

## Uso do sensoriamento remoto e de um sistema de informação geográfica na modelagem da poluição difusa na bacia hidrográfica do Rio das Velhas

Nádia Antônia Pinheiro Santos <sup>1</sup>  
Philippe Maillard <sup>1</sup>

<sup>1</sup>IGC – Universidade Federal de Minas Gerais  
Av. Antônio Carlos, 6627 – 31210- 900 – Belo Horizonte – Minas Gerais, Brasil.  
psnadia@yahoo.com.br, philippe@ufmg.br

**Abstract.** With over 27000 square kilometers, the Rio das Velhas watershed is one of the most important in the state of Minas Gerais – Brazil. It also hosts its capital city Belo Horizonte and greater area with over three million people. While punctual pollution sources can easily be located, diffuse pollution can be very difficult to evaluate. A Landsat-7 mosaic of five images was created to produce a land cover/land use map of the whole watershed. These data were combined with water quality data within a GIS to assess the influence of diffuse pollution in segments of the river corresponding to fixed water sampling points.

**Palavras-chave:** land use, remote sensing, water quality, uso e cobertura do solo, sensoriamento remoto, qualidade da água.

### 1. Introdução

A poluição pontual, originada principalmente de efluentes domésticos e industriais, é facilmente detectada e relacionada a sua fonte original de degradação, a partir da identificação das substâncias contaminantes. Na poluição difusa, a identificação da fonte de contaminação é mais complexa, pois o escoamento superficial e subsuperficial são os agentes dominantes do transporte de poluentes. O caráter sazonal e a capacidade de atingir extensas áreas são fatores que também complicam o seu controle.

A melhor forma de impedir ou diminuir a poluição difusa é o manejo adequado do solo, que deve ser realizado em toda a bacia hidrográfica, sempre respeitando as suas características, o regime das chuvas e as atividades humanas desenvolvidas. A manutenção das matas ripárias constitui talvez a mais importante medida mitigadora, pois estas servem de barreira física impedindo que sedimentos, resíduos de adubos e defensivos agrícolas atinjam os cursos d'água.

Segundo Basnyat *et al.* (2000), mudanças na qualidade da água (QA) estão relacionadas às características pedológicas, à declividade, e ao tipo de uso e cobertura do solo estabelecida em uma região. Estes fatores são responsáveis por regular a quantidade de sedimentos e as concentrações químicas que serão disponibilizadas e carregadas aos cursos d'água. Entretanto, são os usos e a cobertura do solo os principais fatores que contribuem, decisivamente, para a degradação dos recursos hídricos, através da disponibilização de resíduos orgânicos e compostos químicos tóxicos derivados de todas as atividades antrópicas. A questão central da pesquisa consiste na consideração de que: 1) em regiões com poucas fontes pontuais de poluição da água, o uso e a cobertura do solo são os principais fatores que afetam a QA, e que 2) quanto mais perto do curso (zona ribeirinha) do rio, maior é a sua influência. A nossa hipótese é que podemos construir um modelo de predição da QA a partir da caracterização espacial do uso e cobertura do solo e da sua distância em relação ao curso d'água.

O uso conjugado do sensoriamento remoto e de um sistema de informação geográfica (SIG) é um elemento essencial para determinar a repartição geográfica do uso e da cobertura

do solo em toda extensão da bacia (sensoriamento remoto) e para estabelecer a zona de influência sobre cada ponto de medição da QA.

## 2. Área de estudo

Localizada na região central do Estado de Minas Gerais (figura 1), a Bacia do Rio das Velhas, compreende uma área de aproximadamente 27.867,2 km<sup>2</sup>, distribuída em forma alongada na direção norte-sul (Euclides et al., 2002). As fontes difusas de poluição são distribuídas em todos os trechos Bacia do Rio das Velhas (alto, médio e baixo), entretanto, a intensidades e os níveis de degradação são distintos. O alto Rio das Velhas reúne a maior diversidade de usos, caracterizados pela concentração populacional e de atividades econômicas (industrial e de mineração). No médio curso do rio destaca-se a atividade agropecuária com o maior percentual de área mecanizada e emprego de insumos agrícolas, responsável por contribuir significativamente para a contaminação do solo e da água. O baixo curso do Rio das Velhas caracteriza-se pela predominância das atividades agropecuária.



**Figura 1** - Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas.

## 3. Materiais e métodos

Para inferir qual a influência do uso e cobertura vegetal do solo na qualidade da água foram utilizadas três fontes de informação: imagens de satélite Landsat 7 ETM+ dos dias 06 (218/74 e 218/73), 13 (219/73 e 219/72) e 22 (218/72) do mês de outubro de 2002, dados pontuais de qualidade da água realizado pelo monitoramento do Projeto Águas de Minas do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (2002) e trabalhos de campo na Bacia do Rio das Velhas realizados nos meses de agosto e setembro de 2004.

A construção do mosaico das cinco imagens de satélite correspondente à bacia hidrográfica do Rio das Velhas e o recorte da área de interesse com base no limite da bacia, foi realizada após a correção geométrica das cinco imagens de satélite e a normalização radiométrica através do ajustamento do histograma de cada imagem nas seis bandas utilizadas (bandas 1,2,3,4,5 e 7). Este método, apesar de *ad hoc*, se revelou mais apropriado que a correção atmosférica do objeto escuro de Chavez (1988). Atribuímos essa observação às grandes diferenças de condição de atenuação atmosférica entre as várias imagens. Como optamos em fazer a classificação do mosaico (e não o mosaico da classificação), o ajuste radiométrico era de primeira importância.

Adotamos o método supervisionado de classificação da imagem baseado no critério de máxima verossimilhança (com ajuste iterativo da probabilidade *a priori*). A delimitação das áreas de teste e treinamento foi auxiliada por dados secundários (mapa geológico do Espinhaço e mapeamentos da APA-Sul realizado pelo IBRAM –1997) e informações

adquiridas em campo. A adaptação do *Sistema de Classificação* proposto por Anderson et al. (1976) e do *Sistema de Classificação de Uso Atual da Terra* de Sokolonski (1999), permitiu construir uma classificação adequada as características da área de estudo.

A Bacia hidrográfica do Rio das Velhas foi segmentada em dezesseis sub-bacias de contribuição (baseadas nas estações de monitoramento e coleta de água localizadas na calha principal do rio e definidas a partir das curvas de nível de acordo com os interflúvios). Em cada sub-bacia foi identificada e quantificada a porcentagem de cada classe de uso e cobertura do solo, para que posteriormente fosse relacionada à qualidade da água daquele trecho do rio. Esta segmentação foi efetuada para todos os intervalos de distância do rio (zona tampão) entre 60m e 300m afim de determinar o comportamento da relação entre o uso do solo e a QA e a largura da zona ribeirinha.

#### 4. Resultados obtidos e esperados

A classificação do uso e cobertura do solo realizada na bacia permitiu identificar as seguintes classes: cerrado, campo rupestre, mata secundária, mata seca, mata ciliar, monocultura de eucalipto, pasto, agricultura irrigada, mineração, solo exposto, afloramento rochoso e área urbana. A avaliação da precisão temática foi auxiliada por cerca de 250 pontos de amostragem escolhidos aleatoriamente em toda extensão da bacia. Adotamos uma metodologia de visita no campo para reduzir ao máximo a interferência humana no pontos de campo. Apesar do grande número de classes, a classificação foi avaliada com uma precisão superior a 90%.

A quantificação da área de cada classe foi realizada por microbacia para posteriormente ser relacionada, a partir de técnicas estatísticas, ao Índice de Qualidade da Água - IQA e aos parâmetros físico-químicos e biológicos. A partir da sobreposição destas informações espera-se identificar quais os tipos de uso do solo que mais influenciam para a degradação dos cursos d'água e até que distância do rio essa influência se exerce.

#### 5. Referências Bibliográficas

ANDERSON, J. R., HARDY, E. E., ROACH, J. T., WITMER, R. E. *Sistema de classificação do uso da terra e do revestimento do solo para utilização com dados de sensores remotos*. Tradução de Harold Strang. Rio de Janeiro: IBGE, 1979. 78 p. Original inglês.

BASNYAT, P., TEETER, L. D., LOCKABY, B. G., FLYNN, K. M. *The use of remote sensing and GIS in watershed level analyses of non-point source pollution problems*. Forest Ecology and Management, 2000.

CHAVEZ JR, P.S. An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data. *Remote Sensing of Environment*, New York, v. 24, n. ?, p. 459-479, 1988.

EUCLYDES, H. P., FERREIRA, P. A. *Recursos hídricos e suporte ecológico a Projetos Hidroagrícolas: Sub-Bacia do Alto e Médio São Francisco*. Viçosa: UFV; Belo Horizonte: RURALMINAS; Brasília: ANA, 2002. p.4-10. (Boletim técnico, 6).

INSTITUTO BRASILEIRO DE MIMERAÇÃO – IBRAM, *Contribuição do IBRAM para o Zoneamento ecológico-econômico e o planejamento ambiental de municípios integrantes da Apa-sul RMBH*. Memorial Descritivo. V 1, março de 2003. 244p. (CD-ROOM)

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS - IGAM. Relatório de Monitoramento das Águas superficiais na Bacia do Rio São Francisco em 2001 - Sub-Bacia do Rio das Velhas. In: *Qualidade das águas superficiais no Estado de Minas em 2001*. Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Belo Horizonte: IGAM, 2002.

NOVO, E. M. L. M. *Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações*. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1992.

SOKOLONSKI, H. H. (comp.). *Manual técnico de uso da terra*. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, Primeira Divisão de Geociências do Nordeste.