

Conservação das águas subterrâneas e o avanço da agricultura irrigada em áreas de afloramento do sistema Aquífero Guarani

Joyce Reissler¹
Rodrigo Lilla Manzione²

¹ Faculdade de Ciências Agrônomicas (FCA) – UNESP
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP
Fazenda Lageado, R. José Barbosa Barros, 1780 - 18610-307 – Botucatu – SP, Brasil.
joyce_reissler@hotmail.com

² Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP
Av. Vitalina Marcusso, 1500 - 19910-206 – Ourinhos – SP, Brasil.
manzione@ourinhos.unesp.br

Abstract. With the increasing demand for fuel, food and fiber that follows population growth, the effort to provide sufficient water for agriculture causes additional pressure on the environment. The conflicting interests between the use of the water and the protection of strategic sources reinforce the needs for a legislation adaptation, territorial organization and a sustainable water resources management. This study aimed to map land use in an outcrop area of the Guarani Aquifer System (GAS) and generate information for a better planning and discussion of public policies for groundwater resources conservation in areas with irrigated agricultural production. The study area was the Ribeirão do Jacú watershed, Tejuapá - SP, Brazil, located entirely in the outcrop area of GAS, a high vulnerability region. From supervised satellite image classification of land use and occupation using Geographic Information System (GIS), it was possible to identify and to quantify the major activities developed and the conflicts of the actual land use in the watershed in the period between 2002 and 2011. The results showed the presence of agricultural and livestock systems in Permanent Preservation Areas (PPA) and an improvement of irrigated agriculture in areas closed to the outflow of the basin, indicating a trend of local production intensification.

Palavras-Chave: conflitos de uso da terra, Sistema de Informações Geográficas (SIG), land use conflicts, Geographic Information System (GIS).

1. INTRODUÇÃO

A pressão pelo crescimento econômico e populacional leva a uma exploração inadequada dos recursos hídricos. Com o crescimento populacional, cresce também a demanda por água doce, principalmente pela agricultura, que é responsável por cerca de 72% do consumo total desse recurso no Brasil. A agricultura irrigada, em especial, exerce forte pressão sobre as águas subterrâneas – do ponto de vista quantitativo, quando bombeadas para alimentar campos de produção, bem como no qualitativo, por carregarem nutrientes e agroquímicos para a profundidade, atingindo os lençóis freáticos e contaminando as águas subterrâneas. Assim, quando praticada em áreas vulneráveis de aquíferos, como as áreas de afloramento, deve ser acompanhada por boas práticas agrônomicas e por um uso eficiente da água para que a demanda não ameace a oferta e a qualidade da água seja preservada.

O tipo e o uso do solo são fatores determinantes nos processos de filtração e recarga das águas subterrâneas, pois o tipo de cultura desenvolvida em determinada área e seus processos de produção podem influenciar a qualidade e quantidade da água subterrânea, sendo mais relevante em áreas de afloramento por sua característica de vulnerabilidade. As áreas de afloramento do Sistema Aquífero Guarani (SAG) constituem importantes entradas de água no sistema hídrico, sendo de fundamental importância para sua recarga.

Diante disso, é necessário compatibilizar o desenvolvimento socioeconômico com a proteção e recuperação de áreas de afloramento do SAG por meio da adequação e implantação de atividades compatíveis com a proteção e recuperação do manancial. Adequar a atividade humana em função da capacidade de suporte do meio é fazer uma parceria com as características naturais do terreno para uma ocupação ambientalmente responsável. Logo, torna-se fundamentalmente necessário caracterizar as diferentes coberturas e uso da terra, afim de gerar uma gestão eficiente do recurso hídrico subterrâneo, prover políticas públicas que incentivem o planejamento pela agricultura e oferecer oportunidades para o uso sustentável. Proteger e recuperar mananciais são ações importantes para amenizar problemas futuros de abastecimento de água e garantir a segurança hídrica em situações de estresse sem o perigo de se chegar ao seu esgotamento assegurando a conservação de áreas vulneráveis à manutenção da qualidade e quantidade dos recursos hídricos.

Assim, o objetivo deste trabalho foi mapear o uso e ocupação da terra em uma área de afloramento do Sistema Aquífero Guarani (SAG) e gerar informações para um melhor planejamento e discussão de políticas públicas para a conservação dos recursos hídricos subterrâneos em áreas de produção agrícola irrigada.

2. METODOLOGIA DE TRABALHO

2.1. Área de estudo

A área de estudo compreende a Bacia do Ribeirão do Jacú, afluente à margem esquerda do Rio Paranapanema à jusante da Represa Jurumirim. A bacia está localizada no município de Tejuapá (Lat.:23°20'S; Long.: 49°22'W; Alt.: 765 m), região sudoeste do Estado de São Paulo e está inserida na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos nº 14 (UGHRI-14), correspondente à Bacia Hidrográfica do Alto Paranapanema (ALPA).

Conforme o Relatório Síntese do Plano de Desenvolvimento e Proteção Ambiental da Área de Afloramento do Sistema Aquífero Guarani (PDPA-SAG), proposto por Albuquerque Filho et al. (2011), o município de Tejuapá está inserido em área delimitada como de proteção ao afloramento do Aquífero Guarani. Por ser considerada uma região de grande potencial agrícola, com cultivos irrigados que demandam aplicações anuais de agrotóxicos, o manejo e uso inadequado da terra pode exercer forte pressão sobre os recursos hídricos superficiais, dentre eles o Ribeirão do Jacú e, subterrâneos, que neste caso poderá comprometer a integridade do SAG.

2.2. Metodologia

Para a confecção dos mapas, o material cartográfico utilizado para compor a Bacia do Ribeirão do Jacú foram as cartas topográficas do IBGE na escala 1:50.000 de Sarutaiá e de Itai. Para o processo de classificação do uso da terra ao longo dos anos foram utilizadas as imagens datadas em 21/06/2002 (Landsat-7 ETM+) e 26/09/2011 (Landsat-5 TM) e um software livre de Sistema de Informações Geográficas (SIG), o SPRING (CAMARA et al, 1996) versão 5.2.4.

Foi estruturado um banco de dados no SIG SPRING, com dados projetados no Sistema Universal Transversa de Mercator (UTM), zona 22 Sul, em coordenadas planas e Datum SIRGAS 2000. Através das cartas topográficas foram vetorizados os limites e rede de drenagem da Bacia do Ribeirão do Jacú. As cartas também serviram de base para o georreferenciamento das imagens Landsat, na etapa de pré-processamento da imagem.

Após o realce das imagens através pelo contraste linear, seguiu-se com a classificação das imagens através da segmentação automática pelo agrupamento de pixels por crescimento de regiões, utilizando o classificador Batacharya para classificação supervisionada. A

identificação das classes de uso foi realizada a partir da interpretação da imagem de satélite, utilizando a composição colorida falsa-cor 5(R), 4(G) e 3(B) nas imagens.

Para a Bacia do Ribeirão do Jacú, foram definidas nove classes de classificação com base no Manual Técnico do Uso da Terra (IBGE, 2013): Corpo d'água, Mata, Reflorestamento, Pastagem, Cultura permanente, Cultura temporária, Cultura irrigada, Erosão e Área construída.

Para resultados mais precisos, foi realizado um tratamento pós-classificação através de edição matricial para corrigir pequenas confusões de classificação e o nível de confiança da classificação foi verificado por meio da matriz de erros, que apresenta a distribuição de percentagem de "pixels" classificados correta e erroneamente (CONGALTON e GREEN, 1998).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pela vetorização dos limites da bacia e sua rede de drenagem, o Ribeirão do Jacú apresentou-se com 3.674 ha de área total da bacia, perímetro de 37,21 km e rede de drenagem com 54,03 km de extensão.

De acordo com a classificação supervisionada das imagens do satélite Landsat de 2002 e 2011, foram gerados valores representativos das áreas de cada classe de uso da terra na Bacia do Ribeirão do Jacú (Tabela 1 e Figuras 1 e 2).

Tabela 1. Área (ha e %) das classes de uso da terra na Bacia do Ribeirão do Jacú e suas variações entre os anos de 2002 e 2011.

Classes	2002		2011		DP (%)	VA
	ha	%	ha	%		
Corpo d'água	17,46	0,47	15,29	0,41	-0,06	2,17
Mata	710,82	19,27	539,09	14,61	-4,66	171,73
Reflorestamento	66,51	1,80	327,51	8,88	7,08	261,00
Pastagem	1.065,60	28,89	1.037,27	28,12	-0,77	28,33
Cultura permanente	776,97	21,06	721,98	19,57	-1,49	54,99
Cultura temporária	1.012,59	27,45	911,25	24,70	-2,75	101,34
Cultura irrigada	0,00	0,00	95,76	2,60	2,60	95,76
Erosão	1,53	0,04	0,00	0,00	-0,04	1,53
Área construída	37,44	1,01	40,77	1,11	0,09	3,33
Total	3.688,92	100	3.688,92	100	-	-

DP: diferença percentual entre os anos de 2002 e 2011, que considera a percentagem da classe em relação à área total da bacia; VA: variação absoluta, que representa a diferença dos valores (em ha) de 2002 e 2011.

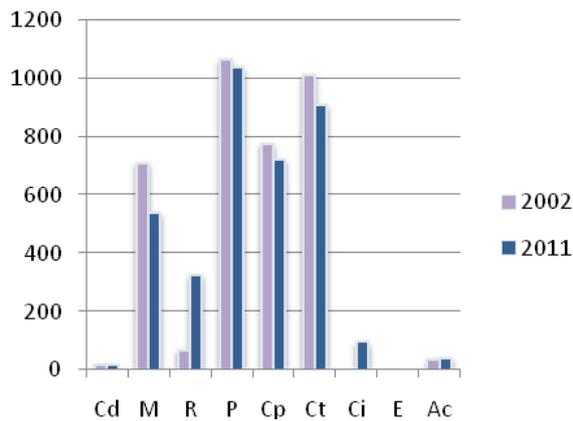


Figura 1. Área (ha) das classes de uso da terra na Bacia do Ribeirão do Jacú no ano de 2002 e 2011. Cd: Corpo d'água; M: Mata; R: Reflorestamento; P: Pastagem; Cp: Cultura permanente; Ct: Cultura temporária; Ci: Cultura irrigada; E: Erosão; Ac: Área construída.

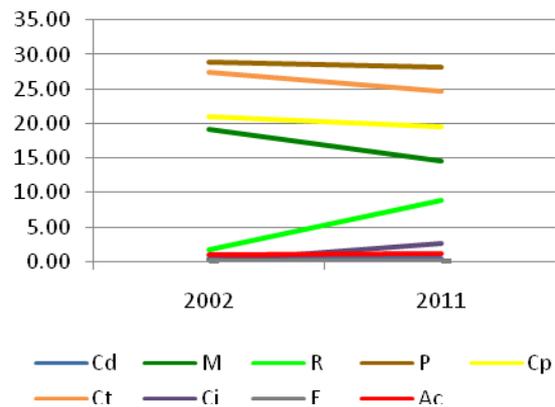


Figura 2. Uso da terra na Bacia do Ribeirão do Jacú nos anos de 2002 e 2011. Valores em porcentagem (%). Cd: Corpo d'água; M: Mata; R: Reflorestamento; P: Pastagem; Cp: Cultura permanente; Ct: Cultura temporária; Ci: Cultura irrigada; E: Erosão; Ac: Área construída.

Com os valores da Tabela 1 é possível observar que, no ano de 2002, as classes mais representativas da bacia foram consideradas as de atividades antrópicas, sendo a de maior área a classe de pastagem, ocupando 28,89% (1.065,60 ha) da área total da bacia, seguida pela cultura temporária com 27,45% (1.012,59 ha) e cultura permanente com 21,06% (776,97 ha). Esses índices demonstram que a Bacia do Ribeirão do Jacú, em 2002, caracterizava-se fortemente pela atividade agrícola e pecuária/pastoreio.

A classe que tipifica a mata natural ou em regeneração avançada ocupa o quarto lugar em maior área, representando 19,27% (710,82 ha) da área total em 2002. As classes corpo d'água, reflorestamento, área construída e erosão contribuíram com as menores representatividades na bacia e não houve ocorrência da cultura irrigada.

Já em 2011, as classes mais representativas da bacia corroboram com as de 2002, consideradas de atividades antrópicas. A classe pastagem também foi a mais representativa da bacia, com 28,12% (1.037,27 ha) da área total, seguida pela cultura temporária com 24,70% (911,25 ha) e cultura permanente com 19,57% (721,98 ha). Concordando com o ano de 2002, a classe mata ocupa o quarto lugar em maior área, representando 14,61% (539,09 ha) da área total. As classes menos representativas, em ordem decrescente, foram: reflorestamento, cultura irrigada, área construída e corpo d'água. No ano de 2011, não houve ocorrência da classe erosão.

Quando comparado os anos de 2002 e 2011, embora a permanência do padrão de grande representatividade das classes pastagem, cultura temporária e cultura permanente, é possível observar que, ao longo dos anos, há uma leve queda de suas áreas (-0,77%, -2,75% e 1,49%, respectivamente). A variação absoluta dessas classes representa uma diminuição de 101,34 ha de culturas temporárias, 54,99 ha de cultura permanente e 28,33 ha de pastagens. Pode-se também observar uma significativa alteração na área das matas que foi reduzida em 4,66% entre os anos de 2002 e 2011, representando uma diminuição de 171,73 ha, apesar de toda legislação e fiscalização incidentes. A redução destas classes pode ser explicada pela expansão das atividades de reflorestamento.

De acordo com a Tabela 1, a classe Reflorestamento conta com um expressivo aumento de sua área dentro da Bacia, com uma diferença de percentual de 7,08% e uma variação

absoluta de 261 ha de área produtiva, concluindo que entre os anos de 2002 e 2011 o aumento da classe foi de 392,42%. A ocorrência da classe cultura irrigada (por pivô central) é nula em 2002 e em 2011 é de 2,60%, ocupando um espaço de 95,76 ha.

Mesmo com pequenas variações de área das classes erosão, corpo d'água e área construída, quando comparados os anos de 2002 e 2011 e a área total da bacia, essas variações não apresentam como relevantes na dinâmica do uso da terra no período estudado. Já a classe erosão, detectada em 2002, não foi evidente na imagem de 2011, o que sugere uma amenização desse impacto no período estudado, tendo sido recuperada para o plantio de cana-de-açúcar.

Em visita a campo, foi possível observar que, dentre os principais cultivos identificados na Bacia do Ribeirão do Jacú, ocorrem o predomínio da cafeicultura e grandes áreas de cultivo de milho e soja, como também a atividade pecuária que estende-se por toda a bacia. Ocorrem também o cultivo de cana-de-açúcar e diversas áreas de reflorestamento, indicando o fortalecimento dessa atividade. Ganha-se destaque na região o aparecimento de pivôs central de irrigação por aspersão, o que denota o avanço de cultivos modernos e, assim, intensivos.

A alteração dos valores de classes indica a dinâmica no cenário de ocupação na Bacia do Ribeirão do Jacú, melhor observados através dos mapas das Figuras 3 e 4.

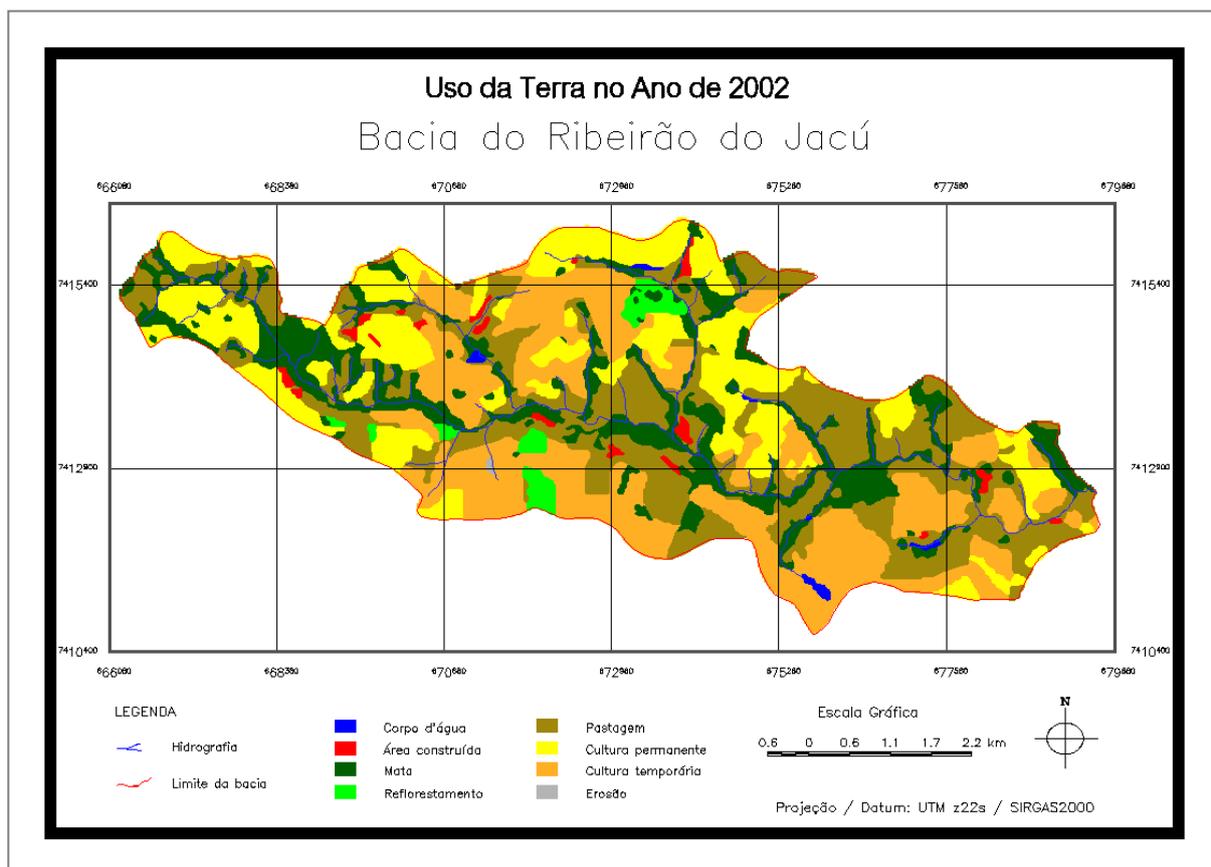


Figura 3. Uso da terra no ano de 2002 na Bacia do Ribeirão do Jacú.

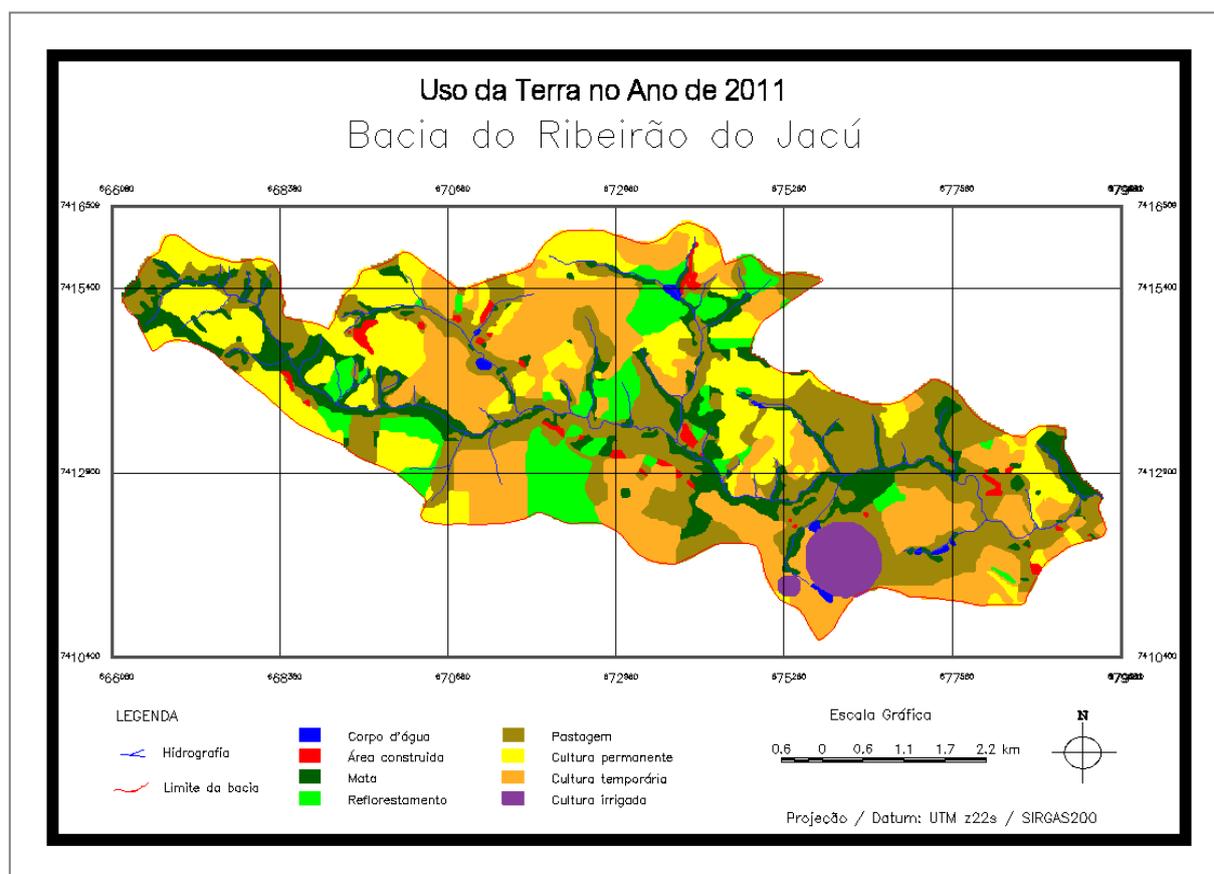


Figura 4. Uso da terra no ano de 2011 na Bacia do Ribeirão do Jacú.

Além disso, nos mapas é possível observar que tanto as diversas culturas, como a atividade de pecuária e reflorestamento ocupam áreas denominadas como de Preservação Permanente (APP's), áreas essenciais para a manutenção da saúde ambiental dos recursos hídricos e resiliência da bacia hidrográfica (WALKER et al, 1996; LIMA e ZAKIA, 2000; ALLAN et al, 2008; BISHOP et al, 2008; BURKHARD et al, 2010; PERT et al, 2010).

Foi ainda identificado que a região de maior vulnerabilidade da Bacia do Ribeirão do Jacú, por suas características pedológicas, é a localizada à sua margem direita, por caracterizar uma área de solos formados por arenitos, em contraponto com sua margem esquerda, com formação basáltica. Medidas conservacionistas são mais urgentes em áreas de maior vulnerabilidade nas áreas de recarga dos recursos hídricos subterrâneos para prover descarga adequada às nascentes que, posteriormente, irão suprir todo o curso do rio.

4. CONCLUSÕES

A caracterização e avaliação ambiental de uma região permitem a identificação da complexidade do ecossistema diante da dinâmica de sua ocupação e vulnerabilidade, permitindo, assim, um melhor proveito do uso da terra de forma sustentável e a gestão de oportunidades de acordo com a realidade local. Desta maneira, torna-se imprescindível compreender a dinâmica local e regional para tornar possível a compatibilização do desenvolvimento socioeconômico com a proteção e recuperação da zona de afloramento do SAG. Considerando que as principais fontes de contaminação das águas subterrâneas estão relacionadas ao uso do solo, e neste caso em especial a agricultura, boas práticas de manejo, uso controlado de agrotóxicos e descarte correto de resíduos sólidos são imprescindíveis.

Considerando que as culturas irrigadas utilizam quantidades significativas de água e agrotóxicos, se faz necessário o incentivo de práticas agrícolas adequadas, com o uso controlado de agroquímicos e a otimização do uso da água, visando à proteção do SAG, já que esta área se destaca como de alta vulnerabilidade de contaminação. Neste cenário, é importante considerar que a produção agrícola só é compreendida como positiva se os projetos de irrigação tiverem sustentabilidade econômica, sustentabilidade social e sustentabilidade ambiental, ou seja, se forem economicamente viáveis, socialmente responsáveis e ambientalmente sustentáveis. Esses ideais são claramente defendidos na Política Nacional de Irrigação.

Além disso, pode-se constatar através dos mapas que diversos pontos considerados como Área de Preservação Permanente (APP) estão ocupados por pastagens ou diferentes culturas. A supressão das matas ripárias ou de fragmentos acompanham o intenso avanço do reflorestamento para fins econômicos. O ordenamento dessas áreas de acordo com a legislação florestal vigente se torna essencial considerando como função das APPs, dentre outras, a proteção dos solos e a preservação da integridade dos recursos hídricos.

O uso de imagens de satélite e técnicas de geoprocessamento foram ferramentas importantes para a classificação do atual uso da terra, além de monitorar as mudanças ocorridas na bacia nos últimos anos. Os mapas gerados são úteis para serem utilizados como instrumento de gestão e planejamento da área de estudo por abordar tanto o contexto de natureza agrícola, no que se refere ao avanço da agricultura irrigada, como o ambiental, para fiscalização e recuperação de APPs, bem como definir prioridades na resolução de problemas e prover soluções e programas que incentivem os agricultores a desenvolver ações conservacionistas e evitar futuros impactos aos recursos hídricos, em especial, os subterrâneos.

Os resultados do estudo contribuem para se atingir uma base técnica de conhecimento e discussão de uma adequada gestão de áreas de afloramento do SAG, ao ajudar a dirigir as áreas de intervenção do SAG por complementar os dados já existentes aos planos de proteção ao SAG.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLAN, C. J.; VIDON, P.; LOWRANCE, R. Frontiers in riparian zone research in the 21st century. **Hydrological Processes**, v.2, p.3221-3222, 2008.

ALBUQUERQUE FILHO, J. L. et al. **Sistema Aquífero Guarani**: subsídios ao plano de desenvolvimento e proteção ambiental da área de afloramento do Sistema Aquífero Guarani no Estado de São Paulo. São Paulo: IPT, 2011, 102 p.

BISHOP, K.; BUFFAN, I.; ERLANDSSON, M.; FOLSTER, J.; LAUDON, H.; SEIBERT, J.; TEMNERUD, J. Acqua Incognita: the unknown headwaters. **Hydrological Processes**, v.22, p.1239- 1242, 2008.

BURKHARD, B.; PETROSILLO, I.; COSTANZA, R. Ecosystem services – bridging ecology, economy and social sciences. **Ecological Complexity**, v.7, p.257-259, 2010.

CAMARA, G. et al. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modeling. **Computers & Graphics**. Elmsford, **Computers & Graphics**, v. 20, n. 3, p. 395-403, 1996.

CONGALTON, R. G.; GREEN, K. **Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices**. New York: Lewis Publishers, 1998. 137p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Manual técnico de uso da terra**. 3. ed. Rio de Janeiro, 2013.

LIMA, W.P.; ZAKIA, M.J.B. Hidrologia de matas ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H.F. **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP/ Fapesp, 2000. p.33-44.

PERT, P. L.; BUTLER, J. R. A.; BRODIE, J. E.; BRUCE, C.; HONZAK, M.; KROON, F. J.; METCALFE, D.; MITCHELL, D.; WONG, G. A catchment-based approach to mapping hydrological ecosystem services using riparian habitat: a case study from the Wet Tropics, Australia. **Ecological Complexity**, v.7, p.378-388, 2010.

WALKER, J.; ALEXANDER, D.; IRONS, C.; JONES, B.; PENRIDGE, H.; RAPPORT, D. Catchment health indicators: an overview. In: WALKER, J.; REUTER, D. J. (Ed.). **Indicators of catchment health: a technical perspective**. Melbourne: CSIRO, 1996. p. 3-18.