

## **Conflito de uso do solo nas áreas de preservação permanente da bacia hidrográfica do Ribeirão São Lourenço, São Lourenço/MG - uma contribuição para a preservação dos mananciais de água mineral**

Sandra Benfica dos Santos<sup>1</sup>  
Roberto Alves de Almeida<sup>1</sup>  
Francisco Antonio Dupas<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Itajubá/IEE-GEE  
Av. BPS 1303, Pinheirinho, 37500-903 - Itajubá-MG, Brasil  
sandra.benicadossantos@gmail.com; roberto4772@gmail.com

<sup>2</sup>Universidade Federal de Itajubá/IRN-NEPA  
Av. BPS 1303, Pinheirinho, 37500-903 - Itajubá-MG, Brasil  
dupas@unifei.edu.br

**Abstract.** This study proposed the use of techniques for geoprocessing and remote sensing in order to reach the following objectives: to generate a map for land use in São Lourenço Stream hydrographic basin by using images of CBERS-2 Satellite, to delimit and identify the land use conflict in its permanent preservation areas, having as legal reference the Forest Code and the 303/2002 CONAMA Resolution. The São Lourenço Stream hydrographic basin is placed on reloading areas of São Lourenço mineral water sources, located in south region of Minas Gerais State, Brazil. Results showed that pasturage is the preponderant use kind. Permanent preservation areas represent 33,46% of hydrographic basin total area, where 71,50% are under conflicting use. Non execution of law remains clear as well as the need of recomposing these areas with native vegetation.

**Palavras-chave:** land use, permanent preservation areas, mineral water, uso do solo, áreas de preservação permanente, água mineral.

### **1. Introdução**

Segundo Mendes (2001), o impacto decorrente da alteração do uso do solo reflete-se em todos os componentes do ciclo hidrológico, como no escoamento superficial, na recarga dos aquíferos e na qualidade da água.

O instrumento legal mais importante para disciplinar o uso e ocupação do solo é o Código Florestal, instituído pela Lei Federal nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, que, nos artigos 2º e 3º, trata das áreas de preservação permanente (APPs).

Conforme Araújo (2002), as APPs são áreas nas quais, por imposição da lei, a vegetação deve ser mantida intacta, tendo em vista garantir a preservação dos recursos hídricos, da estabilidade geológica, da biodiversidade e assegurar o bem-estar das populações humanas. O regime de proteção das APPs é bastante rígido: a regra é a intocabilidade, admitida excepcionalmente a retirada da cobertura vegetal original apenas nos casos de utilidade pública ou interesse social legalmente previstos.

Mais recentemente, tendo em vista a necessidade de se regulamentar o artigo 2º do Código Florestal, entra em vigor a Resolução nº 303 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), de 20 de março de 2002. Essa resolução estabelece parâmetros, definições e limites referentes às APPs e conforme Ribeiro et al. (2004) “adota, ainda que implicitamente, a bacia hidrográfica como unidade de sua aplicação”.

Para a realização deste estudo selecionou-se a bacia hidrográfica do Ribeirão São Lourenço por conter as principais áreas de recarga dos mananciais de água mineral do município de São Lourenço.

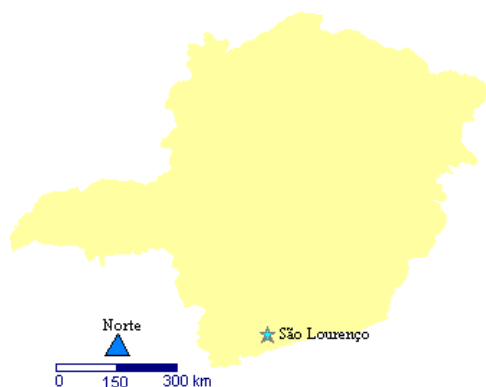
Estudos comparativos de medidas de vazão e de qualidade química das águas das fontes de São Lourenço, realizados pela CPRM (1999), constataram uma diminuição da mineralização das águas, reduções de vazões, e riscos de contaminação. Tais alterações foram associadas a ações antrópicas como desmatamento em áreas de recarga, superexploração dos aquíferos e proximidade às redes de esgotamento.

Dentro deste contexto, o presente estudo propôs a utilização de técnicas de sensoriamento remoto e de geoprocessamento para alcançar os seguintes objetivos: gerar um mapa de uso atual do solo da bacia hidrográfica do Ribeirão São Lourenço utilizando imagens do satélite CBERS-2; delimitar e identificar o conflito de uso do solo em suas áreas de preservação permanente, tendo como referência legal o Código Florestal e a Resolução CONAMA nº 303 de 2002.

## 2. Metodologia

### 2.1. Caracterização da área de estudo

São Lourenço é uma cidade que, pelas suas características ambientais, tornou-se uma estância hidromineral. A utilização das águas minerais para a recuperação da saúde está historicamente ligada ao seu desenvolvimento. Sua economia baseia-se fundamentalmente no turismo, sendo que o Parque das Águas constitui a principal atração turística devido à diversidade de suas águas. A **Figura 1** apresenta a localização do município no estado de Minas Gerais.



**Figura 1.** Localização do município de São Lourenço - MG

Os mananciais de água mineral encontram-se inseridos na bacia hidrográfica do Ribeirão São Lourenço, que está situada entre as coordenadas geográficas 22° 04' 57'' e 22° 11' 27'' de latitude sul e 45° 02' 19'' e 45° 08' 08'' de longitude oeste de Greenwich.

De acordo com Hirata et al. (1994), São Lourenço apresenta dois cenários hidrogeológicos distintos, um associado às rochas gnáissicas, em áreas topograficamente mais elevadas e outro associado aos depósitos aluvionares nas áreas de planície. A recarga do aquífero sedimentar se faz por toda a sua área de afloramento e através do manto de intemperismo que recobre o aquífero cristalino. Em áreas topograficamente mais elevadas, o manto de intemperismo desenvolvido sobre o embasamento cristalino permite a infiltração e a chegada das águas ao aquífero sedimentar. Áreas com declividades muito acentuadas não permitem tal infiltração,

restringindo a recarga e fazendo com que quase totalidade das águas precipitadas escorra em superfície.

## **2.2. Geração do mapa de uso e ocupação do solo**

Foram utilizadas imagens do satélite CBERS-2, sensor CCD, órbita 153, ponto 125, com resolução espacial de 20 metros e data de 04 de julho de 2004. Foram utilizadas as informações das faixas do espectro eletromagnético correspondentes ao verde, vermelho e infravermelho próximo, ou seja, as bandas 2, 3 e 4.

No programa Idrisi versão 2.0 foi efetuado o georreferenciamento de cada banda para o sistema de coordenadas UTM, utilizando-se como referência a carta topográfica do IBGE, em escala 1:50.000, folha São Lourenço (SF-23-Y-B-III-2) (IBGE, 1971). Alguns pontos foram checados em campo com o auxílio de um receptor GPS modelo Etrex Vista da Garmin.

Para a individualização das classes de uso do solo foi feito um levantamento de campo com o uso do GPS. A partir da identificação dos temas na composição colorida foram criadas as assinaturas e realizada uma classificação supervisionada pelo método da máxima verossimilhança. Foram identificados os seguintes temas: área urbana, lago, agricultura, mata, pastagem, capoeira e várzeas.

## **2.3. Geração do mapa de declividade**

No programa GPS TrackMaker versão Professional 3.8 foi feita a digitalização das curvas de nível com equidistância vertical de 20 metros a partir da carta topográfica do IBGE. A cada curva foi aplicado o valor de altitude correspondente.

Este arquivo vetorial foi importado para o Idrisi e o relevo foi reconstruído através da interpolação de um modelo numérico de terreno (MNT). A partir do MNT foi calculado um mapa de declividade que foi reclassificado para 3 classes de declividade: de 0° - 17°, de 17° - 45° e declividades acima de 45°. As classes de declividade foram assim divididas com o objetivo de fazer a classificação de morros conforme definição da Resolução CONAMA nº 303 de 2002.

## **2.4. Geração do mapa de áreas de preservação permanente**

As áreas de preservação permanente foram delimitadas com base nas disposições do artigo 3º da Resolução CONAMA nº 303 de 2002. Assim, foram mapeadas as margens dos cursos d'água, com uma faixa de 30 metros, pois os cursos d'água possuem menos de 10 metros de largura; as nascentes, num raio de 50 metros de largura; as encostas com declividade superior a 45° e o terço superior de morros, montanhas e linhas de cumeada. A cada mil metros da linha de cumeada foi considerado o terço superior do morro mais baixo.

Para a delimitação das APPs ao longo dos cursos d'água, a hidrografia foi digitalizada a partir da carta topográfica do IBGE. Foi calculado um mapa de distâncias no Idrisi e em seguida isolada uma faixa de 30 metros de cada lado dos córregos da bacia. Para as APPs de nascentes também foi calculado um mapa de distâncias e delimitada uma área em torno das nascentes com raio de 50 metros.

O mapa das APPs correspondentes à declividades superiores a 45° foi obtido a partir da reclassificação do mapa de declividade.

A elaboração do mapa das APPs em topos de morros, montanhas e linha de cumeada seguiu as definições do artigo 2º da Resolução CONAMA nº 303. Para a caracterização de morro ( elevação com altura entre 50 e 300 metros e encostas com declividade superior a 17° na linha de

maior declive) e montanha (elevação com altura superior a 300 metros) definiu-se como cota da base à planície por onde escoo o Ribeirão São Lourenço (880 metros de altitude). Utilizando-se a carta do IBGE foram isoladas as elevações com altitude mínima de 50 metros. No programa GPS TrackMaker, as curvas de nível foram sobrepostas ao mapa de declividade, desta forma foi possível analisar a situação de cada elevação em relação a declividade das encostas.

O terço superior de cada elevação foi isolado a partir do MNT no Idrisi. Após isso, foram feitas as sobreposições das imagens obtendo-se uma imagem com as APPs de todas as elevações.

No programa GPS TrackMaker foi traçado o perfil de altitude do divisor de águas da bacia hidrográfica. Foi possível assim considerar o terço superior do morro mais baixo a cada mil metros da linha de cumeada.

Através da sobreposição dos mapas contendo cada categoria de APP obteve-se o mapa da área de preservação permanente total da bacia do Ribeirão São Lourenço.

## 2.5. Verificação de conflito de uso do solo

Para se quantificar as áreas de uso conflitivo do solo nas áreas de preservação permanente da bacia, foram cruzados os mapas de APPs com o de uso e cobertura do solo, utilizando uma operação conhecida como classificação cruzada, disponível no Idrisi. Para efeito dessa análise, devido a sua inexpressividade, a classe lago foi incluída na classe área urbana. As áreas ocupadas com mata, capoeira e várzeas foram consideradas uso adequado do solo. As áreas ocupadas com pastagem, agricultura e área urbana foram consideradas uso conflitivo do solo.

## 3. Resultados e análises

### 3.1. Uso e ocupação do solo

A classificação da imagem de satélite resultou em seis classes de uso do solo conforme mostra a **Figura 2**.

Na **Tabela 1** encontram-se os valores de área e porcentagem das classes de uso do solo da bacia hidrográfica do Ribeirão São Lourenço no ano de 2004.

**Tabela 1-** Área total e distribuição percentual das classes de uso do solo da bacia hidrográfica do Ribeirão São Lourenço no ano de 2004.

Uso do solo	Área (ha)	Percentual da bacia
Área urbana	500,72	12,61
Mata	211,32	5,32
Pastagem	1.609,08	40,52
Agricultura	850,92	21,43
Capoeira / Várzeas	790,84	19,92
Lago	8,08	0,20
Total	3.970,96	100,00

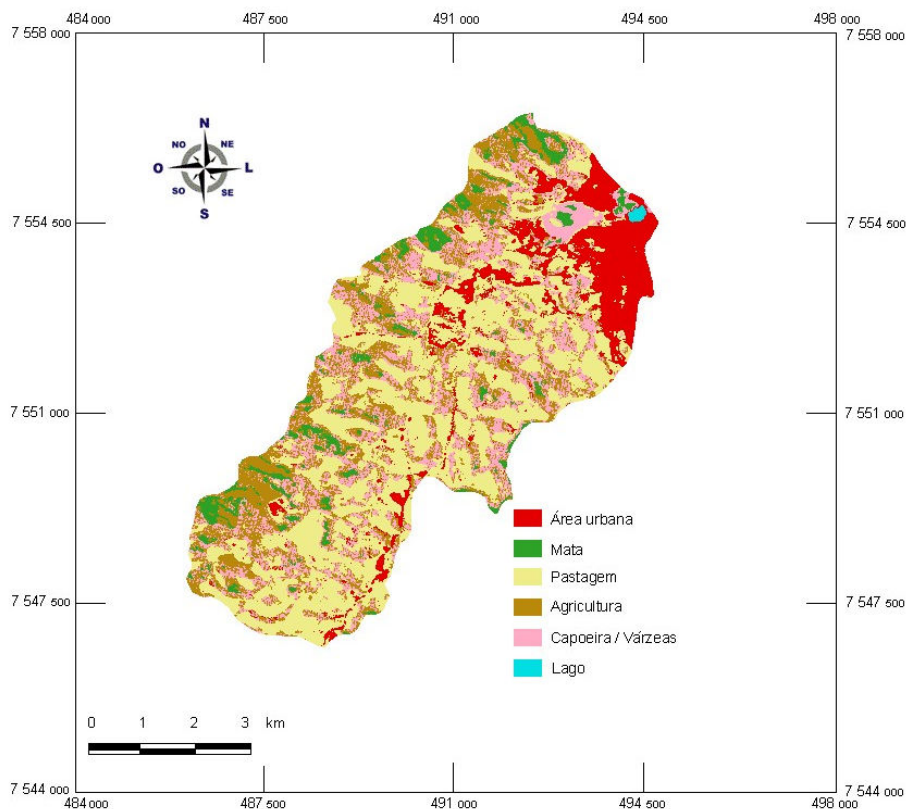
A área urbanizada ocupa 12,61% (500,72 ha) da área total da bacia do Ribeirão São Lourenço. Nestas áreas, as construções e a pavimentação impedem a infiltração, causando o aumento do escoamento superficial e redução na recarga da água subterrânea.

A área coberta por mata, que corresponde aos fragmentos florestais nativos, ocupa 5,32% (211,32 ha) da área total. A cobertura florestal confere proteção ao solo contra o impacto direto

das gotas de chuva, diminuindo a velocidade de escoamento superficial e favorecendo a infiltração de água no solo. Segundo Jorge et al. (1988), as relações de equilíbrio existentes entre a vegetação primária e o solo, adquiridas ao longo de centenas ou mesmo milhares de anos, apontam este tipo de cobertura vegetal como a de maior ação de proteção.

A classe de uso do solo predominante na bacia do Ribeirão São Lourenço é a pastagem com 1.609,08 ha ( 40,52%). As pastagens, quando mal manejadas, levam a compactação dos solos diminuindo significativamente a infiltração e afetando diretamente a vazão das nascentes.

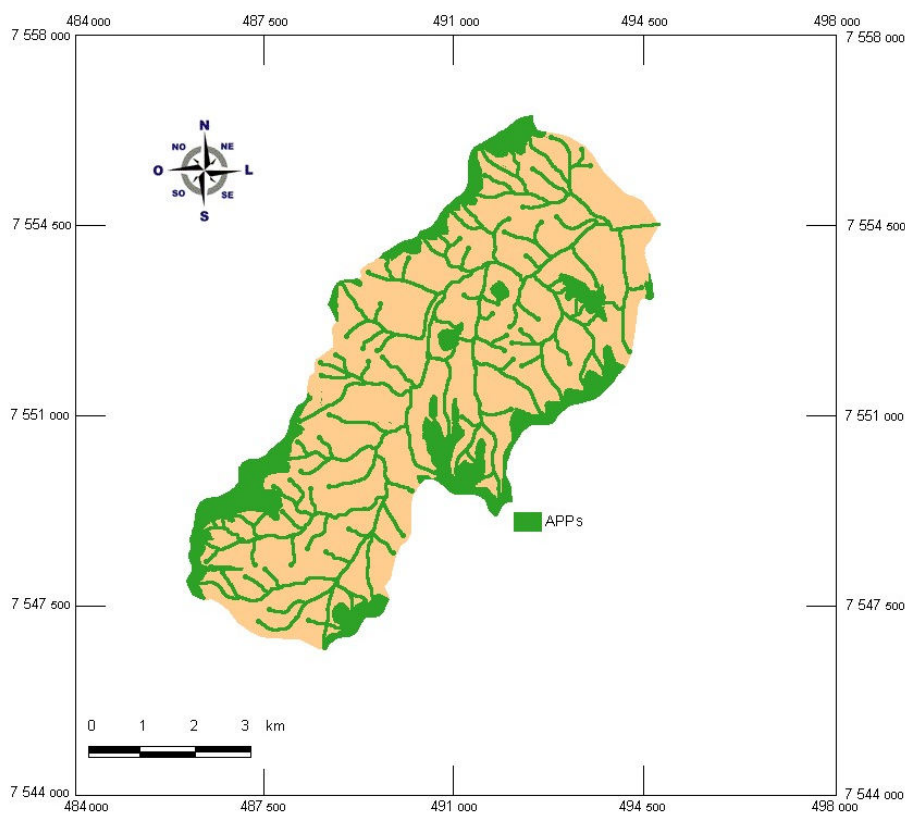
O plantio de culturas agrícolas ocupa 21,43% (850,92 ha) da área da bacia e, em grande parte é representado pela cultura do café. A área de capoeira (vegetação em estágio inicial a médio de regeneração) e várzeas é de 19,92% (790,84 ha).



**Figura 2.** Mapa de uso do solo da bacia hidrográfica do Ribeirão São Lourenço no ano de 2004

### 3.2. Áreas de preservação permanente

A **Figura 3** ilustra a distribuição espacial de todas as áreas de preservação permanente na região estudada.



**Figura 3-** Mapa contendo todas as áreas de preservação permanente da bacia hidrográfica do Ribeirão São Lourenço

Na **Tabela 2**, sintetiza-se a contribuição isolada de cada categoria de área de preservação permanente, não sendo contabilizadas as eventuais superposições.

**Tabela 2-** Superfície total da bacia hidrográfica do Ribeirão São Lourenço protegida por categoria de área de preservação permanente

Categoria	Área (ha)	Percentual da bacia
Matas ciliares	709,32	17,86
Ao redor de nascentes	91,56	2,31
Topos de morros, montanhas e linha de cumeada	630,60	15,88
Declividade superior a 45°	2,20	0,06

A análise da **Tabela 2** mostra que a preservação ao longo das margens dos cursos d'água responde, isoladamente, pela maior extensão (709,32 ha) das áreas protegidas e ocupa 17,86% da área total da bacia. As APPs de topos de morros, montanhas e linha de cumeada somam 630,60 ha (15,88%). As áreas ao redor das nascentes totalizam 91,56 ha (2,31%). A menor participação entre as categorias de APPs corresponde às encostas com declividade superior a 45° que ocupam 2,20 ha (0,06%). Segundo Pinto et al. (2005), esta categoria de APP, mesmo ocupando uma área restrita da bacia hidrográfica, apresenta significativa importância para a conservação do solo e da água da mesma.

Considerando-se as categorias de APPs mencionadas, o Código Florestal promove a proteção efetiva de 1.328,88 ha, o que corresponde a 33,46% da área total dessa bacia. Este valor da percentagem de áreas legalmente protegidas (33,46%) encontra-se próximo ao valor encontrado por Moreira et al. (2003) na microbacia do Córrego Paraíso (39,02%), município de Viçosa-MG, que apresenta características topográficas parecidas.

### 3.3 Verificação do conflito de uso do solo

Na **Tabela 3**, encontram-se os valores das classes de uso do solo nas categorias de APPs estudadas.

**Tabela 3-** Uso do solo nas APPs das nascentes, matas ciliares, áreas com declividade superior a 45° e topos de morros, montanhas e linha de cumeada, da bacia hidrográfica do Ribeirão São Lourenço no ano de 2004.

Uso do solo	Nascentes		Matas ciliares		Declividade superior a 45°		Topo de morro e linha de cumeada	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Área urbana	8,76	9,57	74,48	10,50	0,00	0,00	46,56	7,38
Mata	10,80	11,80	36,04	5,08	0,28	12,73	78,24	12,41
Pastagem	28,00	30,58	272,32	38,39	0,32	14,55	204,12	32,37
Agricultura	22,80	24,90	154,40	21,77	1,24	56,36	204,72	32,46
Capoeira/várzeas	21,20	23,15	172,08	24,26	0,36	16,36	96,96	15,38
<b>Total</b>	<b>91,56</b>	<b>100,00</b>	<b>709,32</b>	<b>100,00</b>	<b>2,20</b>	<b>100,00</b>	<b>630,60</b>	<b>100,00</b>

Pela análise da **Tabela 3** verifica-se que a vegetação nativa (mata, capoeira e várzeas) cobre 34,95% (32 ha) da área de preservação das nascentes, 29,34% (208,12 ha) da preservação ao longo dos cursos d'água, 29,09% (0,64 ha) das APPs referentes às encostas com declividade superior a 45° e 27,79% (175,20 ha) das APPs de morros, montanhas e linhas de cumeada. As áreas de preservação permanente situadas nas margens dos cursos d'água apresentam, dentre as categorias de APPs, a maior redução em área de mata, com apenas 5,08% (36,04 ha) cobertos por fragmentos florestais.

Do total de 1.328,88 ha relativos às APPs, 950,20 ha (71,50%) são afetados por uso indevido, 271,12 ha (20,40%) são ocupados pela classe capoeira e várzeas e apenas 107,56 ha (8,10%) estão cobertos por fragmentos florestais nativos.

Os resultados mostram o não cumprimento da legislação referente ao uso e ocupação do solo nas APPs estudadas. Evidencia-se, assim, a necessidade de um plano de recomposição da vegetação dessas áreas (950,20 ha), uma vez que os desmatamentos e outros usos incorretos do solo refletem diretamente na quantidade e qualidade da água da bacia hidrográfica e conseqüentemente do aquífero local.

### 4. Considerações finais

O mapa de uso do solo mostrou que a bacia hidrográfica do Ribeirão São Lourenço encontra-se bastante alterada pela ação antrópica. As áreas de mata nativa sofreram intensa devastação sendo substituídas principalmente por pastagens. As altas declividades de seus terrenos facilitam o escoamento superficial e exigem maior proteção das áreas de recarga do lençol subterrâneo.

A área de preservação permanente total representa 33,46% da área total da bacia, onde 71,50% encontram-se sob uso conflitante. De acordo com estes dados fica claro o não cumprimento da legislação e a necessidade de recomposição destas áreas com vegetação nativa.

Técnicas de sensoriamento remoto e de geoprocessamento são essenciais para obtenção e integração de dados, possibilitando uma análise rica para subsidiar estratégias de gestão sustentável.

## 5. Referências

- ARAÚJO, S. M. V.G. de. **As áreas de preservação permanente e a questão urbana**. Consultoria Legislativa da Câmara dos Deputados, Brasília, ago. 2002. Disponível em: <[www2.camara.gov.br/publicacoes/estnottec/tema14/pdf/207730.pdf](http://www2.camara.gov.br/publicacoes/estnottec/tema14/pdf/207730.pdf)>. Acesso em: 27 jul. 2006.
- BRASIL. Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br/CCIVIL/L4771.htm>>. Acesso em: 20 mar. 2005.
- CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 303, de 20 de março de 2002. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30302.html>>. Acesso em: 20 mar. 2005.
- CPRM – Serviço Geológico do Brasil. **Projeto Circuito das Águas do Estado de Minas Gerais** - estudos geoambientais das fontes hidrominerais de Águas de Contendas, Cambuquira, Caxambu, Lambari e São Lourenço. Belo Horizonte, 1999. 142 p.
- HIRATA, R. et al. **Estudo para localização de fontes de águas não carbo-gasosas**. São Lourenço: Empresa de Águas São Lourenço S.A., 1994.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. São Lourenço – folha topográfica SF-23-Y-B-III-2. Escala: 1: 50.000. 1971.
- JORGE, F. N. de; UEHARA, K. Águas de superfície. In: OLIVEIRA, A. M. dos S.; BRITO, S. N. A. de (editores). **Geologia de engenharia**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998. p. 101-109.
- MENDES, C. A. B.; CIRILO, J. A. **Geoprocessamento em recursos hídricos: princípios, integração e aplicação**. Porto Alegre: ABRH, 2001. 536 p.
- MOREIRA, A. de A. et al. Determinação de áreas de preservação permanente em uma microbacia hidrográfica a partir de fotografias aéreas de pequeno formato. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 11., 2003, Belo Horizonte. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2003. Artigos, p.1381-1389. Disponível em: <[marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2003/03.28.12.35/doc/goto-/ltid.inpe.br/sbsr/2002/11.12.11.06](http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2003/03.28.12.35/doc/goto-/ltid.inpe.br/sbsr/2002/11.12.11.06)>. Acesso em: 30 maio 2006.
- PINTO, L.V.A. et al. Caracterização física da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG e uso conflitante da terra em suas áreas de preservação permanente. *Cerne*, Lavras, v.11, n.1, p. 49-60, jan./mar.2005. Disponível em: <[www.dcf.ufla.br/cerne/Revistav11n1-2005/06%20artigo%20012%20Editorado.pdf](http://www.dcf.ufla.br/cerne/Revistav11n1-2005/06%20artigo%20012%20Editorado.pdf)>. Acesso em: 30 mar. 2006.
- RIBEIRO, C. A. A. S. et al. O Desafio da Delimitação de Áreas de Preservação Permanente. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 29, n. 2, p. 203-212, 2005. Disponível em: <[www.scielo.br/pdf/rarv/v29n2/a04v29n2.pdf](http://www.scielo.br/pdf/rarv/v29n2/a04v29n2.pdf)>. Acesso em: 30 maio 2006.