



Eleição de áreas prioritárias para pagamento por serviços ambientais: uma análise em nível de microbacia

doi:10.4136/ambi-agua.1809

Received: 26 Nov. 2015; Accepted: 24 Feb. 2016

Fernando Salles Rosa¹; Kelly Cristina Tonello^{1*}; Roberto Wagner Lourenço²

¹Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Sorocaba, SP, Brasil
Departamento de Ciências Ambientais

²Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP), Sorocaba, SP, Brasil

*Autor correspondente: e-mail: kellytonello@ufscar.br,
fesrosa@yahoo.com.br, robertow@sorocaba.unesp.br

RESUMO

Esse trabalho objetivou a eleição de áreas prioritárias para conservação dos recursos hídricos para subsidiar programas de pagamentos por serviços ambientais (PSA). A proposta apresentada será utilizada para a implementação do projeto piloto de PSA na microbacia do Murundu, Ibiúna-SP, vislumbrando a contribuição para políticas públicas de PSA em busca da sustentabilidade. Para tanto, planos de informação de uso do solo e cobertura vegetal, e de declividade foram organizados em ambiente SIG que permitem por meio da tabulação cruzada a seleção de prioridades para a geração de um mapa temático, a partir do qual foram executadas análises qualitativas e quantitativas, assim como a determinação de faixas de prioridades. As ferramentas utilizadas demonstraram-se aplicáveis no suporte à tomada de decisão e no desenvolvimento de pesquisas e políticas públicas em PSA, com foco no incremento da governança dos recursos hídricos. Fica evidente que a remuneração pela “floresta em pé” definitivamente se apresenta como perspectiva principal na microbacia do ribeirão do Murundu, assim como a possibilidade de reversão dos valores monetários em outras formas de apoio aos provedores, sobretudo, para atendimento de suas prioridades.

Palavras-chave: nascentes, políticas públicas, provedor-recebedor.

Selection of priority areas for payment of environmental services: an analysis at the watershed level

ABSTRACT

In this study, we selected priority areas for conservation of water resources to support programs for environmental services (PSA) payment. The proposal will be used for the implementation of the PSA pilot project in the watershed of the Murundu, Ibiúna-SP, to support PSA public policy to foster sustainability. To do so, land use information layers, vegetative cover and slope were organized in a GIS environment in order to allow through cross tabulation the selection of priorities to generate a thematic map. From this map, we performed qualitative and a quantitative analysis, as well as priority setting ranges. The tools used have shown to be useful in supporting decision-making and research and public policy in PSA, focusing on increasing the governance of water resources. It is clear that remuneration

for “standing forest” definitely represents the major prospect in the watershed of the river’s Murundu, as well as the possibility of converting monetary values of the payment into other forms of support to providers of the service according to their priorities.

Keywords: public policy, recipient-provider, springs.

1. INTRODUÇÃO

O conceito de Pagamento por Serviços Ambientais - PSA e as inúmeras experiências de implantação em desenvolvimento pelo mundo estão em permanente debate e construção nas mais diversas áreas do conhecimento.

Os Pagamentos por Serviços Ambientais - PSA podem ser definidos como um acordo voluntário entre pelo menos um “vendedor” (provedor) e um “comprador” (beneficiário) de um serviço ambiental claramente definido, ou de um tipo de uso do solo que, presumidamente, assegure tal serviço, sob a condição (condicionalidade) de garantia de provimento do mesmo por parte do provedor (Wunder, 2005). Wunder (2015) em seu último trabalho traz ainda uma abordagem mais estreita dessa relação. No entanto, de modo geral, trata-se de um instrumento econômico que procura atribuir valores às externalidades positivas geradas pelos sistemas manejados ativamente pelo homem, de modo a garantir estímulos suficientes aos provedores, financeiros ou não, como forma de internalizá-las, induzindo a oferta de serviços ambientais em detrimento de atividades potencialmente degradantes. Ou seja, deve compensar o custo de oportunidade do proprietário (Pagiola e Platais, 2007; Sommerville et al., 2009; Muradian et al., 2009; Shiki e Shiki, 2011).

Sendo assim, a difusão de sistemas de PSA constitui-se uma promissora estratégia na estruturação de políticas públicas ambientais voltadas ao aprimoramento das relações entre as atividades humanas e a natureza, fundamentadas nos princípios do direito ambiental, como o poluidor-pagador, o usuário-pagador e o protetor-recebido. Os potenciais benefícios do PSA são amplos, e, dependendo da regulamentação a ser estabelecida para sua aplicação, tendem a atingir todos os segmentos da sociedade perante o desafio de equacionar pagamentos com maior ganho ambiental e social possível (Nusdeo, 2012).

Sabe-se que uma série de serviços ambientais ocorre nos territórios dos entes federativos como, por exemplo, aqueles associados a práticas de conservação do solo e de conservação e restauração florestal para a proteção de recursos hídricos nas propriedades rurais, permitindo o abatimento da erosão e a infiltração de água. Neste caso, observando-se a bacia hidrográfica como unidade de planejamento, o aumento ou a manutenção de tais serviços, por meio da implantação de um esquema de PSA-Água, demanda que este esteja adaptado à realidade local em seus diversos aspectos e ao arranjo institucional e financeiro relacionado à gestão dos recursos ambientais em ecossistemas naturais, notadamente florestais.

No Brasil, com relação aos sistemas de PSA voltados à proteção de recursos hídricos, destacam-se o Programa Produtor de Água da Agência Nacional das Águas (ANA), seguido das políticas de caráter estadual e outras iniciativas. Predominam arranjos institucionais de no mínimo duas partes, com fonte de recursos dos orçamentos públicos, dos Comitês de Bacia Hidrográfica, de pessoas jurídicas relacionadas aos serviços de saneamento básico e de fundações e institutos. (Guedes e Seehusen, 2011). Tal cenário demonstra que o instrumento PSA vem sendo reconhecido como uma importante ferramenta de gestão ambiental compartilhada em áreas estratégicas para a produção de água (Vatn, 2010). Em projetos de PSA, a priorização de áreas é fundamental para garantir a viabilidade econômica e, por consequência, a melhor aplicação dos recursos financeiros e humanos, potencializando os ganhos socioambientais. Para tanto, as geotecnologias se mostram de grande relevância, uma vez que permitem uma série de análises úteis para o conhecimento das características importantes de uma dada região.

O município de Ibiúna, localizado no estado de São Paulo, devido as suas características socioambientais, foi selecionado como o único participante da Bacia Hidrográfica do Rio Sorocaba e Médio Tietê para a implantação do projeto piloto de PSA no estado de São Paulo, denominado “Mina d’ Água”, e a microbacia do ribeirão do Murundu é o território em que o projeto está sendo desenvolvido. Sua economia é baseada na agricultura e no turismo. Hoje com uma população de mais de 74 mil habitantes, é uma das 20 cidades de São Paulo que levam o título de “Estância Turística”. Dos 1.093 km² de Ibiúna, apenas 10% é considerado zona urbana. Os outros 90% correspondem às áreas rurais de agricultura e pecuária de pequenos produtores e a áreas de preservação ambiental (Rosa et al., 2014).

Nesse sentido, esse trabalho tem por objetivo a eleição de áreas prioritárias à conservação dos recursos hídricos para subsidiar programas de pagamentos por serviços ambientais. A proposta apresentada será utilizada no caso da implementação do projeto piloto de PSA na microbacia do Murundú, Ibiúna-SP, vislumbrando a contribuição para políticas públicas de PSA em busca da sustentabilidade.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A microbacia do Murundu está localizada na zona rural do município de Ibiúna-SP, entre as coordenadas 23°47'28" e 23°48'53"S e 47°16'47" e 47°15'55"O. Com aproximadamente 4.321 ha, a microbacia contribui para o Alto-Sorocaba onde se destacam os rios Sorocabuçu, Sorocamirim e Una. Estes rios são formadores do rio Sorocaba e do reservatório Itupararanga, responsável pela geração de hidroeletricidade e abastecimento de cerca de 1,5 milhões de pessoas em Sorocaba, Votorantim, Mairinque, Alumínio, Ibiúna e São Roque. Para além da densa rede hidrográfica e do relevo montanhoso (Rosa et al., 2014), a microbacia possui cerca de 250 nascentes e apresenta suscetibilidade alta a erosão (Marques e Kusano, 2009). De acordo com Koeppen, o clima é tropical de altitude (Cwa), com chuvas no verão e seca no inverno, com precipitações médias anuais em torno de 1.309 mm (Cepagri, 2015). A vegetação predominante é a Floresta Ombrófila Densa Montana.

O produto cartográfico digital foi obtido pela manipulação de cartas do Instituto Geográfico e Cartográfico de São Paulo (IGC) em AutoCAD Land Development Desktop 2i de modo a extrair informações sobre o limite da área de estudo, rede hidrográfica, cabeceiras de drenagem (nascentes) e declividade. Nas operações de análise espacial e processamento digital de imagens foi empregado o software IDRISI 32 – Release 2. Para as verificações de campo, foi empregado um receptor GPS com exatidão nominal de 15 m.

A metodologia empregada foi subdividida nas seguintes etapas: a) processamento digital das imagens, b) georeferenciamento, c) classificação temática, d) obtenção da declividade da microbacia e) eleição de áreas prioritárias, f) quantificação do uso da terra.

No processamento digital das imagens orbitais, o mapa de uso do solo e cobertura vegetal foi obtido pela análise de imagens orbitais digitais de sete bandas espectrais (1 a 7) do satélite Landsat-5, sensor TM, de órbita/ponto 219/077 de 24/08/2010, com resolução geométrica de 30 m, exceto para a banda 6 - 120 m. As imagens possuíam 0% de nuvens e foram gratuitamente disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Todos os planos de informação foram padronizados para a resolução espacial igual a da imagem de satélite (1:30.000), no sistema de coordenadas Universal Transverso de Mercator (UTM) e Datum SAD 69 Z22S. A correção atmosférica foi realizada pelo Princípio da Reflectância Zero. Para correção geométrica foi utilizado o modelo de transformação polinomial de primeiro grau e o método de interpolação do vizinho mais próximo, tendo por base uma amostragem de pontos reais e as imagens digitais.

Na etapa de definição das classes de uso e cobertura do solo foi aplicada a classificação digital supervisionada, desenvolvida em função do conhecimento prévio de áreas amostrais

obtidas no trabalho de campo, o que permitiu a seleção de áreas de treinamento confiáveis, definindo-se que o algoritmo classificador pelo método de máxima verossimilhança operasse com base na distribuição de probabilidade de cada classe. Foi realizada a partir de missões de campo e análise de imagens de satélite, tendo em vista o mapeamento voltado à verificação das aptidões da microbacia para a implantação de um sistema de PSA-Água. A definição das classes de uso do solo e de cobertura vegetal para a área de estudo seguiu a metodologia de Rosa et al. (2014).

As faixas de declividade foram definidas a partir de critérios técnicos de fragilidade, conforme estudos de capacidade de uso e de aptidão agrícola desenvolvidos por Ross (1994), assim sendo: até 6 % grau de declividade (muito baixa); 6 a 12 % (fraca); 12 a 20 % (média); 20 a 30 % (forte); e acima de 30 % (muito forte).

O mapa temático de prioridades foi obtido a partir da classificação cruzada entre informações de declividade, uso do solo e cobertura vegetal da microbacia do Murundu. Com relação ao ordenamento das classes temáticas prioritárias, as prioridades foram divididas em:

1. Conservação; e
2. Restauração ecológica.

Consideraram-se prioritárias à conservação as classes relacionadas à cobertura vegetal, ranqueadas como: floresta em estágio avançado/médio > mata ciliar > vegetação em estágio inicial > vegetação de várzea > zona mista. Para a restauração, as classes de uso do solo foram assim ranqueadas: agricultura > campos rurais > silvicultura > instalações urbanas > zona mista.

Com relação à declividade, em função da fragilidade, foram denominadas como prioritárias:

- Áreas com declividade acima de 30 % (muito forte): referente à suscetibilidade a erosão de tais áreas com relação a aptidão ao uso agrícola (Ross, 1994), assim como a determinação da Lei Federal nº 6.766/1979 no artigo 3º, inciso III, que impede o parcelamento do solo para fins urbanos, salvo o atendimento de exigências técnicas;

- Áreas com declividade entre 0 - 6 % (muito fraca): ocorrência de Áreas de Preservação Permanente, zonas ripárias e planícies fluviais, e a relevância hidrológica e ecológica de tais ambientes (Metzger, 2010). Além disso, a Lei Federal nº 6.766/1979 também disciplina que em terrenos alagadiços e sujeitos a inundações, antes de tomadas as providências para assegurar o escoamento das águas, não será permitido o parcelamento do solo para fins urbanos. Pode-se destacar, inclusive, que por serem planas, tais áreas acabam sendo objeto de especulação imobiliária e crescimento desordenado, acarretando em inúmeros problemas relacionados à impermeabilização e ao saneamento básico. Tal faixa de declividade ainda pode estar associada a áreas altas de recarga de nascentes.

As demais faixas de declividade foram cruzadas com cada classe de cobertura vegetal e com cada classe de uso do solo, sendo consideradas como zonas mistas. Tais áreas demonstram-se relevantes no sentido de, por meio das Áreas de Preservação Permanente às margens dos corpos d'água, executar a conexão entre as declividades e as classes temáticas consideradas prioritárias.

A partir das definições apresentadas, as categorias foram ordenadas em ordem decrescente, das áreas mais prioritárias para a conservação da vegetação até as áreas mais prioritárias para a restauração, conforme apresentado na Tabela 1.

Após a obtenção das áreas e conferência com os dados da tabela de classificação cruzada, para melhor visualização, o mapa foi submetido a um filtro da mediana, com aplicação de uma janela de tamanho 5 x 5 m.

A quantificação de cada classe de prioridade constituiu em determinar as áreas das diferentes classes obtidas por meio da função de cálculo de áreas, sendo este efetuado a partir da contagem do número de pixels classificados em cada uma das prioridades.

O mesmo procedimento de priorização de áreas foi realizado para as Áreas de Preservação Permanente (APPs), de modo a detalhar a cobertura vegetal, uso do solo e declividade associadas aos recursos hídricos e propor prioridades à conservação e restauração nesses locais. Para tanto, aplicou-se um “buffer” com base nas determinações do Código Florestal, Lei Federal nº 12651 de 2012 (Brasil, 2012), e respectivo cálculo das APPs associadas a cursos d’água.

Com objetivo de integrar os mapas de prioridades e relacionar a área de cada classe de prioridade, foram instituídas 4 faixas de localidades prioritárias para a conservação e restauração florestal:

- **Máxima:** Áreas definidas como prioritárias com relação à declividade, cobertura vegetal e uso do solo, localizadas em APP;
- **Alta:** APP fora das áreas definidas como prioritárias com relação a declividade, cobertura vegetal e uso do solo;
- **Média:** Áreas definidas como prioritárias com relação a declividade, cobertura vegetal e uso do solo, fora de APP;
- **Baixa:** Áreas com cobertura vegetal ou sem cobertura vegetal em área comum, ou seja, fora de APP e das áreas definidas como prioritárias com relação à declividade.

Tabela 1. Prioridades de conservação e restauração em função da declividade.

Prioridade	Categoria de Uso do Solo e Cobertura Vegetal	Classes de Prioridades	Faixas de Declividade				
			0-6%	6-12%	12-20%	20-30%	> 30%
1-Conservação	Floresta em estágio avançado/médio	1.1	X	-	-	X	X
	Mata ciliar	1.2	X	-	-	-	X
	Vegetação em estágio inicial	1.3	X	-	-	-	X
	Vegetação de várzea	1.4	X	-	-	-	-
	Zona mista*	1.5	-	X	X	X	-
2-Restauração	Agricultura	2.1	X	-	-	X	X
	Campo rural	2.2	X	-	-	-	X
	Silvicultura	2.3	X	-	-	-	X
	Instalações urbanas	2.4	X	-	-	-	X
	Zona Mista**	2.5	-	X	X	X	-

* Corresponde a todas as categorias de cobertura vegetal ocorrentes nas declividades intermediárias.

** Corresponde a todas as categorias de uso do solo ocorrentes nas declividades intermediárias

A quantificação de áreas em cada faixa prioritária irá permitir a criação de uma matriz de prioridades, tanto para conservação como para restauração. Tal quantificação irá facilitar a criação de cenários em potencial para a implantação gradativa do PSA-Água, inclusive possibilitando o estabelecimento de critérios de valoração diferenciados, tanto entre as classes de prioridade como entre as faixas prioritárias, o que auxiliaria na estimativa do montante de recursos a serem disponibilizados para o projeto de PSA-Água.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As áreas prioritárias para conservação representam 67,7 % das categorias de cobertura vegetal (incluindo a rede hidrográfica, 3,2 %), assim como 41,1 % da área total da microbacia, indicando, portanto, que 1.776,3 ha são prioritários para incentivos ambientais. As áreas prioritárias para restauração ecológica representam 57,2 % das categorias de uso do solo, assim como 22,5% da área do território, resultando em 971,2 ha (Tabela 2, Figura 1).

Tabela 2. Quantificação das áreas com relação a cada classe de prioridade.

Prioridade	Classes de prioridades	Área total (ha)	Área total da categoria relacionada (ha)	% com relação à categoria correspondente	% com relação à área da microbacia (4320 ha)
1 - Conservação	Prioridade 1.1	1060,6	1298,8	81,6	24,5
	Prioridade 1.2	222,4	364,4	61,0	5,1
	Prioridade 1.3	183,4	339,1	54,1	4,2
	Prioridade 1.4	169,4	479,6	35,3	3,9
	Hidrografia	140,4	140,4	100,0	3,2
	Subtotal	1776,3	2622,5	67,7	41,1
	Prioridade 1.5	846,2	2622,5	32,3	19,6
	Total	2622,5		100,0	60,7
2 - Restauração	Prioridade 2.1	487,1	879,6	55,4	11,3
	Prioridade 2.2	302,5	596,4	50,7	7,0
	Prioridade 2.3	20,9	50,2	41,6	0,5
	Prioridade 2.4	23,9	36,4	65,8	0,5
	Estradas	136,7	136,7	100,0	3,2
	Subtotal	971,2	1699,3	57,2	22,5
	Prioridade 2.5	728,0	1699,3	42,8	16,9
	Total	1699,3		100,0	39,3

Diante disso, para um cenário de planejamento e implantação de projeto de PSA-Água, 2.747,5 ha são considerados prioritários em termos de conservação e restauração, o que perfaz um total de 63,6 % da área da microbacia do Murundu.

Nesse contexto, de acordo com a hierarquização de graus de proteção aos solos pela cobertura vegetal, determinada por Ross (1994), e conforme outras experiências de programas por PSA-Água (Pagiola et al., 2013), o enquadramento de cada prioridade estabelecida, assim como as perspectivas inerentes à prestação de serviços ambientais são:

Grau de proteção “muito alto”: relacionado com a presença de 81,6 % da cobertura florestal (Prioridade 1.1) e de 61,0 % da mata ciliar (Prioridade 1.2) localizados nas áreas prioritárias, perfazendo 29,7 % da área total da microbacia. Tal cenário converge para a possibilidade da manutenção da “floresta em pé” como serviço ambiental prioritário, visando ao monitoramento e à vigilância para fins de regeneração florestal, assim como possibilitando a exploração não madeireira sustentável (coleta de sementes, por exemplo), entre outros incentivos ambientais (Cotas de Reserva Ambiental, créditos de carbono etc.).

Grau de proteção “alto”: relacionado com a presença de 54,1 % de vegetação inicial (Prioridade 1.3) e de 35,3 % da vegetação de várzea (Prioridade 1.4) localizados nas áreas prioritárias, totalizando 8,1 % da área da microbacia. Esta condição ensejaria como garantia da prestação dos serviços ambientais a regeneração assistida, ou até mesmo o enriquecimento da vegetação inicial (por exemplo, a conservação produtiva), visando, inclusive, à conexão entre fragmentos da cobertura florestal e da mata ciliar, conforme se pode observar na Figura 1. Especialmente com relação à vegetação de várzea, a manutenção da permeabilidade do solo e o manejo de espécies exóticas/invasoras são importantes.

Grau de proteção “médio”: relacionado com a presença de 50,7 % dos campos rurais (Prioridade 2.2) e de 41,6 % da silvicultura (Prioridade 2.3) localizados nas áreas prioritárias, totalizando 7,5 % da área da microbacia. Com relação aos campos rurais, presume-se a adoção de práticas de conservação do solo (por exemplo, a construção de barraginhas de contenção do escoamento superficial), a manutenção de pastagens cultivadas, o isolamento de APP's, a restauração com espécies produtivas (sistemas agroflorestais), nucleação, chuva de sementes etc. No caso da silvicultura, as atividades relacionadas com o preparo do solo, o corte e a retirada da madeira, constituem as causas principais de alteração da infiltração. Sendo assim, a preocupação de manutenção de condições ótimas de infiltração durante estas atividades deve estar centrada na manutenção da integridade do piso florestal (Lima, 2008).

Grau de proteção “baixo” e “muito baixo a nulo”: relacionada com a presença de 55,4 % da agricultura (Prioridade 2.1) e de 36,4 % das instalações urbanas (Prioridade 2.4) localizadas nas áreas prioritárias, totalizando, juntamente com as estradas, 15,0 % da área da microbacia. A agricultura pode ser considerada um serviço ambiental porque ela é uma atividade antrópica que resulta na oferta de um serviço ecossistêmico que é a provisão de alimentos. Todavia, a agricultura também pode resultar na diminuição de outros serviços ambientais se alguns princípios de boas práticas agrícolas não forem observados. Conforme Antoniazzi (2008) pode ocorrer a redução do uso de insumos, principalmente agroquímicos; o controle da erosão e do escoamento superficial (plantio em nível, terraços e barraginhas); e a proteção e/ou restauração de zonas de vegetação para a proteção dos recursos hídricos (em especial as matas ciliares). Tais práticas implicam na diminuição de custos na produção, inclusive devido à otimização na irrigação.

Com relação ao controle da erosão, este também se relaciona com a manutenção das estradas, ensejando a adoção de sistemas de contenção no interior das propriedades rurais, inclusive nas margens das vias utilizadas para a mecanização.

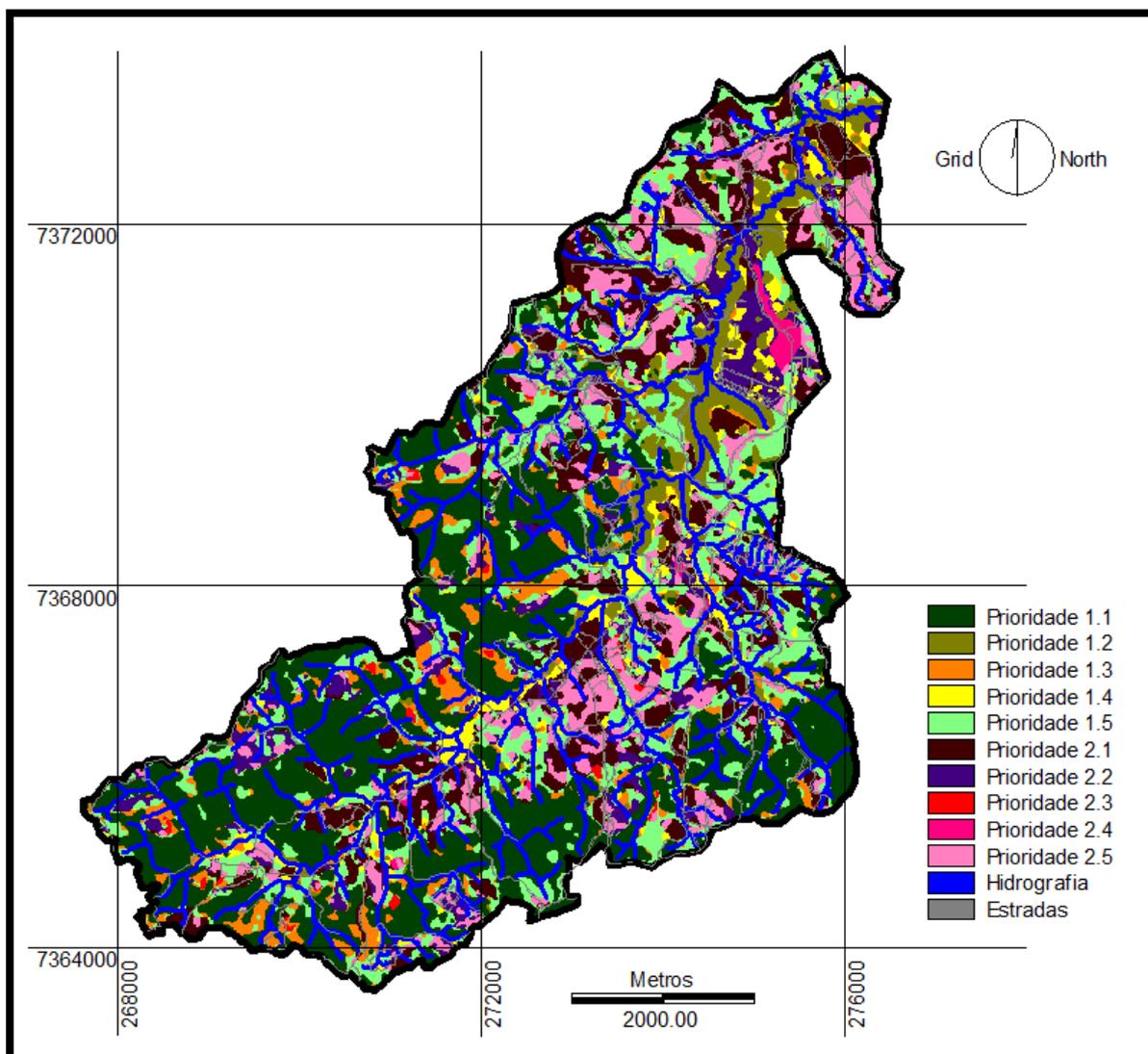


Figura 1. Mapa de prioridades da microbacia do ribeirão do Murundu, Ibiúna-SP.

No caso das instalações urbanas, além dos impactos ambientais já mencionados, as atividades de terraplanagem representam ameaça à proteção dos solos e potencial interferência sobre os recursos hídricos. Como possibilidade de manutenção de serviços ambientais, o controle da expansão via determinações de uso e parcelamento do solo, assim como o saneamento rural e o controle do descarte das águas captadas pelos telhados, apresentam-se como práticas a serem integradas a um projeto de PSA-Água.

Conforme com relação a Antoniazzi (2008), a predominância de áreas com grau de proteção do solo “baixo” e “muito baixo a nulo”, são prioritárias à conservação do solo, tendo em vista que os impactos da erosão do solo incidem tanto fora dos corpos d’água (obstrução dos poros do solo) como dentro (eutrofização). Dessa forma, tendo em vista que a adoção de boas práticas resultaria em maior adicionalidade de serviços ambientais, os incentivos ambientais para restauração devem ser maiores em tais localidades.

Diante do exposto, a criação das zonas mistas, resultantes dos critérios de priorização propostos, não descarta a relevância de cada uso do solo ou cobertura vegetal no que diz respeito à proteção do solo e, por consequência, aos serviços ambientais hidrológicos prestados. Porém, no âmbito de um projeto de PSA-Água, estas localidades, caso contempladas, resultariam em pagamentos menores. Além de menores, tais pagamentos poderiam variar de acordo com o tipo de uso do solo e de cobertura vegetal,

independentemente da declividade, respeitando os mesmos critérios já estabelecidos. Dessa forma, a análise das zonas mistas deve ser efetuada em conjunto com o mapa temático de uso do solo e cobertura vegetal.

No caso das zonas mistas de conservação, que cobrem 19,6 % da área da microbacia (Prioridade 1.5), estas são áreas de extrema importância não somente para a conectividade entre os remanescentes de vegetação nas faixas de declividades prioritárias, assim como para o amortecimento dos impactos negativos oriundos dos usos do solo.

Com relação às zonas mistas de restauração, que cobrem 16,7 % da área da microbacia (Prioridade 2.5), estas são consideradas relevantes, principalmente, para a instalação dos sistemas de contenção do escoamento superficial e infiltração de água no âmbito do planejamento hidroambiental das propriedades rurais. Além disso, seriam as áreas mais propícias para a instalação dos usos do solo, como alternativa à ocupação das faixas de declividades prioritárias.

Considerando que as zonas mistas encontram-se na transição entre as áreas de declividade acentuada e as áreas planas, entende-se que no âmbito de um projeto de PSA-Água, tais zonas teriam o papel principal de conectar as localidades prioritárias, sobretudo, por meio das Áreas de Preservação Permanente, as quais, independentemente da classe de prioridade, imputariam valores maiores aos pagamentos.

3.1. Quantificação das Áreas de Preservação Permanente (APPs) associadas a cursos d'água

As APPs totalizam 1.014,3 ha, sendo 182,8 ha para as nascentes e 831,5 ha para as faixas ciliares, correspondendo a 4,2 % e 19,2 % da área da microbacia, respectivamente. Especificamente com relação às nascentes, 67,4 % da APP, incluindo a hidrografia, encontram-se protegidos pela cobertura vegetal, enquanto 32,6 % estão associados a algum tipo de uso do solo.

Diante do exposto, verifica-se que as nascentes, por estarem proporcionalmente menos protegidas, apesar do predomínio da cobertura florestal, demandariam maior prioridade, principalmente para a restauração, com relação às APP's das faixas ciliares dos corpos d'água.

Comparando-se os valores apresentados com os valores totais de cobertura vegetal e de uso do solo na microbacia, respectivamente, 60,68 % e 39,32 %, verifica-se que as APP's estão mais protegidas do que a área total. Tal cenário indica que mesmo em localidades em que predominam os usos do solo, as APP's foram conservadas. Tal condição possibilita que, no âmbito de um projeto de PSA-Água, sejam efetuados maiores pagamentos aos proprietários que detêm tais áreas protegidas em suas propriedades. Além disso, os esforços de restauração da vegetação seriam menores, possibilitando maiores investimentos nas práticas de conservação do solo.

Quando avaliados os valores das APP's consideradas prioritárias (Tabela 3), as áreas sujeitas à conservação, incluindo a rede hidrográfica, totalizam 58,1 % da APP total, ao passo que 14,9% das APP's necessitam de restauração.

Especificamente com relação às nascentes, 54,1 % da APP, incluindo a hidrografia, encontra-se em localidades prioritárias à conservação, enquanto 21,5 % estão associados a algum tipo de uso do solo em local prioritário à restauração. De acordo com tais valores, reforça-se a demanda de esforços para a restauração das APP's prioritárias de nascentes com relação às APP's prioritárias das faixas ciliares dos corpos d'água.

Diante do contexto apresentado, 73,1 % da APP total estão em áreas prioritárias, o que reforça a importância da interação entre estas localidades determinadas por lei e as faixas de declividade determinadas como prioritárias no presente estudo, o que destaca a promoção de maiores incentivos ambientais para essas áreas do que para as áreas comuns.

Para complementar tal análise, os dados de porcentagem de APP prioritária com relação à área total de preservação permanente para cada classe de prioridade correspondente, são de extrema importância para a execução dos esforços principais de conservação e restauração com os maiores ganhos ambientais e sociais. Em outras palavras, tais valores indicam quais seriam as prioridades dentro das próprias prioridades, tendo em vista a necessidade de diminuição dos custos de transação em um projeto de PSA-Água.

Tabela 3. Dados da ocorrência de prioridades em APP.

Prioridade	Classes de prioridades	APP prioritária nascentes (ha)	% na APP nascentes	APP prioritária total (ha)	% na APP total
1 - Conservação	Prioridade 1.1	75,0	41,0	251,0	24,7
	Prioridade 1.2	2,8	1,5	86,9	8,6
	Prioridade 1.3	8,3	4,5	37,9	3,7
	Prioridade 1.4	2,6	1,4	73,4	7,2
	Hidrografia	10,2	5,6	140,4	13,8
	Subtotal	98,9	54,1	589,7	58,1
	Prioridade 1.5	35,3	19,3	186,5	18,4
	Total	134,2	73,4	776,1	76,5
2 - Restauração	Prioridade 2.1	22,8	12,5	63,3	6,2
	Prioridade 2.2	10,9	5,9	56,4	5,6
	Prioridade 2.3	0,7	0,4%	1,5	0,1
	Prioridade 2.4	0,0	0,0%	2,4	0,2
	Estradas	4,9	2,7	27,9	2,7
	Subtotal	39,3	21,5	151,5	14,9
	Prioridade 2.5	9,2	5,0	86,6	8,5
	Total	48,5	26,6	188,6	23,5

Sendo assim, com relação à cobertura vegetal, os maiores impactos resultantes da proteção das zonas ripárias correspondem à conservação da floresta (Prioridade 1.1), à mata ciliar (Prioridade 1.2), à vegetação de várzea (Prioridade 1.4) e à vegetação em estágio inicial (Prioridade 1.3).

No caso dos usos do solo prioritários à restauração em APP, destacam-se a agricultura (Prioridade 2.1) e posteriormente os campos rurais (Prioridade 2.2). Em seguida, demandando maiores esforços de conservação do solo, as estradas (2,75 %), e posteriormente as instalações urbanas (Prioridade 2.4) e a silvicultura (Prioridade 2.3).

Com relação às zonas mistas, as APP's voltadas à conservação cobrem 18,4 % da área total (Prioridade 1.5), ao passo que as áreas para restauração, cobrem 8,5 % da área da microbacia (Prioridade 2.5). Estas últimas, apesar de induzirem a valores menores de remuneração aos proprietários, devem obrigatoriamente ser restauradas, conforme a recente obrigatoriedade na recuperação de APPs imposta pelo Código Florestal.

Nesse sentido, no quesito de restauração, os valores de APP prioritárias associadas aos usos do solo (151,5 ha) quando acrescidos aos valores de APP em zonas mistas de restauração (86,6 ha), resultam em 238,1 ha passíveis de serem recuperados ou compensados na microbacia.

Ainda com relação às zonas mistas em APP, mesmo sendo consideradas mais prioritárias do que as áreas comuns, faz-se necessária a diferenciação dos valores a serem

pagos de acordo com a categoria de uso do solo e cobertura vegetal, independentemente da declividade, por serem protegidas por lei. Logo, aqueles proprietários a montante e nas áreas de planície de inundação seriam mais beneficiados. Sendo assim, espera-se que o proprietário intermediário busque o aprimoramento da proteção do recurso hídrico, podendo destinar mais áreas protegidas à contratação ou até mesmo restaurar áreas maiores do que a legislação obriga, visando aumentar a sua remuneração, gerando uma competição saudável entre os provedores.

3.2. Determinação e quantificação das localidades prioritárias ao PSA-Água

A síntese dos resultados relacionados com as áreas prioritárias para a conservação indica que 589,7 ha representam a faixa de prioridade “máxima”, 186 ha estão relacionados com a prioridade “alta”, 1.186,6 ha estão na faixa de prioridade “média” e 659,7 ha se encontram na faixa de prioridade “baixa” (Tabela 4).

Tabela 4. Quantificação das classes prioritárias à conservação e restauração.

Prioridade	Classes de Prioridades	Máxima	Alta	Média	Baixa
		Prioridade em APP (ha)	APP fora de prioridade (ha)	Prioridade fora de APP (ha)	Cobertura vegetal em área comum (ha)
1 - Conservação	Prioridade 1.1	251,0	55,5	809,6	182,7
	Prioridade 1.2	86,9	30,4	135,5	111,6
	Prioridade 1.3	37,9	28,4	145,5	127,3
	Prioridade 1.4	73,4	72,2	96,1	238,0
	Hidrografia	140,4	0,0	0,0	0,0
	Subtotal	589,7	186,5	1186,6	659,7
	Total		2622,5		
Prioridade	Classes de Prioridades	Máxima	Alta	Média	Baixa
		Prioridade em APP (ha)	APP fora de prioridade (ha)	Prioridade fora de APP (ha)	Sem cobertura vegetal em área comum (ha)
2 - Restauração	Prioridade 2.1	63,3	34,2	423,9	358,3
	Prioridade 2.2	56,4	49,9	246,1	244,0
	Prioridade 2.3	1,5	2,3	19,4	26,9
	Prioridade 2.4	2,4	0,3	21,5	12,2
	Estradas	27,9	0,0	108,8	0,0
	Subtotal	151,5	86,6	819,7	641,4
	Total		1699,3		

Em 2.622,5 ha da microbacia (60,7 %), a contratação de áreas prioritárias à conservação seria o ponto de partida para estimular a participação dos provedores. Sendo assim, uma vez inseridos no projeto de PSA-Água, os proprietários poderiam estar mais convencidos a, gradativamente, adequarem ambientalmente as suas propriedades e suas atividades produtivas, de preferência com os próprios incentivos recebidos por suas áreas conservadas.

Convém reforçar que do ponto de vista ecológico e de geração de serviços ecossistêmicos, florestas já estabelecidas, e até mesmo as vegetações em estágio inicial, geram mais benefícios e serviços ecossistêmicos de que as florestas implantadas, em processo

de restauração (Pagiola et al., 2013). Dessa forma, o ideal seria um maior pagamento para a conservação das florestas do que para a restauração e implantação delas. Entretanto, a partir das ferramentas e dos critérios utilizados pelo presente capítulo, foram quantificadas e analisadas as áreas prioritárias para restauração, incluindo as práticas de conservação do solo, que por sua vez, pode ser uma prática imediata ao invés da implantação de plantios, nucleação etc.

Para as áreas prioritárias à restauração, 151,5 ha representam a faixa de prioridade “máxima”, 86,6 ha estão relacionados com a prioridade “alta”, 819,7 ha estão na faixa de prioridade “média” e 641,4 ha se encontram na faixa de prioridade “baixa”.

Em 1.699,3 ha da microbacia (39,3 %), entende-se que a contratação de áreas prioritárias à restauração seja introduzida gradativamente no projeto de PSA-Água. O ideal seria iniciar um processo de convencimento de cada provedor, primeiramente, por meio da remuneração das áreas prioritárias à conservação na propriedade, passando pela execução das práticas de conservação do solo, inclusive para preparo do solo para o plantio e outras práticas atreladas à restauração ecológica, que seriam as últimas medidas a serem executadas.

Nesse formato, a priorização fatalmente tornaria um projeto de PSA-Água menos custoso, mais completo e com mais participantes, proporcionando a conexão entre fragmentos florestais e a propagação de práticas de conservação do solo e de restauração ecológica como oportunidades aos proprietários rurais.

De maneira geral, a consideração das APP's como as localidades mais prioritárias demonstra-se como alternativa para a implantação piloto de um PSA-Água, sobretudo visando conectar as localidades mais declivosas com as áreas planas. Por se tratarem de áreas menores, resultariam em menores investimentos iniciais, e ao mesmo tempo viabilizaria o processo de adequação ambiental da propriedade com relação à legislação. Tal processo de adequação, por sua vez, facilitaria o acesso dos provedores a outros incentivos ambientais.

Apesar de possíveis contrariedades, já que se discute que a conservação e a restauração de APP's são práticas obrigatórias imputadas ao proprietário e, portanto, não geram adicionalidades, entende-se que a remuneração consiste em uma recompensa àqueles que cumpriram a legislação e uma “chance” de promover a restauração, com a aceitação do proprietário. Nesse sentido, a restauração pode ocorrer, inclusive, com a inserção de espécies produtivas, visando, por exemplo, implantar sistemas agroflorestais.

Vale destacar que na microbacia as APP's estão intimamente relacionadas com as planícies aluvionares e, estas, com as áreas de declividades prioritárias, o que favorece a proteção dos recursos hídricos, sobretudo em razão da conectividade entre as áreas prioritárias, proporcionando a recarga hídrica e o melhor desenvolvimento do ciclo hidrológico.

Em relação às áreas prioritárias identificadas fora de APPs, a utilização das faixas de declividade e da hierarquização de graus de proteção aos solos, ambas determinadas por Ross (1994), apresentam-se condizentes para a priorização proposta, apesar do reconhecimento de que a definição de áreas prioritárias está geralmente atrelada com análises multicriteriais.

Nesse sentido, são necessários maiores estudos, inclusive de campo, para a obtenção de outros fatores que compõem a paisagem, como, por exemplo, a morfologia da bacia hidrográfica, a vulnerabilidade à erosão e as características de fragmentos florestais, visando à geração de novos planos de informação que possam ser incorporados. Essa perspectiva de enriquecimento aplicada a um sistema de PSA-Água se mostra importante para criar outros níveis de prioridade, visando até mesmo reduzir as áreas a serem remuneradas e os custos de transação, garantindo, assim, melhores resultados para a provisão de serviços ecossistêmicos e ambientais.

Diferentemente da remuneração exclusiva para as nascentes, a priorização de áreas proposta enseja também a participação dos proprietários que não têm nascentes. Além disso,

possibilita uma maior proteção dos recursos hídricos, com destaque para a conservação e a restauração das zonas ripárias e a possibilidade de sua conexão com as localidades de declividades acentuadas, por meio das APP's. Contudo, em termos de priorização, a presença de nascentes nas propriedades poderia imputar maiores valores de remuneração para as APP's.

É importante ressaltar que o PSA tem utilidade transversal, ou seja, é um mecanismo em potencial para auxiliar na regularização de propriedades rurais, no processo de mapeamento do território, na aplicação do Código Florestal, na conservação dos solos e melhor aproveitamento dos recursos ambientais, e, em alguns casos, na execução de medidas sanitárias em regiões de mananciais (como a instalação de fossas sépticas).

Sendo assim, a sua implementação depende da governança da água, ou seja, da criação de alternativas de arranjos institucionais para o gerenciamento dos recursos hídricos, de forma a contribuir para o desenvolvimento econômico e o bem-estar das populações das áreas rurais e a jusante. Isso inclui o envolvimento de pessoal técnico capacitado, a criação de instâncias decisórias que envolvam diferentes níveis de governo e organizações da sociedade, e instâncias de articulação com as localidades prioritárias ao PSA-Água.

Portanto, a articulação entre os diversos atores responsáveis pela gestão dos recursos hídricos, assim como a ampliação do conhecimento técnico e científico sobre o PSA-Água, são fundamentais para o desenvolvimento de políticas públicas de incentivos ambientais, favorecendo o manejo de bacias hidrográficas.

4. CONCLUSÃO

Com o intuito de traduzir um cenário possível para o planejamento de um projeto de PSA-Água na microbacia do ribeirão do Murundu, a proposta de priorização demonstrou-se viável para a tomada de decisão, podendo ser aplicada para a seleção de áreas entre bacias hidrográficas, no interior de microbacias hidrográficas e até mesmo dentro de propriedades.

Fica evidente, entretanto, que a remuneração pela “floresta em pé” definitivamente se apresenta como perspectiva principal na microbacia do ribeirão do Murundu, assim como a possibilidade de reversão dos valores monetários em outras formas de apoio aos provedores, sobretudo, correspondendo ao atendimento das suas prioridades.

5. REFERÊNCIAS

- ANTONIAZZI, B. L. Agricultura como provedora de serviços ambientais para proteção de bacias hidrográficas. **Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária**, p. 52-63, junho 2008.
- BRASIL. Lei Federal no 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nº6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nº4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial [da] União**, Brasília, 28 maio 2012.
- CENTRO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS E CLIMÁTICAS APLICADAS A AGRICULTURA - CEPAGRI. **Clima dos municípios paulistas**. 2015. Disponível em: http://www.cpa.unicamp.br/outrasinformacoes/clima_muni_228.html. Acesso em: 10 mar. 2015.

- GUEDES, F. B.; SEEHUSEN, S. E. **Pagamentos por serviços ambientais na Mata Atlântica: lições aprendidas e desafios**. Brasília: MMA, 2011. 272p.
- LIMA, W. P. **Hidrologia florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas**. Piracicaba: USALQ/USP, 2008. 245 p.
- MARQUES, V. K. G. P.; KUSANO, H. R. **Estudo de caracterização morfológica e análise de disponibilidade hídrica do Rio Murundu**. 2009. 42f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Estadual Paulista, Sorocaba, 2009.
- METZGER, J. P. O Código Florestal tem base científica? **Natureza & Conservação**, v. 8, p. 92-99, 2010.
- MURADIAN, R.; CORBERA, E.; PASCUAL, U.; KOSOY N.; MAY, P. H. Reconciling theory and practice: an alternative conceptual framework for understanding payments for environmental services. **Ecological Economics**, v. 69, n. 6, p. 1202-1208, 2009. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.11.006>
- NUSDEO, A. M. O. **Pagamento por serviços ambientais: sustentabilidade e disciplina jurídica**. São Paulo: Atlas, 2012. 179p.
- PAGIOLA, S.; GLEHN, H. C.; TAFARELLO, D. **Experiências de pagamentos por serviços ambientais no Brasil**. São Paulo: SMA/CBRN, 2013. 336p.
- PAGIOLA, S.; PLATAIS, G. **Payments for environmental services: from theory to practice**. Washington D.C.: World Bank, 2007.
- ROSA, F. S.; TONELLO, K. C.; VALENTE, R. O. A.; LOURENÇO, R. W. Estrutura da paisagem, relevo e hidrografia de uma microbacia como suporte a um programa de pagamento por serviços ambientais relacionados à água. **Revista Ambiente e Água**, v. 9, n. 3, p. 526-539, 2014. <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1326>
- ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, n. 8, 1994.
- SHIKI, S., SHIKI, S.F.N. Os Desafios de uma política nacional de pagamentos por serviços ambientais: lições a partir do caso do Proambiente. **Sustentabilidade em Debate**, v. 2, n. 1, p. 99-118, 2011.
- SOMMERVILLE, M. M.; JONES, J. P. G.; MILNER-GULLAND, E. J. A. Revised conceptual framework for payments for environmental services. **Ecology and Society**, v. 14, n. 02, 2009.
- VATN, A. An institutional analysis of payments for environmental services. **Ecological Economics**, v. 69, n. 6, p. 1245-1252, 2010. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.11.018>
- WUNDER, S. **Payments for environmental services: some nuts and bolts**. Jakarta: Center for International Forestry Research, 2005. 24p. (CIFOR Occasional Paper, n. 42)
- WUNDER, S. Revisiting the concept of payments for environmental services. **Ecological Economics**, n. 117, p. 234-243, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2014.08.016>