

ANÁLISE MULTICRITÉRIOS PARA PRIORIZAÇÃO DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTES VISANDO À CONSERVAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

Juliana de Oliveira Campos^{1}; Henrique Marinho Leite Chaves²*

Resumo

A análise multicritério pode ser utilizada para a classificação e priorização de áreas de conservação. Visando desenvolver uma metodologia geral, o objetivo deste estudo foi selecionar os indicadores mais eficientes para priorização de APP, com foco na conservação dos recursos hídricos e sua aplicação na Bacia do Ribeirão Pípiripau. A metodologia utilizada consiste na seleção dos critérios de maior relevância extraídos da literatura. Estes foram: vulnerabilidade à erosão, uso do solo, ordem dos canais, proximidade de fragmentos florestais e proximidade da malha viária. A prioridade de recomposição florestal da APP foi obtida pela média aritmética dos mapas de prioridade dos critérios. Os resultados obtidos mostraram que 10% da APP têm prioridade muito alta de reflorestamento, no qual 87% dessa classe estão inseridas em uso de pastagem; APP de alta prioridade (41%) se concentraram nos rios de primeira ordem e na porção centro sul da bacia.

Palavras chave: áreas prioritárias, recursos hídricos, análise multi-critério.

MULTICRITERIA DECISION ANALYSES TO PRIORITIZE PERMANENT PRESERVATION AREAS AIMING THE WATER RESOURCE CONSERVATION

Abstract

Multicriteria decision analyses can be useful for classify and prioritize conservation areas. Aiming to develop a general methodology, the objective of this study was to select the most efficiency indicators for prioritizing permanent preservation areas (PPA) for water resources conservation and its application in Ribeirão Pípiripau watershed. The methodology consists on selection of criteria extracted from the literature, which were: erosion vulnerability, land use, stream order, distance from forest fragments, and distance from roads. The priority to PPA forest restoration was obtained using the arithmetic mean of the priority criteria maps. The results demonstrated that 10% of PPA have very high priority, which 87% of this class are in pasture land; high priority PPA (41%) are concentrated in first order stream and South central part of the watershed.

Key words: priority conservation areas, water resources, multicriteria analyses.

¹ Bióloga e Pós Graduanda em Ciências Florestais –Dep. Engenharia Florestal da Universidade de Brasília. e-mail: juli.deoc@gmail.com

² . Professor Associado da Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília, e-mail: hlchaves@terra.com.br

* Autor correspondente

INTRODUÇÃO

A vegetação tem papel fundamental na regulação do ciclo hidrológico. Em especial, as Áreas de Preservação Permanente (APP) aumentam a conectividade das florestas e o escoamento de base, atuam na regulação hídrica e reduzem os riscos de erosão e sedimentação (Santos, *et al* 2016).

Nesse contexto, o Programa Produtor de Água (PPA/ANA) estimula, por meio de incentivos fiscais, o reflorestamento das APP bem como outras práticas conservacionistas que favoreçam a proteção do solo e da água (ANA, 2010). No entanto, por ser um processo dispendioso, a recomposição florestal de APP é, na maioria das vezes, executada de forma gradual, o que pode comprometer a conservação dos recursos hídricos (Neto, *et al*, 2014).

Em vista disso, uma estratégia para a tomada de decisão é a classificação e priorização das APP que ofereçam os maiores serviços hidroambientais. Para essa finalidade, diversos estudos têm utilizado o Método de Análise Multicritério (AMC), que combina fatores físicos, bióticos, espaciais ou não para selecionar áreas de interesse (Vettorazzi *et al*, 2016). Geralmente, a escolha dos critérios da AMC é feita por meio de consulta aos especialistas, que embora atenda as peculiaridades do local, aumentam o tempo e gastos com o projeto.

Assim, visando desenvolver uma metodologia geral o objetivo desse estudo foi selecionar os indicadores mais eficientes para a AMC visando à recuperação de APP e sua aplicação na Bacia do Ribeirão Pipiripau.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na bacia hidrográfica do Pipiripau – DF, que é, desde 2008, uma das áreas contempladas pelo PPA. Ela apresenta uma área total de 235 Km², e está situada no nordeste do Distrito Federal (Figura 1). A predominância do uso agrícola, o déficit de APP (30%) e a captação de água para consumo humano aumentam ainda mais a importância da preservação dos recursos hídricos nessa bacia (ANA, 2010).

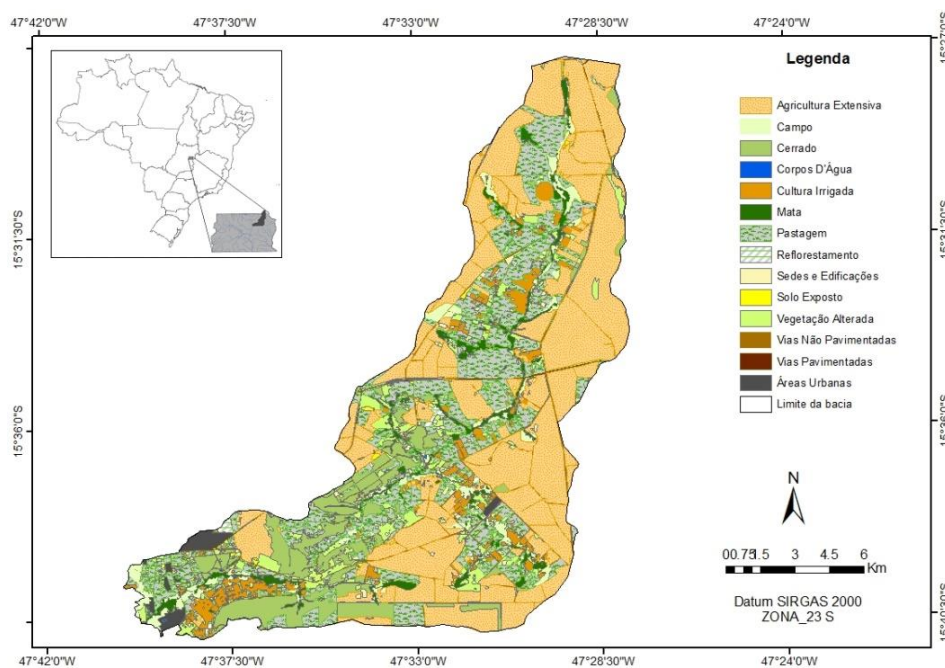


Figura 1. Localização e uso do solo na Bacia do Ribeirão Pipiripau, Distrito Federal, Brasil.

Os dados utilizados para o presente estudo foram o limite da bacia, o mapa de curvas de nível, de onde se obteve o Modelo Digital de Elevação, hidrografia, localização das nascentes e mapa de uso e ocupação do solo com classificação do fator K de erodibilidade da Equação Universal de Perdas de Solo, no Sistema de Projeção SIRGAS 2000 UTM, Zone 23S em uma escala de 1:100.000. Todas as análises foram realizadas no software ArcGis (*ESRI, versão 10.2*).

Para a AMC, foram selecionados - a partir da literatura- os cinco fatores de maior grau de importância (maior frequência, peso) e que não apresentavam multicolinearidade. Os fatores e a justificativa para cada escolha são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Critérios selecionados para a AMC, objetivando a conservação dos recursos hídricos.

Critério	Importância para a restauração
Vulnerabilidade à erosão	Por meio deste fator, a atenção foi dada às áreas com os maiores valores de erodibilidade e declividade. Erodibilidade corresponde à facilidade que uma partícula de sedimento tem de se desprender de um determinado tipo de solo, sendo, portanto, uma característica inerente deste (Vettorazzi & Valente, 2016).
Uso e ocupação do solo na APP	Priorizaram-se áreas nas quais o uso e ocupação oferecem maiores impactos à qualidade e à quantidade da água, como poluição difusa e pontual, compactação do solo e favorecimento de processos erosivos (Franco <i>et al</i> , 2013).
Proximidade da vegetação nativa	Priorizou-se a proximidade de vegetação nativa por promover a formação de corredores, que além de contribuir para o movimento da fauna, geram maiores chances de recuperação para as APP em reflorestamento (Freitas <i>et al</i> , 2013).
Proximidade da malha viária	Devido à compactação do solo, as estradas favorecem o escoamento e concentração da água da chuva, causando aumento da velocidade e consequentemente, dos processos erosivos (Meireles <i>et al</i> , 2005)
Ordem dos canais de drenagem	Quanto menor a ordem dos córregos, maior a prioridade. Canais de primeira e segunda ordem são mais degradados e podem dispersar poluentes para o restante da bacia (Freitas <i>et al</i> , 2013)

ANÁLISE DOS DADOS

Com base no Código Florestal, o mapa da APP foi gerado a partir de um buffer de 50 metros nas nascentes e de 30 metros para os cursos d'água, uma vez que os córregos da bacia apresentam largura menor do que 10 metros. A função *Fuzzy Membership Linear*, foi utilizada para normalizar os dados e classificar os mapas dos cinco indicadores em valores de zero (baixa prioridade) a um (alta prioridade) dentro da APP e de acordo com as explicações apresentadas na Tabela 1.

O indicador de “vulnerabilidade à erosão” foi obtido a partir da sobreposição dos mapas de prioridade de erodibilidade e declividade pela ferramenta *Fuzzy Overlay Sum*. Para “uso e ocupação do solo” houve a reclassificação das classes de uso do solo de acordo com o risco que ofereciam para os recursos hídricos, ou seja, sua ineficiência em filtrar poluentes e barrar sedimentos (Tabela

2). A função *Fuzzy Mebership Linear* foi utilizada para criar o critério de prioridade de uso do solo, normalizando os valores em escala de zero (mata) a um (agricultura extensiva).

O fator “ordem do rio” foi gerado atribuindo-se o número da ordem de cada segmento de curso d’água à APP correspondente. As APP de nascentes também receberam valor de ordem igual a um, pois são o ponto de partida do escoamento superficial de água. Com o mesmo objetivo dos critérios anteriores, a função *Fuzzy Mebership Linear* foi utilizada para gerar o mapa de prioridade.

Os critérios “Proximidade aos fragmentos florestais” e “Proximidade da malha viária” foram obtidos a partir da ferramenta *Euclidean distance*, seguido da função *Fuzzy Mebership Linear*, o qual o valor máximo foi definido como a maior distância; e o valor mínimo como a menor distância dos fragmentos de mata ou malha viária.

Tabela 2. Classificação dos tipos de uso do solo na APP de acordo com o risco oferecido a água.

Classe de Uso do Solo	Risco
Agricultura Extensiva	13
Cultura Irrigada	12
Solo exposto	11
Pastagem	10
Áreas urbanas	9
Sedes e Edificações	8
Vias pavimentadas	7
Vias não pavimentadas	6
Vegetação Alterada	5
Reflorestamento	4
Campo	3
Cerrado	2
Mata	1

Optou-se por atribuir o mesmo peso aos fatores na obtenção do indicador de prioridade de APP. Primeiro, porque o objetivo desse trabalho é uma metodologia geral, e segundo, também reduz a chance de vieses indesejáveis (Chaves & Alípaz, 2007). Desta maneira, a prioridade de reflorestamento de APP foi dada pela equação 1:

$$\text{Prioridade de Reflorestamento} = \frac{VUL+USO+ORD+FRAG+VIAS}{5} \quad (1)$$

Onde: VUL: Vulnerabilidade à erosão; USO: Uso e ocupação do solo; ORD: Ordem dos canais; FRAG: Proximidade de Fragmentos Florestais; VIAS: Proximidade da malha viária.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A prioridade de recuperação para cada um dos cinco critérios é apresentado na Figura 2, onde o máximo valor corresponde a maior prioridade.

Segundo o relatório de diagnóstico socioambiental da bacia, o problema ambiental mais agravante é à erosão hídrica, que pode levar ao assoreamento do rio e redução da qualidade da água (PPA, 2010). Dois dos critérios utilizados priorizam essa questão. O primeiro é a vulnerabilidade à erosão (Figura 2A), que se decompõe nos subfatores declividade e erodibilidade. A declividade foi bastante homogênea em toda a bacia, no qual 96% das APP estão em área plana ou levemente ondulada. Por outro lado, os solos hidromórficos com alto valor de erodibilidade (0,041), região superior da bacia, compreendem somente 33% das áreas de APP. Assim, a erodibilidade foi principal agente para diferenciação dos gradientes de vulnerabilidade à erosão.

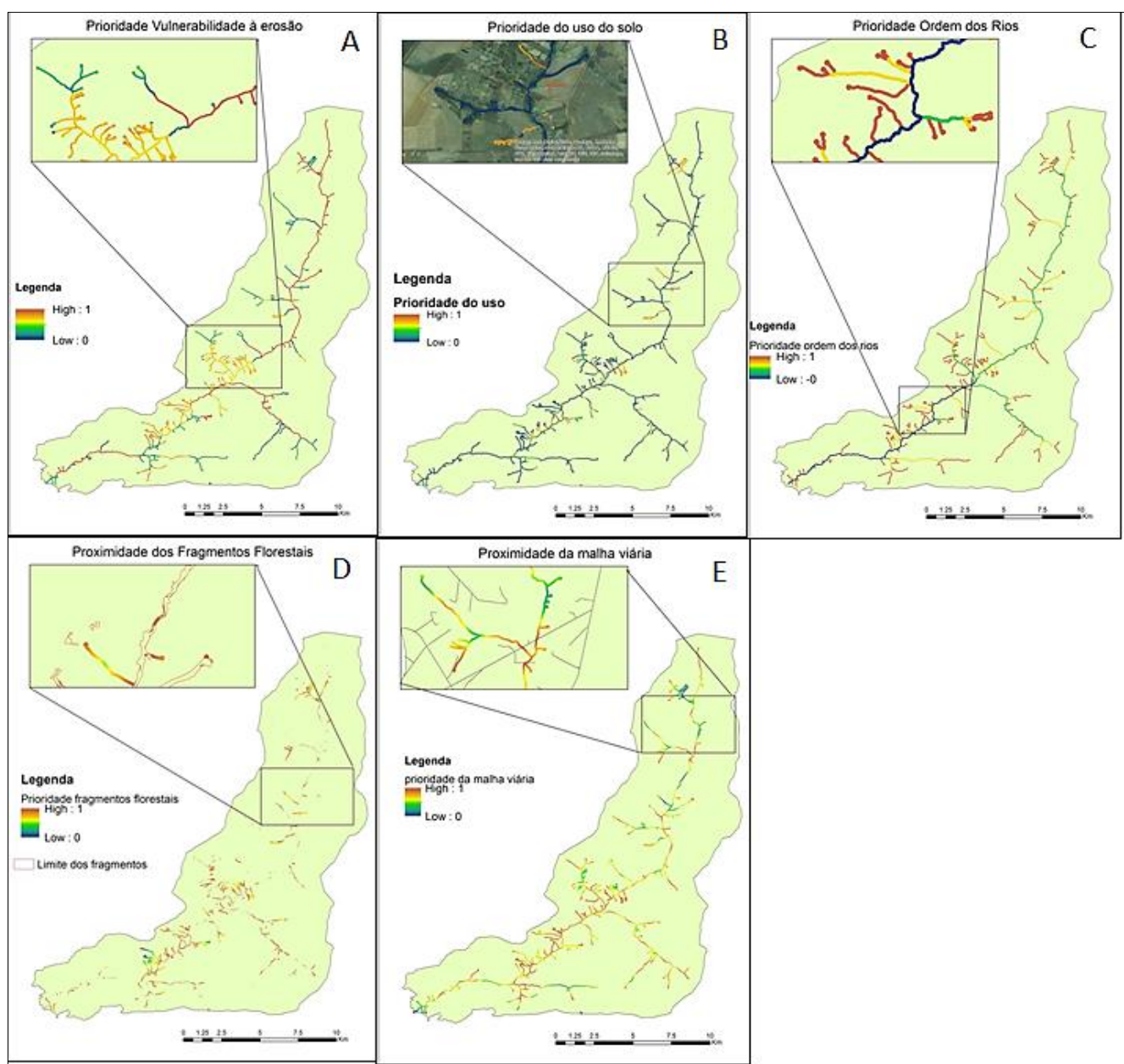


Figura 2. Critérios normalizados em escala contínua (0-1) para as APP da bacia do Ribeirão Pipiripau.

Embora a ocupação urbana seja uma alta fonte de poluição pontual, principalmente devido à liberação de resíduos (Freitas *et al.*, 2013); este uso está presente em apenas 1% das APP, de modo que o Pípiripau apresente baixa poluição por esgotos, sendo classificado na classe 1 da Resolução CONAMA 357/05 (PPA, 2010).

Para Santo *et al* (2016), a baixa declividade aliada à produtividade natural das APP estimulam a ocupação por diversos usos e o descumprimento com o Código Florestal, semelhantemente ao que ocorre na bacia do Pípiripau – 28% da APP irregular. No entanto, diferentemente da área estuda por este autor que era montanhosa, a bacia em questão é majoritariamente plana, o que garante ao produtor rural outras áreas de uso que não as de APP.

Para o fator de uso do solo, mais da metade da APP teve prioridade relativamente baixa, uma vez que a mata de galeria e cerrado correspondem a 49% e 15%, respectivamente (Figura 2B). A ocupação por atividades agrossilvipastoris somada à vegetação alterada totalizam 27%. Não obstante, é importante destacar que mesmo que exista vegetação na APP, a sua composição e estrutura terá diferentes efeitos na qualidade da água, e por isso, deve-se considerar também a restauração dessas áreas (Souza *et al* , 2013).

Em relação à “ordem dos canais”, notou-se que 86% das APP irregulares estão nas nascentes e em cursos d’água de primeira e segunda ordem, que têm menor capacidade de suporte para receber sedimentos e poluentes (Figura 2C). Além da pressão recebida pela falta de vegetação, a degradação desses canais pode comprometer os outros canais a jusante (Freitas *et al* 2013).

A Figura 2D apresenta a priorização da APP em relação a proximidade de vegetação nativa. A descontinuidade de classificação observada no mapa se refere às APP compostas de mata de galeria, as quais não obtiveram prioridade nesse fator. A conectividade da paisagem não tem uma influência direta na qualidade e quantidade dos recursos hídricos. Porém, esse critério seleciona áreas onde a recomposição poderá ter mais sucesso, devido ao favorecimento da regeneração natural e adaptação das espécies plantadas (Coutinho, 2015).

A Figura 3 é o resultado final da composição dos critérios, onde se pode observar a espacialização das áreas de APP prioritárias para a recomposição florestal. Apenas 10% da APP tem prioridade muito alta de reflorestamento, sendo que 87% dessa classe estão inseridas em uso de pastagem (Tabela 3). As áreas de alta prioridade se concentraram principalmente nos rios de primeira ordem e na porção centro sul da bacia; enquanto a prioridade média compõe o rio principal ao longo de toda a sua extensão. Isso reforça os dados de que cursos d’água de maior ordem tendem a ser menos degradados.

Tabela 3. Áreas ocupadas por classe de prioridade.

Classe de prioridade	Área (ha)	%
Baixa	45.04	5.38
Média	362.61	43.32
Alta	345.46	41.27
Muito Alta	83.94	10.03

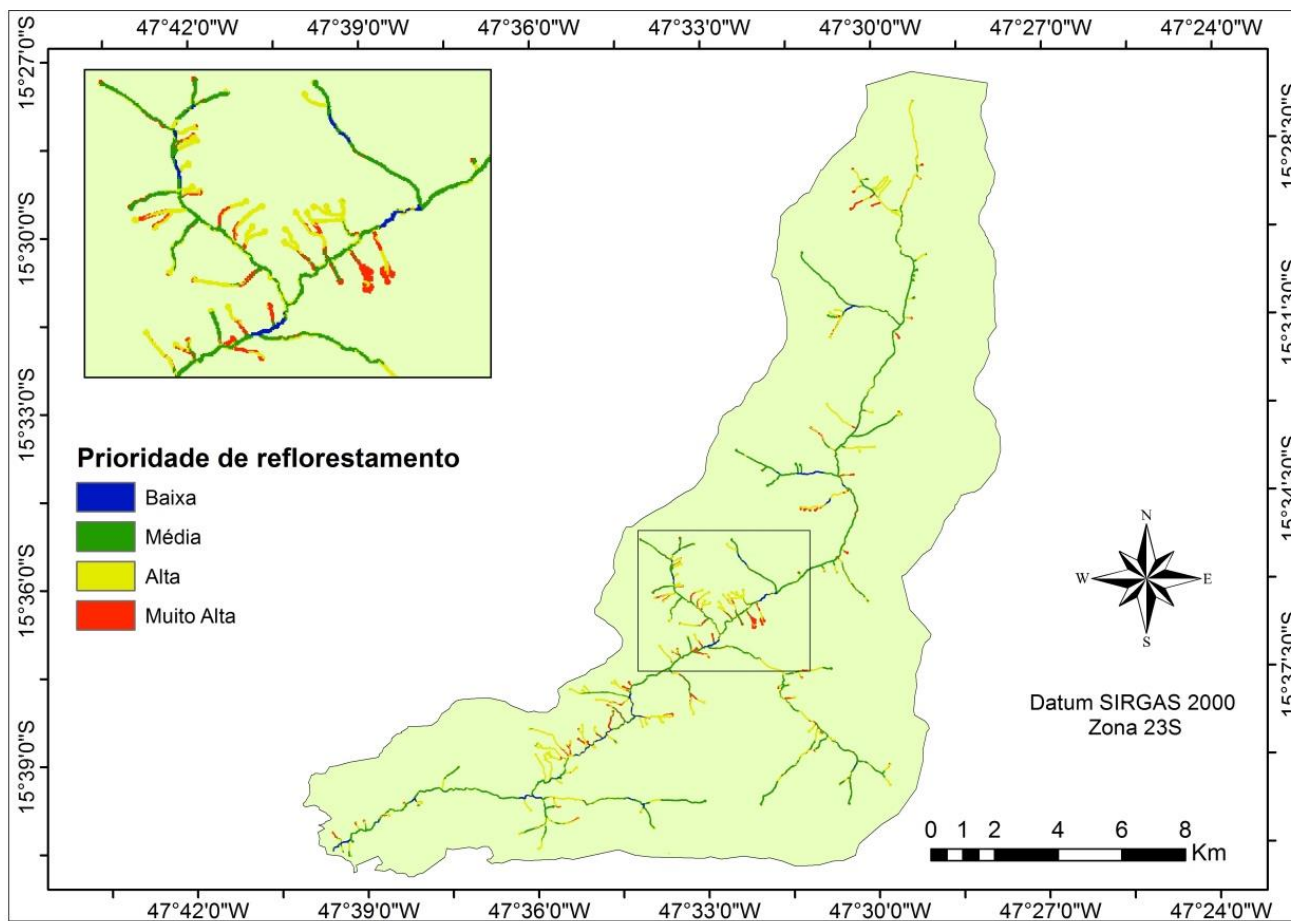


Figura 3. Áreas de Preservação Permanentes classificadas em níveis de priorização de reflorestamento na bacia do Ribeirão Pípiripau, DF, Brasil.

CONCLUSÕES

Os critérios mais relevantes visando à proteção dos recursos hídricos para priorização de APP foram: vulnerabilidade à erosão, uso do solo, ordem dos canais, proximidade de fragmentos florestais e proximidade da malha viária. A metodologia desenvolvida nesse trabalho utilizou a experiência de pesquisas anteriores, indicadores relevantes e de fácil utilização, onde classificação e a espacialização das APP em níveis de prioridade possibilita o direcionamento das ações para as áreas mais frágeis e facilita a comunicação entre os tomadores de decisão. Dessa forma, o resultado foi satisfatório para os objetivos propostos e poderá potencializar as ações do PPA na bacia.

REFERÊNCIAS

- ANA. Relatório de Diagnóstico Socioambiental da Bacia do Ribeirão Pípiripau. Brasília, 2010.
- CHAVES, H. M. L.; ALIPAZ, S. An Integrated Indicator Based on Basin Hydrology, Environment, Life, and Policy: The Watershed Sustainability Index. *Water Resource Management*, v. 21, p. 883–895, 2007.
- NETO, F. F.; MARQUES, E. M.; SANTOS, F. S.; MONTAÑO, M. Critérios técnicos e de participação social para a recuperação florestal: quais as diferenças na definição de áreas prioritárias? *Engenharia Sanitária Ambiental*, v.19 n.4, p 353-360, 2014.
- FREITAS, P. E.; MORAES, F. L. J.; FILHO, P. A.; STORINO, M. Indicadores ambientais para áreas de preservação permanente. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e ambiental*, v.17, n.4, p.443–449, 2013.
- SANTOS, A. R., CHIMALLI, T., PELUZIO, J. B. E., SILVA, A. G., SANTOS, G. M. A. D. A., LOREZON, A. S., TEIXEIRA, T. R., CASTRO, N. L. M., RIBEIRO, C. A. A. S. Influence of relief on permanent preservation áreas. *Science of the Total Environment* v. 541, p 1296 – 1302, 2016. Eixo Temático: Conhecimentos, Inovações e Tecnologias para sustentabilidade em Bacias Hidrográficas.
- VETTORAZZI, C.A.; VALENTE, R.A. Priority áreas for forest restoracion aiming at the conservatio of water resources. *Ecological Engineering* v. 94, p. 255-267, 2016.