

Análise das mudanças no uso do solo da microbacia do córrego das Furnas, município de Ourinhos - SP, entre os anos de 1972 e 2007, e dos impactos sobre suas áreas de preservação permanente, apoiada em geoprocessamento

Edson Luís Pirolí¹
Daniel Tetsuji Kikuchi Ishikawa¹
Julio Cesar Demarchi¹

¹ Universidade Estadual Paulista - UNESP
Campus Experimental de Ourinhos, Curso de Geografia
Av. Vitalina Marcusso, 1500, 19.910-206, Campus Universitário – Ourinhos - SP, Brasil
elp@ourinhos.unesp.br, danieltkiorama@gmail.com, julio@ourinhos.unesp.br

Abstract. This work intends to do a historical analysis of the land use and occupation of the permanent preservation areas of the Furnas stream and its microbasin, located in the city of Ourinhos, São Paulo State. These analysis have done through GIS, comparing aerial photographs from 1972 and ALOS satellite images from 2007, taking advantage of its spatial resolution. In order to assess the gains, losses, persistences and exchanges among land use classes during the study period, using the tool of Land Change Modeler from the SIG Idrisi Taiga. It was observed the advance of the monoculture of sugarcane and the urban sprawl over the microbasin and the stream permanent preservation areas, with irregular land use and occupation, in disagreement with the Brazilian Forest Code and the Ourinhos Master Plan. Another significant changes were: substitution of annual crops by sugarcane, substitution of pastures by urban areas and scrublands, substitution of coffee crops by sugarcane crops and the industrial district, the appearance of eucalyptus plantation, the increase of scrublands areas, among others. The urban sprawl and the pasture degradation and compaction have contributed for the Furnas stream situation and biodiversity reduction. It was observed that Land Change Modeler tool used was efficient for the detection and understanding for this study.

Palavras-chave: remote sensing, Land Change Modeler, Advanced Land Observing Satellite, Furnas stream, land use, sensoriamento remoto, modelagem de mudanças do solo, satélite ALOS, Córrego das Furnas, uso do solo.

1. Introdução

O uso dos recursos naturais, sobretudo dos recursos hídricos, tornou-se foco de discussão nos últimos anos, tendo como centro do debate a qualidade e quantidade dos mesmos para as gerações futuras, bem como os impactos que o meio ambiente pode sofrer caso os recursos hídricos venham a ser danificados de maneira mais grave.

FAO/IIASA (1993) afirmam que o “uso do solo diz respeito à finalidade para a qual a terra é usada pela população humana local e pode ser definida como as atividades humanas que estão diretamente relacionadas à terra, fazendo uso de seus recursos ou tendo impacto sobre eles”. Desta forma, mudanças na cobertura do solo, especialmente em suas Áreas de Preservação Permanente (APPs), podem trazer diversas conseqüências ambientais e econômicas.

As APPs são previstas pelo Código Florestal, Lei n.º. 4.771/65 (Brasil, 1965), e regulamentadas pela Resolução CONAMA n.º. 303/02 (CONAMA, 2002), como áreas

[...] cobertas ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.

No que se refere às APPs relacionadas aos corpos d’água, objeto deste estudo, o artigo 2º da Lei n.º. 4.771/1965, alterado pela Lei n.º 7.803 de 18 de julho de 1989 (Brasil, 1989), considera como de preservação permanente as florestas e demais formas de vegetação natural situadas:

a) ao longo dos rios ou de qualquer curso d’água desde o seu nível mais alto em faixa marginal cuja largura mínima será:

1 - de 30 (trinta) metros para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura*¹...

c) nas nascentes, ainda que intermitentes e nos chamados "olhos d'água", qualquer que seja a sua situação topográfica, num raio mínimo de 50 (cinquenta) metros de largura.

Sua área é protegida por lei federal e pode sofrer intervenção apenas em casos excepcionais, definidas pela Resolução CONAMA n°. 369/06 (CONAMA, 2006). A ocupação indevida de APPs e a derrubada de mata ciliar, tanto no campo como nas cidades geram diversos problemas que agravam a degradação ambiental (Prado e Novo, 2007). Nestes casos a fauna e flora são colocadas em xeque, pois a derrubada da mata ciliar diminui a variedade da vegetação e acaba com o hábitat das espécies da fauna silvestre regional.

A ferramenta *Land Change Modeler* (LCM) *for Ecological Sustainability* foi desenvolvida pela Clark Labs com o apoio do *Andes Center for Biodiversity Conservation* da ONG *Conservation International*, e tem a função de analisar as mudanças no uso do solo entre duas datas, avaliar as perdas, ganhos e persistências no uso do solo, as contribuições de cada tipo de uso do solo para conversão em outra classe, além de prever e modelar as variáveis relativas às transições do ambiente e hábitat (Eastman, 2009).

Václavík (s.d.) analisou as mudanças ocorridas no uso do solo na região de Olomouc, na República Tcheca, no período de 1976 a 2001, ou seja, doze anos antes e doze anos após o fim do regime comunista no país, utilizando imagens do satélite Landsat e a ferramenta *Land Change Modeler*, e constatou um considerável abandono das áreas de agricultura intensiva no local e transformação em pastagens, sobretudo nas áreas de solos menos férteis, assim como aumento nas áreas urbanizadas e conversão de florestas de coníferas em florestas mistas. Através destas constatações, foi possível analisar os resultados das transformações econômicas advindas das mudanças políticas nesta região, que se refletiram na dinâmica do uso da terra e sua distribuição espacial.

Neste contexto, o presente artigo objetiva analisar as mudanças de uso do solo da microbacia do Córrego das Furnas, localizada no município de Ourinhos – SP, e dos impactos em suas Áreas de Preservação Permanente (APPs), no período de 1972 a 2007, através da ferramenta *Land Change Modeler*, disponível no SIG Idrisi Taiga.

2. Metodologia de trabalho

Os materiais utilizados no estudo foram imagens do satélite ALOS (*Advanced Land Observing Satellite*) datadas de 11 de março de 2007, cartas topográficas do IBGE, folhas Ourinhos (SF-22-Z-A-VI-3) e Jacarezinho (SF-22-Z-C-III-1), na escala 1:50.000, aerofotogramas de Ourinhos datados de 17 de agosto de 1972 na escala de 1:25.000, aparelho de GPS de navegação, e o sistema de informações geográficas Idrisi Taiga.

O trabalho iniciou-se com ajuste no georreferenciamento das imagens, utilizando-se de coordenadas extraídas da carta topográfica da área. Na seqüência, vetorizou-se o limite da microbacia, os córregos e as nascentes sobre a carta topográfica digital georreferenciada. Em seguida, as bandas 1, 2 e 3 do sensor AVNIR-2 foram fundidas com a banda pancromática (sensor PRISM) do satélite ALOS, utilizando-se o módulo *Pansharpen* do Idrisi.

Na seqüência, foram elaborados os mapas de uso do solo, através da fotointerpretação dos aerofotogramas de 1972 e da interpretação visual das imagens do satélite ALOS. Os mapas gerados foram inseridos na ferramenta *Land Change Modeler* do Idrisi Taiga, e esta gerou os mapas de ganho, perda e persistência das classes de uso do solo entre os anos estudados, bem como os mapas de transição e trocas entre classes de uso do solo no período considerado, o

¹ O artigo citado descreve a largura das APPs para rios de todas as dimensões. No entanto, como o córrego estudado neste trabalho tem menos de 10 metros de largura, foi enumerado apenas o item relativo à faixa de APP correspondente.

que permitiu identificar as mudanças no uso da terra, em termos de quantidade e na sua distribuição espacial.

Em seguida, delimitaram-se as faixas de APPs dos córregos, nascentes e reservatórios artificiais por meio da geração de buffers e posteriormente, a partir de tabulação cruzada, extraiu-se o uso do solo das APPs das nascentes, lagos e do córrego de cada um dos mapas de uso do solo, com a finalidade de analisar as mudanças no uso do solo nestes locais, assim como os impactos da intervenção antrópica.

3. Resultados e Discussão

Os mapas de uso do solo foram utilizados para comparar sua evolução entre os anos analisados. A análise mostrou um aumento significativo da área urbana e da área de cultivo de cana-de-açúcar na microbacia. A área urbana passou de 112,73 hectares (ha) em 1972, para 445,32 ha em 2007. Esta ampliação, somada à falta de políticas de manutenção de áreas verdes, trouxe aumento na concentração de água das chuvas, no seu volume e no seu potencial erosivo, o que tem arrastado grandes quantidades de sedimentos e de resíduos sólidos, causando assoreamento dos córregos e de suas APPs. Já a área coberta pela cana-de-açúcar ampliou-se de 108,13 ha para 581,30 ha, o que é reflexo da política de incentivo à fabricação de carros a álcool, adotada pelo país no período analisado. De acordo com Mendonça (2006), a indústria da cana sempre teve grande importância na economia e no processo histórico brasileiro. A atividade adquiriu dimensão ainda maior no Brasil com a crise internacional do petróleo nos anos 70, que causou forte alta nos preços daquele produto e impulsionou o setor canavieiro, a partir da criação do Proálcool. De 1972 a 1995, o governo brasileiro incentivou o aumento da área de plantação de cana e a estruturação do complexo sucroalcooleiro, com grandes subsídios e diferentes formas de incentivo.

Observou-se também que houve grande redução nas áreas de pastagens, que em 1972 cobriam 510,88 ha, e em 2007 cobriam 175,55 ha. As áreas de culturas anuais apresentaram redução de 350,43 ha em 1972 para 7,60 ha em 2007, o que indica a substituição destas culturas agrícolas pela cana-de-açúcar, fato ocorrido em todo o município de Ourinhos, e também uma mudança importante no perfil da população residente na área, que atualmente é urbana. Além disso, a análise mostra que não há, na data mais recente, produção de alimentos de origem vegetal na área. Como prova disso, observa-se a cultura do café, que em 1972 cobria 89,47 ha, e que atualmente inexistente na área. Houve, ainda, a implantação do distrito industrial de Ourinhos, que ocupava 39,72 ha em 2007, e de plantações de eucalipto, que em 2007 cobriam 55,16 ha. A Tabela 1 e a Figura 1 apresentam a distribuição dos usos e ocupações do solo no ano de 1972.

Tabela 1. Área dos usos e ocupações do solo em 1972.

Uso do solo	Área (ha)	Percentual de cobertura (%)
Área Urbana	112,73	7,56
Cana-de-açúcar	108,13	7,25
Pastagem	510,88	34,25
Culturas Anuais	350,43	23,5
Café	89,47	6,00
Capoeira	33,71	2,26
Floresta	6,10	0,41
Rodovia	11,80	0,79
Chácaras e Sedes ¹	131,62	8,83
Água	20,66	1,39
Expansão Urbana ²	115,93	7,77
Total	1.491,47	100

¹Sedes de fazendas, ²Áreas com ocupação e infra-estrutura urbana esparsa.

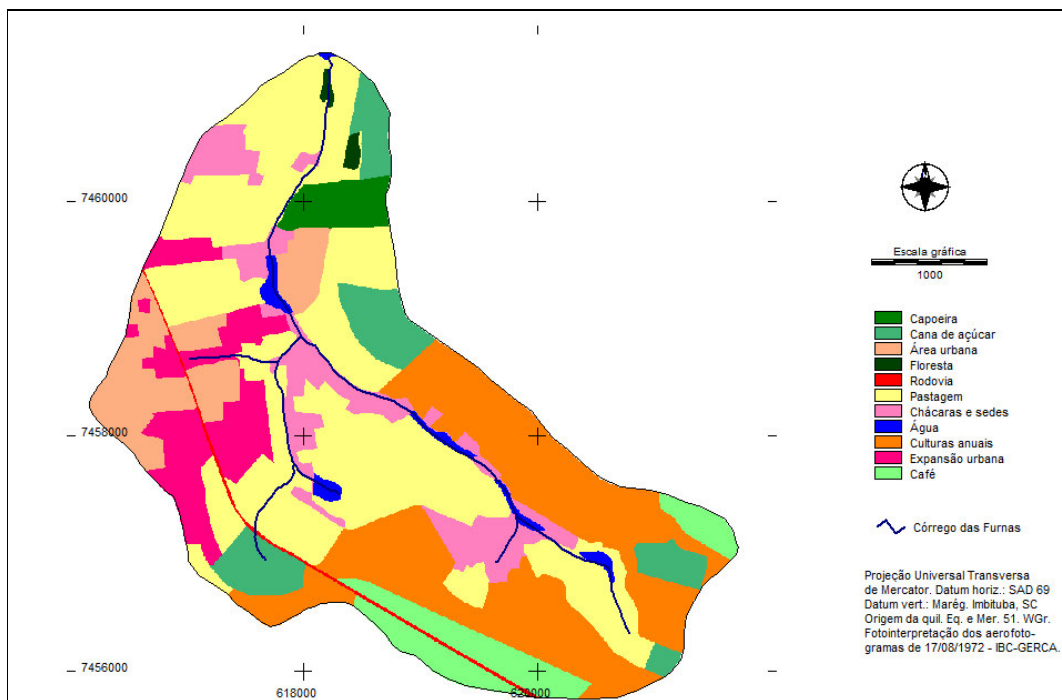


Figura 1. Microbacia do Córrego das Furnas: mapa de uso e ocupação do solo em 1972.

A Figura 2 e a Tabela 2 mostram a distribuição dos usos e ocupações do solo da microbacia do Córrego das Furnas no ano de 2007.

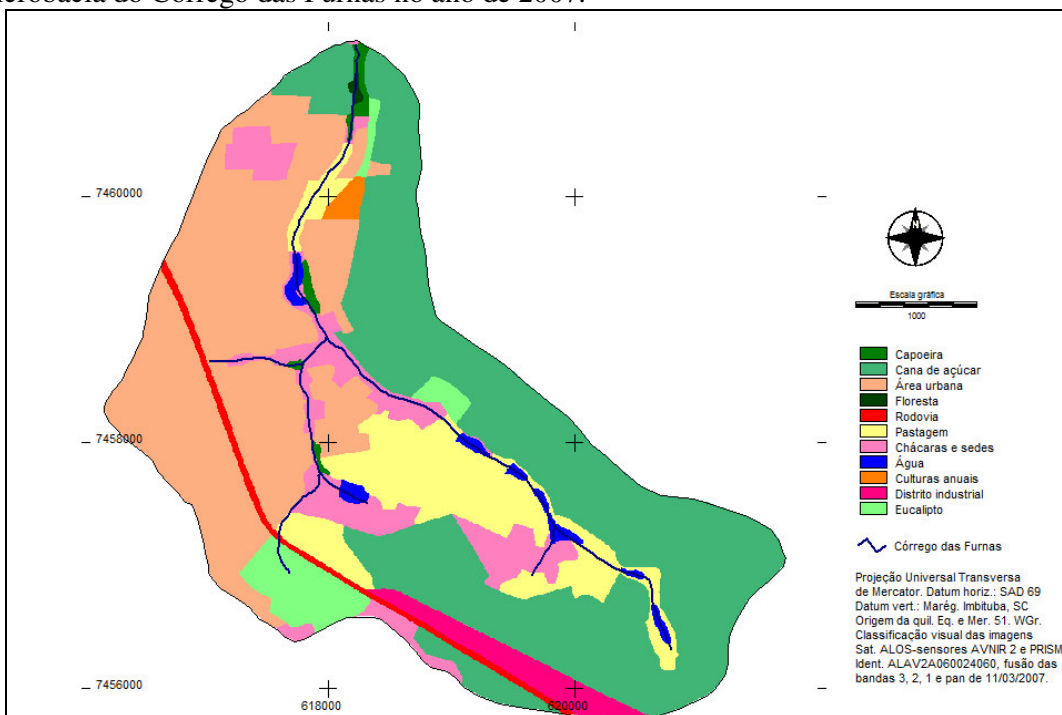


Figura 2. Microbacia do Córrego das Furnas: mapa de uso e ocupação do solo em 2007.

Tabela 2. Área dos usos e ocupações do solo em 2007.

Uso do solo	Área (ha)	Percentual de cobertura (%)
Área Urbana	445,32	29,86
Cana-de-açúcar	581,30	38,97
Pastagem	175,55	11,77
Culturas Anuais	7,60	0,51
Eucalipto	55,16	3,7
Capoeira	11,52	0,77
Floresta	1,78	0,12
Rodovia	25,76	1,73
Chácaras e Sedes	129,01	8,65
Água	18,73	1,26
Distrito Industrial	39,72	2,66
Total	1.491,47	100

Observa-se ainda que a área coberta por floresta reduziu de 6,10 ha para 1,78 ha no período e que a rodovia Raposo Tavares aumentou sua área de 11,80 para 25,76 ha devido à duplicação.

A Figura 3 mostra as áreas que tiveram alterações no uso do solo entre os períodos analisados. Ao observá-la, verificamos que a dinâmica da ocupação da microbacia foi intensa, tendo havido mudanças na maior parte de sua área.

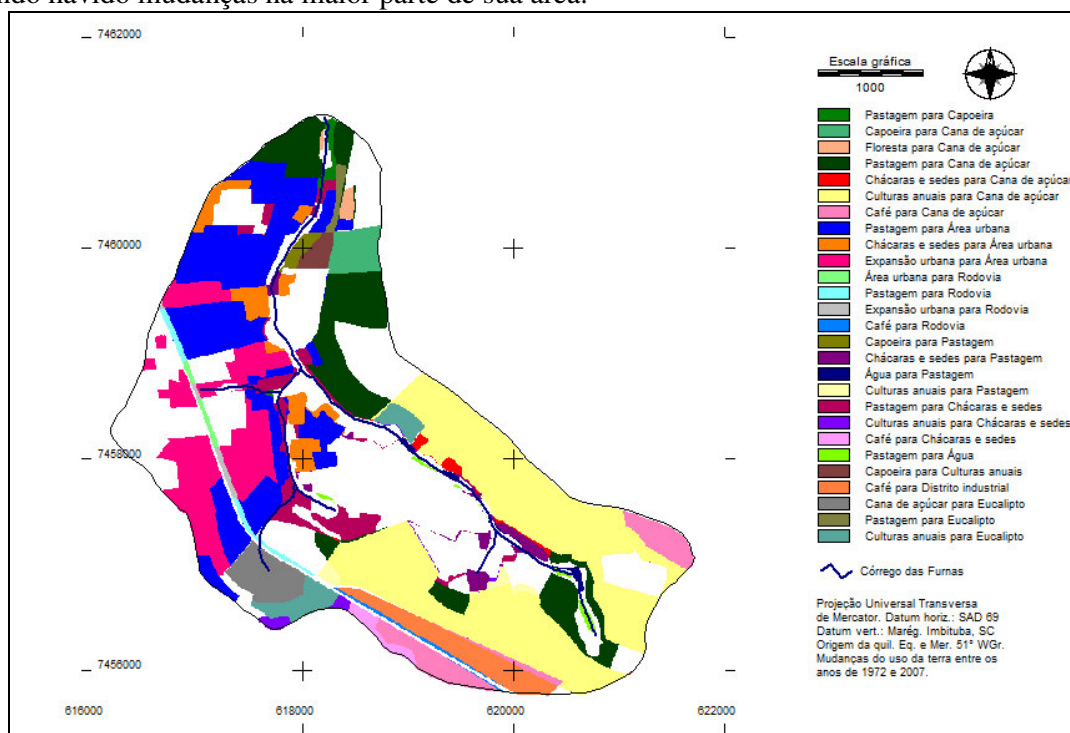


Figura 3. Microbacia do Córrego das Furnas: mudanças de uso da terra entre 1972 e 2007.

A Figura 4 apresenta as áreas que mantiveram seus usos nos dois períodos. Pode-se destacar que a área urbana consolidada, alguns sítios e sedes de fazenda, algumas áreas com pastagem e cana-de-açúcar continuam com a mesma cobertura do solo. No entanto, as vastas extensões de terra ocupadas com culturas anuais na década de setenta, foram quase totalmente substituídas pela cana-de-açúcar.

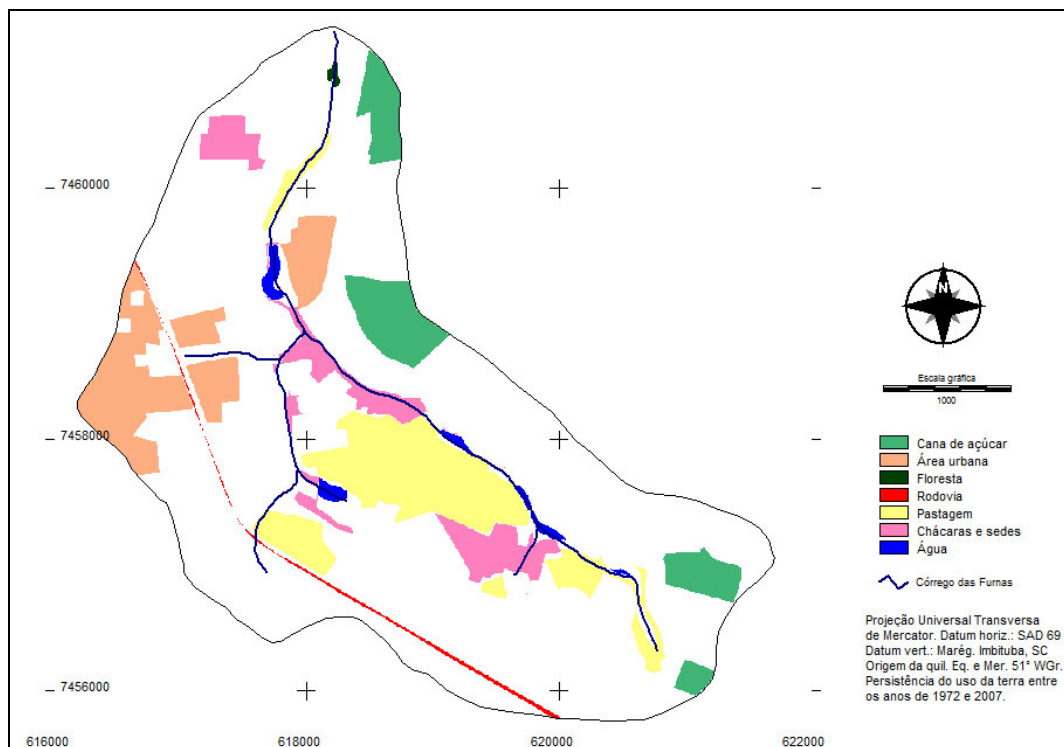


Figura 4. Microbacia do Córrego das Furnas: persistência no uso do solo entre 1972 e 2007.

Com relação às APPs, observou-se que sua área total somava 59,90 ha em 1972, tendo havido uma redução para 56,33 ha em 2007. Esta redução pode ser explicada pela mudança no tamanho e na forma dos reservatórios existentes ao longo do córrego. Na análise do uso do solo, observa-se que 29,70 ha estavam cobertos com pastagem, situação que mudou para 17,50 ha em 2007. As chácaras e sedes ocupavam 20,06 ha em 1972, e atualmente, ocupam 23,79 ha. A área de capoeira expandiu de 0,32 ha em 1972 para 6,04 ha em 2007, podendo ser interpretado como um pequeno avanço em termos de atendimento à legislação ambiental. No entanto, a classe floresta, que deveria ocupar a totalidade da área de estudo, uma vez que esta está inserida na região de domínio da Mata Atlântica, ocupava 1,55 ha em 1972 e, em 2007, apenas 1,19 ha (Tabela 3). Isto demonstra que não tem havido preocupação ambiental por parte dos proprietários das áreas, nem por parte da Prefeitura de Ourinhos, uma vez que nestes dois períodos o país já possuía leis que definem a importância e os limites das APPs, como o Código Florestal de 1965.

A partir da análise da ocupação destes espaços no intervalo de tempo estudado, nota-se o avanço de praticamente todas as atividades sobre as APPs, incluindo as áreas de nascentes. Destacam-se os riscos trazidos pelas plantações de cana-de-açúcar, que fazem uso de agroquímicos, e pelas pastagens, uma vez que a compactação do solo, realizada pelo caminhar dos animais, potencializa o processo de impermeabilização, aumentando os riscos de erosão do solo e de assoreamento do córrego. A mancha urbana, por sua vez, impermeabiliza o solo, minimizando a infiltração de água e potencializando processos de erosão, poluição, contaminação e assoreamento do córrego.

O Plano Diretor de Ourinhos (Prefeitura Municipal de Ourinhos, 2006), recomenda a criação de parques ao longo das APPs da sua área urbana, fato este não concretizado até o presente momento.

Nas poucas áreas com vegetação arbórea, observa-se a ausência de sub-bosque e a presença de espécies exóticas, que comprometem o desenvolvimento da vegetação nativa. A

presença de eucaliptos em áreas de nascente também deve ser mencionada, uma vez que sua presença não é recomendável para APPs.

A Tabela 3 apresenta a distribuição dos usos do solo nas APPs nos dois períodos analisados.

Tabela 3. Microbacia do Córrego das Furnas: usos do solo nas APPs em 1972 e 2007.

Uso do solo	Área (ha) - 1972	Percentual de cobertura (%)	Área (ha) - 2007	Percentual de cobertura (%)
Área Urbana	1,60	2,68	3,66	6,50
Cana-de-açúcar	2,00	3,34	1,71	3,03
Pastagem	29,70	49,58	17,50	31,07
Culturas Anuais	1,46	2,44	-	-
Eucalipto	-	-	2,16	3,83
Capoeira	0,32	0,53	6,04	10,72
Rodovia	0,23	0,38	0,48	0,85
Floresta	1,55	2,58	1,19	2,12
Chácaras e Sedes	20,06	33,49	23,59	41,88
Expansão Urbana	2,98	4,98	-	-
Total	59,90	100	56,33	100

Além das mudanças apresentadas quantitativamente, observou-se que nas áreas urbanizadas da microbacia a impermeabilização do solo pelas construções, pelas vias de acesso e outras obras de infra-estrutura, praticamente impossibilitam a infiltração da água das chuvas, que por sua vez, concentradas na superfície, formam grandes caudais, com potencial erosivo aumentado, trazendo inúmeros prejuízos sociais, econômicos e ambientais. Observou-se ainda que as mudanças na cobertura do solo têm trazido importantes prejuízos para a fauna silvestre, que em muitos locais, praticamente não é mais avistada, com exceção de poucas espécies que conseguem se adaptar à presença humana, e mesmo assim, correndo inúmeros riscos neste contato. Desta forma, pode-se afirmar que mudanças na cobertura do solo, transformando os recursos naturais, ou substituindo-os por atividades e usos de interesse econômico, podem trazer graves problemas ambientais e como consequência, prejuízos para a própria economia.

4. Conclusões

De posse dos dados apresentados, pode-se afirmar que a maior parte do solo da microbacia sofreu alterações de uso e cobertura no período estudado. Destacam-se as ampliações da área urbana e das áreas cultivadas com cana-de-açúcar e a diminuição das áreas de pastagem e de culturas anuais. Deve-se destacar ainda a erradicação da cultura do café da área de estudo, e a inserção de áreas com plantações de eucaliptos. Além disso, deve-se frisar a implantação do distrito industrial na região de maior altitude, da cabeceira da microbacia.

Observou-se que a maioria das APPs do córrego das Furnas está ocupada irregularmente, com deposição inapropriada de lixo e processos erosivos e de assoreamento intensos. As poucas áreas com vegetação arbórea apresentavam problemas de baixa variedade de espécies nativas, distribuídas de maneira irregular, minimizando o seu caráter de proteção ao córrego. Nestas mesmas áreas, a presença de espécies exóticas dificulta o desenvolvimento de espécies nativas, uma vez que competem por luz, nutrientes e água. O Plano Diretor da cidade de Ourinhos, embora recomende projetos de manutenção e recuperação das APPs, não apresenta resultados satisfatórios até o momento.

O uso da ferramenta *Land Change Modeler* permitiu a realização das análises propostas, facilitando a interpretação da dinâmica do uso do solo na área de estudo, evidenciando as mudanças, transições e persistência entre os diferentes usos.

Agradecimentos

Os autores agradecem à FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) pelo apoio a este trabalho através do financiamento do Projeto Regular “Análise do uso da terra nas áreas de preservação permanente do Rio Pardo usando geoprocessamento, e avaliação dos impactos deste uso sobre os recursos naturais destas áreas”, Processo nº 2009/53932-2.

Referências Bibliográficas

Brasil. Lei nº. 4771 de 15 de setembro de 1965. **Institui o novo Código florestal**. Brasília: Senado Federal, 1965. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L4771.htm>. Acesso em: 08.out.2010.

Brasil. Lei nº. 7.803, de 18 de julho de 1989. **Altera a redação da Lei nº. 4.771, de 15 de setembro de 1965, e revoga as Leis nºs 6.535, de 15 de junho de 1978, e 7.511, de 7 de julho de 1986**. Brasília: Senado Federal, 1989. Disponível em: <www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L7803.htm#art2>. Acesso em 08.out.2010.

CONAMA. 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 08.out.2010.

CONAMA. Resolução nº. 369 de 28 de março de 2006. **Dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Áreas de Preservação Permanente-APP**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=489>>. Acesso em: 08.out.2010.

Eastman, J. R. **Idrisi Taiga**: Guide to GIS and Image Processing. Worcester, MA: Clark University, 2009.

MENDONÇA, M. L. **A OMC e os Efeitos Destrutivos da Indústria da Cana no Brasil**. Disponível em <<http://www.landaction.org/display.php?article=397>>. Acesso em: 06.out.2010.

FAO/IIASA. **Agro-ecological assessments for national planning: the example of Kenya**. Rome: FAO, 1993. (FAO Soils Bul, n. 67).

Prado, R. B. ; Novo, E. M. L. M. Uso e cobertura da terra: mudanças no espaço e no tempo na bacia hidrográfica de contribuição para o reservatório de Barra Bonita - SP. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. **Embrapa Solos** (Online), v. 112, p. 01-48, 2007.

PREFEITURA MUNICIPAL DE OURINHOS. Lei Complementar n. 499 de 28 de dezembro de 2006. **Dispõe sobre o Plano Diretor do município de Ourinhos e dá outras providências**. Ourinhos, 2006. Disponível em: <[http://www.ourinhos.sp.gov.br/media/docs/planoDiretor/Lei_Complementar_N_499_\(Revisada\)_001.pdf](http://www.ourinhos.sp.gov.br/media/docs/planoDiretor/Lei_Complementar_N_499_(Revisada)_001.pdf)>. Acesso em: 04.out.2010.

VÁCLAVÍK, T. **Identifying trends in land use/land cover changes in Olomouc region, Czech Republic**. Disponível em: www.geoeearth.uncc.edu/research/TVaclavik_condensed.pdf. Acesso em 21.jun.2010.