

MODELAGEM HIDROLÓGICA NA BACIA DO ALTO RIO PARAGUAI – BAP

José Roberto Mantovani ¹, Arnaldo Yoso Sakamoto ²

¹Universidade Federal de Goiás – UFG/IESA, Caixa Postal 131 - Goiânia-GO, jr.mantovani.geo@gmail.com

²Universidade Federal do Mato Grosso do Sul – UFMS/CPTL, Caixa Postal 131 – Três Lagoas, arnaldosakamoto@gmail.com

RESUMO

Neste trabalho tem-se como objetivo modelar o escoamento superficial espacialmente distribuído para a área da bacia do alto Paraguai (BAP), através do método *Curve-Number* (CN), para dois períodos distintos de ocupação e cobertura vegetal, 2002 e 2014. O escoamento superficial foi mais intenso no limite que compreende o Pantanal, correspondendo quase toda a área da BAP. As duas áreas que apresentaram diferenças mais expressivas foram no leque aluvional do Taquari, constituída pelo Pantanal da Nhecolândia e Pantanal do Paiaguás e na parte ao sul do Pantanal, nas áreas do Pantanal do Nabileque.

Palavras-chave — Curve-Number, Pantanal, Escoamento superficial.

ABSTRACT

This paper aimed at using the model spatially distributed surface runoff for the up basin of Paraguay (BAP) area, using the Curve-Number (CN) method, for two different periods of occupation and vegetation cover, in 2002 and 2014. The areas that presented the most differences were in the alluvial fan of Taquari, constituted by the Pantanal of Nhecolândia and Pantanal do Paiaguás and in the southern part of the Pantanal, in the Pantanal areas of the Nabileque.

Key words — Curve-number, Pantanal, Surface runoff.

1. INTRODUÇÃO

O Estado de Mato Grosso do Sul, assim como outros estados brasileiros, tem passado ao longo dos anos por mudanças no seu sistema econômico, com base sobretudo na exploração dos recursos naturais, com a implantação de grandes projetos estatais e particulares, programas de desenvolvimento, aberturas de estradas, expansão das fronteiras agrícolas, programas de assentamento rural e crescimento urbano.

A incorporação e ocupação de novas áreas requerem um estudo prévio para entender as limitações e potencialidades de cada região, de modo a evitar problemas decorrentes do manejo inadequado dos recursos naturais, tanto em áreas urbanas como rurais. No entanto, como

consequência, temos assistido toda uma gama de impactos, como: erosão dos solos, desmatamentos, desertificação, poluição, inundações, entre outras (CUNHA e GUERRA, 2006).

Segundo Galdino (2015), um dos maiores impactos ambientais e socioeconômicos no Pantanal brasileiro é a intensificação dos processos erosivos nas áreas de planalto, onde nascem os rios da Bacia do Alto Paraguai (BAP). O maior exemplo é o assoreamento do Rio Taquari, cuja principal causa foi a expansão desordenada da agropecuária na Bacia do Alto Taquari a partir dos anos 1970 (GALDINO; VIEIRA, 2005). Recentemente está em discussão a instalação de Pequenas Centrais hidrelétricas (PCH's) por todo estado do Mato Grosso Sul (AMAMBAI.MS, 2014).

Partindo dessa premissa, nessa pesquisa, buscou-se analisar a distribuição espacial do escoamento superficial, por meio do método *Curve Number* (CN) para BAP. Segundo Ruhoff (2007) o método *Curve Number* é amplamente utilizado para estimar o escoamento superficial, e, conseqüentemente o fluxo de rios, a recarga de água, o volume de infiltração, a umidade do solo e o transporte de sedimentos. Muitos autores apresentaram estudos sobre o modelo *Curve Number*, entre eles Mack (1995), Johnson e Miller (1997), Pullar e Springer (2000), Tucci (2000), Nunes (2012) e Mantovani et al., (2013).

Embora seja uma escala de análise relativamente pequena, o objetivo dessa pesquisa consiste em modelar o escoamento superficial espacialmente distribuído para a BAP, através do método CN, para dois períodos distintos de ocupação e cobertura vegetal, 2002 e 2014 (EMBRAPA).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

A bacia do alto Paraguai em território brasileiro tem 361.465 km², com aproximadamente 52% das terras localizadas no Estado de Mato Grosso do Sul e os outros 48% localizados no Estado de Mato Grosso (Figura 1).

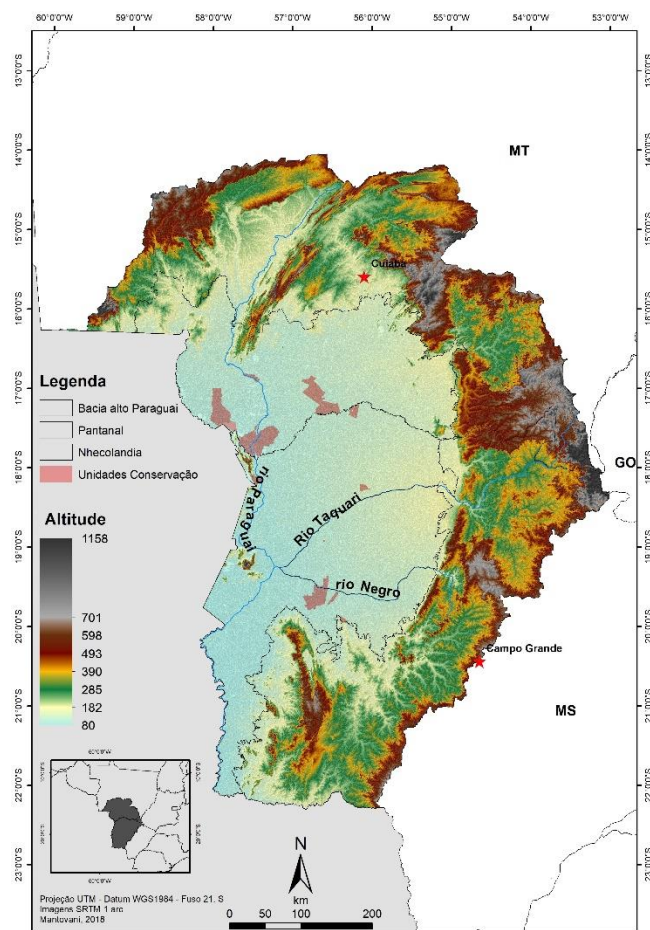


Figura 1. Localização da área de estudo.

A BAP compreende o Pantanal, com superfície de 138.185 km² e as áreas de planalto, com 223.280 km². A maior parte do Pantanal (64%) está localizada no Mato Grosso do Sul, enquanto 56% das terras do planalto situam-se no Mato Grosso (GALDINO, et al., 2014).

2.2 Embasamento teórico

A fundamentação teórico-metodológica que subsidiou o emprego das geotecnologias associadas ao sistema de informação geográfica (SIG) na modelagem do escoamento superficial espacialmente distribuído, baseou na análise integrada do ambiente, apoiado no modelo hidrológico *Curve Number* (CN). O modelo hidrológico *Curve Number* (CN), do *Soil Conservation Service* (SCS, 1971), atual *Natural Conservation Service* (UNSR, 2009), foi utilizado para modelar o escoamento superficial.

2.3 Materiais e métodos

Para caracterização da cobertura vegetal e uso do solo, foi utilizado o material produzido pela EMBRAPA (2012, 2014), datado de 2002 (Landsat5/TM) e 2014 (Landsat8/OLI), na escala 1:50.000. Foi utilizado em

formato digital (*shapefile*), durante a modelagem hidrológica por meio do método CN.

As informações pedológicas foram adquiridas do mapeamento do Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai (BRASIL, 1997), na escala de 1:250.000 e EMBRAPA (2006), na escala de 1:100.000.

As informações topográficas foram obtidas utilizando dados de altimetria do Radar SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) com resolução espacial de 30 m (Banda X), em formato digital (GeoTIFF), obtidos no banco de dados do Serviço Geológico do Estados Unidos (USGS, 2015).

Os dados referentes ao comportamento pluviométrico foram obtidos do projeto Atlas Pluviométrico do Brasil pela CPRM, através de isoietas com valores totais mensais, para o período de 1977 a 2006, onde analisaram-se os valores totais mensais anuais, e chegou-se no valor médio de 185 mm mês/ano.

Todo o conjunto de informações e dados foi organizado em um sistema de informação geográfico (ArcGIS) com auxílio da plataforma HEC-GeoHMS (*Geospatial Hydrologic Modeling Extension*). O HEC-GeoHMS é um conjunto de ferramentas do ArcGIS desenvolvidas especialmente para o processamento de dados geoespaciais, criando dados de entrada para o Sistema de Modelagem Hidrológica (HEC-HMS) do Centro de Engenharia Hidrológica (HEC, 2009) do *United Army Corps of Engineers* (2002, 2008).

2.3.1 Método CN

O CN é um índice para escoamento adimensional baseado no grupo hidrológico de solos (GHS), cobertura vegetal e uso e ocupação, condições hidrológicas e condições antecedentes de umidade. O método CN permite mostrar o efeito das mudanças no uso do solo sobre o escoamento superficial. Os valores de CN variam entre 1 e 100. Valores altos de CN indicam alto escoamento (Melesse; Shih, 2002).

O CN deve ser ponderado em função do uso e ocupação do solo e dos tipos de solo da seguinte forma (Equação 1):

$$CN_p = \frac{\sum_{i=1}^n (CN_i \times A_i)}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde CN_p é o valor de curva-número ponderado (adimensional); CN_i é o valor da curva-número de cada grupo de cobertura e uso e tipo do solo na bacia (adimensional); A_i é a área de cada grupo de uso e cobertura e tipo do solo na bacia (Km²), A_t é a área total da bacia hidrográfica (Km²).

No modelo CN, a estimativa de escoamento superficial (Q , mm) é realizada da seguinte maneira (Equação 2):

$$Q = \frac{(P - 0,2 \times S)^2}{P + 0,8 \times S} \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde P é a precipitação média mensal (mm mês⁻¹), S é a capacidade máxima da camada superior do solo na bacia hidrográfica (mm mês⁻¹). Nesta pesquisa, foi considerado o valor médio de 185 mm mês/ano. A Equação (2) somente é válida para $P > 0,2 \times S$; quando $P < 0,2 \times S$, temos que $Q = 0$.

O parâmetro S , é relacionado ao CN da seguinte maneira (Equação 3):

$$S = \left(\frac{25400}{CN} \right) - 254 \quad (\text{Eq. 3})$$

Dessa forma, a equação (3) modela as condições de cobertura superficial do terreno e do solo, variando desde superfície muito impermeável até superfície completamente permeável (MANTOVANI, 2016).

A classificação em grupos Hidrológicos de Solos (GHS) fundamenta-se na capacidade de infiltração e produção de escoamento superficial dos tipos de solos, divididos hierarquicamente em quatro classes (A, B, C e D), de acordo com o potencial de gerar escoamento superficial, sendo A o grupo de menor potencial e maior infiltração e o D de maior potencial e menor infiltração (SCS, 1991).

Assim, os critérios gerais propostos para classificação do mapa de GHS e as particularidades de cada ordem de solo na área de estudo, foram definidos de acordo com o atual Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - SiBCS (EMBRAPA, 2006), baseado na classificação de solos tropicais brasileiros proposta por Sartori e Genovez (2011).

A etapa seguinte consistiu na reclassificação dos atributos temáticos contidos no mapa da cobertura vegetal e uso da terra presentes na BAP (EMBRAPA, 2002; 2012), adaptados para metodologia (TUCCI, 1993).

Por fim, o processamento foi efetuado por meio da fusão entre os mapas de uso da terra e cobertura do solo e GHS, e a criação de uma "LookUp Table" com os valores de CN para bacias rurais conforme a literatura (TUCCI, 1993), somados à declividade do terreno, por meio do DEM como entrada. Todo esse conjunto de dados é integrado por meio do HEC-GeoHMS, no ArcGIS. Após a obtenção da grade de CN, o próximo passo consistiu em derivar a grade de saturação do solo (Equação 3). Posteriormente foi simulado o escoamento superficial (Q) por meio da equação 2, usando a grade S e o valor de P .

3. RESULTADOS

A fusão das equações 1, 2 e 3 permitiram a elaboração de imagens, conforme as figuras 2 e 3 de 2002 e 2014,

respectivamente, apresentaram resultados, da espacialização a distribuição do escoamento superficial em ambos os períodos. O escoamento superficial foi mais intenso no limite que compreende o Pantanal, correspondendo quase toda a área da BAP.

As duas áreas que apresentaram diferenças mais expressivas foram no leque aluvial do Taquari, constituída pelo Pantanal da Nhecolândia e Pantanal do Paiaguás e na parte ao sul do Pantanal, nas áreas do Pantanal do Nabileque (Figura 2).

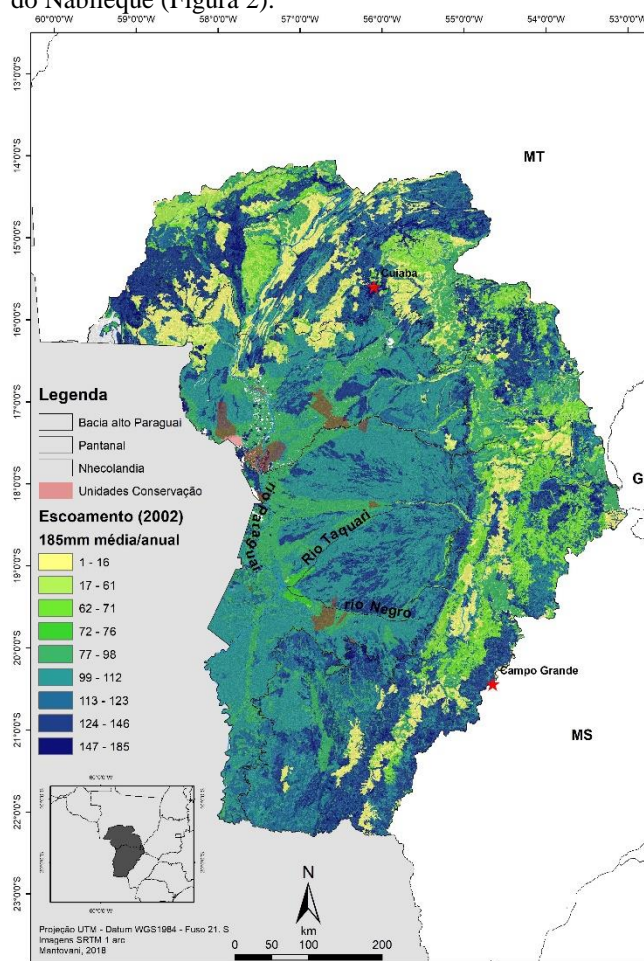


Figura 2. Escoamento superficial (2002).

É possível verificar essa variação do escoamento superficial, do ano de 2002 em relação ao de 2014, nas áreas do Pantanal ao norte nas proximidades de Cuiabá, nas áreas planálticas, na área do leque aluvial do Taquari, onde se encontram o Paiaguás e a Nhecolândia e na porção situada ao sul da BAP (Figura 3).

As variações de escoamento apresentados nos mapas são resultados das características ambientais, conforme os aspectos das equações 1, 2 e 3. Essas variações observadas requerem ainda a elaboração de mapas intermediários para analisar as tendências da evolução do escoamento superficial.

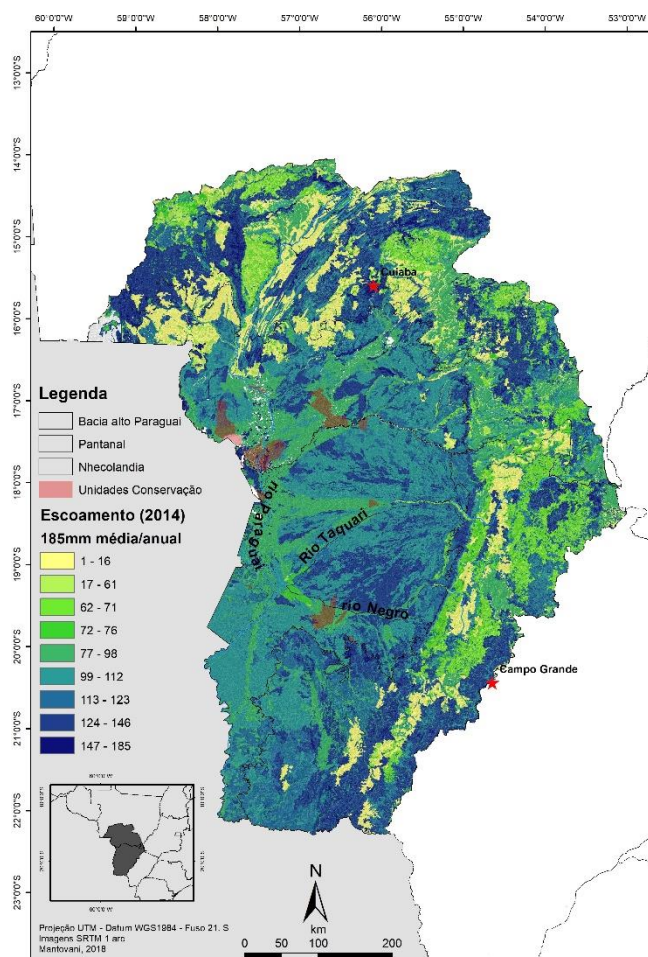


Figura 3. Escoamento superficial (2014).

4. DISCUSSÃO

No geral, o método proporcionou observar a distribuição espacial do escoamento superficial para os dois períodos estabelecidos. O mapa retratou as condições de escoamento superficial dessa região especificamente. Certas áreas no planalto apresentam valores elevados de escoamento superficial por conta da amplitude altimétrica.

5. CONCLUSÕES

Embora seja uma escala de análise relativamente pequena, com a aplicação do método de modelagem hidrológica *Curver-Namber*, foi possível estimar o escoamento superficial, para os dois períodos preestabelecido, de maneira dinâmica e simples de modo distribuído para toda área da bacia hidrográfica.

Mapeamentos desse tipo permitem analisar as alterações na cobertura vegetal, pelo viés hidrológico através da simulação real-temporal do escoamento no maneira distribuída (especializada), ou seja, atualizar mapas de uso do solo atual (2018) e dados real de precipitação para

fazer monitoramento e previsões, visando prevenir impactos ou auxiliar em medidas de planejamento e gerenciamento da área.

6. REFERÊNCIAS

CUNHA, S.B; GUERRA, A.J. Geomorfologia e Meio Ambiente. 6ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.

EMBRAPA (2006), Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2ª Edição, *Embrapa Solos*, Rio de Janeiro-RJ, 306p.

GALDINO, S.; GREGO, C. R.; SILVA, J. S. V. Distribuição espacial da erosividade da chuva na Bacia do Alto Paraguai, Brasil. In: SIMPÓSIO DEGEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, 5. 2014. Campo Grande, MS. Anais... Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2014. p. 211-219.

GALDINO, S.; VIEIRA, L. M. A Bacia do Rio Taquari e seus problemas ambientais e socioeconômicos. In: GALDINO, S.; VIEIRA, L. M. PELLEGRIN, L. A. (Ed.). Impactos ambientais e socioeconômicos na Bacia do Rio Taquari – Pantanal. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2005. p. 29-43.

HYDROLOGIC ENGINEERING CENTER (HEC). HEC-GeoHMS: Geospatial hydrologic modeling extension. *US Army Corps of Engineers. User's Manual. Version 4.2. 2009.*

MANTOVANI, J. R. A. Uso de geotecnologias para elaboração de um modelo de mapeamento de áreas suscetíveis à inundação e/ou alagamento, na bacia hidrográfica do córrego Indaiá-MS. *Dissertação de Mestrado*. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – MS, 2016.

MELESSE, A.M.; SHIH, S.F. spatially distributed storm runoff depth estimation using Landsat images and GIS. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 37, n. 1-3, p. 173-183, 2002.

NRCS - Natural Resources Conservation Service. “Chapter 7: Hydrologic Soil Groups”. In: *National Engineering Handbook: Part 630, Hydrology*. 2009.

RUHOFF, A. L. Modelagem dinâmica de escoamento superficial na Bacia do Arroio Grande, RS. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Florianópolis, SC, INPE - Brasil, 21 a 26 de abril de 2007.

SARTORI, A.; GENOVEZ, A.M; LOMBARDI NETO, F. Classificação Hidrológica de Solos Brasileiros para a Estimativa de Chuva Excedente com o Método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos – Parte 1: Classificação. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.10, p. 05-18, 2005.

TUCCI, C.E.M. Hidrologia: ciência e aplicação. 2 eds. Porto Alegre: UFRGS: ABRH. 2001.