

A importância das áreas ripárias para a sustentabilidade hidrológica do uso da terra em microbacias hidrográficas

Cláudia Mira Attanasio ^(1*); Sergius Gandolfi ⁽²⁾; Maria José B. Zakia ⁽³⁾; José Carlos Toledo Veniziani Junior ⁽⁴⁾; Walter de Paula Lima ⁽²⁾

⁽¹⁾ APTA, Polo Regional Centro-Sul, Caixa Postal 28, 13412-050 Piracicaba (SP), Brasil.

⁽²⁾ USP, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ), Caixa Postal 9, 13418-900 Piracicaba (SP), Brasil.

⁽³⁾ Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF), Avenida Pádua Dias, 11, 13400-970 Piracicaba (SP), Brasil.

⁽⁴⁾ Faculdade de Tecnologia de São Paulo, FATEC Jahu, Curso de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Rua Frei Galvão, s/n, 17202-599 Jaú (SP), Brasil.

(*) Autora correspondente: claudiattanasio@apta.sp.gov.br

Recebido: 18/jun./2012; Aceito: 2/out./2012

Resumo

Zonas ripárias são áreas de saturação hídrica, permanente ou temporária, cuja principal função é a proteção dos recursos hídricos de uma microbacia. Essa pesquisa comparou a adequação do uso do solo de dois cenários de planejamento agrícola de uma microbacia: o cenário convencional, representando o método usualmente empregado, que apenas considera as classes de capacidade de uso da terra, e o cenário hidrológico, que inclui a delimitação e avaliação das zonas ripárias. Um estudo de caso foi realizado na Microbacia do Ribeirão São João (3.656 ha), no município de Mineiros do Tietê (São Paulo, Brasil). Mapas de Classe de Capacidade de Uso da Terra e de Adequação do Uso do Solo foram elaborados, utilizando o Sistema de Informação Geográfica (SIG), para a construção dos cenários convencional e do proposto. Excluindo a Área de Preservação Permanente (APP), o cenário convencional indicou que 59,0% da área destinada à agricultura está adequadamente utilizada, 28,2% está subutilizada e 2,6% está sobreutilizada. O cenário proposto ou hidrológico, com inclusão da identificação da zona ripária (24,9% da microbacia) mostrou que muitas áreas que, no cenário convencional, possuem pouca restrição para o cultivo intensivo, como as classes II e III, são zonas ripárias, de sensibilidade hidrológica. Existem dentro dos limites da zona ripária 38,9% de classe de capacidade de uso III e 49,5% de classe IV. O planejador, desconsiderando a zona ripária, pode colocar em risco áreas vitais que, se degradadas, representam danos para a saúde e resiliência da microbacia.

Palavras-chave: classes de capacidade de uso da terra, adequação do uso do solo, agricultura sustentável, cenários, planos de manejo integrado, áreas úmidas.

The importance of the riparian areas for hydrologic sustainability of the land use in watersheds

Abstract

Riparian zones are water-saturated areas, permanent or temporary, which are important for the protection of the water resources in small watersheds. This study compared the adequacy of the land use in two scenarios of agricultural planning of a small watershed: the conventional scenario, representing the method usually employed, which considers only the classes of land use capacity, and the hydrological scenario, which also includes the delimitation and evaluation of the conditions of the riparian zones. A case study was carried out in the São João Creek watershed (3656 ha), located in Mineiros do Tietê (São Paulo/Brazil). Land Use Capacity Classes Map and Adequacy of Land Use Map were elaborated, using the Geographical Information System (SIG), for construction of the conventional and alternative scenarios. The conventional scenario indicated that 59.0% of the agricultural area, excluding the Permanent Preservation Area (PPA), is being properly used, 28.2% is underused and 2.6% is overused. The proposed hydrological scenario, with inclusion of the riparian zone, which represents 24.9% of the watershed, shows that many areas, which in the conventional scenario present little restriction to intensive cultivation, as classes II and III, are actually riparian zones. Within the limits of the riparian zones, there are 38.9% of the capacity class III and 49.5% of the class IV. Therefore, if the riparian zones are not considered in land use planning, the risk of degradation of these hydrological sensitive areas may increase, which can affect the health and resilience of the watershed.

Key words: land use capacity classes, adequacy of land use, sustainable agriculture, sceneries, integrated management plans, wetlands.

1. INTRODUÇÃO

As zonas ripárias são áreas de saturação hídrica da microbacia, encontradas principalmente ao longo das margens e nas cabeceiras da rede de drenagem, mas podendo ocorrer também em partes mais elevadas da encosta, dependendo da topografia e das condições de transmissividade do solo. Exercem importante função do ponto de vista hidrológico e ecológico, contribuindo assim para a manutenção da saúde ambiental e da resiliência da microbacia hidrográfica (WALKER et al., 1996; NAIMAN e DÉCAMPS, 1997; LIMA e ZAKIA, 2000; AGNEW et al., 2006; ABELL et al., 2007; ALLAN et al., 2008; BISHOP et al., 2008; BURKHARD et al., 2010; PERT et al., 2010).

O ecossistema ripário, em sua integridade, inclui a dinâmica da zona ripária, sua vegetação e suas interações e desempenha funções relacionadas à geração do escoamento direto em microbacias, ao aumento da capacidade de armazenamento e à manutenção da qualidade da água (efeito-tampão), além de promover estabilidade das margens dos rios, equilíbrio térmico da água e formação de corredores ecológicos (FAIL et al., 1987; NAIMAN e DÉCAMPS, 1997; LOWRANCE et al., 1997; LIMA e ZAKIA, 2006).

Todavia, estas áreas despertam interesses conflitantes. Agricultores a veem como potencial produtivo (MATSON et al., 1997). Existem também interesses para a extração de areia, corte seletivo de madeira, mineração, etc. Por outro lado, sua preservação e restauração, visando proteger suas funções hidrológicas e ecológicas, constituem etapa essencial na busca da sustentabilidade (LIMA e ZAKIA, 2000).

Desde a década de 1980, com o início das mudanças de paradigmas ambientais, os estudos e o conhecimento a respeito da importância das zonas ripárias, têm sido intensificados em todo o mundo (GREGORY et al., 1991; WALKER et al., 1996; NAIMAN e DÉCAMPS, 1997; LIMA e ZAKIA, 2006; AGNEW et al., 2006; ABELL et al., 2007; PERT et al., 2010).

Mesmo diante do reconhecimento da importância da zona ripária e dos serviços ambientais que realiza, da constatação da degradação que nestas áreas da microbacia vem ocorrendo e dos conflitos nela estabelecidos, a delimitação e o manejo sustentável da zona ripária não são, normalmente, considerados no planejamento do uso da terra, mesmo nos chamados planos de manejo integrado de microbacias.

Em vários países do mundo, incluindo o Brasil, esses planos de microbacias normalmente estabelecem a adequação do uso do solo, através da determinação das classes de capacidade de uso (KLINGEBIEL e MONTGOMERY, 1966; LEPSCH et al., 1983) ou outros critérios. A classificação de terras em capacidade de uso indica o grau de intensidade de cultivo que se pode aplicar em um terreno sem que haja no solo diminuição de sua produtividade

por causa da erosão. O tratamento é a aplicação dos métodos de proteção do solo. Este sistema foi elaborado primordialmente para atender a planejamentos de práticas de conservação do solo. Contudo, leva em conta outros fatores, tais como impedimentos à mecanização, produtividade dos solos e risco de inundação (KLINGEBIEL e MONTGOMERY, 1966; LEPSCH et al., 1983).

Sendo a zona ripária fator essencial para a resiliência da microbacia, a estimativa dos riscos de degradação dos recursos naturais, no mínimo, poderá ser deficiente se não incorporar a manutenção da integridade do ecossistema ripário.

Diante desse contexto, o presente estudo teve como objetivo comparar a adequação do uso do solo de dois cenários de planejamento agrícola de uma microbacia hidrográfica: o cenário convencional, que considera apenas as classes de capacidade de uso da terra, e o cenário hidrológico, que inclui a identificação e delimitação das zonas ripárias.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo

Este estudo foi realizado na Microbacia Hidrográfica do Ribeirão São João, com 3.656 ha, localizada no Estado de São Paulo, no município de Mineiros do Tietê (Lat.: 22°25'S; Long: 48°27'W; Alt.: 680 m). Segundo a classificação climática de Köppen (KÖPPEN e GEIGER, 1928), o clima da região é Cwa (tropical de altitude com invernos secos ou pouco chuvosos e verões quentes e úmidos com chuvas de verão). O total de chuvas do mês mais seco é menor que 30 mm, a temperatura do mês mais quente situa-se acima de 22 °C e a do mês mais frio abaixo de 18 °C. A precipitação pluvial acumulada da média anual da região é de aproximadamente 1350 mm.

A base cartográfica foi preparada com dados básicos extraídos das folhas topográficas, em escala 1:10000, do IGC/SP (1980), com informações obtidas de fotografias aéreas, escala 1:30000 do ano de 2000 e levantamentos de campo. Foram utilizados os SIG ESRI ArcView e o Idrisi, (Clark labs IDRISI 2 for Windows). O mapa-base (escala 1:10.000) contendo rede hidrográfica, a malha viária e as isolinhas altimétricas (equidistantes verticalmente 5 m), foi elaborado através do SIG ArcView 3.0.

A partir da base cartográfica, foram gerados os seguintes mapas da microbacia:

- (a) Mapa de classes de declividade (escala 1:10000): com base no modelo numérico do terreno (MNT), a partir dos dados altimétricos.
- (b) Mapa de solos (escala 1:10.000): resultante de um levantamento pedológico semidetalhado da área. A classificação dos solos foi realizada de acordo com EMBRAPA (2006).

- (c) Mapa de uso e ocupação atual do solo (escala 1:10000): através de informações adquiridas com fotografias aéreas de 2000, produtores rurais e levantamentos de campo, usando o GIS ArcView GIS 3.0.

Métodos

O estabelecimento da adequação do uso do solo e consequentemente de riscos de degradação ambiental em zona ripária na microbacia foram realizados por meio da sobreposição de mapas temáticos e da elaboração dos cenários, convencional e alternativo ou hidrológico.

O **cenário convencional**, representando o método usualmente empregado na elaboração de planos de manejo integrado de microbacias, considerou a adequação do uso do solo com base na análise das classes de capacidade de uso da terra.

As classes de capacidade de uso da terra foram mapeadas com a utilização do software Idrisi, através do cruzamento dos dados contidos nos planos de informação de solo e declividade. Para determinação das classes de capacidade de uso, adotou-se o sistema de classificação convencional aceito universalmente (KLINGEBIEL e MONTGOMERY, 1966) e adaptado por LEPSCH et al. (1983).

O mapa de adequação do uso da terra (escala 1:10000) foi elaborado a partir da combinação do plano de informação de uso e ocupação do solo com o de classes de capacidade de uso, com o objetivo de obter a relação entre o uso atual e a capacidade de uso do solo nos diferentes agroecossistemas da microbacia.

Foram utilizadas três categorias: a) classe com uso adequado: equilíbrio entre o uso atual e as possibilidades e limitações da terra; b) classe com subutilização: terras com uso atual abaixo da capacidade ambiental; c) classe com sobreutilização: terras com uso atual acima da capacidade ambiental.

Neste cenário, foi incluída a localização da Área de Preservação Permanente (APP), que nessa microbacia é de 372,9 ha, segundo ATTANASIO et al. (2006).

O **cenário hidrológico**, que representa uma proposta alternativa para o planejamento do manejo integrado de microbacias, foi construído a partir da inserção da identificação e delimitação das zonas ripárias no cenário convencional, o que permite a indicação das áreas da microbacia que precisam ser protegidas ou áreas cujo manejo agrícola deveria ser diferenciado, sob a ótica da hidrologia.

O mapa das zonas ripárias (escala 1:10000) resulta da combinação dos planos de informação de Área Variável de Afluência (AVA), que representa a zona ripária em áreas declivosas, com o de vegetação considerando apenas as florestas com influência fluvial temporária ou permanente (florestas paludosas, florestas ribeirinhas e campos úmidos), indicadoras de locais úmidos, de ecossistemas ripários, presentes em áreas planas, reconhecidamente

diferenciadas do ponto de vista hidrológico e vegetal. A metodologia para identificação da AVA na microbacia (ATTANASIO et al., 2006), por ser baseada em áreas de contribuição que drenam para determinado ponto, não é suficiente para delimitação da zona ripária em locais planos. Desta forma, o levantamento dos tipos de vegetação, ao identificar as várzeas, banhados e florestas paludosas, vegetações típicas de áreas planas, baixas e úmidas, auxilia na complementação de informações para a localização da zona ripária da microbacia.

O mapa de AVA foi desenvolvido por ATTANASIO et al. (2006), segundo método descrito em ZAKIA et al. (2006) e FRANCHINI et al. (1996), utilizando o Top Model (BEVEN et al., 1995). Esse modelo reproduz o comportamento hidrológico de microbacias, em particular, da dinâmica das áreas de contribuição.

O mapa de vegetação foi obtido por ATTANASIO et al. (2006), mediante análise de fotografias aéreas para definição da localização, forma e área dos fragmentos de vegetação. Em seguida, todos os fragmentos foram percorridos e, de acordo com procedimentos convencionais, foi feita a caracterização fisionômica da vegetação, segundo o IBGE (1992).

Para a identificação da zona ripária, foram considerados apenas os tipos de vegetação da microbacia que ocorrem em áreas de saturação hídrica temporária ou permanente, os quais constituem 67,3% de toda a área de vegetação nativa e 5,9% da área da microbacia.

A zona ripária da microbacia (ATTANASIO et al., 2006), identificada por meio da localização das Áreas Variáveis de Afluência e da vegetação ripária possui área de 909,3 ha, o que corresponde a 24,9% da microbacia (Figura 1). O mapa de zona ripária e a metodologia para sua elaboração estão detalhadamente descritos em ATTANASIO et al. (2006).

Para a construção do cenário alternativo, a delimitação da zona ripária foi inserida ao mapa de classes de capacidade de uso e ao mapa de adequação do uso do solo, considerando também a localização da Área de Preservação Permanente (APP).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O perímetro da microbacia do Ribeirão São João tem aproximadamente 33 km e a rede de drenagem 47 km (Figura 2). Nesta microbacia, predomina o Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico (LVa), sobretudo em locais mais elevados, ocupando 55,6% da área. Os outros tipos de solo que ocorrem, principalmente ao longo da rede de drenagem, são: a associação de solos Latossolo Vermelho eutroférico + Latossolo Vermelho distroférico (LRe + LRd), o Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico (PVD), o Nitossolo Vermelho eutroférico (NVef) e o Gleissolo Háptico (GH), abrangendo, respectivamente, 16,8%, 15,6%, 10,0% e 2,0% da área.

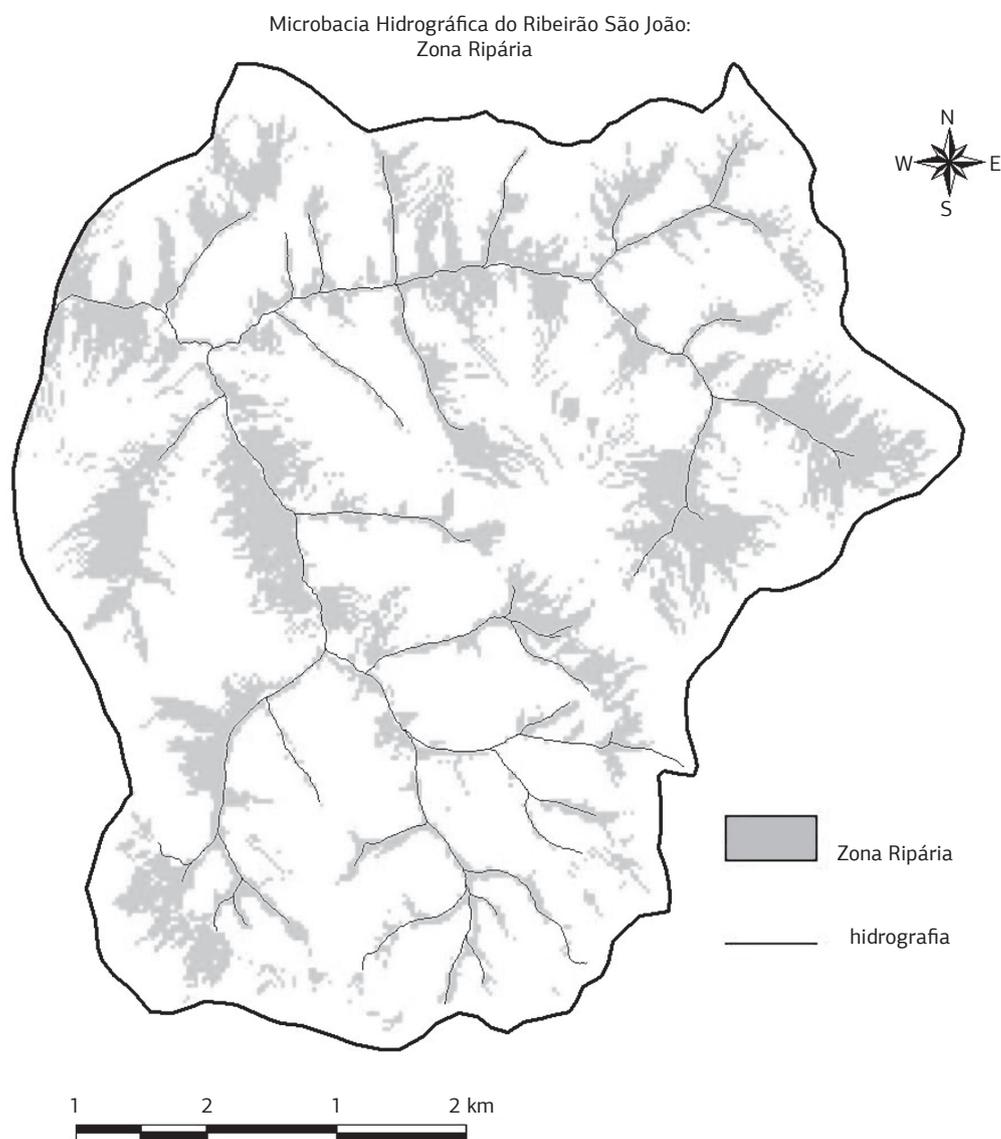


Figura 1. Mapa da zona ripária da Microbacia Hidrográfica do Ribeirão São João. Fonte: ATTANASIO et al. (2006).

A Microbacia do Ribeirão São João possui 77,6% de sua área com declividade menor do que 9%. As áreas com maior declividade (9% a 18%) estão próximas dos cursos d'água, o que implica necessidade de práticas de manejo conservacionistas específicas, além da obrigatoriedade da preservação ou restauração de matas ciliares em APPs.

Esta microbacia possui 57,9% de sua área ocupada com a cultura da cana-de-açúcar e 21,6% com pastagem. Os fragmentos de vegetação nativa remanescentes estão presentes em 8,7% da área da microbacia e as áreas em regeneração natural em 0,3%. A silvicultura (cultivo de eucalipto) aparece em pequena porção na microbacia (5,3%), o que ocorre também com as culturas perenes (2,4%), representadas principalmente por café e citros, e com as culturas anuais (0,7%), como milho, arroz e feijão.

Segundo o cenário convencional, a microbacia tem 46,0% de sua área classificada como classe de capacidade

de uso III, isto é, terras cultiváveis, com culturas anuais ou perenes, mas com necessidade de implementação de práticas adequadas de conservação. A classe IV, que apresenta sérios problemas de conservação, abrange 43,7%, concentrados nas margens da rede de drenagem. A classe II, terras com limitações moderadas de uso e moderados riscos de degradação, representa apenas 2,2% da microbacia e se localiza principalmente próxima do Córrego do Borrvalho, afluente do Ribeirão São João.

A classe V, terras praticamente planas, com problemas de encharcamento ou afloramento de rochas, que devem ser mantidas com pastagem ou reflorestamento, ou algumas culturas perenes, ocupa 2,1% da área da microbacia. As classes VI e VII ocupam 6,0% da área e possuem condições restritivas ao cultivo e com grande probabilidade de ocorrência de erosão. Essas áreas estão localizadas ao longo dos cursos d'água da microbacia, o que representa

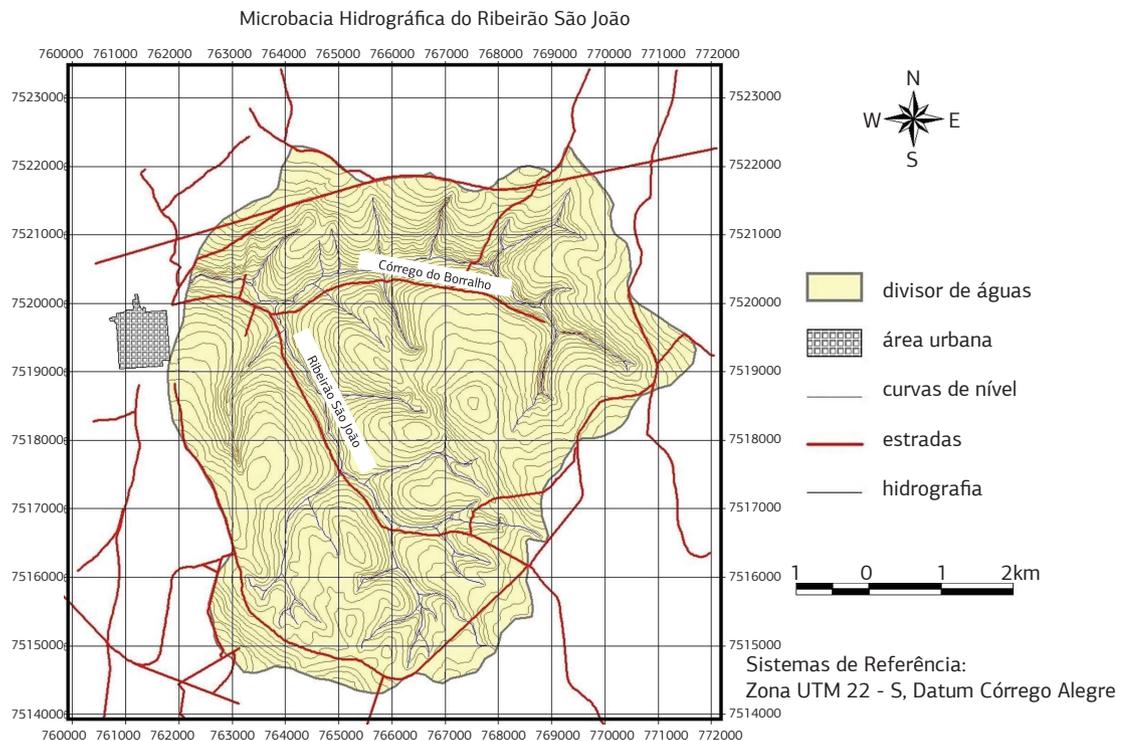


Figura 2. Mapa da Microbacia Hidrográfica do Ribeirão São João, Mineiros do Tietê (SP), formada pelo Ribeirão São João e Córrego do Borrvalho.

grande risco ambiental relacionado à contaminação e ao assoreamento das águas dos rios, caso seu uso e manejo não sejam adequados.

O uso atual das terras da microbacia hidrográfica pode ser considerado adequado em 59,0% de sua área, sob a ótica das potencialidades naturais da terra. Todavia, ocorrem 28,2% de subutilização e 2,6% de sobreutilização do uso. As porções da microbacia com subutilização do solo são representadas principalmente por terras com classe de capacidade de uso III, utilizadas com pastagem e, em menor proporção, com silvicultura (eucalipto) ou florestas nativas. Esse uso não significa ocupação inadequada do ponto de vista ambiental, pois não ocorre uso acima de sua capacidade nem risco de degradação relacionado à sua utilização.

As áreas sobreutilizadas correspondem principalmente ao uso de terras das classes IV, VI e VII com cana-de-açúcar, que ocorrem mais próximas às Áreas de Preservação Permanente, isto é, aos cursos d'água, agravando a probabilidade de ocorrência de impactos ao ambiente, sobretudo aos recursos hídricos.

Neste cenário, a área com possibilidade de ser destinada à agropecuária representa 89,8% da microbacia. As Áreas de Preservação Permanente representam 10,2% da microbacia (ATTANASIO et al., 2006) e foram considerados tanto no cenário convencional como no cenário hidrológico.

Para a elaboração do cenário hidrológico, o mapa com a delimitação da zona ripária foi sobreposto primeiramente ao mapa de classes de capacidade de uso (Figura 3).

A zona ripária desta microbacia possui área de 909,3 ha (24,9% da microbacia), com 27,6% dela inserida em APP, consequentemente resguardada pelas leis ambientais, e 72,2% (incluindo a porção localizada em APP), sendo utilizada para cultivo agrícola sem restrições, correndo risco de degradação.

É possível constatar que a largura estipulada pela legislação ambiental para a ocupação das matas ciliares pode ser apropriada para proteger os cursos d'água, mas não é suficiente para resguardar áreas hidrológicamente sensíveis da microbacia, que não têm limites simétricos ao longo dos cursos d'água (ATTANASIO et al., 2006).

No cenário hidrológico, a zona ripária (excluindo a porção que está inserida na APP) abrange 18,0% da microbacia, a APP 10,2% e a área destinada ao uso agrícola representa 71,8% (Tabela 1).

Dentre as classes de capacidade de uso do solo em zona ripária (excluindo a porção localizada em APP) da microbacia do Ribeirão São João (Tabela 2), há dentro dos limites da zona ripária 38,9% de classe III e 49,5% de classe IV.

A análise do cenário hidrológico revela como ripárias muitas áreas que no cenário convencional representam pouca limitação ao cultivo intensivo, como as classes II e III, ou são recomendadas para culturas semiperenes ou perenes, como as áreas de classe IV. Essas áreas ripárias possuem grande sensibilidade hidrológica e são fundamentais para a produção e qualidade da água. Assim, o

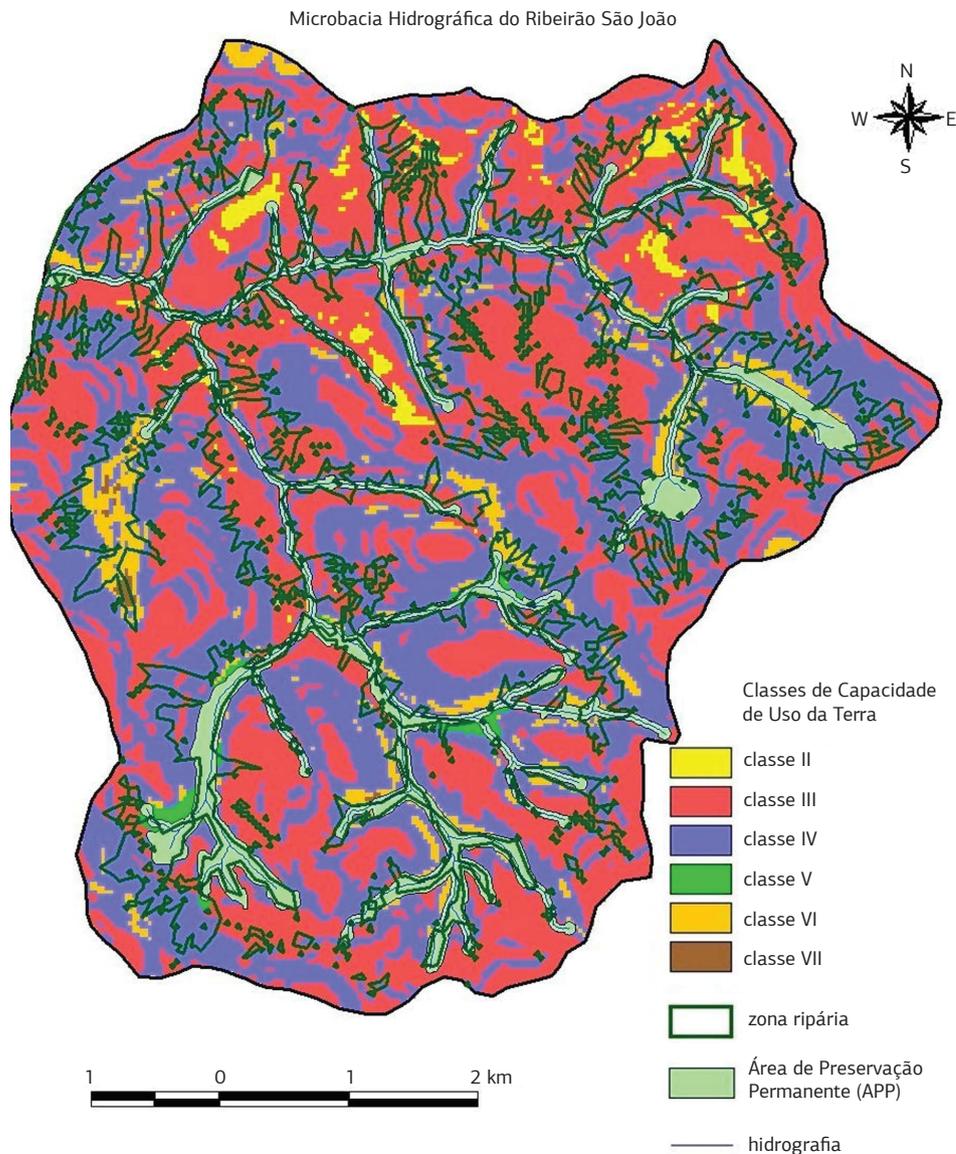


Figura 3. Mapa de classes de capacidade de uso da terra incluindo a zona ripária e a Área de Preservação Permanente (APP) da Microbacia Hidrográfica do Ribeirão São João, Mineiros do Tietê (SP).

Tabela 1. Classes de capacidade de uso, zona ripária e APP da microbacia do Ribeirão São João, Mineiros do Tietê (SP)

Classe de capacidade de uso	Área (ha)	Área (%)
Classe II	54,8	1,5
Classe III	1301,5	35,6
Classe IV	1151,6	31,5
Classe V	11,1	0,3
Classe VI	102,4	2,8
Classe VII	3,6	0,1
Subtotal	2625,0	71,8
APP	372,9	10,2
Zona Ripária (excluindo a porção da zona ripária que está localizada em APP)	658,1	18,0
Subtotal	1031,0	28,2
Total	3656,0	100,0

cenário convencional considera como recomendado para cultivo intensivo áreas que, na realidade, são ripárias, o que pode resultar em degradação ambiental.

Esses resultados enfatizam a importância da delimitação da zona ripária para o planejamento socioeconômico e ambiental da microbacia, que permite determinar áreas de sensibilidade ecológica sob nova abordagem, principalmente do ponto de vista dos recursos hídricos. O planejador subestimaria os riscos ao não considerar as áreas ripárias que seriam avaliadas como sem restrição para cultivo intensivo ou sem limitações ambientais, podendo desencadear a degradação ambiental da microbacia.

O cenário hidrológico (Figura 4), com a inclusão da delimitação da zona ripária ao mapa de adequação do uso

do solo, mostra que 49,5% da área destinada à agricultura, nesta microbacia, está ocupada com uso do solo adequado, 20,4% com subutilização do solo e apenas 1,9% com sobreutilização.

A subutilização ocorre onde a classe de capacidade de uso III está sendo utilizada para pastagem e, em menor proporção, para silvicultura (eucalipto) ou florestas nativas. Essa situação não é inadequada sob a ótica da

Tabela 2. Classes de capacidade de uso na zona ripária da Microbacia do Ribeirão São João, Mineiros do Tietê (SP), excluindo a porção localizada em APP

Classes de capacidade de uso na zona ripária (excluindo a porção localizada em APP)			
Classe de capacidade de uso	Área da zona ripária (ha)	Área da zona ripária (%)	Área da microbacia (%)
Classe II	9,2	1,4	0,3
Classe III	256,0	38,9	7,0
Classe IV	325,8	49,5	8,9
Classe V	3,9	0,6	0,1
Classe VI	59,9	9,1	1,6
Classe VII	3,3	0,5	0,1
Total	658,1	100,0	18,0

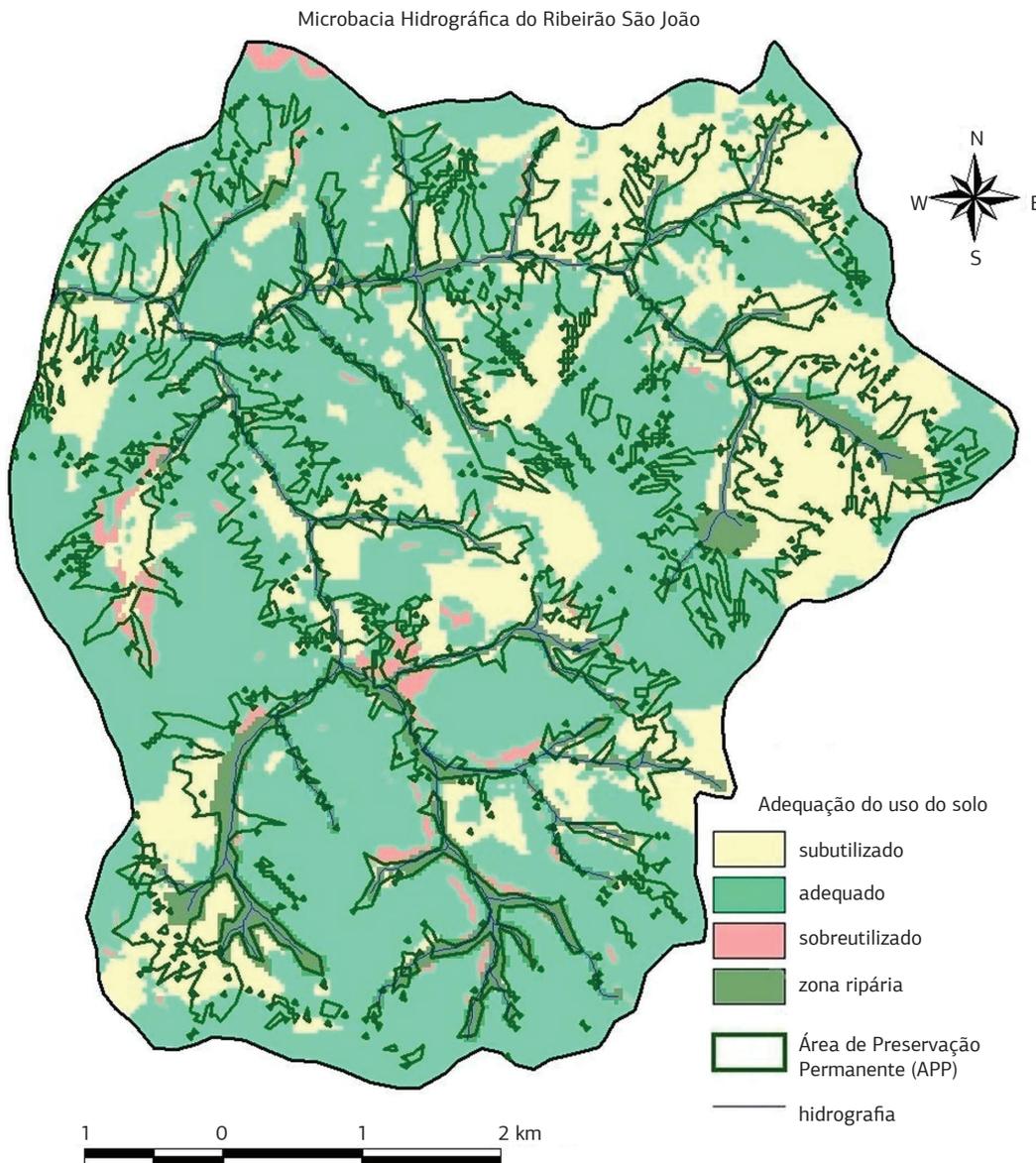


Figura 4. Mapa de adequação do uso do solo, segundo as classes de capacidade de uso da terra, incluindo a zona ripária e a Área de Preservação Permanente (APP) da Microbacia Hidrográfica do Ribeirão São João, Mineiros do Tietê (SP).

preservação ambiental, pois a capacidade de uso do solo não foi excedida. A sobreutilização é representada principalmente pela ocupação das classes de capacidade de uso V, VI e VII por cana-de-açúcar (Tabela 3).

Em comparação, os dados obtidos com a metodologia convencional indicam que 59,0% da área está ocupada com uso adequado do solo, 28,2% com subutilização do solo e 2,6% com sobreutilização. Entretanto, como neste cenário a zona ripária não é considerada, a microbacia apresenta área 18% maior destinada à agricultura. Este fato pode induzir o planejador a implementar ações de impacto à essas áreas importantes e vulneráveis da microbacia ou insuficientes para a sua preservação.

A zona ripária está ocupada principalmente por cana-de-açúcar (39,8% de sua área), pastagem (20,4% de sua área) e vegetação nativa (27,8% de sua área, sendo 8,6% localizados fora de APP) (Tabela 4).

A porção da zona ripária que não estiver protegida pela legislação ambiental, por não estar localizada em Áreas de Preservação Permanente ou sem possibilidades de ser considerada Reserva Legal, deveria permanecer ocupada com vegetação nativa ou ter um manejo diferenciado, com base na agroecologia, na agricultura orgânica ou no cultivo mínimo.

O enfoque do presente estudo, assim como de outros encontrados na literatura (GREGORY et al., 1991; LIMA e

ZAKIA, 2000, AGNEW et al., 2006), considera a necessidade de se proteger a integridade do ecossistema ripário, em base na premissa de proteção dos serviços ambientais e processos ecológicos da microbacia. Nesse contexto, é mais abrangente do que a controversa discussão sobre a largura das faixas de proteção ao longo dos cursos d'água, que considera especificamente apenas a função de filtração dessas faixas (LOWRENCE et al., 1983; CLINNICK, 1985; SPAROVEK et al., 2002; SIMÕES, 2003).

4. CONCLUSÃO

O cenário hidrológico permite determinar o manejo integrado da microbacia e suas áreas hidrologicamente sensíveis sob nova abordagem, com base em diagnóstico mais abrangente que considera, além do aproveitamento agrícola da terra e da análise das características do solo e da declividade, os aspectos hidrológicos e sistêmicos da microbacia hidrográfica.

A inclusão do conceito e da delimitação da zona ripária na determinação da adequação do uso do solo e de riscos de degradação ambiental de microbacias resulta em uma análise diferente, relativamente ao que é observado nos métodos convencionais usados que, em geral, não a consideram, acarretando diferenças no planejamento agroambiental da microbacia.

Dessa forma, os serviços ambientais que o ecossistema ripário desempenha, principalmente no que diz respeito à qualidade e produção de água e à preservação da biodiversidade, correm risco de serem comprometidos se a zona ripária não for considerada pelo planejador. Os objetivos de um plano de manejo integrado de uma microbacia são, certamente, compatibilizar o alcance de boas produções agrícolas com a prevenção de impactos ambientais, proteção de zonas sensíveis, preservação de seus serviços ecossistêmicos e restauração de áreas degradadas.

REFERÊNCIAS

- ABELL, R.; ALLAN, J.D.; LEHNER, B. Unlocking the potential of protected areas for freshwaters. *Biological Conservation*, v.134, p.48-63, 2007.
- AGNEW, L.J.; LYON, S.; GÉRARD-MARCHANT, P.; COLLINS, V.B.; LEMBO, A.J.; STEENHUIS, T.S.; WALTER, M.T. Identifying hydrologically sensitive areas: bridging the gap between science and application. *Environmental Management*, v.78, p.63-76, 2006.
- ALLAN, C.J.; VIDON, P.; LOWRANCE, R. Frontiers in riparian zone research in the 21st century. *Hydrological Processes*, v.2, p.3221-3222, 2008.
- ATTANASIO, C.M.; LIMA, W.P.; GANDOLFI, S.; ZAKIA, M.J.B.; VENEZIANI-JÚNIOR, J.C.T. Método para identificação

Tabela 3. Adequação do uso do solo, zona ripária e APP na Microbacia do Ribeirão São João

Adequação do uso do solo	Área (ha)	Área (%)
Subutilizado	745,7	20,4
Adequado	1808,6	49,5
Sobreutilizado	70,7	1,9
Subtotal	2625,0	71,8
APP	372,9	10,2
Zona Ripária (excluindo a porção da zona ripária que está localizada em APP)	658,1	18,0
Subtotal	1031,0	28,2
Total	3656,0	100,0

Tabela 4. Uso e ocupação do solo em zona ripária da Microbacia do Ribeirão São João

Usos do solo	Área (ha)	% do total
Represas	3,6	0,4
Reflorestamento	63,6	7,0
Pastagem	185,5	20,4
Olericultura	1,8	0,2
Vegetação nativa	252,8	27,8
Cultura perene	16,4	1,8
Cana-de-açúcar	361,9	39,8
Cultura anual	8,2	0,9
Área urbana	9,1	1,0
Área em recuperação	6,4	0,7
Total	909,3	100,0

- da zona ripária: microbacia hidrográfica do Ribeirão São João (Mineiros do Tietê, SP). *Scientia Forestalis*, v.71, p.131-140, 2006.
- BEVEN, K. J.; QUINN, P.; ROMANOVICZ, R.; FREER, J.; FISHER, J.; LAMB, R. User's guide to the distributions versions. 2.ed. Lancaster: Lancaster University, 1995. 26p. (CRES Technical Report TR 110)
- 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.
- CLINNICK, P.F. Buffer strip management in forest operations: a review. *Australian Forest*, v.48, p.34-45, 1996.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2. ed. Rio de Janeiro, RJ, 2006. 306p.
- FAIL, J.L.; HAINES, B.L.; TODD, R.L. Riparian forest communities and their role in nutrient conservation in an agriculture watershed. *American Journal of Alternative Agriculture*, v.2, p.114-121, 1987.
- FRANCHINI, M.; WENDLING, J.; OBLED, C.; TODINI, E. Physical interpretation and sensitivity analysis of TOP MODEL. *Journal of Hidrology*, v.175, p.293-338, 1996.
- GREGORY, S.V.; SWANSON, F.J.; MCKEE, W.A.; CUMMINS, K.W. An ecosystem perspective of riparian zones. *BioScience*. v.41, p.540-551, 1991.
- IGC - INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS / USP. Carta de Utilização da Terra do Estado de São Paulo. São Paulo: USP, 1980.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manual técnico da vegetação brasileira. Rio de Janeiro, 1992. 92p. (Manuais Técnicos em Geociências, 1)
- KLINGEBIEL, A.A.; MONTGOMERY, P.H. Land capability classification. Washington, D.C.: USDA Soil Conservation Service, 1996. 21p. (USDA Agricultural Handbook, 210)
- KÖPPEN, W.; GEIGER, R. *Klimate der Erde*. Gotha: Verlag, 1928. (Wall-map 150 cm x 200 cm)
- LEPSCH, I.F.; BELLINAZZI JR., R.; BERTOLINI, D.; ESPINDOLA, C.R. Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso . 4a. aproximação. Campinas: SBCS, 1983. 175p.
- LIMA, W.P.; ZAKIA, M.J.B. Hidrologia de matas ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H.F.(Ed.). *Matas ciliares: conservação e recuperação*. São Paulo: EDUSP/ Fapesp, 2000. p.33-44.
- LIMA, W.P.; ZAKIA, M.J.B. O papel do ecossistema ripário. In: LIMA, W.P.; ZAKIA, M.J.B. (Org.). *As florestas plantadas e a água: Implementando o conceito da microbacia hidrográfica como unidade de planejamento*. São Carlos: RiMa, 2006. p. 77-87.
- LOWRANCE, R.; ALTIER, L.S.; NEWBOLD, J.D.; SCHNABEL, R.R.; GROFFMAN, P.M.; DENVER, J.M.; CORRELL, D.L.; GILLIAN, J.W.; ROBINSON, J.L.; BRINSFIELD, R.B.; STAVER, K.W.; LUCAS, W.; TODD, A.H. Water quality functions of riparian forest buffers in Chesapeake Bay watersheds. *Environmental Management*, v.21, p.687-712, 1997.
- LOWRANCE, R.R.; TODD, R.L.; ASMUSSEN, L.E. Waterborne nutrient budgets for the riparian zone of an agricultural watershed. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v.10, p.371-384, 1983.
- MATSON, P.A.; PARTON, W.J.; POWER, A.G.; SWIFT, M.J. Agriculture intensification and ecosystem properties. *Science*, v.277, p.504-509, 1997.
- NAIMAN, R.J.; DÉCAMPS, H. The ecology of interfaces: riparian zones. *Annual Review Ecological System*, v.28, p.621-658, 1997.
- 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.
- SIMÕES, L.B.A. Importância das matas ripárias no controle da poluição difusa. In: HENRY, R. (Ed.). *Ecótonos nas interfaces dos ecossistemas aquáticos*. São Carlos: RiMa, 2003. p.339-349.
- SPAROVEK, G.; RANIERI, S.B.L.; GASSNER, A.; DE MARIA, I.C.; SCHNUG, E.; SANTOS, R.F.; JOUBERT, A. A conceptual framework for the definition of the optimal width of riparian forests. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v.90, p.169-175, 2002.
- WALKER, J.; ALEXANDER, D.; IRONS, C.; JONES, B.; PENRIDGE, H.; RAPPORT, D. Catchment health indicators: as overview. In: WALKER, J.; REUTER, D. J. (Ed.). *Indicators of catchment health: a technical perspective*. Melbourne: CSIRO, 1996. p.3-18.
- ZAKIA, M.J.B.; FERRAZ, F.F.B.; RIGHETTO, A.M.; LIMA, W.P. Delimitação da Zona Ripária em uma microbacia. In: LIMA, W.P.; ZAKIA, M.J.B. (Org.). *As florestas plantadas e a água*. São Carlos: RiMa, 2006. p.89-106.