

Detecção de mudanças no uso e cobertura da terra utilizando *Land Change Modeler*: o caso da bacia hidrográfica do Ribeirão do Rebojo, Pontal do Paranapanema, SP, Brasil

Éder Pereira dos Santos¹
Edson Luís Piroli²

¹ Universidade Estadual Paulista – FCT/UNESP
Rua Roberto Simonsen, 305 CEP: 19060-900 – P. Prudente - SP, Brasil
edy_phn@yahoo.com.br

² Universidade Estadual Paulista – Ourinhos/UNESP
Av. Vitalina Marcusso, 1500 CEP: 19.910-206 - Ourinhos - SP, Brasil
elp@ourinhos.unesp.br

Abstract. Use analysis and coverage of the earth are fundamental in understanding of human dynamic and currently there are tools that allow the modeling of changes detection from use and coverage maps of the earth, raised on different dates. In this article, the present research brings results obtained from an analysis of the changes in a period of 36 years. For both used a mosaic of 86 aerial photographs dated 1971/1972 and ALOS satellite image of 2007/2008 through a PRISM and AVNIR sensor fusion, 2,5 m and 10 m spatial resolution respectively. With the LCM tool (Land Change Modeler), it was possible to generate maps of gain and loss, persistence and change in uses and land coverage in the area of the watershed of the Ribeirão do Rebojo, located in Water Resources Management Unit of the Pontal of Paranapanema - UGRHI 22, west of the State of São Paulo. The mapping from manual vectorization considered the following classes: city, road, agricultural crop, pasture, reforestation, sedes, sugarcane, forest, campestre, wet area, and impoundment. The main change that occurred was in relation the pasture class that of main occurrence in 1971/1972, gave space to the advancement of sugarcane class registered in 2007/2008. The campestre class registered drastic loss; the forest class, with expressive existing fragments, also lost area, among other analyses. Geoprocessing techniques proved to be important for such analysis and results which are important for proper management of land use and environmental planning and management.

Palavras-chave: geoprocessing, remote sensing, geographic information system, advanced land observing satellite, geoprocessamento, sensoriamento remoto, sistema de informação geográfica, satélite ALOS.

1. Introdução

Entende-se que “o conhecimento da distribuição espacial dos tipos de uso e da cobertura da terra é fundamental para orientar a utilização racional do espaço” IBGE (2006). Em relação a expressão uso da terra ou uso do solo, Rosa (2007), menciona que de forma sintética esta “pode ser entendida como sendo a forma pela qual o espaço está sendo ocupado pelo homem”. Segundo Leite e Rosa (2012) “os conceitos relativos ao uso e cobertura da terra são muito próximos, por isso, muitas vezes são usados indistintamente”. Para Araújo et. al. (2007) “cobertura da terra está diretamente associada com tipos de cobertura natural ou artificial, que é de fato o que as imagens de sensoriamento remoto são capazes de registrar. Imagens não registram atividades diretamente”. Outra importante contribuição no sentido de esclarecimento acerca destes conceitos provém de Novo (1989) que afirma “o termo uso da terra refere-se a utilização cultural da terra”, ou seja, o antrópico entra neste contexto com suas atividades desenvolvidas no espaço geográfico, fazendo uso dos recursos da terra. Quanto ao termo “cobertura da terra ou *land cover* refere-se ao seu revestimento”, ou seja, o recobrimento da superfície terrestre por vegetação natural ou artificial bem como através das construções antrópicas.

Considerando as técnicas e métodos do geoprocessamento, do sensoriamento remoto e dos SIG (Sistemas de Informações Geográficas), Florenzano (2007) salienta que “as imagens de sensores remotos, como fonte de dados da superfície terrestre, são cada vez mais utilizadas para a elaboração de diferentes tipos de mapas”, ressaltando que dos dados brutos presentes

em uma imagem obtida por sensores remotos, após sua interpretação, obtêm-se informações relevantes. Quanto aos sistemas de informações geográficas, Fitz (2008) define como sendo “sistemas constituídos por um conjunto de programas computacionais, os quais integram dados, equipamentos e pessoas com o objetivo de coletar, armazenar, recuperar, manipular, visualizar e analisar dados espacialmente referenciados a um sistema de coordenadas conhecido”.

A agilidade propiciada por tal tecnologia é visível na medida em que, como salientam Felgueiras e Câmara (1993), “automatiza tarefas realizadas manualmente e facilita a realização de análises complexas, através da integração de dados de diversas fontes e da criação de bancos de dados geocodificados”. Os autores ressaltam ainda a importância e a disponibilidade destas tecnologias para um país de dimensão continental como o Brasil. Piroli e Pereira (1999) mencionam a utilidade prática destas ferramentas e tecnologias reiterando que a junção dos sistemas de informações geográficas com imagens de satélites e técnicas de geoprocessamento, possibilitam excelentes resultados nos mais diversos tipos de análises espaciais.

Técnicas de detecção de mudanças do uso e cobertura da terra são cada vez mais utilizadas revelando grande potencial de análises. Este artigo apresenta os resultados do estudo desenvolvido na bacia hidrográfica do Ribeirão do Rebojo localizado no Pontal do Paranapanema – SP, no qual as alterações do uso da terra ocorridas entre os anos de 1971/1972 e 2007/2008 foram avaliadas com técnicas de geoprocessamento e com o módulo LCM (*Land Change Modeler*) do aplicativo Idrisi Taiga. A área de estudo está localizada na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos Pontal do Paranapanema (UGRHI-22), no oeste do estado de São Paulo (Figura 1).

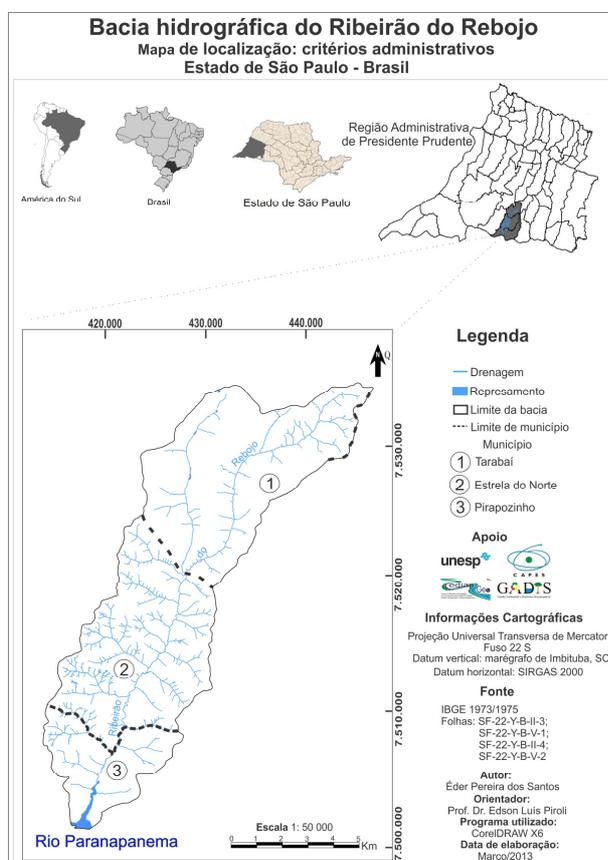


Figura 1: Mapa de localização da bacia hidrográfica do Ribeirão do Rebojo/SP.

2. Metodologia de Trabalho

Na presente pesquisa foram utilizados os aplicativos *Idrisi Taiga* para as análises espaciais, *Corel Draw X6* para edição dos mapas; *Adobe Photoshop CS4* para geração de mosaico das fotografias aéreas. Também foi utilizado GPS de navegação *Garmin* para a confirmação de padrões de uso e coleta de pontos de controle para o georreferenciamento das imagens do satélite ALOS de 2007/2008; do mosaico de cartas topográficas da área de estudo em escala 1: 50 000 (IBGE) e do mosaico de fotografias aéreas de 1971 /1972. Para melhorar a visualização dos dados e identificação dos alvos nas imagens ALOS foi elaborada fusão das imagens dos sensores Prism e Avnir-2 respectivamente com resoluções espaciais de 2,5 m e 10 m. As 86 fotografias aéreas da área de estudo em escala 1:25 000 foram mosaicadas e posteriormente georreferenciadas a partir de pontos de controle extraídos da fusão das imagens ALOS e coletados a campo. As classes de uso e cobertura da terra foram definidas conforme determinação do Manual Técnico de Uso da Terra (IBGE, 2006), com algumas adaptações. Assim, as classes de uso e cobertura da terra definidas para este trabalho foram: Áreas antrópicas Não Agrícolas (Cidade, Estradas); Áreas Antrópicas Agrícolas (Culturas agrícolas, Cana-de-açúcar, Pastagem, Reflorestamento e Sedes); Áreas de Vegetação Natural (Floresta, Campestre e Área úmida) e Água (Represamentos). O processamento dos dados no módulo LCM (*Land Change Modeler*) do *Idrisi Taiga* foi elaborado a partir da utilização dos mapas de uso da terra dos dois períodos analisados, gerando mapas de ganho e perda, persistência e mudanças.

3. Resultados e Discussões

Após as análises elaboradas, observou-se que nos anos de 1971/1972 o principal tipo de uso da terra era a pastagem, que cobria 43,9% da área total da bacia. Esse dado demonstra que a área de estudo bem como a região do Pontal do Paranapanema, da qual faz parte, tinha como principal atividade econômica na época, as pastagens destinadas à criação de gado bovino. Já nos anos de 2007/2008 as pastagens passaram a cobrir 27, 6% da área da bacia, perdendo o posto de principal classe de ocorrência para a cana-de-açúcar, que abrangia 35,6% da área total. Isto demonstra importante mudança ocorrida na área, seguindo a tendência em todo o Pontal do Paranapanema onde a cana tem sido implantada com grande intensidade em um grande número de propriedades rurais nos últimos anos, tendo se tornado um dos principais produtos agrícolas da região. Esta situação pode ser explicada pela criação do Programa PROALCOOL, no final da década de 1970, que visava substituir as importações de petróleo devido a alta de preços deste recurso energético em virtude da crise internacional no setor. Segundo Thomaz Junior (2009, p.229) na região do Pontal do Paranapanema, as áreas de produção canavieira “se conformaram ao longo dos anos 1980 e 1990, sobretudo nas proximidades das unidades agroindustriais canavieiras”. O autor ressalta também que está em curso uma ampliação “para as áreas mais próximas aos vales do Paranapanema, Peixe e Aguapeí-Feio, no entorno e porção norte da Reserva Estadual Morro do Diabo”.

A Tabela 1 e a Figura 2 mostram as áreas ocupadas por cada uso da terra nos anos de 1971/1972.

Tabela 2: Uso e cobertura da terra em 1971/1972.

Uso e Cobertura da terra	Área (ha)	Percentual de cobertura (%)
Área úmida	2.624,01	7,8
Pastagem	14.813,1	43,9
Cultura agrícola	5.307,26	15,7
Represamentos	25,51	0,1
Cidade	63,97	0,2
Sedes	191,67	0,6
Estradas	190,7	0,6
Floresta	2.401,81	7,1

Campestre	8.091,64	24,0
Total	33.709,6	100

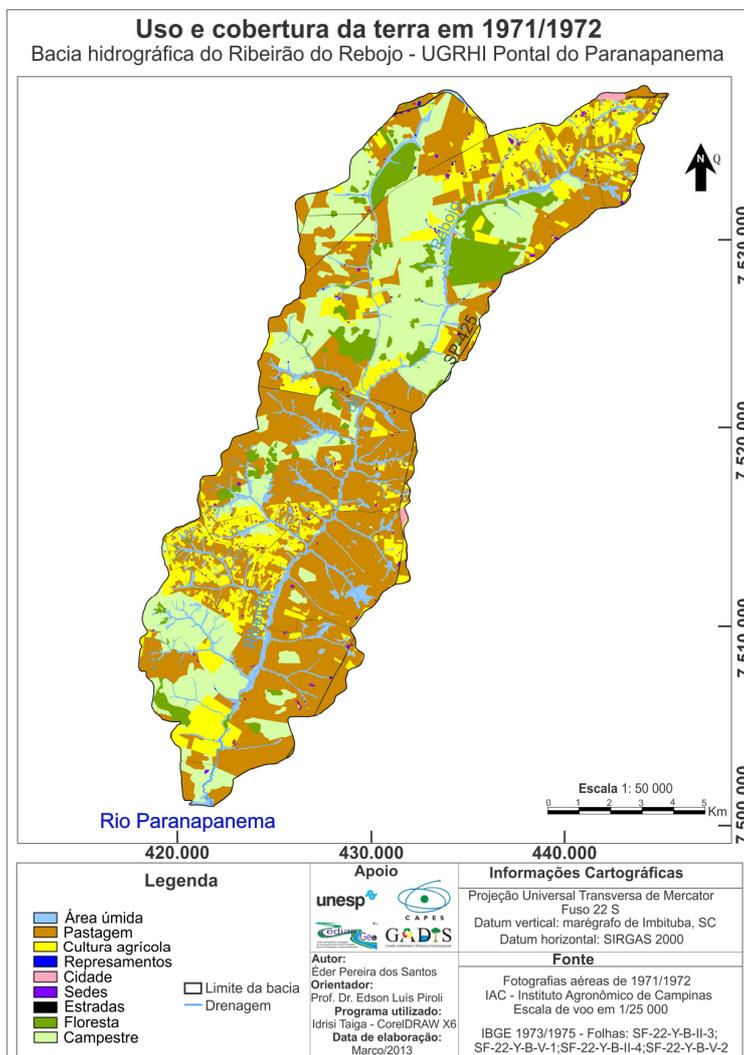


Figura 2: Mapa de uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do Ribeirão do Rebojo: 1971/1972.

A Tabela 2 e a Figura 3 mostram a espacialização das classes de uso e cobertura da terra em 2007/2008.

Tabela 2: Uso e cobertura da terra em 2007/2008.

Uso e Cobertura da terra	Área (ha)	Percentual de cobertura (%)
Área úmida	2.496,94	7,4
Cana-de-açúcar	11.985,13	35,6
Pastagem	9.287,80	27,6
Cultura agrícola	6.387,89	18,9
Represamentos	224,15	0,7
Cidade	160,17	0,5
Sedes	382,49	1,1
Estradas	204,64	0,6
Floresta	2.083,90	6,2
Reflorestamento	56,86	0,2
Campestre	439,64	1,3
Total	33.709,63	100

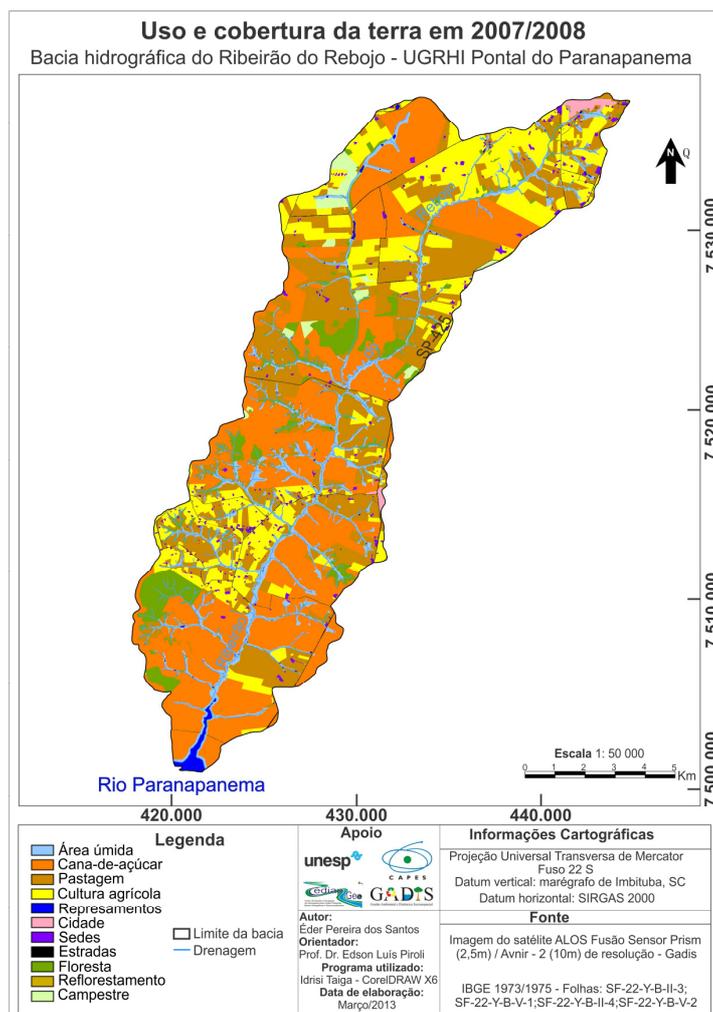


Figura 3: Mapa de uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do Ribeirão do Rebojo: 2007/2008.

Conforme pode ser observado nas tabelas 1 e 2 e nas figuras 2 e 3, as áreas de floresta apresentaram uma pequena redução, de 7,1% em 1971/1972 para 6,2% em 2007/2008. Nas fotografias aéreas de 1971/1972 era possível observar que as áreas de vegetação natural da bacia já tinham sido bastante reduzidas em virtude do processo histórico de ocupação da região, que em primeiro lugar derrubou as matas para em seguida plantar culturas agrícolas e pastagens. Em relação a esta classe observou-se que alguns fragmentos foram preservados entre os dois períodos estudados e outros foram recompostos. Na Figura 4 é possível observar a contribuição de cada uso e cobertura para a mudança líquida na classe floresta. Observa-se que esta obteve ganhos da classe campestre e da classe área úmida, porém perdeu áreas para as classes cana-de-açúcar, pastagem e cultura agrícola, demonstrando uma intensificação das atividades antrópicas na área da bacia.

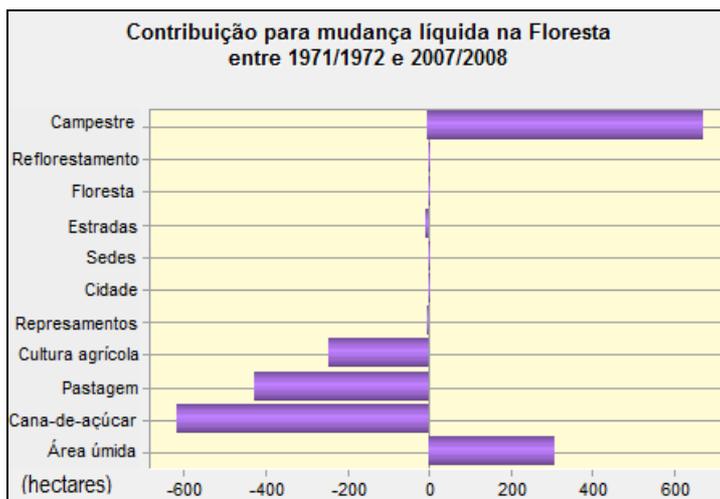


Figura 4: Contribuição dos usos e cobertura da terra para as mudanças na classe floresta.

Na classe represamentos houve uma mudança expressiva no tamanho da área, que correspondia em 1971/1972 a 25,51 ha e em 2007/2008 passou a 224,15 ha. Esta importante alteração está relacionado à construção da barragem da Usina Hidroelétrica de Taquaruçu, localizada a oeste da foz do Ribeirão do Rebojo, que com o enchimento, formou um grande reservatório, que adentrou a área da foz do Ribeirão do Rebojo, alargando suas margens no seu curso final. Na classe cidade houve aumento de 63,97 ha em 1971/1972 para 160,17 ha em 2007/2008 relacionado ao aumento da malha urbana das cidades de Tarabaí e Estrela do Norte, localizadas na área de estudo.

Observou-se neste estudo, grande alteração em relação à classe campestre, que cobria uma área de 8.091,64 ha em 1971/1972, representando 24% da área total da bacia, e que foi reduzida em 2007/2008 para 439,64 ha, ou seja, 1,3% da área total. Esta mudança está relacionada à efetivação da ocupação antrópica na área, com intensificação das atividades agropecuárias, o que levou os proprietários a substituírem as capoeiras por pastagens cultivadas e agricultura intensiva. Posteriormente, a maior parte da área ocupada por esta categoria passou a ser usada para cultivos de cana-de-açúcar. A Figura 5 mostra a contribuição de cada uso e cobertura para a mudança líquida na classe campestre e a Figura 6 apresenta a espacialização da relação de perda, ganho e persistência dessa classe nos 36 anos estudados.

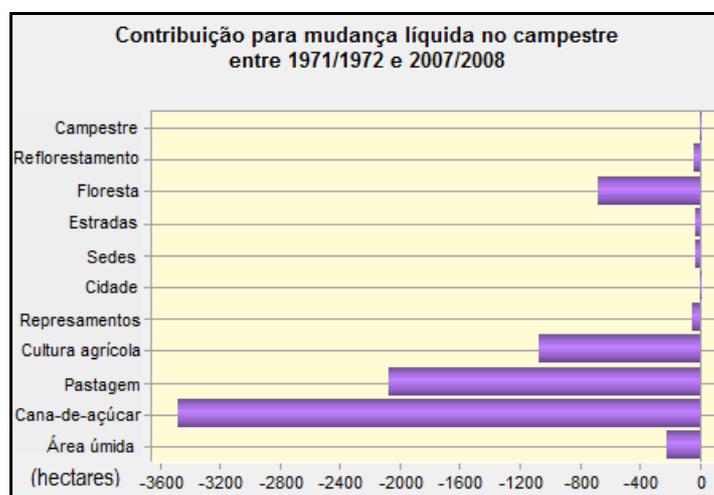


Figura 5: Contribuição dos usos e cobertura da terra para as mudanças na classe campestre.

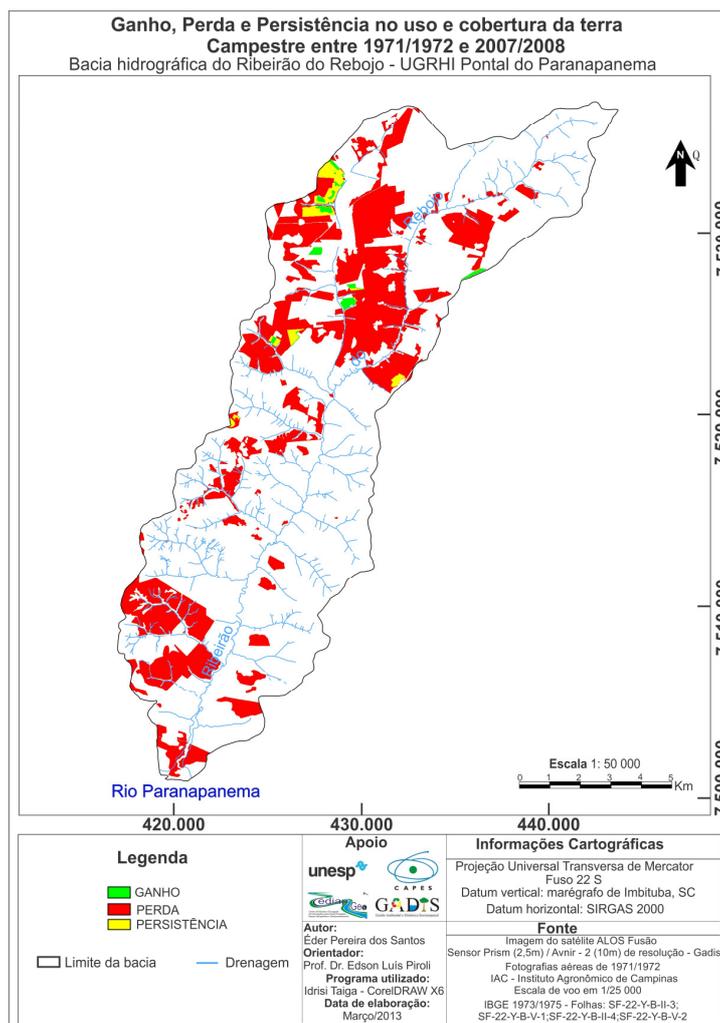


Figura 06: Mapa de ganho, perda e persistência na cobertura da terra campestre entre 1971/1972 e 2007/2008 na bacia hidrográfica do Ribeirão do Rebojo/SP.

Considerando-se as áreas onde os usos e coberturas persistiram ao longo dos 36 anos estudados, verifica-se que a classe pastagem se manteve em 4.373,08 ha, sendo ainda bastante expressiva na área de estudo.

4. Conclusões

O mapeamento realizado nos anos de 1971/1972 e 2007/2008 demonstrou intensa mudança em relação aos usos e à cobertura da terra na área da bacia. A principal alteração registrada foi a substituição da classe pastagem como principal uso pela classe cana-de-açúcar, que no mapeamento de 2007/2008 ocupava mais de 35% da área estudada. Essa dinâmica, verificada em campo, extrapola a área de estudo e é consequência das políticas voltadas à expansão do setor sucroalcooleiro no país e na região ao longo do período em que as imagens foram analisadas. Porém, percebeu-se também que embora a classe pastagem tenha tido uma redução drástica de área, de 43,9% em 1971/1972 para 27,6 em 2007/2008, permaneceu sendo expressiva na bacia e na região, que tem tradição na criação de gado bovino. Porém, observou-se durante a pesquisa que as pastagens tendem a ser substituídas pela cana-de-açúcar principalmente nas áreas mais planas do relevo, propícias à implantação da mecanização. Outra mudança importante observada foi a redução da área ocupada pela classe campestre, que foi substituída por outras, sobretudo pela pastagem e pela cana-de-açúcar.

O uso das técnicas de geoprocessamento apoiadas no sensoriamento remoto e nos sistemas de informações geográficas permitiram todas as análises realizadas na pesquisa, demonstrando a capacidade de contribuição para a detecção das mudanças no uso e cobertura da terra e sua representação cartográfica. O módulo *Land Change Modeler* possibilitou os cruzamentos necessários e a obtenção de grande número de informações demonstrando seu potencial para este tipo de análise.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Programa de Pós-graduação em Geografia da UNESP (Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”) campus de Presidente Prudente pelo apoio ao desenvolvimento desta pesquisa de mestrado. Agradecem também à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão da bolsa de mestrado.

Referências Bibliográficas

ARAÚJO, G.H. de S. et al. **Gestão Ambiental de Áreas degradadas**. Rio de Janeiro: Ed. Bertrand Brasil, 2007, 320p.

FLORENZANO, T.G. **Iniciação em sensoriamento remoto**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

FELGUEIRAS, C. A. & CÂMARA, G. **Sistema de Informações Geográficas do INPE**. 1. ed. In: ASSAD, E.D. e SANO, E.E., eds. *Sistema de Informações Geográficas: aplicações na agricultura*. Brasília, EMBRAPA/CPAC, 1993. P.41-59.

FITZ, P.R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

IBGE. **Manual Técnico de Uso da Terra**. 2ª ed., Rio de Janeiro: IBGE, 2006.

LEITE, E. F.; ROSA, R. **Análise do uso, ocupação e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Rio Formiga, Tocantins**. Observatorium: Revista Eletrônica de Geografia, v.4, n.12, p. 90-106, dez. 2012.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. São José dos Campos: Edgar Blücher, 1989.

PIROLI, E.L.; PEREIRA, R.S. **Geração de imagem georreferenciada do município de Santa Maria utilizando imagem de satélite e sistemas de informações geográficas**. Ciência Rural, v.29, n.3, Santa Maria, 1999.

ROSA, R. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. 6. Ed. Uberlândia: EDUFU, 2007.

Santos, E.P. dos. **Mudanças no uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Ribeirão do Rebojo entre 1971/1972 e 2007/2008. UGRHI Pontal do Paranapanema – SP**. 2013.396 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” (FCT/UNESP), Presidente Prudente. 2013.

THOMAZ JUNIOR, A. **Dinâmica Geográfica do Trabalho no Século XXI** (limites explicativos, autocrítica e desafios teóricos) vol.1. 2009. 501 f. Tese (Livre Docência em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente.