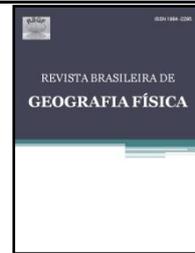




ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe



Análise da conformidade ambiental das áreas protegidas da microbacia hidrográfica do córrego Santa Maria do Leme, São Carlos - SP

Phelipe Silva Anjinho, e-mail: phelipe.anjinho@usp.br (Autor correspondente) Universidade de São Paulo. Leticia Geraldino Campos, e-mail: leticiageraldino@uol.com.br Universidade de São Paulo. Frederico Fábio Mauad, e-mail: mauadffm@sc.usp.br Universidade de São Paulo. Frederico Yuri Hanai, e-mail: fredyuri@ufscar.br Universidade Federal de São Carlos.

Artigo recebido em 17/08/2017 e aceito em 16/06/2018

RESUMO

O aumento da urbanização e das atividades humanas tem causado sérios impactos sobre os ecossistemas naturais. Um dos principais instrumentos utilizados na proteção destes ecossistemas são as áreas ambientalmente protegidas, que são espaços territorialmente delimitados destinados à conservação e preservação ambiental. Tendo como base que o planejamento urbano e a gestão dos municípios devem contemplar as diretrizes, as normas e o atendimento de vários desafios socioambientais de uso e ocupação de um território, o presente trabalho, por meio de ferramentas de geoprocessamento e análise de legislações vigentes, teve como objetivo identificar e analisar a situação de conformidade das áreas protegidas da microbacia hidrográfica do córrego Santa Maria do Leme, São Carlos-SP, com as exigências da legislação ambiental, verificando os conflitos de uso e ocupação do solo, e sugerindo propostas de adequação ambiental, visando a integração e a conectividade de áreas naturais, auxiliando assim a tomada de decisão e a gestão ambiental municipal.

Palavras-chave: Planejamento Urbano, Áreas Protegidas, Geoprocessamento, Recursos Naturais, Legislação Ambiental.

Analysis of the environmental compliance of the protected areas of the Santa Maria do Leme stream basin, São Carlos - SP

ABSTRACT

Increased urbanization and human activities have had serious impacts on natural ecosystems. One of the main instruments used in the protection of these ecosystems is the environmentally protected areas, which are territorially well defined areas destined for conservation and environmental preservation. Based on the fact that urban planning and the management of municipalities must contemplate the guidelines, norms and the attendance of several socio-environmental challenges of use and occupation of a territory, the present work, through geoprocessing tools and analysis of current legislation, had as objective to identify and analyze the compliance situation of the protected areas of the Santa Maria do Leme stream water catchment area, São Carlos-SP, with the requirements of the environmental legislation, verifying the conflicts of use and occupation of the soil, and suggesting proposals for environmental adequacy, aiming at the integration and connectivity of natural areas, thus helping municipal decision-making and environmental management.

Keywords: Urban Planning, Protected Areas, Geoprocessing, Natural Resources, Environmental Legislation.

Introdução

O aumento populacional em ambientes urbanos tem ocorrido de maneira rápida e intensa. Segundo McDonald *et al.* (2018), as taxas mundiais de expansão urbana ultrapassaram as de crescimento populacional e as tendências indicam que até 2030 a área urbana aumentará em 120 milhões de ha. No Brasil, o percentual da população urbana é de 84,7% (IBGE, 2016), ou seja, dos quase 207,6 milhões de brasileiros (Brasil, 2017), aproximadamente 175,3 milhões vivem hoje em cidades.

A pressão que a expansão dos centros urbanos e a consequente mudança no uso e ocupação do solo estão causando sobre os ecossistemas naturais, têm provocado diversos impactos ambientais, como a erosão do solo e sedimentação do leito dos rios (Júnior & Hamada, 2015), perda de habitat e biodiversidade (Haddad *et al.*, 2015; Crooks *et al.*, 2017; Huang *et al.*, 2018), além de diversas outras implicações relacionadas com o fornecimento de serviços ecossistêmicos (Pullanikkatil *et al.*, 2016; Sun Xiao *et al.*, 2018).

Os impactos oriundos da urbanização são causados, na maioria das vezes, pela falta de planejamento e ineficiência na aplicação de instrumentos legais e políticas públicas direcionados à conservação ambiental e ao manejo do uso do solo. No Brasil, no início do século XX, não existia nenhuma norma que regulamentasse a questão ambiental brasileira, e foi apenas a partir de 1934 que algumas regulamentações específicas sobre o tema começaram a ser desenvolvidas (Machado, 1995).

A criação de um aparato jurídico relacionado à proteção das áreas de grande relevância ambiental foi muito importante para conter a degradação dos recursos naturais provocados pelas atividades humanas. Um marco no direito ambiental brasileiro foi a criação da Política Nacional do Meio Ambiente, instituída pela Lei Federal nº 6.938/81, e a Lei Federal nº 6.902/81 que dispõem sobre a criação de Áreas de Proteção Ambiental.

Atualmente, um dos principais mecanismos legais utilizados para a conservação das áreas de vegetação natural e, conseqüentemente, para a contenção do processo de degradação ambiental causado pelas mudanças de uso e ocupação do solo são as chamadas áreas protegidas (Le Saout *et al.*, 2013; Payés *et al.*, 2013), que são espaços territorialmente delimitados, cuja principal função é conservar e preservar os recursos naturais e/ou culturais. No Brasil, os principais instrumentos que regularizam a implementação dessas áreas são, a Lei Federal nº

9.985/2000, que estabelece o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e a Lei Federal nº 12.651/2012 que instituiu o Código Florestal Brasileiro.

De todo o conjunto de leis relacionadas ao tema, o Código Florestal, sem dúvida, foi um dos mais importantes, uma vez que definiu as bases para a proteção territorial dos principais ecossistemas florestais brasileiros, além de ser o primeiro instrumento de proteção a definir de forma clara as tipologias de áreas a serem especialmente protegidas (Medeiros, 2006), são elas: Áreas de Preservação Permanente (APP), que são áreas cobertas ou não por vegetação nativa, destinadas a preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, a facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, a proteger o solo e assegurar o bem estar das populações humanas; e as Reservas Legais (RL), que são áreas mínimas de vegetação nativa que o proprietário rural deve manter preservada, variando conforme o bioma onde o imóvel está situado (Brasil, 2012).

Embora a legislação ambiental brasileira seja bastante ampla no que concerne à proteção das APPs e RLs, constata-se que o cumprimento da legislação é pouco representativo em todo o país (Roris *et al.*, 2015), sendo ignorado na maioria dos núcleos urbanos, gerando prejuízos ambientais. Outro fator negativo relacionado com essas áreas é a questão da fiscalização do cumprimento dos dispositivos legais estabelecidos pelo Código Florestal Brasileiro.

Assim, ressalta-se a importância do geoprocessamento como ferramenta eficaz e viável para análise das áreas protegidas, permitindo dessa forma a verificação do não cumprimento da legislação ambiental, além de auxiliar o monitoramento espacial dessas áreas.

Diversos trabalhos abordaram a questão do geoprocessamento na análise das APPs e RLs (Freitas *et al.*, 2013; Mello *et al.*, 2014; Da Motta Abrantes e Piroli, 2017; Oliveira *et al.*, 2017; Sumiya Gurgel *et al.*, 2017). A grande maioria dos artigos encontrados tiveram como foco a análise dos conflitos de uso e ocupação do solo nas áreas de preservação permanente, destacando a importância das ferramentas de geoprocessamento na identificação de tais conflitos.

Diante do contexto, o presente trabalho teve como objetivo identificar e analisar a situação de conformidade das áreas protegidas da microbacia hidrográfica do córrego Santa Maria do Leme, localizada no município de São Carlos, São Paulo, com o atendimento da legislação ambiental, sugerindo propostas de adequação ambiental

visando à integração e à conectividade das áreas naturais existentes e das legalmente exigidas.

Material e métodos

Caracterização da área de estudo

O estudo foi desenvolvido na microbacia hidrográfica do córrego Santa Maria do Leme, localizada na região nordeste do Estado de São Paulo, entre os paralelos 21° 58' 0" S e 22° 0' 0" S e meridianos 47° 56' 30" W e 47° 53' 0" W, no município de São Carlos, com área de aproximadamente 1.132,79 ha (Figura 1).

O principal curso hídrico da microbacia é o córrego Santa Maria do Leme que nasce na área rural do de São Carlos-SP, percorrendo 4,7 km de extensão até desaguar no rio Monjolinho, na região central do município. Até o ano de 1999 esse córrego fazia parte do sistema de abastecimento de água da cidade (Felício, 2014) e sua área de várzea é composta por vegetação rasteira e espécies arbóreas (Zaffani, 2012).

O uso da terra majoritário é constituído por áreas urbanas (390,33 ha) que representam 34,45% da área da microbacia, situadas nas áreas jusantes da drenagem hidrográfica, seguido pelo uso agropecuário, pastagem e cana de açúcar, que juntos totalizam 588,7 ha. ou 51,96 %, localizadas

na porção central da área de estudo, fazendo fronteira com as áreas legalmente protegidas da bacia (Tabela 1).

No que se refere aos aspectos ambientais, a microbacia ainda possui características naturais relevantes, com a presença de fragmentos de vegetação natural e matas ciliares, conforme apresenta a Figura 1. Contudo, apesar das características citadas, a região da bacia hidrográfica vem sofrendo um intenso processo de degradação ambiental provocada pela urbanização acelerada e pela falta de manutenção de áreas verdes preservadas (Felício, 2014). Essa constatação já havia sido observada por Montañó (2005), que analisou a projeção das alterações no uso e ocupação do solo nas bacias urbanas no município de São Carlos e constatou que, de todas as bacias analisadas, a bacia hidrográfica do córrego Santa Maria do Leme é a que apresenta maior tendência à urbanização, o que condiz com o atual uso e ocupação do solo da região.

Atualmente, segundo a Lei municipal nº 18.053 de 19 de dezembro de 2016 que instituiu o Plano Diretor do Município de São Carlos, a microbacia hidrográfica do Córrego Santa Maria do Leme encontra-se na macrozona rural, que se caracteriza pelas áreas de regulação e ocupação controlada de média densidade (São Carlos, 2016).

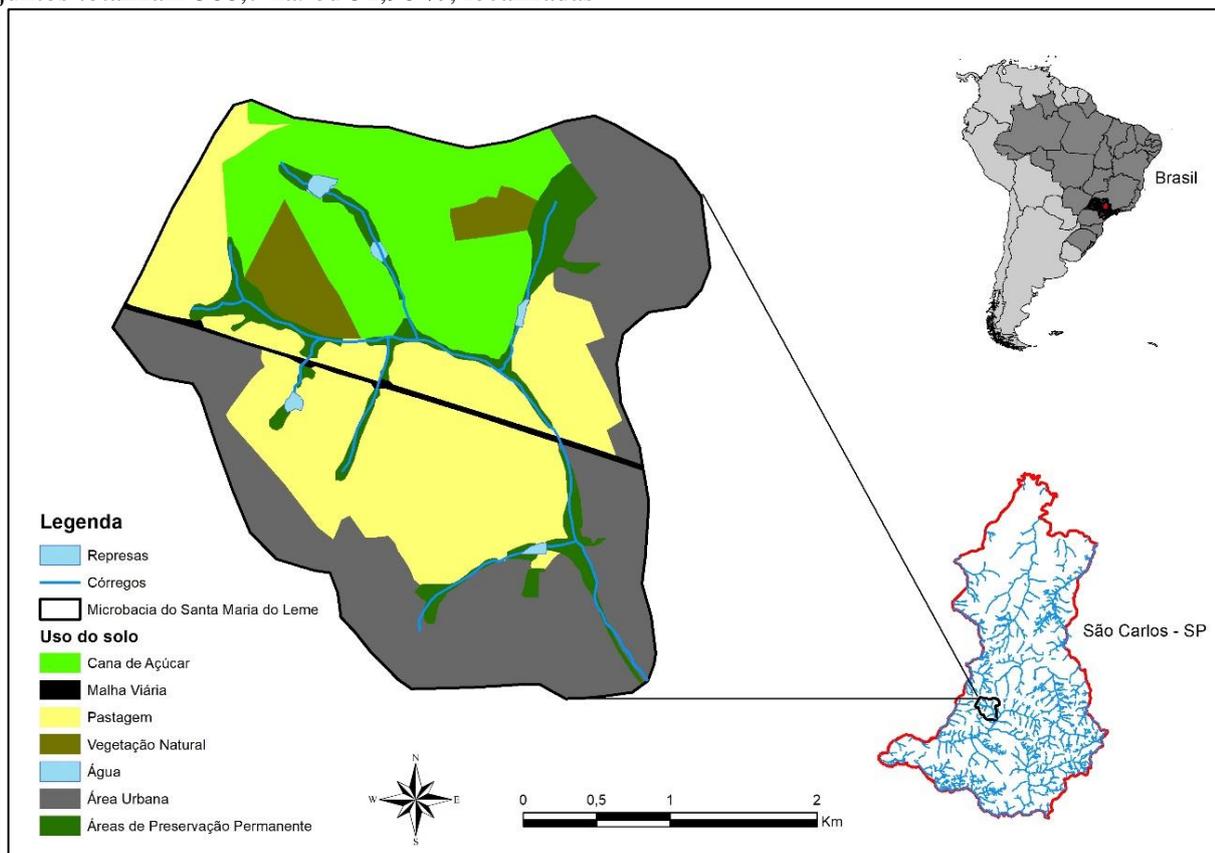


Figura 1. Localização e tipos de uso e ocupação do solo da microbacia do córrego Santa Maria do Leme.

Tabela 1. Classes de uso e ocupação do solo na microbacia do córrego Santa Maria do Leme.

Classe	Área (ha)	Percentual (%)
Água	3,02	0,26
Área urbana	390,33	34,45
Área de Preservação Permanente	88,05	7,77
Cana de açúcar	223,75	19,75
Malha viária	13,76	1,21
Pastagem	364,94	32,2
Vegetação natural	48,91	4,31
Total	1.132,79	100

Identificação e interpretação dos aspectos legais vigentes

Foi realizado um levantamento e análise do aparato jurídico relacionados às áreas ambientalmente protegidas. Portanto, a análise legal deste trabalho foi fundamentada na Constituição Federal Brasileira de 1988, Código Florestal Brasileiro (Lei Federal nº 12.651 de 25 de maio de 2012), no Plano Diretor do município de São Carlos (Lei Municipal nº 18.053 de 19 de dezembro de 2016) e na Lei Orgânica do município de São Carlos (Lei nº 01 de 20 de dezembro de 2010).

Coleta de dados cartográficos

Os dados cartográficos utilizados nesse trabalho foram adquiridos no banco de dados digital do Instituto Brasileiro de Geografia Estatística (IBGE). Todas as informações cartográficas foram inseridas, processadas e analisadas em Sistema de Informação Geográfica (SIG), utilizando-se o *software* ArcGis 10.3. Para o processamento e a análise das informações, adotou-se o sistema de projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), com o datum SIRGAS 2000 e Fuso 23 Sul.

Para a delimitação da área de estudo e obtenção da rede de drenagem foram adquiridas cartas topográficas na escala de 1: 50.000 dos municípios de Ibaté (SF-23-V-C-IV-3) e São Carlos (SF-23-Y-A-I-1).

Para a confecção do mapa de uso e ocupação do solo e delimitação das áreas protegidas da bacia foram utilizadas imagens dos sensores *Operational Land Imager* (OLI) e *Thermal InfraRed Sensor* (TIRS) do satélite Landsat 8, com 10 bandas espectrais com resolução

especial de 30 metros e 1 banda espectral com resolução espacial de 15 metros (*OLI panchromatic band 8*), com data de passagem em 03 de setembro de 2017, obtidas na base de dados da U.S Geological Survey (USGS).

Uso e Ocupação do Solo

Inicialmente foi realizada a reprojeção da imagem para o sistema de projeção cartográfica adotado nesse trabalho, visto que a imagem estava processada no sistema de projeção WGS 84, UTM, Zona 23N. Em seguida, foi realizado o processamento da imagem utilizando as bandas 6, 5 e 4 e posteriormente a fusão com a banda pancromática (banda 8) com resolução espacial de 15 metros, com o objetivo de melhorar a resolução espacial da imagem, permitindo discriminar com maior qualidade as características do uso e ocupação do solo da região.

A caracterização do uso e ocupação do solo foi gerada mediante a digitalização da imagem do satélite Landsat 8 para a área de interesse. Ao todo foram identificadas sete classes de uso da terra, conforme ilustrado na Figura 1. É importante ressaltar que, entre o conjunto de áreas naturais protegidas estabelecidas por lei, apenas as áreas de APP e RL foram encontradas na microbacia, portanto apenas essas foram utilizadas nas análises desse trabalho.

Quantificação das áreas naturais protegidas

Primeiramente foram extraídas do mapa de uso e ocupação do solo as áreas protegidas existentes na microbacia hidrográfica do córrego Santa Maria do Leme com o objetivo de quantificá-las e analisar sua situação referente ao atendimento à legislação.

Paralelamente, foi feito um levantamento de aspectos legais presentes no Plano Diretor de São Carlos e no Código Florestal Brasileiro para identificar os valores de áreas mínimas de APP e RL que devem ser obrigatoriamente cumpridas dentro do contexto da microbacia hidrográfica. Sendo assim, obedecendo as legislações pertinentes para a determinação das APPs foi gerado um *buffer* de 30 metros no entorno dos córregos e 50 metros ao redor das nascentes e represas.

Em seguida foi feita a sobreposição das áreas de APP exigidas por lei com as áreas de APP existentes na bacia, no intuito de quantificar os locais da bacia onde não estão sendo cumpridos os preceitos da legislação, ou seja, as áreas de APP que devem ser restauradas para que essas se adequem à conformidade legal.

Com relação à análise das reservas legais, foi necessário ter acesso ao cadastramento das propriedades rurais presentes na microbacia. Portanto, foram adquiridos no Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (SICAR) dados em formato *shapefile* dos imóveis rurais e das áreas de RL averbadas e propostas para a microbacia e, em seguida, essas informações foram integradas e analisadas possibilitando identificar as propriedades que ainda não possuíam reservas legais averbadas ou propostas pelos proprietários, segundo os dados do SICAR. Com o objetivo de adequar a área da bacia hidrográfica à legislação, também foram propostas áreas de RL em propriedades irregulares, obedecendo ao percentual de 20% da área de cada imóvel, conforme dispõe a legislação atual.

Integração das áreas naturais protegidas

A partir do mapeamento das áreas mínimas de APPs e RLs previstas segundo a legislação ambiental, foi proposta a integração das áreas naturais protegidas na bacia, a fim de não apenas adequar-se à lei e cumprir sua obrigatoriedade legal, mas também de garantir o cumprimento dos principais objetivos destas áreas, que são o de conservar a biodiversidade local e melhorar a qualidade de seus recursos hídricos. Desta forma, foi gerado um novo mapa, que propõe um cenário ideal para que a microbacia hidrográfica do córrego Santa Maria do Leme fique em conformidade com a legislação vigente. Nesse mapa foram inseridas as áreas de APP e RL que existem e as que deveriam existir, de acordo com os preceitos e exigências legais.

Por último, foi elaborada uma proposta de adequação das áreas protegidas presentes na microbacia para que estas sejam incluídas como

Áreas de Especial Interesse Ambiental no Plano Diretor do município de São Carlos. Para isso, foram identificados e estabelecidos novos critérios no plano diretor em questão, mostrando a importância de adequar essas áreas às zonas de interesse ambiental.

Resultados e discussão

Interpretação e análise do aparato jurídico

Constituição Federal Brasileira de 1988

A questão relacionada à preservação e conservação ambiental no Brasil passou a ter maior reconhecimento após a década de 80 com o advento da Constituição Federal Brasileira de 1988. Segundo Gomes (2008), até o início dos anos oitenta, não havia uma legislação relacionada à proteção do meio ambiente, até o momento existiam apenas regulamentações sobre ordenamentos relativos à água e florestas, voltados mais para a proteção econômica do que ambiental.

Segundo o Art. 225 da Constituição Federal Brasileira, todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (Brasil, 1988), ou seja, é dever de todos defender e preservar o meio ambiente, visto que os danos ambientais não se limitam às fronteiras geográficas de uma cidade ou estado, portanto, a responsabilidade é de todos (Gomes, 2008).

A Constituição Federal Brasileira foi sem dúvida a ponte de ligação para as demais legislações e políticas pertinentes à preservação e conservação ambiental. Apesar da Política Nacional do Meio Ambiente de 1981 ser anterior a Constituição Federal, foi só a partir desta última que o meio ambiente ecologicamente equilibrado passou a ser considerado como um direito constitucional de todos, bem de uso comum do povo, e essencial à vida.

As áreas protegidas foram asseguradas na Constituição Federal, conforme ressalta o Art. 225, § 1º, Inciso III, “definir, em todas as unidades da Federação, espaços territoriais e seus componentes a serem especialmente protegidos, sendo a alteração e a supressão permitidas somente através de lei, vedada qualquer utilização que comprometa a integridade dos atributos que justifiquem sua proteção”.

Código Florestal Brasileiro - Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012

O Código Florestal Brasileiro tem como objetivo estabelecer normas gerais sobre a proteção da vegetação, áreas de Preservação Permanente e as áreas de Reserva Legal, a exploração florestal, o suprimento de matéria-prima florestal, o controle da origem dos produtos florestais e o controle e prevenção dos incêndios florestais, e prevê instrumentos econômicos e financeiros para o alcance de seus objetivos (Brasil, 2012).

Segundo o Art. 3º, Inciso II do Código Florestal, Áreas de Preservação Permanente são áreas protegidas, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas; e as Reservas Legais são (conforme o Inciso III) áreas localizadas no interior de uma propriedade ou posse rural, delimitada nos termos do Art. 12º, com a função de assegurar o uso econômico de modo sustentável dos recursos naturais do imóvel rural, auxiliar a conservação e a reabilitação dos processos ecológicos e promover a conservação da biodiversidade, bem como o abrigo e a proteção de fauna silvestre e da flora nativa (Brasil, 2012).

De acordo com o Art. 4º, considera-se Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas, para os efeitos desta Lei (Brasil, 2012):

I - as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de:

- a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;
- b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;
- c) 100 (cem) metros, para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;
- d) 200 (duzentos) metros, para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;
- e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;

II - as áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais, em faixa com largura mínima de:

- a) 100 (cem) metros, em zonas rurais, exceto para o corpo d'água com até 20 (vinte) hectares de superfície, cuja faixa marginal será de 50 (cinquenta) metros;
- b) 30 (trinta) metros, em zonas urbanas;

III - as áreas no entorno dos reservatórios d'água artificiais, decorrentes de barramento ou

represamento de cursos d'água naturais, na faixa definida na licença ambiental do empreendimento;

IV - as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros;

O Art. 12º trata sobre o percentual mínimo de RL que deve conter na área do imóvel rural que varia conforme (BRASIL, 2012):

I - localizado na Amazônia Legal:

- a) 80% (oitenta por cento), no imóvel situado em área de florestas;
- b) 35% (trinta e cinco por cento), no imóvel situado em área de cerrado;
- c) 20% (vinte por cento), no imóvel situado em área de campos gerais;

II - localizado nas demais regiões do País: 20% (vinte por cento).

Plano Diretor do município de São Carlos – 2016

O Plano Diretor é um instrumento de gestão urbana, estabelecido pela Lei Federal nº 10.257 de 10 de julho de 2001, e tem o objetivo de orientar o processo de uso e ocupação do solo de um município, sendo parte integrante do processo de planejamento municipal.

Para o município de São Carlos, a Lei que instituiu o Plano Diretor é a Lei Municipal nº 18.053 de 19 de dezembro de 2016. Um dos seus princípios fundamentais, segundo o Art. 2º, inciso VI, é o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado como previsto na Constituição Federal Brasileira. Ainda, no Art. 2º, § 2º, apresenta que para a garantia da função social da cidade, o poder público municipal deverá:

[...]

V – promover usos do solo compatíveis com a preservação ambiental.

Segundo o Art. 3º, inciso X, um dos principais objetivos do ordenamento territorial é proteger as áreas de preservação permanente, as unidades de conservação, as áreas de proteção dos mananciais e a biodiversidade (São Carlos, 2016).

No que concerne à preservação ambiental, a referida lei, entre seus diversos mecanismos de ordenamento territorial, traz um instrumento importante para a conservação das áreas ambientalmente protegidas de São Carlos, que são as Áreas de Especial Interesse Ambiental (AEIA).

Segundo o Art. 71º, as áreas de especial interesse compreendem as porções do território que demandam tratamento diferenciado por destacar determinadas peculiaridades, cumprindo funções especiais no planejamento e no ordenamento do território, complementando o zoneamento por

meio de normas ou diretrizes específicas quanto ao uso e ocupação do solo (São Carlos, 2016).

De acordo com o Art. 73º, as AEIA são porções do território destinadas a (São Carlos, 2016):

I – proteger e recuperar os mananciais, nascentes e APPs;

II – proteger a biodiversidade, áreas com vegetação significativa ou reflorestamento de espécies nativas;

III – proteger praças, parques, paisagens notáveis, encostas e fundos de vale e promover seu uso adequado e sustentável;

IV – contribuir para a adequada drenagem de água pluvial no território do Município, prevenindo enchentes, erosões e promovendo a recarga dos reservatórios de águas subterrâneas;

V – criar Parques Lineares e Unidades de conservação, como Parques Municipais e Estações Ecológicas;

VI – promover a educação ambiental como ferramenta interdisciplinar para o reconhecimento, preservação e uso adequado dos recursos ambientais;

VII – promover ações necessárias para minorar, no nível local, os efeitos do aumento de temperatura associado às mudanças climáticas globais.

Lei Orgânica do município de São Carlos - Lei nº 01 de 20 de dezembro de 2010

A Lei Orgânica do Município de São Carlos foi instituída pela Lei Municipal nº 34 de 05 de Abril de 1990 e posteriormente substituída pela Lei Municipal nº 01 de 20 de dezembro de 2010.

O capítulo IV, seção I, desta lei trata sobre as questões relacionadas ao meio ambiente, recursos naturais e saneamento. Entre os dispositivos mencionados desta seção, destaca-se o Art. 122 que trata sobre o dever do município juntamente com a coletividade em promover a preservação, conservação, defesa, recuperação e melhoria do meio ambiente natural, artificial e do trabalho, atendidas às peculiaridades locais e em harmonia com o desenvolvimento social e econômico (São Carlos, 2010).

Análise da conformidade das áreas naturais protegidas com a legislação ambiental vigente

Áreas de Preservação Permanente

A Figura 2 apresenta o mapa das áreas das APPs que efetivamente existem na microbacia do córrego Santa Maria do Leme, cujo valor total é de 88,05 ha. Também apresenta o mapeamento das áreas mínimas de APPs que deveriam existir na microbacia, de acordo com as legislações consideradas neste trabalho a partir dos *buffers* criados, cujo valor estimado é de 79,24 ha. A partir da sobreposição destes dados, foi possível elaborar o mapa das regiões da microbacia hidrográfica que não estão cumprindo adequadamente a legislação ambiental vigente (Figura 2). Segundo a análise, existem 32,6 ha de áreas de APPs que não estão em conformidade com a legislação ambiental.

Por intermédio dos mapas gerados, pode-se constatar que as Áreas de Preservação Permanentes estão em conflito com outros usos na bacia, o que confirma o não cumprimento das leis que protegem os corpos hídricos e as nascentes, podendo proporcionar ou intensificar os impactos ambientais na microbacia hidrográfica do córrego Santa Maria do Leme, tais como erosão, poluição das águas e eventos de inundação que já são observados em alguns locais da cidade de São Carlos (Felicio, 2014). A existência de passivos ambientais nas APPs acarreta em danos nas normas instituídas nas políticas ambientais, na qualidade de vida das pessoas, além de ferir o direito constitucional ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, segundo o Art. 225 § 1º, Inciso III (Brasil, 1988).

Salienta-se que, apesar da área total das APPs presentes na bacia ser maior que a área prevista pela legislação, conforme apresentado na Tabela 2, deve-se considerar que a vegetação nativa, não sendo ciliar, presente em outras regiões da bacia, não substitui e nem tem a mesma eficácia para a conservação dos ecossistemas locais que aquelas adjacentes aos corpos hídricos. Segundo Metzger (2010), as APPs apresentam características físicas, hidrológicas e ambientais diferentes das áreas situadas distante dos cursos hídricos e, conseqüentemente, a composição de espécies de flora e fauna nativa variam muito se comparada com áreas não ciliares. Tal constatação foi identificada por Rodrigues & Leitão-Filho (2004), que mostraram que a composição arbórea varia em função da distância ao rio, com diferenças bruscas nos primeiros 10 a 20 m.

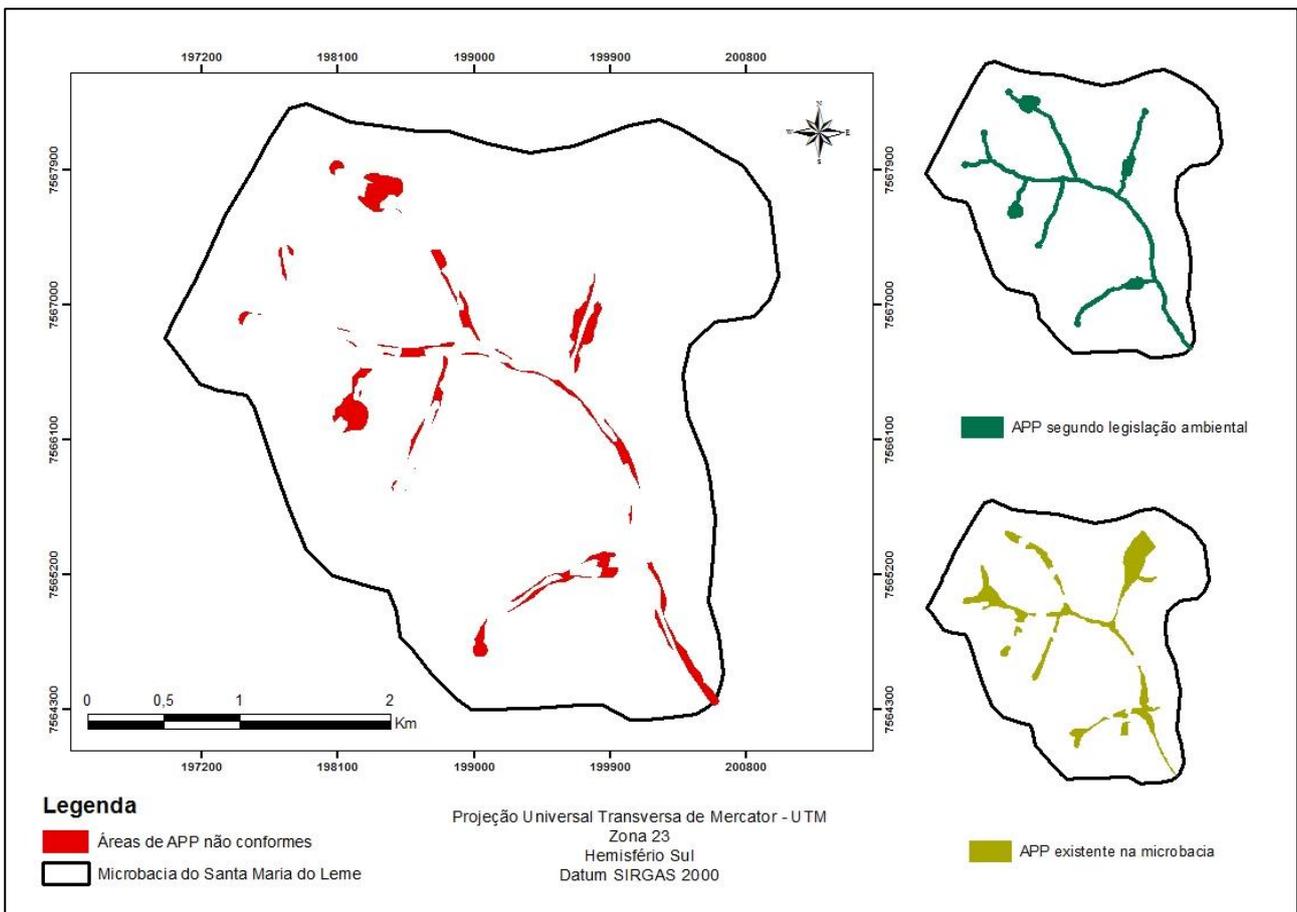


Figura 2. Situação das áreas de APPs na microbacia hidrográfica do córrego Santa Maria do Leme referente às exigências legais.

As APPs são espaços territoriais constitucionalmente protegidos e de interesse de todos. São áreas de transição entre os ecossistemas terrestres e aquáticos que apresentam influência direta sobre as características físico-químicas e biológicas dos corpos hídricos, além de proporcionar outros benefícios ambientais (Tambosi et al., 2015). Por isso, as áreas irregulares da bacia hidrográfica devem ser regularizadas a fim de cumprir com a legislação ambiental e com a Constituição Federal.

A coexistência de outros usos em APPs só pode ser permitida em casos específicos que envolvam serviços de utilidade pública, de interesse social ou de baixo impacto ambiental, conforme previsto no Art. 8º do Código Florestal Brasileiro (Brasil, 2012). Portanto, a regularização dos passivos ambientais em APPs na microbacia do córrego Santa Maria do Leme deverá ser conduzida considerando cada caso em particular, e tomando como base as normas estabelecidas no Código Florestal Brasileiro.

Tendo em vista o desenvolvimento das grandes cidades e áreas agropecuárias, as APPs, atualmente, caracterizam-se em instrumentos muito importantes para a preservação ambiental.

Segundo Oliveira Jr & Magri (2017), estas são mais do que elementos de conservação ambiental, são instrumentos de planejamento rural e urbano, direcionando, por exemplo, planos diretores municipais, e também desempenham funções ambientais como regulação de eventos meteorológicos e hidrológicos, além de melhorar a qualidade de vida das populações.

Tabela 2. Situação legal das áreas de APPs na microbacia do córrego Santa Maria do Leme.

Área de Preservação Permanente	Área (ha)
Segundo legislação ambiental	79,24
Existentes na microbacia	88,05
Ausentes	32,6

Reservas Legais

O cadastramento das propriedades rurais contempladas pela microbacia do córrego Santa Maria do Leme foi adquirido no Sistema Nacional

de Cadastro Ambiental Rural. De acordo com os dados do SICAR, foram encontradas 19 propriedades rurais com áreas territoriais totalmente situadas na área de estudo, que totalizam 397,6 ha, representando 35,1 % da área total da microbacia hidrográfica.

Juntamente com as informações das propriedades rurais, foram obtidas também as áreas de reservas legais equivalentes, conforme apresenta a Figura 3. Foram encontrados ao todo dez fragmentos de RL existentes na bacia, entretanto apenas três encontram-se de fato inseridos na área de estudo, segundo análise espacial, sendo que os demais foram propostos pelos proprietários na fase de regularização do cadastro ambiental rural no SICAR (Figura 4).

Para a estimativa das áreas de adequação e cumprimento da legislação ambiental vigente, considerou-se o valor correspondente de 20% (79,53 ha) das áreas totais das propriedades rurais (397,6 ha), pertinentes às áreas de reservas legais. Na bacia existem 11,5 ha de áreas de Reservas Legais averbadas e 25,5 ha propostas pelos proprietários, totalizando 37,06 ha. Portanto, considerando o total dessas áreas que deveriam existir na bacia (73,53 ha), observa-se que 42,83 ha

de área são necessárias para regularizar a situação ambiental da microbacia hidrográfica (Tabela 3).

Da mesma forma em que foram apontados os locais prioritários para recuperação das matas ciliares e reconstituição das APPs necessárias à microbacia, também foram propostos locais mais indicados para incluir os 20% de Reserva Legal nestas propriedades, a fim de propiciar uma conectividade entre as duas categorias de áreas protegidas, contribuindo ainda mais para a conservação da biodiversidade e manutenção do ecossistema local (Figura 3). Os locais foram propostos com base no Art. 14 do Código Florestal Brasileiro que apresenta critérios para a localização das áreas de RL nos imóveis rurais. Entre os critérios mencionados pela lei, destaca-se (Brasil, 2012):

[...]

III - a formação de corredores ecológicos com outra Reserva Legal, com Área de Preservação Permanente, com Unidade de Conservação ou com outra área legalmente protegida;

IV - as áreas de maior importância para a conservação da biodiversidade.

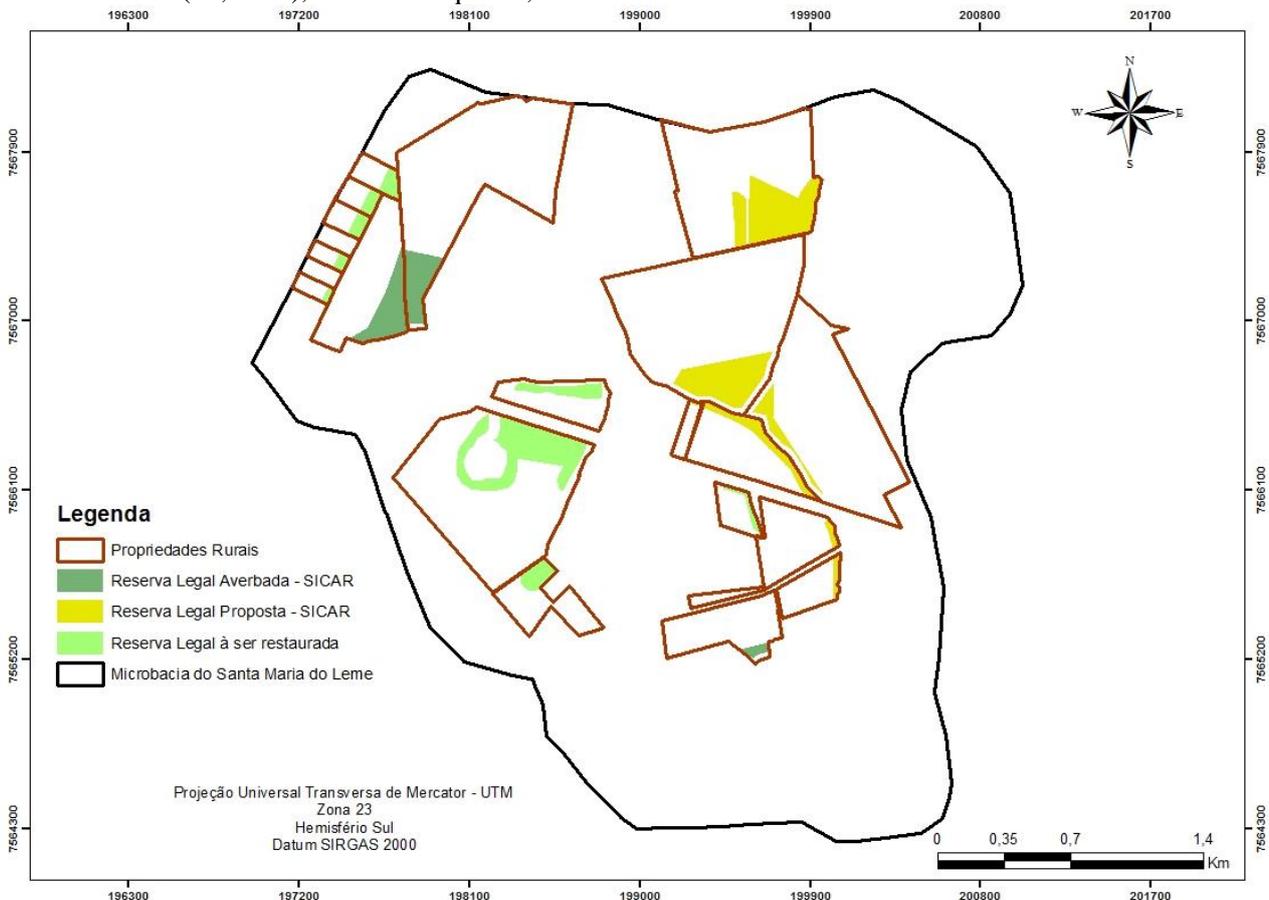


Figura 3. Situação legal das áreas de RLs na microbacia do córrego Santa Maria do Leme.

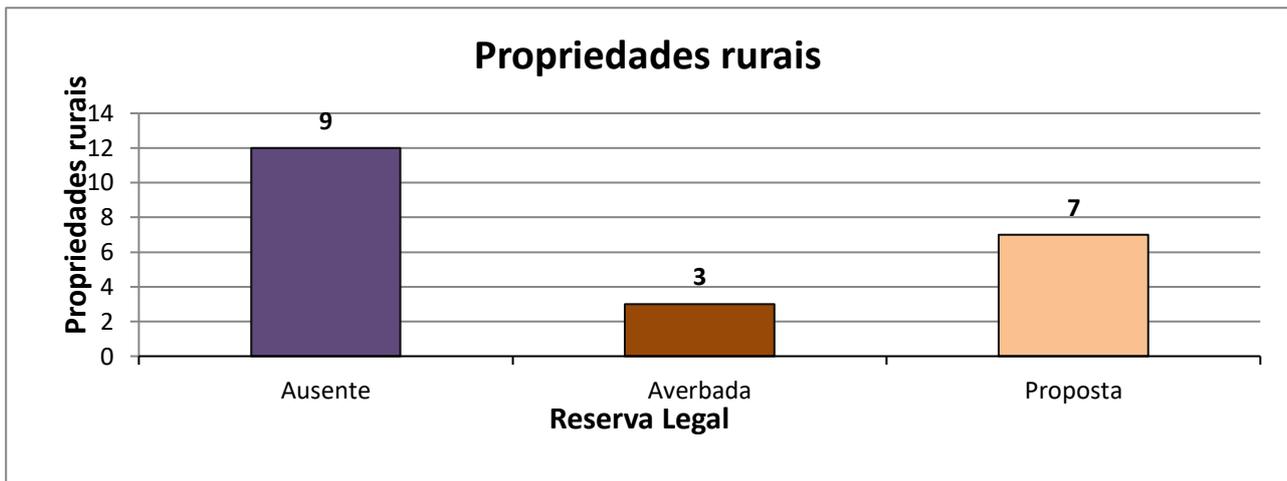


Figura 4. Situação legal das áreas de reservas legais.

Tabela 3. Situação legal das áreas de RLs na microbacia do córrego Santa Maria do Leme.

Reserva Legal	Área (ha)
RL segundo legislação ambiental	79,53
RL Averbada – SICAR	11,5
RL Proposta – SICAR	25,2
Ausentes	42,83

Proposta de adequação ambiental das áreas naturais na microbacia hidrográfica

Proposta de conectividade das áreas naturais protegidas

A ideia principal da proposta é unificar as áreas de RL com as APPs formando uma única unidade florestal dentro da microbacia hidrográfica do córrego do Santa Maria do Leme. As RLs visam essencialmente à conservação da biodiversidade e o uso sustentável dos recursos naturais, enquanto que as APPs basicamente evitam processos erosivos nos rios, asseguram a qualidade dos recursos hídricos, propiciam fluxo gênico e prestam serviços ambientais. Vale ressaltar que as APPs não protegem as mesmas espécies que as RLs e vice-versa. Em termos de conservação da biodiversidade e manutenção de serviços eco-hidrológicos, essas áreas se complementam (Metzger, 2010; Tambosi et al., 2015).

Considerando os princípios da Teoria da Biogeografia de Ilha de MacArthur & Wilson (1967), de modo geral, a manutenção de fragmentos grandes suportam maior biodiversidade do que fragmentos pequenos; e habitats fragmentados apresentam menos espécies do que habitats integrados e conectados. A Teoria da Biogeografia de Ilha tem sido bastante utilizada ao longo dos anos (Santos et al., 2016), com

aplicações na área de conservação da biodiversidade (Resasco, 2017; Newmark, 2018).

Entretanto, não há um consenso entre a comunidade científica no que diz respeito ao poder de conservação da biodiversidade de fragmentos maiores comparados com menores (Whittaker; Matthews, 2014). Alguns estudos indicam que fragmentos menores são mais heterogêneos e podem ter igual ou maior poder de conservação biológica do que um único fragmento grande (Qian; Shimono, 2012; Baker et al., 2014; Lindenmayer et al., 2015). Por outro lado, um fragmento grande é a melhor opção para a manutenção de espécies a longo prazo, visto que sustenta espécies únicas, preserva habitats, mantém processos ecológicos, além de ser mais resistente a flutuações ambientais e menos suscetível aos efeitos de borda (Diamond, 1975; Metzger, 2010; Lasky; Keitt, 2013). Tjørve (2010) resalta que existem muitos outros fatores relacionados com a conservação da biodiversidade e que a melhor estratégia de conservação varia conforme o objetivo de cada estudo.

Segundo Metzger (2010), a utilização de pequenos fragmentos de RL vem sendo questionada, levando a proposição de considerar a implantação de reservas legais por bacia ou bioma e não mais por propriedade rural, pois, dessa forma, os fragmentos podem ser agrupados em áreas

maiores, proporcionando assim maior valor biológico. Esse mecanismo é conhecido como "regime de condomínio" e já foi incorporado no Código Florestal pela Lei Federal nº 12.727 de 17 de outubro de 2012. O Código Florestal permite que duas ou mais propriedades formem reserva legal em regime de condomínio, desde que as propriedades sejam contínuas e que a totalidade da reserva legal do condomínio corresponda à soma do percentual de todas as propriedades que dele fizerem parte.

Então, estratégias de conservação que permitam manter as espécies em longo prazo devem dar prioridade a grandes fragmentos, o que

sustentaria a proposta de agregação de RL de diferentes propriedades numa única área. No caso da microbacia do córrego Santa Maria do Leme, há a possibilidade de se fazer um único fragmento unindo todas as áreas protegidas existentes, propiciando importantes serviços ambientais ao ecossistema local, criando-se assim redes de áreas naturais biologicamente complementares, com maior biodiversidade. Sendo assim, foi proposto um novo cenário, integrando as áreas de APPs com as RLs, com o objetivo de conservar os recursos naturais da área de estudo, como mostrado na Figura 5.

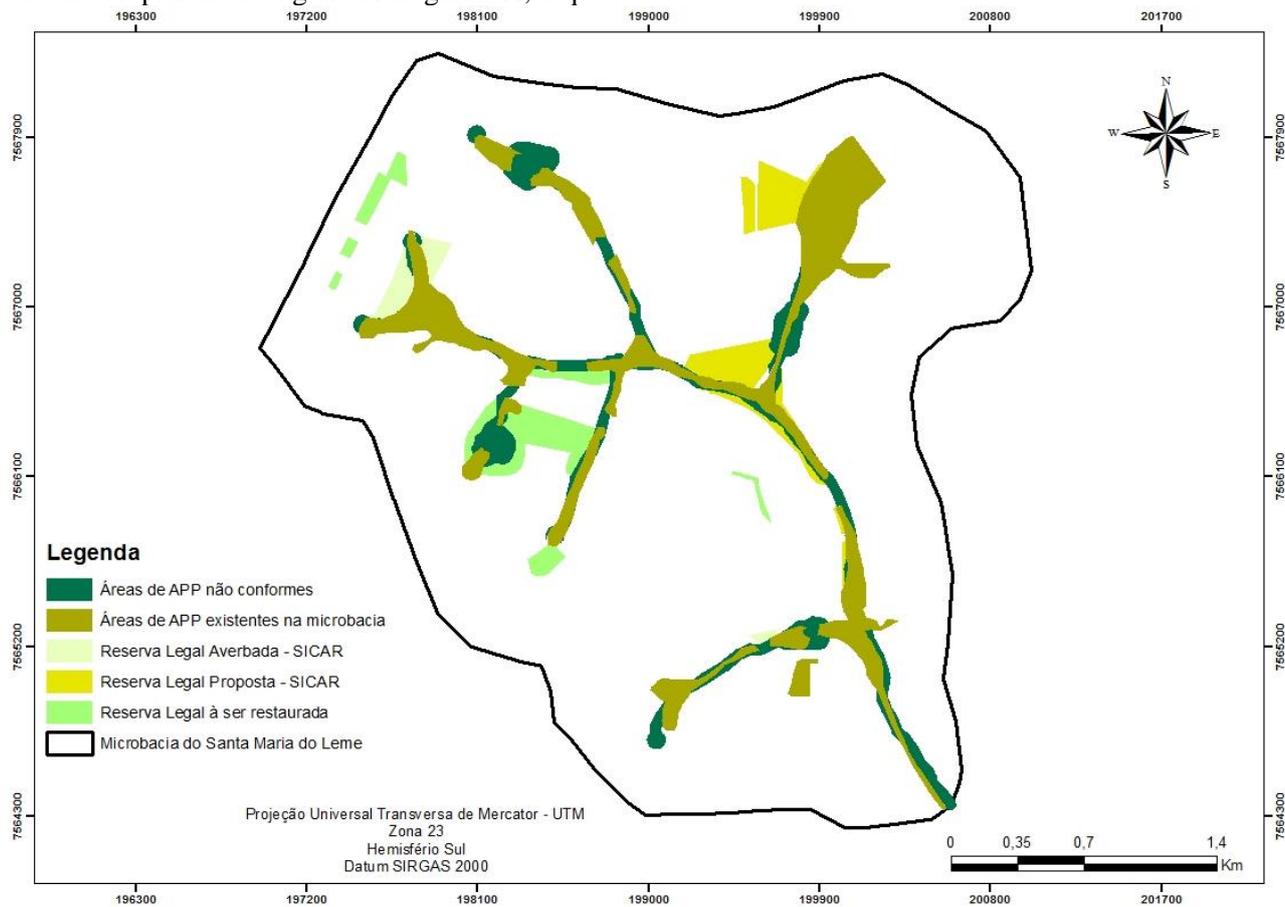


Figura 5. Cenário das áreas naturais propostas.

Área de Especial Interesse Ambiental (AEIA)

As AEIA são porções do território destinadas, sobretudo, à preservação e à conservação ambiental. As áreas definidas como áreas de especial interesse ambiental, foram estabelecidas no Art. 74 do Plano Diretor de São Carlos. Entre as áreas demarcadas como AEIA, destacam-se (São Carlos, 2016):

[...]

XII – as margens do córrego Santa Maria do Leme e seus afluentes até a confluência deste com o córrego Cambuí;

XIII – as margens do Córrego Cambuí, passando pelo Bosque Santa Marta e a confluência com o Córrego Santa Maria do Leme, seguindo por suas margens até o Parque do Kartódromo “Antenor Garcia Ferreira”;

XVIII – os maciços de vegetação nativa demarcados nas Zonas 6 e 7;

XIX – das APPs e faixas verdes complementares junto aos corpos d’água das Zonas 6 e 7.

Segundo o Plano Diretor de São Carlos, as áreas ciliares da microbacia do córrego Santa Maria do Leme foram demarcadas como AEIA

(Figura 6), o que denota uma situação favorável à conservação ambiental da bacia e dos recursos hídricos como um todo.



Figura 6. Área de Especial Interesse Ambiental (AEIA).

Fonte: Adaptado do Plano Diretor do Município de São Carlos.

Contudo, conforme apresentado nesse trabalho as áreas de APPs existentes na microbacia hidrográfica não estão em conformidade com a legislação vigente. Estas se encontram fragmentadas e em conflitos com outros usos do solo, principalmente com relação às atividades agropecuárias na região central e urbanas nas áreas mais a jusantes. No caso das RLs, esse cenário se encontra ainda pior, com a maioria dos imóveis rurais em situação irregular, ou seja, sem o

percentual mínimo de reservas legais averbadas ou propostas no SICAR.

Portanto, o trabalho propõe incluir todas as áreas naturais protegidas, APPs e RLs, às áreas de especial interesse ambiental, conforme apresentado na Figura 7, visto que a integração dessas áreas poderá proporcionar melhor qualidade ambiental para a região, além de estabelecer um instrumento jurídico destinado à conservação das AEIAs.

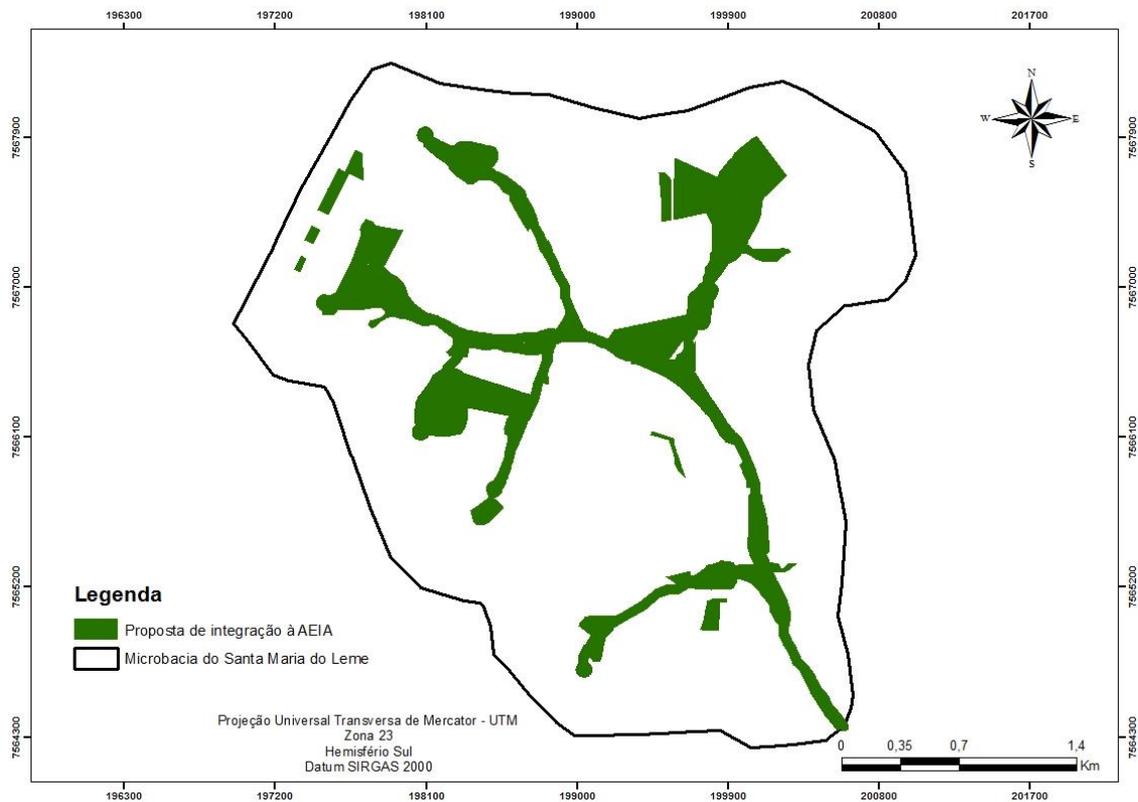


Figura 7. Proposta de integração às Áreas de Especial Interesse Ambiental.

Conclusões

A utilização de técnicas de geoprocessamento para análise ambiental é fundamental para as atividades de planejamento e tomada de decisão. As análises espaciais realizadas nesse trabalho possibilitaram ter um maior compreensão e entendimento sobre a situação de conformidade das áreas naturais protegidas na microbacia do córrego Santa Maria do Leme com relação aos aspectos legais ambientais.

Por meio desse trabalho foi possível estimar os valores das áreas de APP e RL existentes e identificar as não conformidades da bacia hidrográfica. As análises apontaram que 32,6 ha de áreas de APP e 42,3 ha de RLs devem ser restauradas (reflorestadas) para que estas sejam regularizadas segundo os critérios exigidos da legislação ambiental. Além disso, foi proposta a integração entre as áreas protegidas, formando uma única unidade florestal na bacia, promovendo maior capacidade de conservação ambiental da região.

Há necessidade de se restaurar (reflorestar) e incluir as áreas naturais da microbacia hidrográfica do córrego Santa Maria do Leme dentro da categoria de AEIA, pois conforme o Plano Diretor de São Carlos, estas têm o intuito de proteger e recuperar os recursos hídricos e preservar as áreas naturais, além de

proporcionarem benefícios econômicos e sociais à região.

De fato, como alguns estudos apontam, é evidente que em um futuro próximo a microbacia hidrográfica do córrego do Santa Maria do Leme será incorporada à área urbana do município de São Carlos, ficando vulnerável aos impactos provocados pela urbanização. Portanto, a inclusão das áreas protegidas à categoria de AEIA será muito importante para a preservação dessas, uma vez que, existirá um instrumento de planejamento territorial e de gestão ambiental que norteará o processo e a evolução de usos e ocupação do solo em consonância com a conservação dos recursos ambientais ainda existentes na microbacia hidrográfica.

Agradecimentos

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudo ao primeiro autor e ao Núcleo de Hidrometria do Centro de Recursos Hídricos e Estudos Ambientais (CRHEA), da Universidade de São Paulo, pela estrutura oferecida.

Referências

Baker, T. P et al., 2014. Impact of distance to mature forest on the recolonisation of bryophytes in a regenerating Tasmanian wet

- eucalypt forest. *Australian Journal of Botany* 61, 633-642.
- Brasil, 2017. Resolução nº 4 de 28 de agosto de 2017. Estimativa da população para os Estados e Municípios com data de referência de 1º de julho de 2017. *Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, seção 1, nº 167, 30 de agosto de 2017.*
- Brasil, 1988. Constituição da República Federativa do Brasil. *Diário Oficial, Brasília, DF.*
- Brasil, 2012. Lei Federal nº 12.651 de 25 de maio de 2012. Institui o Código Florestal Brasileiro, Brasília, DF.
- Brasil, 2012. Lei Federal nº 12.727 de 17 de outubro de 2012. Altera a Lei Federal nº 12.651 de 25 de maio de 2012, Brasília, DF.
- Brasil, 2001. Lei Federal nº 10.257 de 10 de julho de 2001. Estatuto da Cidade, Brasília, DF.
- Brasil, 2000. Lei Federal nº 9.985 de 18 de julho de 2000. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação, Brasília, DF.
- Brasil, 2002. Conama. Resolução nº 303 de 20 de março de 2002. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente, Brasília, DF.
- Crooks, K. R., Burdett CL, Theobald DM, King SRB, Di Marco M, Rondinini C, Boitani L. 2017. Quantification of habitat fragmentation reveals extinction risk in terrestrial mammals. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 114, 7635-740.
<https://doi.org/10.1073/pnas.1705769114>
- Da Motta Abrantes, A. S., Luís Piroli, E., 2017. Mudanças no uso e cobertura da terra das APPs dos corpos d'água do município de Jacarezinho-PR, nos anos de 1995 e 2015. *Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science* 10, n. 1.
- Mello, K et al., 2014. Cenários ambientais para o ordenamento territorial de áreas de preservação permanente no município de Sorocaba, SP. *Revista Árvore* 38, 309-317.
- Diamond, J. M., 1975. The island dilemma: lessons of modern biogeographic studies for the design of natural reserves. *Biological conservation* 7, 129-146.
- Freitas, E. P., Jener F. L. de Moraes, Afonso Peche Filho, Moisés Storino. 2013. Indicadores ambientais para áreas de preservação permanente. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 17, 4.
<http://www.agriambi.com.br/revista/v17n04/v17n04a13.pdf>
- Felicio, B. C., 2014. Áreas marginais a corpos hídricos urbanos: delimitação e zoneamento ambiental. Área piloto: Bacia do Córrego Santa Maria Madalena em São Carlos, SP. Tese (Doutorado). São Carlos, UFSCar.
- Gomes, A., 2008. Legislação Ambiental e Direito: um olhar sobre o artigo 225 da constituição da República Federativa do Brasil. *Revista Científica Eletrônica de Administração*, v. 14.
- Haddad, N. M., Lars A. Brudvig², Jean Clobert, Kendi F. Davies, Andrew Gonzalez, Robert D. Holt, T. . 2015. Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems. *Science Advances* 1, e1500052. DOI: 10.1126/sciadv.1500052
- Huang, C. W., McDonald, R. I., Seto, K. C. 2018. The importance of land governance for biodiversity conservation in an era of global urban expansion. *Landscape and Urban Planning* 173, 44-50.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2016. Síntese de Indicadores Sociais: Uma análise das condições de vida da população brasileira 2016. Rio de Janeiro.
- Júnior, C. D. S. M., Juen, L., Hamada, N., 2015. Analysis of urban impacts on aquatic habitats in the central Amazon basin: adult odonates as bioindicators of environmental quality. *Ecological Indicators* 48, 303-311.
- Lasky, J. R., Keitt, T. H., 2013. Reserve size and dynamics. *The American Naturalist* 182, 142-160.
- Lindenmayer, D. . 2015. Single large versus several small: the SLOSS debate in the contexto of bird responses to a variable retention logging experimente. *Forest Ecology and Management* 339, 1-10.
- Le Saout, S. 2013. Protected areas and effective biodiversity conservation. *Science* 342, 803-805.
- Macarthur, R. H., Wilson, E. O., 1967. *The theory of island biogeography*: Princeton Univ Pr. Press, Princeton.
- Machado, P. A. L., 1995. *Direito Ambiental Brasileiro*. São Paulo: Malheiros.
- McDonald, R. I. 2018. Conservation priorities to protect vertebrate endemics from global urban expansion. *Biological Conservation* 224, 290-299.
- Medeiros, R., 2006. Evolução das tipologias e categorias de áreas protegidas no Brasil. *Ambiente & Sociedade* 9, 1.
- Metzger, J. P., 2010. O Código Florestal tem base científica? *Conservação e Natureza*, v.8, n.1.

- Montaño, M., 2005. A aplicação conjunta de método de projeção das alterações no uso e ocupação do solo e de instrumentos de gestão ambiental: o caso de São Carlos (SP). USP. Tese (Doutorado). São Carlos, EESC/USP.
- Newmark, W. D., Mcneally, Phoebe B., 2018. Impact of habitat fragmentation on the spatial structure of the Eastern Arc forests in East Africa: implications for biodiversity conservation. *Biodiversity and Conservation*, p. 1-16.
- Oliveira JR, A. V., Magri, R. V. R., 2017. Apropriação das áreas de preservação permanente por atividades de utilidade pública. *Revista do Advogado* 37, 18-24.
- Payés, A. C. L. M., Pavão, T., Dos Santos, R. F., 2013. The conservation success over time: Evaluating the land use and cover change in a protected area under a long re-categorization process. *Land Use Policy* 30, 177-185.
- Pullanikkatil, D., Palamuleni, L. G., Ruhiga, T. M., 2016. Land use/land cover change and implications for ecosystems services in the Likangala River Catchment, Malawi. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C* 93, p. 96-103.
- Qian, H., Shimono, A., 2012. Effects of geographic distance and climatic dissimilarity on species turnover in alpine meadow communities across a broad spatial extent on the Tibetan Plateau. *Plant ecology* 213, 1357-1364.
- Resasco, J et al., 2017. The contribution of theory and experiments to conservation in fragmented landscapes. *Ecography* 40, 109-118.
- Rodrigues, R. R., Leitão-Filho H.F., 2004. *Matas Ciliares: Conservação e Recuperação*. 3 ed. São Paulo: EDUSP/ FAPESP.
- Roris, P. A. C., Fearnside, P. M., 2015. A construção do Código Florestal Brasileiro e as diferentes perspectivas para a proteção das florestas. *Novos Cadernos NAEA* 18, 2.
- São Carlos, 2016. Lei Municipal nº 18.053 de 19 de dezembro de 2016. Institui o Plano Diretor do Município de São Carlos, São Carlos, SP.
- São Carlos, 2010. Lei Municipal Lei nº 01 de 20 de dezembro de 2010. Lei Orgânica do Município de São Carlos, São Carlos, SP.
- Sumiya Gurgel, R., Silva Farias, P. R., Nunes de Oliveira, S., 2017. Land use and land cover mapping and identification of misuse in the permanent preservation areas in the Tailândia Municipality-PA. *Semin: Ciências Agrárias* 38, n. 3.
- Santos, A. M., Field, R., Ricklefs, R. E., 2016. New directions in island biogeography. *Global Ecology and Biogeography* 25, 751-768.
- Sun, Xiao et al., 2018. Urban expansion simulation and the spatio-temporal changes of ecosystem services, a case study in Atlanta Metropolitan area, USA. *Science of The Total Environment* 622, 974-987.
- Tambosi, L. R. 2015. Funções eco-hidrológicas das florestas nativas e o Código Florestal. *Estudos avançados* 29, 151-162.
- Tjørve, E., 2010. How to resolve the SLOSS debate: Lessons from species-diversity models. *Journal of Theoretical Biology* 264, 604-612.
- Whittaker, R. J., Matthews, T. J., 2014. The varied form of species-area relationships. *Journal of Biogeography* 41, 209-210.
- Zaffani, A. G., 2012. *Poluição difusa da drenagem urbana com base ec hidrológica: diagnóstico atual e cenários de longo prazo em bacias urbanas de São Carlos-SP*. Dissertação (Mestrado). São Carlos, EESC/ USP.