

DOI: 10.33947/1981-741X-v21n2-5019

USO DO SOLO EM MANANCIAL: ENTENDIMENTO PARA O MANEJO SUSTENTÁVEL EM BACIAS HIDROGRÁFICAS, MUNICÍPIO DE MONTE ALTO – SP – BRASIL**LAND USE IN HEADWATER SYSTEMS: UNDERSTANDING FOR SUSTAINABLE MANAGEMENT IN WATERSHEDS, MONTE ALTO MUNICIPALITY, BRAZIL**Ana Paula Pedro¹, Gislaine Costa de Mendonça², Teresa Cristina Tarlé Pissara³**RESUMO**

O sistema agropecuário baseado no panorama comercial e produtivo do Brasil e do mundo é responsável por grande parte da economia do país, evidenciando a influência deste setor, para não somente a esfera econômica, mas também para a sociedade. No entanto, o manejo inadequado do solo exerce pressão no ambiente, cita-se como exemplo o declínio dos serviços de provisão, como a má utilização dos recursos hídricos e do solo. Este projeto teve como principal objetivo analisar o uso do solo e a cobertura vegetal natural em manancial de abastecimento público. O trabalho foi realizado na área de estudo da sub-bacia da nascente do Córrego Rico no município de Monte Alto, Estado de São Paulo, Brasil. A metodologia empregada se baseou na utilização de técnicas de sensoriamento remoto, sistemas de informações geográficas (SIG) e geoprocessamento. Os dados do uso do solo e da cobertura vegetal natural atual (ano 2021) foram vetorizados a partir da técnica de interpretação visual de imagens orbitais de alta resolução espacial. As mudanças na cobertura do solo apresentam-se em maior ou menor magnitude espacial, com destaque a cultura intensiva de cana-de-açúcar, pastagem, vegetação campestre e cobertura vegetal florestal. Do ponto de vista de fluxos biogeoquímicos ou de biodiversidade, a área do manancial apresenta baixa magnitude tendo em vista que predomina sistemas de produção vegetal e animal em detrimento de habitats. Sendo assim recomenda-se o estímulo de implementação de práticas de sistemas de produção agrícola e agropecuários mais sustentáveis que reduzam os impactos ambientais, preservando assim os serviços ecossistêmicos.

PALAVRAS-CHAVE: Bacia hidrográfica de primeira ordem. Segurança hídrica. Pagamento por serviços ambientais.

ABSTRACT

The agricultural system based on the commercial and productive panorama of Brazil and the world is responsible for a large part of the country's economy, showing the influence of this sector, not only for the economic sphere, but also for society. However, inadequate soil management exerts pressure on the environment, as an example is the decline in provision services, such as the misuse of water and soil resources. This project had as its main objective to analyze the land use and the natural vegetation cover in a public supply source. The work was carried out in the study area of the source sub-basin of the Córrego Rico in the municipality of Monte Alto, State of São Paulo, Brazil. The methodology used was based on the use of remote sensing techniques, geographic information systems (GIS) and geoprocessing. Land use data and current natural vegetation cover (year 2021) were vectorized using the technique of visual interpretation of high spatial resolution orbital images. Changes in soil cover appear in greater or lesser spatial magnitude, with emphasis on the intensive cultivation of sugarcane, pasture, grassland vegetation and forest vegetation cover. From the point of view of biogeochemical or biodiversity flows, the watershed area has a low magnitude, considering that plant and animal production systems predominate to the detriment of natural habitats. Therefore, it is recommended to encourage

¹ Graduanda em Ciências Biológicas; Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias; Jaboticabal; São Paulo; Brasil - ap.pedro@unesp.br

² Bióloga, Pós graduanda em Agronomia (Ciência do Solo); Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias; Jaboticabal; São Paulo; Brasil - gislaine.costa@unesp.br

³ Docente Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária Jaboticabal; São Paulo; Brasil - teresa.pissara@unesp.br.

the implementation of practices of more sustainable agricultural and livestock production systems that reduce environmental impacts, thus preserving ecosystem services.

KEYWORDS: *First order hydrographic basin. Water security. Payment for environmental services.*

INTRODUÇÃO

Ao longo da história humana, os modelos de produção e consumo, sobretudo a degradação e fragmentação de habitats sobre áreas de vegetação nativa, transformaram os padrões de uso e ocupação do solo e impactaram severamente a qualidade dos habitats naturais (Parras *et al.*, 2020). A expansão da agricultura ao longo do tempo foi baseada em sistemas agrícolas voltados apenas à produtividade, sem atentar ao exaurimento dos serviços ambientais (água, solo, biodiversidade).

A agricultura convencional tem como objetivo o máximo rendimento da terra, a partir da aplicação de fertilizantes sintéticos, pesticidas, uso de Organismos Geneticamente Modificados (OGMs), utilizando um sistema focado em monoculturas, sem considerar o profundo impacto ambiental. Esta dinâmica influencia de maneira nociva os ambientes naturais e são um grande desafio para manutenção dos serviços ecossistêmicos e exigem estratégias de recuperação e conservação ambiental por métodos alternativos e sistemas produtivos mais sustentáveis (Laurett *et al.*, 2021), que assegurem a sustentabilidade nas paisagens agrícolas (Slavikova, 2019).

O serviço ecossistêmico de provisão de água é fortemente afetado pelas interações na superfície terrestre, de modo que, o desenvolvimento da agricultura sem adaptação normalmente ocasiona a degradação da qualidade da água e afeta o abastecimento (Pacheco *et al.*, 2018). Estas interações se intensificam nas bacias hidrográficas de primeira ordem, que refletem diretamente as ações humanas desempenhadas na unidade territorial das bacias hidrográficas (Simedo *et al.*, 2020, Pissarra *et al.*, 2021).

Considerando a segurança hídrica nas bacias hidrográficas sob intensa pressão antropogênica, a recuperação nas áreas de cabeceira pode ser conduzida por processos ecológicos proporcionados pela recomposição da vegetação florestal, que atua na melhoria da qualidade do solo, no armazenamento e na transformação da água (Rodrigues *et al.*, 2011; Brancalion *et al.*, 2019).

Adicionalmente, presentes na Década de Restauração dos Ecossistemas e as iniciativas de restauração ecológica e de abordagem das soluções baseadas na natureza (SbNs), em conjunto com o sistema *Environmental, social and corporate governance* (ESG), são essenciais para se alcançar os Objetivos e as Metas relacionadas à água e a restauração dos ecossistemas terrestres na Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. Este processo irá contribuir de forma indireta para atingir outras premissas interdependentes, como a segurança alimentar.

A recuperação florestal das bacias hidrográficas também ganha incentivo dentro do escopo dos dispositivos socioeconômicos suportados por políticas públicas de valoração ambiental, traduzidos em Pagamento por Serviços Ambientais (PSAs). Para o estudo em questão, é importante destacar a notoriedade dos PSAs direcionados à conservação dos recursos hídricos, que se dão pela remuneração ou compensação econômica aos proprietários rurais que promovem a recuperação

bacias hidrográficas a partir do reflorestamento de matas ciliares ou áreas de proteção ambiental que podem ser integradas aos esquemas de PSAs.

Dessa forma, para este estudo, foi analisado a dinâmica da paisagem natural através da identificação e caracterização geoambiental do uso e ocupação do solo na região da microbacia de cabeceira da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico (BHCR), a qual é a principal produtora de água da bacia e manancial de abastecimento público para a cidade de Jaboticabal - SP (Pissara *et al.*, 2010). Esta área já vem há algum tempo passando por perturbações, principalmente em razão do estresse hidrológico na área da BHCR (Pissara *et al.*, 2004). O estudo do espaço geográfico é essencial para a implantação de sistemas de produção animal e vegetal mais sustentáveis, considerando a capacidade do ambiente.

O objetivo do presente trabalho é identificar a vulnerabilidade da área de estudo e definir padrões para a restauração e a recuperação ambiental da microbacia e sua utilização em futuros esquemas de Pagamentos por Serviços Ambientais (PSAs).

METODOLOGIA

Área de estudo

A sub-bacia de cabeceira estudada se trata do manancial e nascente principal (BH_Manancial) da denominada Bacia Hidrográfica do Córrego Rico (BHCR), localizada nos municípios de Monte Alto, Jaboticabal, Taquaritinga, Santa Ernestina e Guariba, Estado de São Paulo, Brasil. Para a realização deste trabalho, o conjunto principal de nascentes e a área de drenagem do manancial, que corresponde a região de maior altitude e cabeceira da bacia localizada no município de Monte Alto foi analisado. A área investigada é delimitada entre as coordenadas geográficas de latitudes 21°18'27"S e 21°17'59"S e longitudes 48°31'48"W Gr e 48°30'24"W Gr., com extensão aproximadamente de 12.430 m², representando somente 3,95% de toda BHCR.

O Córrego Rico integra a Grande Bacia do Rio Mogi Guaçu, uma Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo nº 9 (UGRHI - 09) e contribuinte da Bacia do Paraná. A Bacia do Rio Mogi Guaçu é uma das principais regiões hidrológicas do sudeste brasileiro e o ponto estratégico para a gestão e segurança hídrica regional.

A área da sub-bacia de cabeceira do Córrego Rico compreende grande valor para a cidade de Jaboticabal e região, visto que este manancial é encarregado de ao menos 75% do abastecimento público de água de Jaboticabal, o qual têm passado por pressões de origem antrópica e com o baixo nível dos reservatórios e de captação em função do estresse hídrico. Os principais solos encontrados são Argissolos Vermelhos-Amarelos (PVA3), Argissolos Vermelhos-Amarelos (PVA4), e Neossolos Litólicos. Já a cobertura vegetal predominante consiste na Floresta Tropical Semidecidual, mas o uso predominante dos solos é agrícola, com destaque para a cana-de-açúcar (Pissarra *et al.*, 2013).

Análise do uso e ocupação do solo

Para determinar e delinear os usos do solo e a cobertura vegetal natural no local do estudo, foram realizadas as análises visuais das imagens de alta resolução espacial disponibilizadas pelo programa *Google Earth*. Os parâmetros e os atributos do objeto alvo foram classificados como elementos de reconhecimento de interpretação visual, os quais são: cor, tonalidade, textura, formato, e perfil de elevação (Pissarra *et al.*, 2013). A visita *in loco* também foi feita na área da bacia experimental, e por meio de observações diretas, investigar e legitimar os múltiplos usos do solo de modo determinar com precisão e acurácia a análise visual.

O estudo apresentou a metodologia baseada na utilização de técnicas de interpretação visual das imagens digitais e técnicas de sensoriamento remoto e SIG, feita com base em métodos de vetorização manual do uso e ocupação do solo com base em imagens orbitais da área de estudo do ano de 2021 sobre as cenas da sub-bacia.

Para avaliar o estado específico ao entorno da rede de drenagem foram extraídas as informações específicas dos demais usos nas zonas ripárias, que foram delimitadas por faixas (Buffers) de até 30m de distância a partir da rede de drenagem, conforme as premissas do Código Florestal Brasileiro - CF, Lei Federal n.12.651/12 sobre as Áreas de Preservação Permanente - APPs (BRASIL, 2012). A avaliação do espaço geográfico deve ser concomitantemente ao estudo dos elementos da paisagem que desempenham funções ecológicas, sendo um fator fundamental para o desenvolvimento de ações conservacionistas e o estabelecimento de critérios para o uso sustentável dos recursos naturais (Pacheco *et al.*, 2018).

Os vetores gerados posteriormente foram exportados e executados com o SIG *ArcGIS 10.1* para extração das métricas de área de cada uso e suas proporcionalidades dentro da bacia, bem como a confecção dos mapas temáticos que estão presentes no artigo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

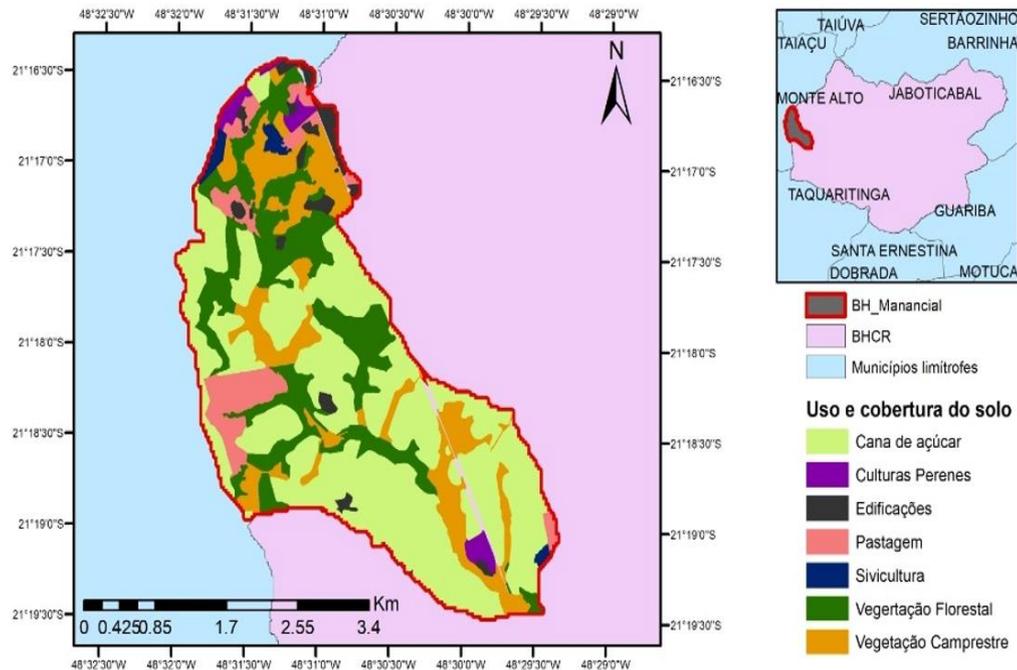
Os resultados obtidos neste estudo, fundamentado no mapeamento de uso e ocupação na porção da sub-bacia da nascente do Córrego Rico, mostraram que é possível observar a dinâmica intensiva do uso e ocupação do solo e a melhor compreensão da pressão das atividades antrópicas e como elas afetam a diversidade biológica, com ênfase nos mananciais de abastecimento.

A matriz econômica da região, a qual é voltada principalmente para a produção industrial e agrícola, pode ter contribuído ao longo do tempo para alterar a composição da paisagem, principalmente na dinâmica da cobertura florestal, padrão identificado na região por Parras *et al.* (2020). O predomínio da agricultura intensiva ao entorno do manancial associado a baixa cobertura de vegetação florestal natural é possível ser observado na área da bacia (Figura 1).

DOI: 10.33947/1981-741X-v21n2-5019
USO DO SOLO EM MANANCIAL: ENTENDIMENTO PARA O MANEJO SUSTENTÁVEL EM BACIAS
HIDROGRÁFICAS, MUNICÍPIO DE MONTE ALTO – SP – BRASIL
Ana Paula Pedro, Gislaíne Costa de Mendonça, Teresa Cristina Tarlé Pissara

Figura 1: Uso e ocupação do solo na área sub-bacia de cabeceira do manancial do Córrego Rico em Jaboticabal – SP.

Figure 1: Land use and occupation in the sub-basin area of the headwaters of the Córrego Rico spring in Jaboticabal – SP.



Fonte: As autoras (2021).

A área total da sub-bacia apresenta 1232,34 ha, dessa totalidade, a porcentagem destinada a agricultura representa 52%, e dessa porcentagem, 94% corresponde ao uso do solo para o plantio de cana-de-açúcar, tendo como área total 607,66 ha, seguido de culturas perenes, como citros, apresentando 21,55 ha, e, silvicultura, com a plantação de eucaliptos em 13,11 ha.

A área de estudo integra uma importante região de desenvolvimento socioeconômico do Estado de São Paulo, a Região Administrativa de Ribeirão Preto (RARP), com terras de grande aptidão agrícola e cuja economia é fortemente baseada no agronegócio, em especial o setor sucroenergético (Da Costa *et al.*, 2022).

As pastagens correspondem a 35,73 ha, caracterizadas por vegetação do tipo forrageira e a evidência de manejo como piquetes e a presença de gado. Este uso é bem frequente próximo às edificações em geral, que correspondem às construções na área rural e pequenas manchas urbanas na interface cidade/campo, tendo uma área de 34,43 ha. O uso agropecuário na bacia se intercala com mosaicos de vegetação campestre, designados com base na visualização de áreas com vegetação arbustiva e rasteira. No total, cobrem 217,04 ha, sendo a segunda maior ocupação no local de estudo e equivalente a 22% da totalidade. Na área ainda é possível observar o processo de sucessão ecológica favorecido nas áreas de pastagens abandonadas e paralelas à rede de drenagem.

De acordo com Lorenzoni-Paschoa *et al.* (2019), é comum ocorrer a sucessão ecológica em florestas estacionais semidecíduais que avançam sobre as extensões de pastos abandonados e que

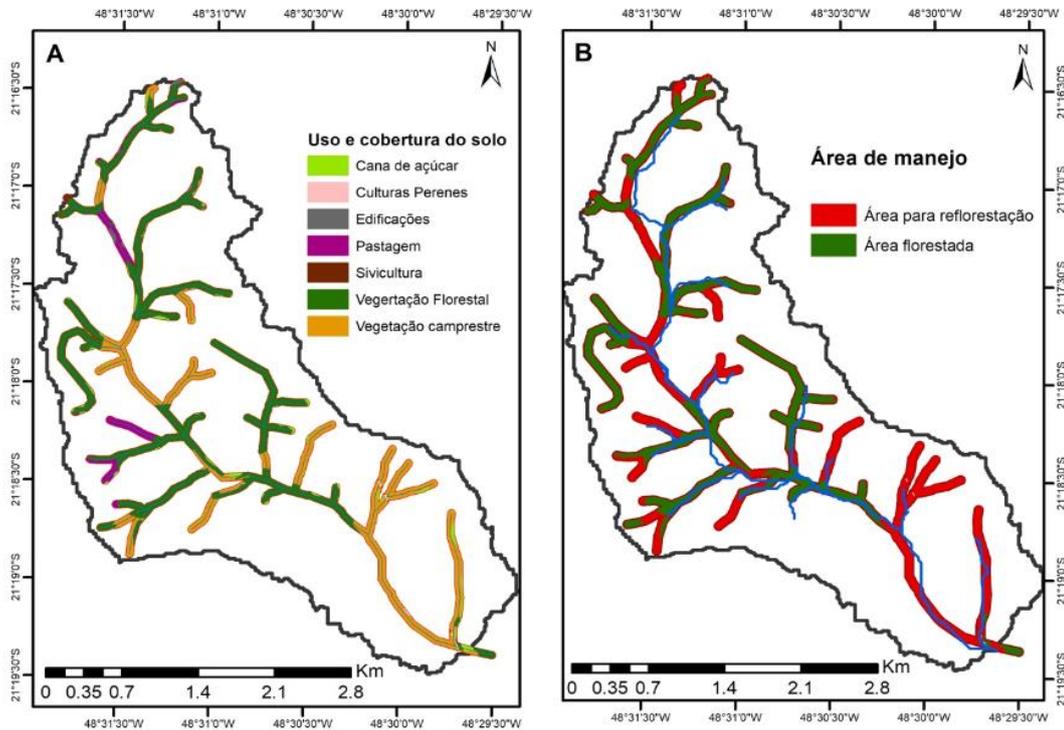
em geral não são recuperados em função do elevado custo. Esta situação é agravada com a ocorrência de processos erosivos na vertente da sub-bacia também nas regiões de pasto abandonado ou que ainda são usados pelo gado. Esta região abrange 49,74 ha sob intensa degradação ambiental em função da ocorrência de voçorocas na região da nascente principal, o que reforça a urgência da necessidade de tomada de ações e práticas conservacionistas na bacia, particularmente na recuperação da vegetação florestal, uma vez que a bacia é coberta em apenas 20% por vegetação florestal original (253,03 ha).

A cobertura florestal se concentra principalmente ao entorno das nascentes e paralelas à calha do córrego do manancial, seguindo dispersa em menor expressividade como pequenos fragmentos florestais desconectados. A dinâmica da fragmentação dos ecossistemas naturais também foi evidenciado por Parras *et al.* (2020), que alerta aos riscos da perda dos serviços ecossistêmicos nas paisagens agrícolas. Os serviços de regulação e manutenção dos fluxos biogeoquímicos devem ser considerados, pois o uso e a ocupação dos solos, sobretudo o uso agrícola, provocam a degradação dos ecossistemas e conseqüentemente alteram a dinâmica natural dos processos ecológicos, que é fundamental para o balanço das funções ecológicas, sociais, econômicas e culturais das bacias hidrográficas (Pissarra *et al.*, 2021).

Estudos realizados da disponibilidade hídrica em ambientes rurais evidenciam os impactos dos padrões de uso dos solos sobre o manejo das bacias hidrográficas e destacam particularmente a influência positiva da cobertura florestal para a qualidade e quantidade da água nas bacias hidrográficas (Valle Junior *et al.*, 2015; Simedo *et al.*, 2018; Lopes *et al.*, 2021; Pissarra *et al.*, 2019). Estes efeitos exercem ainda maior influência sobre as bacias hidrográficas de primeira ordem, pois estas são as mais afetadas pelas ações do homem e contribuem diretamente para os mananciais de água superficial e de abastecimento público, e implica em esforços contínuos para o manejo e a conservação e gestão do solo e do recurso hídrico.

Adicionalmente, as zonas ripárias da bacia, delimitadas por *buffers* de 30m a partir da calha dos cursos d'água em acordo ao CF (Brasil, 2012), também apresentam um deficit expressivo de vegetação florestal. A zona ripária apresenta uma área aproximada de 159 ha que poderia compor as áreas de matas ciliares. No entanto, apenas 55% estão cobertos por vegetação florestal, enquanto 45% apresentam usos diversos, com destaque para a vegetação campestre (Figura 2A).

Figura 2: A) Uso e ocupação do solo nas zonas ripárias na bacia hidrográfica de cabeceira do Córrego Rico (BHCR). B) Áreas indicadas para o reflorestamento da zona ripária.
Figure 2: A) Land use and occupation in riparian zones in the Córrego Rico headwater watershed (BHCR). B) Areas indicated for the reforestation of the riparian zone.



Fonte: As autoras (2021).

Assumindo as diretrizes do CF, que destinam faixas de proteção do solo, da água e da vegetação nativa ao entorno dos recursos hídricos e em que não são permitidas outras atividades, foram observados usos indevidos como pastagem (9 ha), cana-de-açúcar (3 ha) e edificações (1 ha). Estas áreas podem ou não constituir APPs na região, que são passíveis não obrigatoriamente de reflorestamento e sim apenas a não utilização das áreas. Todavia, a ausência de vegetação nativa compromete a disponibilidade e qualidade dos recursos hídricos do manancial de abastecimento.

As matas ciliares (cobertura florestal na zona ripária) atuam na preservação das funções do ecossistema, como por exemplo, a melhoria da qualidade dos recursos hídricos, a preservação e proteção da biodiversidade do local, filtragem de sedimentos e também atua na regulação climática (Costa *et al.*, 2019). No entanto, mesmo com a implementação de Áreas de Preservação Permanente (APPs), paralelas às redes de drenagem, a ausência de cobertura florestal nas zonas ripárias ocasiona diversos impactos aos cursos d'água e nascentes (Teruya *et al.*, 2016).

Com isto, a urgência de se preservar as matas ciliares perante o avanço agrícola na área estudada converge com as métricas obtidas neste estudo, constata-se que 70 ha carecem de um manejo mais conservacionista e são indicados como áreas prioritárias para ações e projetos de

recuperação e reflorestamento. Destaca-se na figura 2B, as áreas já florestadas e as áreas indicadas como prioridades para futuras ações de reflorestamento e recuperação da bacia.

As bacias de cabeceira são ponto-chave para o processo de recuperação ambiental e manutenção da qualidade e da quantidade do recurso hídrico e, portanto devem ser priorizadas na adoção de práticas de conservação a fim de evitar os conflitos de usos da água e a escassez hídrica e no embasamento de métricas para os programas de pagamentos por serviços ambientais (Pissarra *et al.*, 2021; Simedo *et al.*, 2020). Este cenário reforça a urgência da estruturação de programas de PSAs na bacia do Córrego Rico.

Trabalhos anteriores já relatavam como a área do estudo possuía tendências aos processos erosivos e, assim, a urgência da prática de manejo agrícola e ações mais conservacionistas (Pissarra *et al.*, 2010, 2013). Os autores destacam a necessidade de reflorestamento com a vegetação nativa da região. No entanto, ações efetivas ainda não foram direcionadas nesta bacia em específico. Diante disso, torna-se evidente que durante o tempo a área somente avançou no processo de degradação, demonstrando assim a importância desse projeto para a segurança hídrica na BHCR, que além de uma questão ambiental, também atinge diversos âmbitos na sociedade, sendo também uma questão socioeconômica, na qual é essencial a existência de governança integrativa dos serviços ecossistêmicos.

Os serviços ecossistêmicos de provisão de água e de balanço hidrológico nas bacias hidrográficas podem ser comprometidos pelo desenvolvimento da agricultura sem adaptação, provocando a degradação do solo e o declínio da qualidade hídrica, afetando o abastecimento (Pacheco *et al.*, 2018). Dessa forma, o direcionamento de PSAs na bacia como incentivo a recuperação da bacia são estratégias fundamentais para a efetividade dos PSAs e a aplicação das SBNs na recuperação das funções ecológicas sem comprometer as funções sociais econômicas na região.

Como exemplo de esquemas de PSAs que possuem condições de serem executados, tendo em vista a recuperação de bacias hidrográficas nos agroecossistemas, Pissarra *et al.* (2021) já propõe a compensação financeira aos produtores rurais que converterem o uso intensivo da terra para sistemas de produção mais sustentáveis. Promovendo a produção de água limpa nas bacias de cabeceira em consonância ao desenvolvimento agrícola sustentável.

Este projeto de pesquisa contribuiu para a melhor compreensão dos impactos antrópicos sobre as áreas de manancial utilizadas para o abastecimento público. Recomenda-se também, elaborar um esquema de regionalização, de uso/cobertura da terra com grande e pequena magnitude natural, refletindo sobre os custos sociais e econômicos. As mudanças, não necessariamente grandes em magnitude natural, têm vastas consequências do ponto de vista de fluxos biogeoquímicos ou de biodiversidade. Ao encontrar-se nos tipos mais importantes e de maior escala de mudança de uso e cobertura da terra, pretende-se também isolar e identificar os tipos mais interessantes do ponto de vista da pesquisa de modo a estimular práticas de sistemas de produção agrícola e agropecuários mais sustentáveis, que reduzam os impactos ambientais, preservando assim, os serviços ecossistêmicos. O presente projeto contribuiu para a melhor compreensão dos impactos antrópicos sobre os mananciais

de abastecimento público por meio da caracterização do uso e ocupação do solo, com o objetivo de assegurar e garantir a manutenção dos serviços ambientais, com destaque os recursos hídricos e solo, evitando assim, situações futuras de escassez de água e degradação do solo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este projeto de pesquisa contribui para o esclarecimento de questões relacionadas à análise do uso do solo em bacias hidrográficas de cabeceira em ambientes rurais e possibilita o melhor entendimento dos impactos e ameaças da ocupação agrária na área de estudo.

A melhor compreensão das interações multifuncionais nos agroecossistemas fortalece as rotas para conciliação ambiental e a produção agrícola mais sustentável na bacia do Córrego Rico. Ademais, o estudo tem a intenção de fundamentar e direcionar a conservação do manancial de abastecimento da BHCR, estabelecendo áreas prioritárias, sendo 70 ha ao longo da rede de drenagem para a restauração das zonas ripárias. Isto representa um avanço para o direcionamento e efetividade da recuperação ambiental e segurança hídrica da região. Assim como o embasamento científico/ técnico para tomada de decisão e desenvolvimento de políticas públicas e futuros esquemas de PSAs na BHCR,

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Grupo de Política de Uso dos Solo (PoIUS), UNESP/FCAV pela oportunidade de pesquisa e apoio; ao Conselho Nacional para o Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) no processo 405976/2021-6 pelo auxílio financeiro; ao Rangel L. Romão - Diretor Atlântica Simbios C. S. A. Ltda pelo apoio e ao Senhor Aurélio Julião de Castro Monteiro pelo auxílio e apoio ao projeto.

REFERÊNCIAS

BRANCALION, P. H. S. *et al.* Global restoration opportunities in tropical rainforest landscapes. **Science Advances**, v. 5, n. 7, p. eaav3223, 2019.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. 2012. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, Ano CXLIX, n. 102, 28 maio 2012. Seção 1, p.1. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: 04 nov. 2021.

COSTA, M. G. *et al.* Composição da Paisagem de Zonas Ripárias em Bacia Hidrográfica Antropizada. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 48^o. **Anais [...] CONBEA**, Campinas, 2019.

DA COSTA, L. M. *et al.* Spatiotemporal variability of atmospheric CO₂ concentration and controlling factors over sugarcane cultivation areas in southern Brazil. **Environment, Development and Sustainability**, n. 24, p. 5694–5717, 2022.

LAURETT, R. *et al.* Sustainable Development in Agriculture and its Antecedents, Barriers and Consequences – An Exploratory Study. **Sustainable Production and Consumption**, v. 27, p. 298-311, jul. 2021.

LOPES, M. C. *et al.* A case study of factors controlling water quality in two warm monomictic tropical reservoirs located in contrasting agricultural watersheds. **Science of The Total Environment**, v. 762, n. 144511, 2021.

LORENZONI-PASCHOA, L. de S. *et al.* Estágio sucessional de uma floresta estacional semidecidual secundária com distintos históricos de uso do solo no sul do Espírito Santo. **Rodriguésia**, v. 70, e02702017, 2019.

PACHECO, F. A. L. *et al.* Land degradation: Multiple environmental consequences and routes to neutrality. **Current Opinion in Environmental Science & Health**, v. 5, p. 79–86, 2018.

PARRAS, R. *et al.* The configuration of forest cover in Ribeirão Preto: A diagnosis of Brazil's forest code implementation. **Sustainability** (Switzerland), v.12, n. 14, p.1-13, 2020.

PISSARRA T. C. T. *et al.* Environmental adaptation of the source of the subbasin of Rico Stream, Monte Alto - SP, Brazil. **Engenharia Agrícola**, v. 33, n. 2, p.303–311, 2013.

PISSARRA T. C. T. *et al.* Morfometria de microbacias do Córrego Rico, afluente do Rio Mogi-Guaçu, Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Árvore**, v. 34, n. 4, p.669–676, 2010.

PISSARRA, T. C. T. *et al.* A Regression Model of Stream Water Quality Based on Interactions between Landscape Composition and Riparian Buffer Width in Small Catchments. **Water**, v. 23, 2019.

PISSARRA, T. C. T. *et al.* Avaliação de características morfométricas na relação solo-superfície da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico, Jaboticabal (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 2, p. 297–305, 2004.

PISSARRA, T. C. T. *et al.* Production of clean water in agriculture headwater catchments: A model based on the payment for environmental services. **Science of The Total Environment**, v. 785, p.147331, 2021.

RODRIGUES, R. R. *et al.* Large-scale ecological restoration of high-diversity tropical forests in SE Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 261, n. 10, p.1605–1613, 2011.

SIMEDO, M. B. L. *et al.* Effect of watershed land use on water quality: a case study in Córrego da Olaria Basin, São Paulo State, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 78, n. 4, 2018.

SIMEDO, M. B. L. *et al.* The Assessment of Hydrological Availability and the Payment for Ecosystem Services: A Pilot Study in a Brazilian Headwater Catchment. **Water**, v. 12, n. 10, p. 2726, 2020.

SLAVIKOVA, S. P. Conventional vs Sustainable Agriculture: Can Sustainable Agriculture Feed the World. **Greentumble**, 2019. Disponível em: <https://greentumble.com/can-sustainable-agriculture-feed-the-world/>. Acesso: 26/02/2021.

TERUYA, J. H. *et al.* Mapeamento das APPs de hidrografia e declividade como subsídio a gestão da bacia hidrográfica do rio Formoso (Mato Grosso do Sul). **Revista UNG-Geociências**, v. 15, p.128-140, 2016.

VALLE JUNIOR, R.F. *et al.* Impacts of land use conflicts on riverine ecosystems. **Land Use Policy**, v. 43, p. 48-62,2015.