

**A OFERTA DE SERVIÇOS AMBIENTAIS NA BACIA  
HIDROGRÁFICA DOS RIOS SOROCABA E MÉDIO  
TIETÊ**

Kawaichi, Vanessa

K22o A oferta de serviços ambientais na bacia hidrográfica dos rios Sorocaba e Médio Tietê / Vanessa Kawaichi. -- Sorocaba, 2012.

00 p. 113 : il. (color.) ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, *Campus* Sorocaba, 2012

Orientador: Rosane Nunes de Faria

Banca examinadora: Silvia Helena Galvão de Miranda, Alexandre Nunes de Almeida

Bibliografia

1. Recursos hídricos – valoração ambiental. 2. Recursos hídricos – serviço ambiental. 3. Produtor rural – pagamento por serviços ambientais (PSA) . I. Título. II. Sorocaba - Universidade Federal de São Carlos.

CDD 333.7

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
*Campus Sorocaba*

VANESSA MAYUMI KAWAICHI

**A OFERTA DE SERVIÇOS AMBIENTAIS NA BACIA  
HIDROGRÁFICA DOS RIOS SOROCABA E MÉDIO  
TIETÊ**

Dissertação apresentada ao Programa de  
Pós-Graduação em Economia Aplicada  
para obtenção do título de Mestre em  
Economia Aplicada

Orientação: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Rosane Nunes de  
Faria

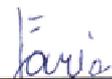
Sorocaba  
2012

VANESSA MAYUMI KAWAICHI

**A OFERTA DE SERVIÇOS AMBIENTAIS NA BACIA  
HIDROGRÁFICA DOS RIOS SOROCABA E MÉDIO TIETÊ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia para obtenção  
do título de mestre em Economia, Área de Concentração: Economia Aplicada.  
30 de Março de 2012.

**Orientadora:**

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dra. Rosane Nunes de Faria  
Universidade Federal de São Carlos – *Campus Sorocaba*

**Examinadores:**

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Alexandre Nunes de Almeida  
Universidade Federal de São Carlos – *Campus Sorocaba*

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dra. Silvia Helena Galvão de Miranda  
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - USP

## AGRADECIMENTO

*Agradeço aos professores José Cesar Cruz Jr. E Kelly Tonelo, por todo o apoio durante o desenvolvimento da dissertação.*

*Aos amigos Maria Alice e Leandro, que estiveram mais que presentes em todos os momentos de alegrias e dificuldades.*

*Agradeço também a Laura Antoniazzi, pela ajuda no desenvolvimento da metodologia.*

*Agradeço aos professores da banca de defesa, Silvia Miranda, que tem incentivado meus estudos desde a graduação, e ao professor Alexandre Nunes, cujas sugestões ajudaram a melhorar o trabalho.*

*Agradeço a minha orientadora Rosane Nunes, pela paciência e grande contribuição para o desenvolvimento do trabalho.*

*Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Economia da UFSCar, a todos os professores e também à Aziziane.*

*Agradeço também a Capes, pela bolsa concedida.*

*Agradeço a todos os amigos Ana Carolina, Andressa, Carolina, Livia, Karina, com os quais divido todos os meus momentos tristes e felizes e ao Leandro, pela paciência e por estar ao meu lado mesmo não podendo ter dedicado tanto tempo de companhia durante o ano que se passou.*

*Agradeço ainda pela companhia dos colegas de mestrado.*

*Agradeço à minha família, pelo apoio e compreensão.*

## RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo estimar a oferta dos serviços ambientais na Bacia Hidrográfica dos Rios Sorocaba e Médio Tietê, localizada na região centro-sudeste do Estado de São Paulo. O enfoque de serviço ambiental é dado aos serviços hidrológicos, cujos responsáveis pela oferta são os produtores rurais da região. Assim, a partir da oferta de serviços ambientais da Bacia, estimou-se o valor do PSA aos produtores rurais baseado no custo de oportunidade da mudança de práticas agrícolas nas propriedades rurais da região. A metodologia adotada é baseada no custo de oportunidade da mudança de uma prática convencional para uma prática conservacionista. O custo de oportunidade foi obtido a partir da comparação entre o rendimento de cada cultura analisada, adotando-se a prática que gera menos serviços ambientais e a prática que gera mais serviços ambientais. Dessa forma, foram analisados os rendimentos das principais culturas da Bacia (café, milho, feijão, batata, cana, laranja, tomate, cebola, uva, arroz e mandioca), comparando-se a diferença entre os rendimentos para ambas as práticas. A classificação das práticas obedeceu ao critério de área de mata da Bacia, considerando-se os municípios com área de mata acima da média como B e, abaixo da média, como A. Dessa forma, a área de mata foi utilizada como *proxy* para a mensuração do serviço ambiental em questão, sabendo-se que a preservação da cobertura vegetal proporciona uma série de benefícios, inclusive, a conservação dos recursos hidrológicos. Os resultados mostram que os valores estimados do PSA para as principais culturas da Bacia podem variar de R\$100/ha/ano a R\$30.000/ha/ano. Em relação às culturas analisadas neste estudo, pode-se dizer que as que apresentaram maior potencial para a implementação de programas de PSA foram as culturas do arroz e da mandioca, as quais, além de apresentarem retorno mais rentável para a prática conservacionista, apresentam uma oferta inicial de serviços ambientais elevada e os menores valores para o PSA. As culturas laranja, tomate, cebola e uva também apresentam uma oferta inicial de serviços ambientais elevada, no entanto, os valores de PSA estimados são bem elevados em comparação com as demais culturas, dessa forma, a implementação de programas de PSA para aumentar a oferta de serviços ambientais neste caso deve considerar o quanto o pagamento compensaria a oferta de serviços ambientais proporcionados por essas culturas.

**Palavras-chave:** instrumentos de incentivo, PSA, microbacia, recursos hídricos.

## ABSTRACT

The present study aims to estimate the supply of environmental services Sorocaba Rivers Basin and Middle Tietê, located in the central-southeastern state of Sao Paulo. The focus of the environmental service is given to the hydrological services, which are responsible for providing farmers in the region. Thus, from the provision of environmental services in the Basin, we estimated the value of PES to farmers based on the opportunity cost of changing agricultural practices on farms in the region. The methodology is based on the opportunity cost of changing a conventional practice for a conservation practice. The opportunity cost was obtained from the comparison between the yield of each crop analyzed by adopting the conventional practice and practice conservation. Thus, we analyzed the yields of major crops Basin (coffee, corn, beans, potatoes, sugar cane, orange, tomato, onion, grapes, rice and cassava), comparing the difference between the yields for both practices. The classification for conservation practice and conventional practice followed at the discretion of the forest area of the basin, considering the municipalities with an area of forest above average as conservation and below average, as conventional. Thus, the forest area was used as a proxy for measuring the environmental service in question, knowing that the preservation of vegetation provides a number of benefits, including conservation of water resources. The results show that the estimated values of PES for the main crops of the Basin can range from R\$100/ha/year to R\$30.000/ha/year. In relation to the cultures analyzed in this study, we can say that with the highest potential for implementation of programs for PES were the crops of rice and cassava, which, besides having more profitable return for the conservation practice, have a initial offering of high environmental services and the lowest values for PES. Cultures orange, tomato, onions and grape also have an initial supply of high environmental services, however, PES values are estimated quite high in comparison with other cultures, thereby implementing programs to increase the supply PES environmental services in this case should consider how much the payment would compensate for the provision of environmental services provided by these cultures.

**Keywords:** incentive instruments, PES, watershed, water resources.

<b>LISTA DE FIGURAS</b>
-------------------------

FIGURA 1- Bacias Hidrográficas do Estado de São Paulo.....	21
FIGURA 2 - Municípios que compõem a Bacia Hidrográfica dos Rios Sorocaba e Médio Tietê. ....	22
FIGURA 3 - As sub-bacias que compõem a Bacia Hidrográfica dos Rios Sorocaba e Médio Tietê. ....	23
FIGURA 4 - Esquematização do sistema de Pagamentos por Serviços Ambientais. ....	30
FIGURA 5 - A lógica do PSA na visão do produtor. ....	31
FIGURA 6 - Derivação da oferta de serviços ambientais a partir da distribuição espacial do custo de oportunidade por unidade de serviços ambientais.....	52
FIGURA 7 - Função densidade de probabilidade do custo de mudança de práticas A para B para a produção de café, na Bacia dos Rios Sorocaba e Médio Tietê.....	66
FIGURA 8 - Curva de oferta de serviços ambientais da produção de café na Bacia dos Rios Sorocaba e Médio Tietê.....	67
FIGURA 9 - Análise de sensibilidade para três valores de correlação entre a prática A e B da produção de café na Bacia dos Rios Sorocaba e Médio Tietê. ....	68
FIGURA 10 - Função densidade de probabilidade do custo de mudança de práticas A para B para a produção de milho, na Bacia dos Rios Sorocaba e Médio Tietê. ....	69
FIGURA 11 - Curva de oferta de serviços ambientais da produção de milho na Bacia dos Rios Sorocaba e Médio Tietê. ....	70
FIGURA 12 - Análise de sensibilidade para três valores de correlação entre a prática A e B da produção de milho na Bacia dos Rios Sorocaba e Médio Tietê. ....	71
FIGURA 13 - Função densidade de probabilidade do custo de mudança de práticas A para B para a produção de feijão, na Bacia dos Rios Sorocaba e Médio Tietê. ....	72
FIGURA 14 - Curva de oferta de serviços ambientais da produção de feijão na Bacia dos Rios Sorocaba e Médio Tietê. ....	73
FIGURA 15 - Análise de sensibilidade para três valores de correlação entre a prática A e B da produção de feijão na Bacia dos Rios Sorocaba e Médio Tietê. ....	74
FIGURA 16 - Função densidade de probabilidade do custo de mudança de práticas A para B para a produção de laranja, na Bacia dos Rios Sorocaba e Médio Tietê. ....	75
FIGURA 17 - Curva de oferta de serviços ambientais da produção de laranja na Bacia dos Rios Sorocaba e Médio Tietê. ....	76

FIGURA 18 - Análise de sensibilidade para três valores de correlação entre a prática A e B da produção de laranja na Bacia dos Rios Sorocaba e Médio Tietê. ....	77
FIGURA 19 - Função densidade de probabilidade do custo de mudança de práticas A para B para a produção de tomate, na Bacia dos Rios Sorocaba e Médio Tietê. ....	78
FIGURA 20 - Curva de oferta de serviços ambientais da produção de laranja na Bacia dos Rios Sorocaba e Médio Tietê. ....	79
FIGURA 21 - Análise de sensibilidade para três valores de correlação entre a prática A e B da produção de tomate na Bacia dos Rios Sorocaba e Médio Tietê. ....	80
FIGURA 22 - Função densidade de probabilidade do custo de mudança de práticas A para B para a produção de cebola, na Bacia dos Rios Sorocaba e Médio Tietê. ....	81
FIGURA 23 - Curva de oferta de serviços ambientais da produção de cebola na Bacia dos Rios Sorocaba e Médio Tietê. ....	82
FIGURA 24 - Análise de sensibilidade para três valores de correlação entre a prática A e B da produção de cebola na Bacia dos Rios Sorocaba e Médio Tietê. ....	83
FIGURA 25 - Função densidade de probabilidade do custo de mudança de práticas A para B para a produção de batata, na Bacia dos Rios Sorocaba e Médio Tietê. ....	84
FIGURA 26 - Curva de oferta de serviços ambientais da produção de batata na Bacia dos Rios Sorocaba e Médio Tietê. ....	85
FIGURA 27 - Análise de sensibilidade para três valores de correlação entre a prática A e B da produção de batata na Bacia dos Rios Sorocaba e Médio Tietê. ....	86
FIGURA 28 - Função densidade de probabilidade do custo de mudança de práticas A para B para a produção de uva, na Bacia dos Rios Sorocaba e Médio Tietê. ....	87
FIGURA 29 - Curva de oferta de serviços ambientais da produção de uva na Bacia dos Rios Sorocaba e Médio Tietê. ....	88
FIGURA 30 - Análise de sensibilidade para três valores de correlação entre a prática A e B da produção de uva na Bacia dos Rios Sorocaba e Médio Tietê. ....	89
FIGURA 31 - Função densidade de probabilidade do custo de mudança de práticas A para B para a cultura do arroz, na Bacia dos Rios Sorocaba e Médio Tietê. ....	90
FIGURA 32 - Curva de oferta de serviços ambientais para a produção de arroz na Bacia dos Rios Sorocaba e Médio Tietê. ....	91
FIGURA 33 - Análise de sensibilidade para três valores de correlação entre a prática A e B para a cultura do arroz na Bacia dos Rios Sorocaba e Médio Tietê. ....	92
FIGURA 34 - Função densidade de probabilidade do custo de mudança de práticas A para B para a cultura de cana-de-açúcar, na Bacia dos Rios Sorocaba e Médio Tietê. ...	93

FIGURA 35 - Curva de oferta de serviços ambientais da cultura de cana-de-açúcar na Bacia dos Rios Sorocaba e Médio Tietê.....	94
FIGURA 36 - Análise de sensibilidade para três valores de correlação entre a prática A e B da cultura da cana-de-açúcar na Bacia dos Rios Sorocaba e Médio Tietê.....	95
FIGURA 37 - Função densidade de probabilidade do custo de mudança de práticas A para B para a cultura da mandioca, na Bacia dos Rios Sorocaba e Médio Tietê. ....	96
FIGURA 38 - Curva de oferta de serviços ambientais da cultura da mandioca na Bacia dos Rios Sorocaba e Médio Tietê.....	97
FIGURA 39 - Análise de sensibilidade para três valores de correlação entre a prática A e B da cultura de mandioca na Bacia dos Rios Sorocaba e Médio Tietê. ....	98

<b>LISTA DE QUADROS</b>
-------------------------

QUADRO 1 - Classificação dos serviços ambientais. ....	18
QUADRO 2 - Serviços ambientais provindos de florestas .....	19
QUADRO 3 - Municípios que compõem as sub-bacias da Bacia dos Rios Sorocaba e Médio Tietê. ....	23
QUADRO 4 - Classificação do Valor Econômico Total.....	36
QUADRO 5 - Métodos de valoração econômica e exemplos de aplicação. ....	38
QUADRO 6 - Classificação das práticas A e B. ....	56
QUADRO 7 - Fonte de dados para cálculo dos rendimentos para as principais culturas da Bacia. ....	58
QUADRO 8 - Classificação dos municípios das Bacias em tipo (A) e tipo (B).....	64

<b>LISTA DE TABELAS</b>
-------------------------

TABELA 1 - Utilização mundial de água por setor (2003). .....	13
TABELA 2 - Demandas de água da irrigação nas sub-bacias da UGRH-10. ....	24
TABELA 3 - Principais culturas da Bacia e respectivas áreas plantadas (2010).....	55
TABELA 4 - Área, em hectares, das propriedades rurais e de mata nos municípios da Bacia Hidrográfica dos Rios Sorocaba e Médio Tietê. ....	62
TABELA 5 – Área rural e área de mata em hectares e proporção de área rural e mata em relação à área total das sub-bacias.....	63
TABELA 6 - Média, variância e desvio padrão dos rendimentos (R\$/ha) de cada cultura. ....	65
TABELA 7 - Resultados estimados da oferta inicial de serviços ambientais, PSA baseado no custo de oportunidade para a mudança de práticas para as culturas analisadas na Bacia dos Rios Sorocaba e Médio Tietê.....	99

### **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ANA	Agência Nacional das Águas
APA	Área de Preservação Ambiental
APP	Área de Preservação Permanente
CEPEA	Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada
DAP	Disposição a Pagar
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEA	Instituto de Economia Agrícola
IGP-DI	Índice Geral de Preços – Disponibilidade Interna
LUPA	Levantamento de Unidades de Produção Agropecuária
MMA	Ministério do Meio Ambiente
PSA	Pagamento por Serviços Ambientais
RL	Reserva Legal
VC	Valoração Contingente
VET	Valor Econômico Total

## Sumário

1 INTRODUÇÃO.....	13
1.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA E JUSTIFICATIVA DA PESQUISA.....	13
1.2 OBJETIVOS.....	17
1.4 CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO DE ESTUDO.....	20
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	26
2.2 ESTUDOS SOBRE VALORAÇÃO DOS SERVIÇOS AMBIENTAIS .....	35
3 METODOLOGIA.....	47
3.1 MODELO DE OFERTA DE SERVIÇOS AMBIENTAIS NA AGRICULTURA .	47
3.2 ESTRATÉGIA DE ESTIMAÇÃO DO MODELO .....	54
3.2.1 Atividades agrícolas predominantes na Bacia .....	54
4 RESULTADOS .....	61
4.1 ANÁLISE DA REGIÃO .....	61
4.2 CAFÉ.....	66
4.3 MILHO .....	69
4.4 FEIJÃO.....	72
4.5 LARANJA.....	75
4.6 TOMATE .....	77
4.7 CEBOLA .....	81
4.8 BATATA.....	84
4.9 UVA .....	86
4.10 ARROZ.....	89
4.11 CANA-DE-AÇÚCAR .....	92
4.12 MANDIOCA .....	95
5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....	99
REFERÊNCIAS .....	107

## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA E JUSTIFICATIVA DA PESQUISA

O aumento populacional e o crescimento econômico mundial vêm provocando a redução e até escassez de alguns recursos naturais. A utilização inadequada e a exploração desenfreada destes recursos são as principais causas dos problemas ambientais que ganham cada vez mais importância nas questões políticas mundiais. Exemplo destes problemas ambientais é a escassez de água em várias regiões do mundo, em função da distribuição irregular e da poluição do recurso, gerando até mesmo conflitos entre as populações. O desmatamento é outro problema mundial que afeta a qualidade do ar e a regulação do clima, além de reduzir a proteção do solo e prejudicar os mananciais que abastecem a população, principalmente por causa da eliminação das matas ciliares.

Os recursos hídricos são de extrema importância para a o abastecimento urbano e ainda para o setor agropecuário, principalmente para a irrigação da produção agrícola. Além disso, a agricultura é o setor que demanda a maior quantidade de água no mundo (70%) (TAB. 1), principalmente em regiões onde os países são caracterizados pela economia agrícola. Em regiões como Europa e América do Norte, como na maioria dos países desenvolvidos, a indústria é responsável por grande demanda de água.

TABELA 1 - Utilização mundial de água por setor (2003).

	<b>Doméstico</b>	<b>Indústria</b>	<b>Agricultura</b>
	<b>(%)</b>	<b>(%)</b>	<b>(%)</b>
África	10	4	86
América	16	35	49
América do Norte	15	43	43
América Central e Caribe	26	11	64
América do Sul	19	13	68
Ásia	9	9	82
Europa	16	55	29
Oceania	17	10	73
<b>Mundo</b>	<b>11</b>	<b>19</b>	<b>70</b>

Fonte: FAO's INFORMATION SYSTEM ON WATER AND AGRICULTURE - AQUASTAT (2011).

Em relação ao Brasil, sua extensão geográfica apresenta distintas situações para a disponibilidade de água entre as regiões. A região Nordeste apresenta situações mais agravantes pela escassez de água, principalmente no semiárido. As regiões Sul e Sudeste apresentam relativa abundância de recursos hídricos, porém grande parte está comprometida pela poluição e, no período da seca sofrem com o racionamento de água. O Centro-Oeste é uma região com grande disponibilidade hídrica, no entanto, a existência de dois importantes ecossistemas, Pantanal e Amazônia, exigem uma atenção maior para a região (RAMOS, 2007) em termos de conservação, de maneira que o uso da água não afete a vulnerabilidade desses ecossistemas.

Em razão de sua economia agrícola, a maior demanda de água no Brasil ocorre no setor agropecuário, principalmente para irrigação (69%) e pecuária (12%) (AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS - ANA, 2009). Assim, a preservação da água é importante não só para o abastecimento da população, mas também para o desenvolvimento da economia brasileira.

No entanto, apesar da importância da preservação da água tem-se observado em todo território nacional grave degradação ambiental de mananciais provocada pelo mau uso da terra e pela excessiva ocupação populacional. A contaminação da água pode ocorrer de muitas formas, nas atividades agrícolas, por exemplo, com a pulverização de pesticidas e aplicação de fertilizantes na lavoura e mesmo as fezes de animais que são transportadas para os rios. A situação se agrava com a destruição das matas ciliares, acelerando o transporte de contaminantes para os corpos d'água (GONÇALVES et al. (2005). Além disso, a poluição das águas ocorre ainda com a descarga direta de efluentes domésticos e industriais das zonas urbanas nos rios (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB, 2010).

Outro agravante é a sedimentação, também provocada pelo uso inadequado do solo e da ausência de cobertura vegetal nas margens dos mananciais, intensificando a erosão do solo, devido à maior exposição deste aos fenômenos ambientais naturais como chuvas, enxurradas, ventos etc. Além de causar perdas que podem se tornar irreversíveis nas propriedades rurais, a erosão também gera externalidades negativas quando os sedimentos são carregados para as águas, afetando aqueles que vivem ao longo dos mananciais.

O equilíbrio da oferta dos recursos hídricos está relacionado com a recomposição e ou manutenção das Áreas de Preservação Permanente, especialmente as

matas ciliares e adoção de técnicas de produção conservacionistas que reduzem a sedimentação do solo e o transporte de resíduos de pesticidas e de fertilizantes para o leito dos rios.

Entretanto, um dos fatores que pode impedir os produtores rurais de investirem em um manejo adequado, em práticas conservacionistas ou na recomposição das matas é a sua condição financeira. Essa realidade pode ser observada principalmente entre os pequenos produtores que não dispõem de capital suficiente para se adequar aos modelos de produção ambientalmente corretos. Além disso, outros fatores, como a perda de área produtiva, perda da renda, custo com mão de obra e a falta de reconhecimento da sociedade pelos benefícios da preservação ambiental, especialmente das florestas, apresentam-se como entraves à adequação ambiental pelos produtores rurais (KAWAICHI; MIRANDA, 2009).

Nesse sentido, define-se o problema de pesquisa do presente trabalho com a seguinte questão: como incentivar os produtores rurais a aumentar a oferta de serviços ambientais, em especial aqueles relacionados aos recursos hídricos?

Existem medidas que podem vir a amenizar a dificuldade por parte dos pequenos produtores em adotar técnicas de produção conservacionistas. Tratam-se de instrumentos de incentivo, como é o caso do Pagamento por Serviços Ambientais – PSA, que é uma ferramenta de compensação para aqueles que contribuem para a produção de serviços ambientais. Como exemplo, os produtores rurais que adotam técnicas de produção que reduzem a sedimentação ou realizam recomposição de Áreas de Preservação Permanente – APP – estão, de alguma forma, contribuindo para a oferta de serviços ambientais, sejam estes, a regulação do clima, do solo e dos recursos hidrológicos, a biodiversidade, entre outros serviços que contribuem para o aumento do bem estar social.

Segundo a Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO (2004), a América Latina apresenta vários exemplos de programas de PSA com objetivo de proteção dos recursos hídricos, seja para melhorar a qualidade da água para consumo nas áreas urbanas ou para geração de energia elétrica, porém, existem ainda poucos estudos que abordam a valoração econômica dos serviços ambientais. A literatura brasileira ainda apresenta trabalhos incipientes relacionados a este tema e as fontes de dados para a realização de pesquisas são limitadas quase que exclusivamente a

levantamentos primários, uma vez que tal análise necessita de uma série de dados detalhados de caráter técnico e econômico, indisponíveis para consulta pública.

Atualmente, os valores de PSA no Brasil são estipulados, em sua maioria, com base no valor do arrendamento da terra em cada região. Dessa forma, é de grande importância um estudo que calcule a estimativa do PSA, considerando que os custos de produção dos produtores rurais diferem de acordo com o tipo de cultura, área e até mesmo região do país. Assim, a estimativa de um PSA condizente com a realidade financeira dos produtores rurais poderia representar um incentivo maior para que estes optem pela preservação dos serviços ambientais.

Este trabalho aborda a oferta de serviços ambientais, com foco nos recursos hidrológicos, para a região da Bacia Hidrográfica dos Rios Sorocaba e Médio Tietê, estabelecida em lei como “Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos - UGRH – Tietê/Sorocaba”. A região de estudo foi definida em razão da situação vulnerável em que se encontram os recursos hidrológicos, principalmente com a falta de cobertura vegetal na maior parte da Bacia, o que pode levar à região uma alternativa para alterar esse quadro a partir de um estudo para incentivo ao aumento da cobertura florestal. Além disso, tem-se conhecimento da implementação, já em andamento, de um programa de PSA em uma de suas sub-bacias, o Alto Sorocaba, especificamente no município de Ibiúna. Essa iniciativa mostra que a Bacia possui apoio local para implementação de projetos de PSA, importante fator que contribui positivamente para a implantação de políticas públicas que visam à preservação dos serviços ambientais.

A preservação dos serviços hidrológicos nessa Bacia traria benefícios tanto para a população urbana quanto para os produtores rurais em relação à qualidade e disponibilidade da água, o equilíbrio do ecossistema além de benefícios visando o lazer da população. Além disso, as práticas sustentáveis para preservação dos mananciais promovem diversas outras melhorias ambientais que se refletem no bem-estar da população.

Dessa forma, admite-se que a cobertura florestal da Bacia poderá ser restaurada, para fins de preservação dos recursos hidrológicos, mediante um incentivo financeiro, objeto de estudo deste trabalho, para estimação de um pagamento que compense os custos dos ofertantes do serviço ambiental.

Os resultados deste estudo poderão servir ainda de referência para a implantação de um programa de PSA na região de estudo, bem como em outras regiões do Brasil.

## 1.2 OBJETIVOS

O principal objetivo deste trabalho é estimar a oferta de serviços ambientais na Bacia Hidrográfica dos Rios Sorocaba e Médio Tietê, obtendo ainda o valor correspondente para o PSA em compensação às práticas de preservação para melhoria da qualidade e disponibilidade dos recursos hídricos existentes na Bacia.

Dessa forma, os objetivos específicos do presente trabalho são:

- a) Estimar a oferta de serviços ambientais na Bacia Hidrográfica dos Rios Sorocaba e Médio Tietê;
- b) Estimar o valor do pagamento por serviço ambiental como incentivo à preservação das áreas de matas e florestas e, conseqüentemente, proteção dos recursos hídricos na Bacia.

## 1.3 CARACTERIZAÇÃO DO SERVIÇO AMBIENTAL

Os serviços ambientais, segundo Rojas e Aylward (2005), referem-se aos sistemas naturais que oferecem um fluxo contínuo de bens e serviços à sociedade.

Pagiola e Platais (2002) afirmam que os serviços ambientais podem envolver os benefícios hidrológicos, a prevenção de desastres, a conservação da biodiversidade e o sequestro de carbono. Constanza et al. (1997) classificam os serviços ambientais, ou serviços ecossistêmicos, como fluxos de materiais, energia e informação provenientes de estoques de capital natural que, quando combinados com os serviços do capital humano, geram bem-estar à sociedade. Dessa forma, os serviços ambientais representam todos os benefícios que a sociedade recebe dos ecossistemas, os quais podem ser diretos, como a produção de alimentos, ou indiretos, como o equilíbrio climático, a purificação da água, etc. (FAO, 2010).

Os serviços ambientais são produzidos a partir de diversas interações no ecossistema, sejam eles marinhos (oceanos, costas) ou terrestres (florestas, mangues, lagos, rios, desertos, áreas de cultivo, etc.) (SEEHUSEN; PREM, 2011). Segundo a Avaliação Ecossistêmica do Milênio (MILLENIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT - MA, 2005), os serviços ambientais podem ser divididos em quatro categorias, como mostra o QUADRO 1:

Serviços de provisão	Provisão de bens como alimentos, água, madeira, fibras;
Serviços reguladores	Processos naturais que regulam o meio ambiente e proporcionam o bem-estar da população, como a regulação do clima, controle das inundações e de doenças, regulação de resíduos e da qualidade da água;
Serviços culturais	Benefícios proporcionados pelos ecossistemas como recreação, benefícios estéticos, visuais e espirituais;
Serviços de suporte	Processos naturais que oferecem suporte para a existência de outros serviços como a formação do solo, a fotossíntese, o ciclo de nutrientes, etc.

QUADRO 1 - Classificação dos serviços ambientais.

Fonte: Adaptado de MA (2005).

Os serviços ambientais podem incluir tanto os serviços produzidos pelos ecossistemas naturais como aqueles produzidos em ecossistemas em que o homem realiza o manejo (SEEHUSEN e PREM, 2011). A preservação desses ecossistemas ajuda a garantir a provisão dos serviços ambientais necessários à sobrevivência humana. As florestas, a exemplo, representam um importante ecossistema, cuja provisão abrange uma série de serviços ambientais. O QUADRO 2 apresenta alguns dos serviços proporcionados pelas florestas:

Biodiversidade	Proporciona serviços de provisão, reguladores, culturais e de suporte;
Armazenamento e sequestro de carbono	Por meio da fotossíntese, as plantas absorvem o carbono da atmosfera fazendo com que as florestas consigam armazenar o carbono sequestrado da atmosfera.
Serviços hidrológicos	As florestas ajudam a manter a regulação dos fluxos hídricos e a qualidade da água. As matas ciliares reduzem a sedimentação, riscos de inundações e deslizamentos.
Beleza cênica	As paisagens naturais proporcionam lazer e recreação à população e incentivam o turismo nestes ecossistemas.
Serviços culturais	Os ecossistemas proveem serviços que podem servir de

Serviços culturais	inspiração para cultura, arte e experiências espirituais. Algumas populações, como as indígenas, quilombolas, possuem sua cultura associada aos serviços oferecidos pelos ecossistemas.
--------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## QUADRO 2 - Serviços ambientais providos de florestas

Fonte: Adaptado de Seehusen e Prem (2011)

Este estudo se concentra na valoração dos serviços hidrológicos, tendo como serviço ambiental em foco a água, cuja quantidade e qualidade estão relacionadas à área de matas e florestas<sup>1</sup> existente na Bacia. Assim, a área de matas e florestas é considerada como *proxy* para a oferta de serviços hidrológicos da região.

É importante entender que, além da cobertura florestal, outras práticas agropecuárias também podem alterar os serviços hidrológicos das bacias hidrográficas a partir das más condições de uso do solo e do baixo nível tecnológico da agricultura, os quais facilitam a compactação e erosão dos solos, prejudicando os processos hidrológicos importantes, tais como a filtração, escoamento de contaminantes e evapotranspiração (PÉREZ et al., 2002). Dessa forma, o custo de utilização da água vai se tornando cada vez mais alto em razão da necessidade de investimentos para recuperação de sua qualidade, o que afeta, em maior intensidade, as populações mais pobres (ENGEL, PAGIOLA e WUNDER, 2008).

Entretanto, apesar da grande extensão de atividades que podem contribuir para a preservação dos recursos hidrológicos, este estudo abordará apenas os benefícios de umas das práticas de manejo, que é a preservação da cobertura florestal. O serviço ambiental em foco neste estudo são os serviços hidrológicos proporcionados pela conservação das florestas, no entanto, de acordo com a classificação do QUADRO 2, sabe-se que as florestas proporcionam, além dos serviços hidrológicos, a regulação do ar, serviços culturais e beleza cênica, as quais não serão foco neste estudo.

Nesse sentido, a existência de matas, especialmente a mata ciliar, proporciona, além dos benefícios hidrológicos como evitar erosão e assoreamento dos rios e manter

<sup>1</sup> Classificação IBGE: “Utilização das terras - Matas e/ou florestas - naturais destinadas à preservação permanente ou reserva legal”.

os reservatórios subterrâneos, o impedimento da desertificação (SISTEMA INTEGRADO DE GESTÃO AMBIENTAL - SIGAM, 2011). Portanto, a extensão da área de mata ciliar existente na propriedade rural pode ser usada como *proxy* para a oferta de serviços ambientais relativos à regulação dos serviços hidrológicos.

Atualmente, a legislação ambiental brasileira, por meio do Código Florestal (LEI FEDERAL n.º 4.771/65) determina a obrigatoriedade da existência de Áreas de Preservação Permanente – APP e das Reservas Legais – RL. Essas áreas ajudam na manutenção e equilíbrio da oferta de recursos hídricos, tanto subterrâneos quanto superficiais. As matas ciliares, por exemplo, as quais constituem uma APP, protegem os cursos d'água (rios, lagos, nascentes, etc.), evitando a sedimentação e o escoamento de resíduos da produção agrícola para as águas.

Dessa forma, o manejo adequado do solo permite reduzir a sedimentação e os resíduos, evitando uma poluição difusa, ou seja, que se distribui ao longo dos mananciais, tornando o monitoramento desse tipo de poluição um processo custoso. Isto porque o montante de poluentes que se dispersa ao longo do rio depende de fatores como distância, clima, declividade, vegetação, componentes químicos despejados na água, dentre outros fatores que dificultam a mensuração da poluição difusa (RIBAUDO; HORAN; SMITH, 1999). Nesse sentido, a adoção de um manejo adequado, pode contribuir para a redução deste tipo de poluição e melhoria da qualidade dos mananciais.

#### 1.4 CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO DE ESTUDO

A região de estudo da pesquisa compreende a Bacia Hidrográfica dos Rios Sorocaba e Médio Tietê, cuja localização é o centro-sudeste do Estado de São Paulo, conforme mostra a FIG. 1.



FIGURA 1- Bacias Hidrográficas do Estado de São Paulo

Fonte: REDE DAS ÁGUAS (2005).

A Bacia está dividida em seis sub-bacias, sendo que três delas possuem drenagem para o Rio Tietê e as outras três fazem parte da Bacia do Rio Sorocaba (INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS - IPT, 2008). É composta por 34 municípios com sede na Bacia e porções de alguns municípios que possuem sede em outras Bacias (FIG. 2).

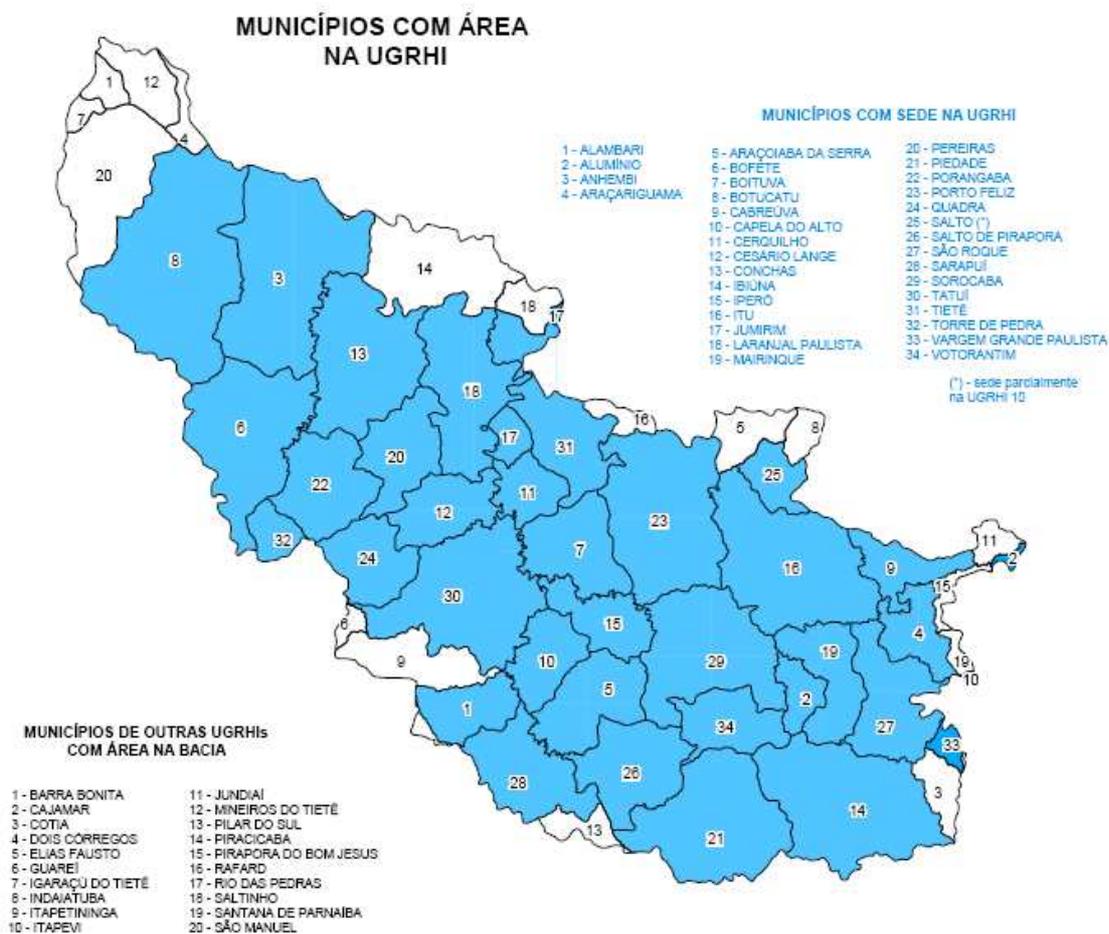


FIGURA 2 - Municípios que compõem a Bacia Hidrográfica dos Rios Sorocaba e Médio Tietê.

Fonte: IPT (2008).

A FIG. 3 mostra a divisão das sub-bacias e o QUADRO 3 mostra os municípios e respectivas áreas que compõem as sub-bacias.



FIGURA 3 - As sub-bacias que compõem a Bacia Hidrográfica dos Rios Sorocaba e Médio Tietê.

Fonte: IPT (2008).

	<b>Nome</b>	<b>Área (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Municípios</b>
1	Médio Tietê Inferior	4.141,332	Anhembi, Bofete, Botucatu, Conchas, Pereiras, Porangaba, Torre de Pedra.
2	Médio Tietê Médio	1025,181	Boituva, Cerquilha, Jumirim, Porto Feliz, Tietê.
3	Baixo Sorocaba	3.136,384	Alambari, Capela do Alto, Cesário Lange, Laranjal Paulista, Piedade, Quadra, Salto de Pirapora, Sarapuí, Tatuí.
4	Médio Sorocaba	1.212,364	Alumínio, Araçoiaba da Serra, Iperó, Mairinque, Sorocaba, Votorantim.
5	Médio Tietê Superior	1.388,065	Araçariguama, Cabreúva, Itu, São Roque, Salto.
6	Alto Sorocaba	924,498	Ibiúna, Vargem Grande Paulista.
Total		11.827,824	

QUADRO 3 - Municípios que compõem as sub-bacias da Bacia dos Rios Sorocaba e Médio Tietê.

Fonte: IPT (2008).

A Bacia possui importantes fontes de abastecimento superficiais como é o caso da microbacia do Ribeirão Murundú, localizada na Bacia do Rio Sorocaba, o qual constitui um importante afluente do Rio Sorocaba e componente da Área de Proteção Ambiental – APA - da represa de Itupararanga, principal manancial de abastecimento público da região e que tem como maior consumidor o município de Sorocaba (TONELLO; FARIA, 2009).

Segundo Tonello e Faria (2009), o uso e ocupação do solo na represa de Itupararanga têm promovido sérios riscos ambientais, principalmente pelas práticas agrícolas próximas aos corpos d'água sem observância do Código Florestal e sem preocupação com a conservação do solo. Outro problema ambiental da região é a concentração populacional, promovida pela ocupação intensa por chácaras e condomínios de alto padrão, na margem esquerda da represa, no município de Ibiúna, a qual possui uma economia baseada na agricultura e no turismo (TONELLO; FARIA, 2009).

Em termos de demanda de água na Bacia, considerando a demanda de águas superficiais e subterrâneas, as maiores demandas para irrigação ocorrem nas sub-bacias Baixo Sorocaba, Alto Sorocaba e Médio Tietê Inferior, conforme mostra a TAB. 2.

TABELA 2 - Demandas de água da irrigação nas sub-bacias da UGRH-10.

SUB-BACIA		Demanda de água para irrigação (m <sup>3</sup> /s)
Número	Nome	
1	Médio Tietê Inferior	2,02
2	Médio Tietê Médio	0,69
3	Baixo Sorocaba	4,56
4	Médio Sorocaba	0,48
5	Médio Tietê Superior	1,41
6	Alto Sorocaba	2,52
<b>Demanda total</b>		<b>11,66</b>

Fonte: IPT (2008).

Em termos de cobertura vegetal, é importante ressaltar que esta se apresenta deficitária, chegando a um nível de 80% a 95% de déficit nas APPs, para a maioria das sub-bacias (IPT, 2008). De maneira similar, as Reservas Legais – RLs - também alcançam de 25% a 90% de déficit nas sub-bacias, com exceção da sub-bacia Alto

Sorocaba, a qual se encontra dentro dos parâmetros de cobertura exigida em lei (IPT,2008). Essa deficiência na cobertura vegetal leva ao agravamento dos processos erosivos na Bacia que, segundo dados do IPT (2008), mostram que as sub-bacias Médio Tietê Inferior, Alto Sorocaba e partes das sub-bacias Baixo Sorocaba, Médio Sorocaba e Médio Tietê Superior são as que apresentam maior suscetibilidade à erosão.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Diversos países adotam políticas ambientais direcionadas para a preservação dos recursos hídricos. Essas políticas ambientais podem ser de dois tipos: instrumentos de comando e controle ou instrumentos econômicos, cabendo a cada país a escolha dos instrumentos mais apropriados segundo as decisões dos respectivos órgãos públicos responsáveis.

No Brasil, o Ministério do Meio Ambiente – MMA – é o órgão responsável pela implementação das políticas ambientais mediante editais e chamadas públicas devidamente amparadas pela legislação ambiental.

O primeiro tipo de instrumento a ser adotado pelos países foi o comando e controle que, segundo Margulis (1996), caracteriza-se por um conjunto de normas, regras, procedimentos e padrões que devem ser obedecidos pelos agentes econômicos para adequação a certas metas ambientais, acompanhado de um conjunto de penalidades previstas para os recalcitrantes. Estes instrumentos classificam-se em licenças ambientais, zoneamentos e padrões. As licenças são utilizadas pelos órgãos ambientais na permissão da instalação de projetos e atividades que geram impactos ambientais consideráveis. O zoneamento é um instrumento utilizado pelo governo para delimitar uma área adequada a certo tipo de atividade. Por fim, os padrões são utilizados para determinar um tipo de qualidade ambiental, limites de emissão de poluentes, o uso de tecnologia etc., determinado pelo órgão ambiental responsável.

Em geral, os instrumentos de comando e controle são implementados pelos governos de maneira impositiva, como forma de controlar a poluição e punir aqueles que descumprem as medidas de controle estipuladas. Por ser uma imposição e, dessa forma, os agentes serem obrigados a se adequarem, esse instrumento é menos flexível, pois penaliza aqueles que não cumprem as exigências recomendadas, demandando alto custo do governo para a fiscalização.

Atualmente, com o surgimento dos instrumentos econômicos ou de incentivo, com características mais flexíveis, muitos países têm adotado ambos os instrumentos de maneira conjunta, em busca de maior eficiência para a preservação dos serviços ambientais.

## 2.1 INSTRUMENTOS ECONÔMICOS OU DE INCENTIVO E A PRESERVAÇÃO DOS SERVIÇOS AMBIENTAIS

Os instrumentos econômicos diferem dos instrumentos de comando e controle, pois oferecem estímulos financeiros para que os agentes atuem na preservação ambiental. Existem inúmeras vantagens na utilização dos instrumentos econômicos sobre os do tipo comando e controle, uma delas são os menores custos sociais relacionados à adequação (incentivam maior redução do nível de poluição dos usuários que enfrentam custos menores para realizar estas reduções), já que as empresas têm maior flexibilidade para controlar suas emissões, inovação de tecnologia e receita (MARGULIS, 1996).

Outra diferença dos instrumentos econômicos em relação aos de comando e controle é a busca pela participação dos agentes poluidores mediante algum incentivo de caráter econômico, tais como isenção fiscal, subsídios, assistência técnica. Estes incentivos geralmente têm como fonte financiadora o Governo, mas, em alguns casos, as entidades privadas interessadas na preservação dos serviços ambientais, também se tornam financiadores, por exemplo, de projetos de PSA, assim como ONGs que atuam na preservação ambiental.

O PSA é um instrumento econômico que vem ganhando destaque dentro das políticas ambientais como forma de incentivo à preservação dos serviços ambientais, dentre eles, os serviços proporcionados pela manutenção dos recursos hídricos. Este instrumento oferece um incentivo econômico, na forma de subsídio, para aqueles que trabalham com a preservação dos recursos naturais de maneira a estimular a oferta dos serviços ambientais (FAO, 2010).

Outra vantagem do PSA relaciona-se à redução dos altos gastos públicos com fiscalização, já que os incentivos promovem a auto regulação dos próprios agentes poluidores e permitem flexibilidade para que pequenos, médios e grandes produtores rurais se ajustem às condições ambientais adequadas de acordo com suas necessidades, oferecendo remuneração e recompensa àqueles que protegem e promovem os serviços ambientais (ECHAVARRIA, 2004).

Dessa forma, pode-se entender o PSA como um instrumento econômico que tem como objetivo compensar os agentes que contribuem para a preservação dos serviços ambientais. Para Kaechele (2007), a escassez dos serviços ambientais provocada pela

exploração excessiva dos recursos naturais proporciona um valor econômico para tais serviços. Dessa forma, os usuários dos serviços ambientais podem compensar economicamente aqueles que detêm os seus direitos de propriedade, em troca de sua preservação. Ainda segundo a mesma autora, no “mercado de serviços ambientais” o preço justo é determinado pela oferta e demanda, de maneira competitiva, sendo a valoração medida pelo custo de oportunidade.

Ademais, a maioria dos serviços ambientais é considerada bem público, tais como o ar puro, a biodiversidade e, desta forma, é necessária a intervenção do governo para criar incentivos para a sua preservação (ANTLE e VALDIVIA, 2006). Caso contrário, as falhas de mercado podem levar ao desequilíbrio ambiental, com a exploração do capital natural acima do nível socialmente ótimo (ENGEL, PAGIOLA e WUNDER, 2008).

O PSA é adotado de maneira a corrigir as falhas de mercado, em decorrência da natureza de bem público dos serviços ambientais, cuja utilização gera externalidades negativas que implicam na redução dos benefícios proporcionados pelos serviços ambientais, a médio e longo prazo, e perda do bem-estar social (ENGEL, PAGIOLA e WUNDER, 2008). Nesse sentido, a poluição das águas, do ar e a escassez de alguns recursos naturais, entre outros, são exemplos de externalidades negativas que reduzem o bem-estar da sociedade. O PSA agiria, portanto, melhorando a alocação eficiente dos recursos naturais, proporcionando o equilíbrio da oferta de serviços.

É importante atentar para o fato de que a água é classificada como um bem semi-público, pois embora apresente características de bem privado (rivalidade no consumo faz com que o consumo por parte de um indivíduo diminua a disponibilidade do recurso para outros indivíduos), este deve ser tratado como um bem público. Isso porque, apesar da possibilidade de exploração do recurso pelo setor privado, a água é um bem escasso e fundamental para o equilíbrio dos ecossistemas (HOJDA, 2005). Dessa forma, a intervenção do setor público na gestão do recurso e dos serviços ambientais por este proporcionados, por meio de instrumentos econômicos como o PSA, pode promover maiores benefícios à sociedade. Segundo Hojda (2005), a água, como um bem semi-público, poderia ser gerida pelo setor público, pois se trata de um recurso extremamente essencial à vida. No entanto, por ser um recurso que está sujeito à escassez, possui características de um bem privado (exclusão e rivalidade), neste caso, o usufruto mediante um pagamento (outorga da água) pode excluir aqueles que não podem pagar

pelo uso da água. Além disso, as externalidade negativas geradas pelo uso da água (poluição) não atingem apenas aqueles que usufruem do recurso, mas sim toda a sociedade. Dessa forma, a gestão dos recursos hídricos deve buscar não só resultados econômicos, mas também o bem estar da sociedade. Sabe-se que o aumento da demanda e da degradação dos recursos hídricos gera um custo social que precisa ser dividido entre toda a sociedade de uma forma que os custos sejam compartilhados de maneira justa por todos (HOJDA, 2005).

Hojda (2005) ainda defende a aplicação da cobrança pela água nas Bacias Hidrográficas, como forma de conscientizar a sociedade quanto ao uso dos recursos hídricos e viabilizar projetos de gestão nas Bacias visando a melhoria dos recursos.

Para Pérez et al. (2002) o PSA é um mecanismo de mercado para recompensar os produtores pelas externalidades positivas que geram, mediante o uso adequado da terra para manter ou melhorar a oferta de serviços ambientais. Assim, em vez de se tornar mais pobres pelas proibições e punições, os produtores receberão um pagamento que lhes permitirá produzir e ofertar os serviços ambientais.

Pagiola e Platais (2002) e Wunder (2005), definem o PSA como um mecanismo voluntário onde aqueles que se beneficiam do serviço ambiental, os usuários, pagam aos provedores para que estes possam assegurar a provisão dos serviços. Ou seja, trata-se de uma situação de condicionalidade, em que os usuários do serviço ambiental financiam o pagamento aos provedores somente se estes assegurarem a provisão adequada dos serviços.

Dessa forma, a fundamentação teórica do PSA é baseada no princípio do “usuário-pagador”. O significado dessa definição é que um programa de PSA pode ter como financiadores os próprios usuários dos serviços ambientais e, em outros casos, o Governo, que atua como intermediário dos usuários diretos dos serviços ambientais (ENGEL, PAGIOLA e WUNDER, 2008). Um exemplo de usuário-pagador é um programa de PSA em que uma companhia de energia hidrelétrica remunera produtores rurais para conservar a oferta de água na bacia hidrográfica a fim de assegurar a produção de energia elétrica (ENGEL, PAGIOLA e WUNDER, 2008).

Segundo Pagiola e Platais (2002) a estrutura organizacional do sistema de PSA consiste no esquema ilustrado pela FIG. 4.

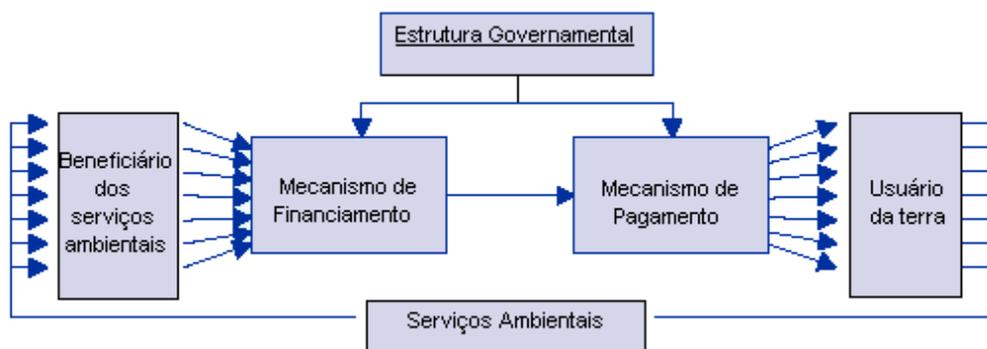


FIGURA 4 - Esquematização do sistema de Pagamentos por Serviços Ambientais.

Fonte: Pagiola e Platais (2002).

De maneira geral, pode-se entender o PSA como um mecanismo no qual aqueles que se beneficiam dos serviços ambientais são incentivados a pagar pela manutenção destes, seguindo seus próprios interesses de melhoria do bem-estar. Isso gera um meio de financiamento para remuneração aos agentes que são responsáveis pelas práticas de manejo adequado visando a preservação dos serviços ambientais, neste caso, os responsáveis pela exploração da terra.

Seguindo a lógica do usuário-pagador, os potenciais financiadores dos serviços hidrológicos são: as hidrelétricas, as distribuidoras de água potável, as empresas que utilizam água para fins industriais, as empresas de transporte aquático, os usuários de água para fins recreativos e os produtores que utilizam a água para fins agropecuários (PÉREZ et al., 2002).

Apesar de a grande maioria dos programas de PSA terem como gestor principal o Governo, é imprescindível que o setor público estimule cada vez mais a participação do setor privado como principal atuante nesse tipo de programa. A exemplo de alguns países onde o setor privado já tem atuação no gerenciamento de programas de PSA tem-se a França, com a participação da engarrafadora de água Perrier Vittel's, a Costa Rica, com a atuação das hidrelétricas e os Estados Unidos, especificamente na cidade de Nova

York onde os produtores rurais gerenciam a preservação da nascente que abastece a cidade, a partir de recursos provenientes da prefeitura da cidade. A lógica do financiamento para programas de PSA é apresentada na FIG.5. Como exemplo, os usuários da terra, neste caso os agricultores, obtêm um benefício baixo dependendo do uso da terra, como na conservação de florestas. Esses benefícios são menores que os benefícios que o agricultor poderia receber com a conversão das florestas em área agrícola ou de pastagem (ENGEL, PAGIOLA e WUNDER, 2008).

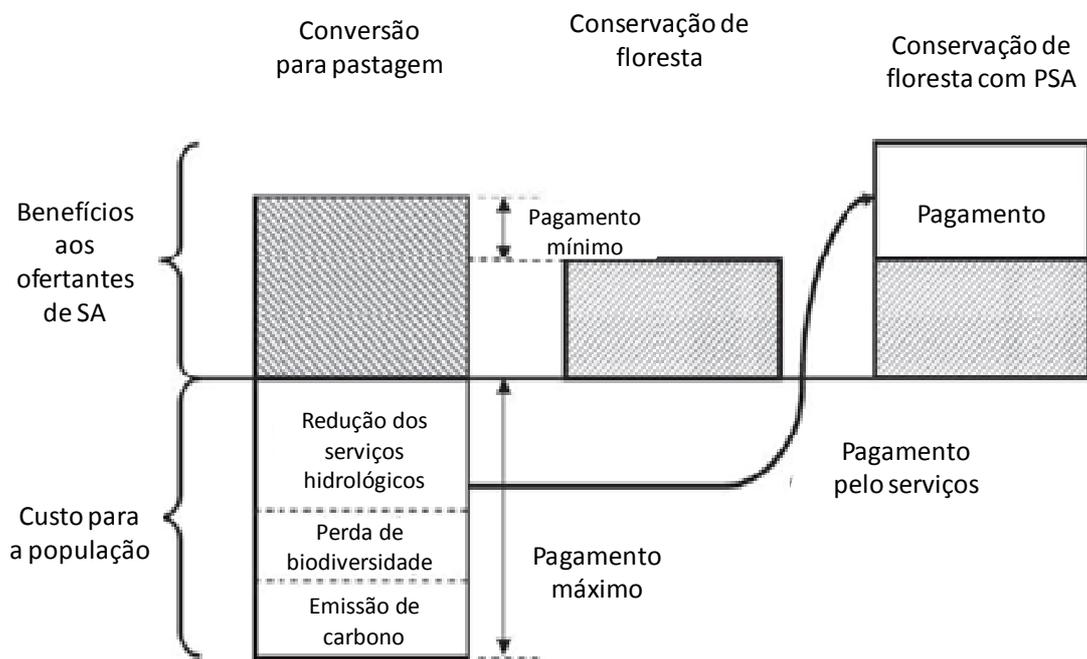


FIGURA 5 - A lógica do PSA na visão do produtor.

Fonte: Engel, Pagiola e Wunder (2008).

Porém, o desmatamento necessário para a conversão da área em agricultura ou pastagem, pelo agricultor, pode impor custos tanto locais quanto globais à população: na localidade em questão, a população que depende do equilíbrio da oferta de água é prejudicada com a retirada da cobertura florestal; a população mundial também pode sofrer com a redução da biodiversidade e a regulação do ar que é um serviço ambiental adicional ofertado pelas florestas (ENGEL, PAGIOLA e WUNDER, 2008).

Se os usuários do serviço ambiental financiam a conservação, esta se torna mais atrativa aos agricultores, induzindo-os a adotar um manejo conservacionista,

representando, neste caso, a internalização de uma externalidade (PAGIOLA e PLATAIS, 2002). Dessa forma, o grande desafio do PSA é identificar os usuários dos serviços ambientais e captar recursos suficientes para permitir aos produtores o financiamento para a oferta dos serviços ambientais (PÉREZ et al., 2002).

A crítica literária sobre os programas de PSA está no questionamento sobre quem são os demandantes (“compradores”) e os ofertantes (“vendedores”) do serviço ambiental.

Os demandantes (“compradores”) dos serviços ambientais podem ser os próprios usuários diretos do serviço ambiental ou também podem ser representados pelo Governo. No primeiro caso, o programa de PSA é mais eficiente, pois o usuário direto do serviço ambiental financia e, ao mesmo tempo, fiscaliza o funcionamento adequado do programa, uma vez que possui o poder de renegociar ou finalizar o acordo com os provedores do serviço ambiental (PAGIOLA e PLATAIS, 2002).

Por outro lado, quando os programas de PSA são financiados pelo Governo, como este não é usuário direto do serviço ambiental, geralmente não possui uma fiscalização adequada para observar se o serviço ambiental está sendo fornecido corretamente e, além disso, não possui um interesse direto para garantir que o programa funcione de forma eficiente (PAGIOLA e PLATAIS, 2002).

Ademais, a distinção fundamental entre programas financiados por usuários diretos e aqueles financiados pelo Governo não é apenas a fonte de recursos, mas quem tem o poder para a tomada de decisões (ENGEL, PAGIOLA e WUNDER, 2008). Assim, os recursos podem ser provenientes do setor privado, mas o Governo sendo responsável por gerenciar os recursos ou vice-versa, a questão fundamental, nesse caso, é garantir a eficiência mediante a atuação conjunta entre os financiadores e os gestores.

No caso do questionamento sobre os potenciais ofertantes (“vendedores”) de um serviço ambiental, são aqueles que possuem condições potenciais de garantir o fornecimento do serviço ambiental (ENGEL, PAGIOLA e WUNDER, 2008), como é o caso dos produtores rurais que possuem o poder de decisão sobre o uso adequado da terra.

Assim, pela condicionalidade, em um programa de PSA, um usuário (“comprador”) de serviço ambiental oferece um pagamento a um ofertante (“vendedor”) de serviço ambiental se, e somente se, esse vendedor exercer uma atividade que traga benefício ao usuário. O PSA pode abranger uma série de atividades de conservação,

inclusive as atividades relacionadas com o tipo de uso do solo sendo que, neste caso, pode envolver a alteração de uso da terra (por exemplo, recomposição de matas), cujos custos tendem a ser muito maiores do que quando se concentram em programas de manutenção de uso do solo (por exemplo, a preservação das matas já existentes) (ENGEL, PAGIOLA e WUNDER, 2008).

Em programas onde o PSA é baseado no uso da terra, os pagamentos são feitos, geralmente, por hectare (por exemplo, pagamento por hectare de floresta preservada). Como ilustrado na FIG. 5, o pagamento oferecido aos usuários da terra devem exceder o benefício adicional que receberiam para a conversão do uso da terra (em agricultura ou pastagem) e deve ser inferior ao valor do benefício aos usuários do serviço ambiental (população urbana e rural, hidrelétricas, etc.) (ENGEL, PAGIOLA e WUNDER, 2008). Os pagamentos podem constituir, além de recursos financeiros, serviços técnicos prestados para um manejo adequado.

Apesar de representar um instrumento econômico bastante promissor, os programas de PSA ainda apresentam algumas falhas que geram ineficiência, tais como: pagamentos insuficientes para incentivar a adoção de práticas conservacionistas, indução à adoção de práticas que fornecem serviços ambientais a um custo mais elevado do que o benefício dos serviços e o financiamento da adoção de práticas que, mesmo sem o pagamento, seriam adotadas (ENGEL, PAGIOLA e WUNDER, 2008).

Os dois primeiros problemas estão relacionados com a ineficiência social, ou seja, a adoção de práticas cujos benefícios são menores do que os seus custos. O terceiro problema diz respeito ao gasto excessivo, em que a geração de serviço ambiental é menor do que o gasto, uma vez que tais serviços seriam gerados mesmo sem o pagamento. Este último caso também pode resultar em ineficiência social quando os recursos para o financiamento do PSA são limitados, ou seja, ocorre desperdício de um pagamento que poderia ser utilizado para gerar maior benefício social (ENGEL, PAGIOLA e WUNDER, 2008).

Além destes problemas relacionados com o financiamento dos programas de PSA, existem outras possíveis ineficiências a serem observadas, como é o caso do deslocamento de práticas degradantes para áreas fora do limite de atuação do PSA (ROBERTSON e WUNDER, 2005); a falta de permanência, no longo prazo, seja por limitação de pagamentos ou outras condições externas como aumento de preços agrícolas. Este problema é observado com maior frequência em programas financiados

pelo Governo, cuja duração está sujeita a ciclos (ENGEL, PAGIOLA e WUNDER, 2008), seja por questões políticas ou por limitação de recursos.

Segundo a teoria econômica ambiental, uma combinação de instrumentos é necessária, pois os programas de PSA, em muitos casos, são implementados em conjunto com os instrumentos de comando e controle do Governo. Por exemplo, muitos programas de PSA financiam a conservação ambiental em países onde o desmatamento é proibido por lei (ENGEL, PAGIOLA e WUNDER, 2008). Dessa forma, o objetivo dos programas de PSA é garantir o incentivo para que os usuários da terra adotem as práticas que aumentam o bem-estar social. Em alguns países, como Alemanha, os instrumentos de comando e controle e os instrumentos econômicos são utilizados de maneira complementar na gestão dos recursos hídricos, como forma de obter maior eficiência. Assim, os instrumentos econômicos baseados na poluição hídrica por lançamentos de efluentes são controlados por padrões fixos de emissões estabelecidos com base em tecnologia aceitável ou disponível (RAMOS, 2007).

Para que um programa de PSA possa ser implementado de maneira eficiente, é necessário analisar algumas questões básicas para definir a sequencia de ações a serem tomadas para a execução do projeto. Powell, White e Landell-Mills (2002) recomendam como primeira etapa do processo, definir os serviços ambientais em questão. Para tanto, é necessário realizar um levantamento para definir e diagnosticar a região, identificando a situação atual e o plano de manejo adequado para proporcionar maior oferta do serviço ambiental e identificar quem serão os beneficiados com tal medida (PÉREZ et al, 2002). A partir disso é possível, por meio de um método de valoração, quantificar o serviço ambiental em valores monetários e, então, identificar quem são os potenciais ofertantes e demandantes do serviço, os quais determinarão um mercado para o serviço ambiental (POWELL, WHITE, LANDELL-MILLS, 2002). É importante definir o mercado de maneira que a produção de serviços ambientais siga o princípio da condicionalidade, ou seja, que os ofertantes de serviços ambientais sejam aqueles que proporcionam benefício adicional (ofertam um serviço ambiental em uma quantidade maior que a existente), sendo assim, o PSA estaria cumprindo a função de incentivar o aumento da oferta de um serviço ambiental. Por outro lado, é importante compensar também aqueles que impedem a redução dos serviços ambientais, por exemplo, o caso dos agentes que já mantêm áreas de florestas intactas em suas propriedades.

Segundo Pérez et al. (2002), dentre os resultados esperados por programas de PSA, que visam os benefícios proporcionados pelos serviços hidrológicos, estão melhor qualidade da água aos consumidores e, conseqüentemente, menos problemas de saúde, produção agrícola com melhor tecnologia, nesse caso, os consumidores como principais interessados na qualidade da água, contribuem para financiar total ou parcialmente a mudança tecnológica do produtor. Concluindo, demonstra-se que a manutenção dos serviços ambientais pode gerar, em longo prazo, maiores benefícios sociais e todos os interessados são beneficiados com isso.

## 2.2 ESTUDOS SOBRE VALORAÇÃO DOS SERVIÇOS AMBIENTAIS

A valoração dos serviços ambientais depende da satisfação dos indivíduos, ou seja, baseia-se na percepção que os indivíduos possuem acerca da importância dos ecossistemas para o seu bem estar (SEEHUSEN; PREM, 2011).

Os valores que os indivíduos atribuem aos ecossistemas, denominado de Valor Econômico Total – VET - podem ser classificados em valores de uso e valores de não uso (SEEHUSEN; PREM, 2011). Os valores de uso, por sua vez, podem ser divididos em valor de uso direto, valor de uso indireto e valor de opção. Já os valores de não uso são divididos em valor de legado e valor de existência. O QUADRO 4 apresenta a classificação do Valor Econômico Total e os seus tipos.

A classificação dos métodos de valoração ambiental não possui um padrão mundial, sendo que ocorre uma variação de acordo com as abordagens de diferentes autores. Alguns autores classificam os custos efetivos, como os de restauração e alterações de produtividade como métodos de valoração objetivos e os preços hedônicos, custos de viagem, valoração contingente entre outros métodos baseados na preferência do consumidor, como métodos de valoração subjetivos (MORAES; SAMPAIO; SEIDL; 2009).

<b>Valor Econômico Total - VET</b>	<b>Valores de uso</b>	Valor de uso direto	Valores relacionados aos benefícios diretos aos indivíduos. Ex.: madeira, alimentos, recreação, medicamentos.
		Valor de uso indireto	Valores relacionados aos benefícios indiretos aos indivíduos. Ex.: armazenamento de carbono, controle em épocas de cheia, proteção contra vento, manutenção dos recursos hídricos.
		Valor de opção	Opção em deixar de usufruir de um serviço ambiental hoje para utilizá-lo no futuro. Ex.: biodiversidade, preservação de habitats para benefício futuro.
	<b>Valores de não uso</b>	Valor de legado	Valor atribuído a algo para que seja conservado em benefício a gerações futuras. Ex.: habitats, valores culturais, espécies ameaçadas.
		Valor de existência	Valor atribuído a um recurso, independente de seu uso direto ou indireto, mas apenas pela sua existência. Ex.: habitats, espécies em extinção, biodiversidade.

QUADRO 4 - Classificação do Valor Econômico Total.

Fonte: Adaptado de Seehusen e Prem (2011).

Os métodos de valoração podem estimar valores dos serviços ambientais analisando tanto a ótica do demandante quanto a do ofertante. No primeiro caso, um método bastante utilizado é o da valoração contingente – VC, em que é identificada a disposição a pagar – DAP dos usuários dos serviços ambientais. Pelo lado dos ofertantes, é comum a adoção de métodos de valoração baseados no custo de oportunidade, ou seja, baseado no custo que o ofertante tem ao alocar a sua produção para o aumento da oferta de serviços ambientais. Muitos autores classificam os métodos de valoração em função de produção e função de demanda. O primeiro caso ocorre quando os serviços ambientais são utilizados como insumos ou são substitutos de um serviço privado. Nesse caso, a função de produção analisa as alterações na produção ou consumo de bens e serviços influenciados pela alteração dos serviços ambientais, tanto em termos de quantidade quanto qualidade, sendo que a valoração dos serviços

ambientais é baseada nos preços de mercado dos bens e serviços. O segundo método é baseado em funções de demanda dos serviços ambientais, captando a preferência dos consumidores quanto ao bem-estar gerado pelos serviços ambientais. Geralmente, são métodos que captam a disposição a pagar dos consumidores e são utilizados quando não existe um preço de mercado para determinados bens e serviços, permitindo assim captar o valor de não-uso (MORAES; SAMPAIO; SEIDL; 2009).

Durante a implementação de um projeto de PSA é importante avaliar o método de valoração dos serviços ambientais adotado, bem como identificar quem são os ofertantes e os demandantes dos serviços ambientais. Isso porque a remuneração aos ofertantes dos serviços depende de uma fonte de recursos que, teoricamente, deveria ser financiado pelos usuários dos serviços ambientais. Sendo assim, o preço desses serviços é determinado pelo equilíbrio da oferta e da demanda, ou seja, pelo equilíbrio entre o que o usuário está disposto a pagar e o ofertante está disposto a receber para produzir determinado montante de serviços ambientais.

Alguns exemplos mais comuns de métodos valoração são apresentados no QUADRO 5.

<b>Valoração de Mercado</b>	Baseado nos custos	Custos evitados	Valor do controle de enchente derivado a partir de danos estimados em caso de enchente.
		Custos de substituição	Valor da recarga do lençol freático estimado a partir de custos de obtenção de água de outras fontes.
		Custos de mitigação/res tauração	Benefício dos serviços de regulação (clima, água, solo) estimado calculando os custos de investimento necessários para prevenir danos na sua ausência (poluição do ar, enchentes, sedimentação do solo).
	Baseado nos custos	Custo de oportunidade	Valor é estimado a partir do montante que o agente deixa de ganhar com uma atividade produtiva para realizar atividades de conservação (solo, recursos hídricos). Ex.: projeto de PSA com produtores rurais, cujo pagamento é baseado no custo de oportunidade do rendimento da produção ou do preço do arrendamento da terra.
	Função de produção/ Fator renda		Valor do serviço ambiental estimado pela sua contribuição como insumo ou fator de produção de outro produto. Ex.: contribuição da fertilidade do solo à produção rural.
<b>Preferências reveladas</b>	Custos de viagem	Valor atribuído a um local ou paisagem é estimado pelo montante de dinheiro e tempo gasto para a visita desse local.	
	Preços hedônicos	Valor da beleza cênica estimado identificando o quanto essa beleza pode influenciar no preço de um imóvel.	
<b>Valoração Simulada</b>	Valoração contingente	Estimativa da DAP de uma população pelo serviço ambiental oferecido, a partir de um questionário.	
	Valoração em grupo	Estimativa de valoração obtida com debates e consensos entre os atores sociais que direcionam decisões políticas democráticas.	

QUADRO 5 - Métodos de valoração econômica e exemplos de aplicação.

Fonte: adaptado de Guedes, Seehusen (2011) e Veiga, Gavaldão (2011).

A partir do levantamento de estudos de valoração dos serviços ecossistêmicos da literatura, Constanza et al. (1997) apresentam um estudo sobre a estimativa do valor econômico da biosfera mundial, considerando 17 serviços ecossistêmicos renováveis e 16 biomas. Os serviços ambientais considerados neste estudo foram: regulação do ar, regulação do clima, regulação de desequilíbrios ambientais, regulação da água, oferta de água, controle da erosão e retenção da sedimentação, formação do solo, ciclagem de nutrientes, tratamento de resíduos, polinização, controle biológico, refúgios, produção de alimentos, matéria-prima, recursos genéticos, recreação e cultura. Segundo este estudo, o valor estimado para a biosfera mundial é em torno de US\$16 trilhões a US\$54 trilhões por ano, com média de US\$33 trilhões ao ano.

Vários estudos apresentam diferentes métodos de estimação do valor ambiental. Como pode-se verificar na maioria dos estudos, existe uma dificuldade em valorar os serviços ambientais por estes não serem de natureza tangível. Por exemplo, como valorar a beleza cênica proporcionada por uma paisagem natural? Alguns estudos empregam a metodologia de valoração contingente (VC) ou disposição a pagar (DAP), na qual os indivíduos apresentam a disposição a pagar pela utilização de um serviço ambiental, captando assim o valor dos serviços ambientais a partir das preferências dos indivíduos (HILDEBRAND; GRAÇA; HOEFLICH, 2002). A partir dessa metodologia, Hildebrand, Graça e Hoeflich (2002) estimaram o valor do Bosque do Alemão, em Curitiba/PR, que oferece atividades como recreação, educação ambiental e cultural aos habitantes do município. O estudo foi realizado a partir da aplicação de um questionário, no qual os entrevistados foram questionados sobre o valor que estariam dispostos a pagar pelos benefícios proporcionados pelo Bosque. Os resultados do estudo mostraram que 62% dos entrevistados se disponibilizaram a pagar um valor para a visita ao Bosque, correspondente em média a R\$1,94 por pessoa, o que leva à estimativa de um valor anual em torno de R\$29.040,00. Silva e Lima (2004) também apresentam um estudo baseado no método da valoração contingente, no qual estima o valor econômico do Parque ambiental Chico Mendes, situado em Rio Branco/AC. O estudo é conduzido a partir de um questionário aplicado aos visitantes do Parque, captando, além da disposição a pagar dos entrevistados pela conservação do Parque Chico Mendes, outras variáveis socioeconômicas possivelmente relacionadas com a DAP dos indivíduos. Os resultados deste estudo mostram que a renda, o valor da DAP,

o sexo e a idade são variáveis que podem ajudar a explicar a disposição do indivíduo em contribuir com a preservação do Parque (SILVA; LIMA, 2004).

Ainda no Brasil, Ortiz et al. (2001) estimaram o valor de uso recreativo do Parque Nacional do Iguazu. Para isso, analisaram o gasto dos turistas que visitaram o local entre o segundo semestre de 1999 e o primeiro semestre de 2000. Através do método da preferência revelada, em que o indivíduo demonstra suas preferências através da compra de certos bens cujos preços representam o custo de utilização dos serviços recreativos do parque, obteve-se uma função de demanda dos visitantes, a partir da qual estimou-se o valor de uso do parque em um total anual de US\$28.774.267,00.

Mattos et al. (2007) estimaram o valor monetário das APPs da microbacia do Ribeirão São Bartolomeu, localizada no município de Viçosa (MG), também a partir do método de valoração contingente. Os autores estimaram a Disposição a Pagar – DAP - da população de Viçosa, entrevistando 280 pessoas, sendo que 55% delas se mostraram dispostas a contribuir com alguma quantia para a recuperação ou preservação das APPs. O valor estimado da DAP dos entrevistados que se propuseram a pagar pela preservação foi de R\$27,98 mensais por domicílio, resultando em um montante anual de R\$3.863.926,08 ou R\$3.616,52/ha/ano para a recuperação ou preservação da área. O valor estimado é considerável, segundo o autor, considerando-se as restrições econômicas da região.

Existem diversos exemplos de valoração dos serviços ambientais no mundo. Essa valoração é importante à medida que o próprio mercado apresenta a necessidade de se criar mecanismos capazes de mensurar o custo das externalidades negativas promovidas pelas falhas de mercado. Nesse sentido, pode-se perceber a crescente adoção de instrumentos econômicos, principalmente de programas de PSA pelos países, cujos valores são baseados em custo de oportunidade, como forma de incentivar a sociedade a contribuir com a preservação ambiental. A literatura internacional sobre PSA mostra que a maior parte dos exemplos dos programas adotados pelos países está relacionada com a redução de carbono e, principalmente, proteção da água (TURPIE; MARAIS; BLIGNAUT, 2008).

Um exemplo clássico de PSA é apresentado pela cidade de Nova York, nos EUA, onde 90% da água que abastece uma população de cerca de 9 milhões de pessoas são provenientes de nascentes localizadas nas montanhas de *Catskill*. A solução local para a preservação da água é um programa de conservação mantido por um conselho de

produtores rurais da região, cuja adesão é voluntária e cada produtor é responsável por administrar os recursos provenientes da cidade de Nova York. Com o programa, ao invés de gastos com a construção de estações de tratamento, a cidade investe em benfeitorias para a preservação das nascentes e mananciais que abastecem a cidade, reduzindo os custos e o preço da água aos consumidores (APLLETON, 2002).

A Costa Rica é precursora na adoção de programas de PSA e tem sido referência para outros países que buscam o desenvolvimento desse instrumento econômico na preservação dos serviços ambientais, especialmente focados na cobertura florestal e nos serviços hidrológicos. O programa, nesse país, é financiado em grande parte pelo Governo e também por recursos provenientes do Banco Mundial, ONGs e setor privado. Entretanto, a Costa Rica tem realizado um esforço nas negociações com potenciais demandantes privados dos serviços ambientais para que eles paguem pelo uso dos serviços, obtendo resultados satisfatórios com a adesão de hidrelétricas e outras companhias privadas, usuárias diretas dos serviços, como potenciais fontes financiadoras do PSA (OLIVEIRA, 2008). O PSA tem como foco a preservação das florestas na Costa Rica, as quais proporcionam o equilíbrio dos serviços hidrológicos. O programa tem proporcionado resultados satisfatórios, como aumento da cobertura florestal no país, porém, segundo Pagiola (2007), o pagamento oferecido aos agentes é insuficiente, o que induz à adoção de práticas conservacionistas em uma escala ainda pouco eficiente.

Seguindo o exemplo da Costa Rica, a América Central tem apresentado importantes iniciativas de PSA. García-Amado et al. (2011) discutem a eficiência do PSA a partir de um estudo de caso na região de Chiapas, no México. Este país possui programas de PSA voltados para a conservação hidrológica, da biodiversidade e sequestro de carbono. Tal pesquisa contou com a aplicação de um questionário à população rural da região de estudo, abordando questões como condições socioeconômicas, renda, atividades de subsistência, conservação, ameaças e opiniões sobre o PSA. Em resposta à opinião sobre condições de vida e planos para o futuro, 90% da população entrevistada têm a pretensão de permanecer no local e todos afirmaram manter a conservação. Entre os aspectos mais valorizados pela população estão as boas condições climáticas e a beleza da paisagem. A pesquisa também discute as contrariedades da população que, em parte, acredita que a conservação pode ser

mantida mesmo com a ausência de PSA, mas, por outro lado, acredita que o valor do pagamento é insuficiente para manter a conservação (GARCÍA-AMADO et al., 2011).

Kosoy et al. (2007) comparam três casos de PSA relacionados com a oferta de água na América Central: em Honduras, Nicarágua e Costa Rica. É realizada uma comparação entre os três casos, em termos de percepções dos diferentes agentes sobre as condições dos recursos hídricos, o contexto institucional, o custo de oportunidade do uso de terras à montante do rio e as implicações econômicas dos esquemas de pagamentos. A pesquisa consistiu na aplicação de um questionário para captar as variáveis de percepção e aspectos econômicos. Os custos de oportunidade foram estimados por meio de três variáveis *proxies*: lucro de atividades agrícolas, disposição dos agentes em aceitar o PSA como um "preço justo" e o preço de arrendamento das terras. Os resultados mostram que, para os três casos, os custos de oportunidade são maiores do que os valores pagos, assim, a maioria dos agentes que contribuem com a oferta de serviço ambiental recebe como pagamento um montante correspondente a menos de 2% de sua renda bruta. Entretanto, Kosoy et al. (2007) levantam alguns questionamentos acerca dos resultados encontrados tomando como hipótese o fato de que se os agentes são racionais, o pagamento corresponde aos seus custos de oportunidade, caso contrário, eles se recusariam a participar voluntariamente do programa de PSA. Sendo assim, a adesão dos proprietários rurais ao programa de PSA é explicada pelos autores por algumas possibilidades como: a superestimação do custo de oportunidade de proteção das florestas em relação ao lucro da atividade agrícola - é provável que a terra represente um valor baixo para os proprietários, seja devido à localização ou à qualidade; outra explicação é que os proprietários podem se beneficiar dos serviços ambientais provenientes da conservação das florestas, por outro lado, os produtores podem ter superestimado os preços de arrendamento de terra como maneira de obter pagamentos mais elevados. Entretanto, a prestação de serviços técnicos e outros tipos de atividades de apoio ao proprietário rural também podem constituir um incentivo e motivação significativos para a adoção do PSA, representando outra possibilidade de explicação para a aceitação do programa pelos agentes, nos casos em estudo (KOSOY et al., 2007).

Além da América Central, o PSA tem sido adotado em muitas regiões do mundo e envolvem, em sua maioria, produtores rurais, os quais possuem uma relação mais

próxima com os recursos naturais e dependem da preservação desses recursos para a continuidade da exploração da terra para a produção.

Nesse sentido, Amdur et al. (2011) apresentam um estudo sobre análise de instrumentos agro-ambientais, baseado em um projeto piloto implementado em Israel, no período de 2008-2009. O projeto piloto conta com um incentivo do Governo para converter o cultivo de grãos em plantação de árvores frutíferas para mitigar os problemas relacionados à erosão do solo. A pesquisa consistiu em um questionário para entrevista dos participantes do projeto piloto, com foco no quadro institucional relacionado às medidas agro-ambientais de Israel e as atitudes dos entrevistados quanto a tais medidas. Os resultados mostram que a maior parte da população entrevistada deseja que o governo invista mais em programas de assistência aos produtores rurais, acentuando a aceitação da população quanto à aplicação de instrumentos econômicos. Entretanto, apesar da boa aceitação do público, a eficácia do projeto em Israel manteve-se apenas na contribuição para a melhoria da beleza estética da paisagem local (AMDUR et al., 2011). Seguindo o mesmo modelo, a China também possui um programa de PSA denominado “Grain for Green”, cujo objetivo principal é incentivar a substituição da produção agrícola pela plantação florestal em terrenos íngremes, para prevenir a erosão do solo nessas áreas (UCHIDA; ROZELLE; XU, 2008).

Na França, a engarrafadora de água mineral natural Perrier Vittel’s promove pagamento aos proprietários rurais, cujas terras localizam-se na região da fonte de água comercializada pela companhia, em troca de melhoria das práticas agrícolas e reflorestamento, com o objetivo de manter a qualidade da água (JOHNSON; WHITE; PERROT-MAITRE, 2002). Esse é um exemplo bem claro de um programa de PSA baseado no mecanismo usuário-financiador em que, no caso, a companhia de água mineral, com interesse direto nos serviços hidrológicos, oferece um incentivo à preservação e, ao mesmo tempo, fiscaliza o cumprimento por parte dos proprietários rurais.

No Brasil, o PSA tem sido implementado entre os produtores rurais, de maneira a incentivá-los a adotar técnicas de manejo conservacionistas e compensar aqueles que já contribuem com a oferta de serviços ambientais. Em geral, esses programas de PSA no Brasil são voltados para a preservação de mananciais, a partir da recuperação das áreas florestais, mantendo o equilíbrio de importantes fontes de abastecimento de água para a população urbana e rural.

No estudo de Rodrigues, Queda e Martins (2005) são identificadas as principais dificuldades dos agricultores da microbacia do Ribeirão Avecuia, principal manancial de abastecimento do município de Porto Feliz (SP), para recuperação da mata ciliar. Dentre elas, está a mão de obra necessária para o plantio das mudas, a perda de área produtiva e, no caso de propriedades com produção animal, a necessidade de isolamento da área de mata.

Verifica-se que os principais limitantes para recuperação da mata ciliar pelos produtores rurais estão relacionados com a dificuldade financeira em arcar com os custos para a preservação.

Antoniazzi (2008) estimou a oferta de serviços ambientais da conservação do solo para áreas de cana de açúcar (Bacia do Rio Corumbataí) e horticultura (Sub-Bacia Cabeceiras do Tietê). Este estudo considerou diferentes tipos de atividades conservacionistas, tais como: implantação de terraços e cobertura do solo como medidas de redução da erosão do solo; não utilização de áreas de APP, plantio e manutenção de florestas nativas em áreas de APP como medidas de filtração de sedimentos. Os resultados mostraram que, para o caso da plantação de cana, o plantio e a manutenção de florestas nas APPs mostrou-se eficiente à medida que permite maior conservação do solo considerando o mesmo custo das outras atividades. Para a horticultura, o uso da cobertura do solo mostrou-se mais vantajoso à medida que produz mais serviços ambientais que as demais atividades. A curva de oferta de serviços ambientais estimada por Antoniazzi (2008) é baseada no custo de oportunidade da mudança de uma prática convencional para uma prática conservacionista, para cada uma das atividades agrícolas estudadas.

Chaves et al. (2004) apresentaram um modelo para estimar o valor dos incentivos financeiros pagos aos produtores rurais em função da redução da sedimentação com o manejo adequado do solo. A metodologia proposta é utilizada no programa “Produtor de Água”, da Agência Nacional das Águas – ANA. Inicialmente, estima-se o nível de erosão (ton./ha/ano) na propriedade antes da implantação do programa e também, após a implantação do programa. Assim, obtém-se o percentual de abatimento de erosão e de sedimentação de uma propriedade que é a diferença do abatimento da erosão quando se adota um manejo convencional e um manejo conservacionista, para uma mesma cultura. Dessa forma, o cultivo de um tipo de produto agrícola (por exemplo, hortifrutí) pode apresentar menor perda do solo pela

sedimentação com a adoção de um manejo conservacionista (por exemplo, plantio de hortifruti em nível) do que um manejo convencional. Essa diferença do abatimento da erosão entre o manejo convencional e o conservacionista, é utilizada como referência para a compensação ao produtor rural pelos benefícios proporcionados pelo mesmo.

No entanto, segundo os autores, alguns critérios devem ser atendidos quanto aos valores financeiros da compensação, de maneira a torná-la um instrumento viável: a) devem ser suficientes para atingir a meta de abatimento da erosão e sedimentação; b) devem ser suficientes para atrair o interesse dos produtores e c) devem ser iguais ou inferiores ao custo de implantação e operação do manejo conservacionista, de forma a não caracterizar subsídio agrícola. A mesma ideia pode servir de critério para outros programas de compensação, onde o ofertante do serviço ambiental, no caso, o produtor agrícola, seria devidamente compensado pelos custos contraídos para atingir a melhoria no manejo de sua propriedade, favorecendo a população local que compartilha dos benefícios ambientais proporcionados por tal mudança.

Além do programa “Produtor de Água”, existem 40 projetos de PSA relacionados com a proteção de recursos hídricos na Mata Atlântica, ocupando uma área de aproximadamente 40 mil hectares. Alguns projetos oferecem um pagamento de R\$10,00/ha/ano até R\$577,00/ha/ano (por hectare de floresta ou redução da sedimentação do solo), porém, podem variar dependendo da região e da forma de valoração. Os valores são baseados em sua maioria no custo de oportunidade e outros critérios como uso do solo, estado da floresta e declividade do terreno (VEIGA; GAVALDÃO, 2011). Como exemplo, tem-se o projeto em fase de desenvolvimento no município de Guaratinguetá/SP, para conservação dos recursos hídricos a partir da redução da sedimentação e da restauração florestal, cuja valoração segue a metodologia apresentada por Chaves et al. (2004), do percentual de abatimento da erosão e do custo de oportunidade baseado em valores de arrendamento da terra. O valor recebido pelos produtores varia entre R\$ 40 a R\$ 320/ha/ano. Outro exemplo ocorre no município de São José dos Campos/SP, com um projeto também voltado para a preservação dos recursos hídricos através da conservação do solo e restauração florestal. Entretanto, a valoração nesse projeto é baseada no custo de oportunidade da terra estimado a partir do rendimento da atividade leiteira na região, cujos valores são em torno de R\$ 1.424/ha/ano (VEIGA; GAVALDÃO, 2011).

A maior parte dos projetos, cerca de 75%, concentram-se na região Sudeste do país e as principais fontes de recursos são o Governo e os Comitês de Bacias a partir da cobrança pelo uso da água. Segundo Veiga e Gavaldão (2011), as principais dificuldades para a implantação do PSA são a sua fonte de recursos para a manutenção dos projetos, os altos custos relacionados com a sua implantação, desde os custos com a restauração florestal até o mapeamento e diagnóstico ambiental, ausência de um projeto padrão de implementação e de instituições privadas responsáveis pela implementação deste tipo de projeto, falta de profissionais capacitados especificamente para a restauração florestal, ausência de monitoramento e excesso de burocracia para a execução dos projetos.

Verifica-se que, na maior parte dos casos, as dificuldades da implementação de programas de PSA estão relacionadas com o valor do pagamento oferecido aos agentes como forma de compensação pela preservação dos serviços ambientais. Em muitos casos, esse valor é baixo em relação ao custo de oportunidade do produtor rural em explorar a terra. Como indivíduos racionais, os agentes mostram preferência por situações que sejam economicamente mais vantajosas. Dessa forma, é importante estudar a forma de compensação aos agentes conservacionistas para que o instrumento econômico funcione eficazmente como um incentivo à preservação ambiental.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 MODELO DE OFERTA DE SERVIÇOS AMBIENTAIS NA AGRICULTURA

A estimativa da oferta de serviços ambientais é obtida a partir do modelo de Antle e Valdivia (2006), o qual é baseado no custo de oportunidade do produtor rural pela mudança de práticas agrícolas, ou seja, pela substituição de uma prática convencional por uma prática conservacionista. Sendo assim, o modelo mostra que a curva de oferta de serviço ambiental pode ser derivada a partir da distribuição espacial do custo de oportunidade incorrido na provisão desse serviço. Alguns serviços ambientais, como é o caso dos serviços relacionados aos recursos hídricos, possuem uma dependência espacial, isto é, uma melhoria implementada em determinado local, por exemplo, a implantação de mata ciliar, produzirá maior efeito em determinadas áreas próximas aos mananciais, comparado com outras áreas afastadas deste local.

A regulação do ar e do clima, por exemplo, não possuem limitação territorial e são consideradas de interesse global. A regulação hídrica é um serviço ambiental com maior interesse local ou regional, pois os benefícios proporcionados por esses serviços podem ser limitados a determinada região (PÉREZ et al., 2002).

Antle & Valdivia (2006) desenvolveram um modelo simplificado justamente para analisar a oferta de serviços ambientais na agricultura a partir de dados mínimos, ou seja, dados secundários. Este modelo foi desenvolvido em razão da dificuldade de se obter dados primários e do tempo necessário para a realização da coleta desses dados, entretanto, é possível utilizar o mesmo modelo para dados primários, obtendo-se resultados aproximados entre os dois casos. Os autores estimaram a oferta de sequestro de carbono na produção de grãos da região de Montana - EUA -, utilizando o modelo com dados primários e com dados secundários, comprovando que o modelo de dados mínimos apresenta resultados adequadamente aproximados ao modelo baseado em dados primários.

Segundo Antle e Stoorvogel (2006) para serem úteis para a tomada de decisão política, as informações sobre custos e benefícios dos programas de pagamento por serviços ambientais devem ser fornecidas em tempo hábil. Dessa forma, os pesquisadores inevitavelmente se deparam com o trade-off entre custo e tempo versus

precisão das estimativas quando tomam decisões sobre a abordagem de modelagem apropriada. Neste sentido, um dos motivos pela preferência por este modelo é em razão deste permitir a utilização de dados secundários, o que facilita a análise a partir de dados pré-existentes em bancos de dados, eliminando, portanto, as dificuldades com a coleta de dados primários.

Além disso, a escolha desse modelo baseado no custo de oportunidade da mudança de práticas dos produtores rurais considera as dificuldades apresentadas em alguns estudos sobre programas de PSA, como Pagiola (2007), Rodrigues et al. (2005), García-Amado et al. (2011), em que o valor do pagamento é considerado insuficiente para atender todas as necessidades dos produtores, que arcam com os custos para a provisão de serviços ambientais, os quais beneficiam a sociedade local. O pagamento recebido pelos produtores rurais em programas de PSA, muitas vezes, não corresponde a um valor que compensa ao produtor deixar de explorar a terra para adotar práticas conservacionistas. Dessa forma, ao tentar estimar o custo de oportunidade do produtor rural, em relação às suas atividades agrícolas, é possível apresentar valores mais próximos à realidade do produtor.

Algumas metodologias baseadas em modelos de regressão procuram analisar as variáveis mais importantes que podem influenciar a decisão do produtor quanto à preservação ambiental. Muitos modelos que costumam valorar um serviço ambiental são baseados ainda na metodologia do valor contingente, em que é analisada apenas a percepção da disposição a pagar dos indivíduos que usufruem do serviço ambiental (demanda) e não o custo de quem trabalha para a preservação do mesmo serviço (oferta). Outros estudos valoram o serviço ambiental por meio do custo de oportunidade, porém, relacionado ao preço do aluguel da terra, ou seja, quanto o produtor deixaria de ganhar com a adoção de práticas conservacionistas, comparado ao valor que o mesmo obteria com o rendimento a partir do arrendamento da terra em determinada região.

No presente estudo procura-se analisar o custo de oportunidade do produtor, baseado no rendimento que este obtém a partir da produção de alguns tipos de culturas agrícolas predominantes na Bacia, considerando-se que cada tipo de cultura apresenta um retorno diferente ao produtor. Dessa forma, é necessário analisar o custo de oportunidade para cada situação a fim de obter um valor mais próximo à realidade do produtor.

No modelo de Antle e Valdivia (2006), com característica estática, o produtor rural pode optar entre duas práticas agrícolas, A e B, sendo que a primeira não produz serviço ambiental e a segunda produz. Alternativamente, podemos assumir que a prática A também produz serviço ambiental, mas a prática B produz mais serviços ambientais que a prática A. Sendo assim, a decisão de uso da terra pelo produtor é baseada na maximização do retorno das práticas ( $v$ ), assim representado:

$$v(p, H, z) \quad (1)$$

Onde:

$p$  = preço dos insumos e do produto (rendimento)

$H$  = área da região com utilização das práticas A e B, ou seja, a área total da região analisada, em hectares (por exemplo, a área analisada pode ser uma propriedade rural, uma Bacia Hidrográfica, um município, um estado etc.)

$z$  = adoção da prática A ou B

Dessa forma, a prática A é escolhida se houver retornos financeiros maiores que a prática B, sendo a diferença dos retornos entre as duas práticas, representada por  $w(p, H)$ . É importante ressaltar que a maximização do retorno representa o rendimento que o produtor obtém com a produção de determinado tipo de cultura agrícola e a mudança de práticas é observada quando o produtor adota ou não um tipo de manejo conservacionista, considerando uma mesma cultura.

Por simplicidade, assume-se que o custo de mudança de uma prática para outra é zero, assim, a prática A é escolhida se:

$$w(p, H) = v(p, H, A) - v(p, H, B) \geq 0 \quad (2)$$

Caso contrário, a prática B passa a ser a decisão do produtor. Ou seja, a prática B só será escolhida se apresentar retorno maior que a prática A, nesse caso,  $w(p, H) < 0$ .

Essa função de ( $w$ ) em relação aos preços e à área pode ser interpretada como o custo de oportunidade por hectare, em termos de rendimento da produção, pela mudança de prática de A para B.

Assume-se que um serviço ambiental ( $e$ ) é produzido em certo período de tempo em cada área ( $H$ , em hectares) quando adotada a prática B. Por outro lado, assume-se que a adoção da prática A produz zero serviços ambientais, ou seja, não há oferta de

serviços ambientais, mas também não existe perda dos mesmos serviços provocada pela deterioração dos recursos naturais. Dessa forma, (e) pode ser interpretado como os serviços ambientais obtidos pela mudança no uso do solo. Para derivar o equilíbrio da oferta inicial de serviços ambientais existente em uma região, define-se a função densidade de probabilidade – fdp -  $\varphi(w)$  que representa a distribuição espacial do custo de oportunidade para adoção da prática B. A partir de então, a proporção dos produtores que adotam a prática B na Bacia é calculada a partir da seguinte equação:

$$r(p) = \int_{-\infty}^0 \varphi(w)dw , 0 \leq r(p) \leq 1 \quad (3)$$

Assim, integrando a função densidade de probabilidade  $\varphi(w)$ , tem-se a proporção da área total da região que possui custo de oportunidade da mudança de práticas negativo ( $w(p,H) < 0$ ), ou seja, que indica que a prática B traz maior retorno que a A.

A dependência de ( $r$ ) em ( $p$ ) ocorre porque  $w(p,H)$  é uma função de  $p$ . Assim, o equilíbrio da oferta inicial de serviços ambientais, ou seja, a oferta inicial já existente pelas propriedades que já adotam a prática B, por um período de tempo, em uma área com  $H$  hectares de cultivo é dado por:

$$S_i(p) = r(p)H \bar{e} \quad (4)$$

Sendo,

$H$  = área total da região de estudo (soma das áreas A e B);

$\bar{e}$  = taxa média de produção de serviços ambientais

A equação (4) mostra que o equilíbrio da oferta inicial de serviços ambientais  $S_i(p)$  pode ser definido como uma função da proporção dos que adotam a prática B, em função de ( $p$ ), pois é estimada a partir do rendimento da produção agrícola, do número de hectares da área total considerada no estudo, área de A e B ( $H$ ), e a taxa média de produção atual de serviços desta área ( $\bar{e}$ )<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> No caso deste estudo, a taxa média de serviço ambiental da Bacia é considerada como  $\bar{e} = \frac{e}{H}$  = ha de mata ciliar/ha de área rural da bacia, ou seja,  $\bar{e} = \frac{e}{H}$ .

Assumindo como pressuposição que os retornos das práticas A e B apresentam distribuição normal, é possível determinar, a partir das médias e variâncias dos retornos associados às práticas, o formato da distribuição do custo da mudança de práticas  $\varphi(w)$ <sup>3</sup> que também será normal. Assim, primeiro calcula-se a média e variância de  $w$  a partir da média e variância das práticas A e B<sup>4</sup> para, em seguida, calcular a distribuição espacial  $\varphi(w)$  que é empregada nas equações (3) e (4).

Para estimular o aumento da oferta de serviços ambientais além da oferta inicial (pelo princípio da condicionalidade, um pagamento só é realizado quando o serviço ambiental é ofertado em uma quantidade acima da quantidade existente no momento inicial), assume-se um pagamento  $p_e$  (\$/e) por unidade de serviço ambiental para o produtor, sendo que este só recebe o pagamento se houver aumento da oferta de serviços ambientais a partir da oferta inicial. Esse pagamento seria baseado no custo de oportunidade ( $w$ ) da mudança de práticas do produtor. Dessa forma, o produtor tem um retorno  $v(p, H, A)$  adotando a prática A e  $v(p, H, B) + p_e * e$  adotando a prática B. A escolha da prática B pelo produtor obedecerá a seguinte proposição:  $w(p, H) - p_e * e < 0$ , ou seja, se o pagamento pelo serviço ambiental for maior que o custo de oportunidade da mudança de prática, assim ele tem incentivo para adotar B.

No entanto, podem ocorrer três casos:

Caso 1: A prática B é lucrativa com ou sem PSA ( $w(p, H) < 0$ ). Neste caso, os produtores adotam a prática B mesmo sem receber o PSA.

Caso 2: A prática A é mais rentável sem o PSA, mas a prática B torna-se mais rentável com o PSA, ou seja,  $w(p, H) > 0$  mas  $w(p, H) - p_e * e < 0$ . Neste caso, o produtor optará pela prática B se o preço por unidade de serviço ambiental for maior que o custo de oportunidade por unidade adicional ofertada ( $p_e > \frac{w(p, H)}{e}$ ).

---

<sup>3</sup> Tem o formato de uma distribuição normal:  $f(x, \mu, \vartheta^2) = \frac{1}{\vartheta\sqrt{2\pi}} \exp \frac{-(x-\mu)^2}{2\vartheta^2}$ ,  $-\infty < x < \infty$

<sup>4</sup>  $\sigma_{A-B}^2 = \sigma_A^2 + \sigma_B^2 - 2\sigma_{AB}$ , ou seja, a variância de A menos a variância de B é igual à variância de A mais a variância de B menos duas vezes a covariância de A com B. A covariância de A com B pode ser calculada a partir da fórmula  $\sigma_{AB} = \rho_{AB}\sigma_A\sigma_B$ , ou seja, calcula-se o coeficiente de correlação entre A e B e multiplica-se pelo desvio padrão de A e pelo desvio padrão de B.

Caso 3: Independente de um PSA, a prática A é mais rentável. Então,  $w(p, H) > 0$ ,  $w(p, H) - p_e * e > 0$  e  $\frac{w(p, H)}{e} > p_e$ . Neste caso, o custo de oportunidade por unidade de serviço ambiental é sempre positivo e maior que o preço pago pelo serviço ambiental, dessa forma, não existe vantagem para a mudança da prática A para B pelo produtor.

A FIG. 6 ilustra a curva de oferta de serviços ambientais, do lado direito, obtida pelo estudo de Antle e Valdivia (2006) e, do lado esquerdo, a distribuição espacial do custo de oportunidade por unidade de serviço ambiental, denominada como  $\varphi\left(\frac{w}{\bar{e}}\right)$ . Esta suposição tem origem a partir da alteração da variável, definida anteriormente como  $\varphi(w)$ , em que  $\varphi\left(\frac{w}{\bar{e}}\right) = \varphi(w) * \bar{e}$ , obtendo-se assim a distribuição espacial do custo de oportunidade por unidade de serviço ambiental. Essa notação representa apenas a transformação do custo do serviço ambiental total em custo do serviço ambiental por unidade (por exemplo, a transformação do custo total de determinada quantidade de carbono (toneladas) para o custo por tonelada de carbono).

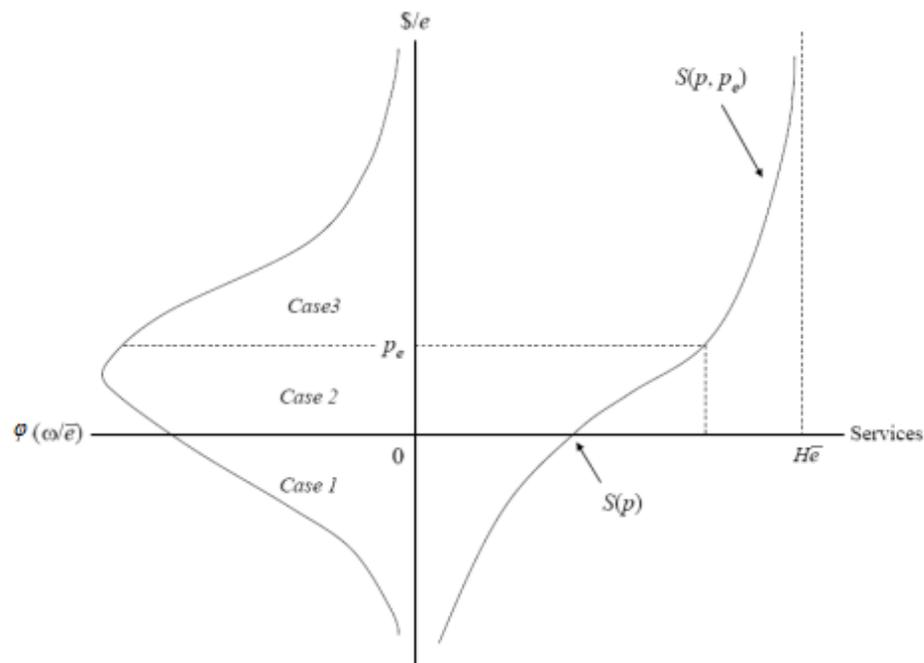


FIGURA 6 - Derivação da oferta de serviços ambientais a partir da distribuição espacial do custo de oportunidade por unidade de serviços ambientais

Fonte: ANTLE; VALDIVIA (2006)

A área entre o intervalo  $(-\infty, 0)$ , observando-se a curva de distribuição do custo de oportunidade por unidade de serviço ambiental, do lado esquerdo da FIG. 4, é igual a  $r(p)$ , em que  $(w(p, H) < 0)$ , ou seja, há maior retorno para a prática B e representa o Caso 1, ou seja, áreas em que o produtor utiliza a prática B mesmo sem a existência de PSA. No ponto em que  $p_e = \varphi\left(\frac{w}{\bar{e}}\right) = 0$ , a oferta de serviços ambientais é igual a oferta inicial  $S_i(p)$ . A área correspondente ao intervalo entre o custo de oportunidade zero e  $p_e$  representa aquela onde ocorrerá mudança da prática A para B, portanto, a oferta de serviços ambientais será maior que  $S_i(p)$ . Por fim, a área onde o custo de oportunidade é maior que  $p_e$  permanecerá com a prática A (caso 3), pois nesse caso, não há incentivo para o aumento da oferta de serviços ambientais.

Seguindo a notação de Antle e Valdivia (2006) a proporção da área adicional com a prática B é definida como:

$$r(p, p_e) = \int_0^{p_e} \varphi \frac{w}{\bar{e}} d \frac{w}{\bar{e}} \quad (5)$$

A variável  $\frac{w}{\bar{e}}$  mostra o custo de oportunidade da mudança de práticas por unidade de serviço ambiental produzido. Para obter essa distribuição espacial  $(\varphi \frac{w}{\bar{e}})$ , multiplica-se a distribuição espacial  $\varphi(w)$  pela quantidade média de serviço ambiental produzido, ou seja, a quantidade média de serviço ambiental produzido em um hectare da região de estudo:  $\varphi(w) * \bar{e}$ .

Então, a oferta de serviços ambientais a um preço  $p_e > 0$  é:

$$S(p, p_e) = S_i(p) + r(p, p_e)H\bar{e} \quad (6)$$

A equação (6) mostra que a oferta de serviços ambientais em uma região é representada pela soma da oferta inicial mais uma quantidade adicional que se espera obter devido aos incentivos financeiros. Na estimação dos resultados deste estudo, o custo de oportunidade  $w(p, H)$  já é considerado, inicialmente, em custo por unidades (pois, para obter o custo de oportunidade, utiliza-se a variável rendimento por hectare e não rendimento total), eliminando, portanto a necessidade dessa transformação das variáveis (equação 5) ao final da estimação.

## 3.2 ESTRATÉGIA DE ESTIMAÇÃO DO MODELO

### 3.2.1 Atividades agrícolas predominantes na Bacia

O objetivo desse trabalho é estimar a curva de oferta de serviços ambientais na Bacia Hidrográfica dos Rios Sorocaba e Médio Tietê, respeitando a diferença entre as principais atividades agrícolas da região de estudo.

Baseado na caracterização da Bacia Hidrográfica dos Rios Sorocaba e Médio Tietê, realizado pelo Comitê de Bacias Hidrográficas dos Rios Sorocaba e Médio Tietê – CBH-SMT (2000), a partir do Relatório de Situação e Caracterização Geral da Bacia Hidrográfica dos Rios Sorocaba e Médio Tietê, foram atualizados dados para as principais culturas agrícolas da região. Dentre as dezessete culturas apresentadas no Relatório, foram selecionadas onze culturas que serão analisadas neste estudo, cuja escolha se deve à maior representatividade na Bacia e também pela disponibilidade dos dados. Algumas culturas como ponkan, batata-doce e melancia, citadas no Relatório, não foram incluídas na análise deste estudo por apresentarem pouca representatividade atualmente na Bacia. Outras culturas como limão e olerícolas, cujas representatividades na Bacia eram em 2000, em torno de 1.892,6 e 12.330 hectares respectivamente, de acordo o Relatório, não foram consideradas no estudo pela falta de dados disponíveis para análise (TAB. 3).

A pastagem representa 43% da área rural da Bacia (SÃO PAULO, 2011), ou seja, tem uma grande representatividade na Bacia em relação às culturas agrícolas analisadas. No entanto, pela dificuldade de mensuração do rendimento proveniente das pastagens, este estudo concentra-se apenas na análise das culturas agrícolas. Geralmente, estudos de PSA que analisam o uso da pastagem utilizam como base de valoração o preço do arrendamento da terra na região. Outros estudos abordam o rendimento de atividades pecuárias de acordo com a sua predominância na região.

TABELA 3 - Principais culturas da Bacia e respectivas áreas plantadas (2010)<sup>5</sup>

Principais culturas	Médio	Médio	Baixo Sorocaba	Médio	Médio	Alto Sorocaba	Total	% da área rural da bacia
	Tietê Inferior (ha)	Tietê Médio (ha)		Sorocaba	Superior (ha)			
Arroz	164	70	82	22	0	10	<b>348</b>	<b>0,04%</b>
Batata	0	0	1.529	0	0	400	<b>1.929</b>	<b>0,22%</b>
Café	1.067	62	378	12	65	0	<b>1.584</b>	<b>0,18%</b>
Cana de açúcar	23.771	42.600	19.114	2.410	3.220	0	<b>91.115</b>	<b>10,40%</b>
Cebola	0	0	500	2	17	158	<b>677</b>	<b>0,08%</b>
Feijão	131	395	2.389	324	254	220	<b>3.713</b>	<b>0,42%</b>
Laranja	10.374	1.488	4.054	967	95	37	<b>17.015</b>	<b>1,94%</b>
Mandioca	1.029	206	860	226	16	75	<b>2.412</b>	<b>0,28%</b>
Milho	2.510	6.780	16.660	2.930	2.050	1.200	<b>32.130</b>	<b>3,67%</b>
Tomate	40	66	120	44	16	107	<b>393</b>	<b>0,04%</b>
Uva	0	973	33	33	76	0	<b>1.115</b>	<b>0,13%</b>
<b>Total</b>	<b>39.086</b>	<b>52.640</b>	<b>45.719</b>	<b>6.970</b>	<b>5.809</b>	<b>2.207</b>	<b>152.431</b>	<b>17,41%</b>

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2011).

As culturas agrícolas analisadas neste estudo representam 17,41% da área total da Bacia, ocupando uma extensão de 152.431 hectares. Dentre as principais culturas apresentadas na TAB. 3, observa-se que a cana de açúcar (10,4%), o milho (3,67%) e a laranja (1,94%) representam as maiores culturas, dentre as analisadas, em termos de área plantada.

A cana de açúcar tem maior concentração nas sub-bacias do Médio Tietê Inferior, Médio Tietê Médio e Baixo Sorocaba. A produção de milho se concentra mais na região do Médio Tietê Médio e Baixo Sorocaba enquanto a produção de laranja ocorre com maior intensidade no Médio Tietê Inferior.

A região do Alto Sorocaba é a que apresenta a menor área dentre as culturas consideradas. Cabe ressaltar que a sub-bacia do Alto Sorocaba é composta por apenas dois municípios (Ibiúna e Vargem Grande Paulista), enquanto as demais sub-bacias são compostas por cinco ou mais municípios.

Baseando-se na TAB. 3, é estimada a oferta de serviços ambientais para cada uma das culturas mais representativas da bacia, por exemplo, a curva de oferta de serviços ambientais da produção de cana de açúcar na Bacia.

<sup>5</sup> Dados sobre Lavoura Permanente e Lavoura Temporária, do IBGE coletados por município da Bacia e agregados por sub-bacias.

A decisão pela estimação da curva de oferta de serviços ambientais para cada cultura decorre do fato de que o modelo deve considerar uma região com características homogêneas, considerando-se ainda que cada cultura caracteriza-se por um rendimento distinto ao produtor. Por essa razão, a opção ocorre pela estimação de uma curva de oferta de serviços ambientais para cada cultura apresentada.

### 3.2.2 Práticas Agrícolas Consideradas

No presente estudo, a prática do tipo A é considerada como “prática que produz menos serviços ambientais”, enquanto a prática do tipo B classifica-se como “prática que produz mais serviços ambientais”. É calculada a média da área de matas e florestas (APP e RL) da Bacia e definidos os tipos de práticas da seguinte forma:

- i. Os municípios que se encontram abaixo da média da área de matas e florestas da Bacia são considerados do tipo A;
- ii. Os municípios cuja área de matas e florestas (APP e RL) apresentam-se maior ou igual à média da Bacia são considerados do tipo B.

Os dados referentes à área de matas e florestas<sup>6</sup> são obtidos por meio do Censo Agropecuário 2006, do IBGE.

O QUADRO 6 mostra a definição para a classificação das práticas agrícolas (A ou B) segundo critérios do modelo.

<b>Práticas</b>	<b>Área de matas e florestas</b>
<b>Tipo A</b> <b>(produz menos serviços ambientais)</b>	Área de mata menor do que a média da área de mata da Bacia.
<b>Tipo B</b> <b>(produz mais serviços ambientais)</b>	Área de mata maior do que a média da área de mata da Bacia.

QUADRO 6 - Classificação das práticas A e B.

Fonte: elaborado pela autora.

<sup>6</sup> Matas e/ou florestas - naturais destinadas à preservação permanente ou reserva legal - Área dos estabelecimentos agropecuários

### 3.2.3 Definição das variáveis chaves e respectivas fontes de dados

A seguir, é apresentada a descrição das variáveis que compõem o modelo, assim como a fonte de origem dos respectivos dados. Todas as variáveis são obtidas a partir de dados municipais, dos trinta e quatro municípios da Bacia, somados de forma a retornar um valor agregado para estimação dos resultados para a Bacia.

**Área total da Bacia ( $H$ ):** soma da área rural de todos os trinta e quatro municípios que compõem a Bacia. A variável é obtida a partir dos dados do LUPA – Levantamento de Unidades de Produção Agropecuária do Estado de São Paulo para os anos 2007/2008 (SÃO PAULO, 2011).

**Serviço Ambiental ( $e$ ):** partindo do modelo apresentado, o serviço ambiental relacionado aos recursos hídricos, neste caso a variável  $e$ , é mensurada a partir da variável área de matas e florestas obtidas pelo IBGE, a partir do Censo agropecuário de 2006. Os dados do IBGE são apresentados por município, sendo  $e$ , a soma das áreas de mata de todos os municípios (34) que compõem a Bacia.

Para obter a taxa média de serviços ambientais da Bacia –  $\bar{e}$  –, utilizada para a estimação do modelo, é dividida a área de mata da bacia ( $e$ ) pela área rural total da mesma ( $H$ ), ou seja,  $\bar{e}$  é igual a  $\frac{e}{H}$ . Ou seja, a taxa média de serviços ambientais da Bacia ( $\bar{e}$ ) representa a taxa de serviço ambiental obtida com a adoção da prática B.

**Retorno das Práticas ( $v$ ):** para a obtenção do retorno das práticas, é calculado o rendimento de cada atividade agrícola, considerando-se a fórmula básica: Rendimento = (Preço x Quantidade) – Custo de produção. Todos os dados são obtidos por município e depois agregados por meio de um somatório para a Bacia. Cada atividade agrícola (produção de milho, café, uva, etc.) pode ser desenvolvida empregando as práticas A ou B. Portanto, calcula-se o retorno de cada prática ( $v(p, H, A)$  ou  $v(p, H, B)$ ) para cada atividade agrícola. Como exemplo, temos o rendimento da produção de milho para os produtores que adotam a prática A ( $v(p, H, A)$ ) e o rendimento da produção de milho para os que adotam a prática B ( $v(p, H, B)$ ).

As variáveis são obtidas por meio de fontes estatísticas oficiais, tais como Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada - CEPEA, Instituto de Economia Agrícola - IEA, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, Levantamento

Censitário das Unidades de Produção Agropecuária do Estado de São Paulo - LUPA e Anuário da Agricultura Brasileira - Agriannual (QUADRO 7), todos referentes ao ano de 2010.

Variável	Fonte	Mensuração
Preço	IEA e CEPEA	É considerada a média dos preços mensais/semanais dos produtos agrícolas, de 2010, deflacionados pelo IGP-DI (base dezembro/2010), calculado pela FGV e disponibilizado pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA, por meio do portal IPEADATA, para cada produto.
Quantidade produzida	IBGE – dados municipais	São coletados os dados de produção de cada cultura, para cada município da Bacia (34), para o ano 2010.
Custo de produção	Agriannual	Os dados de custo de produção são obtidos por cultura, para o ano 2010.

QUADRO 7 - Fonte de dados para cálculo dos rendimentos para as principais culturas da Bacia.

Fonte: elaborado pela autora.

**Custo de Oportunidade da Mudança de Práticas ( $w$ ):** é a diferença entre os rendimentos das práticas A e B para cada atividade agrícola. A partir da média e da variância dos rendimentos das práticas A e B (ver nota de rodapé 3, pág. 51), é determinada a média e o desvio padrão de  $w$ , os quais determinarão o intervalo e o formato da curva de distribuição espacial de  $w$  ( $\varphi(w)$ ).

### 3.3 ESTIMAÇÃO DOS RESULTADOS

A proposta deste estudo é que, no caso da estimativa do valor do PSA, o produtor rural receba um pagamento correspondente ao custo de oportunidade em manter a área de mata (APP e/ou RL) na propriedade (R\$/ha/ano).

A oferta de serviços ambientais é estimada a partir da média e da variância dos rendimentos das principais culturas da Bacia. Dessa forma, é estimada uma curva de oferta de serviços ambientais para cada cultura: café, milho, feijão, laranja, uva, tomate, batata, cebola, arroz, cana de açúcar e mandioca.

No modelo proposto neste trabalho a unidade de quantificação do serviço ambiental é considerada em hectares de serviço ambiental, ou seja, hectares de mata ou florestas. Essa classificação, em hectares de serviço ambiental, também é adotada por Antoniazzi (2008), que utilizou a mesma metodologia em seu estudo. Outra característica similar ao modelo proposto por Antoniazzi (2008), que difere do modelo de Antle e Valdivia (2006), é o cálculo da média e do desvio padrão a partir de dados de rendimento das práticas e não da produtividade das mesmas.

Inicialmente, considerando que o rendimento de ambas as práticas (A e B) segue uma distribuição normal, então a curva da distribuição espacial do custo de oportunidade da mudança de práticas  $\varphi(w)$ , que é a diferença entre o valor esperado dos rendimentos de A e B, também terá o formato de uma distribuição normal. Obtendo a média e o desvio padrão de  $w$  (ver nota de rodapé 3, pág. 51) é possível calcular a função densidade de probabilidade – fdp do custo de oportunidade.

Em seguida, é calculada a função de distribuição acumulada – *fda*, para a variável  $w$  (EQUAÇÃO 3), de menos infinito a zero, obtendo como resultado a proporção dos produtores que adotam a prática B, ou seja, que possuem o custo da mudança de práticas negativo ( $w < 0$ ).

Assim, o próximo passo é o cálculo da oferta inicial de serviços ambientais (EQUAÇÃO 4) e, em seguida, da oferta final (EQUAÇÃO 6), onde é somado ao valor da oferta inicial o valor da oferta adicional estimulada pelo pagamento.

Entretanto, cabe ressaltar que, como se trata da análise de uma mesma atividade agrícola, classificada como tipo A e B, os rendimentos destas devem ser altamente correlacionados. Dessa forma, como recomendado por Antle e Valdivia (2006) e Antoniazzi (2008), considera-se a correlação de 0,90 entre as variáveis para a estimativa da variância de  $w$ . Tal correlação pode interferir nos resultados, portanto, é realizada uma análise de sensibilidade para verificar as alterações que a variação da correlação pode provocar na curva de oferta de serviços ambientais. Essa análise é realizada com base em Antle & Valdivia (2006) e Antoniazzi (2008), para três valores de correlação distintos: 0,90; 0,95 e 0,99.

Segundo a teoria, na produção de determinada cultura é possível utilizar dois tipos de práticas, a convencional e a conservacionista. Neste caso, cada prática deve apresentar um rendimento diferente ao produtor e a diferença entre os rendimentos caracteriza o custo da mudança de práticas a partir do qual é estimado o valor do PSA. No entanto, os dados utilizados neste estudo permitem classificar os municípios como (A) área de mata abaixo da média da Bacia ou (B) área de mata acima da média da Bacia, ou seja, um município pode ser classificado apenas como A ou apenas como B. Assim, essa forma de classificação não permite o cálculo da correlação entre os rendimentos dos municípios do tipo A e B. Por essa razão, a análise de sensibilidade com a variação dos valores da correlação é baseada na literatura.

Os resultados são estimados a partir de métodos estatísticos básicos, utilizando a média e o desvio padrão dos rendimentos de cada cultura, conforme exige o modelo de Antle & Valdivia (2006). Toda a análise estatística é realizada no *Microsoft Office Excel*, versão 2007.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 ANÁLISE DA REGIÃO

A Bacia dos Rios Sorocaba e Médio Tietê ocupa uma área de 11.827,824 km<sup>2</sup>. Considerando os trinta e quatro municípios que possuem sede dentro de seu limite territorial, há um total de 21.107 propriedades rurais localizadas nessa região, ocupando uma área de 875.765,9 hectares, as quais correspondem a 74% da área da Bacia. A área de mata representa 4% da área total da Bacia e 5% da área rural da Bacia, o que corresponde a 47.858 hectares. Apenas 16% das propriedades rurais da região possuem área de mata dentro de seus limites territoriais.

Observando a TAB. 4, verifica-se que as sub-bacias Médio Tietê Inferior, Médio Tietê Médio e Baixo Sorocaba possuem maior quantidade de propriedades rurais e, conseqüentemente, abrangem a maior área rural da Bacia. No entanto, as sub-bacias Médio Sorocaba, Médio Tietê Superior e Alto Sorocaba possuem mais de 20% das propriedades com área de mata, enquanto nas demais sub-bacias as propriedades que possuem área de mata representam de 9% a 16%. Apenas as sub-bacias Médio Tietê Inferior e Alto Sorocaba apresentam proporção de área de mata a partir de 10%.

TABELA 4 - Área, em hectares, das propriedades rurais e de mata nos municípios da Bacia Hidrográfica dos Rios Sorocaba e Médio Tietê.

Sub-bacias	Municípios	Propriedade		Mata			
		Nº propriedades	Área rural total	Nº propriedades	Área de APP e reserva legal	% de propriedades da Sub-Bacia com mata	% área de mata em relação à área rural da Sub-Bacia
Médio Tietê	Anhembi	522	63.763,2	107	3.141	2,1%	0,9%
	Bofete	550	48.874,4	101	3.979	2,0%	1,2%
	Botucatu	1.133	133.534,9	157	6.955	3,0%	2,0%
	Conchas	1.141	42.182,3	79	803	1,5%	0,2%
	Pereiras	838	20.525,0	26	90	0,5%	0,0%
	Porangaba	793	23.786,0	258	928	5,0%	0,3%
	Torre de Pedra	197	6.701,2	100	206	1,9%	0,1%
	<b>Subtotal</b>	<b>5.174</b>	<b>339.367</b>	<b>828</b>	<b>16.102</b>	<b>16%</b>	<b>5%</b>
Médio Tietê	Boituva	545	19.571,6	82	298	2,3%	0,3%
	Cerquilha	579	12.168,8	16	51	0,5%	0,0%
	Jumirim	273	5.156,7	20	58	0,6%	0,1%
	Porto Feliz	1.013	42.408,8	104	791	3,0%	0,7%
	Tietê	1.108	36.657,8	99	676	2,8%	0,6%
	<b>Subtotal</b>	<b>3.518</b>	<b>115.963,7</b>	<b>321</b>	<b>1.874</b>	<b>9%</b>	<b>2%</b>
Baixo Sorocaba	Alambari	252	16.852,8	59	1.037	0,7%	0,4%
	Capela do Alto	422	17.433,3	122	930	1,4%	0,4%
	Cesário Lange	817	20.925,2	7	118	0,1%	0,0%
	Laranjal Paulista	1.580	36.751,3	92	421	1,1%	0,2%
	Piedade	2.843	47.685,4	578	4.642	6,8%	1,9%
	Quadra	568	18.959,4	89	463	1,0%	0,2%
	Salto de Pirapora	445	21.967,9	88	1.832	1,0%	0,7%
	Sarapuí	552	27.700,9	108	996	1,3%	0,4%
	Tatuí	1.016	38.103,3	211	1.273	2,5%	0,5%
	<b>Subtotal</b>	<b>8.495</b>	<b>246.379,5</b>	<b>1.354</b>	<b>11.712</b>	<b>16%</b>	<b>5%</b>
Médio Sorocaba	Alumínio	25	7.577,8	6	137	0,4%	0,2%
	Araçoiaba da Serra	388	13.257,4	144	1.401	9,8%	2,2%
	Iperó	332	11.547,3	21	124	1,4%	0,2%
	Mairinque	202	5.395,3	58	938	4,0%	1,4%
	Sorocaba	453	13.433,1	71	633	4,9%	1,0%
	Votorantim	63	13.821,3	8	107	0,5%	0,2%
	<b>Subtotal</b>	<b>1.463</b>	<b>65.032,2</b>	<b>308</b>	<b>3.340</b>	<b>21%</b>	<b>5%</b>
Médio Tietê	Araçariguama	16	1.586,8	5	62	0,5%	0,1%
	Cabreúva	223	23.021,7	69	3.093	6,7%	4,7%
	Itu	430	29.168,1	60	1.926	5,8%	3,0%
	Salto	158	5.743,2	24	442	2,3%	0,7%
	São Roque	206	5.627,3	109	1.031	10,6%	1,6%
	<b>Subtotal</b>	<b>1.033</b>	<b>65.147,1</b>	<b>267</b>	<b>6.554</b>	<b>26%</b>	<b>10%</b>
Alto Sorocaba	Ibiúna	1.378	43.348,4	300	8.258	21,1%	18,8%
	Vargem Grande Paulista	46	528,0	4	18	0,3%	0,0%
	<b>Subtotal</b>	<b>1.424</b>	<b>43.876,4</b>	<b>304</b>	<b>8.276</b>	<b>21%</b>	<b>19%</b>
	<b>TOTAL</b>	<b>21.107</b>	<b>875.765,9</b>	<b>3.382</b>	<b>47.858</b>	-	-
	<b>MEDIA</b>	<b>621</b>	<b>25.758</b>	<b>99</b>	<b>1.408</b>	<b>16%</b>	<b>5%</b>

Fonte: elaborado pela autora a partir de dados do LUPA 2007/2008 (SÃO PAULO (ESTADO)) para área de propriedades rurais e do Censo Agropecuário 2006 (IBGE, 2011) para área de mata.

As sub-bacias Médio Tietê Inferior, Baixo Sorocaba e Médio Tietê Médio são as que apresentam maior proporção de área rural na Bacia, no entanto, apenas as sub-bacias Médio Tietê Inferior e Baixo Sorocaba se destacam apresentando maior proporção de mata na Bacia (TAB. 5). A TAB. 5 mostra também que a sub-bacia Alto Sorocaba constituída por apenas dois municípios (Ibiúna e Vargem Grande Paulista) apresenta 17% da área de mata, em contraste com apenas 5% de área rural da Bacia.

TABELA 5 – Área rural e área de mata em hectares e proporção de área rural e mata em relação à área total das sub-bacias.

<b>Sub-bacias</b>	<b>Área rural</b>	<b>Área de mata</b>	<b>% área rural em relação à área rural total da Bacia</b>	<b>% área de mata em relação à área total de mata da Sub-bacia</b>
Médio Tietê inferior	339.367	16.102	39%	34%
Médio Tietê Médio	115.963,7	1.874	13%	4%
Baixo Sorocaba	246.379,5	11.712	28%	24%
Médio Sorocaba	65.032,2	3.340	7%	7%
Médio Tietê Superior	65.147,1	6.554	7%	14%
Alto Sorocaba	43.876,4	8.276	5%	17%
<b>Total</b>	<b>875.766</b>	<b>47.858</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Fonte: elaborado pela autora a partir de dados do LUPA 2007/2008 (SÃO PAULO (ESTADO)) para área de propriedades rurais e do Censo Agropecuário 2006 (IBGE, 2011) para área de mata.

Considerando o modelo proposto neste estudo, os municípios são classificados em A ou B, tendo como parâmetro de classificação a extensão da área de mata em cada um deles. Assim, considerando a área média de mata da Bacia – 1.408 hectares – os municípios que apresentam área de mata acima da média são classificados como Be os demais são classificados como A. Os municípios classificados como tipo B são potenciais ofertantes de serviços ambientais, ou seja, são aqueles que ofertam serviço ambiental acima da média da Bacia. Sabendo-se que o serviço ambiental ( $e$ ) é representado pela área de mata na Bacia, a taxa média de serviço ambiental ofertada na Bacia ( $\bar{e}$ ) é obtida dividindo-se a área total de mata da Bacia pela área total rural da

Bacia, que neste caso é 0,05 ha de mata/ha de área rural ( $\bar{e} = \frac{e}{H}$ ). Tal valor (0,05) representa a taxa média de serviço ambiental ofertada atualmente na Bacia.

Analisando a classificação dos municípios em A ou B, a maioria dos municípios classifica-se como tipo A (QUADRO 8), ou seja, possuem uma área com cobertura florestal abaixo da média calculada para a Bacia. Apenas oito municípios são classificados como tipo B, apresentando, no mínimo 1.832 hectares e, no máximo, 8.258 hectares de mata. A maior área de mata é registrada no município de Ibiúna, localizada na sub-bacia Alto Sorocaba.

<b>Média - Área de APP e Reserva Legal</b>		<b>1408 ha de mata (media da Bacia)</b>
<b>Municípios</b>		
<b>A (área de mata abaixo da media da Bacia)</b>		<b>B (área de mata acima da media da Bacia)</b>
Alambari	Pereiras	Anhembi
Alumínio	Porangaba	Bofete
Araçariguama	Porto Feliz	Botucatu
Araçoiaba da Serra	Quadra	Cabreúva
Boituva	Salto	Ibiúna
Capela do Alto	São Roque	Itu
Cerquillo	Sarapuí	Piedade
Cesário Lange	Sorocaba	Salto de Pirapora
Conchas	Tatuí	
Iperó	Tietê	
Jumirim	Torre de Pedra	
Laranjal Paulista	Vargem Grande Paulista	
Mairinque	Votorantim	

QUADRO 8 - Classificação dos municípios das Bacias em tipo (A) e tipo (B)

Fonte: elaborado pela autora.

No que se refere às culturas agrícolas da Bacia Hidrográfica dos Rios Sorocaba e Médio Tietê analisadas neste estudo a TAB. 6 apresenta a média dos rendimentos das culturas, bem como a variância e o desvio padrão.

TABELA 6 - Média, variância e desvio padrão dos rendimentos (R\$/ha) de cada cultura.

		<b>Média</b>	<b>Variância</b>	<b>Desvio Padrão</b>
<b>Café</b>	<b>A</b>	1.963,82	1.070.636,63	1.034,72
	<b>B</b>	1.915,98	60.029,51	245,01
<b>Milho</b>	<b>A</b>	271,53	8.492,59	92,16
	<b>B</b>	226,00	2.241,55	47,35
<b>Feijão</b>	<b>A</b>	1.685,63	428.643,80	654,71
	<b>B</b>	1.596,09	117.980,96	343,48
<b>Laranja</b>	<b>A</b>	2.278,77	377.838,77	614,69
	<b>B</b>	2.365,81	1.368.665,74	1.169,90
<b>Tomate</b>	<b>A</b>	29.638,66	229.723.143,76	15.156,62
	<b>B</b>	32.740,48	378.634.176,51	19.458,52
<b>Cebola</b>	<b>A</b>	7.546,48	21.566.600,38	4.643,99
	<b>B</b>	7.873,01	760.833,44	872,26
<b>Batata</b>	<b>A</b>	5.589,46	1.045.286,55	1.022,39
	<b>B</b>	4.980,34	326.126,75	571,08
<b>Uva</b>	<b>A</b>	45.258,92	914.890.280,45	30.247,15
	<b>B</b>	50.956,28	272.165.032,35	16.497,43
<b>Arroz</b>	<b>A</b>	549,97	61.252,17	247,49
	<b>B</b>	604,74	29.470,19	171,67
<b>Cana</b>	<b>A</b>	795,13	48.794,18	220,89
	<b>B</b>	664,98	20.512,90	143,22
<b>Mandioca</b>	<b>A</b>	188,07	5.800,37	76,16
	<b>B</b>	244,79	13.695,43	117,03

Fonte: elaborado pela autora.

Os dados são calculados a partir do rendimento por hectare de cada cultura.

Os valores da média, variância e desvio padrão do rendimento apresentam-se consideravelmente maiores para as culturas de uva e tomate em comparação com as demais culturas. Isso mostra que essas duas culturas apresentam um alto rendimento e produtividade na região de estudo e, conseqüentemente, influenciam o custo de oportunidade do produtor que é o fator crucial para a sua decisão na escolha do tipo de manejo da terra.

Como mostra a TAB. 6, apenas no caso do café, milho, feijão e da cana, a média do rendimento para a prática B é menor que a média do rendimento para a prática A. Para as demais culturas, as médias dos rendimentos de B apresentam-se maiores que as

médias de A. A partir desses resultados é possível supor que, com exceção das quatro culturas – café, milho, feijão e cana - nas demais culturas, o produtor obtém maior vantagem com a adoção da prática B.

Nas seções seguintes são apresentados os resultados da curva de oferta de serviços ambientais e da distribuição do custo de mudança de práticas para cada cultura.

## 4.2 CAFÉ

A FIG. 7 mostra a distribuição do custo da mudança de práticas, ou seja, a função densidade de probabilidade da mudança da prática A para a prática B na produção de café, com  $w$  no intervalo entre -2.416 e 2.511. O intervalo de  $w$  é calculado a partir de sua média e desvio padrão (de  $-3*\sigma$  a  $3*\sigma$ ).

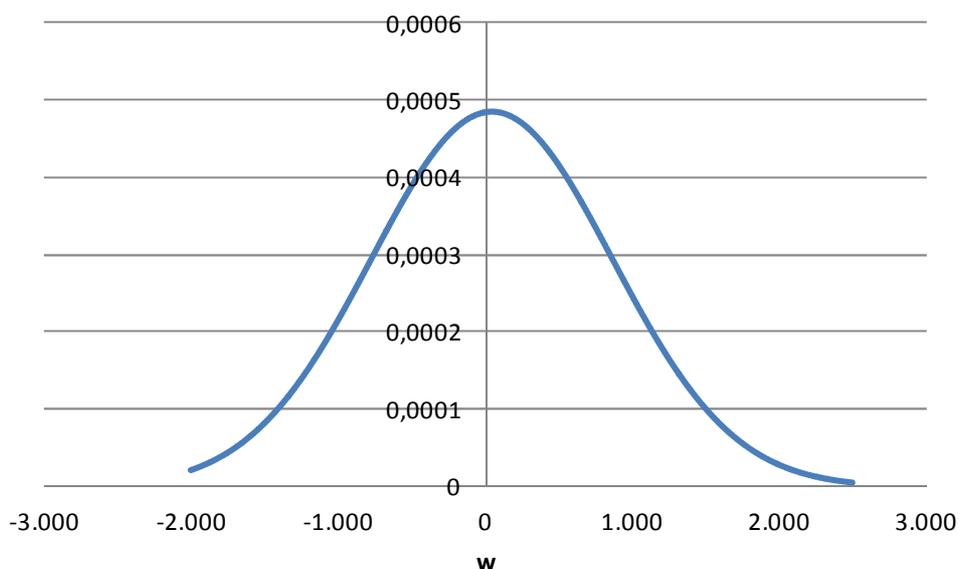


FIGURA 7 - Função densidade de probabilidade do custo de mudança de práticas A para B para a produção de café, na Bacia dos Rios Sorocaba e Médio Tietê.

Fonte: resultados da pesquisa.

Os resultados mostram que a média dos rendimentos para a mudança de práticas de A para B, no caso de café, é positivo (47,84), ou seja, os produtores de café da Bacia obtêm em média maior vantagem econômica ao adotar a prática A e precisariam de um incentivo para adotar uma prática que produza mais serviços ambientais. O custo de

oportunidade representado pela diferença de rendimentos para a mudança de práticas corresponde a aproximadamente 2% do valor da prática (A) considerada a mais rentável para a produção de café. O desvio padrão apresenta um valor de 821,18.

A partir da função densidade de probabilidade de  $w$  é derivada a curva de oferta de serviço ambiental para café, apresentada na FIG. 8.

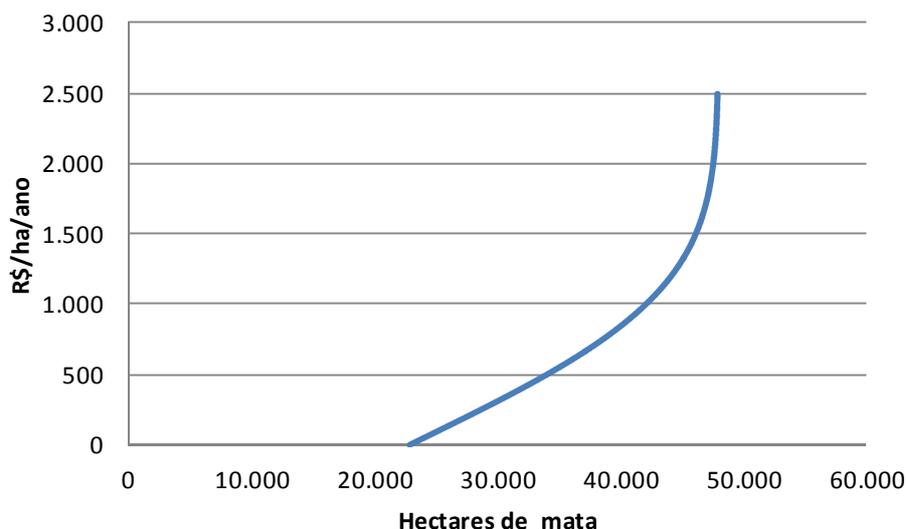


FIGURA 8 - Curva de oferta de serviços ambientais da produção de café na Bacia dos Rios Sorocaba e Médio Tietê.

Fonte: resultados da pesquisa.

Os resultados mostram que, por exemplo, com uma área de mata de 40.000 hectares na Bacia, a remuneração compatível com o custo de oportunidade da mudança de práticas equivale a um valor em torno de R\$750,00 por hectare de mata ao ano. Conforme a área de mata se aproxima da área existente atualmente na Bacia (47.858 hectares), a remuneração equivalente é em torno de R\$2.000,00 por hectare ao ano.

Pelo fato do serviço ambiental considerado neste estudo representar uma proporção (hectares de mata/hectares de área rural da Bacia) do que existe de mata na Bacia, as curvas de oferta resultantes do modelo de estimação vão se mostrar mais inelásticas à medida que o valor da oferta de serviços ambientais (eixo X – hectares de mata) se aproximar do valor atual de área de mata existente (47.858 hectares). Dessa forma, a interpretação da curva mostra o quanto a área atual de mata da Bacia

corresponde em termos de custo de oportunidade para cada cultura e como o respectivo custo se comporta ao longo da curva.

Dessa forma, o valor correspondente como remuneração pela oferta de serviço ambiental existente atualmente seria o valor a partir do qual a curva começa a se tornar inelástica. Assim, para que um incentivo financeiro possa contribuir para o aumento da oferta de serviços ambientais a partir do nível atual existente, o ofertante de serviços ambientais deveria ser remunerado com um valor identificado a partir do momento que a curva começa a se tornar inelástica.

A partir da FIG. 8 também é possível observar que o rendimento atual do produtor de café é compatível com a conservação de uma área de aproximadamente 20.000 hectares de mata, ou seja, teoricamente, sem o PSA e baseado no rendimento da produção de café, seria possível manter uma área em torno de apenas 20.000 hectares de mata na Bacia. Quantidades adicionais ofertadas de mata poderiam ser estimuladas com pagamento ao produtor.

Os resultados apresentados anteriormente são obtidos considerando-se o valor 0,90 para a correlação entre as práticas A e B. Para verificar como a alteração do valor da correlação pode interferir nos resultados, é realizada uma análise de sensibilidade (FIG. 9) com três valores de correlação.

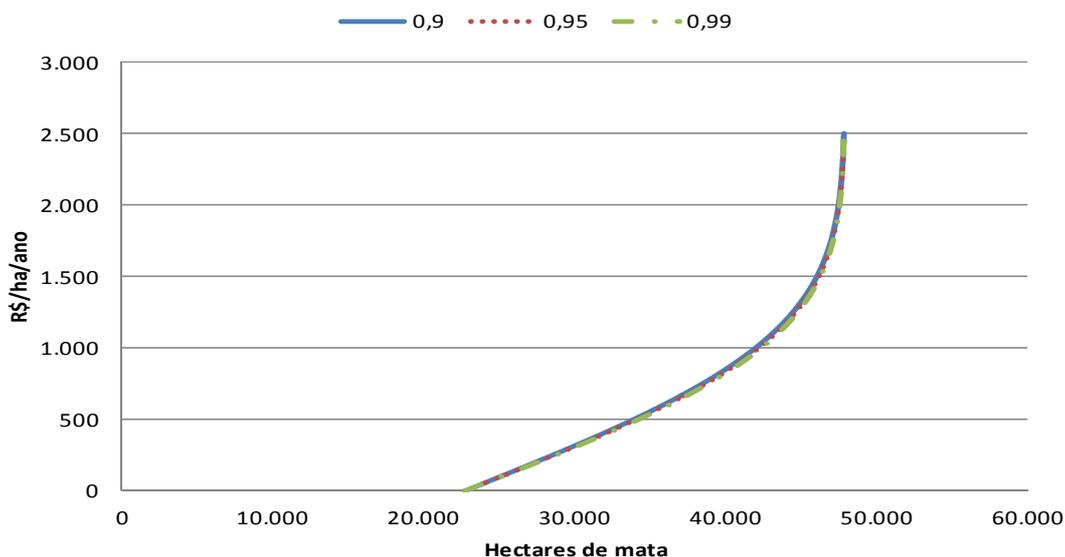


FIGURA 9 - Análise de sensibilidade para três valores de correlação entre a prática A e B da produção de café na Bacia dos Rios Sorocaba e Médio Tietê.

Fonte: resultados da pesquisa.

Conforme mostra a FIG.9, as curvas de oferta de serviços ambientais apresentam-se praticamente sobrepostas. Uma explicação para isso seria em razão da pequena diferença (47,84, que corresponde a 2% do rendimento da prática A) entre os rendimentos das práticas A e B, supondo-se que no caso do café, os rendimentos entre as duas práticas apresentam pouca diferença para a região de estudo. Dessa forma, a variação da correlação apresenta pouco ou quase nenhuma alteração nas curvas de oferta de serviços ambientais.

O valor do PSA estimado para a produção de café (R\$2.000/ha de mata/ano) aproxima-se do valor estimado a partir do rendimento da atividade leiteira no município de São José dos Campos, que foi em torno de R\$1.424/ha de mata/ano (VEIGA; GAVALDÃO, 2011).

#### 4.3 MILHO

A FIG. 10 apresenta a distribuição do custo de oportunidade da mudança de práticas, ou seja, a função densidade de probabilidade da mudança da prática A para a prática B na produção de milho, como intervalo de  $w$  entre -115 e 207.

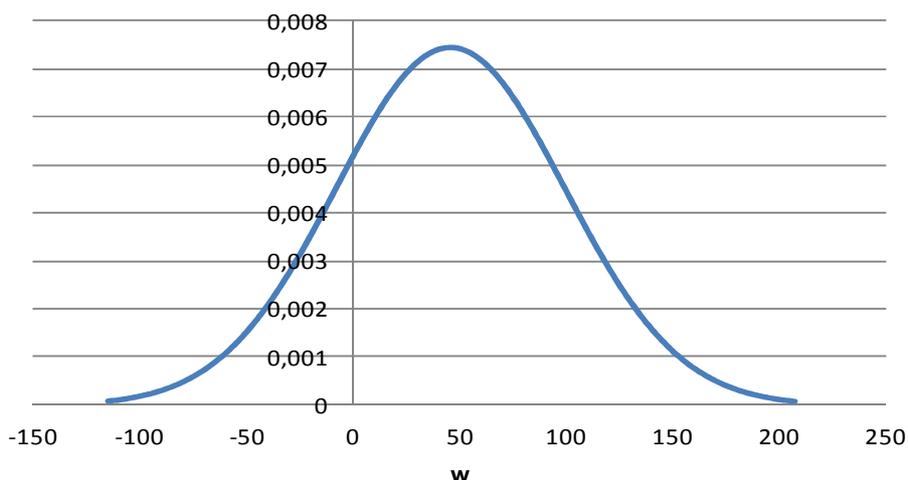


FIGURA 10 - Função densidade de probabilidade do custo de mudança de práticas A para B para a produção de milho, na Bacia dos Rios Sorocaba e Médio Tietê.

Fonte: resultados da pesquisa.

Os resultados mostram que a média dos rendimentos para a mudança de práticas de A para B, no caso de milho, é positivo (45,52), o que neste caso, indica que o produtor de milho da Bacia em média obtém um retorno maior quando adota a prática A. Esse valor representa o custo de oportunidade para a mudança de práticas na produção de milho, o qual corresponde a aproximadamente 17% do valor da prática (A) que apresenta maior rentabilidade na produção de milho.

A partir da função densidade de probabilidade de  $w$  é derivada a curva de oferta de serviço ambiental para milho apresentada na FIG. 11.

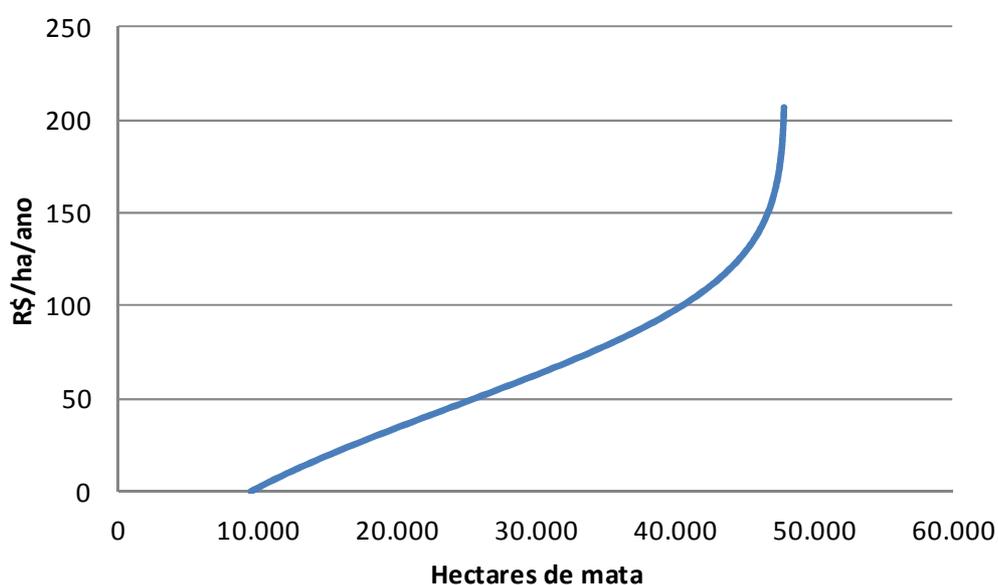


FIGURA 11 - Curva de oferta de serviços ambientais da produção de milho na Bacia dos Rios Sorocaba e Médio Tietê.

Fonte: resultados da pesquisa.

Os resultados mostram que, por exemplo, com uma área de mata de cerca de 40.000 hectares na Bacia, a remuneração compatível com o custo de oportunidade da mudança de práticas equivale a um valor em torno de R\$100,00 por hectare de mata ao ano. Conforme a área de mata se aproxima da área existente atualmente na Bacia (47.858 hectares), a remuneração equivalente é em torno de R\$200,00 por hectare ao ano.

No caso da produção de milho, a oferta inicial de serviços ambientais, ou seja, a oferta correspondente ao rendimento da produção e sem nenhum pagamento é de 9.484 hectares de mata. Esse valor é menor do que o valor da oferta inicial apresentada na produção de café. Essa diferença pode estar relacionada com o rendimento da produção que, no caso do milho, apresenta valores menores do que o café. Além disso, em relação ao rendimento da prática (A), o custo de oportunidade da mudança de práticas para o milho é maior (17%) que o do café (2%).

Esses resultados consideram o valor 0,90 para a correlação entre as práticas A e B. A análise de sensibilidade (FIG. 12) mostra o comportamento da curva com três valores alternativos de correlação.

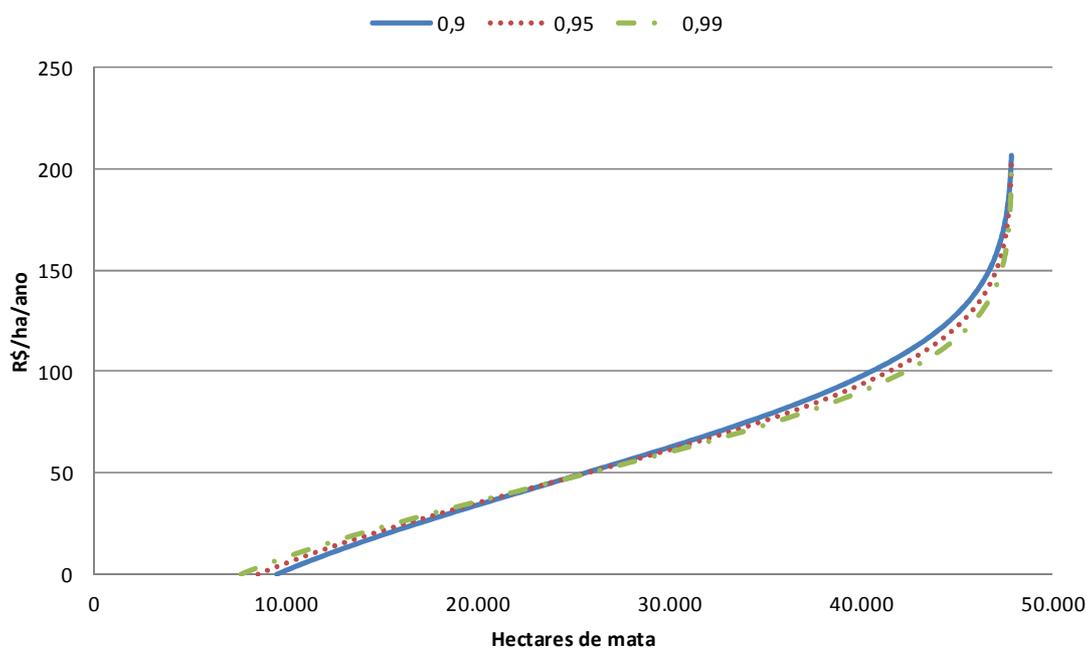


FIGURA 12 - Análise de sensibilidade para três valores de correlação entre a prática A e B da produção de milho na Bacia dos Rios Sorocaba e Médio Tietê.

Fonte: resultados da pesquisa.

Conforme mostra a FIG.12, a curva de oferta de serviços ambientais se desloca para a direita à medida que a correlação aumenta, apesar do deslocamento ser bem pequeno. Esse resultado está em conformidade com os resultados da análise de sensibilidade apresentada por Antle & Valdivia (2006) e Antoniazzi (2008). À medida

que a correlação aumenta entre A e B o valor do custo de oportunidade da mudança de práticas correspondente a determinada oferta de serviços ambientais diminui, ou seja, quanto maior a correlação entre os rendimentos das práticas A e B, menor a diferença entre os mesmos.

#### 4.4 FEIJÃO

A FIG. 13 mostra a distribuição do custo da mudança de práticas, ou seja, a função densidade de probabilidade da mudança da prática A para a prática B na produção de feijão, com  $w$  no intervalo entre -1.040 a 1.219.

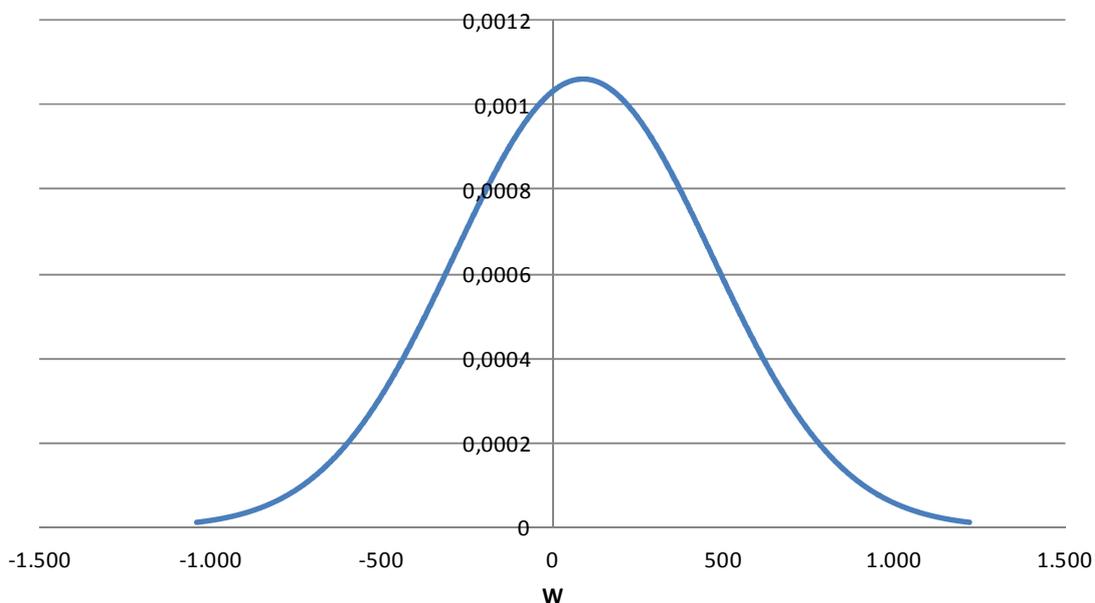


FIGURA 13 - Função densidade de probabilidade do custo de mudança de práticas A para B para a produção de feijão, na Bacia dos Rios Sorocaba e Médio Tietê.

Fonte: resultados da pesquisa.

Os resultados mostram que a média dos rendimentos para a mudança de práticas de A para B, no caso de feijão, é positivo (89,54), semelhante ao caso da produção de milho e café, em que o produtor obtém um rendimento maior com a escolha da prática A, porém a média do rendimento da produção de feijão apresenta um valor maior comparado às duas culturas anteriores. Isso indica que existe uma diferença maior nos rendimentos das práticas A e B, no entanto, essa diferença que corresponde ao custo de

oportunidade da mudança de práticas representa aproximadamente 5% do rendimento com a prática (A) na produção de feijão, menor que na produção do milho (17%) e maior que na produção de café (2%).

A partir da função densidade de probabilidade de  $w$  é derivada a curva de oferta de serviço ambiental para feijão apresentada na FIG. 14.

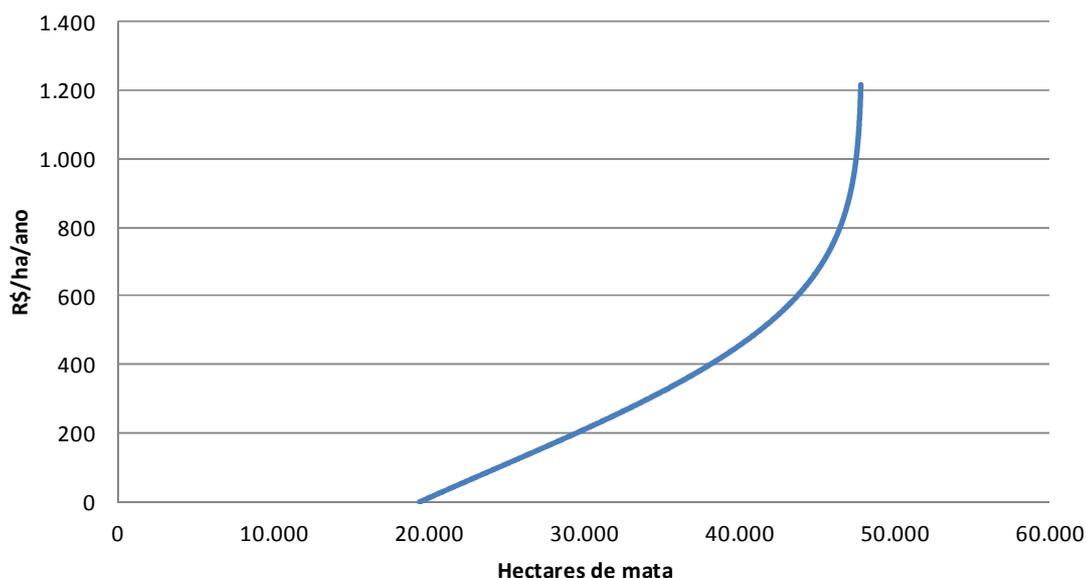


FIGURA 14 - Curva de oferta de serviços ambientais da produção de feijão na Bacia dos Rios Sorocaba e Médio Tietê.

Fonte: resultados da pesquisa.

Os resultados mostram que, por exemplo, com uma área de mata de 30.000 hectares na Bacia, a remuneração compatível com o custo de oportunidade da mudança de práticas equivale a um valor em torno de R\$200,00 por hectare de mata ao ano. Conforme a área de mata se aproxima da área existente atualmente na Bacia (47.858 hectares), a remuneração equivalente é em torno de R\$1.000,00 por hectare ao ano.

Em comparação com a produção de café e milho, o feijão apresentou um valor de PSA maior que o valor estimado para milho e próximo, porém menor, do que o valor estimado para o café.

Observando a FIG. 14, é possível verificar ainda que o valor da oferta inicial de serviços ambientais apresenta-se em torno de 19.432 hectares de mata. Esse valor é maior que a oferta inicial da produção de milho, porém, é menor do que o valor da produção de café. Esses resultados apresentados são obtidos considerando-se o valor 0,90 para a correlação entre as práticas A e B. Para verificar como a alteração do valor da correlação pode interferir nos resultados, foi realizada uma análise de sensibilidade (FIG. 15) com três valores de correlação.

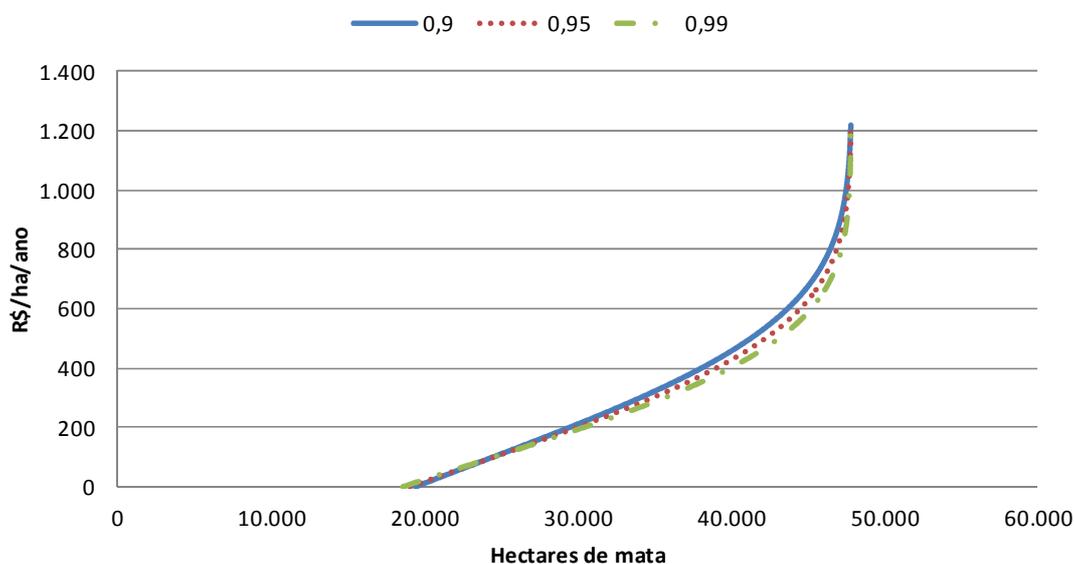


FIGURA 15 - Análise de sensibilidade para três valores de correlação entre a prática A e B da produção de feijão na Bacia dos Rios Sorocaba e Médio Tietê.

Fonte: resultados da pesquisa.

Conforme mostra a FIG.15, a curva de oferta de serviços ambientais também se desloca no sentido horário à medida que a correlação aumenta. Esse resultado está em conformidade com os resultados esperados.

#### 4.5 LARANJA

A FIG. 16 mostra a distribuição do custo da mudança de práticas, ou seja, a função densidade de probabilidade da mudança da prática A para a prática B na produção de laranja, com  $w$  no intervalo entre -2.104 e 1.930.

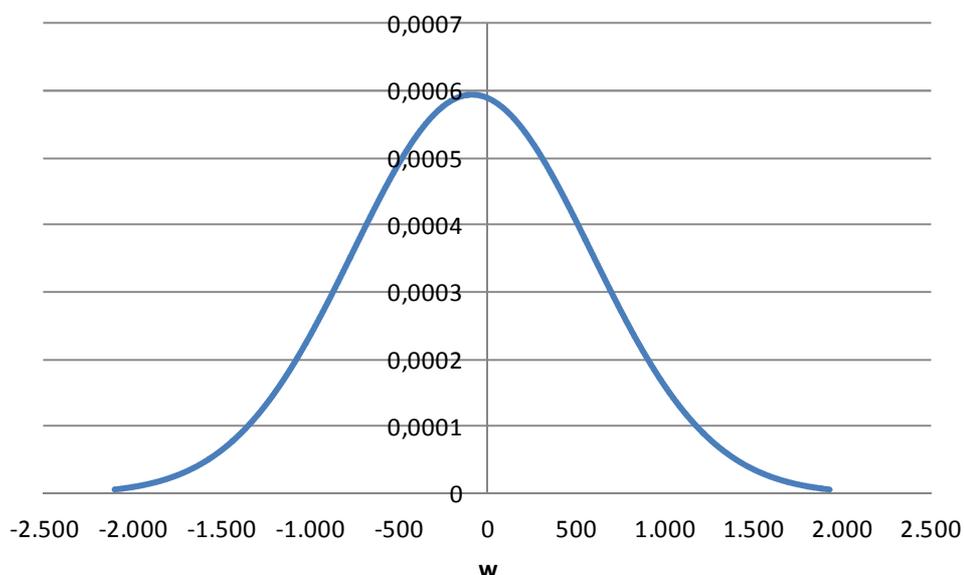


FIGURA 16 - Função densidade de probabilidade do custo de mudança de práticas A para B para a produção de laranja, na Bacia dos Rios Sorocaba e Médio Tietê.

Fonte: resultados da pesquisa.

Os resultados mostram que a média dos rendimentos para a mudança de práticas de A para B, para laranja, também é negativo (-87,04), ou seja, os produtores de laranja da Bacia obtêm um retorno maior com a escolha da prática B. Nesse caso, os produtores já estão adotando a prática B, em sua maioria, em função do maior rendimento proporcionado por essa prática. Dessa forma, já são propensos a ofertar serviço ambiental, mesmo sem a existência de um PSA.

A partir da função densidade de probabilidade de  $w$  é derivada a curva de oferta de serviço ambiental para laranja apresentada na FIG. 17.

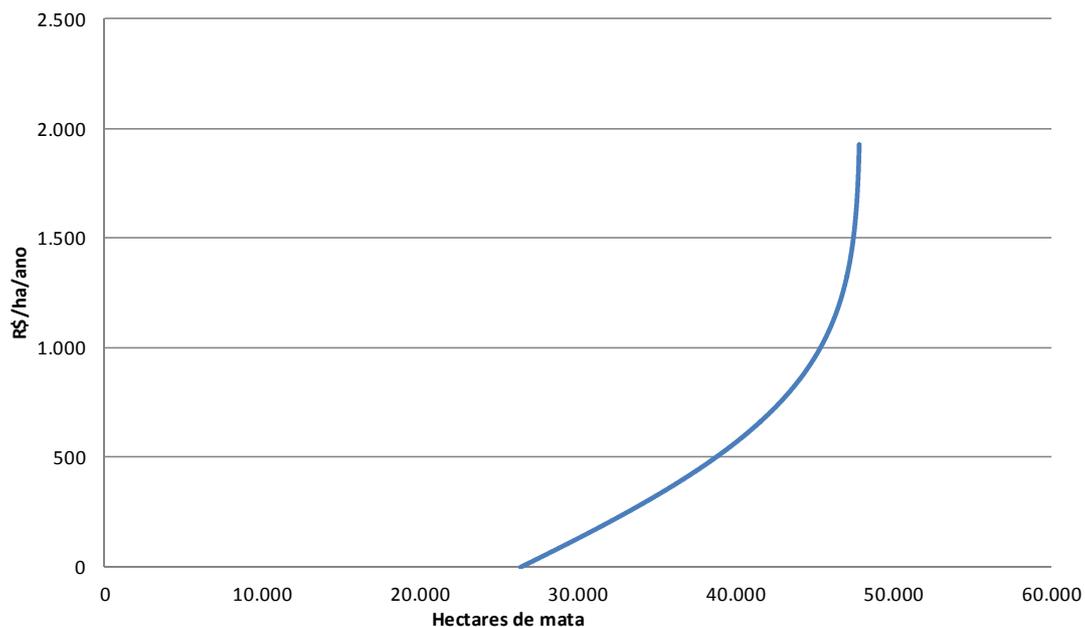


FIGURA 17 - Curva de oferta de serviços ambientais da produção de laranja na Bacia dos Rios Sorocaba e Médio Tietê.

Fonte: resultados da pesquisa.

No caso da laranja, os resultados mostram que a área de mata existente atualmente na Bacia (47.858 hectares) é equivalente a um custo de oportunidade em torno de R\$1.500,00 por hectare ao ano (FIG. 17). Esse valor de PSA é maior do que o valor estimado para as produções de milho e feijão, porém, ainda menor do que o valor estimado para a produção de café.

A oferta inicial de serviços ambientais, apresentada na FIG. 17, é de 26.394 hectares de mata. A cultura da laranja apresentou uma oferta inicial maior do que as culturas do café, milho e feijão.

A FIG. 18 mostra a alteração da curva de oferta de serviços ambientais na produção de laranja para três valores de correlação.

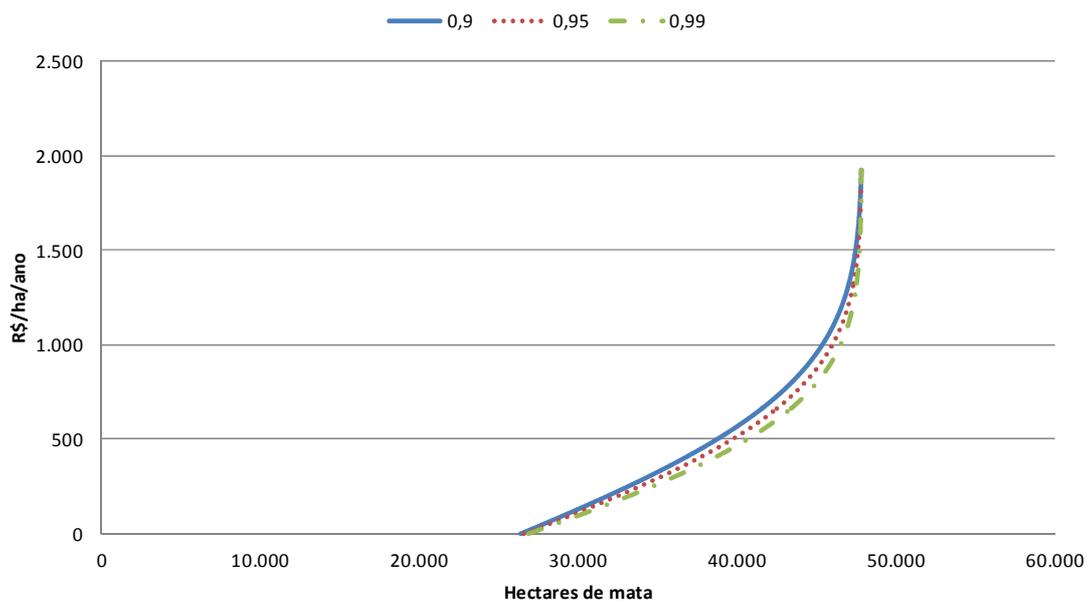


FIGURA 18 - Análise de sensibilidade para três valores de correlação entre a prática A e B da produção de laranja na Bacia dos Rios Sorocaba e Médio Tietê.

Fonte: resultados da pesquisa.

Conforme mostra a FIG.18, novamente a curva da oferta de serviços ambientais se desloca para a direita à medida que a correlação aumenta.

#### 4.6 TOMATE

A FIG. 19 apresenta a distribuição do custo da mudança de práticas, ou seja, a função densidade de probabilidade da mudança da prática A para a prática B na produção de tomate, com  $w$  no intervalo entre -29.511 e 23.307.

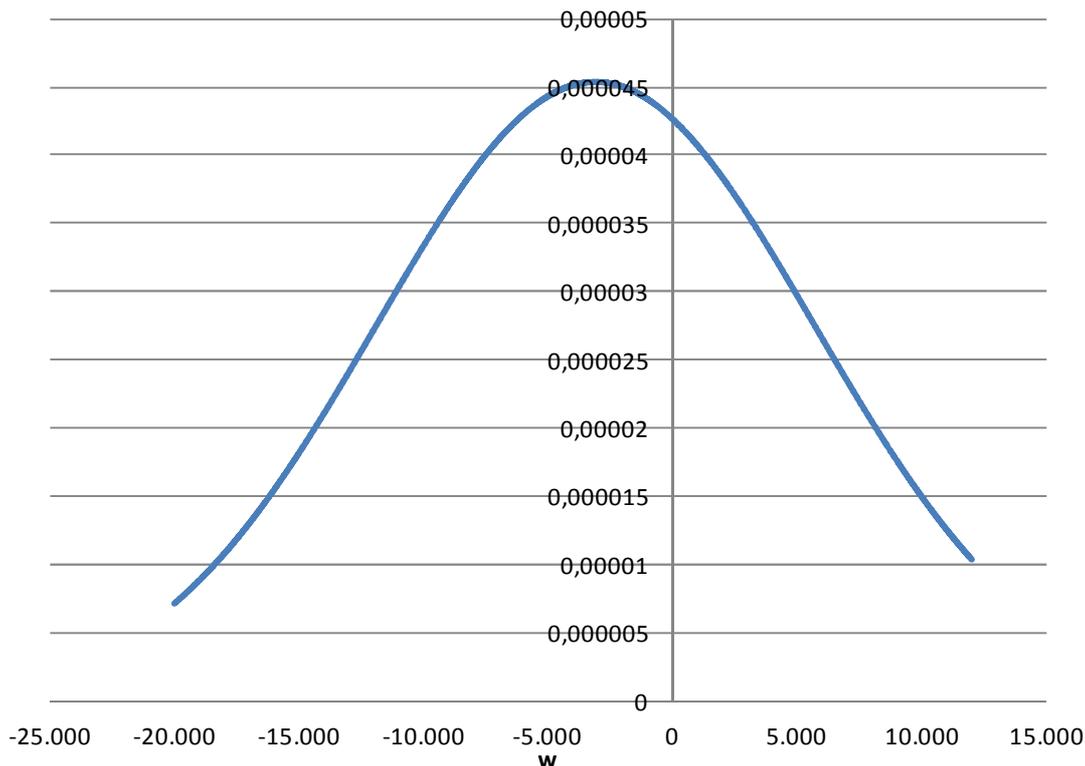


FIGURA 19 - Função densidade de probabilidade do custo de mudança de práticas A para B para a produção de tomate, na Bacia dos Rios Sorocaba e Médio Tietê.

Fonte: resultados da pesquisa.

Neste caso, a curva (FIG. 19) não foi plotada considerando-se o intervalo total de  $w$  de -29.511 a 23.307 porque seria necessário plotar um gráfico com intervalo de pontos maior do que o permitido pelo *Excel*. Os resultados mostram que a média dos rendimentos para a mudança de práticas de A para B, para o tomate, também é negativo (-3.101,82), indicando maior retorno ao produtor quando este adota a prática B. Como o valor da diferença entre as práticas A e B se apresenta negativa, mostra que o custo de oportunidade da mudança de práticas é menor em relação às culturas analisadas anteriormente. Nesse caso, o produtor possui mais vantagem quando adota a prática B na produção do tomate.

A partir da função densidade de probabilidade de  $w$  é derivada a curva de oferta de serviço ambiental para tomate apresentada na FIG. 20.

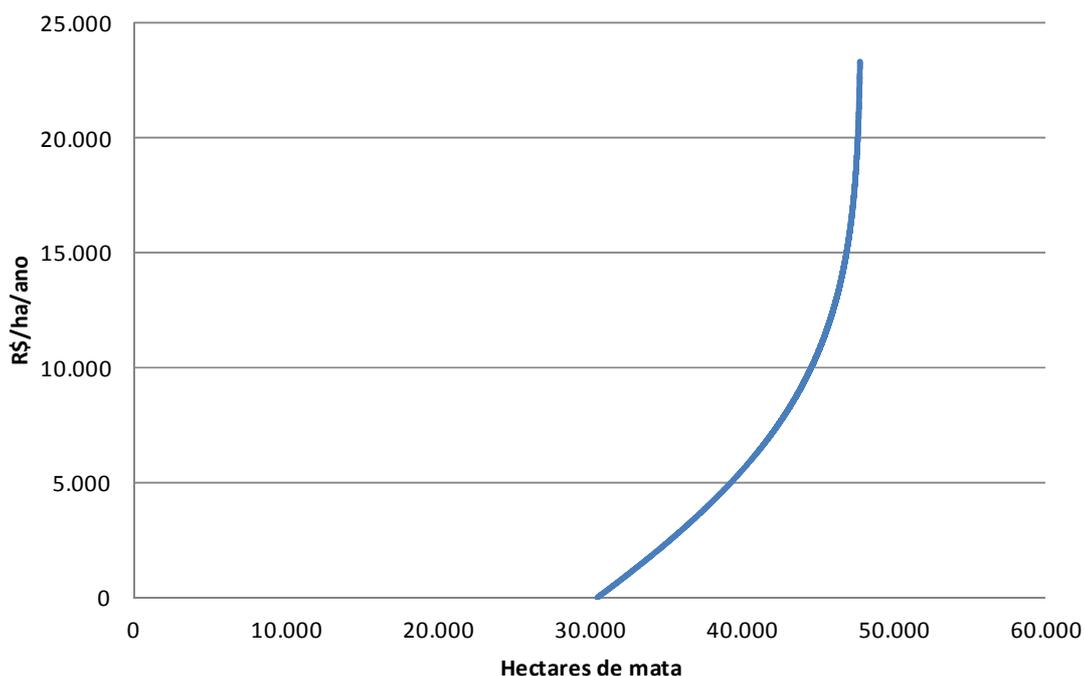


FIGURA 20 - Curva de oferta de serviços ambientais da produção de laranja na Bacia dos Rios Sorocaba e Médio Tietê.

Fonte: resultados da pesquisa.

No caso do tomate, os resultados apresentam valores de pagamento bem maiores comparados com os valores estimados para as culturas do café, milho, feijão e laranja. A FIG.20 mostra que a área de mata existente atualmente na Bacia (47.858 hectares) é equivalente a um custo de oportunidade em torno de R\$15.000,00 por hectare ao ano. Esse valor pode ser explicado, principalmente, em razão do alto rendimento dessa cultura quando comparado às demais. Como mostra a TAB. 6, as médias dos rendimentos da produção de tomate, assim como da uva, na Bacia, apresentam valores bem elevados em comparação com as demais culturas. Como mostra o valor da mudança de práticas, a maior vantagem dos produtores é adotar a prática B, assim, como essa prática é mais vantajosa em relação ao rendimento da produção, teoricamente, a maioria dos produtores já estaria adotando essa prática e gerando uma oferta de serviços ambientais maior, cujo custo de oportunidade é refletido no valor do PSA estimado (R\$15.000/ha/ano).

Nesse caso, é possível explicar que, para manter uma área de mata preservada maior, esse produtor está deixando de ganhar um valor significativo da produção de tomate, o que equivale ao seu custo de oportunidade.

Ainda observando a FIG. 20 é possível verificar que a oferta inicial de serviços ambientais é maior (30,520 hectares) do que a oferta inicial das culturas do café, milho, feijão e laranja.

A FIG. 21 mostra a alteração da curva de oferta de serviços ambientais na produção de tomate para três valores de correlação.

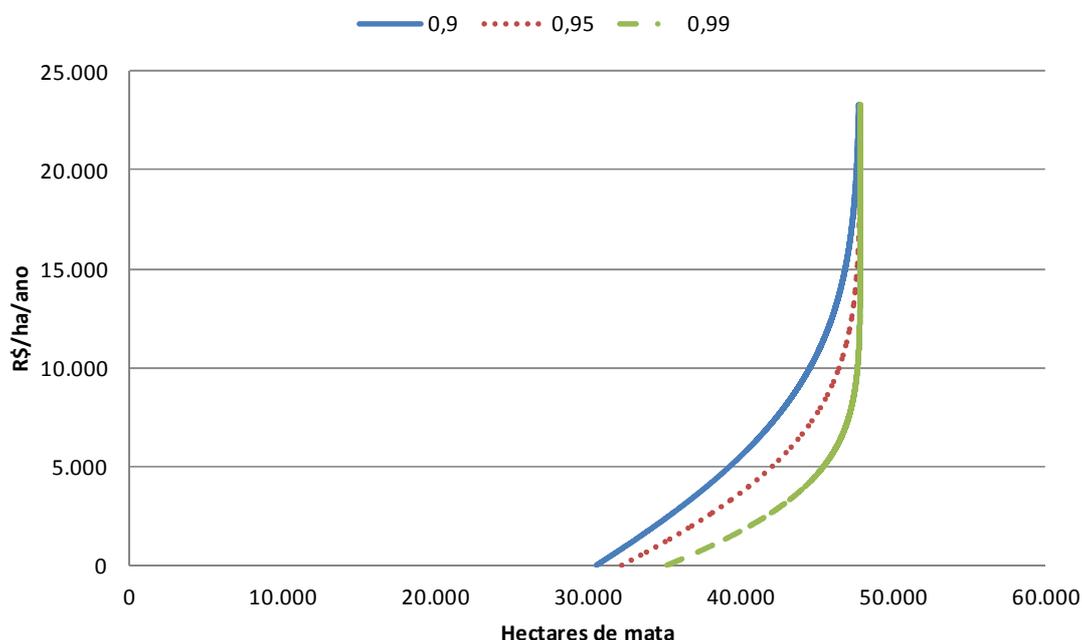


FIGURA 21 - Análise de sensibilidade para três valores de correlação entre a prática A e B da produção de tomate na Bacia dos Rios Sorocaba e Médio Tietê.

Fonte: resultados da pesquisa.

Conforme mostra a FIG.21, a curva da oferta de serviços ambientais se desloca para a direita à medida que a correlação aumenta, também conforme o resultado esperado. Entretanto, pode-se analisar que a curva da oferta de serviços ambientais da produção de tomate apresenta-se mais sensível às variações da correlação do que as curvas de oferta de serviços das produções de café, milho, feijão e laranja. Essa maior

sensibilidade pode ser explicada em razão do desvio padrão do rendimento que se apresentou elevado para a cultura do tomate.

#### 4.7 CEBOLA

A FIG. 22 apresenta a distribuição do custo da mudança de práticas, ou seja, a função densidade de probabilidade da mudança da prática A para a prática B na produção de cebola, com  $w$  no intervalo entre -11.959 e 11.306.

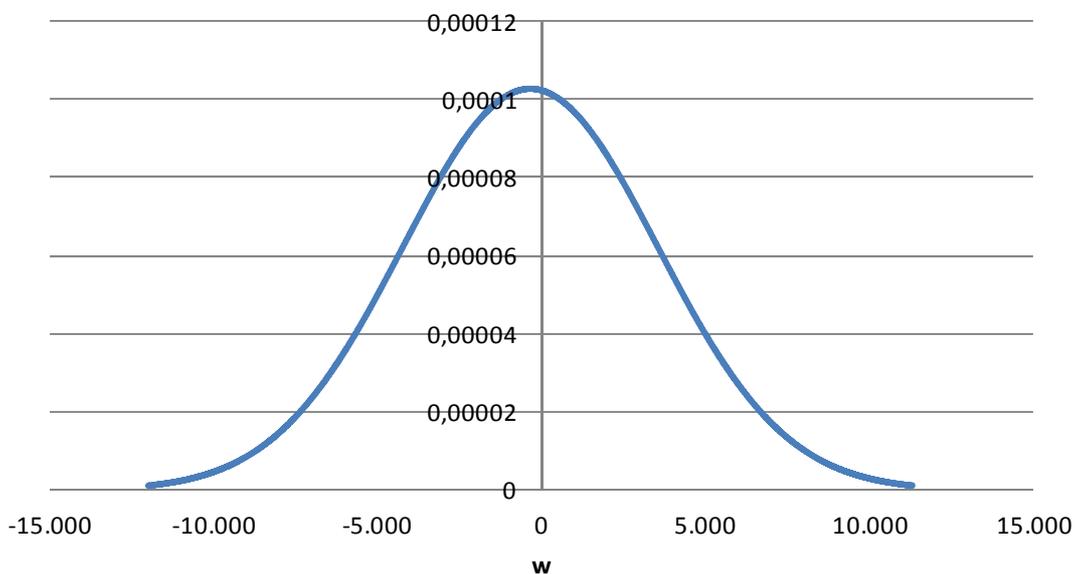


FIGURA 22 - Função densidade de probabilidade do custo de mudança de práticas A para B para a produção de cebola, na Bacia dos Rios Sorocaba e Médio Tietê.

Fonte: resultados da pesquisa.

Os resultados mostram que a média dos rendimentos para a mudança de práticas de A para B, para cebola, também é negativo (-326,53), ou seja, o produtor de cebola obtém um rendimento maior quando adota a prática B. Essa diferença entre os rendimentos das práticas A e B da cebola, que corresponde ao custo de oportunidade da mudança de práticas, representa aproximadamente 4% tanto em relação ao rendimento da prática (A) quanto a (B). No entanto, o valor negativo indica que a prática a (B) apresenta maior rentabilidade na produção de cebola.

A partir da função densidade de probabilidade de  $w$  é derivada a curva de oferta de serviço ambiental para cebola apresentada na FIG. 23.

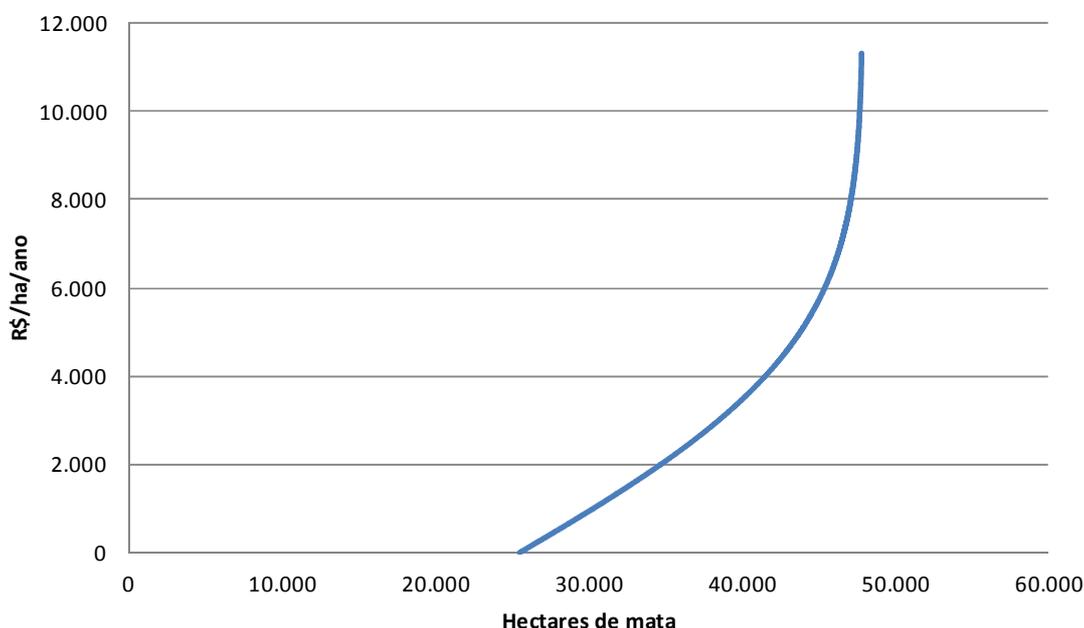


FIGURA 23 - Curva de oferta de serviços ambientais da produção de cebola na Bacia dos Rios Sorocaba e Médio Tietê.

Fonte: resultados da pesquisa.

No caso da cebola, os resultados mostram que a área de mata existente atualmente na Bacia (47.858 hectares) é equivalente a um custo de oportunidade em torno de R\$10.000,00 por hectare ao ano. Esse valor se aproxima ao valor estimado para a produção de tomate. Ambas as culturas, cebola e tomate, apresentam valores de pagamento elevados. Como o custo de oportunidade de ambas as culturas apresentam-se bem reduzidos, ou seja, o custo de oportunidade negativo representa, teoricamente, que a prática B é mais rentável, portanto, a região já possui maior propensão a adotar uma prática do tipo B mesmo sem a existência de um PSA. Dessa forma, o pagamento representa o valor correspondente ao montante de serviços ambientais que já estariam sendo ofertados com a prática B, ou seja, o pagamento funcionaria mais como uma compensação aos serviços ambientais já ofertados do que um incentivo ao aumento da oferta.

No caso da cebola, a oferta inicial de serviços ambientais está em torno de 25.535 hectares de mata. Esse montante aproxima-se do montante de oferta inicial da laranja e do tomate, ambas as culturas com custo de oportunidade negativo.

A FIG. 24 mostra a análise de sensibilidade da curva de oferta de serviços ambientais na produção de cebola para três valores de correlação.

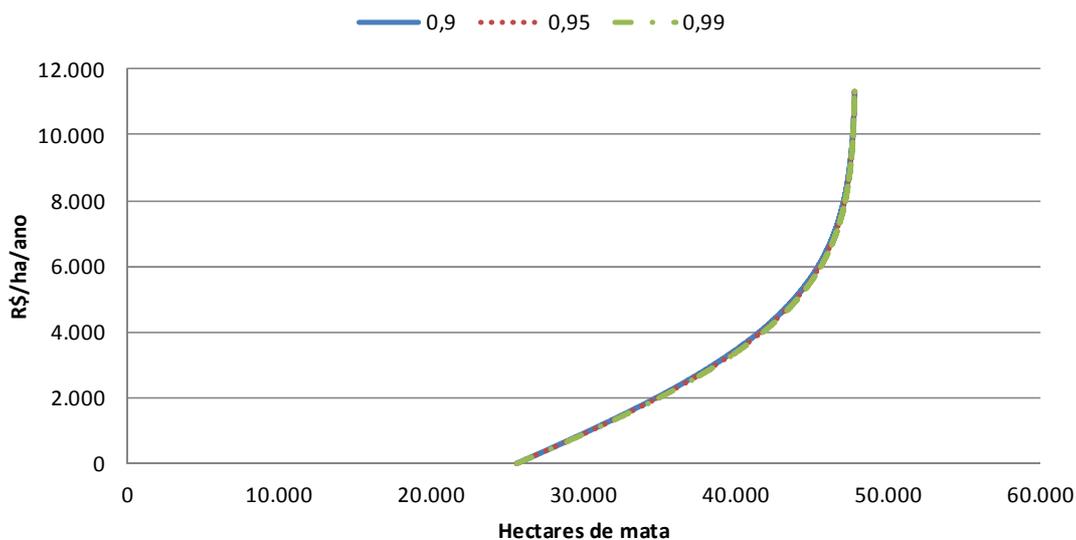


FIGURA 24 - Análise de sensibilidade para três valores de correlação entre a prática A e B da produção de cebola na Bacia dos Rios Sorocaba e Médio Tietê.

Fonte: resultados da pesquisa.

Conforme mostra a FIG.24, as curvas da oferta de serviços ambientais apresentam comportamento similar às curvas da cultura do café, as quais apresentam-se praticamente sobrepostas mesmo com diferentes valores de correlação. Este comportamento demonstra que a curva de oferta de serviços ambientais para a produção de cebola é praticamente insensível à alteração dos valores da correlação. Essa insensibilidade pode estar relacionada com a menor diferença, em termos proporcionais, entre os rendimentos das práticas A e B (a diferença representa 4% do rendimento tanto da prática A como da B).

#### 4.8 BATATA

A FIG. 25 apresenta a distribuição do custo da mudança de práticas, ou seja, a função densidade de probabilidade da mudança da prática A para a prática B na produção de batata, com  $w$  no intervalo entre -1.089 e 2.307.

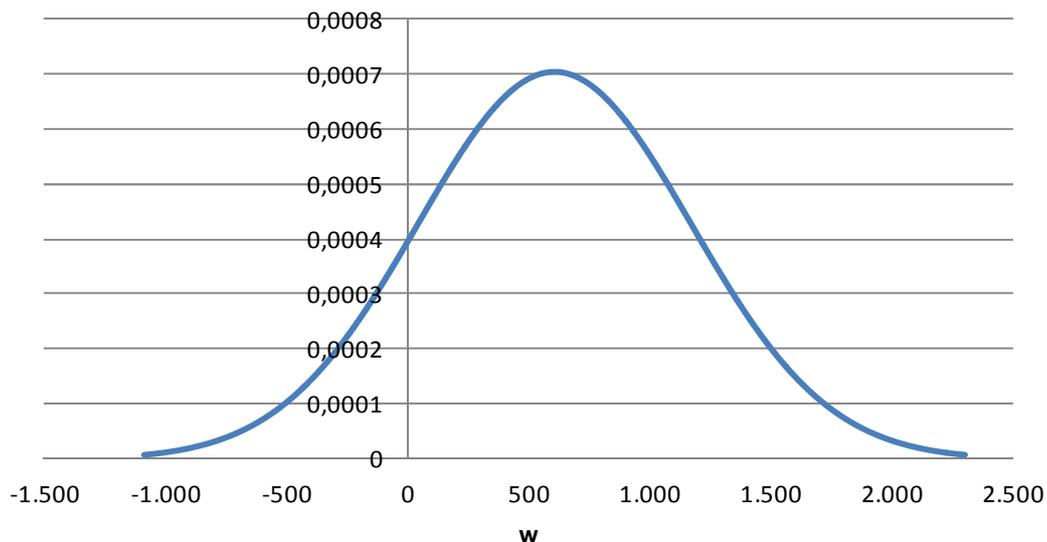


FIGURA 25 - Função densidade de probabilidade do custo de mudança de práticas A para B para a produção de batata, na Bacia dos Rios Sorocaba e Médio Tietê.

Fonte: resultados da pesquisa.

Os resultados mostram que a média dos rendimentos para a mudança de práticas de A para B, para batata é positivo (609,13), assim, o produtor de batata possui em média retorno maior quando adota a prática A. Esse valor positivo é o maior valor encontrado em relação a todas as culturas analisadas, ou seja, o custo de oportunidade para a mudança de práticas na produção da batata é o mais elevado dentre as culturas analisadas, entretanto, em termos proporcionais, este valor corresponde a 11% do rendimento da prática (A).

A partir da função densidade de probabilidade de  $w$  é derivada a curva de oferta de serviço ambiental para batata apresentada na FIG. 26.

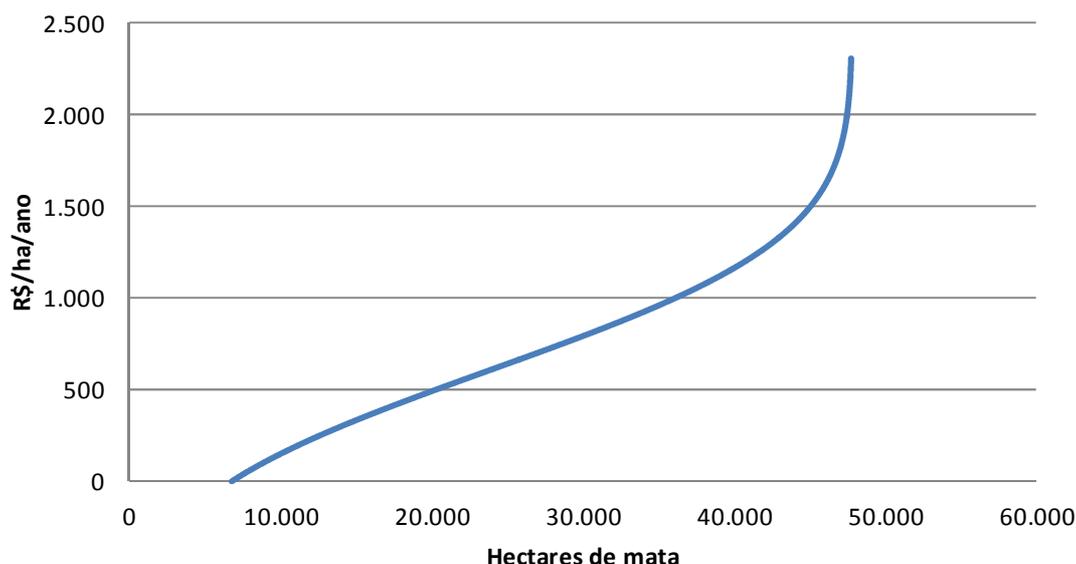


FIGURA 26 - Curva de oferta de serviços ambientais da produção de batata na Bacia dos Rios Sorocaba e Médio Tietê.

Fonte: resultados da pesquisa.

No caso da batata, os resultados apresentados na FIG.26 mostram que a área de mata existente atualmente na Bacia (47.858 hectares) é equivalente a um custo de oportunidade em torno de R\$2.000,00 por hectare ao ano. Esse valor é semelhante ao valor estimado para a produção de café, que também apresenta um custo de oportunidade positivo, porém, menor que custo de oportunidade da produção de batata.

A oferta inicial de serviços ambientais para a cultura da batata é de 6.746 hectares de mata. Esse montante é maior apenas que o montante estimado para a produção de cana e menor do que o montante estimado para as demais culturas analisadas.

A FIG. 27 mostra a alteração da curva de oferta de serviços ambientais na produção de batata para três valores de correlação.

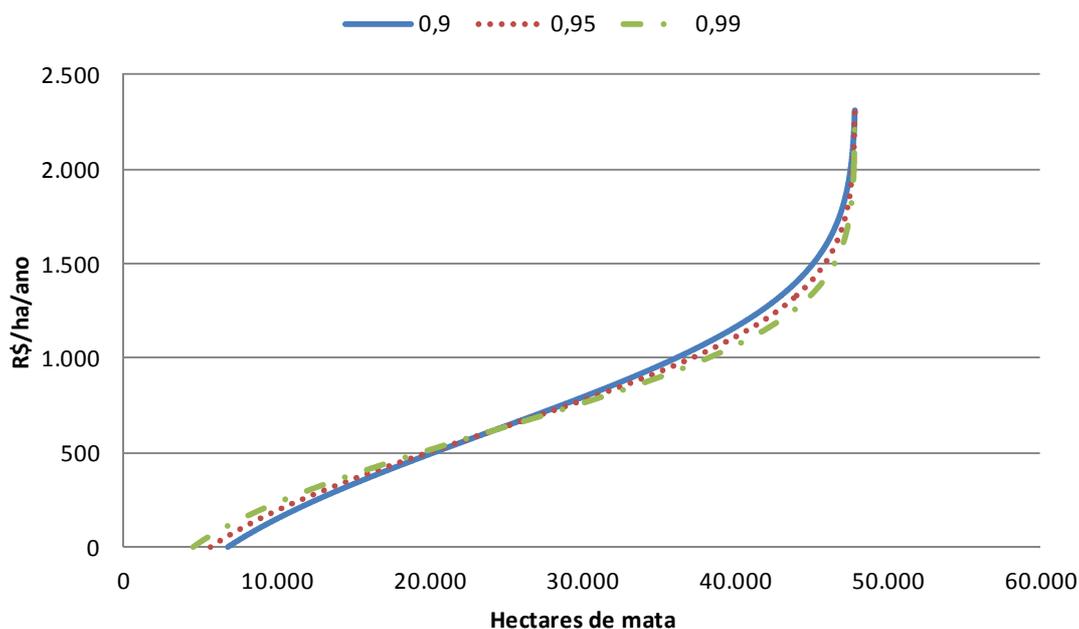


FIGURA 27 - Análise de sensibilidade para três valores de correlação entre a prática A e B da produção de batata na Bacia dos Rios Sorocaba e Médio Tietê.

Fonte: resultados da pesquisa.

Conforme mostra a FIG.27, a curva da oferta de serviços ambientais se desloca para a direita à medida que a correlação aumenta, conforme o resultado esperado.

#### 4.9 UVA

A FIG. 28 apresenta a distribuição do custo da mudança de práticas, ou seja, a função densidade de probabilidade da mudança da prática A para a prática B na produção de uva, com  $w$  no intervalo entre -56.685 e 45.290.

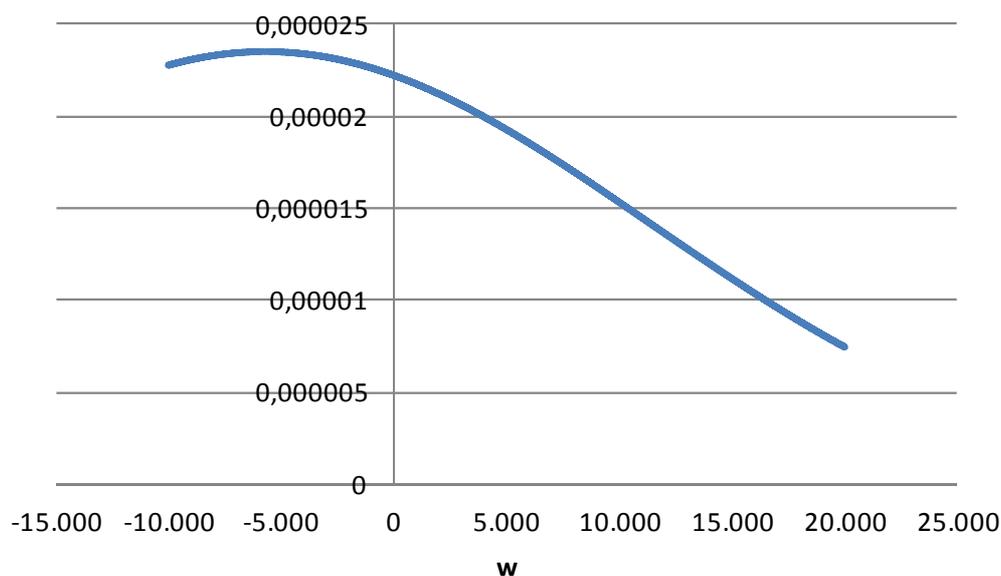


FIGURA 28 - Função densidade de probabilidade do custo de mudança de práticas A para B para a produção de uva, na Bacia dos Rios Sorocaba e Médio Tietê.

Fonte: resultados da pesquisa.

Os resultados mostram que a média dos rendimentos para a mudança de práticas de A para B, para uva, também é negativo (-5.697,36) e representa o menor valor do custo de oportunidade comparado com as demais culturas analisadas. Neste caso, o custo de oportunidade negativo mostra que a prática mais rentável é a prática B e assim, existe uma maior propensão para a adoção da prática B na produção da uva, contribuindo com a oferta de serviços ambientais.

A partir da função densidade de probabilidade de  $w$  é derivada a curva de oferta de serviço ambiental para uva apresentada na FIG. 29.

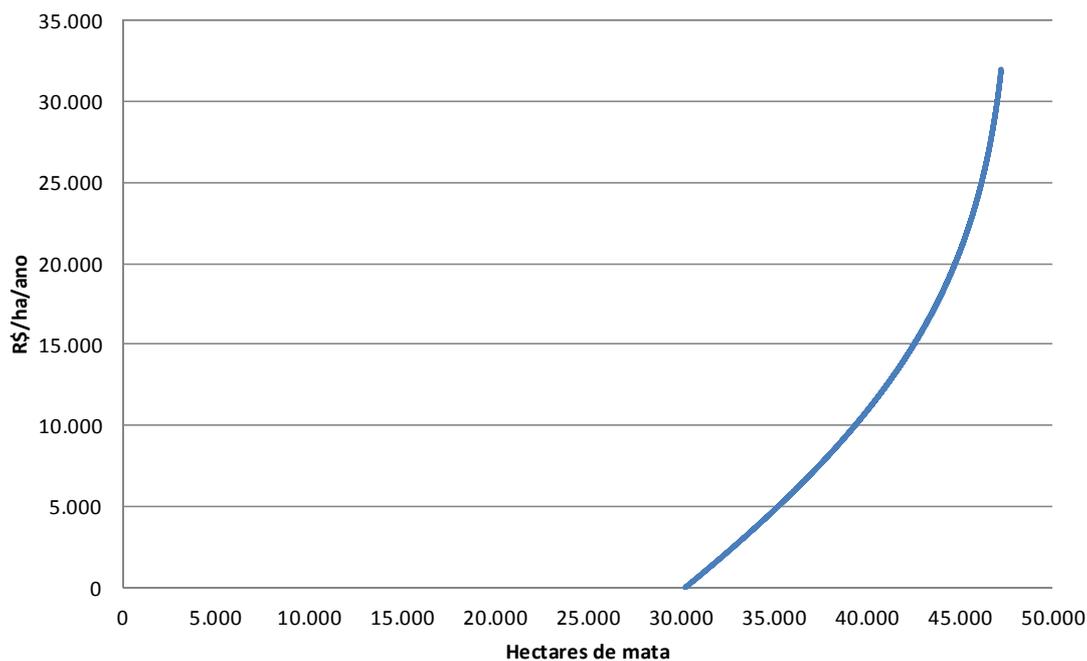


FIGURA 29 - Curva de oferta de serviços ambientais da produção de uva na Bacia dos Rios Sorocaba e Médio Tietê.

Fonte: resultados da pesquisa.

Neste caso, os resultados apresentados na FIG.29 mostram que a área de mata existente atualmente na Bacia (47.858 hectares) é equivalente a um custo de oportunidade em torno de R\$30.000,00 por hectare de mata ao ano à produção de uva da Bacia, semelhante ao caso da produção de tomate. A produção de uva apresenta o menor custo de oportunidade da mudança de práticas ao produtor da Bacia e, ao mesmo tempo, uma oferta inicial de serviço ambiental elevada (30.211 hectares de mata) em relação às demais culturas.

A FIG. 30 mostra a análise de sensibilidade da curva de oferta de serviços ambientais na produção de uva para três valores de correlação.

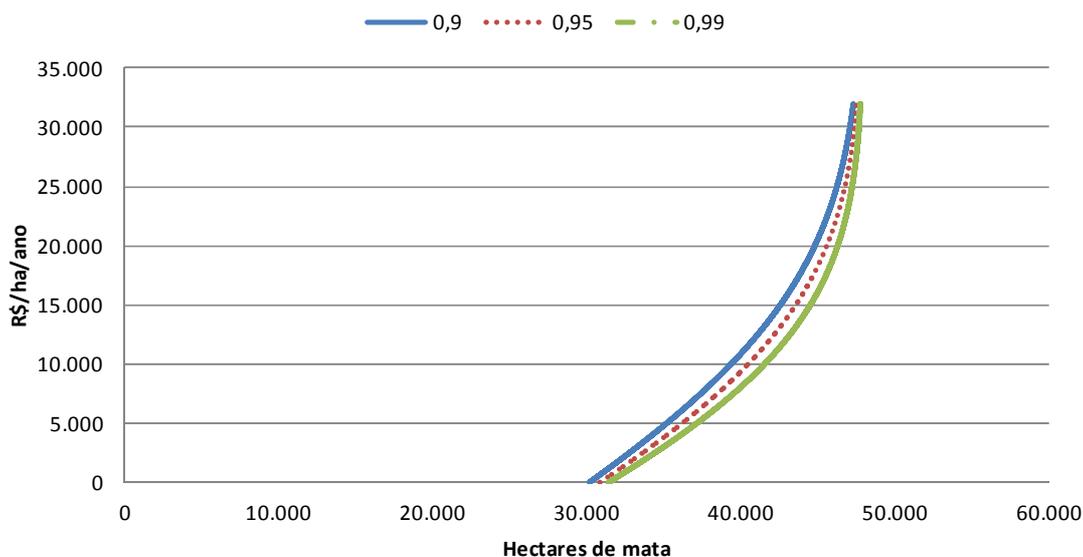


FIGURA 30 - Análise de sensibilidade para três valores de correlação entre a prática A e B da produção de uva na Bacia dos Rios Sorocaba e Médio Tietê.

Fonte: resultados da pesquisa.

Conforme mostra a FIG. 30, a curva da oferta de serviços ambientais se desloca para a direita à medida que a correlação aumenta, conforme os resultados esperados.

#### 4.10 ARROZ

A FIG. 31 mostra a distribuição do custo da mudança de práticas, ou seja, a função densidade de probabilidade da mudança da prática A para a prática B para a cultura do arroz, com  $w$  no intervalo entre -413 e 303.

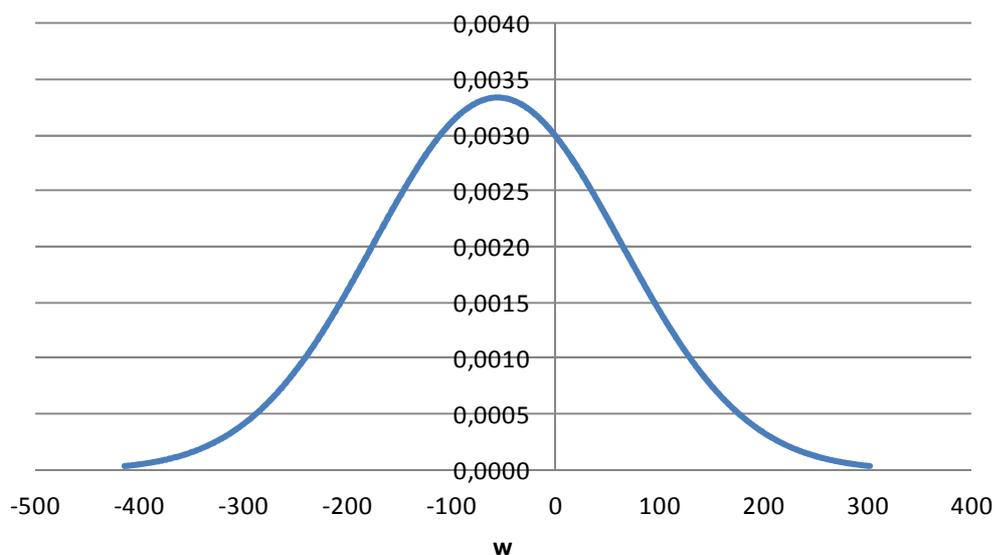


FIGURA 31 - Função densidade de probabilidade do custo de mudança de práticas A para B para a cultura do arroz, na Bacia dos Rios Sorocaba e Médio Tietê.

Fonte: resultados da pesquisa.

Os resultados mostram que a média dos rendimentos para a mudança de práticas de A para B, no caso do arroz, é negativo ( $w = -54,77$ ), ou seja, o produtor de arroz tem maior rendimento com a adoção da prática B.

A partir da função densidade de probabilidade de  $w$  é derivada a curva de oferta de serviço ambiental para arroz apresentada na FIG. 32.

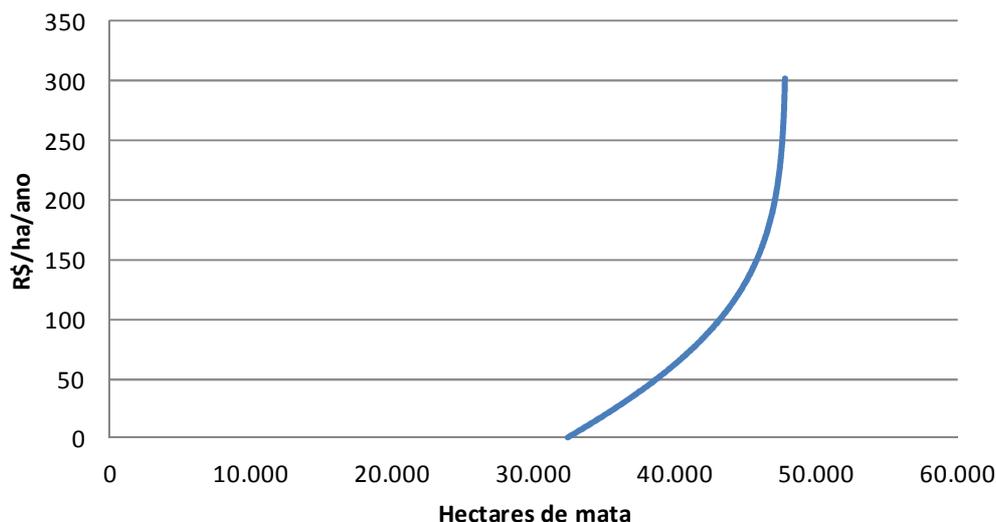


FIGURA 32 - Curva de oferta de serviços ambientais para a produção de arroz na Bacia dos Rios Sorocaba e Médio Tietê.

Fonte: resultados da pesquisa.

Os resultados para a cultura do arroz apresentam-se similares com a produção de milho, em que a área de mata existente atualmente na Bacia (47.858 hectares) possui um custo de oportunidade equivalente a uma remuneração em torno de R\$200,00 por hectare ao ano. Esse valor é semelhante ao valor do pagamento estimado para a cultura do milho e, ambas as culturas, apresentam o valor do PSA menor do que as culturas do café, feijão, laranja, tomate, cebola, batata e uva.

O valor da oferta inicial de serviços ambientais para arroz é de 32.385 hectares de mata. Este valor é maior do que os valores de oferta inicial de serviços ambientais para café, milho, feijão, laranja, tomate, cebola, batata e uva.

Os resultados apresentados consideram o valor da correlação entre os rendimentos da prática A e da prática B de 0,90. A FIG.33 mostra a análise de sensibilidade conforme alteração do valor da correlação.

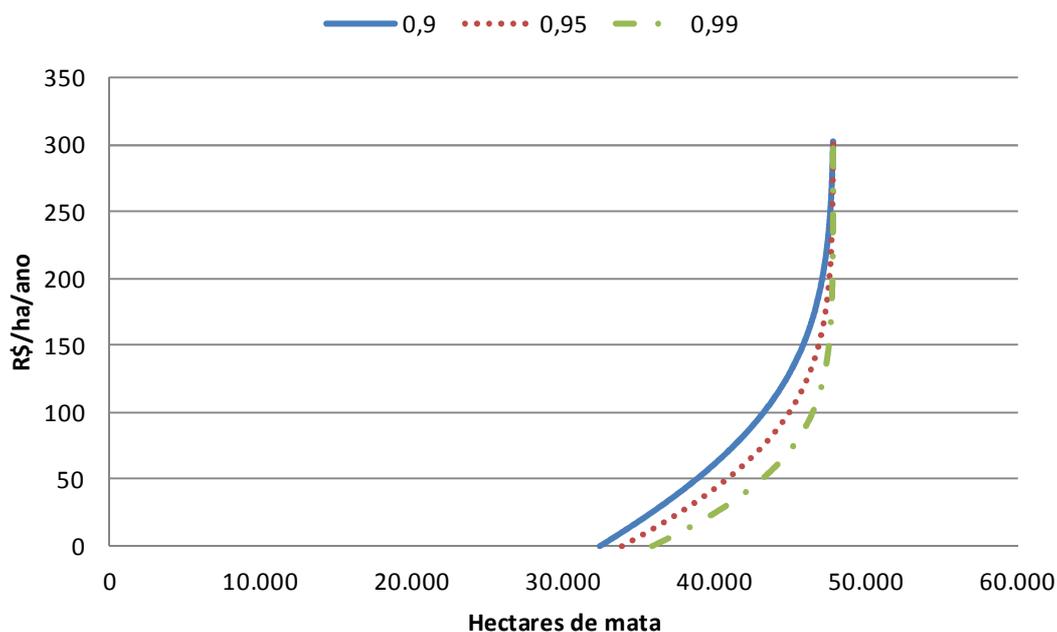


FIGURA 33 - Análise de sensibilidade para três valores de correlação entre a prática A e B para a cultura do arroz na Bacia dos Rios Sorocaba e Médio Tietê.

Fonte: resultados da pesquisa.

Conforme mostra a FIG.33, a curva da oferta de serviços ambientais para a cultura do arroz tem um comportamento esperado, com o deslocamento da curva de oferta de serviços ambientais para a direita, à medida que aumenta a correlação.

#### 4.11 CANA-DE-AÇÚCAR

A FIG. 34 mostra a distribuição do custo da mudança de práticas, ou seja, a função densidade de probabilidade da mudança da prática A para a prática B na produção de cana-de-açúcar, com  $w$  no intervalo entre -203 e 464.

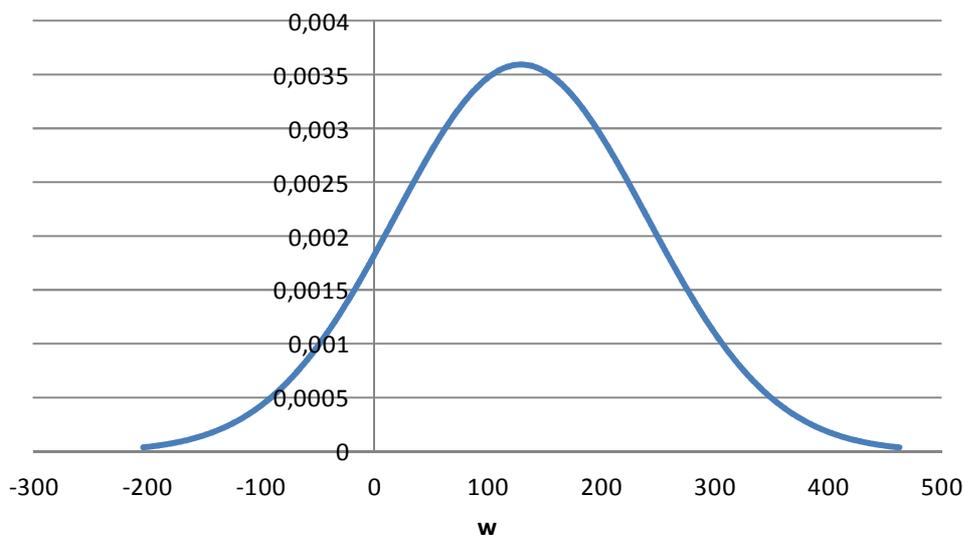


FIGURA 34 - Função densidade de probabilidade do custo de mudança de práticas A para B para a cultura de cana-de-açúcar, na Bacia dos Rios Sorocaba e Médio Tietê.

Fonte: resultados da pesquisa.

Os resultados mostram que a média dos rendimentos para a mudança de práticas de A para B para o cultivo de cana-de-açúcar é positivo (130,15), indicando que o produtor de cana tem um rendimento maior ao adotar a prática A do que a prática B, necessitando portanto, de um incentivo para que adote um manejo conservacionista em sua produção.

A partir da função densidade de probabilidade de  $w$  é derivada a curva de oferta de serviço ambiental para a cana apresentada na FIG. 35.

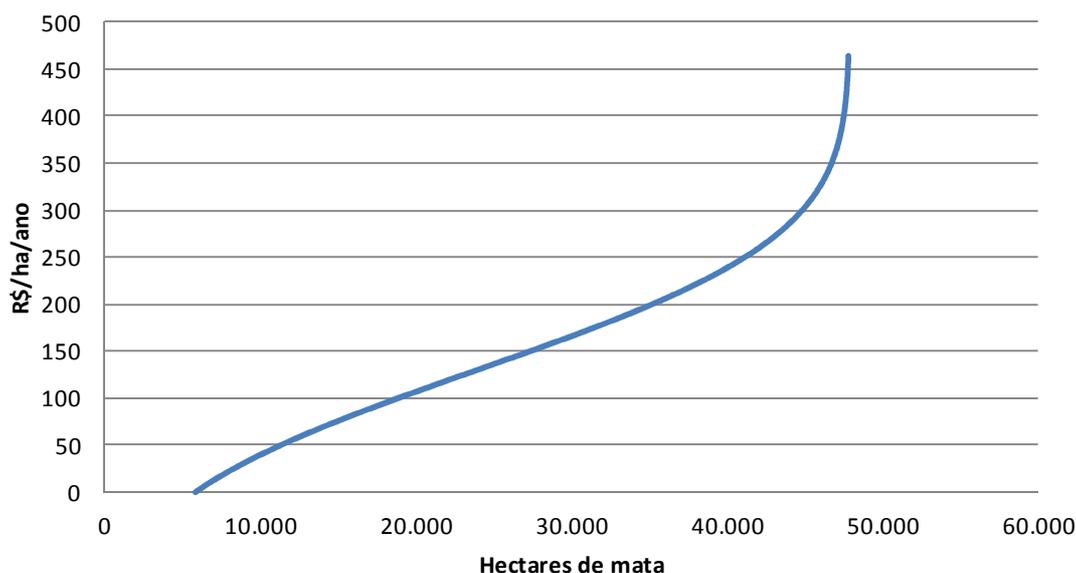


FIGURA 35 - Curva de oferta de serviços ambientais da cultura de cana-de-açúcar na Bacia dos Rios Sorocaba e Médio Tietê.

Fonte: resultados da pesquisa.

Os resultados apresentam valores de remuneração, referentes ao custo de oportunidade para a cultura da cana, em torno de R\$400,00 por hectare ao ano correspondente à área de mata existente atualmente. O valor estimado para a cultura da cana é maior que o valor estimado para milho e arroz (R\$200,00) e menor do que o valor estimado para as culturas café, feijão, laranja, tomate, cebola, batata e uva.

O valor estimado da oferta inicial de serviços ambientais para a cana é de 5.785 hectares de mata, que corresponde a uma oferta inicial próxima à oferta inicial estimada para a produção de batata (6.746 hectares de mata), porém é o menor valor em relação às demais culturas.

Os resultados apresentados correspondem à correlação entre os rendimentos da prática A e da prática B de 0,90. A FIG. 36 apresenta a análise de sensibilidade que mostra como a alteração do valor da correlação pode interferir nos resultados da curva de oferta de serviços ambientais.

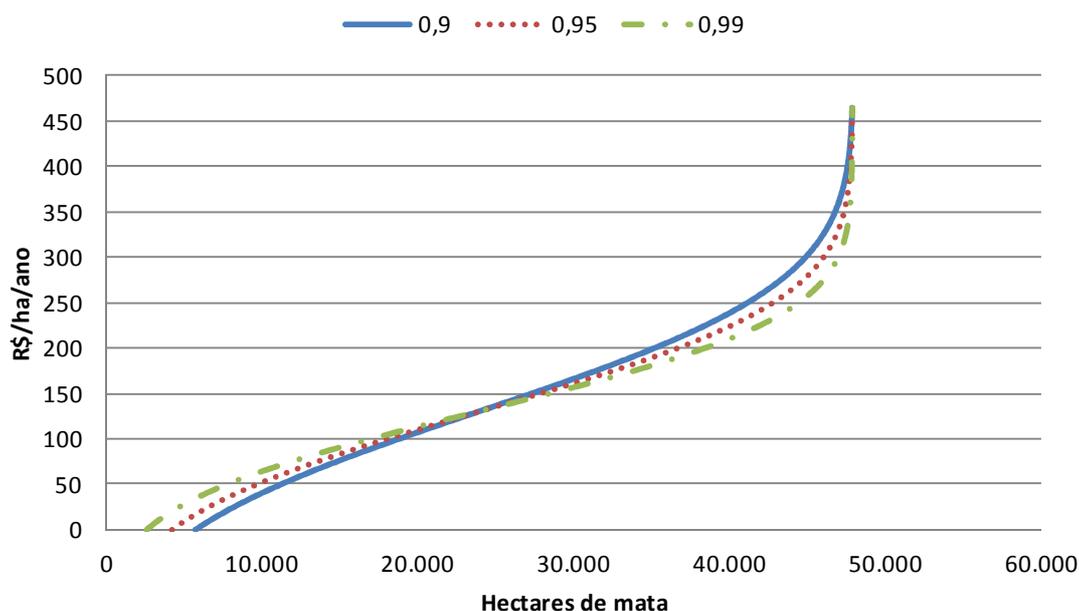


FIGURA 36 - Análise de sensibilidade para três valores de correlação entre a prática A e B da cultura da cana-de-açúcar na Bacia dos Rios Sorocaba e Médio Tietê.

Fonte: resultados da pesquisa.

Conforme mostra a FIG.36, a curva de oferta de serviços ambientais se desloca levemente no sentido horário conforme o valor da correlação aumenta.

#### 4.12 MANDIOCA

A FIG. 37 mostra a distribuição do custo da mudança de práticas, ou seja, a função densidade de probabilidade da mudança da prática A para a prática B para a cultura da mandioca, com  $w$  no intervalo entre -233 e 120.

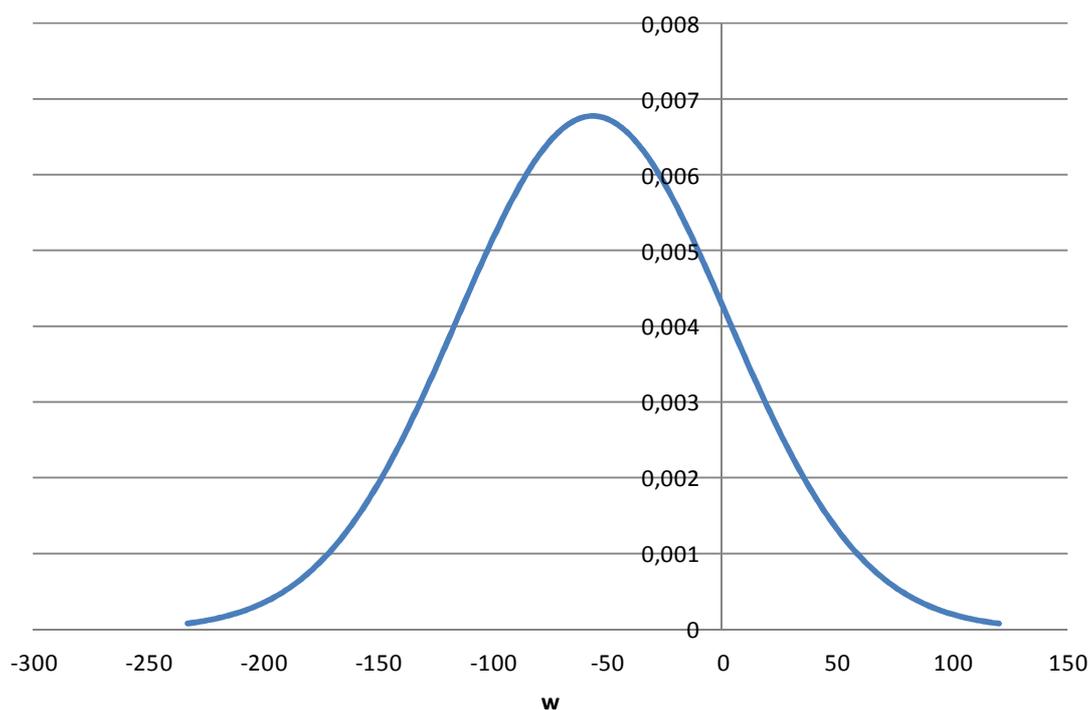


FIGURA 37 - Função densidade de probabilidade do custo de mudança de práticas A para B para a cultura da mandioca, na Bacia dos Rios Sorocaba e Médio Tietê.

Fonte: resultados da pesquisa.

Os resultados mostram que a média dos rendimentos para a mudança de práticas de A para B da cultura de mandioca é negativo (-56,72), o que indica que o produtor de mandioca da Bacia obtém um rendimento maior com a adoção da prática B .

A partir da função densidade de probabilidade de  $w$  é derivada a curva de oferta de serviço ambiental para mandioca apresentada na FIG. 38.

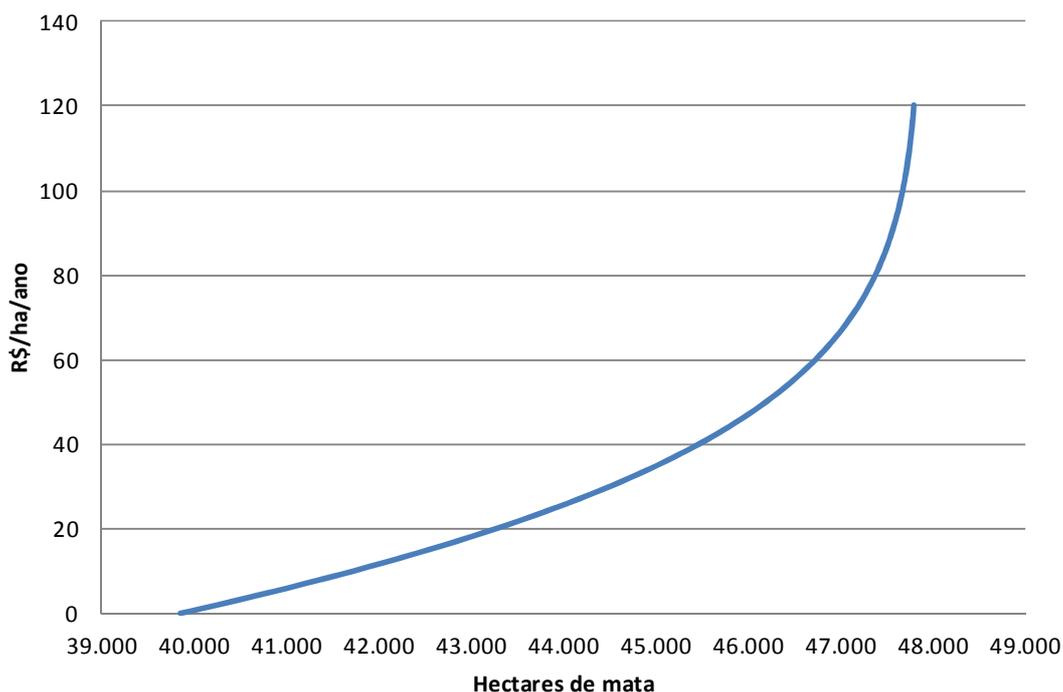


FIGURA 38 - Curva de oferta de serviços ambientais da cultura da mandioca na Bacia dos Rios Sorocaba e Médio Tietê.

Fonte: resultados da pesquisa.

Os resultados mostram que o custo de oportunidade da mudança de práticas na cultura da mandioca é menor do que os custos de oportunidade observados para as demais culturas analisadas neste estudo. Como mostra a FIG.38, a área de mata existente atualmente é equivalente a um valor em torno de R\$100,00, referente ao custo de oportunidade da mudança da prática A para a prática B na cultura da mandioca. Esses resultados refletem um custo de oportunidade menor para o produtor de mandioca. Assim, o valor estimado para o custo de oportunidade da cultura da mandioca é o menor valor em relação às demais culturas analisadas. No entanto, ao analisar a oferta de serviços ambientais para a mesma cultura, esta apresenta um valor de 39.856 hectares de mata, o que representa o maior valor de oferta inicial estimado dentre as culturas analisadas.

Os resultados são obtidos considerando-se o valor 0,90 para a correlação entre as práticas A e B. Para verificar como a alteração do valor da correlação pode interferir nos

resultados, foi realizada uma análise de sensibilidade (FIG. 39) com três valores de correlação.

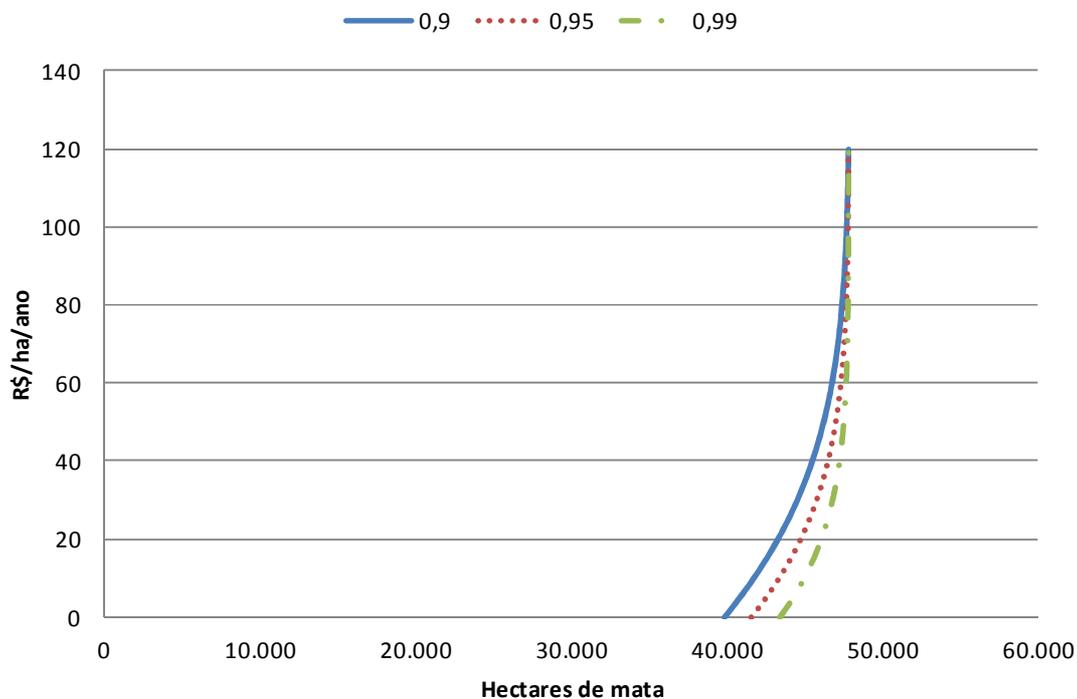


FIGURA 39 - Análise de sensibilidade para três valores de correlação entre a prática A e B da cultura de mandioca na Bacia dos Rios Sorocaba e Médio Tietê.

Fonte: resultados da pesquisa.

Conforme mostra a FIG.39, a curva de oferta de serviços ambientais apresenta o mesmo deslocamento das demais culturas, para a direita, conforme o resultado esperado.

## 5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados estimados para o PSA captam o custo de oportunidade do aumento da cobertura florestal nas áreas agrícolas em relação à produção agrícola. A TAB. 7 resume os principais resultados encontrados no presente trabalho.

TABELA 7 - Resultados estimados da oferta inicial de serviços ambientais, PSA baseado no custo de oportunidade para a mudança de práticas para as culturas analisadas na Bacia dos Rios Sorocaba e Médio Tietê.

	<b>Oferta inicial de serviços ambientais (hectares de mata)</b>	<b>PSA R\$/ha/ano</b>
<b>Café</b>	22.817,00	2.000
<b>Milho</b>	9.484,00	200
<b>Feijão</b>	19.432,06	1.000
<b>Batata</b>	6.746,02	2.000
<b>Cana</b>	5.784,68	400
<b>Laranja</b>	26.393,69	1.500
<b>Tomate</b>	30.520,00	15.000
<b>Cebola</b>	25.534,86	10.000
<b>Uva</b>	30.211,39	30.000
<b>Arroz</b>	32.385,33	200
<b>Mandioca</b>	39.855,81	100

Fonte: resultados da pesquisa.

Analisando a TAB. 7 pode-se verificar que as culturas que apresentam maior oferta inicial de serviços ambientais são a mandioca, o arroz, a uva e o tomate. Todas essas culturas apresentam oferta inicial entre 30.000 e 39.800 hectares de mata e são culturas que apresentam o custo de oportunidade de mudança de práticas negativo, ou seja, possuem maior rentabilidade ao adotar a prática B. Dentre essas culturas, a mandioca e o arroz são as que apresentam os menores valores para PSA, R\$100/ha/ano e R\$200/ha/ano respectivamente. Isso mostra que essas duas culturas poderiam apresentar uma maior eficiência no caso de um programa de PSA, pois apresentam maior oferta inicial de serviços ambientais a um menor valor de PSA. Cabe analisar ainda que essas duas culturas possuem rendimento maior nas sub-bacias Médio Tietê

Inferior e Baixo Sorocaba, as quais apresentam as sub-bacias com maior área de mata (16.102 e 11.712 hectares, respectivamente) como pode ser observado na TAB. 4.

No entanto, como a produção de arroz é mais predominante na região Sul do Brasil, em razão do clima propício e da proximidade dos centros de beneficiamento, as áreas destinadas à produção de arroz no Estado de São Paulo são, geralmente, menores. A participação do arroz na Bacia representa 0,04% da área, ocupando 348 hectares. Além disso, o cultivo de arroz, por demandar um solo úmido, depende bastante da irrigação, o que aumenta os custos da produção, tornando a cultura pouco atrativa aos produtores. Dessa forma, pode-se relacionar o cultivo do arroz em pequenas áreas ou na forma de policultura, em conjunto com outras culturas, o que proporciona maior disponibilidade para áreas de matas. No caso da mandioca, no Estado de São Paulo, o seu cultivo geralmente é feito em pequenas propriedades e tem a possibilidade de produção em sistemas agroflorestais, quando pode ser cultivada juntamente com culturas arbóreas (frutíferas ou madeireiras). Dessa forma, é uma cultura que possui alto potencial para oferta de serviços ambientais ao mesmo tempo em que demanda um pagamento reduzido em relação às demais culturas. Entretanto, a sua participação na Bacia também é pequena, ocupando uma área de 2.412 hectares, o que representa 0,28% da área total da Bacia.

No caso da uva e do tomate, são culturas que também apresentam alto potencial para oferta de serviços ambientais, pois também mostram uma oferta inicial elevada. No entanto, apresentam um pagamento maior, uma vez que o rendimento dessas duas culturas é mais elevado. Nesse caso, como são culturas mais suscetíveis a pragas e doenças, gera maiores custos para o seu controle e maior demanda de mão-de-obra. Em contrapartida, os preços desses produtos são atrativos no mercado, o que proporciona um rendimento elevado para essas culturas. Além disso, são culturas que possuem alta produtividade (apresentam alto rendimento com uma área de cultivo relativamente pequena (entre 5 ha e 965 ha). No caso do tomate, em muitos casos, a sua produção é conduzida em estufas, o que contribui para o alto rendimento e a utilização de uma área pouco extensa em relação à área demandada para a produção de grãos e cana, por exemplo. A demanda das culturas do tomate e da uva por uma área pouco extensa, relacionada com a alta produtividade dessas culturas e também pelos altos custos de controle de doenças, está relacionada também com a possibilidade de maior área

destinada para as matas, o que explica que para essas culturas, a oferta de serviços ambientais pode ser bastante representativa, apesar do elevado valor do PSA.

Em seguida, em termos de oferta inicial de serviços ambientais, estão as culturas da laranja, da cebola, do café e do feijão. A produção de cebola demanda um custo bastante elevado também, principalmente em termos de mão-de-obra e manejo de doenças. Em razão dos elevados custos com manejo e controle, a produção de cebola geralmente é realizada em áreas pouco extensas, o que também possibilita destinação de maior área para matas e florestas. Entretanto, a produção de cebola é bastante atrativa pela boa demanda o que proporciona um rendimento elevado para a cultura, resultando em um PSA também elevado, quase próximo ao valor do PSA para o tomate.

A produção de laranja, ainda que tenha demanda de uma área extensa para o cultivo, apresenta uma oferta significativa de serviços ambientais e um valor de PSA menor em relação às culturas do tomate, da cebola e da uva. A produção de laranja, geralmente, é realizada em sistema de monocultura, no entanto, essa cultura não é predominante na região da Bacia, dessa forma, o que pode ocorrer é a existência de pequenas propriedades com cultivo variado, incluindo a produção de laranja. Cabe ressaltar ainda que, apesar da característica de monocultura, a laranja também pode ser cultivada em sistemas agroflorestais, nesse caso, não como cultura principal, mas sim atuando como uma cultura que proporciona oferta de serviços ambientais (geralmente, as árvores frutíferas como a laranja são utilizadas para proporcionar sombra para outras culturas, mas também pode atuar na prevenção da sedimentação do solo).

O café e o feijão são culturas que podem ser cultivadas em sistemas agroflorestais, dessa forma, também apresentam uma oferta inicial de serviços ambientais significativa e um valor correspondente de PSA não muito elevado como o das culturas tomate, cebola e uva.

O milho e a cana são culturas geralmente produzidas em áreas extensas e contínuas, dessa forma, são grandes responsáveis pela extinção de reservas florestais. Além disso, a cana tem uma grande predominância no Estado de São Paulo. A grande extensão dessas culturas, principalmente da cana, explica a baixa oferta inicial de serviços ambientais por essas culturas. Apesar do valor do PSA também apresentar-se próximos aos valores de arroz e mandioca, essas culturas não seriam tão eficientes em termos de oferta de serviço ambiental.

A batata é a cultura que apresenta menor eficiência para implementação de um programa de PSA. Isso porque também é uma cultura que demanda uma área de produção extensa e contínua, como é o caso do milho e da cana, o que explica a baixa oferta inicial de serviços ambientais. Essa baixa oferta é combinada com um valor de PSA alto, semelhante ao da cultura do café.

Ao comparar os valores estimados do PSA para as culturas analisadas com os valores de custos de recuperação de matas ciliares da literatura, temos que Chabaribery et al. (2007) apresentam uma estimativa de custo operacional total, para o município de Gabriel Monteiro/SP, com valores em torno de R\$ 4.323,32 a R\$ 5.122,33 por hectare de mata ciliar, a preços de 2007. Com exceção das culturas tomate, cebola e uva, as demais culturas analisadas apresentaram valores de PSA abaixo do valor estimado para o custo de recuperação de matas por Chabaribery (2007). Essas três culturas são as que apresentam maior rendimento médio na Bacia, dessa forma, os altos valores de rendimento podem ter influenciado a estimativa do valor do pagamento. No entanto, segundo especialistas que trabalham com projetos de recuperação de matas ciliares, os valores de custo de recuperação de matas podem variar de acordo com o tipo de solo, condição inicial da área, topografia, adubação, controle de formiga, irrigação, tipo de serviço contratado (empresas de prestação de serviços, por exemplo), neste caso, os custos podem variar de R\$ 10.000 a R\$ 30.000 por hectare.<sup>7</sup> Sendo assim, os pagamentos estimados para as culturas analisadas na Bacia apresentam-se consistentes com os valores de custos de recuperação de matas.

Além disso, segundo o Instituto de Economia Agrícola – IEA (2012), o valor do arrendamento da terra, no município de Sorocaba, para cana é de R\$603,31/ha/ano e para milho é de R\$399,45/ha/ano. Tais valores também indicam consistência dos valores estimados para as duas culturas neste estudo.

O modelo proposto neste estudo ainda apresenta algumas limitações, principalmente com relação à dificuldade de mensurar o serviço ambiental. A variável  $\bar{e}$  (hectares de mata da Bacia/hectares de área rural da Bacia) permite alcançar apenas resultados de como a área de mata existente atualmente (47.858 hectares) é precificada

---

<sup>7</sup> Informação pessoal com professores e especialistas na área (outubro/2011): Eduardo Gusson (técnico pesquisador em projetos de pesquisa da Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz e consultor - Biodendro Consultoria Florestal Ltda); prof. dr. Pedro H.S. Brancalion (ESALQ/USP – Laboratório de Silvicultura Tropical); prof. dr. Luiz Carlos de Faria (UFSCAR Sorocaba).

de acordo com o custo de oportunidade da mudança de práticas para cada cultura. Entretanto, a utilização dessa variável não permite prever até que ponto um incentivo financeiro poderia influenciar o aumento da cobertura florestal da Bacia. Tal análise seria possível apenas com a variação da variável  $\bar{e}$ , a partir de uma análise de sensibilidade, captando as alterações dos custos de oportunidade de acordo com o aumento simulado da cobertura florestal na Bacia. Outra limitação também pode ser colocada pela pressuposição de que a diferença de rendimentos entre as práticas A e B deve-se apenas à mudança de práticas (extensão da área de mata), desconsiderando outras variáveis de controle como, por exemplo, a produtividade da cultura, a topografia da região, entre outras.

Além disso, a análise é realizada apenas para um período de tempo limitado (anual). Dessa forma, para que os valores permaneçam consistentes com a realidade, é necessária frequente atualização de variáveis que apresentam flutuações ao longo de determinados períodos, como é o caso dos preços, custos de produção, quantidade produzida e também a área de produção.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para estimar um pagamento por um serviço ambiental é preciso valorar o serviço e para isso existem vários métodos de mensuração. No presente estudo, o custo de oportunidade para a mudança de práticas está indiretamente relacionado com o valor de uso da terra para exploração de atividade agrícola. Isso porque quando o produtor estabelece uma área de preservação de mata em sua propriedade, o custo de oportunidade está relacionado ao que o produtor deixaria de ganhar, em termos financeiros, com a redução da área de produção para o estabelecimento da mata. Dessa forma, o custo de oportunidade, neste caso, representa o não uso da terra para a produção agrícola, uma vez que a área de mata preservada não permitirá o estabelecimento da agricultura.

Além da dificuldade de mensuração econômica do serviço ambiental, existe ainda a limitação dos recursos necessários para o estabelecimento de um programa de PSA. Nesse sentido, seria importante a implementação de políticas públicas com incentivo a participação do setor privado, grande demandante dos serviços ambientais, de maneira a contribuir com a fonte de recursos para a manutenção da oferta de serviços ambientais. Dessa forma, os programas de PSA, por exemplo, deveriam incluir os demandantes dos serviços ambientais como fonte financiadora dos pagamentos de incentivo aos potenciais ofertantes dos serviços.

Além disso, é preciso cuidado em relação ao embasamento para a estipulação do valor do PSA, para que seja mantida a eficiência do instrumento econômico e este não se torne um instrumento perverso. Neste sentido, o custo de oportunidade é um importante método de valoração, pois representa as necessidades dos produtores rurais quanto ao custo que estes devem arcar para preservar um serviço ambiental que, no longo prazo, promove melhoria do bem-estar à sociedade. Desta forma, este tipo de estudo pode contribuir como apoio ao planejamento e desenvolvimento de programas de PSA.

É importante entender que os valores de pagamento estimados pelo modelo proposto neste estudo, são apenas uma referência para um valor de PSA. Tais custos não refletem o valor exato para a existência de determinada área de mata na Bacia, porém, ajudam a compreender a necessidade de remunerar aqueles produtores que se

propõem a aumentar a cobertura florestal, aumentando a oferta de serviços ambientais, de maneira a compensar as perdas financeiras com a redução da área de produção agrícola.

Em relação às culturas analisadas neste estudo, pode-se dizer que as que apresentaram maior potencial para a implementação de programas de PSA foram as culturas do arroz e da mandioca, as quais, além de apresentarem retorno mais rentável para a prática B, apresentam uma oferta inicial de serviços ambientais elevada e os menores valores para o PSA. No entanto, como a participação dessas culturas na Bacia é pequena em relação a outras culturas como cana e milho, o efeito do PSA pode não atingir uma escala suficiente no sentido do aumento da oferta de serviços ambientais na Bacia. As culturas laranja, tomate, cebola e uva também apresentam uma oferta inicial de serviços ambientais elevada, no entanto, os valores de PSA estimados são bem elevados em comparação com as demais culturas, dessa forma, a implementação de programas de PSA para aumentar a oferta de serviços ambientais neste caso deve considerar o quanto o pagamento compensaria a oferta de serviços ambientais proporcionados por essas culturas.

As culturas que apresentaram menor eficiência em relação à oferta inicial de serviços ambientais e o valor do PSA estimado foram as culturas do milho, da cana e da batata, pois são culturas que, geralmente demandam áreas extensas de produção, reduzindo a disponibilidade para as áreas florestais.

O cuidado que se deve ter em relação ao valor do pagamento também está relacionado com a migração da produção para culturas que possivelmente possam oferecer um maior valor de PSA aos produtores rurais. Neste caso, o PSA pode funcionar como um instrumento perverso ao incentivar a produção de culturas que proporcionam um PSA maior ao produtor em detrimento de outras culturas, apesar do aumento das áreas florestais. É preciso ter um objetivo bem claro e definido durante a implementação de programas de PSA, de maneira que o aumento da oferta de serviços ambientais seja o seu principal foco, respeitando as necessidades da sociedade quanto à produção e consumo de alimentos e matérias-primas.

Uma sugestão para uma próxima etapa da pesquisa seria realizar simulações de maneira a captar o comportamento dos custos de oportunidade da mudança de práticas para as culturas, a partir de aumentos simulados da área florestal na Bacia. Além disso, seria importante também realizar simulações em relação a variações dos preços

agrícolas, de maneira a captar possíveis aumentos ou quedas de preços. Tal estudo poderá enriquecer a discussão e ajudar a compreender melhor a necessidade de incentivos financeiros para oferta de serviços ambientais pelas atividades agrícolas.

Assim, uma observação importante que se tem a partir deste estudo é que, dependendo do tipo de cultura produzido e da região de estudo, o valor do custo de oportunidade do produtor agrícola em aumentar a cobertura vegetal pode apresentar variações consideráveis. Assim, é importante que o incentivo financeiro de um programa de PSA seja estudado caso a caso, respeitando as diferenças locais, de cultura para que seja mantida sua eficácia.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil em 2009**. Brasília: ANA, 2009. 203 p.

AGRIANUAL 2011: anuário da agricultura brasileira. São Paulo: AgraFN, 2010.

AMDUR, L. et al. Agri-environmental policy measures in israel: the potential of using market-oriented instruments. **Environmental Management**, v. 47, p. 859-875, 2011.

ANTLE, J. M.; VALDIVIA, R. O. Modeling the supply of ecosystem services from agriculture: a minimum data approach. **Australian Journal of Agricultural and Resource Economics**, Oxford, v. 50, n. 1, p. 1-15, 2006.

ANTONIAZZI, L. B. **Oferta de serviços ambientais na agricultura**. 2008. 93 p. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada)–Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

APPLETON, A.F. **How New York city used and ecosystem services strategy carried out through and urban-rural partnership to presence the pristine quality of its drinking water and save billions of dollars**. New York, nov. 2002. 11 p. (Paper prepared for Forests Trends, Tokyo Meeting)

BEGOSSI, A. et al. Compensation for environmental services from artisanal fisheries in SE Brazil: policy and technical strategies. **Ecological Economics**, n.71, p. 25-32, 2011.

BRASIL. Lei Federal n.º 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o Novo Código Florestal. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 15 de setembro de 1965. Disponível em:  
<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L4771.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L4771.htm)>. Acesso em: 15 jan. 2012.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA. Disponível em: <<http://www.cepea.esalq.usp.br/>>. Acesso em: 26 set. 2011.

CHABARIBERY, D. et al. Recuperação de matas ciliares: sistemas de formação de floresta nativa em propriedades familiares: resultados preliminares. In: ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA ECOLÓGICA, 7., 2007, Fortaleza, 18 p.. **Anais...** Fortaleza: ..., 2007.

CHAVES, H. M. L. C. et al. Quantificação dos benefícios ambientais e compensações financeiras do “Programa do Produtor das Águas” (ANA): I. Teoria. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 9, n.3, p. 05-14, jul./set. 2004.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS SOROCABA E MÉDIO TIETÊ. Relatório de situação e caracterização geral da bacia hidrográfica dos Rios Sorocaba e Médio Tietê. CBH-SMT, 2000. 183 p. (Relatório Zero)

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Relatório de qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo 2009**. São Paulo: CETESB, 2010. 310 p. (Série Relatórios)

CONSTANZA, R. et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, v. 387, mai. 1997.

ECHAVARRIA, M. et al. **The impacts of payments for watershed services in Ecuador**: emerging lessons from Pinampiro and Cuenca. London, 2004. 66 p. (Markets for Environmental Services, 4)

ENGEL, S.; PAGIOLA, S.; WUNDER, S. Designing payments for environmental services in theory and practice: An overview of the issues. **Ecological Economics**, n. 65, p. 663-674, 2008.

**FAO's INFORMATION SYSTEM ON WATER AND AGRICULTURE.**

Disponível em: <[http://www.fao.org/nr/water/aquastat/water\\_use/index.stm](http://www.fao.org/nr/water/aquastat/water_use/index.stm)>. Acesso em: 20 out. 2011.

**FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS.**

**Pagos por Servicios Ambientales (PSA) de paisajes agrícolas.** Disponível em: <[http://www.fao.org/es/esa/PESAL/index\\_es.html](http://www.fao.org/es/esa/PESAL/index_es.html)>. Acesso em: 27 fev. 2010.

**FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS.**

Payments schemes for environmental services in watersheds. Sistemas de pago por servicios ambientales en cuencas hidrográficas. In: REGIONAL FORUM, jun. 2003, Arequipa, Peru. Santiago, Chile: Roma, Itália: FAO/Regional Office for Latin America and the Caribbean, 2004. 74 p. (Land and Water Discussion Paper, n. 3).

GARCÍA-AMADO, L. R. et al. Efficiency of payments for environmental services: equity and additionality in a case study from a biosphere reserve in Chiapas, Mexico. **Ecological Economics**, n. 70, p. 2361-2368, 2011.

GONÇALVEZ, C. S. et al. Qualidade da água numa microbacia hidrográfica de cabeceira situada em região produtora de fumo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 3, p. 391-399, 2005.

GUEDES, F. B.; SEEHUSEN, S. E. O PSA na Mata Atlântica: situação atual, desafios e recomendações. In:\_\_\_\_\_. **Pagamentos por Serviços Ambientais na Mata Atlântica: lições aprendidas e desafios**. Brasília: MMA, 2011. p. 224-267(Série Biodiversidade, 42).

HILDEBRAND, E.; GRAÇA, L.R.; HOEFLICH, V.A. “Valoração contingente” na avaliação econômica de áreas verdes urbanas. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 32, n. 1, p. 121-132, 2002.

HOJDA, A. **Gestão da política de recursos hídricos: o papel da agência da Bacia do Alto Tietê 2002 a 2004**. 2005. 166 p. Dissertação (Mestrado em Economia Política)– Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em:<<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em: 26 out. 2011.

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br>>. Acesso em: 15 abr. 2012.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br/>>. Acesso em: 26 set. 2011.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Plano de bacia da unidade de gerenciamento de recursos hídricos do Sorocaba e Médio Tietê (UGRHI 10)**. São Paulo: IPT, 2008. 303 p. (Relatório Técnico, 104).

JOHNSON, N.; WHITE, A.; PERROT-MAITRE, D.. **Developing markets for water services from forests: issues and lessons for innovators**. Washington, DC: Forest Trends, World Resources Institute, the Katoomba Group, 2002. 19 p. Disponível em: <[http://www.forest-trends.org/documents/files/doc\\_133.pdf](http://www.forest-trends.org/documents/files/doc_133.pdf)>. Acesso em: 15 jan. 2012.

KAECHELE, K. T. **A redução compensada do desmatamento no Mato Grosso: uma análise econômico-ecológica**. 2007. 114 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental)–Programa de Pós Graduação em Ciência Ambiental, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

KAWAICHI, V.M.; MIRANDA, S.H.G. Uma análise das políticas públicas ambientais dos países e a adoção do Pagamento por Serviços Ambientais no Brasil. 2009, 92 p. Monografia (Graduação em Ciências Econômicas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

KOSOY, N. et al. Payments for environmental services in watersheds: Insights from a comparative study of three cases in Central America. **Ecological Economics**, n. 61, p. 446-455, 2007.

MATTOS, A. D. M. et al. Valoração ambiental da áreas de preservação permanente da microbacia do Ribeirão São Bartolomeu no município de Viçosa, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 31, n. 2, p. 347-353, 2007.

MARGULIS, S. **A regulamentação ambiental**: instrumentos e implementação. Rio de Janeiro: IPEA, 1996. 41 p. (Texto para discussão, 437).

MILLENIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystems and human well-being: synthesis**. Washington DC: Island Press, 2005. Disponível em: <<http://www.maweb.org/documents/document.446.aspx.pdf>>. Acesso em: 09 set. 2011.

MORAES, A. S.; SAMPAIO, Y.; SEIDL, A. **Quanto vale o Pantanal? A valoração ambiental aplicada ao bioma Pantanal**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2009. 34 p. Disponível em: <<http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes/online/DOC105.pdf>>. Acesso em: 16 fev. 2012.

OLIVEIRA, L. R. **Serviços ambientais da agricultura familiar**: contribuições para o desenvolvimento sustentável da Amazônia. 2008. 140 p. Dissertação (Mestrado em Agronegócios)–Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

ORTIZ, R. A.; MOTTA, R. S.; FERRAZ, C. **Estimando o valor ambiental do Parque Nacional do Iguaçu**: uma aplicação do Método de Custo de Viagem. Rio de Janeiro: IPEA, 2001. 26 p. (Texto para Discussão, 0777)

PAGIOLA, S.; PLATAIS, G. **Payments for environmental services**. Washington, D.C.: World Bank, 2002. 4 p. (Environment Strategy Notes). Disponível em: <[http://www-wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/WDSP/IB/2004/08/26/000112742\\_20040826104114/Rendered/PDF/296710English0EnvStrategyNote302002.pdf](http://www-wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/WDSP/IB/2004/08/26/000112742_20040826104114/Rendered/PDF/296710English0EnvStrategyNote302002.pdf)>. Acesso em: 13 abr. 2011.

PAGIOLA, S. Payments for environmental services in Costa Rica. **Ecological Economics**, n. 65, p. 712–724, 2007.

PÉREZ, C.J. et al. **Pagos por servicios ambientales**: conceptos, principios y su realización a nivel municipal. Managua, Nicaragua: PASOLAC, 2002. 71p. (Série Técnica, 2).

POWELL, I.; WHITE, A.; LANDELL-MILLS, N. **Developing markets for the ecosystem services of forests**. Washington, D.C.: Forest Trends, 2002. 12 p. Disponível em: <<http://www.ibcperu.org/doc/isis/11585.pdf>>. Acesso em: 28 jan. 2012.

RAMOS, M. **Gestão de recursos hídricos e cobrança pelo uso da água**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 2007. 61 p.

REDE DAS ÁGUAS. Comitês de Bacias, 2005. 1 mapa, color. Escala indeterminável. Disponível em: <[http://www.rededasaguas.org.br/comite/comite\\_04.asp](http://www.rededasaguas.org.br/comite/comite_04.asp)>. Acesso em: 13 abr. 2011.

RIBAUDO, M. O.; HORAN, R. D.; SMITH, M. E. **Economics of water quality protection from nonpoint sources**: theory and practice. Washington, 199. 113 p. (Agricultural Economic Report, 782)

ROBERTSON, N.; WUNDER, S. **Fresh tracks in the forest**: assessing incipient payments for environmental services initiatives in Bolivia. Bogor: CIFOR, 2005. 152 p. Disponível em: <[http://www.cifor.org/pes/publications/pdf\\_files/BRobertson0501.pdf](http://www.cifor.org/pes/publications/pdf_files/BRobertson0501.pdf)>. Acesso em: 15 jan. 2012.

RODRIGUES, C. L.; QUEDA, O.; MARTINS, R. B. Participação dos proprietários rurais na restauração da mata ciliar: uma proposta metodológica. In: CONGRESSO DA SOBER: instituições, eficiência, gestão e contratos no sistema agroindustrial, 3., 2005, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: SOBER, 2005.

ROJAS, M.; AYLWARD, B. **Qué estamos aprendiendo de la experiencia con los mercados de servicios ambientales en Costa Rica?** Revisión y crítica de la literatura. Londres, ago. 2005. 112 p. (Markets for Environmental Services, n. 19)

RUIZ, C. Y.; SAUAD, J. J. Los servicios ambientales de la Cuenca del Río San Andrés (Yungas). Análisis de su valor de importancia socio económica para el Municipio de Orán, Departamento de Orán, Provincia de Salta. In: CUARTAS JORNADAS DE LA ASOCIACIÓN ARGENTINO URUGUAYA DE ECONOMÍA ECOLÓGICA, 4., 2009, Buenos Aires. 19 p. Disponível em: <[http://www.ungs.edu.ar/cm/uploaded\\_files/file/ecoeco/documentos\\_completos/RUIZ\\_SAUAD\\_Los%20servicios%20ambientales%20.pdf](http://www.ungs.edu.ar/cm/uploaded_files/file/ecoeco/documentos_completos/RUIZ_SAUAD_Los%20servicios%20ambientales%20.pdf)>. Acesso em: 14 jan. 2012.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Coordenadoria de Assistência Técnica Integral. Instituto de Economia Agrícola. **Levantamento censitário de unidades de produção agrícola do Estado de São Paulo - LUPA 2007/2008**. São Paulo: SAA/CATI/IEA, 2008. Disponível em: <<http://www.cati.sp.gov.br/projetolupa>>. Acesso em: 26 set. 2011.

SEEHUSEN, S. E.; PREM, I. Por que pagamentos por serviços ambientais? In: GUEDES, F. B.; SEEHUSEN, S. E. **Pagamentos por serviços ambientais na Mata Atlântica: lições aprendidas e desafios**. Brasília: MMA, 2011. p. 15-49 (Série Biodiversidade, 42).

SILVA, R. G.; LIMA, J. E. Valoração contingente do Parque “Chico Mendes”: uma aplicação probabilística do método *referendum* com *bidding games*. **Revista de Economia e Sociologia Rural – RER**, Rio de Janeiro, v. 42, n. 4, p. 685-708, 2004.

SISTEMA INTEGRADO DE GESTÃO AMBIENTAL. **Projeto de recuperação de matas ciliares**. Disponível em: <<http://www.sigam.ambiente.sp.gov.br/sigam2/default.aspx?idPagina=6373>>. Acesso em: 13 abr. 2011.

STROBEL, J. S. et al. Critérios econômicos para a aplicação do princípio do protetor-recebedor: estudo de caso do Parque Estadual dos Três Picos. Lagoa Santa, MG: Conservação Estratégica, jul. 2007. (Série Técnica, 11)

TONELLO, K. C.; FARIA, L. C. A experiência do CBH-SMT no pagamento por serviços ambientais. In: SEMINÁRIO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO PARAÍBA DO SUL: recuperação de áreas degradadas, serviços ambientais e sustentabilidade, 2., 2009, Taubaté. **Anais...** Taubaté: IPABHi, 2009. p. 351-356.

TURPIE, J. K.; MARAIS, C.; BLIGNAUT, J. N. The working for water programme: evolution of a payments for ecosystem services mechanism that addresses both poverty and ecosystem service delivery in South Africa. **Ecological Economics**, n. 65, p. 788-798, 2008.

UCHIDA, E.; ROZELLE, S.; XU, J. Conservation payments, liquidity constraints, and off-farm labor: impact of the Grain for Green Program on rural households in China. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 91, n.1. p. 70-86, 2009.

VEIGA, F.; GAVALDÃO, M. Iniciativas de PSA de Conservação dos recursos hídricos na Mata Atlântica. In: GUEDES, F. B.; SEEHUSEN, S. E. **Pagamentos por serviços ambientais na Mata Atlântica: lições aprendidas e desafios**. Brasília: MMA, 2011. p. 122-181. (Série Biodiversidade, 42).

WUNDER, S.. The efficiency of payments for environmental services in tropical conservation. **Conservation Biology**, v. 21, n. 1, p. 48-58, 2007.