

# **CUSTOS E BENEFÍCIOS DA ADOÇÃO DE PRÁTICAS E MEDIDAS PARA CONSERVAÇÃO DO SOLO AGRÍCOLA: um estudo de caso na microbacia hidrográfica do córrego Oriçanguinha<sup>1</sup>**

Oscar Sarcinelli<sup>2</sup>  
João Fernando Marques<sup>3</sup>  
Ademar R. Romeiro<sup>4</sup>

## **1 - INTRODUÇÃO**

A agropecuária implica, por definição, na simplificação do meio natural por meio da seleção de espécies animais e vegetais consideradas de maior interesse econômico. Esta simplificação se justifica porque possibilita a introdução do progresso tecnológico e o consequente aumento da produtividade dos fatores terra e trabalho (ROMEIRO, 1998).

Entretanto, a história demonstra que a exacerbação deste processo vem provocando uma série de impactos negativos sobre o meio que, em curto prazo, causa danos irreversíveis ou reparáveis com muita dificuldade. No longo prazo, eles podem até mesmo comprometer a sustentabilidade dos ecossistemas agrícolas.

Nos solos tropicais, o principal impacto negativo da agropecuária sobre o meio é a aceleração do processo de erosão. É sabido que este processo ocorre naturalmente, dependendo apenas das características naturais de cada região, mas, segundo Bertoni e Lombardi Neto (1990), as formas de manejo do solo nas áreas de cultivo são fatores antrópicos que potencializam seus efeitos negativos.

A especificidade do processo produtivo na agricultura faz com que os impactos sobre o meio ambiente não representem apenas externalidades negativas para a sociedade, mas sim um fator que degrada sua própria base produtiva, afetando os custos internos de produção e a produtividade agrícola no longo prazo (ROMEIRO, 1998).

Autores como Bastos Filho (1995), Ortiz

Lopez (1997), Rodrigues; Nogueira; Imbroisi (2001) e Marques e Pereira (2004), entre outros, avaliaram os custos econômicos internos aos sistemas produtivos decorrentes do processo de erosão e constataram que o aumento dos custos de produção nestes sistemas decorre principalmente de dois fatores:

- uma maior necessidade, no longo prazo, de reposição dos nutrientes essenciais para o desenvolvimento das culturas (via aplicação de fertilizantes químicos);
- aumento dos custos de conservação do solo nas áreas mais degradadas.

Para amenizar os efeitos negativos do processo de erosão sobre a fertilidade do solo agrícola, faz-se necessária a implantação de uma série de práticas e medidas conservacionistas amplamente recomendadas por especialistas. Dentre elas estão: o cultivo em nível; o manejo do mato nas áreas de culturas perenes; a promoção do consorciamento e da rotação de culturas, adubação verde e utilização das técnicas de plantio direto.

Segundo o trabalho de Brangagnolo (1994) apud Ortiz López (1997), a utilização destas práticas e medidas possibilita o aumento da produtividade nas áreas de cultivo. Este autor documenta o aumento da produtividade agrícola no Estado do Paraná de até 30%, devido à adoção de medidas mecânicas e vegetativas de conservação do solo e consequente redução da erosão neste Estado.

Outro estudo realizado por Toledo (1997) na microbacia do córrego São Joaquim, localizada no município de Pirassununga, Estado de São Paulo, demonstrou que, de forma geral, na região onde foi realizada a pesquisa, existe viabilidade econômica, em médio e longo prazo, na adoção destas práticas e medidas. Contudo, o mesmo autor observa que os resultados para cada sistema agrícola estudado foram heterogêneos, encontrando-se casos em que esta viabilidade não

<sup>1</sup>Registro no CCTC, IE-111-2008.

<sup>2</sup>Economista, Mestre, Professor do Instituto de Economia (UNICAMP) (e-mail: oscarsarc@uol.com.br).

<sup>3</sup>Economista, Doutor, Professor do Instituto de Economia (UNICAMP) (e-mail: jofemarques@uol.com.br).

<sup>4</sup>Ciências Econômicas, Doutor, Professor do Instituto de Economia (UNICAMP) (e-mail: ademarr@eco.unicamp.br).

se confirmou.

O presente trabalho tem como objetivo avaliar a viabilidade econômica de um projeto privado de mitigação de impactos agroambientais. Estudaram-se o custo e benefícios econômicos da implantação e manutenção de práticas e medidas para conservação do solo em diferentes sistemas agropecuários estabelecidos na microbacia hidrográfica do córrego Oriçanguinha. As medidas e práticas de conservação do solo estudadas foram a construção e manutenção de terraços nas áreas de cultivo, o plantio direto na produção de milho, a manutenção de cordões de mato nas áreas de culturas perenes pela roçada mecanizada do mato.

Esta microbacia está localizada no município de Espírito Santo do Pinhal, São Paulo, entre as coordenadas 22° 12' 17" latitude Sul e 46° 50' 28" longitude Oeste e área total de drenagem de 34,29km<sup>2</sup>. Foram encontrados seis diferentes tipos de sistemas agropecuários, a saber: sistema de produção de eucalipto, sistema de produção de cana-de-açúcar, sistema de pastagem, sistema de cafeicultura, sistema de produção de milho e sistema de olericultura.

A escolha desta microbacia como foco da pesquisa se deve ao fato de que existem diferentes sistemas agropecuários para se analisar o comportamento dos indicadores de viabilidade econômica, e ao fato da Secretaria Estadual do Meio Ambiente em São Paulo (1997) classificar esta região como "em processo de modernização", onde a agropecuária apresenta grande dinamismo e modernização na maior parte de suas atividades e um forte vínculo com agroindústrias, com destaque para a cafeicultura, silvicultura do eucalipto, milho e o setor sucroalcooleiro.

## 2 - MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 - Estimativa da Taxa Anual de Perda de Solo nos Sistemas Agropecuários

A estimativa da taxa anual de perda de solo nos sistemas agrícolas foi realizada utilizando a Equação Universal de Perda de Solos (EUPS), adaptada para uso nas condições brasileiras por Bertoni e Lombardi Neto (1990).

Este modelo estima a perda média de solo em locais específicos, sob sistemas de cultivo e manejo do solo também específico, tendo

por base os valores médios de precipitação ocorridos nos últimos 20 anos ou mais. A equação consiste em um modelo multiplicativo, pelo qual a perda média anual de solo é obtida pelo produto de seis fatores determinantes, a saber:

$$A = R * K * L * S * C * P, \text{ onde:}$$

$A$  = perda anual de solo em Mg.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>;

$R$  = fator erosividade da precipitação e da enxurrada, em MJ.mm.ha<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>;

$K$  = fator erodibilidade do solo, em Mg.ha.h/ha.MJ.mm;

$L$  = fator comprimento da encosta;

$S$  = fator grau de declividade;

$C$  = fator de cobertura e manejo da cultura, adimensional;

$P$  = fator práticas de controle de erosão, adimensional.

Os fatores  $R$ ,  $K$ ,  $L$  e  $S$  dependem das condições naturais do clima, do solo e do terreno, definindo o potencial natural de erosão. Os fatores  $C$  e  $P$  são antrópicos, ou relacionados ao uso e ocupação do solo e às diferentes formas de manejo dele.

O fator  $C$ , relacionado ao uso e manejo do solo, expressa as diferentes combinações das práticas de manejo passíveis de aplicação a cada cultura, tais como a incorporação de resíduos, os tipos de preparo do solo, os tipos de cultivo e rotação de culturas. Este fator considera ainda as condições biofísicas da cultura, ou seja, densidade, índice de área foliar e cobertura do solo, conforme proposto por Valeriano (1999). A tabela 1 apresenta os valores médios do fator  $C$ , para as principais culturas que predominam na região da microbacia do córrego Oriçanguinha.

O fator  $P$  - práticas conservacionistas - refere-se às práticas de manejo do solo direcionadas à sua conservação e está diretamente relacionado a declividade da área. Estudo realizado por Bertoni e Lombardi Neto (1990) compara a capacidade das práticas conservacionistas em reduzir a perda de solo em diferentes sistemas de plantio e os resultados podem ser visualizados na tabela 2.

De acordo com este estudo, os cultivos estabelecidos em sistema "morro baixo" apresentam uma perda de solo equivalente a 100% para

TABELA 1 - Valores do Fator C (Uso e Cobertura do Solo) para as Principais Culturas Encontradas na Microbacia

Culturas <sup>1</sup>	Fator C
Milho	0,1069
Eucalipto	0,0374
Cana 18 meses (5 cortes)	0,0754
Café	0,0201 <sup>2</sup>
Mata	0,0004
Pastagem	0,0075

<sup>1</sup>Para o caso de culturas anuais e perenes, os valores do fator C foram recalculados e ponderados em função das respectivas culturas anuais e/ou perenes predominantes.

<sup>2</sup>Os valores do fator C para essas culturas foram alterados em função das práticas de manejo observadas no trabalho de campo.  
Fonte: Projeto ECOAGRI (2006).

TABELA 2 - Relação entre os Valores de Perda de Solo nas Áreas de Cultivo Agrícola e as Práticas de Conservação do Solo para o Fator P, da EUPS

Práticas de conservação do solo	Perda de solo (%)
Plantio "morro abaixo"	100
Plantio em contorno	50
Alternância de capinas	30
Cordões de vegetação permanente	10

Fonte: Bertoni e Lombardi Neto (1990).

o fator *P* da EUPS, ao passo que, em sistemas de cultivo que utilizam terraços e plantio em contorno, esta taxa cai a 50% do valor observado para os cultivos "morro abaixo". Sistemas agrícolas que utilizam plantio em contorno e adotam ainda outras práticas conservacionistas complementares, como a alternância de capinas e a manutenção de cordões de vegetação permanente, chegam a reduzir a taxa anual de perda de solo para apenas 10% do valor observado em sistemas de plantio "morro abaixo".

## 2.2 - Diagnóstico da Fertilidade do Solo nos Diferentes Sistemas Agropecuários Estudados

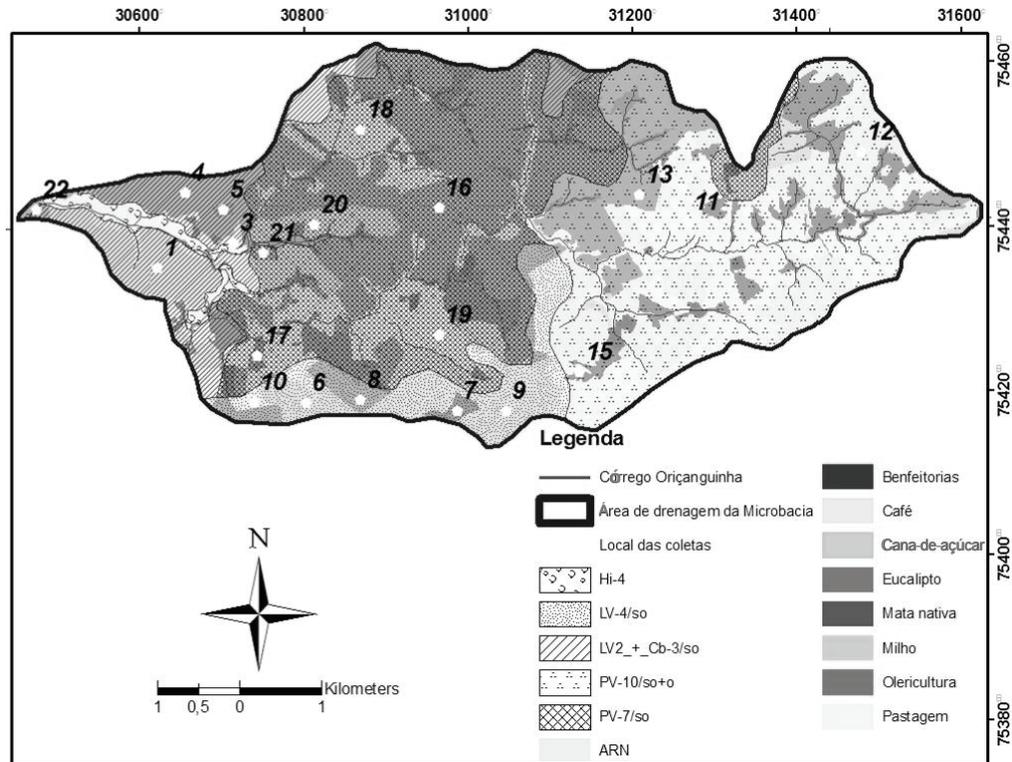
O diagnóstico da fertilidade atual do solo nos diferentes sistemas agropecuários serve para que seja realizada a estimativa de perda de fertilidade do solo ao longo do tempo em função da taxa anual de perda de solo estimada pela EUPS. Esta informação será utilizada para o cálculo do custo de reposição química dos nutrientes do solo. Realizou-se a amostragem do solo nos diferentes sistemas agropecuários. Os locais de coleta de solo foram planejados de tal maneira

que todos os diferentes tipos de solo e cultivos são amostrados. A figura 1 ilustra os pontos de amostragem do solo e a tabela 3 apresenta as informações sobre o tipo de solo e de ocupação em cada ponto amostrado.

A etapa de coleta das amostras seguiu as orientações e a metodologia proposta pela Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI) e pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC). Nesta metodologia, as diferentes áreas amostradas são subdivididas em glebas de até 20 hectares que contêm a mesma posição topográfica e ocupação do solo. Foram coletadas entre 10 e 20 subamostras (dependendo do tamanho da área amostrada) em cada gleba com profundidade entre 0-20cm. A análise química da fertilidade do solo foi realizada pelo laboratório de solos da Faculdade de Agronomia do Centro Regional Universitário de Espírito Santo do Pinhal.

## 2.3 - Valoração Econômica da Erosão do Solo

Utilizou-se o método do custo de reposição de nutrientes para atribuir valor econômico à perda de fertilidade do solo em função da erosão nos sistemas agropecuários estudados. O méto-



**Figura 1** - Localização Espacial dos Pontos de Coleta de Solos para Amostragem da Fertilidade.

Fonte: Dados da pesquisa.

**TABELA 3** - Número da Amostra, Classe de Solo e Uso e Ocupação do Solo nos Diferentes Pontos Amostrados na Microbacia

Número da amostra	Classes de solo	Uso e ocupação do solo
1		Cana-de-açúcar
3		Pastagem
4	Associação de latossolo vermelho amarelo + cambissolo	Eucalipto
22		Olericultura
5		Mata
6		Cana-de-açúcar
7		Mata
8	Latossolo vermelho amarelo	Eucalipto
9		Milho
10		Café
11		Pastagem
12	Podzólico vermelho amarelo, indiscriminado	Café
13		Eucalipto
15		Mata
16		Eucalipto
17		Mata
18	Podzólico vermelho amarelo abrupto A	Café
19		Pastagem
20		Cana-de-açúcar
21		Olericultura

Fonte: Dados da pesquisa.

do do custo de reposição se baseia no custo de reposição ou restauração de um bem danificado e entende esse custo como uma medida do seu benefício (PEARCE, 1993). A sua operacionalização é feita pela agregação dos gastos efetuados na reparação dos efeitos negativos provocados por algum distúrbio na qualidade ambiental do recurso utilizado numa função de produção (NOGUEIRA; MEDEIROS; ARRUDA, 1998).

Nesta etapa do trabalho, utilizou-se uma adaptação do método do custo de reposição dos nutrientes proposto por Marques (1995), adicionando-se ao cálculo o custo de aplicação dos fertilizantes.

Valor econômico da perda de solo agrícola =

$$\sum_{i=1}^n (Q_n * P_n) + Ca, \text{ onde:}$$

$Q_n$  = Quantidade de nutrientes necessários para reposição da fertilidade do solo observada nas amostras;

$P_n$  = Preço de mercado de cada fertilizante industrializado (sulfato de amônia, superfosfato simples, cloreto de potássio e calcário domilítico);

$Ca$  = Custo de aplicação dos fertilizantes;

#### 2.4 - Análise Econômica dos Custos e Benefícios da Mitigação da Erosão do Solo

A Análise de Custos e Benefícios (ACB) é a técnica econômica utilizada para determinar prioridades na avaliação de projetos/investimentos, ainda que com limitações quando se trata de projetos que envolvam incertezas ambientais (MOTTA, 1995; MAY, 1995). Segundo Motta (1995), este instrumento de análise possibilita aos tomadores de decisões conciliarem alternativas e construir consensos que facilitem a implantação de políticas.

Os benefícios e custos de cada projeto/investimento dependem do ponto de vista pelo qual os mesmos são avaliados. Sendo assim, para projetos privados, o enfoque sempre será o lucro do empresário, confrontando os investimentos necessários para a obtenção desses lucros; no entanto, para projetos do setor público, esse enfoque muda e se torna necessário observar

também se o projeto gera benefícios e custos não contemplados nas contas internas, tais como impactos ambientais, culturais e sociais (PEARCE, 1986).

Os critérios da relação benefício/custo são normalmente definidos em termos dos valores descontados ao longo do tempo, onde os custos e os benefícios são descontados separadamente à mesma taxa pré-determinada. A viabilidade econômica do projeto/investimento será indicada com  $B/C \geq 1$  e ações podem ser indicadas de acordo com a magnitude de  $B/C$ . O cálculo da relação benefício/custo pode ser realizado utilizando da seguinte equação:

$$B/C = \frac{\sum_{t=1}^n b_t / (1+d)^t}{\sum_{t=1}^n c_t / (1+d)^t}, \text{ onde:}$$

$c_t$  = investimento e custo de operação;  
 $b_t$  = benefícios gerados ao longo do tempo;  
 $t$  = período de tempo em análise;  
 $d$  = taxa de desconto.

Dentro da ACB, as estratégias são ordenadas de acordo com o valor presente dos benefícios líquidos de cada uma destas. Esta ordenação permite que os tomadores de decisão definam prioridades, adotando primeiro as estratégias cujos benefícios líquidos são mais elevados. Utilizou-se ainda o critério representado pelo Valor Presente Líquido (VPL), que demonstra o retorno esperado do investimento no futuro, assim expresso:

$$VPL = \sum_{t=1}^n (b_t - c_t) / (1+d)^t, \text{ onde:}$$

$b_t$  = benefícios do projeto no tempo  $t$ ;  
 $c_t$  = custos do projeto no tempo  $t$ ;  
 $d$  = taxa de desconto.

O ordenamento resultante deste indicador depende basicamente da taxa de desconto ( $d$ ) e da magnitude das necessidades de investimentos que determinam o nível de VPL. As taxas de desconto ( $d$ ) elevadas tendem a reduzir o VPL, enquanto as taxas menores au-

mentam o VPL, favorecendo a aceitação do projeto. A taxa de desconto utilizada no trabalho foi de 6% ao ano e o horizonte de tempo de 30 anos.

### 3 - RESULTADOS

#### 3.1 - Taxa Anual de Perda de Solo Estimada para os Sistemas Agropecuários

Identificou-se que as maiores taxas anuais de perda de solo estão nas áreas ocupadas pelo sistema de cana-de-açúcar e pelo sistema de cultivo do milho. A figura 2 apresenta uma comparação entre as taxas de perda de solos para cada tipo cultura encontrada na microbacia.

A cultura do milho apresenta as maiores taxas de perda de solos na microbacia por tipo de cultura, estimadas em  $22,0 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ , seguida pela cultura da cana-de-açúcar, com perda estimada de  $20,3 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ . Na outra ponta, as menores taxas de perda de solos por tipo de ocupação foram para a mata nativa ( $0,3 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ ) e para áreas de pastagem ( $5,1 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ ). A tabela 4 apresenta uma estimativa da taxa anual de perda de solo nos diferentes sistemas agropecuários da microbacia.

A perda de solo para toda a microbacia hidrográfica do córrego Oriçanguinha foi estimada em  $20.273,08 \text{ Mg}\cdot\text{ano}^{-1}$ , o que representa uma perda média de solo por hectare, ponderada pelo tamanho das áreas, estimada em  $8,3 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ . O Projeto ECOAGRI (2006), que realizou um estudo sobre as taxas de perda de solo em toda a bacia hidrográfica do Mogi-Pardo, estimou a perda média de solo para o município de Espírito Santo do Pinhal (SP) em torno de  $7,4 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ , o que é compatível com os resultados apresentados por esta pesquisa.

#### 3.2 - Custo da Reposição dos Nutrientes em Função da Erosão do Solo nos Sistemas Agropecuários Estudados

A tabela 5 estima a quantidade de fertilizantes industrializados necessária para a reposição da fertilidade do solo nos sistemas agrícolas, em função das taxas de perda de solo estimadas pela pesquisa e da fertilidade do solo

observada nas amostras.

De acordo com a tabela 5, os sistemas agrícolas que apresentam as maiores necessidades de reposição dos nutrientes são os sistemas de produção de eucalipto, de cana-de-açúcar e de produção de milho. A tabela 6 apresenta o custo da reposição dos nutrientes nos sistemas agropecuários estudados.

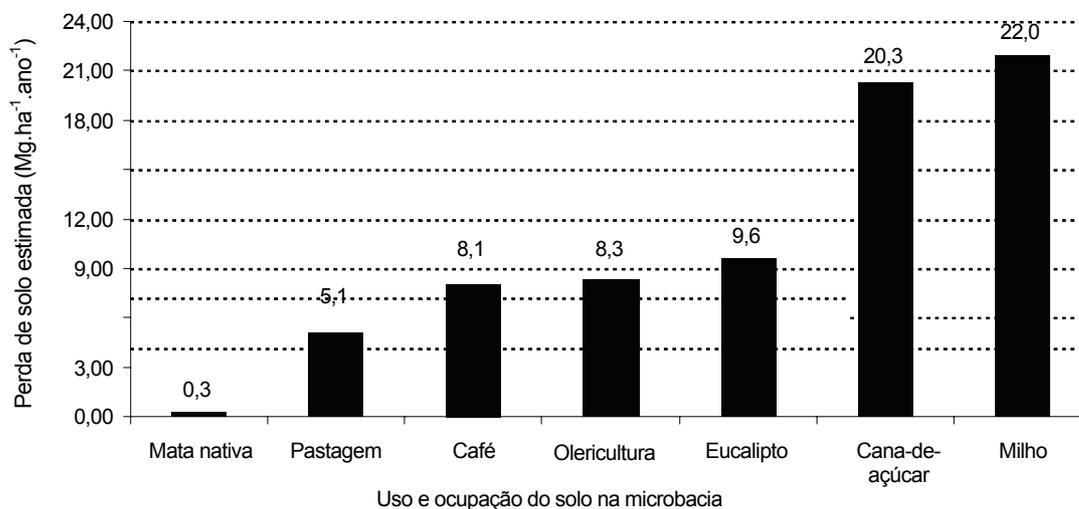
O custo total de reposição dos nutrientes nas áreas ocupadas com cultivos na microbacia do córrego Oriçanguinha foi estimado em R\$116.330,11 ao ano. Este valor equivale a um custo de reposição de nutrientes médio de R\$61,37 por hectare ao ano.

#### 3.3 - Benefícios Econômicos Decorrentes da Adoção de Medidas Para Conservação do Solo nos Sistemas Agrícolas

Esta etapa do trabalho verifica o benefício econômico potencial decorrente da adoção de práticas conservacionistas pelos sistemas agropecuários estabelecidos na microbacia do córrego Oriçanguinha. O benefício econômico apresentado decorre diretamente da redução no custo de reposição de nutrientes que a adoção destas práticas e medidas de conservação do solo possibilita. A tabela 7 apresenta uma comparação da taxa de perda de solo e do custo de reposição dos nutrientes antes e depois da adoção de práticas e medidas conservacionistas complementares aos terraços nos sistemas agropecuários estudados.

Constatou-se que existe um potencial de redução de, em média, 86,6% na taxa anual de perda de solo nos sistemas agropecuários estudados. Esta redução na perda de solo refletiria numa redução média de 74,6% no custo de reposição dos nutrientes nos sistemas de produção agropecuários estudados.

O sistema de produção de eucalipto seria beneficiado com uma redução no custo de reposição dos nutrientes da ordem de R\$34.396,61 ao ano, o que equivale a R\$42,67 por hectare. O sistema de produção de milho teria uma redução de custos de reposição de nutrientes da ordem de R\$15.822,04 ao ano, o que equivale a R\$95,48 por hectare. O sistema de cana-de-açúcar apresenta um potencial de redução deste custo estimado em R\$14.709,01 ao ano, equivalente a R\$67,71 por hectare.



**Figura 2** - Taxa Média de Perda de Solo, por Tipo de Cultura, Obtida para a Microbacia do Córrego Oriçanguinha.

Fonte: Projeto ECOAGRI (2006).

**TABELA 4** - Perda de Solos Estimada nos Sistemas Agropecuários

Sistema agropecuário	Área ocupada com cultivos agrícolas (ha)	Perda de solo estimada por hectare e por tipo de cultivo (Mg.ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup> )	Perda de solo estimada para todo o sistema (Mg.ano <sup>-1</sup> )
Sistema produção de eucalipto	806,1	9,6	7.738,56
Sistema cafeicultura	269,97	8,1	2.186,76
Sistema pastagem	415,92	5,1	2.121,19
Sistema cana-de-açúcar	217,21	20,3	4.409,36
Sistema produção de milho	165,7	22	3.645,40
Sistema olericultura	20,7	8,3	171,81
<b>Total</b>	<b>1.895,60</b>	<b>-</b>	<b>20.273,08</b>

Fonte: Dados da pesquisa.

### 3.4 - Análise de Custos e Benefícios da Adoção das Práticas e Medidas para Conservação do Solo nos Sistemas Agropecuários da Microbacia do Córrego Oriçanguinha

A tabela 8 apresenta os indicadores *VPL* e *B/C* em dois cenários distintos para um projeto privado de mitigação da perda de solo nos sistemas agropecuários estudados. O primeiro cenário internaliza na contabilidade financeira o custo de reposição de nutrientes para a manutenção da fertilidade do solo. O segundo cenário internaliza na contabilidade financeira os custos de implantação e manutenção das práticas e medidas relacionadas à conservação do solo, assim como os benefícios econômicos decorrentes da adoção destas práticas e medidas.

## 4 - DISCUSSÃO

O relevo montanhoso da microbacia do córrego Oriçanguinha faz com que as taxas de perda de solo nesta região sejam superiores às taxas obtidas pelo Projeto ECOAGRI (2006). Outros fatores que influenciam diretamente nos resultados são o manejo das culturas (rotação de cultivos, consórcio de culturas) e o manejo do solo nas áreas de cultivos (solos expostos ou cobertos com vegetação).

O Projeto ECOAGRI (2006) estimou as taxas de perda de solo para culturas anuais Mg.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> (quando não existem práticas conservacionistas do solo) e de 17,9 Mg.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> (quando as práticas de conservação do solo existem). Na microbacia do córrego Oriçanguinha, uti-

TABELA 5 - Quantidade Necessária de Fertilizantes Industrializados para Reposição dos Nutrientes nos Sistemas Agrícolas

Sistema agrícola	(Mg.ano <sup>-1</sup> )							
	Perda de N	Perda de P	Perda de K	Perda de Ca + Mg	Reposição de (N) com sulfato de amônia	Reposição de (P) com superfosfato simples	Reposição de (K) com cloreto de potássio	Reposição de (Ca + Mg) com calcáreo dolomítico
Sistema de produção de eucalipto	3,39	1,77	13,24	70,71	16,94	9,83	22,78	185,96
Sistema de cafeicultura	0,85	0,98	6,93	37,25	4,23	5,43	11,92	97,97
Sistema de pastagem	1,11	0,61	6,21	33,51	5,54	3,39	10,68	88,14
Sistema de cana-de-açúcar	1,51	1,59	2,95	66,08	7,55	8,86	5,08	173,79
Sistema de produção de milho	0,18	2,64	5,61	41,68	0,91	14,67	9,66	109,61
Sistema de olericultura	0,07	0,03	0,52	0,92	0,36	0,15	0,9	2,41
Total	7,11	7,62	35,48	250,14	35,53	42,32	61,02	657,86

Fonte: Dados da pesquisa.

TABELA 6 - Custo da Reposição dos Nutrientes nos Sistemas Agropecuários

Sistema agrícola	Área ocupada com cultivos agrícolas (ha)	Perda de solo estimada (Mg.ano <sup>-1</sup> )	Custo de reposição de nutrientes (R\$/ano)
Sistema de produção de eucalipto	806,1	7.738,56	44.752,90
Sistema de cafeicultura	269,97	2.186,76	16.715,41
Sistema de pastagem	415,92	2.121,19	14.141,41
Sistema de cana-de-açúcar	217,21	4.409,36	18.893,34
Sistema de produção de milho	165,7	3.645,40	20.027,69
Sistema de olericultura	20,7	171,81	1.799,36
Total	1.895,60	20.273,08	116.330,11

Fonte: Dados da pesquisa.

liza-se o plantio em contorno na área de plantio do milho e, mesmo assim, os resultados apresentam-se acima da média quando ela é comparada com toda a bacia do Mogi-Pardo, 22,00 Mg.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>.

No caso da cana-de-açúcar, a perda de solo estimada na microbacia foi de 20,6 Mg.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>. Para a bacia do Mogi-Pardo, a perda de solo média foi de 26,6 Mg.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> (áreas onde não existem práticas conservacionistas) e de 9,84 Mg.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> (as áreas onde estas práticas existem).

A análise do sistema de silvicultura do eucalipto apresenta uma estimativa de perda de solo anual de 9,6 Mg.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>, com terraceamento nas áreas de cultivo. O Projeto ECOAGRI (2006) estimou taxas de perda de solo de 13,6 Mg.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> para o cultivo do eucalipto sem terraceamento e de 3,53 Mg.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> para cultivos com a existência desta prática.

Os tipos de cultivos que apresentaram as menores taxas de perda de solo são a olericultura (8,3 Mg.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>) e as pastagens (5,1 Mg.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>). A taxa anual de perda de solo nas

TABELA 7 - Estimativa da Redução nas Taxas de Perda de Solo e no Custo de Reposição de Nutrientes nas Áreas de Cultivo Após a Adoção de Práticas de Conservação do Solo

Sistema agrícola	Perda de solo estimada (Mg.ano <sup>-1</sup> )	Custo da reposição dos nutrientes (R\$/ano)	Perda de solo estimada após a adoção de práticas conservacionistas (Mg.ano <sup>-1</sup> )	Custo de reposição após adoção das práticas conservacionistas (R\$/ano)	Benefício econômico estimado após adoção das práticas conservacionistas (R\$/ano)
Sistema de produção de eucalipto	7.738,56	44.752,90	1.243,87	10.356,29	34.396,61
Sistema de cafeicultura	2.186,76	16.715,41	253,48	4.185,83	12.529,58
Sistema de pastagem	2.121,19	14.141,41	164,14	4.496,42	9.644,99
Sistema de cana-de-açúcar	4.409,36	18.893,34	763,52	4.184,33	14.709,01
Sistema de produção de milho	3.645,40	20.027,69	685,08	4.205,65	15.822,04
Sistema de olericultura	171,81	1.799,36	14,77	523,99	1.275,37
<b>Total</b>	<b>20.273,08</b>	<b>116.330,11</b>	<b>3.124,87</b>	<b>27.952,51</b>	<b>88.377,60</b>

Fonte: Elaborada a partir dos dados sobre o potencial de redução de perda de solo apresentado por Bertoni e Lombardi Neto (1990) e dados da pesquisa.

TABELA 8 - Comportamento do Índice Valor Presente Líquido (VPL) e da Relação Benefício-Custo (B/C) nos Sistemas Agropecuários Estudados. O Fluxo de Caixa foi Analisado num Horizonte de Tempo de 30 Anos e a uma Taxa de Desconto de 6% ao Ano

Sistema agropecuário	Cenário 1		Cenário 2	
	VPL (R\$ mil)	B/C (%)	VPL (R\$ mil)	B/C (%)
Sistema de produção de eucalipto	164.836,60	2,6	164.220,60	2,6
Sistema de cafeicultura	11.799,40	2	11.569,30	2
Sistema de pastagem	1.899,50	1,5	1.704,90	1,4
Sistema de cana-de-açúcar	1.973,90	1,2	1.713,90	1,2
Sistema de produção de milho	2.012,40	1,8	1.736,70	1,6
Sistema de olericultura	4.963,60	1,7	4.938,80	1,7
<b>Total</b>	<b>187.485,50</b>	<b>2,4</b>	<b>185.614,90</b>	<b>2,3</b>

Fonte: Elaborada a partir dos dados coletados em campo e da consulta à cooperativa dos cafeicultores de Espírito Santo do Pinhal - SP; Companhia de Desenvolvimento Agrícola do Estado de São Paulo (CODASP) e Revista Agrianual, 2007.

áreas de pastagens da microbacia do córrego Oriçanguinha está abaixo da média observada para toda a bacia do Mogi-Pardo, que é de 10,5 Mg.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> (áreas sem a existência de terraços) e 9,03 Mg.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> (áreas com terraços). A perda de solo nas áreas de cultivo reflete diretamente no aumento do custo de produção agrícola devido ao aumento nos custos com reposição de

nutrientes. O sistema de produção de milho apresenta o maior custo de reposição, com valor estimado em R\$120,86 por hectare ao ano. Este valor é 97% maior que a média do custo reposição de nutrientes estimado para toda a microbacia.

O sistema de cana-de-açúcar apresenta custo de reposição de nutrientes estimado de R\$86,98 por hectare ao ano e o sistema de oleri-

cultura de R\$86,93 por hectare ao ano. Ambos apresentam um custo de reposição de nutrientes de cerca de 40% acima da média calculada para toda a microbacia.

O custo de reposição de nutrientes estimado para os sistemas de cafeicultura, de R\$61,92 por hectare ao ano, foi o valor mais próximo da média para a microbacia dentre todos os sistemas estudados. No caso do sistema de produção de eucalipto, o custo de reposição de nutrientes foi estimado em R\$55,52 por hectare ao ano, cerca de 10% abaixo da média regional. Por fim, o sistema de pastagem se apresentou como o de menor necessidade de reposição de nutrientes, com um valor estimado de R\$34,00 por hectare ao ano, cerca de 45% abaixo do custo médio na microbacia.

A análise de viabilidade econômica de um projeto privado direcionado à mitigação da perda de solo nos sistemas agropecuários da microbacia do córrego Oriçanguinha mostrou-se viável economicamente, uma vez que, em todos os sistemas estudados, observou-se a relação  $B \geq C$ . Contudo, a redução observada no VPL em todos os casos estudados, em função do aumento no custo de implantação e manutenção das práticas e medidas de conservação do solo, é o principal fator da escolha individual dos agricultores em adotar tais medidas.

A heterogeneidade de resultados observada por Toledo (1997) também se repetiu neste estudo de caso. O sistema de produção de milho e o sistema de cana-de-açúcar apresentaram redução no VPL de 13,7% e de 13,1%, respectiva-

mente, ao passo que o sistema de produção de eucalipto apresentou redução no VPL de apenas 0,37% ao longo do tempo.

## 5 - CONCLUSÃO

Observou-se que os benefícios econômicos decorrentes da adoção de práticas e medidas voltadas para a conservação do solo não são suficientes para incentivar os agricultores a adotar tais medidas e práticas. O principal fator inibidor de uma ampla adoção destas medidas é a redução na lucratividade das atividades em curto prazo frente a benefícios econômicos de médio e longo prazo.

A formulação de políticas públicas de incentivo técnico e econômico aos agricultores, para que ocorra efetivamente uma ampla adoção destas práticas e medidas pelos agricultores, faz-se necessária. Por outro lado, é preciso uma mudança de comportamento dos agricultores para realizar planejamentos da sustentabilidade econômica e ecológicas dos sistemas agropecuários em médio e longo prazo.

O que se conclui neste trabalho é que a falta de uma política de incentivos econômicos à adoção de medidas para mitigação de impactos agroambientais torna muito difícil a reversão do quadro atual de degradação dos recursos naturais no meio rural. A elaboração desta política está diretamente relacionada à manutenção e até mesmo à ampliação da eficiência produtiva da agricultura no longo prazo.

## LITERATURA CITADA

BASTOS FILHO, G. S. **Contabilizando a erosão do solo: Um ajuste ambiental para o Produto Bruto Agropecuário Paulista**. 1995. 127 p. Tese (Mestrado em: Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz", Universidade de São Paulo, Piracicaba (SP), 1995.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1990. 355 p.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MOGI. **Diagnóstico da Bacia Hidrográfica do Rio Mogi Guaçu: Relatório Zero**. Mogi-Guaçu: [s.n.], 1999. 219 p.

MARQUES, J. F. **Efeitos da degradação do solo na geração de energia elétrica: uma abordagem da economia ambiental**. 257 p. 1995. Tese (Doutorado em: Economia) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

\_\_\_\_\_; PEREIRA, L. C. **Valoração econômica dos efeitos da erosão**: Estudo de caso em bacias hidrográficas.

Jaguariúna (SP): Embrapa Meio Ambiente. (Documentos Técnicos, n. 40; Repositório Digital). Disponível em: <<http://www.repdigital.cnptia.embrapa.br/handle/CNPMA/5814>>. Acesso em: 2008.

MAY, P. H. **Economia ecológica**: aplicações no Brasil. Rio de Janeiro: Campus, 1995. 179 p.

MOTTA, R. S. **Contabilidade ambiental**: teoria, metodologia e estudos de casos no Brasil. Rio de Janeiro: IPEA, 1995.

NOGUEIRA, J. M.; MEDEIROS, M. A. A.; ARRUDA, F. S. T. **Valoração econômica do meio ambiente**: ciência ou empiricismo?. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 17, n. 2, p. 81-115, maio/ago. 2000.

ORTIZ LÓPEZ, A. A. O. **Análise dos custos privados e sociais da erosão do solo - O caso da bacia do rio Corumbataí**. Tese de Doutorado. ESALQ/USP. 1997.

PEARCE, D. **Cost benefit analysis**. 2rd. ed. London: London Macmillan, 1986.

\_\_\_\_\_. **Economic values and the natural world**. London: London Earthscan Publications, 1993.

PROJETO ECOAGRI. **Diagnóstico ambiental da agricultura no Estado de São Paulo**: bases para um desenvolvimento rural sustentável. maio 2006. (III Relatório Técnico). Disponível em: <<http://ecoagri.cnptia.embrapa.br>>. Acesso em: set. 2007.

RODRIGUES, W.; NOGUEIRA, J.; IMBROISI, D. Avaliação econômica da agricultura sustentável: o caso dos cerrados brasileiros. **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, Brasília, v. 18, n. 3, p. 103 - 130, set./dez. 2001.

ROMEIRO, A. R. **Meio ambiente e dinâmica de inovações na agricultura**. São Paulo: Annablume: FAPESP, 1998. 272 p.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO - SEMA. **Relatório Gestão das Águas**: 6 anos de percurso. São Paulo: SEMA, 1997.

SCHULTZ, L. A. **Manual do plantio direto**: técnicas e perspectivas. Porto Alegre: Agropecuária, 1978. 84 p.

TOLEDO, P. E. N. **Impacto ambiental e análise econômica de medidas mitigadoras**: o caso da microbacia hidrográfica do córrego São Joaquim, Pirassununga (SP). 142 p. 1997. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz", Universidade de São Paulo, Piracicaba (SP), 1997.

VALERIANO, M. M. **Estimativa de variáveis topográficas por geoprocessamento para modelagem de perda de solos**. 172 p. 1999. Tese (Doutorado em Geografia) - Departamento de Geografia, Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", Rio Claro (SP), 1999.

**CUSTOS E BENEFÍCIOS DA ADOÇÃO DE PRÁTICAS E MEDIDAS  
PARA CONSERVAÇÃO DO SOLO AGRÍCOLA:  
um estudo de caso na microbacia hidrográfica do córrego Oriçanguinha**

**RESUMO:** *A inexistência de práticas e medidas para conservação do solo em áreas de produção agropecuária amplia os efeitos negativos da erosão sobre o meio e, conseqüentemente, os custos internos de produção. Este trabalho analisa a viabilidade econômica da adoção de práticas e medidas de conservação do solo pelos agricultores da microbacia do córrego Oriçanguinha, localizada no município de Espírito Santo do Pinhal, São Paulo. Os resultados demonstram que a adoção destas práticas e medidas é viável economicamente. Contudo, faz-se necessária a elaboração de incentivos de ordem técnica.*

ca e econômica que estimulem os agricultores a renunciar de parte de sua rentabilidade de curto prazo em função de uma maior sustentabilidade econômica e ecológica dos sistemas agropecuários em médio e longo prazo.

**Palavras-chave:** diagnóstico de impactos ambientais, valoração econômica de recursos naturais, análise de custos e benefícios.

**COSTS AND BENEFITS OF ADOPTING AGRICULTURAL SOIL CONSERVATION PRACTICES AND MEASURES: a case study on the Oriçanguinha hydrographic region**

**ABSTRACT:** The lack of soil conservation practices in agricultural areas contributes to the negative effects of soil erosion and can increase internal production cost. Here, we analyze the economic viability of adopting practices of agricultural soil conservation by farmers in the Oriçanguinha Watershed, located in municipal district of Espírito Santo do Pinhal, Sao Paulo. Results demonstrate that these practices are economically viable, but also suggest the need for technical and economic incentives that encourage farmers to forgo portions of their profit for long-term economic and ecological sustainability.

**Key-words:** environmental impacts diagnoses, environmental resources economic valuation, cost vs. benefit analyses.

---

Recebido em 13/10/2008. Liberado para publicação em 10/03/2009.