

CÁLCULO E ESTIMATIVAS DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL EM BACIAS HIDROGRÁFICAS ATRAVÉS DA UTILIZAÇÃO DE GEOTECNOLOGIAS: O CASO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO JOÃO DIAS - AQUIDAUANA - MS.

Luciana de Oliveira¹, Marcelo dos Santos Targa², Walkíria Lacerda Silveira de Melo³, André Moscardo Salles Almeida Luz⁴

¹Estudante de Geografia, UNITAU, Estagiária Divisão de Sensoriamento Remoto, INPE, São José dos Campos-SP, luolive@dsr.inpe.br

²Engº Agrônomo, Prof. Dr. Departamento de Ciências Agrárias, UNITAU, Taubaté-SP, mtarga@unitau.br

³Estudante de Geografia, UNITAU, Bolsista PIBIC/CNPQ/ INPE, São José dos Campos -SP, walkiria@dsr.inpe.br

⁴Geógrafo, Colaborador da Divisão de Sensoriamento Remoto, INPE, São José dos Campos -SP, moscardo@dsr.inpe.br

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi realizar a estimativa do escoamento superficial da bacia hidrográfica do córrego João Dias, localizada no município de Aquidauana (MS) de acordo com o uso e ocupação do solo no ano de 2011. Foram realizadas estimativas prevendo os cenários de conservação e degradação na área da bacia para o ano 2020. Para delimitação da bacia foi utilizado o algoritmo, *Height Above de Nearest Drainage* (HAND), e para o geoprocessamento o Sistema de Informações Geográficas SPRING, versão 5.1.7. A imagem utilizada no mapeamento do uso e ocupação do solo foi do satélite Landsat, sensor TM5. O cálculo do escoamento superficial foi elaborado a partir do método Curva- Número (CN) desenvolvido pelo Serviço de Conservação do Solo (SCS) do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos da América (USDA). Observou-se no mapeamento do uso e ocupação do solo maiores áreas de pastagens, bem como a concentração da área urbana na área do exutório da bacia. Os cálculos da estimativa mostraram que se não forem aplicadas práticas conservacionistas na área da bacia, as áreas de infiltração diminuirão gradativamente gerando o aumento considerável do potencial de escoamento superficial.

PALAVRAS-CHAVE: escoamento superficial, uso e ocupação do solo, geotecnologias.

INTRODUÇÃO: A escassa disponibilidade hídrica, principalmente de água ideal para o consumo humano, tem se configurado numa crescente e urgente preocupação mundial (Bassoi e Guazelli, 2004). Neste contexto uma avaliação da dinâmica do uso e ocupação do solo, tendo uma bacia hidrográfica como unidade de análise, possibilita uma análise sistêmica da interação de seus diversos elementos e melhor entendimento no intuito de se estudarem práticas para minimizar impactos negativos como erosões, enchentes e inundações, geralmente provocados pelo escoamento superficial. O escoamento superficial como um dos elementos da fase terrestre do ciclo hidrológico tem início em um evento de chuva, e se efetiva quando a camada superior do solo, a vegetação e as depressões não têm mais capacidade de interceptar a água, resultando no seu escoamento sobre a superfície (Tucci, 2000). Este trabalho analisou o escoamento superficial da bacia hidrográfica do Córrego João Dias, afluente do rio Aquidauana no município de Aquidauana (MS). De acordo com Silva (2002), a degradação da bacia Córrego João Dias está cada vez mais evidenciada principalmente pela remoção da mata ciliar que já atingiu uma redução de 40% do total original. Para a análise do escoamento superficial foi utilizado o método Curva-Número (CN) do Serviço de Conservação do Solo (SCS) do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos da América (USDA) e várias ferramentas de geotecnologias, como o Sistema de Informações Geográficas SPRING, e o algoritmo *Height Above the Nearest Drainage* (HAND), ambos desenvolvidos e disponibilizados gratuitamente pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

MATERIAL E MÉTODOS: A bacia do Córrego João Dias localiza-se na porção sul do município de Aquidauana, MS. Sua nascente situa-se no morro Santa Bárbara, ramificação da serra de Maracajú, e sua foz localiza-se no Rio Aquidauana, tributário do Pantanal. Possui uma área de 11.596 hectares e encontra-se compreendida entre as latitudes S 20°18'15'' e 20°28'47'' e as longitudes O 55°38'15'' e 55°49'41'' conforme Figura 1. Para delimitação da bacia foram utilizados dados do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM-DEM), disponibilizados pela Embrapa Brasil (2012) e o algoritmo *Height Above the Nearest Drainage* – Distância Vertical à Drenagem mais próxima (HAND) desenvolvido por Rennó *et al.* (2008), no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). A grade de distância vertical extraída através do algoritmo HAND é referente à distância vertical de cada ponto

em relação à drenagem mais próxima (Rennó *et al.*, 2008). Os valores das distâncias verticais são gerados a partir da topografia oriunda do DEM (ou MDE - Modelo Digital de Elevação) do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM). Para o mapeamento do uso e ocupação do solo foi utilizada imagem do satélite Landsat 5, sensor *Thematic Mapper* (TM) órbita-ponto 225-74 datada de 15 de março de 2011 disponível gratuitamente pela *United States Geological Survey* (USGS, 2012). O mapa de uso do solo (Figura 1) foi feito por meio de interpretação visual utilizando o Sistema de Informações Geográficas SPRING versão 5.1,7 (Câmara, 1996) sendo consideradas as seguintes classes: água, urbana, solo exposto, cultura, pastagem, vegetação regenerada e reflorestamento.

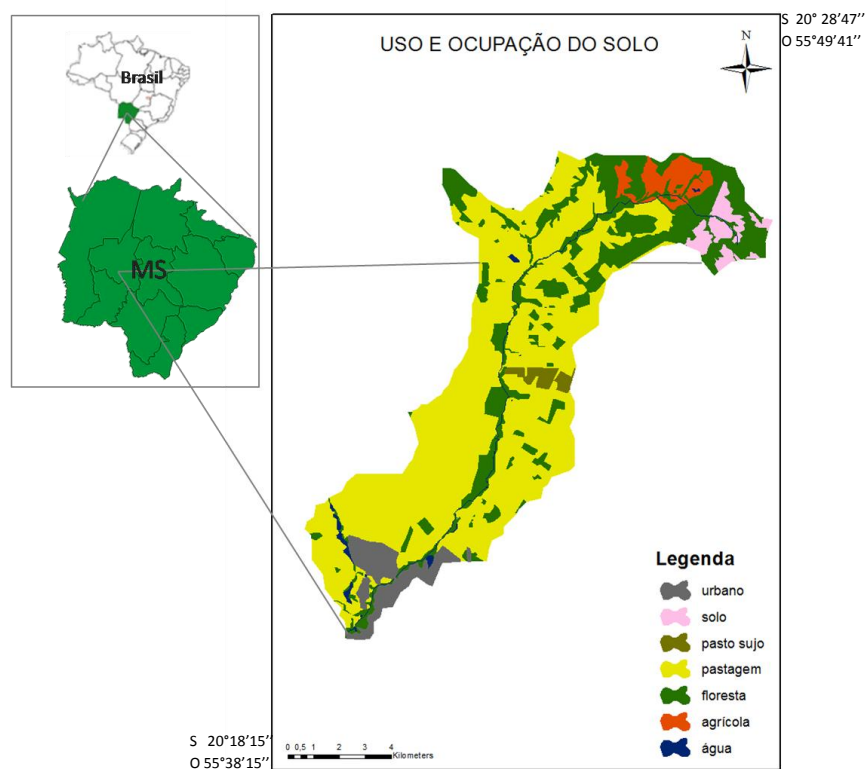


Figura 1 - Localização e mapeamento do uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do Córrego João Dias.

Os diferentes tipos de solos foram definidos com base em Brasil (2009) que indica a predominância de solos do tipo Latossolo Vermelho Distrófico típico e psamítico, textura média, fase relevo plano e suave ondulado; Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico argissólico, textura média, fase relevo plano; Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico típico, textura arenosa/média, fase relevo plano e suave ondulado; Argissolo Vermelho Distrófico arênico abrupto, textura arenosa/média, relevo suave ondulado e plano, todos A moderado. Para a estimativa do escoamento superficial foi utilizado o método Curva-Número (CN) desenvolvido pelo Serviço de Conservação do Solo (SCS, 1972), e que é considerado o método mais utilizado para a estimativa do escoamento superficial em bacias hidrográficas (Machado, 2002 apud Aguiar *et al.*, 2012). Essa metodologia reúne os solos em quatro grandes grupos (A, B, C e D), conforme sua capacidade de infiltração e produção de escoamento, nesta mesma ordem. De acordo com a classificação proposta por Sartori (2009) os solos encontrados na área de estudo caracterizam-se como solos com moderada taxa de infiltração, e moderada resistência e tolerância a erosão, caracterizados então como solos do Grupo B, com médio potencial de escoamento superficial. A estimativa da precipitação efetiva foi feita por meio das equações 1 e 2.

$$Pe = \frac{(P - 0,2S)^2}{(P + 0,8S)} \quad (1)$$

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (2)$$

Em que: Pe: Precipitação efetiva que gera o escoamento superficial (mm); P: Precipitação Máxima em dado Período de Retorno (mm); S: Infiltração Potencial (mm) e CN: Número. O valor do Curva Número pode ser ponderado em função dos diferentes usos e ocupação (cobertura) do solo (Targa, 2011) com o uso da equação 3.

$$CN_{pond} = \sum \frac{(CN_c (A_c))}{Área_i} \quad (3)$$

Em que: CN_{pond}= Valor do Número da Curva ponderado, adimensional; CN_c = Valor do número da curva de cada classe de uso e cobertura do solo da bacia, adimensional; A_c = Área de cada classe de uso e cobertura do solo da bacia em ha; A_t = Área total da bacia, em ha. De acordo com Salvador (2011) o parâmetro CN pode variar entre 1 e 100 e depende do tipo, das condições de ocupação agrícola e umidade do solo no período que antecede a determinado evento de precipitação. Pequenos valores indicam alta permeabilidade e pouco escoamento superficial. Por outro lado, à medida que o CN aumenta maior o grau de impermeabilização. Foram calculados os escoamentos para a área de estudo em função do uso e cobertura do solo para 2011 e para 2020 considerando dois cenários: o primeiro é pela adoção de uma política de conservação e o segundo pela adoção de uma política de urbanização e degradação na área da bacia. Para a definição da precipitação máxima foi descrita a equação de chuvas máximas com base nos parâmetros disponíveis em Santos et al., (2009), referentes ao posto pluviométrico de Aquidauana número 2055003 (Tabela 1), por ser o posto geograficamente mais próximo à área de estudo.

Tabela 1 - Localização e parâmetros para o cálculo da Equação de Chuva conforme Santos et al (2009).

nº Estação	Latitude	Longitude	K	a	b	c	r ²
2055003	20°17'29''	55°26'41''	945,148	0,1699	10	0,7419	0,999

A equação de chuva máxima foi estabelecida a partir da Equação (4) na sua forma geral:

$$i_{\max} = \frac{KTR^a}{(t + b)^c} \quad (4)$$

Em que: i - intensidade máxima média, mm h-1; TR - período de retorno, anos; t - tempo de duração da chuva, min; K, a, b e c - coeficientes locais ajustados pelo método dos mínimos quadrados (Santos et al., 2009). Na Tabela 2 são mostrados os valores de área e CN para cada classe de uso e ocupação do solo existente na bacia para 2011 e 2020 nos dois cenários propostos.

Tabela 2 - Área para cada classe mapeada para os anos de 2011 e estimativa de área para os dois cenários propostos (conservação e urbanização).

Anos Classes	2011 (atual)		2020 (conservação)		2020 (urbanização)	
	Área (ha)	CN	Área (ha)	CN	Área (ha)	CN
Pasto Sujo	145,7	70	214	66	132	66
Pastagem	7258,3	70	6100	66	8119	66
Floresta	2803,2	25	3578	25	721	25
Vegetação natural em regeneração	0	25	216	25	0	40
Solo Nu	320	85	142	80	731	80
Reflorestamento	0	50	247	42	0	42
Urbana	538,7	85	539	80	1156	80
Cultura Anual	380	64	410	60	587	60
Água	150	85	150	80	150	80
Total das classes	11596		11596		11596	

RESULTADOS E DISCUSSÃO: O tempo de concentração da bacia do Córrego João Dias é de 244 minutos, tempo necessário para que a água que caiu no ponto mais distante da bacia possa chegar até o exutório. O cálculo do escoamento superficial foi realizado considerando o tempo de concentração da bacia do Córrego João Dias igual ao tempo de duração da chuva (244 min.) para os tempos de retorno variando de 2 a 200 anos, calculadas a partir dos parâmetros de equação de chuvas máximas disponíveis em Santos et al. (2009). Considerando os resultados da Tabela 3, do Gráfico 1 e o uso e ocupação do solo (Tabela 2), pode-se observar que o escoamento superficial aumenta no ano de 2011 devido ao aumento na área das classes agricultura, reflorestamento e urbanizada e diminuição da área de vegetação natural em regeneração. Quando se promove a conservação na estimativa para o ano 2020 o escoamento diminui pelo aumento da infiltração. De outra forma quando se promove a urbanização da área na estimativa para o ano 2020 o escoamento aumenta pelo aumento das áreas impermeáveis e redução da infiltração.

Tabela 3 - Escoamento Superficial em mm da Bacia do Córrego João Dias, no ano de 2011 e 2020, para chuvas máximas variando de 2 a 200 anos e com tempo de duração de 244 minutos.

Duração (t) (244 minutos)	Período de Retorno T (anos)								
	2	5	10	15	20	25	50	100	200
Precipitações máximas (mm)	71,08	83,05	93,43	100,09	105,11	109,17	122,81	138,16	155,43
2011	6,86	11,28	15,76	18,91	21,40	23,50	31,01	40,19	51,30
2020 (conservação)	2,64	5,40	8,44	10,68	12,50	14,05	19,77	27,01	36,04
2020 (urbanização)	10,40	15,87	21,23	24,94	27,84	30,27	38,83	49,13	61,42

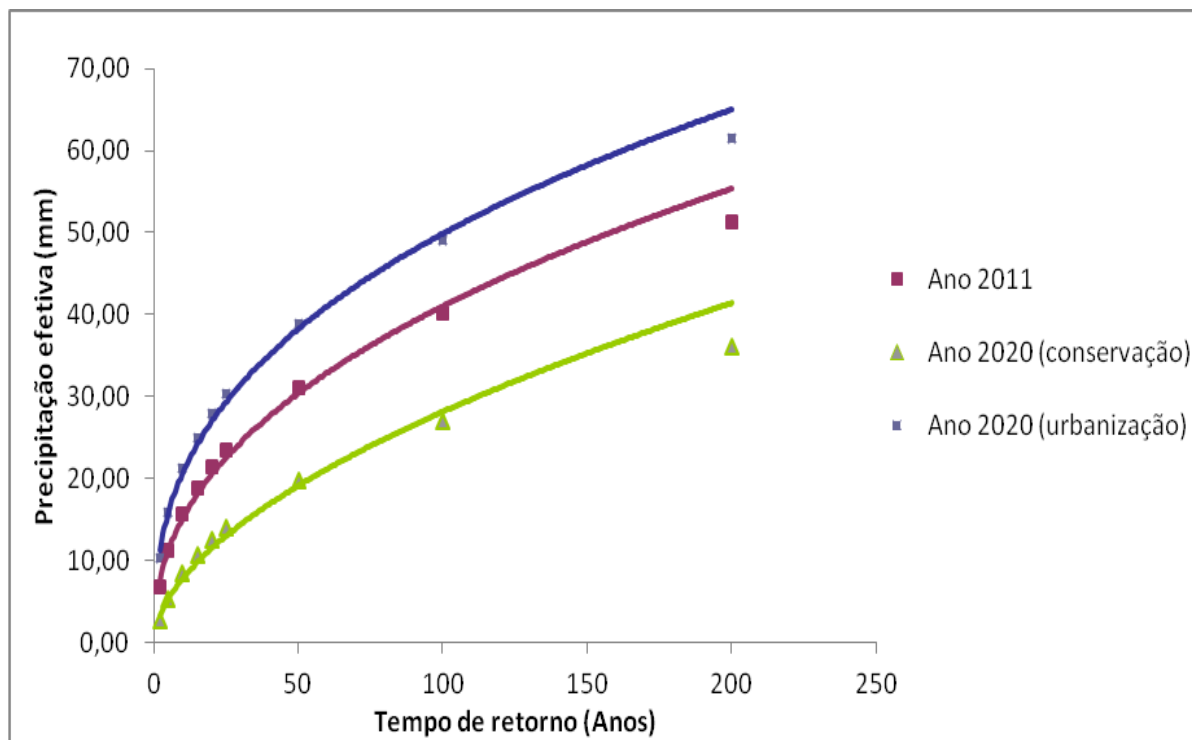


Gráfico 1- Variação do escoamento superficial na bacia do Córrego João Dias em função do tempo de retorno para os anos de 2011 e para os dois cenários (conservação e urbanização) em 2020.

CONCLUSÃO: A utilização das ferramentas de geotecnologias apresentam-se como uma opção viável promovendo o cruzamento de informações geoespaciais em menor tempo, permitindo análises e inferências, facilitando o processo de tomada de decisões. No caso da bacia do Córrego João Dias, a estimativa do escoamento superficial mostrou que um tímido aumento na urbanização pode aumentar consideravelmente o escoamento superficial. Desta forma aliar práticas conservacionistas que promovam processo de desenvolvimento mais ordenado se faz necessário no intuito de se promover a manutenção do meio, garantindo a prestação dos serviços ambientais e um desenvolvimento pautado na sustentabilidade.

REFERÊNCIAS:

- Aguiar, L. S. G., Targa, M. S., Batista, G. T. **Escoamento superficial na bacia hidrográfica do Ribeirão do Itaim.** Ambiente e Água – Na Interdisciplinary Journal of Applied Science, abril, v. 2, n. 1, pp. 44-56, 2007. Universidade de Taubaté, Taubaté - Brasil. (doi: 10.4136/ambi-agua.19). Disponível em: <<http://www.ambi-agua.net/seer/index.php/ambiagua/article/view/37/250>>. Acesso em: junho de 2012
- Bassoi, L. e Guazelli, M. Controle Ambiental da Água. IN: Phillippi Jr., A.; Romero, M.; Bruna, G. **Curso de Gestão Ambiental.** São Paulo: Manole, 2004.
- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Embrapa Solos. Seprotur- Secretaria da Produção e do Turismo. Estado de Mato Grosso do Sul. **Levantamento de Reconhecimento de Baixa Intensidade dos Solos do Município de Aquidauana – MS.** 2009.
- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Embrapa. **Brasil em Relevo. Download do SRTM. Mato Grosso do Sul. Mapa Índice: SF-21-X-D.** Disponível em <http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/download/index.htm>. Acesso em: agosto de 2012.
- Câmara G.; Souza R. C. M.; Freitas U. M.; Garrido J. **SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling.** Computers & Graphics, 20: (3) 395-403, May-Jun 1996.
- Rennó, C. D.; Nobre, A. D.; Cuartas, L. A.; Soares, J. V.; Hodnett, M. G.; Tomasella, J; Waterloo, M. J. **HAND, a new terrain descriptor using SRTM-DEM: mapping terra-firme rainforest environments in Amazonia.** Remote Sensing of Environment, vol. 112, n. 9, p. 339-358, 2008.
- Salvador, M.; Benevenuto, I.; Calijuri, M.; Assis, L.; Rocha, E. **Identificação de sub-bacias críticas quanto a enchentes e geração de escoamento superficial na bacia do rio Piranga.** XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Maceió-AL. 2011.
- Santos, G. G.; Figueiredo, C.C.; Oliveira, L. F. C.; Griebeler, N. P. **Intensidade-duração-frequência de chuvas para o Estado de Mato Grosso do Sul.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v.13, (Suplemento), p.899–905, 2009. Campina Grande, PB, UAEA/UFCEG – <http://www.agriambi.com.br>. Protocolo 054.08 – 19/03/2008. Aprovado em 18/05/2009
- Sartori, A.; Lombardi Neto, F.; Genovez, A. M. **Classificação Hidrológica de Solos Brasileiros para a Estimativa da Chuva Excedente com o Método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos.** Parte 1: Classificação. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 2005.
- Silva, J. F. **Técnicas de Mapeamento para Elaboração de Zoneamento Ambiental: Um Estudo de Caso da Bacia do Córrego João Dias.** Dissertação de Mestrado em Geografia. Dourados – MS. 2002.
- SCS. Soil Conservation Service. **National Engineering Handbook: Section 4, Hydrology.** 1972.
- Targa, M.S. **Vazão de projeto em bacias hidrográficas rurais com áreas em declive.** Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade de Taubaté - UNITAU, Repositório Eletrônico Ciências Agrárias, Coleção Recursos Hídricos, (<http://www.agro.unitau.br/dspace>). p. 1 -20, 2011.
- Tucci, C. E. M. Hidrologia: **Ciência e Aplicação.** Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2000.
- USGS. United States Geological Survey. Earth Resources Observation and Science Center (EROS). **USGS Global Visualization Viewer** . Disponível em <http://glovis.usgs.gov/> Acesso em: junho de 2012.