

## Geoprocessamento aplicado à delimitação de microbacias hidrográficas para avaliação de impacto ambiental

Gisele Victor Batista <sup>1</sup>, Luiz Felipe Siqueira Marques Rego <sup>2</sup>, Adriano Taschetto Antolini <sup>3</sup>, Leila Melo Fonseca <sup>4</sup>.

<sup>1,2,3,4</sup> Topocart, Engenharia, Topografia e Aerolevantamento

<sup>1</sup>(gisele@topocart.com.br) <sup>2</sup>(luiz.felipe@topocart.com.br) <sup>3</sup>

(adriano.taschetto@topocart.com.br) <sup>4</sup>(leila@topocart.com.br)

### Resumo

Este trabalho tem como objetivo apresentar a aplicação de metodologia para delimitação de microbacias hidrográficas, como uma ferramenta de distinção de unidades de planejamento e de avaliação de impacto ambiental. Para tanto, foram utilizadas ferramentas de geoprocessamento integradas entre os softwares ArcMap 9.3 e SAGA-GIS 2.1.0. A elaboração do MDE originou-se de informações advindas do MDE-SRTM, pré-processado pela EMBRAPA - Monitoramento por Satélite, que através de geoprocessamento derivou índices de representação da paisagem. A partir desses dados, foi possível determinar o cálculo de direção do fluxo das águas, bem como o quantitativo de acumulação desse fluxo. Em seguida, foi executada a delimitação dos pontos exutórios, decorrendo ao final da compilação das etapas anteriores, na delimitação das bacias hidrográficas. Por fim, efetuou-se uma interpretação visual baseada na composição colorida de uma cena LANDSAT 7, disponível para a área. Os resultados obtidos mostraram que esta metodologia serviu como um instrumento de avaliação de impacto ambiental, já que as divisões físicas permitiram melhor dimensionamento espaço-temporal, contribuindo significativamente à mensuração de impactos socioambientais.

Palavras-chave: Modelagem Ambiental, Avaliação de Impacto Ambiental, Microbacias Hidrográficas

Área Temática: Tema 12 - Impactos Ambientais.

### ***Geoprocessing applied to watershed delimitation of environmental impacts evaluation units.***

### ***Abstract***

*This paper presents the application of a methodology for delineation of watershed , as a tool for distinguishing units of planning and environmental impact assessment. We use geoprocessing tools with software ArcMap 9.3 - and SAGA GIS 2.1.0 .The first step was the preparation of the MDE, with analysis of information derived from SRTM - DEM, preprocessed by the EMBRAPA - Satellite Monitoring , which through geoprocessing derived indices of landscape representation .With these data we determined the calculation of the flow direction of the water and the amount of accumulation of this flow. Next, we perform the delimitation of exutórios points and with the addition of the previous steps, delimit the watersheds. Finally, we made a visual interpretation based on color composite of a Landsat 7 satellite image, available for the area.The results showed that the applied methodology served to environmental impact assessment , because the physical divisions allow better scaling - space , contributing to the measurement of environmental impacts.*

*Key-words: Environmental Modelling, environmental impact assessment, Micro-Watershed, SRTM*

*Theme Area: Theme 12 – Environmental Impacts.*

## 1 Introdução

Este artigo tem como objetivo apresentar a modelagem utilizada na delimitação de microbacia hidrográfica, como uma ferramenta de distinção de unidades de planejamento e de avaliação de impacto ambiental, necessárias à viabilidade de implantação de empreendimento habitacional. O processo de licenciamento ambiental no Brasil, segundo a Resolução CONAMA nº 01/1986, estabelece a elaboração de estudos para a definição das áreas de influência dos possíveis impactos ambientais, a serem gerados durante a fase de implantação e operação de loteamentos. Assim, no intuito de atender ao disposto pela legislação, a equipe do setor de Meio ambiente da Topocart elaborou um Plano Básico Ambiental (PBA), preconizando a gestão ambiental da área de inserção do empreendimento.

Gestão Ambiental pode ser entendida como um conjunto de medidas de ordem técnica e gerencial que visam a assegurar que o empreendimento seja implantado, operado e desativado, em conformidade com a legislação ambiental e outras diretrizes relevantes, minimizando os riscos e os impactos adversos, além de maximizar os efeitos benéficos (Sánchez, 2008). Neste sentido, o PBA é uma importante ferramenta à sustentabilidade local, pois é resultante da avaliação dos impactos que um novo empreendimento possa causar na área de inserção, inibindo os impactos negativos e potencializando os impactos positivos.

O principal objetivo do Plano Básico Ambiental é a ação preventiva, visando à elaboração de projetos menos impactantes, mais seguros e cumprindo as condicionantes da licença ambiental. O PBA deve estar de acordo com os instrumentos legais, usar as melhores técnicas aplicáveis e minimizar ações de potencial impacto ambiental e social.

Para isso, recorreu-se às técnicas de geoprocessamento e à modelagem ambiental para delimitar as microbacias hidrográficas que compõe a área de influência indireta do empreendimento em questão, com vistas ao dimensionamento, espacial e temporal, dos impactos, para predizer as medidas de controle ambiental. Geoprocessamento (Venigalla (2007), Silva (2005), pode ser definido como uma ferramenta de análise espacial que utiliza técnicas computacionais para o tratamento de informações geográficas, denominadas de Sistema de Informação Geográfica (SIG). A grande aplicabilidade (Venigalla (2007), Silva (2005)), refere-se à possibilidade de manipulação de geodados para fins diversos, dos quais estão os processos de análise ambiental. Por haver a manipulação de muitas informações de dados vetoriais e digitais do meio físico, biótico e socioeconômico, que servem para análises socioambientais, a sistematização e automatização das informações permite maior agilidade na tomada de decisão.

Já a modelagem ambiental (Christofolletti (1999), Sporl (2007)) constitui na análise dos dados georreferenciados, que envolvem técnicas de estatísticas e centra-se em quatro funções: entrada de dados; armazenagem, recuperação e manejo do banco de dados; análise dos dados; e apresentação de resultados. (Felgueiras (2001), afirma que os modelos ambientais são usados para aumentar o conhecimento sobre uma área e fornecem diagnósticos e saídas preditivas, que podem ser consideradas como um instrumento metodológico de pesquisa científica, tendo em vista que contribui na construção do conhecimento.

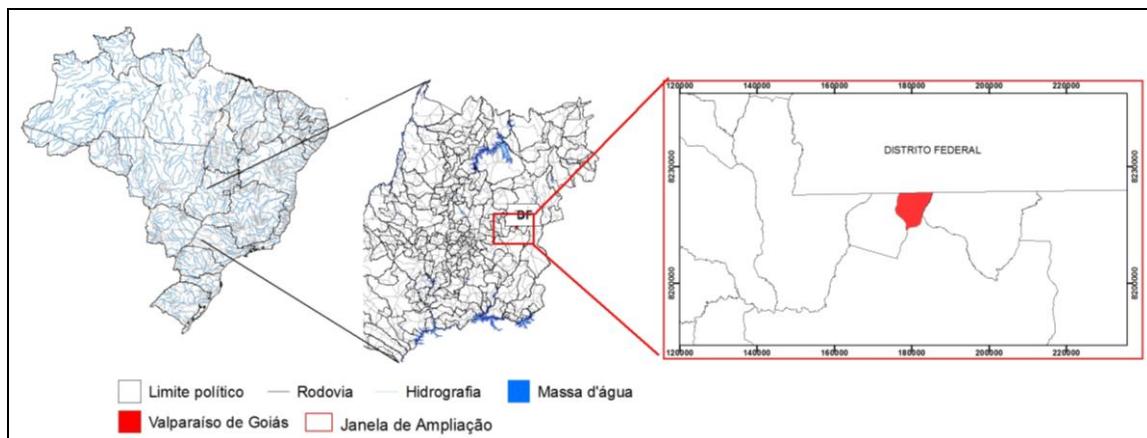
Diante do apresentado, buscou-se aplicar as técnicas de geoprocessamento e modelagem ambiental para delimitar as bacias hidrográficas que compõem o terreno em estudo, com vistas à sua viabilidade de implantação e operação. Isto se justifica pela importância regional que este loteamento trará à comunidade, com expansão urbana e incremento do comércio, promovendo o desenvolvimento local e fornecimento de empregos e oportunidades de serviços, em um formato que beneficie os moradores, em integração com o ambiente.

## 2 Materiais e Métodos

### 2.1 Localização da área em estudo

O terreno em estudo localiza-se no município de Valparaíso de Goiás, região Centro-Oeste do Brasil, distante cerca de 40 Km de Brasília/DF, Capital Federal (Figura 1).

Figura 1 – Mapa de localização da área em estudo.



### 2.2 Procedimentos Metodológicos

- Definição da área em estudo:* é resultado de trabalho de consultoria da empresa Topocart, contratada para elaborar Plano Básico Ambiental de loteamento de empreendedor particular.
- Definição da base cartográfica utilizada:* foram utilizados dados do SRTM - *Shuttle Radar Topography Mission* da NASA, processados pela EMBRAPA - Monitoramento por Satélite, resultando em um modelo digital de elevação matricial corrigido e reamostrado para 30m.
- Seleção da metodologia de modelagem hidrográfica:* foi utilizada a metodologia apresentada no curso de introdução a sistemas de informação geográfica em recursos florestais da faculdade de ciências ambientais e florestais da universidade de Washington. A escolha da metodologia deveu-se à sua aceitação no meio acadêmico e pela fácil aplicação. A sua base teórica pode ser observada nos algoritmos de interpolação que compõem o módulo de hidrologia, que foram baseados, principalmente, no estudo desenvolvido por S.K. Jenson e J. O. Domingue (1988).

## 3 Resultados Obtidos

A água flui de acordo com um gradiente energético e, conforme Wainwright e Mulligan (2005), é direcionada das áreas de maior energia para áreas de menor energia, podendo ocorrer sobre a superfície ou através de um meio poroso (o solo). Os objetos dos estudos hidrológicos são compostos por caracteres de interesse como a direção, a velocidade, o volume e as causas de variação do fluxo hídrico numa superfície de declive.

Para a elucidação destes processos de transferência, ainda segundo os referidos autores, desde a década de 70 foram desenvolvidas diversas metodologias de modelagem hidrológica. A maioria desses modelos integrados nos softwares utilizados para estas análises são baseados em variações da Lei de Darcy, que é representativa na definição de gradientes diferenciais de fluxos superficiais e subsuperficiais. Estes modelos encontram limitações baseadas no comportamento anisotrópico da água no solo e na superfície.

Para suprir estas deficiências foram desenvolvidos modelos de similaridade hidrológica como o modelo TOPMODEL de Beven e Kirby (1981), que é baseado na área de contribuição variável e integra os parâmetros de déficit de armazenamento e índice

topográfico, este último derivado da declividade. Estas variáveis são definidas com base nos Modelos Digitais de Elevação (MDE) e podem servir para realizar análises quantitativas, como modelagens de velocidade e volume de vazão em uma bacia. (Silva e Kobiyama, 2007)

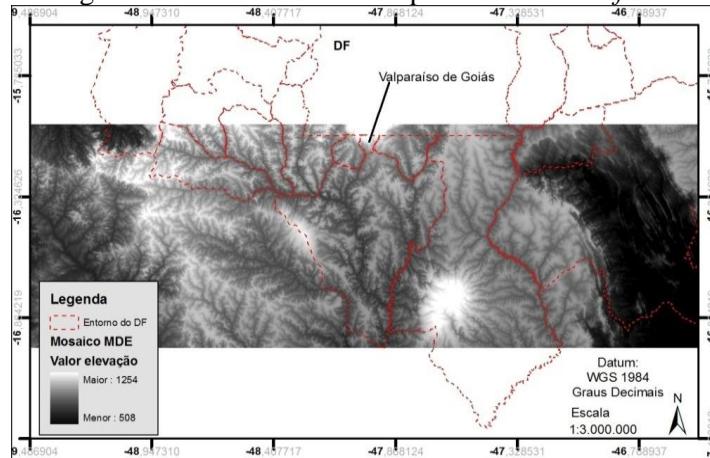
As ferramentas utilizadas no software ArcMap 9.3 consistiram no *case* de ferramentas “hydrology” do “spatial analyst”, que é composto por diversas ferramentas de análise hidrológica, embasadas num aparato teórico, como consta na documentação do software: Jenson e Domingue (1988), Shreve (1966), Strahler (1957) e Tarboton, Bras e Rodriguez-Iturb (1991). Estas ferramentas funcionam integrando feições derivadas dos MDE’s, utilizando técnicas de vizinhança (são consideradas as 8 células vizinhas), em metodologias espaciais de iteração baseadas em procedimentos de regiões crescentes, que geram saídas denominadas direção e acumulação de fluxo.

Estas variáveis, interdependentes, são descritas por Jenson e Domingue (1988) como subsídios para a delimitação específica de bacias hidrográficas. Este autor propõe a extração de estruturas topográficas de Modelos Digitais de Elevação, de modo que a delimitação qualitativa da área de captação de um contexto topográfico definido por uma escala de mapeamento direcionada ao objetivo da avaliação de impactos ambientais.

### 3.1 Elaboração do MDE (Modelo Digital de Elevação)

Nesta etapa, utilizaram-se os dados da SRTM *Shuttle Radar Topography Mission*, da NASA, após refinamento do modelo digital de elevação do SRTM pela equipe da EMBRAPA Monitoramento por satélite (Miranda, 2005). Foram utilizadas as cenas “SE-22-X-B”, e “SE-23-V-A” para compor um mosaico de MDE’s no SAGA-GIS, que possui melhor performance no processamento de dados com essa proporção. Após, este dado foi exportado para o ArcMap 9.3 em formato de processamento padrão ESRI e para corrigir as falhas e depressões abruptas no MDE, recorreu-se à ferramenta Fill, do módulo “Hidrology” tornando-o mais consistente. O resultado da elaboração do MDE é mostrado na Figura 2.

Figura 2 – MDE normalizado pela ferramenta “fill”.



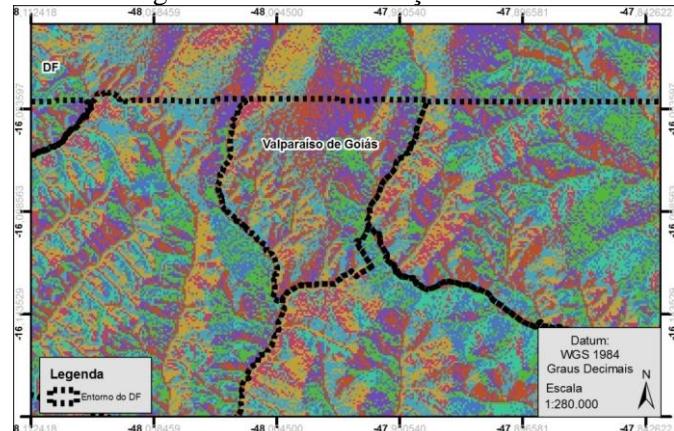
### 3.2 Cálculo de direção do fluxo

De posse do MDE, foi calculada a direção de fluxo com a ferramenta “Flow direction”, a partir da direção de rampa mais íngreme de cada célula, obtida pela relação [“Mudança no valor de elevação”/“distância”\*100]. Esta ferramenta tem o aporte metodológico no trabalho de Jenson e Domingue (1988), depende do tamanho da célula e possui um algoritmo capaz de distinguir entre valores atípicos, substituindo-os por uma média dos valores das células vizinhas. O resultado é um mosaico de células, com valores para cada direção (Figura 3), e onde se definiu, também, a representação da declividade percentual (Figura 4) entre células (cada cor, na simbologia, apresenta uma direção de fluxo definida).

Figura 3 – Representação de valores atribuídos às direções.

32	64	128
16		1
8	4	2

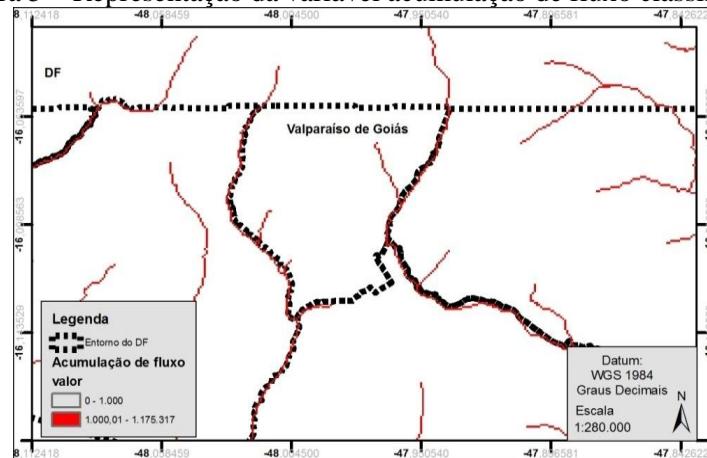
Figura 4 – Variável direção de fluxo.



### 3.3 Cálculo da acumulação do fluxo

Em seguida, foi executada a ferramenta acumulação de fluxo “*flow accumulation*”, utilizando como dado de entrada o resultado do cálculo de direção de fluxo, no intuito de assinar em cada célula um valor correspondente ao número de células que convergem para ela. Isto significa que, uma célula com um valor desta variável, próximo de 1, pode ser interpretada como um topo de morro, por conseguinte, uma célula com valores muito altos corresponderia a uma depressão, ou rede de drenagem explicitada. Considerando estas premissas, o dado matricial foi classificado em 2 partes (acima de 1.000 e abaixo deste valor) para ressaltar o efeito da acumulação nas linhas de drenagem, resultando num efeito quase vetorial. A Figura 5 ilustra o resultado obtido na definição do cálculo de acumulação de fluxo, com destaque ao valor da célula no traçado da linha, acima do registrado em áreas adjacentes.

Figura 5 – Representação da variável acumulação de fluxo classificada.



### 3.4 Delimitação dos pontos exutórios

Considerando estes valores, pode-se concluir que quando atingem o máximo em uma microrregião natural, podem ser delimitados os pontos exutórios de uma superfície drenada (Figura 6). A definição dos pontos exutórios, nas adjacências do empreendimento, foram delimitados e transformados em formato matricial. Este procedimento possibilitou a interpolação destes através da ferramenta “*watershed*” (Figura 7).

Figura 6 – Identificação dos pontos de maior valor de acumulação.

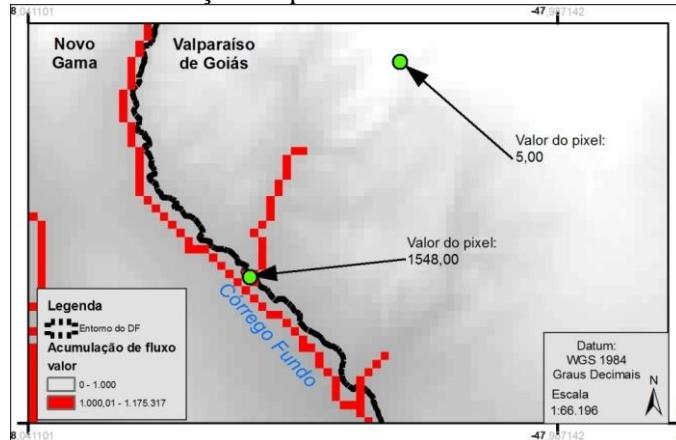
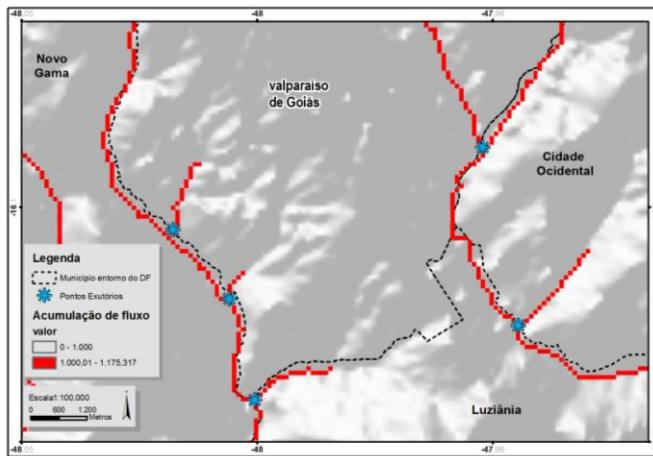


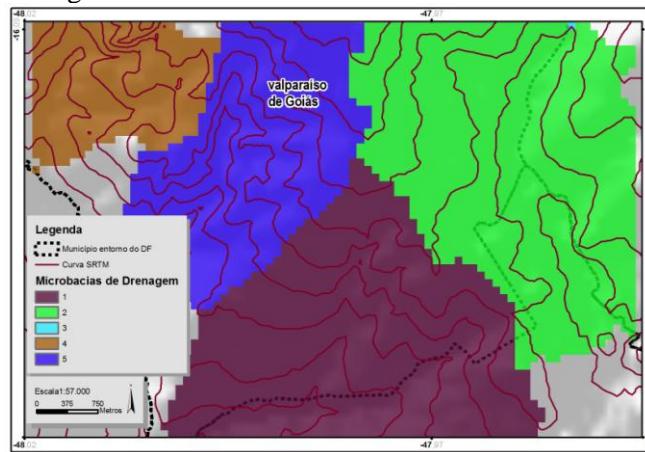
Figura 7 – Pontos Exutórios.



### 3.5 Delimitação das bacias hidrográficas

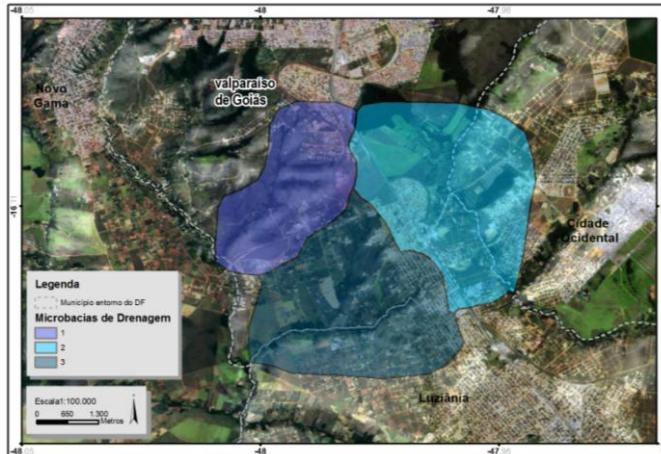
A ferramenta de bacia hidrográfica “watershed” do ArcGis, utiliza como entrada os pontos exutórios mapeados e retorna como saída um limite de toda a área de contribuição deste ponto. Como decorrente deste processamento, pode-se obter resultado mostrado na Figura 8.

Figura 8 – Resultado da ferramenta “watershed”.



Com o auxílio deste resultado, e das curvas de nível esgarçadas em 30 metros, derivadas do SRTM, foram delimitadas as bacias manualmente, respeitando os limites explicitados pelo processamento dos dados no software (Figura 9).

Figura 9 – Delimitação final das microbacias hidrográficas.



Esta análise final consistiu de uma interpretação visual baseada na composição colorida de uma cena LADSAT 7, disponível para a área. Deste modo, foi possível, de forma acurada, utilizar as ferramentas digitais disponíveis para compor um modelo semi automatizado de delimitação de bacias hidrográficas específicas, para assim, tornar a feição gerada uma unidade espacial de análise ambiental e planejamento.

## 4 Considerações Finais

A delimitação de bacias hidrográficas é um fator de importância como ponto de partida da definição da abrangência espacial de uma análise ambiental e figura, através de disposições legais, como uma unidade de planejamento recomendada. Deste modo, são importantes os esforços para consolidar metodologias viáveis de delimitação destas unidades, já que estas divisões físicas trazem implicações jurídicas importantes no processo de planejamento territorial, e na gestão dos recursos naturais.

A metodologia apresentada, considerando estes preceitos, tornou-se válida, pois integra dados do SRTM pré-processados, o que configura uma fonte segura e consolidada de informação espacial. A delimitação da área de influência (microbacias hidrográficas), através de técnicas de geoprocessamento e de modelagem ambiental permitiu uma melhor mensuração, espacial e temporal, dos impactos ambientais, a qual é imprescindível à viabilidade de implantação e operação do empreendimento.

## 5 Agradecimentos

Agradecemos à Empresa Topocart - Engenharia, Topografia e Aerolevantamento por disponibilizar os dados utilizados neste artigo.

## 6 Referência Bibliográfica

BRASIL. Palácio do Planalto. **Resolução do CONAMA Nº 01/1986**. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>>. Acessado em Out.2013

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistema ambiental**. 1ª ed. São Paulo: Editora Edgar Blücher Ltda., 1999.

4º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Fiema Brasil - Bento Gonçalves – RS, Brasil, 23 e 25 de Abril de 2014

BEVEN, K. J. AND KIRKBY, M. J.: **A physically based, variable contributing area model of basin hydrology**, *Hydrol. Sci. Bull.*, 1981.

Curso: **Introduction to Geographic Information Systems in Forest Resources**, Exercise: Watershed Delineation. Disponível em: <<http://courses.washington.edu/gis250/lessons/hydrology/exercise/>> Acesso em: Outubro de 2013.

FELGUEIRAS, C. A. **Modelagem ambiental com tratamento de incertezas em sistemas de informação geográfica: o paradigma geostatístico por indicação**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos: INPE, 2001

JENSON S. K. AND J. O. DOMINGUE. 1988. **Extracting Topographic Structure from Digital Elevation Data for Geographic Information System Analysis**. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 54 (11): 1593-1600

MIRANDA, E. E. de; (Coord.). **Brasil em Relevo**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 25 out. 2013.

MULLIGAN, M., WAINWRIGHT, J. (ED.) & MULLIGAN, M. (ed.) **Modelling catchment hydrology** in: 2003 Environmental Modelling: finding the simplicity in complexity. Wiley, p. 107 – 121

MARK, D. M. **Network Models in Geomorphology**. In *Modelling in Geomorphological Systems*. John Wiley.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos**. São Paulo: Oficina de textos, 2008

SHREVE, R. L. 1966. **Statistical Law of Stream Number**. *Journal of Geology*. 74: 17-37.

SILVA, R. V., KOBIYAMA, M. R. **Topmodel: Teoria Integrada e Revisão**; RA E GA, Curitiba, n. 14, p. 97-110, 2007.

SILVA, A.G. **Um ambiente computacional para modelagem simbólica de sistemas físicos lineares**. Tese de doutorado. Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal: UFRGN, 2005

STRAHLER, A. N. 1957. Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology. *Transactions of the American Geophysical Union* 8 (6): 913-920.

SPRÖL, C. **Metodologia para elaboração de modelos de fragilidade ambiental utilizando redes neurais**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. São Paulo:USP, 2007.

TARBOTON, D. G., R. L. Bras, and I. Rodriguez-Iturbe. 1991. **On the Extraction of Channel Networks from Digital Elevation Data**. *Hydrological Processes*. 5: 81-100.

VENIGALLA, M. M., BAIK, B.H. **GIS-Based engoneering management service functions: taking GIS beyond mapping for municipal governments**.

WAINWRIGHT, JOHN; MULLIGAN, MARK . **Environmental Modelling - Finding Simplicity in Complexity**. Edited John Wiley & Sons January 2005