

## **Estimativa do escoamento superficial na bacia do Córrego João Pedro através de técnicas de geoprocessamento**

Denis Spoladore Ferreira<sup>1</sup>  
Carlos Alexandre Damasceno Ribeiro<sup>1</sup>  
Roberto Avelino Cecílio<sup>1</sup>  
Alexandre Cândido Xavier<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Espírito Santo - UFES  
Caixa Postal 16 CEP 29500-000 Alegre – ES.

dspoladore@hotmail.com  
ribeirocad\_1@yahoo.com.br  
{rcecilio; xavier}@cca.ufes.br

Global climate changes affect hydrological cycle on micro and macro scales. Due to the low efficiency in the use of water resources on the planet, scientific community comes research better methods to improve water use and economy. Many studies have been developed to predict runoff amount on agricultural watersheds intending to manage the natural resources. These studies are based on soil, topographical, vegetation and hydrological data. This paper presents on study carried out at “João Pedro stream” watershed located at the municipal districts of Linhares and Sooretama (Espírito Santo State, Brasil). Land use and occupation map produced using geoprocessing tools. Resources also showed maximum runoff rate equals to  $23.6\text{m}^3.\text{s}^{-1}$ , and maximum runoff amount 64 millimeters.

Key words: Curve Number, land use, runoff, geoprocessing. Número da Curva, uso da terra, escoamento superficial, geoprocessamento.

## 1. INTRODUÇÃO

As alterações no ciclo hidrológico em micro e macro escala devido às mudanças climáticas, a deterioração da qualidade da água e a pouca eficiência na utilização dos recursos hídricos no planeta, principalmente no setor agroindustrial, tem exercido uma grande pressão sobre o uso racional da água. De acordo com Assad et al. (1998), para alterar esse cenário, é necessário que sejam implantados eficientes programas de utilização e manejo dos recursos naturais, notadamente do solo e da água. Para representar a informação espacial e temporal de bacias hidrográficas de maneira rápida por meio de mapas de uso do solo, são utilizadas técnicas de sensoriamento remoto, juntamente com um sistema de informação geográfica (Jensen, 2006; Tucci, 2000).

As técnicas de sensoriamento remoto permitem a obtenção de informações sem o contato direto com o objeto. O comportamento espectral dos alvos terrestres, provocados pela interação da radiação eletromagnética com os mesmos, faz com que a classificação do uso do solo seja factível (Moreira, 2005). Técnicas de SIG permitem o armazenamento, manipulação, recuperação e apresentação gráfica e tabulada destas informações, identificando por fim as distintas formas de ocupação e uso do solo. Para o mapeamento da rede de drenagem, pode-se utilizar uma série de técnicas de fotointerpretação, como por exemplo, características das sombras, facilitando a visualização (Loch, 2001).

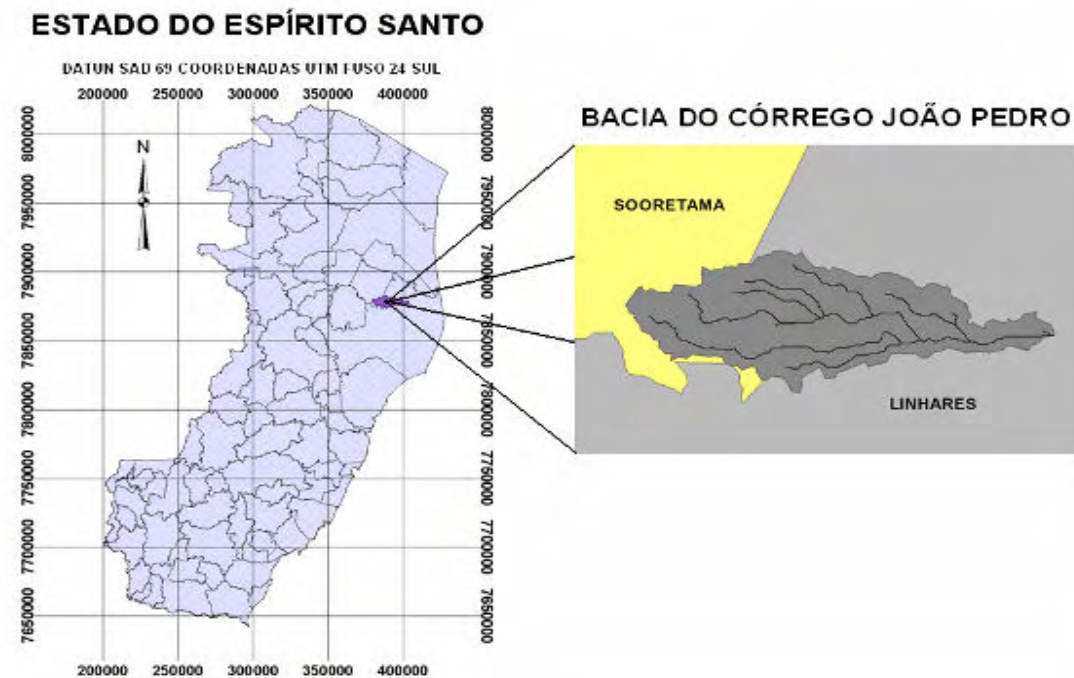
Através da obtenção direta, ou estimada do valor de escoamento superficial de água sobre o solo, produzem-se informações importantes a respeito de infiltração de água no solo e da recarga de aquíferos subterrâneos. O escoamento superficial é um importante processo associado à erosão hídrica e ocorre em função da cobertura do solo, declividade do terreno e tipo de solo, intensidade e duração das chuvas, basicamente.

Segundo Barreto-Neto e Souza Filho (2003), o estudo do escoamento superficial, permite "... a concepção de prognósticos sobre o comportamento do escoamento superficial a partir de mudanças no uso do solo, tais como, substituição de florestas por pastagem, ampliação de área com culturas agrícolas, mudanças nas espécies agrícolas, entre outras, antes mesmo destas trocas serem perpetradas na bacia real". Muitas práticas utilizadas para o controle da erosão priorizam o controle da velocidade e do volume de escoamento superficial, pois este carrega consigo nutrientes, defensivos agrícolas, material orgânico e sementes causando danos econômicos imediatos à agricultura.

Para esse trabalho utilizaram-se dados referentes a solos, relevo, vegetação, hidrografia e pluviosidade com objetivo de se obter o mapa de uso e ocupação do solo e estimar as características de escoamento superficial laminar e vazão máxima de escoamento superficial da bacia hidrográfica do Córrego João Pedro localizada nos Municípios de Linhares e Sooretama, no Estado do Espírito Santo, através de técnicas de Geoprocessamento.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

A área em estudo consiste em uma bacia hidrográfica localizada no norte do Estado do Espírito Santo, nos municípios de Linhares e Sooretama (Figura 1), entre as coordenadas geográficas 19°05' e 19°15' de latitude sul 40° 10' e 39° 50' de longitude oeste. O córrego principal de acordo com a denominação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2006) recebe o nome de Córrego João Pedro.



**Figura 1.** Localização da bacia hidrográfica.

### **2.1. Delimitação da área de contribuição da bacia hidrográfica do Córrego João Pedro**

Para delimitação da área de contribuição da bacia estudada, foi utilizado o Modelo Digital de Elevação – MDE do terreno disponibilizado gratuitamente por Miranda (2005) no endereço eletrônico <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>, provindo do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM). Esta imagem possui resolução espacial de 90 metros e variação entre as cotas de 1 metro. A cena obtida para estudo foi a SE-24-Y-D.

Segundo Villela e Mattos (1975), uma bacia hidrográfica é definida por uma área de contribuição, delimitada por divisores topográficos, drenada por um sistema interconectado de cursos d'água. Através do MDE, pode-se delimitar a bacia utilizando o *software* Idrisi 32 (Eastman, 2001), onde aplicou-se o comando *Sinks* para preenchimento dos pixels com valores muito baixos ou nulos com objetivo de direcionamento correto do fluxo, sendo executado posteriormente o comando *Watershed* a partir do analisista de sistemas de informações geográficas/operadores de contexto, assim, obteve-se o polígono que delimitava a área de drenagem da bacia do córrego João Pedro.

### **2.2. Classificação de uso e ocupação do solo**

O método usado para a classificação do uso e ocupação do solo foi a não automática também conhecida como fointerpretação, onde através da capacidade de discernir do olho humano extrai informações baseando-se na inspeção visual ao longo da imagem. A classificação foi realizada usando três bandas espectrais (Fonseca, 2000).

Partindo do mosaico de imagens CCD/CBERS-2 do Estado do Espírito Santo (Ferreira et al., 2006), sendo que a data de captura da cena usada no mapeamento é 18 de julho de 2005. Foram usadas as bandas 1, 2, 3 e nelas foram estabelecidas sete categorias de uso e ocupação do solo na bacia do Córrego João Pedro (estradas vicinais, estradas principais, urbano, agricultura, floresta, pastagem, solo exposto), considerando-se os diferentes padrões de tons de cores, o tamanho, a forma e a textura. O resultado final é um mapa contendo a distribuição espacial das diferentes classes de uso e ocupação do solo.

Associando cores primárias às informações espectrais, contidas em três bandas quaisquer dos sistemas sensores, obtém-se uma composição colorida, que no caso da classificação feita foi na região dos espectros eletromagnéticos visíveis. Este procedimento é bastante utilizado durante a fase de pré-processamento (Moreira, 2005). Segundo (Rocha, 2002) na composição cor natural (Banda 1 relacionada ao azul, banda 2 relacionada ao verde e banda 3 relacionada ao vermelho(1B2G3R)), ocorre realce das correntes de água através de sua turbidez e dos sedimentos, sendo que a vegetação aparece em tonalidades esverdeadas.

A classificação através da operação edição vetorial delimitou áreas de polígonos na imagem que se encontrava na escala 1:50000, sendo que cada polígono digitalizado foi correspondido as suas respectivas classes pré-estabelecidas. A digitalização foi feita no modo passo e com o fator de digitalização que corresponde à distância entre os pontos adquiridos igual a 0,15 mm, isto significa que temos uma amostragem do terreno a cada 7,5m ( $0,15 \times 50000/1000$ ). Na prática deve-se considerar que este fator deve ser menor que o limite de precisão cartográfica aceitável para a escala do mapa, definido em 0,3 mm x escala do mapa. Assim, temos que uma amostragem a cada 7,5 metros é menor do que ( $0,3 \text{ mm} \times 50000/1000$ ) = 15 metros, o que é aceitável para a escala do mapa, sendo que cada polígono digitalizado foi associado a sua respectiva classe, sendo esse processo repetido para todos os outros atributos, gerando então um mapa temático classificado.

### **2.3. Lâmina de escoamento superficial (ES) pelo método do Número da Curva (SCS-USDA)**

Neste método o objetivo foi estimar a lâmina, ou seja, o volume por unidade de área da bacia de escoamento superficial a partir de dados da precipitação e de outros parâmetros de ajuste relativos à localidade (K, a, b, c, T, tc), onde K = 1298,38; a = 0,2; b = 20,98; c = 0,79. No nosso caso foi utilizado o município de Aracruz (local mais próximo a área de estudo o qual possui os parâmetros ajustados. Informações disponíveis gratuitamente no software Plúvio 2.1 (<http://www.ufv.br/dea/gprh/software.htm>)). T é período de retorno em anos, que no estudo foi utilizado 10 anos e tc tempo de concentração em minutos. A precipitação total (PT) de uso recomendado foi àquela correspondente ao total precipitado para determinado período de retorno e duração de precipitação que normalmente é de 12 horas. Obtido pela equação  $PT = I_m \times t$ , sendo t = tempo de 12 horas.

Para obtenção do S, temos:  $S = (25400/CN) - 254$ . O CN é o número da curva, cujo valor pode variar entre 1 e 100, e depende do uso e manejo da terra, grupo de solo, da composição hidrológica e umidade antecedente do solo. O valor do CN foi calculado para a bacia, com base nas áreas predominantes, o que compreende 46,6% de florestas em boas condições de drenagens e de 35,8% de pastagens em boas condições de drenagens e tipo de solo (C) que relaciona médio potencial de escoamento e taxa de infiltração, raso e de média compactação, onde CN foi igual a 72. Por fim, foi obtido o escoamento superficial considerando individualmente, a área ocupada com cada cobertura vegetal, pela seguinte equação:  $ES = (PT - 0,2S)^2 / (PT + 0,8S)$ .

### **2.4. Determinação da vazão máxima de escoamento superficial**

Vazão é o volume de água que atravessa uma determinada seção transversal por unidade de tempo, sendo expressa nesse trabalho em  $m^3 \cdot s^{-1}$ . O método Racional é comumente utilizado para cálculo de vazão máxima. Considerou-se a vazão máxima de escoamento superficial (Q<sub>máx</sub>) calculada pelo método Racional Modificado (Chow et al, 1988), sendo obtido por:

$$Q_{\text{máx}} = ((C \cdot I_m \cdot A) / 360) \cdot \Phi,$$

onde “C” é o coeficiente de escoamento superficial ( $C = 0,2$ ), definido para a bacia estudada; “ $I_m$ ” é a intensidade máxima média de precipitação ( $I_m = 15,09 \text{ mm.h}^{-1}$ ), sendo:

$$I_m = (K * T^a) / (t_c + b)^c,$$

onde K, a, b, c, T são parâmetros citados anteriormente, e  $t_c$  uma duração igual ao tempo de concentração da bacia ( $t_c = 499,09$  minutos calculado segundo a equação de Kirpich). “A” refere-se à área de drenagem da bacia expressa em hectares (Área = 11822,65 ha) e;  $\Phi$  é um coeficiente de retardamento adimensional ( $\Phi = 0,2378$ ), sendo definido por:

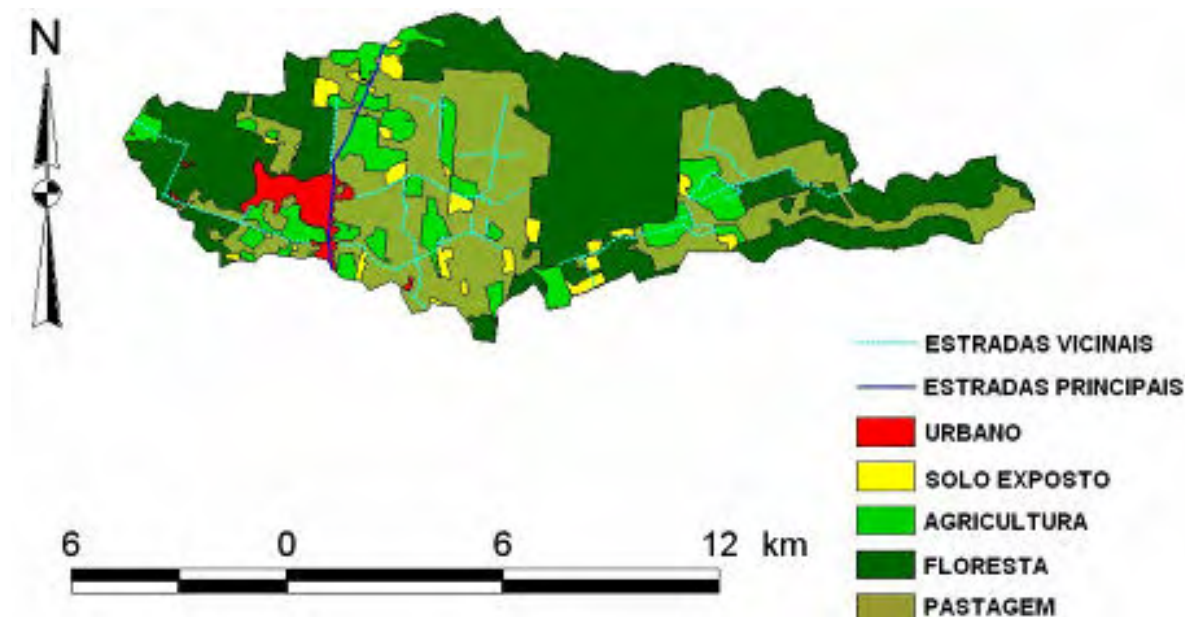
$$\Phi = 0,278 - 0,00034 * A_r,$$

onde “ $A_r$ ” é a área da bacia em  $\text{Km}^2$ . Assim obteve-se um  $Q_{\text{máx}} = 23,56 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  para a bacia.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

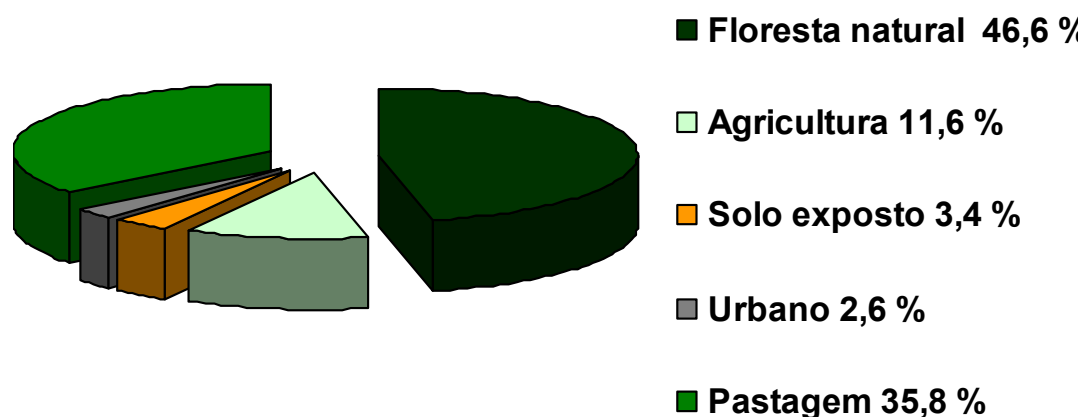
#### 3.1. Classificação de uso e ocupação do solo

Devido à qualidade das imagens utilizadas na classificação, no que se refere tanto na resolução espacial, quanto na resolução espectral, foi possível distinguir cinco classes de uso e ocupação do solo, que foram florestas, agricultura, solo exposto, pastagem e áreas urbanas. O que satisfaz plenamente os objetivos deste trabalho. A Figura 2 mostra a classificação do uso e ocupação do solo na bacia do Córrego João Pedro. A distribuição do uso do solo na bacia (Figura 3) apresentou predominância da classe de uso floresta natural com 5511,56 ha (46,6%) o que do ponto de vista hidrológico, é um bom resultado, já que áreas cobertas por florestas tendem a apresentar-se mais conservadas do ponto de vista hidrológico. Por se tratar de uma área plana o uso do solo para pastagem mostrou-se considerável com 4226,78 ha (35,8%), agricultura apresentou 1368 ha (11,6%) da área total e as categorias solo exposto com 406 (3,4%) e urbano com 310,30 ha (2,6%) mostraram as menores áreas de ocupação no mapeamento. Totalizando 118,23  $\text{km}^2$  ou 11823 ha. Assim, concluiu-se com êxito o objetivo de mapear o uso e ocupação do solo da bacia.



**Figura 2.** Classificação do uso do solo na bacia do Córrego João Pedro.

## Uso do solo na Bacia Hidrográfica do Córrego João Pedro



**Figura 3.** Percentual da ocupação do solo na bacia do Córrego João Pedro.

### 3.2. Escoamento Superficial

Em relação ao escoamento superficial, o primeiro objetivo alcançado foi estimar a lâmina de escoamento superficial, ou seja, o volume por unidade de área da bacia de escoamento. Constata-se através da razão simples entre precipitação total ( $PT = 137,06 \text{ mm}$ ) e escoamento superficial ( $ES = 63,68 \text{ mm}$ ) que apenas 46,46% da precipitação total em 12 horas de chuva incidente na área da bacia escoam superficialmente. Valor relativamente baixo em consequência do relevo plano, ocorrência de pequenas áreas de solo impermeabilizadas e devido à grande fração da área do solo se encontrar coberta pela categoria de uso do solo “floresta natural”.

O segundo objetivo alcançado foi calcular a vazão máxima de escoamento superficial, considerando-se que a bacia é composta de duas encostas regulares e equivalentes. Assim foi encontrado o valor que indica a possibilidade de ocorrência de uma vazão máxima de  $23,56 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  na bacia do Córrego João Pedro, dada suas características e o método aplicado.

O mapeamento do uso do solo condiz com uma área ainda bastante coberta por floresta natural representando 46,6% da área de drenagem, e esses dados quando tabulados e avaliados através da vazão máxima de escoamento superficial e da lâmina de escoamento superficial, indicam uma bacia hidrográfica com pouca suscetibilidade a erosão, principalmente devido ao relevo plano e à baixa impermeabilização do solo devido à pequena ocupação do solo por áreas urbanas. O conhecimento do uso e ocupação do solo, dos valores de escoamento superficial e da vazão máxima para a bacia em estudo, é de grande importância, devido à região possuir grande potencial florestal e agrícola.

As ferramentas computacionais encontradas nos SIG's são amplamente utilizadas por pesquisadores na gestão dos recursos hídricos, conforme constatado por Barreto-Neto e Souza Filho (2003): “A integração de modelos hidrológicos com sistemas de informação geográfica (SIG) tem sido discutida, analisada e utilizada por muitos pesquisadores, entre eles Goodchild (1993), Fedra (1993), Goodchild et al. (1996), Karimi e Houston (1997), Coroza et al. (1997), Burrough e McDonnel (1998), Sui e Maggio (1999), Pullar e Springer (2000), Millward e Mersey (2001)”. Os valores aqui encontrados podem ser utilizados como base para projetos hidráulicos, civis e previsão de enchentes por instituições públicas e privadas no planejamento de suas atividades de engenharia, ficando clara assim a importância dos estudos aqui apresentados.

#### 4. CONCLUSÕES

As técnicas de sensoriamento remoto, aliadas às técnicas de SIG se mostram eficientes para avaliações referentes a dados hidrológicos. O percentual de escoamento superficial encontrado neste estudo (46,6%) e o valor de vazão máxima (23,56 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>), avaliados em conjunto com informações de relevo e solo, permitem concluir que a bacia possui boa infiltração de água no solo, favorecendo atividades agrícolas. A utilização de dados gratuitos como as imagens CCD/CBERS-2, e o MDE SRTM viabilizam estudos do uso e ocupação do solo facilitando a identificação de variações temporais e espaciais do ambiente, bem como estudos hidrológicos, auxiliando na tomada de decisões relativas à gestão ambiental.

#### 5. REFERÊNCIAS

- Assad, E. D. et al. **Sistemas de Informações Geográficas** Aplicações na agricultura. Brasília: Serviço de Produção de Informação – SPI, 1998. 434 p.
- Barreto-Neto, A. A. Souza Filho, C.R. Modelagem dinâmica de escoamento superficial. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 11., 2003. Minas Gerais. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2003. Artigos, , p. 2427 - 2434. CD-ROM, On-line. ISBN 85-17-00018-8. Disponível em: <[http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2002/11.13.18.12/doc/18\\_149.pdf](http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2002/11.13.18.12/doc/18_149.pdf)>. Acesso em: 02 setembro. 2007. Belo Horizonte XI SBSR, Brasil, 05 - 10 abril 2003, INPE.
- Chow, V.T., Maidment, D.R., Mays, L.W. **Applied hydrology**. New York: McGraw-Hill, 1988.
- Eastman, J. R., 2001, Idrisi 32 – Release 2; Tutorial Worcester, Massachusetts. Clark University.
- Ferreira, D.S.; Xavier, A.C.; Castro, F. da S.; Albane, R. R. de O. Mosaico de Imagens CBERS do Estado do Espírito Santo. In VII Seminário de atualização em Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas Aplicados à Engenharia Florestal, 17 a 19 de outubro, 2006, Curitiba. **Anais...**Curitiba: UNICENTRO, 2006.
- Fonseca, L. M. G. **Processamento digital de imagens**. São José dos Campos: INPE, 2000.104 p.
- IBGE. **Instituto Brasileiro de cartografia e Estatística**, Disponível em: <<http://www.ibge.com.br/>>. Acesso em 5 de outubro 2006.
- Jensen, J.R. **Remote sensing of the environment: earth resource pespective**. London: Printice-Hall, 2006. 544 p.
- Loch, C. **A Interpretação de Imagens Aéreas** Noções básicas e algumas aplicações nos campos profissionais. 4.ed. Florianópolis. Editora da UFSC, 2001. 118p.
- Miranda, E. E. de; (Coord.). **Brasil em Relevo**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 28 out. 2006.
- Moreira, M.A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 3.ed. Viçosa: UFV, 2005. 320p.
- Plúvio 2.1\_Chuvvas intensas para o Brasil. Disponível em: <http://www.ufv.br/dea/gprh/software.htm>. Acesso em: 29 de abril. 2007.
- Rocha, C.H.B. **Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar**. 2.ed. Juiz de Fora, MG: Ed. Do Autor, 2002. 220p.
- Tucci, C. E. M. **Hidrologia** Ciência e aplicação. Rio Grande do Sul: Editora da universidade federal do Rio Grande do Sul, 2000. 943p.
- Villela, S. M.; Mattos, A. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo, McGraw-Hill, 1975. 245p.