



PROPOSTA METODOLÓGICA PARA DEFINIÇÃO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA RECUPERAÇÃO VEGETAL DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE

DOI: 10.19177/rgsa.v7e42018540-562

Darllan Collins da Cunha e Silva¹
Monica Kiyoto Moro²; Kauê Jacque Moya³
Matheus Matsumoto Pinheiro⁴
Vanessa Cezar Simonetti⁵

RESUMO

O crescimento populacional e a expansão urbana ocasionam fortes pressões nas áreas naturais, resultando na substituição das florestas e degradação ambiental. Assim, o estudo objetivou a proposição de uma metodologia para identificação e definição de áreas prioritárias para recuperação vegetal de Áreas de Preservação Permanente (APP) da Área de Proteção Ambiental (APA) do Ribeirão Engenho d'Água, localizada no município de Porto Feliz, SP. A metodologia consistiu na elaboração de diferentes planos de informação e análise multicritério apoiadas em ambiente de Sistema de Informação Geográfica e Sensoriamento Remoto. Os resultados revelaram que 74,52% das áreas de APP necessitam de recuperação ambiental. Quanto à declividade, 15,32% foi classificada como forte ou média nos extremos norte e sul, e na região central 84,68% variaram de fracas a muito fracas. Os solos apresentaram muito fraca erodibilidade em 72,9% da APA. O uso do solo revelou que 84,53% das áreas que necessitam de recuperação são ocupadas por culturas agrícolas; 7,11% por vegetação arbórea-arbustiva; 3,25% por áreas de várzea e pastagem; e pasto sujo totalizaram 3,94%. Em síntese, as áreas que apresentaram média e alta prioridade de recomposição das APPs compõem 9,34% da área de estudo, possuindo, em grande parte, solo do tipo argissolo vermelho e amarelo classificado com potencial de erosão médio a alto, e valores de declividade médios com elevação entre 12 a 20%. A proposta metodológica, auxiliada por geotecnologia, apresentou resultados bastante satisfatórios, podendo ser aplicada no diagnóstico ambiental de bacias hidrográficas com vistas à proteção dos recursos hídricos.

Palavras-chave: Recuperação. Geoprocessamento. Área de Preservação Permanente. Análise Multicriterial.

¹ Doutor em Ciências Ambientais. Coordenador do curso de Engenharia Ambiental da Uniso. E-mail: darllanamb@yahoo.com.br

² Engenheira Ambiental na Uniso. E-mail: monicakmoro@hotmail.com

³ Engenheiro Ambiental na Uniso. E-mail: kauejacquemoya@hotmail.com

⁴ Engenheiro Ambiental na Uniso. E-mail: matheusmatsumoto@hotmail.com

⁵ Mestre em Ciências Ambientais pela Unesp. Email: va_simonetti@hotmail.com

1 INTRODUÇÃO

O exacerbado crescimento populacional fez com que as áreas naturais fossem devastadas em detrimento da constante expansão urbana, atividades agrícolas e exploração de recursos naturais. Essas mudanças no uso e cobertura do solo ocorreram sem planejamento ambiental, gestão do território e dos recursos naturais comprometendo a qualidade ambiental e resultando na degradação do ambiente (LOURENÇO et al., 2015; MENEZES et al., 2016).

Dentre os recursos naturais, a qualidade da água tem sido fortemente afetada pelo atual modelo de desenvolvimento econômico. Além de ser indispensável à vida, a água é fundamental para o funcionamento dos ecossistemas, geração de energia, transporte, recreação, produção industrial e agrícola (JACOBI et al., 2015).

A distribuição de água doce no Brasil e no mundo é bastante irregular. Embora o Brasil esteja entre os dez países que retêm as maiores reservas de água doce do planeta, algumas regiões enfrentam dificuldades com a escassez de água, advinda do aumento pela sua demanda e da degradação de recursos hídricos (GALVÃO & BERMANN, 2015; JACOBI et al., 2015).

De acordo com Nossack et al. (2014) e Meira et al. (2016), a substituição das áreas naturais colabora com a geração, transporte e deposição de sedimentos nos corpos d'água, fato que compromete diretamente a qualidade e quantidade de água para o abastecimento público. Dessa forma, a preservação das áreas no entorno de nascentes e cursos d'água impede a compactação do solo bem como o desencadeamento de processos erosivos, facilitando a infiltração da água no solo e contribuindo para o armazenamento de água na bacia.

As matas ciliares, também denominadas florestas ripárias ou florestas beiradeiras (AB'SABER, 2004), exercem um papel fundamental na absorção de nutrientes e retenção de agrotóxicos. Ainda, desempenham a função de corredores ecológicos ao promoverem a ligação dos fragmentos florestais, isso garante o crescimento das populações e o fluxo gênico; além da preservação das espécies (OLIVEIRA et al., 2016). As matas fornecem um fluxo constante de matéria orgânica para a rede alimentar, e os troncos e galhos formam microhabitats de forma a salvar espécies da fauna e flora (VITAL et al., 2004; RODRIGUES & LEITÃO FILHO, 2009)

As áreas de preservação permanente (APP) são áreas instituídas legalmente pelo Novo Código Florestal Brasileiro (BRASIL, 2012) que devem possuir vegetação original, cujo objetivo consiste em manter o uso da terra inalterado, sendo áreas de extrema relevância no papel concernente à proteção dos recursos hídricos e da biodiversidade.

O mapeamento das áreas prioritárias para recuperação ambiental do Ribeirão Engenho d'Água foi realizado por meio do Sistema de Informação Geográfica (SIG), que consiste em uma ferramenta capaz de manipular significativas quantidades de dados pela aplicação de geotecnologias de interpretação e processamento de imagens digitais, sendo imprescindível para análises ambientais (CREPANI et al., 2001).

Diversos autores ressaltaram a importância da análise da paisagem por meio de sensoriamento remoto e processamento de imagens digitais, uma vez que possibilitam a representação da arquitetura da paisagem permitindo a identificação de suas diferenças estruturais, além de inferências sobre diversos aspectos ambientais (CUNHA et al., 2013; LOURENÇO et al., 2014; MENDES et al., 2016; OLIVEIRA et al., 2016; SILVA et al., 2016; FONSÊCA et al., 2017; SILVA et al., 2017).

Estudos semelhantes foram realizados por Gomes et al. (2012) no sentido de identificar aspectos físico-ambientais da Bacia Hidrográfica do Rio Almada (BA). Entretanto, para determinação dos atributos ambientais, foram utilizadas técnicas de mapeamento que utilizaram sensores remotos e sistemas de informações geográficas (SIG) que permitiram a identificação de áreas com fragilidade ambiental na bacia hidrográfica.

Eugênio et al. (2011) utilizou geotecnologias na identificação de áreas de preservação permanente (APPs) em faixas marginais, nascentes, encostas e topos de morros pertencentes ao município de Alegre (ES). Já os estudos realizados por Gamarra et al. (2016) utilizaram geotecnologias na análise da vegetação de uma importante Unidade de Conservação inserida no bioma Cerrado, o Parque Estadual das Nascentes do Rio Taquari (MS), a partir de imagens de satélites distintos e com diferentes resoluções espaciais.

Em consideração ao supracitado e tendo em vista a importância da preservação dos recursos naturais, o presente estudo teve por objetivo a proposição

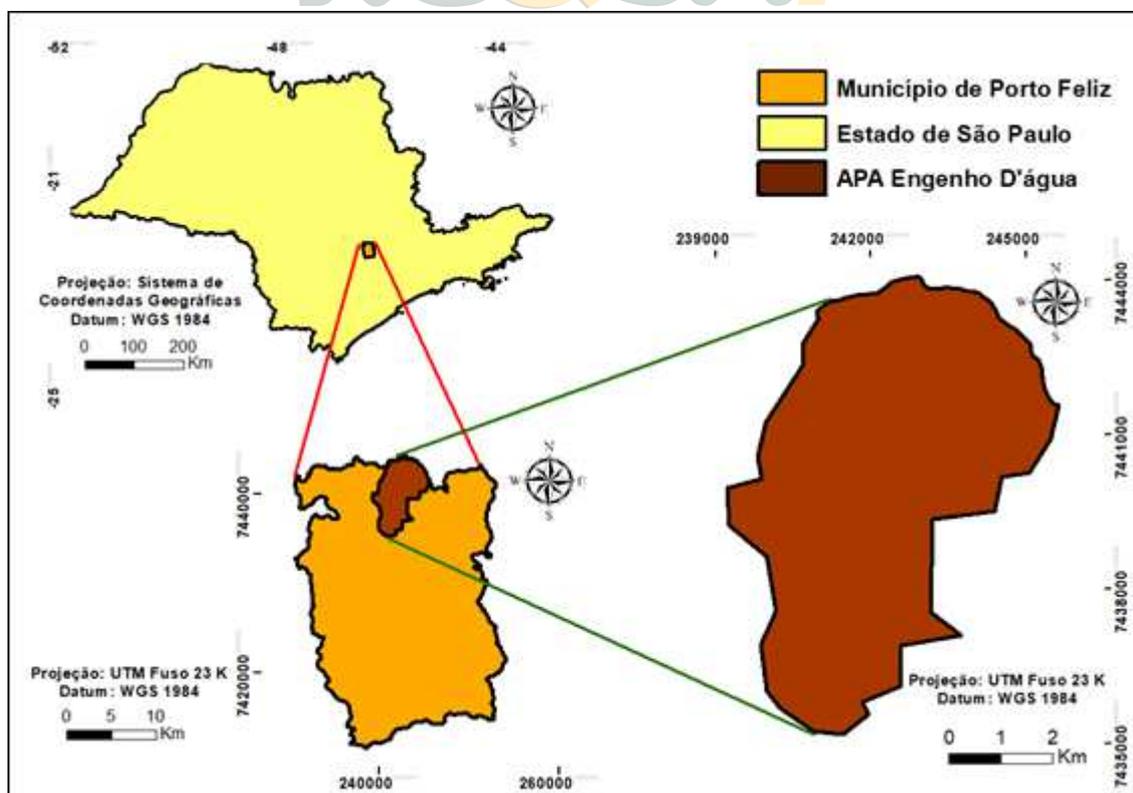
de uma metodologia para identificar e priorizar as áreas que necessitam de recuperação da vegetação de acordo com a legislação municipal e federal da área de Proteção Ambiental (APA) Ribeirão Engenho d'Água, SP, Brasil.

2 METODOLOGIA

2.1 Área de Estudo

A área de estudo (Figura 1) está localizada na porção noroeste de Porto Feliz, entre a Latitude $23^{\circ} 08'10.19''S$ e Longitude $47^{\circ} 31'29.03''O$, com uma área equivalente a 3.272,70 hectares (PORTO FELIZ, 2004), apresentando uma altitude média de 563,65 m, inserida em uma Área de Proteção Ambiental (APA) denominada Ribeirão Engenho d'Água, instituída pela Lei Municipal nº 4.170, de 25 de outubro de 2004. O clima é classificado como cwa, com chuvas no verão e seca no inverno, na classificação climática de Köppen. A temperatura média anual é de $24,6^{\circ}C$, com uma precipitação média de 218,4mm (PORTO FELIZ, 2016; CEPAGRI, 2017).

Figura 1- Localização da APA Engenho d'Água



Fonte: Elaborado pelos autores

O município de Porto Feliz está inserido na Bacia Hidrográfica do Sorocaba e Médio Tietê (UGRHI-10), e encontra-se situado na borda nordeste da Bacia Sedimentar do Paraná, com sedimentos do Supergrupo Tubarão. Quanto à vegetação, o território está inserido no bioma Mata Atlântica, também denominada Floresta Latifoliada Tropical, possuindo apenas 8,89% de fragmentos florestais remanescentes (PORTO FELIZ, 2016).

2.2 Processo metodológico para identificação das áreas prioritárias para recuperação

A base cartográfica utilizada nesse estudo foi disponibilizada pela Prefeitura Municipal de Porto Feliz e constam os seguintes dados vetoriais: delimitação da área da APA; uso e ocupação do solo relativo ao ano de 2016; hidrografia; áreas de preservação permanente (APP) das nascentes remanescentes de Mata Atlântica e curvas topográficas. As escalas utilizadas para os respectivos estudos foram de 1:30 000.

As áreas de APP da APA do Ribeirão Engenho d'Água foram delimitadas no entorno dos cursos d'água e lagos de acordo com o previsto na Lei municipal nº 4.170/2004, que estabelece que as áreas "*non aedificandi*" devem conter no mínimo 50 metros para o Ribeirão e seus afluentes e 100 metros para reservatórios de abastecimento público. Para reservatórios que não possuem o abastecimento público como finalidade, por não serem amparados pela lei municipal, foram delimitados tendo por fundamentação a Lei Federal nº. 12.651/2012 – Código Florestal (BRASIL, 2012).

A declividade da área de estudo foi calculada a partir das curvas topográficas classificadas em valores que variaram de 1 a 5 de acordo com as classes de fragilidade ambiental descritas por Ross (1994), que estabelece categorias para diferentes níveis de declividades, como pode ser visto na Tabela 1.

Tabela 1 – Classes de declividade

Categoria	Declividade	Elevação
1	Muito fraco	abaixo de 6%
2	Fraco	de 6 a 12%
3	Médio	de 12 a 20%
4	Forte	de 20 a 30%
5	Muito forte	acima de 30%

Fonte: Ross (1994).

O mapa pedológico da área de estudo também foi classificado em classes numéricas que variam de 1 a 5, baseados na metodologia de Ross (1994) e Salomão (1999), que estabelecem classes de suscetibilidade à erosão, segundo as unidades pedológicas descritas na Tabela 2. Essa classificação é necessária para que se possa estabelecer uma comparação entre a declividade e a pedologia da área de estudo.



Tabela 2 - Grau de Erodibilidade e seus respectivos solos

Grau de Erodibilidade	Unidades Pedológicas
1 – Muito Fraco	Latossolo Roxo, Latossolo Vermelho Escuro e Vermelho Amarelo de Textura Argilosa, Solos Hidromórficos em Relevo Plano, Gleissolos, Planossolos, Organossolos, Neossolos Quartzarênicos em Relevo Plano.
2 - Fraco	Latossolo Amarelo e Vermelho Amarelo de Textura Média Argilosa; Terra Roxa Estruturada; Latossolo Vermelho Escuro.
3 - Médio	Argissolos Vermelho Amarelo e Argissolo Vermelho Escuro, Textura Argilosa, Latossolo Vermelho Amarelo, Textura Argilosa e Média; Latossolo Vermelho Amarelo; Terra Bruna.
4 - Forte	Argissolos Vermelho Amarelo Não Abrúptico, Textura Média - Argilosa e Média; Cambissolos; Argissolos Vermelho Amarelo de Textura Médio-Arenosa; Plintossolos.
5 – Muito Forte	Cambissolos, Neossolos Litólicos, Argissolos Vermelho Amarelo e Vermelho Escuro Abrúpticos, Textura Arenosa - Média; Neossolos Quartzarênicos em Relevos Suave-Ondulado e Ondulado.

Fonte: Adaptado de Salomão (1999) e Ross (1994)

O mapa de uso e ocupação dos solos da área estudo também foi classificado em valores que variaram de 0 a 5, de acordo com a sua fragilidade com relação a processos erosivos que degradam os corpos hídricos, assoreando e carreando contaminantes que inviabilizam a utilização dessa água para fins de abastecimento público. Diferentemente dos mapas de declividade e pedológico, nesta classificação foi incluído o valor 0 devido as áreas remanescentes de Mata Atlântica, pois essas áreas apresentam a condição natural do ecossistema da área, portanto, não necessitam ser recuperadas. Os valores atribuídos às demais classes de uso do solo, bem como as justificativas para as pontuações são mostradas na Tabela 3.

Tabela 3 – Grau de fragilidade do uso e ocupação dos solos a processos erosivos

Fragilidade	Usos dos solos	Justificativa
0	Remanescentes de Mata atlântica (matas) e reflorestamento	São áreas apresentam a condição natural do ecossistema da área, portanto, não necessitam ser recuperadas, uma vez que não foram desmatadas ou foram recuperadas obedecendo à lei municipal da APA.
1	Pastagens, pasto sujo, vegetação arbustiva e de várzeas	São áreas que não possuem o solo exposto e, embora não apresentem condições ideais, estão bem menos suscetíveis a processos erosivos do que as áreas de cultura e ocupação rural.
5	Áreas de cultura agrícola e de ocupação rural	São áreas que possuem o solo mais exposto devido as atividades praticadas e, conseqüentemente, estão mais suscetíveis a processos erosivos

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os planos de informação gerados com as classificações da declividade, pedologia e uso e ocupação dos solos foram recortados dentro dos limites das APP contidas na APA Engenho para identificar e priorizar as áreas que necessitam de recuperação da vegetação de acordo com a legislação municipal e federal. Para isso, foi realizada uma análise multicritério que consistiu na sobreposição dos três planos de informação, onde novos valores foram calculados por meio de uma operação algébrica de mapas de acordo com a Equação (1).

$$IPR = \frac{US \times PD \times DE}{125}$$

Sendo:

US é o plano de informação referente ao mapa de uso e ocupação do solo classificado;

PD é o plano de informação referente ao mapa de pedologia classificado;

DE é o plano de informação referente ao mapa de declividade classificado;

IPR é o plano de informação com o Indicador de Prioridade para Recuperação.

Uma vez que todos os valores variavam de 1 a 5, com exceção do mapa de uso e ocupação do solo que apresentava valor igual a 0 atribuídos para as áreas com presença de vegetação, o valor máximo verificado na multiplicação foi igual a 125 e o menor valor igual a 0, portanto, quando os valores finais são divididos por 125, temos os valores do Indicador de Prioridade de Recuperação variando de 0 a 1.

Os valores correspondentes ao IPR foram classificados categorizados quanto ao grau de prioridade de recuperação conforme pode ser observado na Tabela 4, sendo divididos em 5 classes de iguais amplitudes.

Tabela 4 - Classificação do indicador de prioridade de recuperação da mata de APP

Indicador de prioridade de recuperação (IPR)	
Valor	Prioridade
0,01 a 0,20	Muito baixa
0,21 a 0,40	Baixa

0,41 a 0,60	Média
0,61 a 0,80	Alta
0,81 a 1,00	Muito alta

Fonte: Elaborado pelos autores

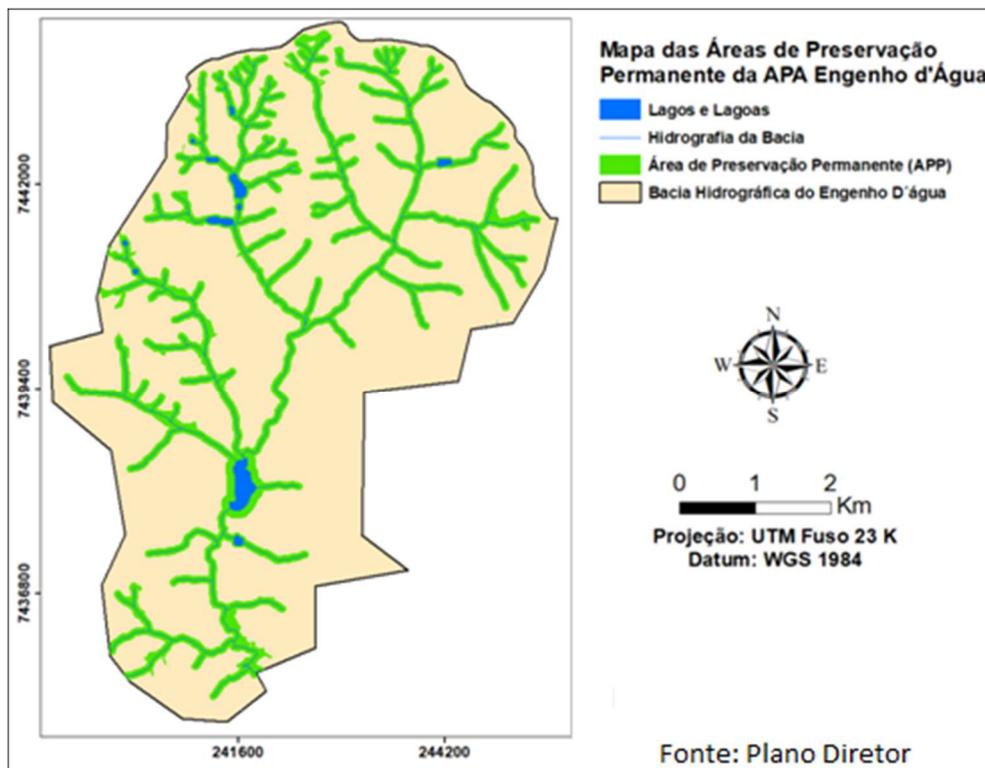
A confecção dos planos de informação bem como os cálculos matriciais necessários para a obtenção das áreas prioritárias para recuperação ambiental foram todos realizados com o software ArcGIS versão 10.4.1.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos resultados, foi possível verificar que a APA Engenho d'Água possui uma extensão de 32,71 Km², sendo possível observar as áreas de preservação permanente (APPs) marginais aos cursos de água na Figura 2. O estudo revelou que apenas 25,48% das áreas de preservação permanente apresentam cobertura vegetal, sendo que 74,52% necessitam de recuperação ambiental.



Figura 2 – Áreas de Preservação Permanente da APA Engenho d'Água



Fonte: Elaborado pelos autores.

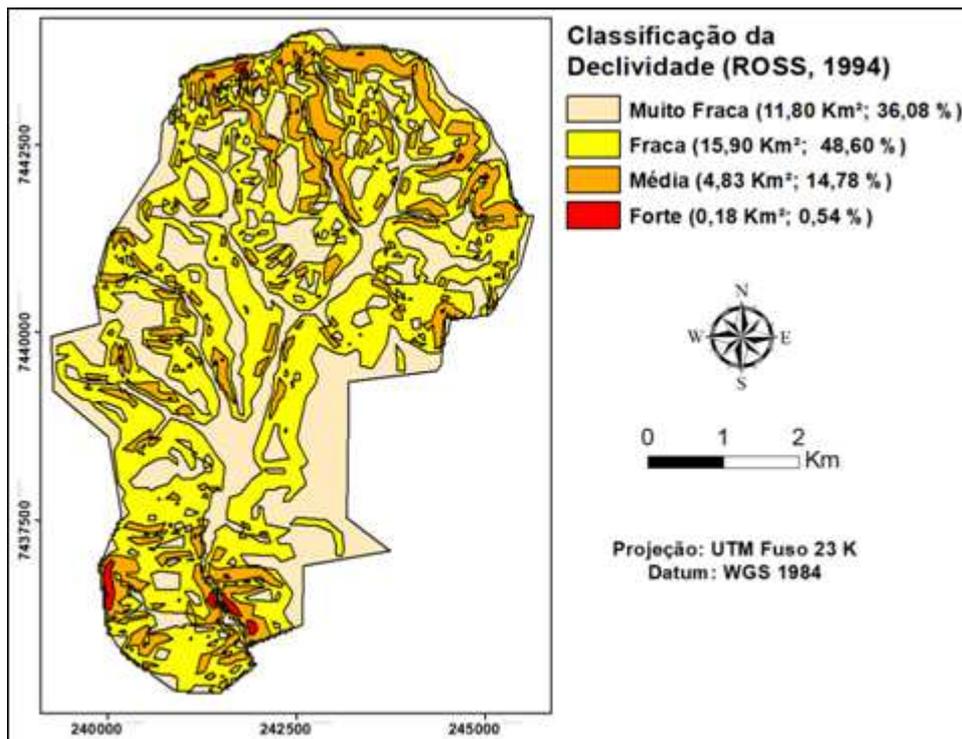
As áreas de preservação permanente marginais aos cursos d'água são de extrema relevância, pois exercem diversas funções ecológicas que asseguram a manutenção da qualidade e disponibilidade da água. Ainda, de acordo com Oliveira et al. (2016) e Pereira & Cestaro (2016), os fragmentos florestais exercem a função de corredores ecológicos, favorecendo o fluxo gênico entre as espécies da fauna e flora.

O mosaico vegetacional concernente às florestas ciliares, por sua vez, são provenientes da associação de diversos fatores determinantes, tais como as características geomorfológicas, pedológicas, climáticas e topográficas, além dos fatores bióticos, condicionados pela vegetação do seu entorno (RODRIGUES; LEITÃO FILHO, 2009).

A perda das florestas naturais e a velocidade com que acontece tal devastação levou o bioma da Mata Atlântica, cuja área de estudo está inserida, a uma redução significativa, restando atualmente, apenas alguns fragmentos isolados (PEREIRA & RODRIGUES, 2012; LOURENÇO et al., 2014). Por essa razão, torna-se imprescindível a realização de estudos que contemplem a restauração e conservação deste bioma.

O conhecimento dos aspectos do relevo, tais como a declividade, possibilita inferir sobre a fragilidade da área, servindo como subsídios para a gestão e planejamento territorial (SILVA et al., 2016). Nesse sentido, foi realizada a classificação da declividade da APA Engenho d'Água (Figura 3).

Figura 3 – Classes de declividade segundo sua fragilidade ambiental



Fonte: Elaborado pelos autores.

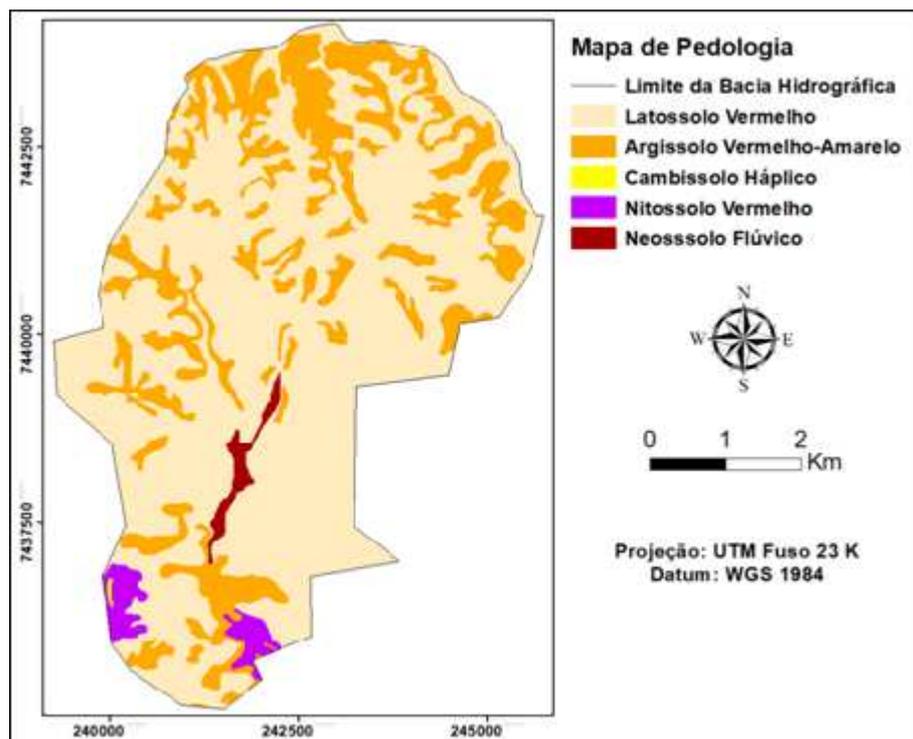
Foi possível verificar que cerca de 15,32% da declividade está classificada como forte ou média nos extremos norte e sul da APA, enquanto que a porção central é mesclada com declividades que variam de fracas a muito fracas, totalizando 84,68% da área.

Ross (1994), ressalta que valores de declividade acima de 30% são considerados muito fortes, não sendo, portanto, áreas adequadas para cultivos agrícolas, uma vez que elevados valores podem acarretar riscos de deslizamentos e, segundo Silva et al. (2016), podem carrear sedimentos aos corpos d'água, alterando a sua qualidade.

A perda de solos é amplamente discutida e constitui uma das principais causadoras da degradação ambiental, desencadeando processos erosivos capazes de inviabilizar a capacidade produtiva do solo (STEFANOSKI et al., 2013; SIMONETTI et al., 2015; ANTONELI & THOMAZ, 2016).

Entretanto, para inferir sobre o grau de erodibilidade do solo, foi utilizado o plano de informação com os respectivos atributos pedológicos da APA (Figura 4).

Figura 4 – Unidades pedológicas da APA Engenho d'Água



Fonte: Elaborado pelos autores.

A partir dos resultados, foi possível verificar que 72,9% da área da APA apresentou solos classificados como latossolo vermelho, caracterizado com grau de erodibilidade muito fraco pela metodologia proposta por Ross (1994) e Salomão (1999). Ainda, a fração norte e parte da fração sul da APA possuem solos classificados como argissolo vermelho-amarelo, com grau de erodibilidade caracterizado como muito forte pela metodologia utilizada pelos autores.

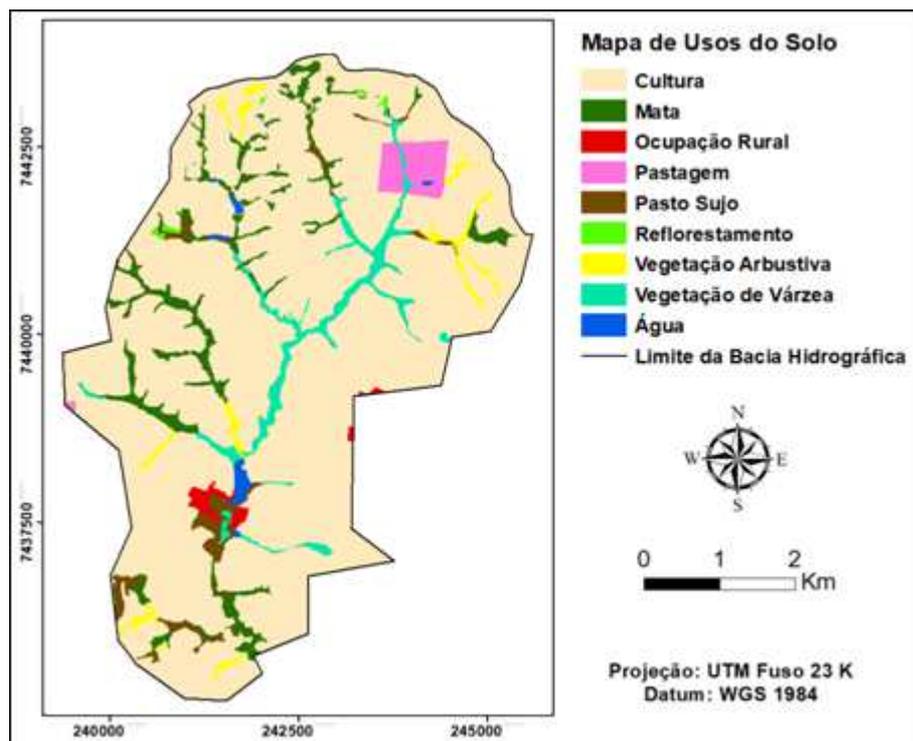
Estudos realizados por Donha et al. (2005) também aplicaram a metodologia proposta por Ross (1994) na avaliação da fragilidade ambiental de uma área inserida na APA do Iraí, em Curitiba (PR), bem como a análise multicritério para atribuição dos pesos concernentes à importância de cada um dos fatores analisados a partir de seus respectivos planos de informação.

Para tanto, assim como no presente estudo, os autores integraram os diferentes planos de informação, podendo assim, inferir sobre a fragilidade ambiental da APA do Iraí, bem como sua fragilidade potencial. Os resultados obtidos pelos autores foram bastante satisfatórios, uma vez que nas classes de fragilidade mais altas, foi observada a ocorrência de solos e declividades com maior influência nos processos erosivos. Do mesmo modo, para as classes de fragilidade mais baixas, as declividades encontradas foram menores.

A qualidade ambiental pode ser fortemente influenciada pelo uso e ocupação do solo. Nesse sentido, diversos estudos abordaram essa temática, como o realizado por Reis (2015), que a partir do uso de técnicas de geoprocessamento, analisou a susceptibilidade à erosão na zona de amortecimento da Unidade de Conservação (UC), denominada Parque Estadual do Ibitipoca (MG). No estudo, também foi utilizada análise multicritério com a sobreposição de mapas com diferentes pesos atribuídos. Como resultado, os autores verificaram que 19% da zona de amortecimento da UC foi classificada com alta susceptibilidade à erosão, apresentando uma declividade de 47% a 100%. Também foram encontradas algumas áreas com alta susceptibilidade, com predominância de pastagem, sendo associadas aos latossolos vermelho-amarelo. Já as áreas identificadas com susceptibilidade média abrangeram 58% da zona de amortecimento, enquanto as áreas com baixa susceptibilidade ocuparam 23%.

A antropização dos espaços naturais influencia fortemente na dinâmica dos ecossistemas, principalmente ao que tange as áreas de preservação permanente, uma vez que desempenham um papel fundamental na manutenção da qualidade da água. Nesse sentido, é essencial conhecimento dos diferentes usos do solo próximos às áreas de APP. Assim, os diferentes usos do solo da APA Engenho d'Água podem ser observados na Figura 5.

Figura 5 –Usos do solo da APA Engenho d'Água

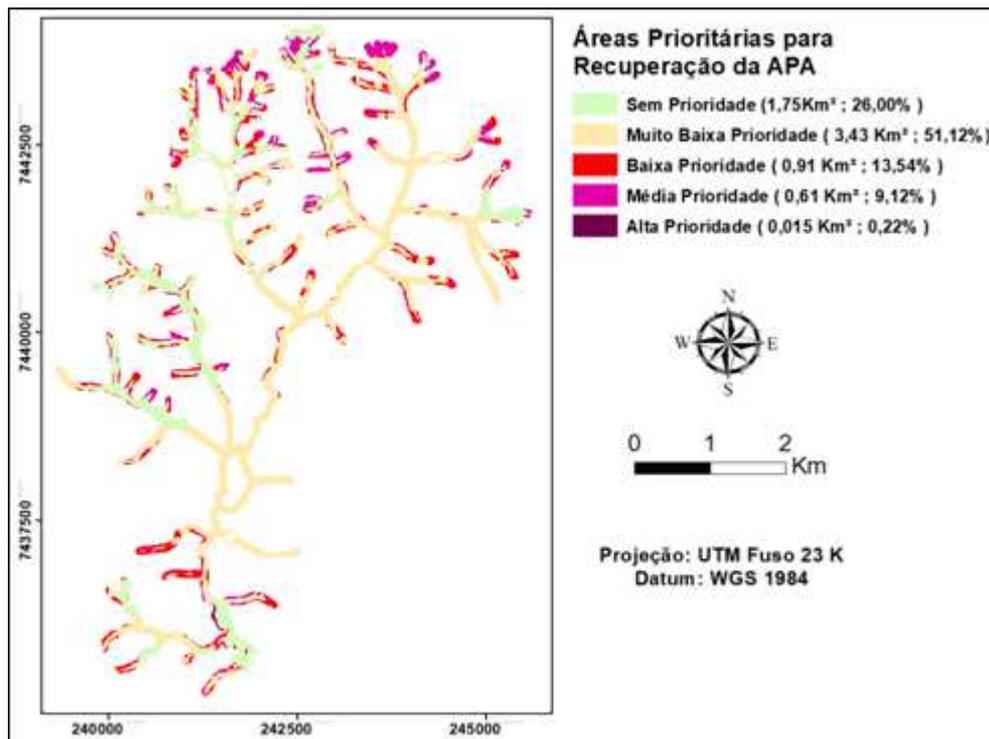


Fonte: Elaborado pelos autores.

Os resultados possibilitaram identificar que, dentre às áreas que necessitam de recuperação, cerca de 84,53% são ocupadas por culturas agrícolas, especialmente cana-de-açúcar. As áreas com vegetação arbórea e arbustiva totalizaram, aproximadamente 7,11%. Já as áreas de várzea representaram 3,25%, e áreas de pastagem e pasto sujo totalizam 3,94%.

Em posse das bases cartográficas que ofereceram informações concernentes aos aspectos físico-ambientais da APA Engenho d'Água, foram obtidas as áreas prioritárias para recomposição das APPs (Figura 9).

Figura 9 – Áreas Prioritárias para Recuperação Ambiental da APA Engenho d'Água



Fonte: Elaborado pelos autores.

O estudo revelou que aproximadamente 26% das áreas de APP apresentam cobertura vegetal, fazendo com que estas áreas não possuam prioridade para recuperação, de acordo com a metodologia proposta, uma vez que a vegetação presente está cumprindo suas funções ecológicas.

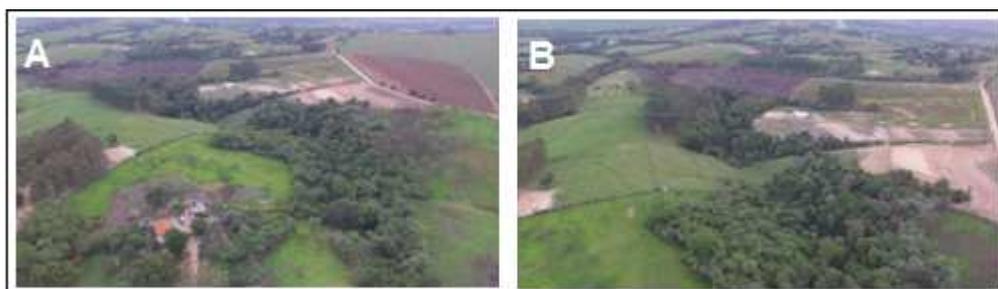
Contudo, cerca de 51,12% das áreas de APP, ou seja, 3,43 km² apresentam muito baixa prioridade. Isso se deve principalmente ao fato de estarem localizadas em áreas que possuem baixa declividade e que conferem ao local, de acordo com Ross (1994), muito baixa fragilidade ambiental. Essas áreas de APP também apresentam grau de erodibilidade predominantemente classificado em fraco ou muito fraco, devido à presença de latossolo vermelho.

As áreas de média prioridade e alta prioridade compõem 9,34% da área de estudo, sendo constituídas predominantemente por solos do tipo argissolo vermelho e amarelo com potencial de erosão classificados de médio a alto risco, e valores de declividade classificados como médios, possuindo uma elevação entre 12 a 20%. As áreas com prioridade estabelecida como muito alta não apresentaram valores significativos neste estudo.

Para auxiliar no estudo e na identificação das áreas prioritárias para restauração florestal, foram utilizadas fotografias aéreas de pequeno formato

(FAPEFs), obtidas por meio de veículo aéreo não tripulado (VANT), modelo Drone - DJI Phantom -, com câmera acoplada com resolução de 12.4 M. O emprego dessa tecnologia tem auxiliado no mapeamento de áreas de difícil acesso com um custo inferior aos levantamentos convencionais fotogramétricos (JIA et al., 2014; RUIZ et al., 2017). Para tanto, as imagens aéreas obtidas do dispositivo podem ser observadas na Figura 6 (A) e (B).

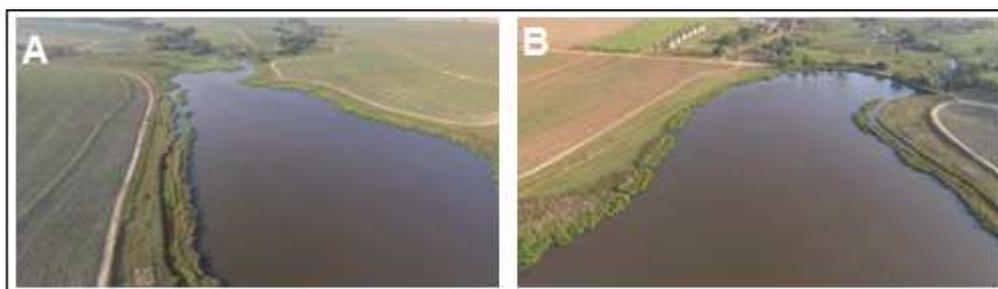
Figura 6 - Fragmentos de vegetação das APPs



As imagens constataram os fragmentos de vegetação no entorno das APPs dos afluentes do Ribeirão Engenho d'Água, sendo possível verificar áreas de pastos, solo exposto e áreas agrícolas.

A Figura 7 (A) e (B) ilustra a porção central da área de estudo, onde está localizado o maior reservatório do Ribeirão Engenho d'Água.

Figura 7 – Vegetação de várzea e cultivo de cana de açúcar no entorno das APPs



Os usos concernentes ao entorno do maior reservatório da APA é predominantemente composto pelo cultivo de cana de açúcar. No entanto, também foi possível observar às margens do reservatório a presença de vegetação de várzea.

A partir da Figura 8 (A) e (B) foi possível observar fragmentos de vegetação e, sobretudo, áreas com solo exposto e cultivo de cana de açúcar, bem como uma pequena ocupação advinda de chácaras residências.

Figura 8 – Vegetação nativa com adensamento populacional e cultivo de cana de açúcar no entorno das APPs



Diversos estudos foram realizados atribuindo vital importância ao conhecimento dos aspectos físico-ambientais de áreas que possuem alta relevância ambiental.

Nesse sentido, Gomes et al. (2012) avaliaram o uso e ocupação e caracterizaram os atributos ambientais da Bacia Hidrográfica do Rio Almada, situada em uma área protegida denominada APA da Lagoa Almada (BA), onde foi analisada a fragilidade ambiental a partir dos diferentes aspectos ambientais encontrados.

Como resultado dos estudos realizados por Gomes et al. (2012), foram identificadas vulnerabilidades ambientais nas porções leste, oeste e sudeste da bacia hidrográfica. De modo geral, a fragilidade ambiental pode ser atribuída aos substratos arenosos, por potenciais riscos de escorregamentos e processos erosivos bem como contaminação do lençol freático. Também foram identificadas fragilidades provenientes do processo de uso e ocupação do solo, motivadas pela substituição da cobertura florestal por áreas de pastagens e solo exposto.

Todavia, a metodologia para identificação de áreas prioritárias proposta no presente estudo integradas às análises multicriteriais em ambiente de sistemas de informação geográfica (SIG), mostrou-se bastante eficiente, evidenciando aspectos fisiográficos relevantes da APA associadas aos seus diferentes usos do solo.

Do mesmo modo, metodologias de avaliação multicritério foram utilizadas por diversos autores, como Vetorrazi (2006), que utilizou a metodologia da avaliação de multicritérios, com os fatores relacionados à adequação do uso da terra,

erodibilidade do solo, erodibilidade da chuva e proximidades com a malha viária e rede hidrográfica. A mesma mostrou-se eficiente quando empregada para definição de áreas prioritárias para conservação dos recursos hídricos.

Conforme o estudo de Franco et al. (2013), a análise de multicritérios foi eficiente para definir a priorização de áreas para recuperação florestal da Microbacia do Córrego do Coqueiro, SP, obtendo 53,20% para a classe de alta prioridade, 16,68% para a classe de muito alta prioridade. As de média e baixa prioridade somaram 30,12%.

Conceição (2014) definiu a prioridade de áreas para redução da erosão hídrica em bacias de mananciais da Companhia de Saneamento do Paraná - SANEPAR. Assim como a APA Engenho, as bacias da SANEPAR estão localizadas em área rural, tendo como principais fatores de degradação ambiental o manejo inadequado do solo para agricultura e a supressão da mata ciliar. Esses fatores favorecem a erosão hídrica e o impacto disso está associado à qualidade e disponibilidade da água para o abastecimento público, visto que o custo para o tratamento da água torna-se oneroso.

De modo geral, foi possível verificar que a análise multicriterial pode ser empregada com excelência para a definição de áreas prioritárias com vistas à recuperação ambiental, uma vez que podem ser utilizadas diferentes bases de dados, a partir da geração de matrizes de valores, permitindo a identificação das áreas mais susceptíveis a erosões e degradação ambiental de forma ágil e com custos bem menos onerosos do que os convencionais.

4 CONCLUSÃO

A proposição da metodologia para identificação de áreas prioritárias para recomposição florestal, auxiliadas por geotecnologias, apresentou resultados bastante satisfatórios, podendo ser aplicada no diagnóstico ambiental de bacias hidrográficas com vistas à proteção dos recursos hídricos.

A metodologia proposta permite a inferência de áreas potencialmente frágeis ao que tange seus atributos naturais, tais como os aspectos geomorfopedológicos, bem como os fatores antrópicos, como o uso e ocupação do solo, que podem contribuir para a degradação ambiental.

Todavia, o estudo apresentado constitui um importante instrumento de subsídio na gestão e planejamento territorial, podendo ser utilizado em todas as esferas políticas, servindo ainda como um importante instrumento de auxílio para os agricultores na escolha das áreas prioritárias para recomposição florestal com vistas à proteção dos recursos hídricos.

METHODOLOGICAL PROPOSAL FOR THE DEFINITION OF PRIORITY AREAS FOR VEGETATION RECOVERY OF AREAS OF PERMANENT PRESERVATION

ABSTRACT

Population growth and urban sprawl cause strong pressures in natural areas, resulting in forest substitution and environmental degradation. Therefore, the study aimed at proposing a methodology for the identification and definition of priority areas for vegetation recovery of Permanent Preservation Areas (PPA) of Ribeirão Engenho d'Água Environmental Protection Area (EPA) study, located in the municipality of Porto Feliz, SP, Brazil. The methodology consisted in the elaboration of different plans of information and multicriterial analysis supported in the environment of Geographic Information System and Remote Sensing. The results revealed that 74.52% of PPA areas require environmental recovery. As for slope, 15.32% were classified as strong or average in the north and south extremes, and in the central region 84.68% ranged from weak to very weak. Soils presented very poor erodibility in 72.9% of EPA. Land use showed that 84.53% of the areas needing recovery are occupied by agricultural crops; 7.11% by arboreal-shrub vegetation; 3.25% for lowland and pasture areas; and grazing land totaled 3.94%. In summary, the areas that presented medium and high priority of recomposition of EPAs comprised 9.34% of the study area, having, to a large extent, red and yellow argisol soil classified with medium to high erosion potential, and values of slope with elevation between 12 to 20%. The proposal of the methodology, assisted by geotechnologies, presented satisfactory results, being able to be applied in the environmental diagnosis of watersheds with a view to the protection of water resources.

Keywords: Recovery. Geoprocessing. Permanent Preservation Area. Multicriterial Analysis.

REFERÊNCIAS

AB'SABER, A. N. O suporte geológico das florestas beiradeiras (ciliares). In: RODRIGUES, R.R. e LEITÃO-FILHO, H.F. (Eds). **Matas Ciliares: conservação e recuperação**. 2. ed. São Paulo: Edusp/Fapesp, 2004.

ANTONELI, V.; THOMAZ, E. L. Perda de solo em estradas rurais em área de cultivo de tabaco na Bacia do Arroio Boa Vista (Paraná). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 17, n. 2, p. 227-240, 2016.

BRASIL. Lei 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF.

CEPAGRI. METEOROLOGIA UNICAMP. **Clima dos Municípios Paulistas: Porto Feliz**. Disponível em: <http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_456.html>. Acesso em: 17 maio 2017.

CONCEIÇÃO, J. R. **Metodologia para identificação de áreas prioritárias para redução da erosão hídrica em bacias de mananciais de abastecimento público do Paraná: estudo de caso Bacia do Passaúna**. 2014. Dissertação. Curitiba, Universidade Federal do Paraná (UFPR).

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. D.; HERNANDEZ FILHO, P.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C. C. F. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos: Inpe, 2001.

CUNHA, A. P. M. A.; SANTOS ALVALÁ, R. C.; OLIVEIRA, G. S. Impactos das mudanças de cobertura vegetal nos processos de superfície na região semiárida do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 28, n. 2, p. 139-152, 2013.

DONHA, A. G.; SOUZA, L. D. P.; SUGAMOSTO, M. L. Determinação da fragilidade ambiental utilizando técnicas de suporte à decisão e SIG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.1, p. 175-181, 2005.

EUGENIO F. C.; SANTOS, A. R.; LOUZADA, F. L. R. O.; MOULIN, J. V. Identificação das áreas de preservação permanente no município de Alegre utilizando geotecnologia. **Cerne**, v. 17, n. 4, p. 563-571, 2011.

FONSÊCA, D. N.; SILVA, A. C.; BARROS, A. C. M.; SILVA, J. C. B.; SILVA, O. G. Mapeamento morfodinâmico como suporte à análise de processos de degradação em áreas do município de Cabrobó-Pernambuco. **Revista da Casa da Geografia de Sobral (RCGS)**, v. 19, n. 2, p. 92-107, 2017.

FRANCO, R. A. M.; HERNANDEZ, F. B. T.; MORAES, J. F. L. O uso da análise multicritério para a definição de áreas prioritárias a restauração de Área de Preservação Permanente (APP), no noroeste paulista. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu, p. 3366-3373, 2013.

GALVÃO, J.; BERMANN, C. Crise hídrica e energia: conflitos no uso múltiplo das águas. **Estudos avançados**, v. 29, n. 84, p. 43-68, 2015.

GAMARRA, R. M.; TEIXEIRA-GAMARRA, M. C.; CARRIJO, M. G. G.; PARANHOS FILHO, A. C. Uso do NDVI na Análise da estrutura da vegetação e efetividade da proteção de Unidade de Conservação no Cerrado. **Ra'e ga-O Espaço Geográfico em Análise**, v. 37, p. 307-332, 2016.

GOMES, R. L.; MORAES, M. E. B.; SANTOS MOREAU, A. M.; MOREAU, M. S.; FRANCO, G. B.; MARQUES, E. A. G. Aspectos físico-ambientais e de uso e ocupação do solo da Bacia Hidrográfica do Rio Almada-BA. **Boletim de Geografia**, v. 30, n. 2, p. 45-57, 2012.

JACOBI, P. R.; CIBIM, J.; LEÃO, R. S. Crise hídrica na Macrometrópole Paulista e respostas da sociedade civil. **Estudos avançados**, v. 29, n. 84, p. 27-42, 2015

JIA, K.; LIANG, S.; WEI, X.; YAO, Y.; SU, Y.; JIANG, B.; WANG, X. Land cover classification of Landsat data with phenological features extracted from time series modis NDVI data. **Remote Sensing**, vol. 6, n. 11, p. 11518-11532, 2014.

LOURENÇO, R. W.; SILVA, D. C. C.; SALES, J. C. A. Elaboração de uma metodologia de avaliação de fragmentos de remanescentes florestais como ferramenta de gestão e planejamento ambiental. **AMBIÊNCIA**, v. 10, n. 3, p. 685-698, 2014.

LOURENÇO, R. W.; SILVA, D. C. C.; MARTINS, A. C. G.; SALES, J. C. A.; ROVEDA, S. R. M. M.; ROVEDA, J. A. F. Use of fuzzy systems in the elaboration of an anthropic pressure indicator to evaluate the remaining forest fragments. **Environmental Earth Sciences**, v. 73, p. 1-8, 2015.

MEIRA, R. T.; SABONARO, D. Z.; SILVA, D. C. C. Elaboração de Carta de Adequabilidade Ambiental de uma pequena propriedade rural no município de São Miguel Arcanjo, São Paulo, utilizando técnicas de geoprocessamento. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, p. 77-84, 2016.

MENDES, T. A.; MARIANO, J. V.; MARQUES, P. H. G.; SANTOS, L. D. P. S. Diagnóstico ambiental da área de preservação permanente da nascente do Córrego

Almeida utilizando ferramenta de geoprocessamento (Aparecida de Goiânia-GO). **Ciência e Natura**, v. 38, n. 3, p. 1331-1345, 2016.

MENEZES, J. P. C.; BITTENCOURT, R. P.; FARIAS, M. D. S.; BELLO, I. P.; FIA, R.; OLIVEIRA, L. F. C. D. Relação entre padrões de uso e ocupação do solo e qualidade da água em uma bacia hidrográfica urbana. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, n. 3, p. 519-534, 2016.

NOSSACK, F. A.; ZIMBACK, C. R. L.; SILVA, R. F. B.; SARTORI, A. A. C. Aplicação de análise multicriterial para determinação de áreas prioritárias à recomposição florestal. **Irriga**, v. 19, n. 4, p. 612-625, 2014.

OLIVEIRA, R. A.; SILVA, D. C. C.; SIMONETTI, V. C.; STROKA, E. A. B.; SABONARO, D. Z. Proposição de corredor ecológico entre duas Unidades de Conservação na Região Metropolitana de Sorocaba. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 2, 61-71, 2016.

PEREIRA, V. H. C.; CESTARO, L. A. Corredores ecológicos no Brasil: avaliação sobre os principais critérios utilizados para definição de áreas potenciais. **Caminhos de Geografia**, v. 17, n. 58, p. 16-33, 2016.

PEREIRA, J. S.; RODRIGUES, S. C. Crescimento de espécies arbóreas utilizadas na recuperação de área degradada. **Caminhos de Geografia**, v. 13, n. 41, p. 102-110, 2012.

PORTO FELIZ. Lei 4.170 de 25 de maio de 2004. Dispõe sobre a criação da área de proteção ambiental da bacia hidrográfica do Ribeirão Engenho d' Água e dá outras providências. **São Paulo: Prefeitura do Município de Porto Feliz.** Disponível em: < <http://www.portofeliz.sp.gov.br/Translin.php?idC=30&idm=7>>. Acesso em: 16 set. 2017.

PORTO FELIZ. Revisão do Plano Diretor do Município de Porto Feliz e da Planta Genérica de Valores: Leitura da Realidade Municipal. Ribeirão Preto, São Paulo, 2016. Disponível em: <<http://www.portofeliz.sp.gov.br/content.php?t=content&id=99&idm=99>>. Acesso em: 16 set. 2017.

REIS, T. E. O uso do sistema de informação geográfica na identificação da susceptibilidade à erosão na zona de amortecimento de áreas protegidas brasileiras. **Territorium**, n. 22, p. 141-148, 2015.

RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. **Matas ciliares: conservação e recuperação.** 3 ed. São Paulo: EDUSP/Fapesp, 2009.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. In: **Revista do Departamento de Geografia n. 8**, FFLCH-USP, São Paulo, 1994.

RUIZ, L. F. C.; GUASSELLI, L. A.; TEN CATEN, A. Árvore de decisão e análise baseada em objetos na classificação de imagens com resolução espacial submétrica adquiridas por VANT. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 23, n. 2, p. 252-267, 2017.

SALOMÃO, F.X.T. Controle e prevenção dos Processos Erosivos. In GUERRA, A.J.T.; SILVA, A.S.; BOTELHO, R.G.M. (Org). **Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos, Temas e Aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

SILVA, D. C. C.; SALES, J. C. A.; ALBUQUERQUE FILHO, J. L.; LOURENÇO, R. W. Caracterização morfométrica e suas implicações no acúmulo de sedimentos em reservatórios: O caso da Represa Hedberg, Iperó/SP. **Raega-O Espaço Geográfico em Análise**, v. 36, p. 225-247, 2016.

SILVA, D. C. C.; ALBUQUERQUE FILHO, J. L.; OLIVEIRA, R. A.; LOURENÇO, R. W. Application of environmental indicators for water analysis in watershed. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, p. 610-626, 2017.

SIMONETTI, V. C. et al. Características físico-químicas do solo do Parque Natural Municipal Corredores de Biodiversidade (PNMCBio). In: Smith, W. S.; C. A. Ribeiro (org). **Parque Natural Municipal Corredores de biodiversidade: pesquisas e perspectivas futuras**. Sorocaba: Prefeitura Municipal, Secretaria do Meio Ambiente, 2015, Cap. 18, p. 225 - 236.

STEFANOSKI, D. C.; SANTOS, G. G.; MARCHÃO, R. L.; PETTER, F. A.; PACHECO, L. P. Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi**, v. 17, n. 12, p. 1301-1309, 2013.

VETTORAZZI, C. A. **Avaliação Multicritérios, em ambiente SIG, na definição de áreas prioritárias à restauração florestal visando à conservação de recursos hídricos**. 2006. (Tese de Doutorado). Departamento de Engenharia Rural, USP - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ), Piracicaba.

VITAL, A. R. T.; GUERRINI, I. A.; FRANKEN, W. K.; FONSECA, R. C. B. Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de uma floresta estacional semidecidual em zona ripária. **Revista Árvore**, v. 28, n. 6, p. 793-800, 2004.

