahoo.com.br; monica.queiroz@sanesul.ms.gov.br; thiago.pereira@sanesul.ms.gov.br; anache.jamil@gmail.com; antonio.paranhos@pq.cnpq.br

Recebido em: 06/03/2014 Aprovado em: 07/08/2014

DOI: http://dx.doi.org/10.11137/2014_2_16_22

Resumo

O objetivo deste trabalho consiste em realizar a caracterização morfométrica da microbacia de contribuição à captação de água para abastecimento humano no Córrego Guassú, em Mundo Novo, MS, devido à ocorrência problemas operacionais em determinadas épocas do ano, como o baixo volume de água captada. Para a obtenção e o processamento dos dados espaciais priorizou-se a utilização de SIGs (sistemas de informações geográficas) livres e gratuitos. Assim, a delimitação da bacia e sua caracterização morfométrica foram realizadas automaticamente nos *softwares gvSIG* e *QuantumGIS*, respectivamente. A área da bacia é de 62,75km², a qual possui forma alongada, com menor propensão a inundação em condições normais de pluviosidade, baixa densidade de drenagem e relevo suave-ondulado. Como solução para os problemas enfrentados na microbacia, propõe-se a construção de um reservatório no atual ponto de captação. Por fim, os SIGs livres e gratuitos utilizados cumpriram todas as demandas propostas por este estudo de forma satisfatória.

Palavras-chave: morfometria, rede de drenagem, geotecnologias, gvSIG, QGIS

Abstract

This study aimed the morphometric characterization of Corrego Guassu catchment, a watershed used for water supply for human consumption in Mundo Novo, MS municipality, which has problems concerning the water availability during the drought season. Free GIS software were used to obtain and process spatial data. Thus, the catchment delineation and the morphometric characteristics were obtained automatically using the softwares gvSIG and QuantumGIS, respectively. The catchment area was found to be 62.75 km², its shape is elongated, with lower flooding vulnerability in normal conditions of rainfall, low drainage density and smooth-rolling relief. As a solution to the problems of water lacking, we suggest the construction of a reservoir in the actual outlet. Lastly, the employed free GIS accomplished the tasks purposed by this study in a satisfactory way.

Keywords: morphometry, drainage area, geotechnologies, gvSIG, QGIS

1 Introdução

A preocupação da população em relação à gestão adequada dos recursos hídricos tem aumentado com o passar dos anos devido à ocorrência de problemas relacionados à qualidade e quantidade de água disponível para o consumo humano. Nesse sentido, com o intuito de solucionar questões relacionadas à escassez e à qualidade dos recursos hídricos, têm sido desenvolvidas políticas para auxiliar no processo de gestão da água e a garantia deste recurso para as gerações futuras.

No Brasil, a Lei nº 9.433/1997 instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, incorporando princípios e normas para a gestão de recursos hídricos e adotando as bacias hidrográficas como unidade territorial de estudo e gestão (Brasil, 1997). Nesse sentido, a gestão por bacia hidrográfica está sendo cada vez mais incorporada como delimitação territorial para o gerenciamento ambiental, sendo um dos primeiros procedimentos a serem executados em análises hidrológicas e ambientais (Campos, 2010; Cardoso *et al.*, 2006).

No tocante à caracterização de uma bacia hidrográfica, Tonello *et al.*, (2006) explicam que as características físicas e bióticas de uma bacia hidrográfica constituem um importante papel nos processos do ciclo hidrológico, já que as mesmas influenciam a infiltração, a quantidade de água produzida como deflúvio, a evapotranspiração, além dos escoamentos superficial e sub-superficial. Christofolletti (1980) destaca ainda que a análise dos aspectos relacionados à drenagem, relevo e geologia pode levar à explicação e compreensão de diversas questões associadas à dinâmica ambiental local.

A caracterização morfométrica de bacias hidrográficas compreende a caracterização de parâmetros fisiográficos, que são indicadores físicos da bacia, tendo grande aplicação como indicadores para a previsão de fenômenos como enchentes, inundações e erodibilidade (Villela & Mattos, 1975; Cardoso *et al.*, 2006). Desse modo, tal caracterização permite avaliar o potencial hídrico de uma região, tornando-se, portanto, um instrumento fundamental para o manejo de bacias hidrográficas e permitindo a formulação de um conjunto integrado de ações sobre o meio ambiente, a fim de promover a conservação e utilização sustentável dos recursos naturais, principalmente dos recursos hídricos (Tonello, 2005).

Nesse sentido, a caracterização morfométrica de bacias hidrográficas é de grande importância para estudos ambientais, principalmente quando o ambiente em questão está sofrendo alterações em seus cursos d'água, pois eles desempenham papéis importantes dentro do ecossistema (Pinto Júnior & Rossete, 2005).

Assim, o objetivo deste trabalho foi realizar a delimitação e a caracterização morfométrica da área de contribuição à captação de água para abastecimento humano formado pelo Córrego Guassú, localizada no Município de Mundo Novo, MS. Os resultados objetivam contribuir para a melhoria do sistema de captação de água superficial do município, haja vista os problemas operacionais enfrentados em determinadas épocas do ano, como o baixo volume de água captada.

Para a realização deste estudo foram utilizadas ferramentas de sensoriamento remoto, como imagens de satélite, modelos digitais de elevação (MDEs), com *softwares* disponíveis de forma gratuita na internet para o processamento e análise dos dados utilizados.

2 Material e Métodos

2.1 Área de Estudo

A área de estudo compreendeu a bacia de contribuição da estação de captação de água, administrada pela Companhia de Saneamento de Mato Grosso do Sul – SANESUL, sendo formada pelo represamento do Córrego Guassú, localizada no Município de Mundo Novo, MS (Figura 1).

Em Mundo Novo, a instalação da ETA (estação de tratamento de água) foi finalizada em 1982. No início, a água captada no Córrego Guassú era distribuída para toda a população do município, não havendo problemas na distribuição. Entretanto, com o passar dos anos e devido ao aumento do número de habitantes, tornou-se necessária a utilização de poços para auxiliar no abastecimento público da cidade.

2.2 Processamento do Modelo Digital de Elevação (MDE)

O MDE utilizado neste estudo foi o da missão SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), versão 4, disponível na web, tratado pela *The CGIAR Consortium for Spatial Information* (CGIAR-CSI,

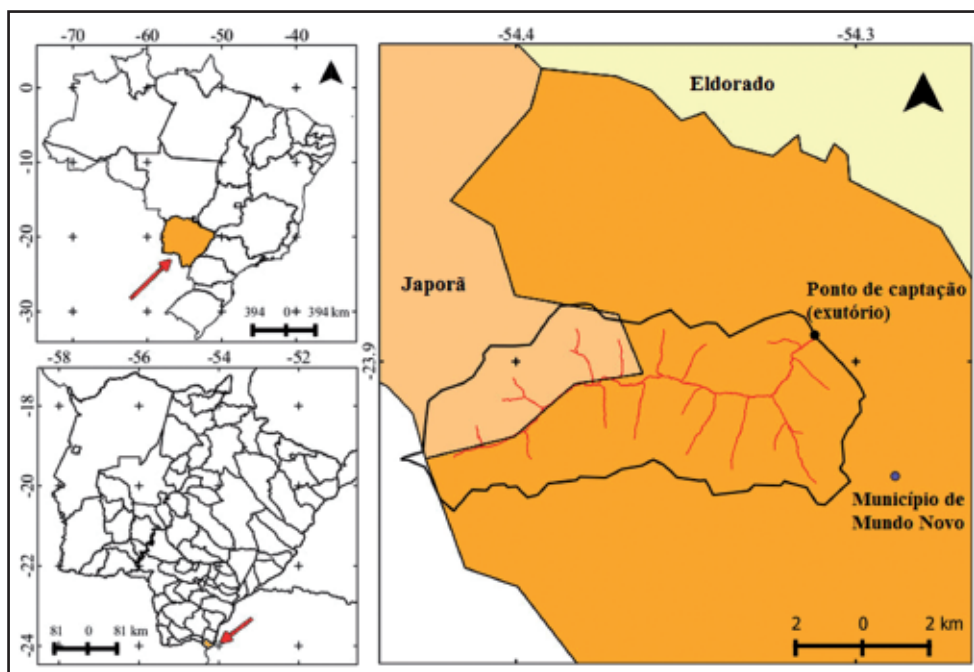


Figura 1. Localização da microbacia de contribuição à captação de água da Sanesul, formada pelo Córrego Guassú. Em vermelho tem-se a malha hidrográfica da região. O limite utilizado aqui foi o encontrado neste trabalho.

2008). Vários estudos comprovam a acurácia dos dados SRTM, como Kocak *et al.* (2005), Rodriguez *et al.* (2006) e Santos *et al.* (2006).

O processamento dos dados SRTM-4 (CGIAR-CSI, 2008) consistiu nas seguintes etapas: extração das curvas de nível (*contour lines*), rasterização das curvas de nível (*rasterize vector layer*), preenchimento das células sem dados (*voidfilling*), eliminação de depressões (*sink filling*), fluxo acumulado (*flow accumulation*), geração da rede de drenagem (*channel network*), delimitação da microbacia através de um ponto (*upslope area from a single point*). Todos esses procedimentos foram desenvolvidos no *software gvSIG* versão 1.12 (OSGeo, 2012), disponível de forma gratuita na rede.

Assim, através do processamento dos dados SRTM-4 (CGIAR-CSI, 2008) foi possível delimitar, de maneira automática, a bacia de contribuição para o ponto de captação de água do Município de Mundo Novo, MS.

Para verificar a consistência do limite obtido de forma automática foram utilizadas a base topográfica oficial da área de estudo (DSG, 1979), as curvas de nível geradas e as imagens de satélite de alta resolução *Geoeye* (THRETEK, 2011) georreferenciadas. A observação de campo também auxiliou na verificação da coerência do limite.

2.3 Morfometria da Microbacia Hidrográfica

Com os resultados obtidos através do modelo SRTM (CGIAR-CSI, 2008) foram determinadas as características físicas da microbacia, como a área e perímetro, fator de forma, índice de circularidade, declividade, altitude, densidade de drenagem e ordem dos cursos d'água. A metodologia utilizada para a determinação desses parâmetros foi baseada na proposta estabelecida por Cardoso *et al.* (2006) e os processos foram realizados no programa *QuantumGIS* Lisboa 1.8 (QGIS Development Team, 2012), também um *software* gratuito.

O primeiro parâmetro físico a ser calculado foi o coeficiente de compacidade (K_c) (Equação 1), o qual relaciona a forma da bacia com um círculo, sendo um número adimensional que varia de acordo com a forma da bacia. Quanto mais irregular for a bacia, maior será o K_c . Dessa forma, um coeficiente mínimo igual à unidade corresponderia a uma bacia circular e, para uma bacia alongada, seu valor é significativamente superior a 1 (Villela & Mattos, 1975).

$$K_c = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Onde: K_c – coeficiente de compacidade, P – perímetro da bacia (m) e A – área de drenagem (m^2).

Em seguida, calculou-se o fator de forma da bacia (F), o qual relaciona a forma da bacia com a de um retângulo (Equação 2). Uma bacia com F baixo é menos sujeita a enchentes que outra de mesmo tamanho, entretanto com fator de forma maior (Cardoso *et al.*, 2006; Villela & Mattos, 1975).

$$F = \frac{A}{L^2}$$

Onde: F – fator de forma da bacia, A – área de drenagem (m²) e L – comprimento do eixo da bacia (m).

O índice de circularidade (Ic), simultaneamente ao coeficiente de compacidade (Kc), tende para a unidade à medida que a bacia se aproxima da forma circular e diminui à medida que a forma torna-se alongada (Andrade *et al.*, 2008). O Ic é calculado através da Equação 3, disposta abaixo.

$$Ic = \frac{12,57.A}{P^2}$$

Onde: Ic – índice de circularidade, A – área de drenagem (m²) e P – perímetro (m).

Segundo Oliveira *et al.* (2010), a densidade de drenagem (Dd) indica o nível de desenvolvimento do sistema de drenagem de uma bacia hidrográfica. O índice foi determinado utilizando-se a Equação 4.

$$Dd = \frac{L_t}{A}$$

Onde: Dd – densidade de drenagem (km/km²), L_t – comprimento total de todos os canais (km) e A – área de drenagem (m²).

A determinação da ordem dos cursos d'água pode ser realizada através dos critérios introduzidos por Horton (1945) ou Strahler (1957). Neste trabalho, optou-se pela classificação apresentada por Strahler, onde os menores canais, sem tributários, são considerados como de primeira ordem, estendendo-se da nascente até a confluência. Os canais de segunda ordem são aqueles que se originam da confluência de dois canais de primeira ordem e só recebem afluentes de primeira ordem. Os canais de terceira ordem surgem da confluência de dois canais de segunda ordem, podendo receber afluentes de segunda e de primeira ordens, e assim sucessivamente.

Os padrões de drenagem estão relacionados à disposição espacial dos cursos fluviais, sendo influenciados pela: natureza e disposição das camadas rochosas, declividade, amplitude altimétrica e pela evolução geológica e geomorfológica da região. Do

ponto de vista geométrico, têm-se os seguintes padrões de drenagem (Christofolletti, 1980): dendrítico (regiões de estruturas sedimentares horizontais com rochas de resistência uniforme); treliça (regiões de estruturas sedimentares homoclinais, em estruturas falhadas e nas cristas anticlinais); paralela (regiões com forte controle estrutural e vertentes íngremes); radial (pode se desenvolver sobre os mais variados embasamentos e estruturas), com as configurações centrífuga e centrípeta; anelar (estruturas com camadas duras e frágeis).

A declividade do terreno é expressa como a variação da altitude entre dois pontos do terreno, em relação à distância horizontal que os separa. O modelo SRTM (CGIAR-CSI, 2008) foi utilizado como base para a geração da carta de declividade. As classes de declividade foram separadas utilizando-se como base os intervalos sugeridos pela Embrapa (1979), conforme mostrado na Tabela 1.

Declividade (%)	Discriminação
0 – 3	Relevo plano
3 – 8	Relevo suavemente ondulado
8 – 20	Relevo ondulado
20 – 45	Relevo fortemente ondulado
45 – 75	Relevo montanhoso
> 75	Relevo fortemente montanhoso

Tabela 1. Classes de declividade de acordo com a Embrapa (1979).

4 Resultados e Discussão

Na Tabela 2 são apresentados os resultados das características físicas calculadas para a área de contribuição à captação de água para abastecimento humano da Microbacia do Córrego Guassú.

Características Físicas	Resultados
Perímetro L (km)	39
Área de drenagem (km ²)	63
L (km)	13,75
L _t (km)	45,6
Coefficiente de compacidade (Kc)	1,81
Fator de forma (F)	0,33
Índice de circularidade (Ic)	0,29
Ordem da bacia	3
Padrão de drenagem	Dendrítico
Altitude média (m)	213
Declividade média (%)	3,22
Densidade de drenagem (Dd) (km/km ²)	0,72

Tabela 2. Características físicas da microbacia de contribuição. Os resultados obtidos nos índices Kc, F e Ic indicam que a microbacia apresenta tendência à forma alongada, mostrando-se pouco suscetível à enchentes em condições normais de precipitação. A declividade média encontrada indica relevo suave-ondulado.

Levando-se em consideração os resultados obtidos pode-se afirmar que a Microbacia do Córrego Guassú mostra-se pouco suscetível a enchentes em condições normais de precipitação, pelo fato de seu coeficiente de compacidade (K_c) apresentar valor afastado da unidade (1,81) e o fator de forma (F) exibir um valor baixo (0,33). Desse modo, pode-se afirmar ainda que a bacia não possui forma circular, possuindo, portanto, tendência à forma alongada.

Tal fato pode ser comprovado pelo índice de circularidade (I_c), que também indica a forma da bacia, igual a 0,30. Valores menores que 0,51, indicam que a bacia tende a ser mais alongada contribuindo para o processo de escoamento. Enquanto que valores maiores a esse sugerem que a bacia tende a ser mais circular, favorecendo os processos de inundação (Schumm, 1956).

Na Figura 2 tem-se o MDE utilizado, no caso o SRTM-4 (CGIAR-CSI, 2008) e na Figura 3 tem-se o limite da área de contribuição à captação em conjunto com o ordenamento dos cursos de água encontrados neste trabalho.

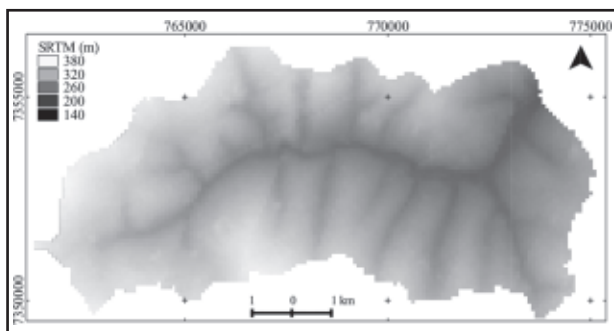


Figura 2. MDE SRTM-4 (CGIAR-CSI, 2008) da microbacia de contribuição. A altitude média da região é de 213 metros.

A ordem dos canais reflete o grau de ramificação ou bifurcação dentro de uma bacia.

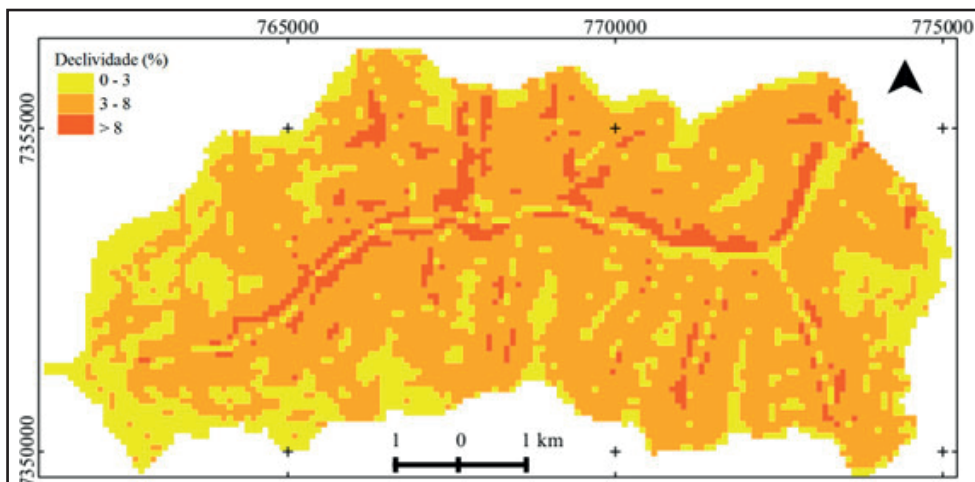


Figura 4. Mapa de declividade gerado no QuantumGIS Lisboa 1.8 (QGIS Development Team, 2012). A declividade média para a bacia de captação é de 3,22%, indicando relevo suave-ondulado.

Diante disso, tem-se que a microbacia de estudo possui ramificação de terceira ordem, apontando que o sistema de drenagem da bacia é pouco ramificado. Ordem inferior ou igual a 4 é comum em pequenas bacias hidrográficas, refletindo os efeitos diretos do uso da terra; considera-se que, quanto mais ramificações tiver a rede, mais eficiente será o sistema de drenagem (Tonello *et al.*, 2006).

Declividade (%)	Relevo	% em área
0 - 3	Plano	23,05
3 - 8	Suave-Ondulado	69,80
> 8	Ondulado	7,15

Tabela 3. Distribuição das classes de declividade da Microbacia de contribuição do Córrego Guassú, MS.

Observando-se a drenagem obtida, tem-se que o padrão da mesma é do tipo dendrítico, também denominado de arborescente, por apresentar desenvolvimento semelhante à configuração de uma árvore (Christofletti, 1980).

A declividade média encontrada na microbacia foi de 3,22%, sendo esse valor condizente com o relevo suave-ondulado da região. Na Tabela 3, Figura 4, apresenta-se a reclassificação da declividade em três classes, visto a amplitude dos valores de declividade encontrados no modelo, e as informações quantitativas associadas. Observa-se nesse quadro que grande parte do relevo da bacia correspondeu ao suave ondulado (3 – 8%), representando 69,8% da área total.

A declividade média de uma bacia é de grande importância para o planejamento, tanto para com o cumprimento da legislação ambiental como para garantir a eficiência das ações do homem no meio. Soma-se a isso o fato de possuir importante papel na distribuição da água entre o escoamento superficial e subterrâneo, dentre outros processos (Tonello, 2006).

Por apresentar declividade média suave ondulada, podem ser desenvolvidas na área de estudo atividades como a agricultura e a pecuária utilizando-se práticas simples de manejo do solo, o que já é realizado na maior parte da região. Ao se adotar essas práticas, diminui-se a erosão hídrica e o transporte de sedimentos que podem levar ao assoreamento do corpo d'água ou do reservatório, reduzindo também problemas relacionados à produtividade e qualidade da produção agrícola.

Segundo Villela & Mattos (1975) a densidade de drenagem de uma bacia pode variar entre 0,5 km/km² (em bacias com drenagem pobre) e 3,5 km/km² (bacias excepcionalmente bem drenadas). No caso da microbacia de contribuição o valor de densidade de drenagem obtido foi de 0,72 km/km², indicando que essa região apresenta baixa capacidade de drenagem. Valores baixos de drenagem geralmente estão relacionados a regiões de rochas permeáveis e de regime pluviométrico caracterizado por chuvas de baixa intensidade ou pouca concentração de precipitação (Tonello, 2006).

Analisando-se os resultados e levando-se em consideração os problemas enfrentados na estação de tratamento de água, como o não abastecimento de toda a população devido ao baixo volume captado, uma possível solução é a construção de uma pequena barragem próxima ao atual ponto de captação. Essa construção não irá prejudicar o local, visto que a

barragem não irá utilizar área agrícola e a região já é uma área úmida.

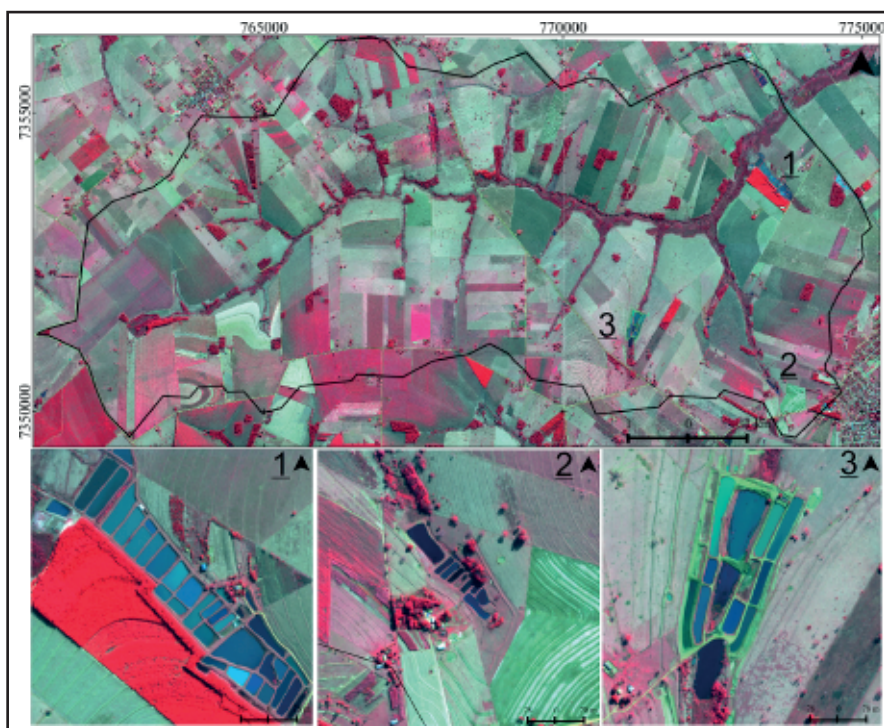
A microbacia de contribuição não apresenta tendência à enchente em condições normais de precipitação, ou seja, não há inundação na microbacia de forma natural. Porém, o represamento realizado através da construção de uma barragem é possível, visto que na região foram construídos tanques ao longo dos cursos d'água da bacia e que são destinados à criação de peixes (Figura 5).

5 Considerações Finais

1 - O MDE SRTM-4 e os softwares *Quantum-GIS* Lisboa 1.8 (QGIS Development Team, 2012) e *gvSIG* (OSGeo, 2012) permitiram de maneira eficaz realizar a caracterização morfométrica da área de contribuição à captação de água para abastecimento humano da Microbacia do Córrego Guassú. Além do excelente resultado, por se tratarem de dados e SIGs gratuitos os mesmos se tornam alternativas interessantes para a minimização de custos e tempo na execução dos trabalhos, mostrando-se assim vantajosos em relação ao custo-benefício.

2 - A bacia de contribuição possui forma alongada, evidenciando menor propensão a inundações em condições de normais de pluviosidade. O

Figura 5. Imagem Geoeye (THRETEK, 2011) da área de estudo. Em vários pontos da microbacia tem-se a instalação de tanques de piscicultura, fato que comprova que a criação de um reservatório é possível, aumentando o volume de água para a captação. Na composição falsa-cor utilizada (RGB 432), os corpos aquosos são visualizados em azul, a vegetação arbórea em vermelho escuro, os tons de verde e de rosa representam as áreas agrícolas. No ponto 1, o vermelho vivo corresponde à áreas de silvicultura.



padrão de drenagem formado pelos cursos d'água se caracteriza como do tipo dendrítico, com baixo grau de ramificação (ordem 3).

4 - A utilização de dados de precipitação auxiliaria a caracterização morfométrica da área de contribuição, porém a inexistência de estação meteorológica próxima ao local não permite a utilização desses dados. Desse modo, recomenda-se a instalação de uma estação meteorológica próxima à bacia.

5 - Como possível solução para os problemas enfrentados na estação de tratamento de água de Mundo Novo, propõe-se a construção de uma pequena barragem próxima ao atual ponto de captação, local ocupado por área úmida e sem impacto algum sobre a produção agropecuária local. Deve-se considerar ainda que este reservatório é uma obra de baixo custo e com baixo impacto para o sistema de captação já existente, que poderá continuar o mesmo.

6 Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq pela Bolsa de Mestrado de Camila e PQ2 de Antonio - Processo 305300/2012-1.

À Fundect MS pelo recursos cedidos através da chamada PPMS (01/2010).

À Sanesul, pelo apoio nos trabalhos de campo.

7 Referências

- Andrade, N. L. R. de; Xavier, F. V.; Alves, É. C. R. de F.; Silveira, A.; Oliveira, C. U. R. de. 2008. Caracterização morfométrica e pluviométrica da Bacia do Rio Manso – MT. *Geociências*, 27 (2): 237 - 248. Acessado em: 05out2012.
- Brasil, Leis. *Lei nº 9.433 de 08 de Janeiro de 1.997*. “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 8.001 de 13 de março de 1.990, que modificou a Lei nº 7.990 de 28 de dezembro de 1.989”. Data da legislação: 08/01/1.997 – Publicação DOU: 09/01/1.997.
- Campos, Y. de O. *Gestão ambiental: complexidade sistêmica em bacia hidrográfica*, 2010, 186f. Tese (Curso de Pós-Graduação em Geografia). Universidade Federal de Uberlândia. Disponível em: http://www.bdtf.ufu.br/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=2807. Acesso em: 04 outubro 2012.
- Cardoso, C. A.; Dias, H. C. T.; Soares, C. P. B.; Martins, S. V. 2006. Caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. *Revista Árvore*, 30 (2): 241 - 248. Acesso em: 04 outubro 2012.
- CGIAR-CSI. 2008. *The CGIAR Consortium for Spatial Informations*. Disponível em: < <http://srtm.csi.cgiar.org/>>.
- Christofoletti, A. 1980. *Geomorfologia*. São Paulo: Edgard Blucher, 2ª edição. 188p.
- DSG. 1979. *Departamento de Serviço Geográfico do Exército*. Carta Eldorado. Escala 1:100.000. Folha SF. 21-Z-D-IV.
- Embrapa. 2012. *Construção de viveiros*. Piscicultura Familiar. 6p.
- Horton, R.E. 1945. Erosional development of streams and their drainage basin: hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geological Society of America Bulletin*, 56: 80-813.
- Kocak, G.; Buyuksalih, G.; Oruc, M. 2005. Accuracy assessment of interferometric digital elevation models derived from the Shuttle Radar Topography Mission X- and C-band data in a test area with rolling topography and moderate forest cover. *Optical Engineering*, 44 (3): 1-7.
- Oliveira, P.T.S. de; Alves Sobrinho, T.; Steffen, J.L.; Rodrigues, D.B. 2010. Caracterização morfométrica de bacias hidrográficas através de dados SRTM. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 14 (8): 819-825.
- OSGeo. 2012. Open Source Geospatial Foundation. gvSIG. Versão 1.12. Disponível em: <http://www.gvsig.org/>.
- Pinto Júnior, O. B.; Rossete, A. N. 2005. Caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do Ribeirão da Cachoeira, MT-Brasil. *Revista Geoambiente On-line*, 4: 38-53.
- QGIS Development Team, 2012. QGIS 1.8.0 Lisboa. Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project.
- Rodriguez, E.; Morris, C. S.; Belz, J. E. 2006. A global assessment of the SRTM performance. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 72 (3): 249-260.
- Santos, P. R. A. dos; Gaboardi, C.; Oliveira, L. C. de. 2006. Avaliação da precisão vertical dos modelos SRTM para a Amazônia. *Revista Brasileira de Cartografia*, 58 (1): 101-107.
- Schumm, S. A. 1956. Evolution of drainage systems and slopes in badlands of Perth Amboy. *Geological Society of America Bulletin*, 67 (5): 597-646.
- Strahler, A. N. 1957. Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Transaction of American Geophysical Union*, 38: 913-920.
- Threetek. 2011. Soluções em Geomática. *Imagem GeoEYE*. CD-ROM.
- Tonello, K.C. 2005. *Análise Hidroambiental da Bacia Hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães, MG*. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa. 69 p.
- Tonello, K. C.; Dias, H. C. T.; Souza, A. L.; ALVARES, C. A.; Ribeiro, S.; Leite, F. P. 2006. Morfometria da Bacia Hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães – MG. *Revista Árvore*, 30 (5): 849-857.
- Villela, S.M. & Mattos, A. 1975. *Hidrologia aplicada*. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil. 245p.