

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS PARA A SUSTENTABILIDADE
CAMPUS DE SOROCABA
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA

JULIANNE NAPORANO ARCHIPAVAS

**ESTIMAÇÃO DOS CUSTOS DA EROÇÃO DO SOLO PELO MÉTODO DO
CUSTO DE REPOSIÇÃO: ESTUDO DE CASO NA MICROBACIA DO RIO
PIRAPORINHA NO MUNICÍPIO DE PIEDADE, SP**

Sorocaba

2013

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS PARA A SUSTENTABILIDADE
CAMPUS DE SOROCABA
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA

JULIANNE NAPORANO ARCHIPAVAS

**ESTIMAÇÃO DOS CUSTOS DA EROÇÃO DO SOLO PELO MÉTODO DO
CUSTO DE REPOSIÇÃO: ESTUDO DE CASO NA MICROBACIA DO RIO
PIRAPORINHA NO MUNICÍPIO DE PIEDADE, SP**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Ciências e Tecnologias para a Sustentabilidade da Universidade Federal de São Carlos, *campus* Sorocaba, para obtenção do título de bacharel em Ciências Econômicas.

Orientação: Prof. Dr. Eduardo Rodrigues de Castro

Sorocaba
2013

Archipavas, Julianne Naporano

Estimação dos custos da erosão do solo pelo método do custo de reposição: estudo de caso na microbacia do Rio Piraporinha no município de Piedade, SP / Julianne Naporano Archipavas. -- Sorocaba, 2013
00 f. : il. ; 28 cm

Trabalho de Conclusão do Curso de Bacharelado em Ciências Econômicas - UFSCar, *Campus Sorocaba*, 2013.

Orientador: Eduardo Rodrigues de Castro

Banca examinadora: Alexandre Nunes de Almeida, Mariusa Momenti Pitelli

1.Economia dos Recursos Naturais. 2.Custos da Erosão do Solo. 3.Método do Custo de Reposição de Nutrientes 4.Pagamento por Serviços Ambientais. I. Estimação dos custos da erosão do solo pelo método do custo de reposição: estudo de caso na microbacia do Rio Piraporinha no município de Piedade, SP. II. Sorocaba-Universidade Federal de São Carlos.

CDD 330

JULIANNE NAPORANO ARCHIPAVAS

**ESTIMAÇÃO DOS CUSTOS DA EROSÃO DO SOLO PELO MÉTODO DO
CUSTO DE REPOSIÇÃO: ESTUDO DE CASO NA MICROBACIA DO RIO
PIRAPORINHA NO MUNICÍPIO DE PIEDADE, SP**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Ciências e Tecnologias para a Sustentabilidade da Universidade Federal de São Carlos, *campus* Sorocaba, para obtenção do título de bacharel em Ciências Econômicas. Universidade Federal de São Carlos. Sorocaba, 17 de Junho 2013.

Orientador

Dr. Eduardo Rodrigues de Castro

Universidade Federal de São Carlos – *Campus* Sorocaba

Examinador

Dr. Alexandre Nunes de Almeida

Universidade Federal de São Carlos – *Campus* Sorocaba

Examinador

Dr. Mariusa Momenti Pitelli

Universidade Federal de São Carlos – *Campus* Sorocaba

Aos meus pais

Valdir e Denise

AGRADECIMENTOS

Meus primeiros agradecimentos destinam-se à Deus, cujas obras permitiram o início dessa trajetória e cujo amparo permitiu que chegasse ao fim, por meio de muitas vitórias e conquistas.

Agradeço ao meu pai, Valdir, e à minha mãe, Denise, que, cada um à sua maneira, demonstraram apoio, incentivo, orgulho e encorajamento para que minha formação se tornasse possível e para que a família pudesse dispor de uma economista. Aos meus irmãos, Alexis, Katherine e Viviane, por estarem sempre presentes. À minha avó Olga, que de algum lugar está compartilhando dessa alegria conosco, por ter sempre acreditado em mim.

Ao meu companheiro Rafael, agradeço pelas sábias palavras, que sempre transmitiram tranquilidade, e por cada gesto de companheirismo e compreensão. Obrigada por orientar minhas escolhas e apoiar minhas decisões. Obrigada por fazer parte das minhas maiores conquistas.

Cursar a UFSCar foi uma experiência única de amadurecimento por ser necessário viver de forma mais independente, longe de casa. No meio do caminho, amizades que levarei para toda a vida foram criadas. Obrigada Caroline, Lucas, Helena, Maurício, Maria Luíza, Mayara e Amanda por tornarem cada momento único e por terem sido uma verdadeira família. Espero que todas as festas e risadas possam ser revividas e nunca esquecidas!

À minha amiga Débora, agradeço pela amizade de mais de dez anos e por todo o apoio e momentos de descontração que passamos juntas.

Agradeço a toda equipe de docência do curso de Ciências Econômicas e à Universidade Federal de São Carlos pela oportunidade de graduar-me em uma instituição de alto padrão de ensino que me transmitiu conhecimento e valores que me tornaram, mais do que uma economista, uma cidadã com senso crítico e capacidade analítica.

Em especial, meu agradecimento é direcionado ao meu orientador Eduardo, que me proporcionou grandes oportunidades e acompanhou meu desenvolvimento acadêmico de perto. Agradeço pelo voto de confiança, pela paciência e por ter me ajudado a descobrir potencial para a pesquisa com incomparável profissionalismo e amizade.

Ao professor Danilo também deixo minha imensa gratidão, pela dedicação à criação do curso e por ter cativado a mim e à minha família para minha permanência na universidade. Hoje posso afirmar que, sem dúvidas, valeu a pena. Ao professor Geraldo agradeço pelas palavras que em momentos de grande dificuldade trouxeram conforto e deixaram a certeza de que desistir não era a melhor escolha.

Por fim, meus agradecimentos são para a equipe da Casa da Agricultura do município de Piedade. Sem o suporte técnico do Alberto, do Cláudio e do Bruno a realização deste trabalho não teria sido possível. Obrigada por terem colaborado grandemente para esta monografia, transmitido seu conhecimento e me apresentarem a realidade da vida no campo.

Muito obrigada!

RESUMO

ARCHIPAVAS, Julianne Naporano. *Estimação dos custos da erosão do solo pelo método do custo de reposição: estudo de caso na microbacia do Rio Piraporinha no município de Piedade, SP*. 2013. 00 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Econômicas) – Centro de Ciências e Tecnologias para Sustentabilidade, Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2013.

O processo erosivo causado pelas atividades agrícolas tem efeitos internos (*on-site*) e externos (*off-site*), sendo que os primeiros estão associados à redução da eficiência agrícola causada pela perda de nutrientes e geram impacto direto nos custos de produção. Uma vez que parte dos nutrientes é levada pelo processo erosivo, os mesmos terão que ser repostos pelo produtor. Já os efeitos externos são absorvidos por outros agentes econômicos, que têm o seu bem-estar afetado devido à utilização de recursos ambientais em comum com a agricultura. Diante disso, esta pesquisa estima os prejuízos causados ao produtor pela perda de nutrientes oriunda da erosão do solo, utilizando-se o método de custo de reposição de nutrientes. Com base nesta metodologia, o trabalho calcula o valor econômico da erosão do solo agrícola na microbacia hidrográfica do Rio Piraporinha, no município de Piedade, SP. Conclui-se que os custos estimados da erosão são da ordem de R\$94,32 por tonelada de solo em média, sendo os fatores declividade do terreno e comprimento de rampa os principais determinantes dos prejuízos econômicos da erosão na microbacia estudada. Frente a esta problemática, busca-se discutir a provisão de serviços ambientais por parte dos produtores, devidamente remuneradas mediante programas de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA), como uma possível alternativa para a sustentabilidade econômica e ambiental da agricultura.

Palavras-chave: Economia dos Recursos Naturais. Custos da Erosão do Solo. Método do Custo de Reposição. Pagamento por Serviços Ambientais.

ABSTRACT

The erosion process caused by agricultural activities has on-site and off-site effects. The former are associated to reduction in agricultural efficiency caused by nutrient losses and generate direct impact on production costs since the nutrients that are carried out by the erosion process must be replaced by the farmer. The external effects impact other economic agents who have their welfare affected due to the quality reduction of the environmental resources of common use with agriculture. Thus, this research estimates the damage caused to farmers due to the loss of nutrients derived from soil erosion and uses the method of nutrient replacement cost. Based on this methodology, the research calculates the economic value of soil erosion in the watershed of Piraporinha River, in the county of Piedade, São Paulo state. The estimated costs of erosion are about R\$94.32 per ton of soil on average; land slope and land ramp length are the main determinants of erosion economic damage in this watershed. Besides the cost estimation of the erosion process, this research discusses the provision of environmental services by producers remunerated through Payment for Environmental Services (PES) programs, as a possible solution to the economic and environmental sustainability of agriculture.

Key words: Natural Resources Economics. Costs of Soil Erosion. Replacement Costs Method. Payments for Environmental Services.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AGEITEC Agência Embrapa de Informação Tecnológica

ANA Agência Nacional de Águas

APP Áreas de Proteção Permanente

BANDES Banco de Desenvolvimento do Espírito Santo

BB Banco do Brasil

BNDES Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

Ca Cálculo

CATI Coordenadoria de Assistência Técnica Integral

C&C Comando e Controle

CIAGRO Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas

CODEMA Conselho de Defesa e Conservação do meio Ambiente

EMBRAPA Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EUPS Equação Universal de Perdas de Solo

FMPSA Fundo Municipal para Pagamentos por Serviços Ambientais

GPS *Global Positioning System*

IAC Instituto Agrônomo de Campinas

IBIO Instituto Bio Atlântica

IE Instrumentos Econômicos

IEMA Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos

IGC Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo

INCAPER Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural

IPEA Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

IPTU Imposto Predial e Territorial Urbano

ISS Imposto Sobre Serviços de Qualquer Natureza

ITBI Imposto sobre Transmissão de Bens Imóveis

K Potássio

Mg Magnésio

MMA Ministério do Meio Ambiente

MAPA Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

N Nitrogênio

OGU Orçamento Geral da União

OIM Observatório de Informações Municipais

ONG Organizações Não-Governamentais

PSA Pagamento por Serviços Ambientais

P Fósforo

RL Reserva Legal

SABESP Superintendência do Abastecimento de Água do Estado de São Paulo

SEAG Secretaria de Estado de Agricultura e Pesca

TNC *The Nature Conservancy*

USLE *Universal Soil Loss Equation*

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
2. ESCOLHA DO LOCAL DE PESQUISA.....	15
2.1.DELIMITAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA.....	16
3. METODOLOGIA.....	18
3.1.ASPECTOS TEÓRICOS RELACIONADOS ÀS PERDAS DE SOLO.....	18
3.2.METODOLOGIAS PARA ESTIMAÇÃO DOS CUSTOS DA EROÇÃO DO SOLO.....	23
3.3 MÉTODO DE CUSTO DE REPOSIÇÃO DE NUTRIENTES.....	25
3.4 FONTE DE DADOS.....	29
4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	31
4.1 PERFIL DOS PRODUTORES, PROCESSOS PRODUTIVOS SUSTENTÁVEIS E PROCESSOS PRODUTIVOS CONVENCIONAIS.....	31
4.2 PERDAS DE SOLO E CUSTOS ECONÔMICOS DA EROÇÃO DO SOLO.....	33
4.3 SERVIÇOS AMBIENTAIS EM BACIAS HIDROGRÁFICAS: UMA ALTERNATIVA.....	38
4.3.1 Provisão de Serviços Ambientais e Falhas de Mercado.....	38
4.3.2 Pagamentos por Serviços Ambientais (PSA).....	41
4.3.3 Desenvolvimento de Políticas de Uso e Conservação do Solo e Recursos Hídricos no Brasil e a Iniciativa do Programa Produtor de Água.....	42
4.3.4 Projetos em Andamento – O Pagamento de Serviços Ambientais como Ferramenta de Proteção às Bacias Hidrográficas.....	45
4.3.4.1 Programa Produtor de Água - Projeto Conservador das Águas – Extrema (MG).....	45
4.3.4.2 Programa Produtor de Água - ProdutorES de Água – ES.....	48
4.3.4.3 Programa Ecocrédito em Montes Carlos – MG.....	49
4.3.5 Algumas Limitações para Adoção de Projetos Fundamentados em PSA.....	49
5 CONCLUSÕES.....	51
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54
APÊNDICES	60

1. INTRODUÇÃO

A agricultura desempenha o papel essencial de prover alimentos e matérias-primas para atender a uma demanda mundial crescente. No entanto, dependendo da forma que for conduzida, mostra-se uma atividade potencialmente agressiva ao meio ambiente, revelando necessidade de conservação dos recursos naturais aos quais está relacionada (BANCO MUNDIAL, 2008). No caso dos sistemas de cultivos tradicionais, a erosão é um problema que causa prejuízos diretos aos produtores assim como prejuízos indiretos que atingem a sociedade, por meio do assoreamento e eutrofização¹ dos cursos d'água. O prejuízo direto da erosão do solo consiste na perda de nutrientes e matéria orgânica, que ao serem repostos por meio do aumento do uso de fertilizantes implicam em aumento de custos para o produtor.

Ou seja, o processo erosivo tem efeitos internos (*on-site*) e externos (*off-site*). Os primeiros estão associados à perda da eficiência agrícola causada pelo desgaste de nutrientes e pela mudança da estrutura do solo. A erosão normalmente carrega a camada superficial do solo, que concentra a maior parte dos nutrientes e matéria orgânica. Além disso, o solo fica com reduzida capacidade de retenção de água e torna-se mais susceptível à compactação².

A água atua como principal agente do processo erosivo, no sentido de desagregar o solo e provocar seu carreamento. Essa situação pode ser agravada por sistemas de cultivo que não levam em conta técnicas de conservação, o que se verifica por meio do preparo inadequado de solo (muitas vezes realizado no sentido da declividade do terreno) e da não realização de cobertura³ do solo e terraceamento⁴, de modo a favorecer a ação erosiva.

Na maioria das vezes o processo não é sentido pelo produtor, que repõe a matéria orgânica e os nutrientes para evitar que a redução do nível desses componentes afete a produtividade. Isso representa um custo adicional, já que essa reposição é feita por meio da aquisição de fertilizantes e insumos, o que reflete parte dos custos econômicos da erosão do

¹ A eutrofização é causada pelo excesso de descarga de elementos nutritivos (sedimentos) na água, carreados por ação erosiva em solos mal manejados e que levam consigo a matéria orgânica e os nutrientes desses solos (MOSS; MOSS, 2005).

² A compactação é uma das consequências da desestruturação do solo, que reduz sua capacidade de aeração, de penetração e retenção de água. A menor capacidade de penetração da água favorece o escoamento superficial que contribui para o processo erosivo.

³ Cobertura de solo: cobertura natural (palhada, é o mesmo que cobertura morta) ou artificial (“*mulching*”, que é um plástico que cobre os canteiros, utilizado em geral no cultivo de flores e hortaliças). A cobertura do solo evita o contato direto da chuva com o solo, reduzindo a sua desagregação. A desagregação do solo favorece a erosão.

⁴ Terraceamento: técnica agrícola de conservação do solo, que visa reduzir o escoamento superficial da água, favorecendo sua penetração no solo e reduzindo o potencial erosivo.

solo. Assim, impacta-se diretamente na estrutura de custos da unidade produtiva e os produtores mais vulneráveis financeiramente são condicionados a uma menor produtividade do solo, reduzindo o potencial econômico da atividade agrícola (especialmente a familiar) e diminuindo sua rentabilidade.

Já os efeitos externos são absorvidos por outros agentes econômicos, que têm o seu bem-estar afetado devido à utilização de recursos ambientais em comum com a agricultura (RODRIGUES, 2005). A perda de bem-estar social causada pela erosão fica evidente quando o solo carregado atinge os cursos d'água, levando consigo matéria orgânica, nutrientes e produtos químicos nocivos provenientes dos agrotóxicos, o que potencializa a ocorrência de assoreamento, turbidez, eutrofização e contaminação. Diante desses fatores, a capacidade de abastecimento fica reduzida e a água tem sua qualidade comprometida. Esse processo torna a água indisponível para determinados usos, causando prejuízos aos indivíduos localizados à jusante da atividade produtiva (Agência Nacional de Águas, s.d.).

Os prejuízos indiretos causados pela erosão do solo podem ser analisados sob o conceito de externalidades ambientais, que são o resultado de ações econômicas sobre o meio ambiente. Sua ocorrência permite compreender como a economia e a formação de preços frequentemente deixam de incorporar os impactos sociais e ambientais consequentes das atividades produtivas (SOARES e PORTO, 2007), sejam estes positivos ou negativos. Assim, as externalidades representam uma falha de mercado que condiciona a uma alocação ineficiente dos recursos e, nos mercados de bens e serviços ambientais, determinam a falta de investimentos em capital natural e sobreconsumo dos serviços ecossistêmicos (ROSENBERG, 2012). Diante disso, mecanismos específicos (tais como leis, políticas e instituições) devem ser criados para abordar as externalidades ambientais, de modo que a oferta e a demanda sejam capazes de incluí-las na análise de equilíbrio de mercado (ARCHIPAVAS, 2012).

Apesar da importância de quantificar danos ambientais para evidenciar a necessidade de adoção de medidas conservacionistas, existe dificuldade em precificar externalidades devido a não existência de um valor monetário para muitos elementos naturais ligados ao processo produtivo, como o solo. No entanto, a precificação é necessária para tornar possível a incorporação dos custos relativos aos impactos da atividade agrícola, ou seja, ela permite que o meio ambiente forneça bens e serviços a seus correspondentes custos, de modo que as externalidades sejam levadas em consideração nas decisões econômicas e de preservação (LANNA *et al.*, 1999).

No caso da produção agrícola, que é grande demandante de recursos naturais, as externalidades ambientais negativas, decorrentes da intensificação da agricultura e da expansão da fronteira, estão associadas a fatores como o aumento do uso de fertilizantes e agrotóxicos, desmatamento, menor conservação de matas ciliares, dentre outros. Dependendo do sistema de cultivo adotado, esses problemas podem ser agravados, resultando em contaminação do solo, lençóis freáticos e cursos d'água (BANCO MUNDIAL, 2008). Os dados contidos no Quadro 1 apresentam um panorama geral sobre a interferência negativa da produção agrícola no meio ambiente.

Quadro 1: Efeitos ambientais locais, externos e globais causados pelas agricultura – externalidades ambientais negativas

	Efeitos Locais	Efeitos Externos à Propriedade	Efeitos Globais
Agricultura Intensiva	<ul style="list-style-type: none"> • Degradação do solo (salinidade, perda de material orgânico) 	<ul style="list-style-type: none"> • Enfraquecimento dos lençóis freáticos • Poluição de agro químicos • Perda de biodiversidade local (natural e agrícola) 	<ul style="list-style-type: none"> • Emissão de gases do efeito estufa • Doenças animais • Perda <i>in situ</i> da diversidade do cultivo e da genética animal
Agricultura Extensiva	<ul style="list-style-type: none"> • Redução do nível de nutrientes do solo • Efeito local da erosão dos solos 	<ul style="list-style-type: none"> • Efeitos da erosão do solo, assoreando rios e reservatórios • Mudanças hidrológicas como perda de retenção da água em áreas rio acima • Degradação de pastagens em áreas de propriedade comum 	<ul style="list-style-type: none"> • Sequestro de carbono reduzido por causa do desflorestamento e emissão de dióxido de carbono das queimadas de florestas • Perda de biodiversidade

FONTE: Adaptado de Banco Mundial, 2008.

Como é possível observar, o solo e a água são altamente vulneráveis às ações decorrentes de atividades produtivas, quando estas não são aptas para produzir de forma sustentável. No que se refere ao solo, a erosão caracteriza-se como um dos principais problemas causados pela agricultura, considerando tanto a perspectiva ambiental como a perspectiva da própria produção agrícola (MARQUES; PAZZIANOTTO, 2004). Em relação à água, a erosão afeta a qualidade e a disponibilidade dos recursos hídricos. Assim, evidencia-

se a necessidade de quantificar esses danos para orientar a busca de soluções ambientais, econômicas e sociais adequadas para atingir sustentabilidade na agricultura.

Na literatura é possível encontrar autores que se dedicaram à quantificação e precificação da erosão e encontraram resultados de grande relevância. Para citar um exemplo, Bahia *et al.* (1992), citado por Telles e Guimarães (2009), estimam que no Brasil o custo anual causado pela perda de nutrientes no processo erosivo é da ordem de 4 bilhões de dólares.

Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA) (2009), no Brasil o sistema produtivo agrícola revela-se economicamente insustentável no longo prazo uma vez que, na média, as taxas de erosão do país são de 25 ton/ha/ano. Considerando que os limites de tolerância⁵ estabelecidos estão entre 9 a 12 ton/ha/ano, os impactos erosivos ultrapassam bastante o nível de tolerância. Os prejuízos relativos às perdas de nutrientes carregados pela erosão bem com os da queda da produtividade dos solos pela sua degradação somam R\$ 7,9 bilhões por ano no país, em termo de custos *on-site*. Já os custos *off-site* (aumento de custos com tratamento de água, depreciação de reservatórios, recuperação de cursos d'água etc.) somam um valor adicional de R\$ 13,3 bilhões ao ano .

Os efeitos internos e externos da erosão, em termos socioeconômicos e ambientais, permitem constatar que a redução das perdas por erosão implica não apenas na diminuição de custos para o produtor, mas também na minoração dos prejuízos externos. Em vista disso, a questão que se coloca em relação ao aspecto produtivo é: se a erosão implica em perdas econômicas devido à redução da fertilidade do solo, combater esse problema pode resultar em maiores lucros para os produtores. Assim sendo, o conhecimento do custo da erosão pode ser utilizado pelos serviços de extensão para estimular os produtores a adotarem práticas que minimizem os impactos da erosão, o que, por sua vez, traria uma externalidade positiva ao meio ambiente e à sociedade.

Nesse contexto, torna-se relevante fazer com que proteção, manejo e uso sustentável de recursos naturais ligados à agricultura sejam incentivados, o que pode ser feito por meio do instrumento econômico de pagamento por serviços ambientais (PSA). Trata-se de uma opção de gestão para lidar com a falha de mercado referente à tendência de suboferta de serviços ambientais (EDDA e PREM, 2011) e a não incorporação das externalidades na análise de equilíbrio econômico. Ou seja, por meio dessa ferramenta, busca-se estimular que agentes

⁵ Valores toleráveis de erosão são aqueles que respeitam a taxa de formação natural do solo (pedogênese). Portanto, se as taxas de erosão são maiores do que a taxa de formação natural, incorre-se em erosão. (ANA, 2009).

produtivos pratiquem em suas propriedades serviços ambientais capazes de gerar externalidades positivas e que sejam compensados financeiramente por isso. Assim, é criado um sistema de incentivos que permite a sustentabilidade econômica e ambiental da atividade agrícola e a manutenção de serviços ecossistêmicos⁶.

Frente ao problema de pesquisa exposto, o objetivo deste trabalho é estimar o custo da erosão do solo na microbacia do Rio Piraporinha no município de Piedade, SP, por meio da metodologia de valoração econômica de custos de reposição de nutrientes. Espera-se, de um modo geral, identificar em que medida a erosão pode estar contribuindo para elevar os custos das unidades produtivas bem como o volume de solo perdido por erosão, considerando que essas perdas de solo têm potencial de contaminação de recursos hídricos.

A partir dos resultados obtidos, espera-se ainda contribuir para a discussão em relação à busca de soluções para os impactos erosivos na agricultura e no meio ambiente, mediante a exposição de arranjos institucionais bem sucedidos na implementação de ações em torno do Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) e que têm mostrado potencial para atingir objetivos de conservação e de melhoria de renda de pequenos produtores.

O trabalho está organizado da seguinte forma: além desta introdução, na seção 2 são apresentadas as características do local escolhido para pesquisa e delimitação da bacia hidrográfica; na seção 3 são apresentados os aspectos teóricos relacionados às perdas de solo, as metodologias existentes para a precificação da erosão, o método de custo de reposição de nutrientes além da descrição sobre a aplicação metodológica e fonte de dados; a seção 4 apresenta os resultados e discussões sobre o custo da erosão, bem como a discussão acerca da realidade dos produtores; na seção 5 apresenta-se uma discussão acerca dos Pagamentos por Serviços Ambientais (PSA) como uma alternativa para os problemas ambientais ligados à qualidade e disponibilidade do solo e dos recursos hídricos em bacias hidrográficas; por fim, na seção 6, tem-se as conclusões que apresentam uma síntese dos principais resultados encontrados e evidenciam a necessidade de implementar soluções.

⁶ É importante enfatizar a diferença conceitual entre ‘serviços ecossistêmicos’ e ‘serviços ambientais’. Serviços ecossistêmicos são aqueles prestados pelos ecossistemas e espécies que os compõem. Já os serviços ambientais são iniciativas individuais ou coletivas que podem favorecer a manutenção, a recuperação ou melhoramento dos serviços ecossistêmicos (KFOURI; FAVERO, 2011).

2. ESCOLHA DO LOCAL DA PESQUISA

O município de Piedade, SP, escolhido para a realização dos estudos de estimação dos custos da erosão do solo, faz parte do cinturão verde que abastece a grande São Paulo de hortifrutigranjeiros e sua produção corresponde a aproximadamente 35% do abastecimento estadual nesse ramo. Além disso, a agricultura representa cerca de 60% de sua atividade econômica, desenvolvida em grande parte pela agricultura familiar e de subsistência. A produção de hortigranjeiros é caracterizada pelo intenso preparo do solo e pelo uso da irrigação, fatores que, aliados à alta declividade dos terrenos do município, tornam a erosão seja uma ameaça constante à rentabilidade dos produtores locais (O MUNICÍPIO... 2011).

Os principais rios que cortam o município são Pirapora e Sarapuí, afluentes do Rio Sorocaba. O Rio Pirapora é o principal manancial de abastecimento dos municípios de Piedade e Salto de Pirapora, SP. As nascentes desses corpos d'água ficam localizadas em proximidade a duas unidades de conservação estaduais: o Parque Estadual do Jurupará e a Área de Preservação Ambiental (APA) de Itupararanga. Dadas essas características, o município é visto como uma das áreas prioritárias para preservação dos recursos hídricos no Plano de Bacias do Comitê dos Rios Sorocaba e Médio-Tietê (CBH-SMT) (COSTA *et al*, 2011). Há ainda diversos outros cursos d'água menores, como o Rio Piraporinha, cuja bacia é alvo deste estudo, que são potenciais receptores de sedimentos erodidos em decorrência do intenso preparo do solo característico da produção de hortigranjeiros.

Apesar da relevância econômica do município e das potencialidades erosivas que afetam suas atividades produtivas e recursos hídricos, o município demonstra carência de programas que visem preservação, melhores práticas agrícolas e capacitação técnica rural. Assim, Piedade mostra-se um relevante alvo de estudos, dada a necessidade de alertar sobre a importância de adoção de programas de microbacia como uma estratégia de desenvolvimento regional.

Como a readequação de manejo de solos gera benefícios privados, mas traz consequências positivas de caráter público devido à melhoria da qualidade da água em uma microbacia, a conservação do solo deve ser objetivo comum aos produtores e gestores municipais. Assim, conforme os resultados encontrados por meio da precificação da erosão, o estudo pode contribuir para que as políticas públicas voltem-se à implantação programas de gerenciamento de bacias (MICHELLON; REYDON, 2006).

2.1. DELIMITAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA

Oliveira (2004) observa que a ocupação antrópica resulta em desequilíbrios no meio físico, que podem ser verificados pela intensificação da erosão dos solos, perda da reserva de seus nutrientes, contaminação físico-química dos recursos hídricos e alterações estruturais dos sistemas hidrográficos, como processos de assoreamento.

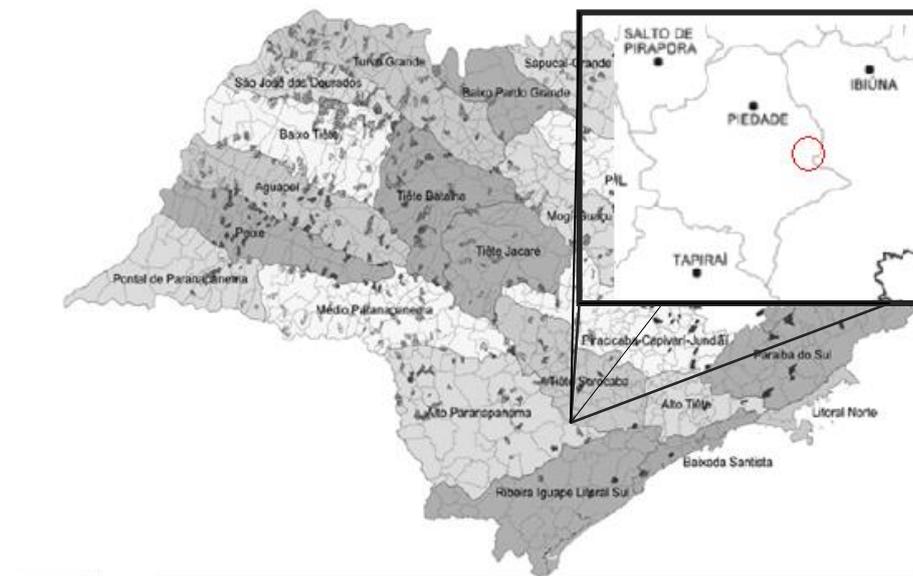
Visando a adequada coordenação de mecanismos que busquem beneficiar o manejo de recursos naturais, a bacia hidrográfica constitui-se na unidade geográfica ideal para o planejamento do uso do solo e da água, de acordo com Brasil (1987, citado por Oliveira, 2004). Já conforme Saha e Barrow (1981, citado por Oliveira, 2004), as relações entre causas e efeitos da erosão podem ser verificadas em um planejamento de bacia hidrográfica. Tavares (1986, citado por Oliveira, 2004), por sua vez, avalia as bacias hidrográficas como um referencial para estudo sobre erosão e preservação dos solos.

Assim, Oliveira (2004) conclui que a bacia hidrográfica é a unidade natural mais adequada para o planejamento centrado nos problemas ambientais, de modo que o sistema seja avaliado como um todo, em termos de fenômenos físicos, biológicos e socioeconômicos. Por meio de uma visão integrada da bacia e de seus problemas ambientais é possível apontar soluções e atender às demandas existentes por seus serviços. Portanto, o levantamento de informações, a análise e a integração de dados referentes aos processos erosivos em termos de bacia hidrográfica tornam-se ferramentas fundamentais para evitar ou amenizar efeitos nocivos da erosão, através do planejamento racional do uso da terra.

Frente ao exposto, a realização da coleta de dados pautou-se nas delimitações de bacias efetuadas pelo Programa Estadual de Microbacias Hidrográficas, que é fruto do convênio entre o Governo do Estado de São Paulo e o Banco Mundial e que foi executado pela CATI (Coordenadoria de Assistência Técnica Integral) de 2000 a 2008. O programa foi criado para possibilitar o investimento em incentivos para que os agricultores adotassem práticas conservacionistas e tivessem uma produção ecologicamente adequada, assim como criar condições para maior competitividade econômica. Além disso, buscou favorecer por meio de capacitação, organização rural e difusão de alternativas a geração de renda e emprego no meio rural, de acordo com a Secretaria de Agricultura e Abastecimento.

A Figura 1 apresenta o mapa do estado de São Paulo, dividido em Bacias Hidrográficas:

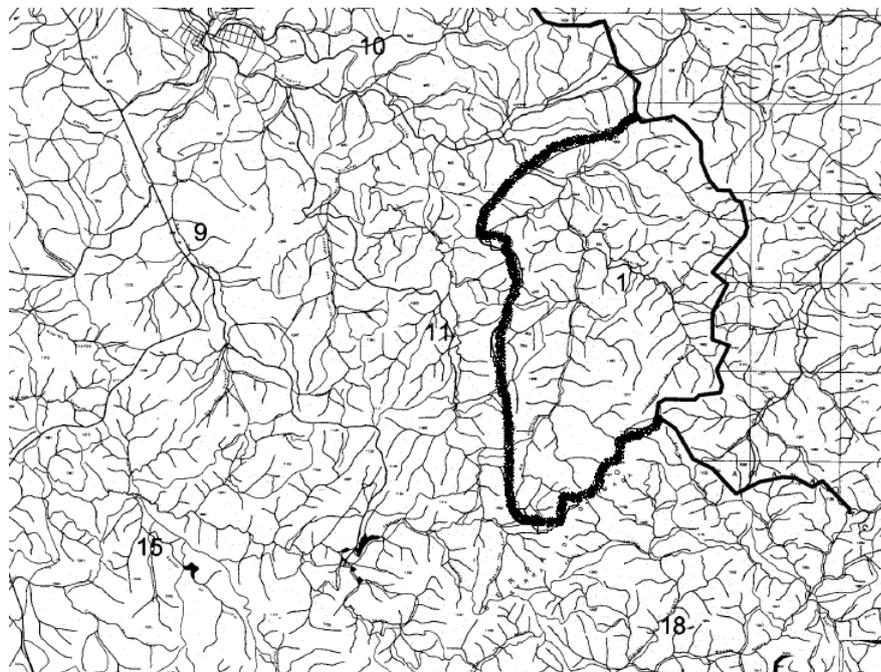
Figura 1 – Mapa de Bacias e Microbacias Hidrográficas



Fonte: Programa Estadual de Microbacias Hidrográficas do Estado de São Paulo - PEMH.

A microbacia alvo do projeto é especificada na Figura 2 e pertence à bacia hidrográfica Tietê Sorocaba:

Figura 2 – Detalhe da localização da Microbacia do Rio Piraporinha



Fonte: Mapa das Microbacias Municipais (cópia gentilmente cedida pela Coordenadoria de Assistência Técnica Integral – CATI).

OBS.: Microbacias limítrofes: 10 – Córrego dos Ortizes e dos Pintos; 11 – Ribeirão dos Furnas; 18 – Ribeirão Grande; à direita está o Município de Ibiúna. Área: ~3.470 ha

A microbacia do Rio Piraporinha, localizada no município de Piedade, SP, possui uma área de aproximadamente 3.470 hectares, contando com um total de 122 propriedades nas quais atuam 92 produtores. As atividades agrícolas incluem principalmente o cultivo de produtos hortigranjeiros, como abobrinha italiana e brasileira, acelga, alcachofra, alface, alho-poró, almeirão, berinjela, beterraba, brócolis ninja e de maço, cebola, cebolinha, cenoura, chicória, coentro, couve, couve-flor, escarola, jiló, morango, pepino, pimentão, rabanete, repolho, rúcula, salsinha, tomate, vagem, dentre outros. A declividade média do terreno para as propriedades visitadas é de 16% e os solos são classificados como argilosos, franco-argilosos e franco-argiloarenosos.

3. METODOLOGIA

3.1. ASPECTOS TEÓRICOS RELACIONADOS ÀS PERDAS DE SOLO⁷

Quando um recurso natural é degradado, cada perda adicional impõe custos marginais sociais (*CMS*). O problema que se reflete na sociedade é que a menos que indivíduos responsáveis arquem com a perda de valores econômicos gerados com a degradação ambiental, os custos diretos destes indivíduos - os custos marginais privados (*CMP*) pelo uso ou exploração do meio ambiente - tendem a cair aquém dos custos marginais sociais. Dessa maneira, o equilíbrio do sistema é perturbado e resulta em uma perda de bem-estar social decorrente do fato de que $CMP < CMS$.

Os produtores enfrentam custos diretos em termos de força trabalho, insumos e recursos em geral necessários ao cultivo. Porém, deve-se considerar que se a atividade produtiva resultar em erosão do solo custos adicionais são determinados aos produtores. Tais custos se dão em termos de perda de produtividade futura, ou seja, a opção de produzir no presente sem técnicas adequadas de manejo que permitam a manutenção da qualidade do solo no futuro representa um gasto adicional ao produtor, uma vez que será necessário um trabalho de recuperação do solo para a continuidade dos cultivos. Assim, há um custo de oportunidade entre produzir sustentavelmente no presente e arcar com um maior custo de produção em decorrência da recomposição das propriedades do solo no futuro. Além desses custos, a

⁷ Com base em Jayasuriya (2004).

erosão determina externalidades ambientais, tais como impactos de sedimentação à jusante, que são de responsabilidade do produtor embora nem sempre incorporados à sua estrutura de custos.

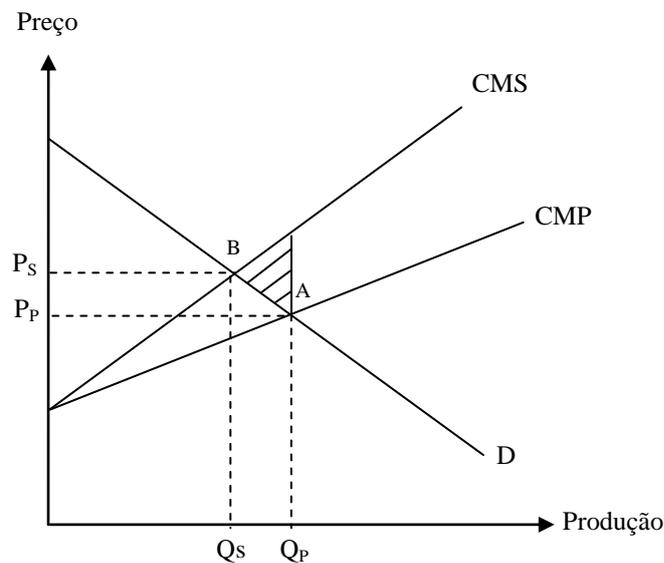
Conforme a Figura 3, os custos diretos do produtor são representados pela curva *CMP*, que equivale à curva de oferta dos produtores competitivos. *D*, por sua vez, representa a demanda por produtos agrícolas, sendo correspondente à curva de benefícios marginais sociais. Ou seja, as curvas de demanda e oferta mostram os benefícios marginais e custos marginais – os benefícios e custos de produzir ou consumir uma unidade a mais dos produtos agrícolas (HARRIS, 2002).

Ao preço P_p e à quantidade Q_p tem-se o nível de produção que ocorre na presença de externalidades, no ponto de equilíbrio A. Como nessa situação o cultivo implica em erosão do solo, não há custos adicionais ao produtor em termos de recuperação de produtividade e incorporação de externalidades, ou seja, ele se responsabiliza apenas pelos custos marginais privados. Assim, o produtor não adota práticas de conservação de solo, o que implica em menores custos de produção no curto prazo, resultando em erosão do solo. Com isso, a sociedade arca com os custos das externalidades, resultado dos efeitos da erosão no assoreamento dos cursos d'água, por exemplo.

Para incorporar o custo das externalidades deve-se considerar a existência de um nível socialmente desejável de produção, que ocorre no ponto de encontro entre a *CMS* e a curva de demanda *D*, determinando o preço P_s e a quantidade Q_s , ponto de equilíbrio representado em B. A curva *CMS* engloba a *CMP* (que é o custo da produção) mais o custo das externalidades.

No entanto, o preço pago pelos consumidores é P_p , inferior ao preço que representa o ótimo social. Dessa maneira, ao considerar a perspectiva social, existe uma sobreoferta agrícola, o que gera perda de bem-estar devido à divergência entre o ótimo privado e o social. A área sombreada na Figura 3 representa essa perda de bem-estar.

Figura 3 – Nível ótimo de produção agrícola frente ao processo erosivo



Fonte: JAYASURIYA (2004).

A erosão do solo é o resultado da interação da gestão do uso e manejo do solo com fatores como condições climáticas, nível de tecnologia, nível de informação disponível para os produtores, políticas governamentais e condições financeiras. Tais fatores não são passíveis de controle por parte dos produtores, mas a erosão pode ser minimizada quando decisões adequadas de manejo de solo minoram impactos negativos, determinando consequências no estoque e qualidade do solo.

Sendo imperfeitas as informações sobre o nível de degradação do solo, é possível assumir um ponto ótimo em que produtores racionais consideram o custo privado de degradação do solo juntamente com o custo de prevenção ou reparação da degradação no momento em que forem tomadas as decisões acerca de gestão/manejo do solo. Com isso, assume-se que o usuário da terra degrada o solo até o ponto em que o retorno oriundo de sua conservação é igual ao custo. Esse custo corresponde ao lucro que o produtor deixa de ter em função da perda de produtividade futura, determinando redução no valor final da terra devido às perdas de solo. Ou seja, representa-se um ponto ótimo que minimiza os custos totais, dadas as funções de custos de conservação e degradação e o nível de informação disponível.

Na Figura 4 a seguir, a curva de Custos Marginais de Degradação (*CMD*) possui inclinação descendente, o que representa a relação entre qualidade do solo⁸ e os custos da produção agrícola. A inclinação da curva *CMD* é determinada pelos atributos do solo como profundidade, característica fortemente afetada pela erosão uma vez que esta carrega a camada superficial e mais fértil. Outro fator que influencia a declividade da curva é o grau de substituição entre o solo em sua condição natural e o uso de fertilizantes e insumos para potencializar sua produtividade. Dessa maneira, a *CMD* pode ser interpretada como a função do valor marginal ou a função de demanda de fator (como por exemplo, fertilizantes) para a manutenção da qualidade do solo.

Já a curva *CMC* representa os Custos Marginais de Conservação e sua inclinação ascendente reflete o aumento de custos que ocorre conforme níveis mais altos de qualidade de solo são atingidos, via maiores investimentos em insumos e fertilizantes e com a adoção de práticas conservacionistas como terraceamento, rotação de culturas, cultivo em nível, cobertura de solo, etc.

Ambas as curvas são expressas em termos de valores presentes líquidos, incluindo o valor descontado de mudanças futuras em relação aos custos de danos causados ao solo ou aos custos relacionados à aplicação de práticas conservacionistas, resultado de decisões acerca do uso e manejo do solo. Os custos marginais das decisões de uso e manejo do solo são definidos para incluir os custos marginais dos usuários, que podem ser positivos ou negativos. Os positivos são incluídos na curva *CMD* e refletem a extensão na qual, no período presente, a redução da qualidade do solo na margem reduz lucros futuros do produtor. Já os negativos são incluídos na curva *CMC* e representam a situação em que a conservação realizada no presente gera maior lucratividade produtiva no futuro.

Ou seja, a análise considera que em termos de qualidade do solo o longo prazo deve ser levado em consideração, uma vez que a erosão apresenta efeitos cumulativos tanto em termos de custos futuros, relacionados à redução da receita em função dos gastos com a recuperação do solo, como de benefícios futuros, relacionados à melhoria qualidade do solo e atenuação de externalidades. Nesse aspecto, é importante ressaltar que o conhecimento acerca dos prejuízos futuros da erosão na produção por parte do produtor irá influenciar diretamente o equilíbrio. Se o produtor não estiver consciente sobre a perda de potencial produtivo do solo

⁸ A qualidade do solo representa seu potencial produtivo e leva em consideração fatores como profundidade do solo, nível disponível de nutrientes e estrutura do solo.

no futuro devido à erosão, menor será o seu estímulo a adotar práticas de conservação que venham a aumentar o seu custo de produção no presente.

A intersecção das duas curvas descritas anteriormente revela um ponto ótimo de qualidade do solo, onde são minimizados os custos de degradação e de conservação do solo. A área Q_5AQ_7 representa a extensão dos custos de degradação e a área Q_2AQ_5 equivale aos custos de conservação.

Melhorias na qualidade do solo elevam os custos relacionados ao solo, deslocando o ponto de equilíbrio observado em A e reduzindo a lucratividade da atividade produtiva. Quando o equilíbrio é perturbado, havendo uma redução no nível de custo mínimo (ponto de maximização de lucro) que mantém qualidade do solo, ou seja, quando é reduzido o investimento em práticas conservacionistas, há ocorrência de degradação do solo. Porém, quando há adoção de medidas de conservação, com maiores investimentos em qualidade do solo, verifica-se uma elevação deste custo.

Dessa maneira, quando a curva de Custos Marginais de Degradação (CMD') ou a curva de Custos Marginais de Conservação (CMC') se desloca para a esquerda, gerando desequilíbrio do sistema, há tendência à ocorrência de degradação, de modo que o nível ótimo de qualidade do solo se desloca de Q_5 para Q_4 e Q_3 , respectivamente.

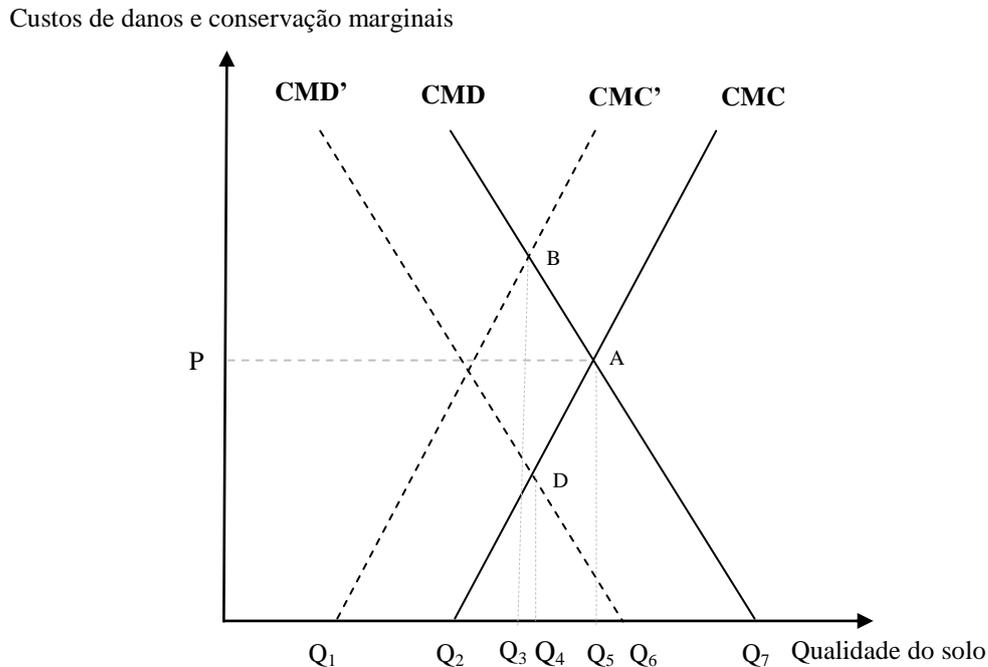
Assim, os custos de agregados do solo podem ser influenciados pela degradação do solo de duas formas, explicitadas a seguir:

- Em resposta a um declínio na curva de danos marginais, o que é representado pela curva CMD' na Figura 4. Neste caso, observa-se uma redução nos custos totais do solo, correspondente à área ADQ_6Q_7 . Essa redução está relacionada ao fato de que a curva CMD pode ser interpretada como a função de demanda por fatores utilizados para a manutenção da qualidade do solo. Menos fatores estão sendo demandados para recompor os danos da erosão e, portanto, menor é o custo para o produtor;
- Em resposta a uma elevação na curva de custos marginais de conservação, o que é representado pela curva CMC' na Figura 4. Neste caso, ocorre um aumento nos custos totais do solo, correspondente à área $ABQIQ_2$.

Além do fato de que a redução nos custos marginais de degradação ou o aumento nos custos marginais de conservação geram degradação do solo, deve-se considerar que tais

custos têm capacidade de alterar o preço sombra do solo⁹, de modo a alterar os custos totais do solo – que são constituídos pelos custos de degradação e de conservação.

Figura 4 – Nível ótimo de qualidade do solo e dos custos agregados do solo



Fonte: JAYASURIYA (2004)

3.2. METODOLOGIAS PARA ESTIMAÇÃO DOS CUSTOS DA EROÇÃO DO SOLO

A valoração econômica dos recursos naturais é um mecanismo essencial de análise para dimensionar os impactos decorrentes do uso agrícola do solo, especialmente a erosão, o que possibilita a incorporação dos valores na contabilização dos custos e benefícios associados aos sistemas de produção, tanto do ponto de vista do agricultor quanto do ponto de vista da sociedade (PUGLIESI, 2007).

O processo de erosão tem basicamente dois tipos de efeitos - os custos *on-site* e os custos *off-site* - calculados na tentativa de incluir o solo como *proxy* nas relações econômicas e sociais. Segundo Motta (1997), a erosão do solo é capaz de engendrar impactos externos negativos e perdas de produtividade que se caracterizam como um custo social da produção

⁹ O preço sombra do solo é aquele que reflete as interações entre os custos de degradação e de conservação do solo, ou seja, os custos agregados do solo, caso os agentes econômicos (produtores agrícolas) levassem em consideração tais custos em sua atividade produtiva.

que é negligenciado pelo poder público e pelos produtores. Isso costuma ocorrer porque as consequências da degradação do solo são em sua maioria desconhecidas e de caráter indireto, sendo perceptíveis apenas no longo prazo.

Assim, a valoração econômica dos efeitos da erosão oriunda do uso agrícola caracteriza-se como um importante instrumento de análise e avaliação dos sistemas de manejo, uma vez que permite a tomada de decisões acerca do planejamento agrícola em bases sustentáveis (PUGLIESI, 2007). A mensuração dos custos da erosão do solo pode ser feita a partir de algumas abordagens; em se tratando de custos *on site*, existem três abordagens principais, relatadas a seguir.

A primeira delas é abordagem da análise da produtividade marginal (produção sacrificada), que visa medir os efeitos da erosão na produtividade agrícola, ou seja, a erosão é valorada em termos da quantidade de produto agrícola que não foi produzida devido aos efeitos da erosão (MOTTA, 1997). Assim, pode-se dizer esta abordagem representa o custo econômico da oportunidade de uso do solo (TELLES *et.al*, 2010).

No entanto o método apresenta alguns vieses, uma vez que o isolamento do efeito da erosão é difícil porque há diversos outros fatores capazes de influenciar na produtividade agrícola. Segundo revisão bibliográfica realizada por Telles *et al.* (2010), no Brasil é possível citar Marques *et al.* (1961), Silva *et al.* (1985), Sorrenson e Montoya (1989) e Derpsch *et al.* (1991) dentre os pesquisadores que empregaram esta metodologia.

A segunda abordagem consiste nos preços hedônicos, que se utiliza dos preços das propriedades para estimar o valor econômico da erosão do solo, de modo que a desvalorização da terra ocorra conforme a existência de processos erosivos. Através de métodos estatísticos, é analisado o diferencial de preços ou aluguéis de propriedades com diferentes níveis de erosão. Porém, tal abordagem exige informações sobre os preços das propriedades e um mercado para propriedades rurais bem desenvolvido, constituindo-se em um fator limitante para sua utilização (MOTTA, 1997). Além disso, dificulta a aplicação desta metodologia o fato de que calcular os custos partindo da desvalorização da terra torna necessária a utilização de uma série histórica ampla e consistente sobre o preço das terras. Telles *et al.* (2010) listam autores que já se utilizaram desta metodologia: Fletcher (1985), Ervin e Mill (1985), Hertzler *et al.* (1985) e Palmquist e Danielson (1989) (TELLES *et al.* 2010).

A abordagem empregada neste trabalho é do método de custo de reposição, que tem como foco a perda de nutrientes do solo em decorrência de processo erosivo e o consequente gasto em reposição. De acordo com Magnani *et. al* (2004), quando um recurso ambiental é destruído ou danificado, seu valor deve ser calculado pelos custos de reconstruir ou repor os

mesmos recursos, para que o mesmo serviço anteriormente prestado seja produzido. Isso encontra fundamentação teórica no fato de que os benefícios que o recurso ambiental gera devem ter, no mínimo, o mesmo valor que os custos necessários para sua reposição.

Embora também seja possível constatar limitações no método de custo de reposição, como críticas à efetiva capacidade dos fertilizantes de restabelecer a produtividade original do solo, o fato de o método avaliar apenas um dos impactos da erosão no solo e não retornar um indicador do valor econômico do solo como recurso, verifica-se ser a abordagem de mais fácil aplicabilidade (MAGNANI *et. al* 2004).

A relativa facilidade de aplicação do método de custo de reposição ocorre por haver contrapartida dos preços de mercado do bem ou serviço ambiental que é afetado pela atividade geradora de impacto, no caso os nutrientes perdidos na atividade agrícola através erosão. Conforme revisão bibliográfica de Telles *et al.* (2010), no Brasil, utilizaram-se desta metodologia Marques (1998), Rodrigues (2005), Bertol *et al.* (2007) e Sarcinelli *et al.* (2009).

No caso deste projeto de pesquisa, ressalta-se a utilidade do método de custo de reposição quando este é combinado à metodologia da Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS) ou *Universal Soil Loss Equation* (USLE), que será apresentada no item 4.3 a seguir. Tal equação, segundo Oliveira (2004), tem finalidade de estimar as perdas médias de solo por erosão ao longo do tempo numa determinada área. Geralmente, essa erosão se dá por escoamento de águas pluviais, tendo como alvo bacias hidrográficas predominantemente ocupadas por atividades agrícolas.

Oliveira (2004) considera essa equação como um instrumento valioso para os trabalhos da conservação dos solos, já que por meio dela pode-se prever as perdas anuais médias de solo em condições específicas de declive, solo, sistemas de manejo e cultivo e outros fatores. Além disso, a EUPS pode ser empregada como guia para o planejamento do uso do solo e para determinar as práticas de conservação mais apropriadas para este fim.

3.3. MÉTODO DO CUSTO DE REPOSIÇÃO DE NUTRIENTES

Para iniciar a pesquisa, buscou-se compreender que a erosão causa perdas de nutrientes e matéria orgânica, alterações na estrutura do solo e redução nas taxas de infiltração e retenção de água. Considerando que o produtor aplica fertilizantes a cada cultivo, com a ocorrência de erosão parte desses nutrientes acaba sendo carregada junto com o solo erodido. Com isso, para compensar as perdas de nutrientes e manter a produtividade no cultivo seguinte, parte da adubação utilizada ocorre no sentido de repor os nutrientes perdidos.

A quantificação da erosão do solo foi realizada com base no método do custo de reposição de nutrientes (MARQUES; PAZZIANOTTO, 2004). Este método é utilizado para simular as perdas do solo e encontrar um custo econômico para as mesmas. Como os nutrientes perdidos no processo erosivo são recuperados mediante a aplicação de fertilizantes, o método se baseia no custo reposição dos mesmos. Ao mensurar o custo de se repor os nutrientes do solo, é encontrado um valor econômico do processo erosivo.

A principal motivação para a aplicação da metodologia em questão é compreender que a erosão reduz a produtividade do fator de produção terra, o que interfere diretamente nos produtos finais da economia, incorrendo em alteração nas estruturas de custo e receita da unidade produtora (MARQUES; PAZZIANOTTO, 2004).

Para a utilização desta metodologia, os dados necessários para efetuar os cálculos de quantificação da erosão incluem a área ocupada pelas diferentes culturas, as perdas de solo por tipo de exploração, a composição do solo com relação aos nutrientes, o montante de fertilizantes empregados e os preços pagos por estes produtos (MARQUES; PAZZIANOTTO, 2004).

O custo de reposição é expresso pela equação a seguir:

$$CR = \sum_{i=1}^n P_i \cdot Q_i, \text{ em que:}$$

$i = 1...4$, representa os nutrientes considerados no método de reposição: Nitrogênio, Potássio, Fósforo e a soma de Cálcio e Magnésio;

CR = custos de reposição em R\$/t;

P_i = preço do fertilizante i em R\$/t;

Q_i = quantidade do fertilizante i em t;

Conforme Monteiro e Dantas (2009) e Marques e Pazzianotto (2004), para realizar o cálculo dos custos da erosão, é necessário proceder com os seguintes passos:

- 1) Conhecer a área ocupada por cada tipo de exploração;
- 2) Obter as informações sobre perdas de solo em tonelada por hectare/ano, ou utilizar-se dos dados tabelados pela Embrapa¹⁰ para culturas específicas;
- 3) Calcular a perdas de nutrientes em toneladas/ano a partir das perdas físicas. Os preços de mercado dos fertilizantes para o período devem ser pesquisados e medidos em reais

¹⁰ A utilização dos dados tabelados representam valores médios para o Estado de São Paulo. Para maiores detalhes, consultar a tabela do Embrapa 'Perdas de solo associadas ao uso Agrícola no Estado de São Paulo' em http://www.cnpma.embrapa.br/analise_econ/tab1.html

por toneladas, identificando para cada nutriente perdido qual o fertilizante sintético correspondente;

4) De acordo com os preços dos fertilizantes, calcula-se o valor econômico das perdas, conforme a metodologia apresentada anteriormente.

No que se refere ao item 2 desse conjunto de procedimentos, optou-se por, ao invés de empregar os valores tabelados pela metodologia da Embrapa (que refletem uma situação média para culturas específicas no estado de São Paulo), efetuar os cálculos acerca das perdas de solo para a área em questão, por meio da Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS). Optou-se pelo uso dessa ferramenta porque permite o cálculo das perdas de solo correspondentes a realidades específicas, e não a uma média que pode gerar distorções nos resultados. Assim, espera-se encontrar valores mais consistentes para as perdas de solo por meio da EUPS, que é representada a seguir:

$$A = R . K . L . S . C . P, \text{ em que:}$$

A = perda de solo, em t/(ha.ano);

R = fator erosividade da chuva, em MJ.mm/(ha.h.ano);

K = fator erodibilidade do solo, em t.h/(MJ.mm);

L = fator comprimento de rampa, baseado nos valores, em metros, do comprimento de rampa (adimensional);

S = fator declividade, baseado nos valores, em porcentagem, da declividade (adimensional);

C = fator uso e manejo (adimensional);

P = fator práticas conservacionistas (adimensional).

O Fator R é um índice numérico que visa expressar a capacidade da chuva em causar processos erosivos. Lombardi Neto e Moldenhauer (citado por ALVES, 2000) propuseram a equação que segue para obtenção de um valor médio do índice de erosividade, utilizando-se da relação entre a média mensal e a média anual de precipitação (ALVES, 2000):

$$EI_{30} = 67,355(r^2/P)^{0,85}, \text{ em que:}$$

EI_{30} = média mensal do índice de erosividade, em MJ.mm/(ha.h);

r = média do total mensal de precipitação, em mm;

P = média do total anual de precipitação, em mm.

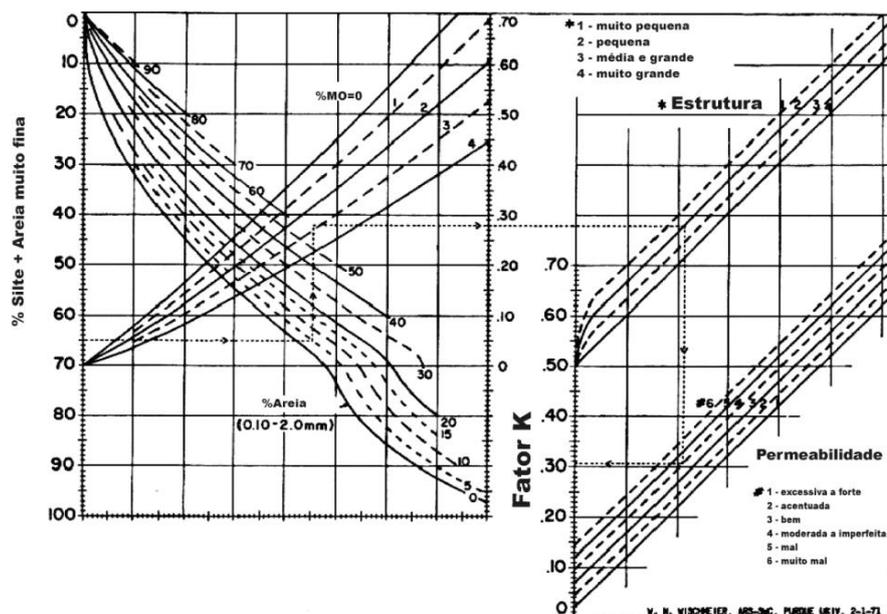
Para determinação de R , deve-se somar o resultado dos valores mensais do índice de erosividade em cada estação pluviométrica (ALVES, 2000):

$$R = \sum_{j=1}^{12} El_{30j}$$

O Fator K expressa a erodibilidade do solo, que se trata da susceptibilidade do solo à erosão. Conforme Bertoni e Lombardi Neto (citado por ALVES, 2000), as diferenças no que tange às propriedades do solo possibilitam que alguns solos sejam mais erodidos que outros mesmo que variáveis tais como chuva, declividade, cobertura vegetal e práticas de manejo sejam semelhantes. De acordo com os autores, as propriedades do solo que influenciam na erodibilidade são aqueles que afetam a infiltração, a permeabilidade, a capacidade total de armazenamento de água e aquelas que resistem às forças de dispersão, salpico, abrasão e transporte pelo escoamento.

Esse fator pode ser obtido de forma indireta utilizando-se de um nomograma desenvolvido por Wischmeier *et al.* (ALVES, 2000). Porém os resultados obtidos devem ser multiplicados pelo fator de conversão 0,1317, com intuito de adaptação ao Sistema Internacional, já que a permeabilidade foi adotada no sistema em inglês (ALVES, 2000).

Figura 5 - Nomograma de Wischmeier.



Fonte: Wischmeier *et al.* (citado por Alves, 2000).

A variável l descreve o comprimento de rampa sendo que quanto maior for sua extensão, maior será a velocidade do escoamento durante o processo erosivo. Já a variável s mede a declividade do terreno e tem importância já que o volume e a velocidade das enxurradas estão diretamente relacionados ao grau de declividade do terreno (ALVES, 2000).

O Fator LS capta características topográficas, tratando-se da associação entre os fatores comprimento de rampa e declividade. Tal associação pode ser feita através de equação desenvolvida por Bertoni (1993) para a cidade de Campinas, mas que se adapta bem ao Brasil de modo geral (ALVES, 2000). A equação é representada a seguir:

$$LS = 0,00984 \cdot l^{0,63} \cdot s^{1,18}, \text{ em que:}$$

l = comprimento de rampa (m);

s = declividade (%).

A variável C está associada ao uso e manejo do solo, sendo a relação esperada entre as perdas de solo em um terreno cultivado e um terreno desprotegido. A variável P , por sua vez, é associada às práticas conservacionistas e define-se como a relação entre a intensidade esperada de perda do solo com certa prática conservacionista (ALVES, 2000).

O Fator CP denota uma variável antrópica (relativa à ação humana), tratando-se da análise integrada dos fatores C e P em função do uso e ocupação do solo. Deste modo, adota-se P como uma constante ($P=1$), representando a pior situação de perdas de solo em função de práticas conservacionistas (ALVES, 2000).

3.4. FONTE DE DADOS

De posse da metodologia apresentada anteriormente, o trabalho consistiu em realizar pesquisas de campo na microbacia do Rio Piraporinha, conforme os aspectos que fundamentaram a escolha do município de Piedade como alvo da pesquisa (descritos em 2. *Escolha do local de pesquisa*) e a delimitação de bacia hidrográfica (descrita do item 2.1. *Delimitação da bacia hidrográfica*).

Com o fundamental apoio da Casa da Agricultura do município, foram selecionadas vinte e três propriedades (dentre um total de noventa e duas), o que representa 25% do total dos produtores da microbacia. A escolha dos produtores a serem entrevistados foi feita pelos agrônomos da instituição, com base na localização, produção da propriedade e no relacionamento existente entre técnicos da Casa da Agricultura e proprietários rurais. Vale

ressaltar ainda que foram visitados apenas produtores de hortigranjeiros sendo que muitos dos produtores da microbacia tinham outro tipo de atividade.

Para a realização das entrevistas, foi elaborado um questionário que contempla as informações necessárias à aplicação da metodologia e que foi aplicado pessoalmente em quatro visitas realizadas às propriedades escolhidas. Cada propriedade foi visitada apenas uma vez e aleatoriamente, nos dias 17 e 18 de novembro de 2011 e nos dias 31 de janeiro e 01 de fevereiro de 2012.

Dentre as informações coletadas estão: quais são culturas produzidas; tamanho da área ocupada; tipo de preparo de solo empregado; se o produtor tem o hábito de fazer análises de solo; se métodos conservacionistas são adotados e quais os principais fertilizantes utilizados. Assim, a aplicação dos questionários foi uma importante etapa realizada porque, além de captar as informações necessárias à aplicação da EUPS e do método de custo de reposição de nutrientes, permitiu captar o perfil dos produtores da microbacia. O questionário completo pode ser verificado no Apêndice A.

Juntamente com as entrevistas, cujas informações obtidas encontram-se no Apêndice B, houve a coleta de amostras de solo em cada propriedade visitada, que foram enviadas para análise física e química (Laboratório de Análise de Solos do Instituto Agrônomo de Campinas – IAC) para retornarem os parâmetros necessários para a utilização da metodologia. Os resultados das análises constam no Apêndice C.

Além disso, nos levantamentos utilizou-se de um dispositivo GPS e de mapas do IGC (Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo) de propriedade da Casa da Agricultura para coletar as coordenadas geográficas das propriedades. Tais coordenadas são necessárias para obter as informações de comprimento de rampa e declividade, variáveis que compõem a EUPS. As coordenadas coletadas encontram-se no Apêndice E.

A partir da metodologia da EUPS já apresentada no projeto, cada variável foi encontrada conforme descrição a seguir.

Em relação ao **fator R**, a fonte de dados utilizada foi o Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas (CIIAGRO), na qual foram encontradas as quantidades mensais de precipitação (em mm) para Piedade, para o período de 2001 a 2010. A partir dos dados calculou-se a média de precipitações para o município nesse período, que é de 6696,1. Os dados utilizados assim como os cálculos necessários para encontrar a média de precipitações estão representados no Apêndice D.

Já o **fator K**, conforme mostrado anteriormente no nomograma, depende da porcentagem de areia, silte e matéria orgânica presentes no solo, tendo sido calculado com base nas análises de solo para cada amostra coletada.

O **fator LS** é o comprimento de rampa l associado à declividade, s . A partir das coordenadas obtidas por meio de GPS foram calculados os comprimentos de rampa e declividades. Destaca-se que um comprimento de rampa elevado associado a uma alta declividade favorece o processo erosivo.

Para o **fator CP** considerou-se o valor 0,1, assumindo $P = I$, que representa a pior situação de perdas de solo em função da utilização de poucas práticas conservacionistas e de preparo inadequado de solo, o que foi verificado durante as entrevistas. Para o fator C considerou-se o valor 0,1, que é o valor proposto para o uso e manejo do solo em se tratando de vegetação de porte médio a baixo, com cobertura parcial do terreno, segundo a classificação proposta por Alves (2000).

Encontrada a quantidade de solo a partir da EUPS, partiu-se para o uso do método de custo de reposição em si. Para tanto, utilizou-se a porcentagem de nutrientes presentes no solo (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio) para refletir sua perda por tonelada de solo anualmente, de acordo com análise química de solo.

Para calcular o custo de reposição de tais nutrientes foi necessário conhecer os preços dos fertilizantes. Para esta finalidade, foram escolhidos alguns dos fertilizantes mais comuns utilizados pelos produtores, sendo o sulfato de amônio utilizado como fonte de nitrogênio (N), o superfosfato simples como fonte de fonte de fósforo (P), o cloreto de potássio como de fonte de potássio (K) e o calcário dolomítico como fonte de cálcio e magnésio (Ca e Mg). Os demais macro e micronutrientes têm menor expressão econômica, por serem utilizados em quantidades pequenas, embora apresentem importância biológica, conforme mencionado por Monteiro e Dantas (2009). Os preços desses fertilizantes foram obtidos no site do Instituto de Economia Agrícola, utilizando-se valores médios para os meses de dezembro de 2011, janeiro e fevereiro de 2012, últimas informações disponíveis até a data de realização dos cálculos.

4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1. PERFIL DOS PRODUTORES, PROCESSOS PRODUTIVOS SUSTENTÁVEIS E PROCESSOS PRODUTIVOS CONVENCIONAIS

Segundo informações obtidas junto à Casa da Agricultura do município de Piedade, a microbacia em estudo conta com um total de 122 propriedades, nas quais atuam 92 produtores em uma área total de 3.470 hectares. Desse total, 350,1 hectares são cultivados com hortigranjeiros, o que representa aproximadamente 10% da microbacia. Já os produtores entrevistados atuam em uma área de aproximadamente 163,6 hectares, equivalente a 4,7% da área total e aproximadamente 50% da área cultivada com hortigranjeiros. Foram entrevistados 23 produtores, amostra que representa 25% dos produtores atuantes na microbacia do Rio Piraporinha como um todo.

A análise dos resultados das perdas de solo e custos da erosão para os produtores entrevistados foi pautada na observação das características coletadas mediante aplicação dos questionários. As entrevistas foram realizadas no sentido de captar as principais técnicas utilizadas e identificar um perfil produtivo, verificando se o processo produtivo adotado é sustentável do ponto de vista de conservação de solo.

De um modo geral, os produtores demonstraram manejo inadequado do solo. Poucas propriedades mantêm efetivo controle da qualidade do solo por meio de análises. Mesmo os produtores que declararam fazer análises não tornaram essa medida uma rotina da atividade produtiva. Dos 23 produtores entrevistados, apenas 7 declararam realizar análises de solo anualmente, 3 disseram que faziam análises com uma frequência menor (a cada 2 ou 3 anos) enquanto 13 declararam nunca terem enviado amostras de solo para análise.

As entrevistas também revelaram que os produtores adotam práticas produtivas baseadas no manejo convencional do solo, via aplicação de fertilizantes químicos, queima e incorporação de restos de culturas, preparo com aração (geralmente duas vezes ao ano) seguida de duas gradagens¹¹ e plantio em solo descoberto. Em relação aos poucos métodos de conservação de solos adotados, todos os produtores utilizam-se de rotação de culturas¹², 8 utilizam-se de cobertura de solo e 13 utilizam-se de cultivo em “nível”¹³ (feito sem demarcação apropriada das curvas de nível).

Embora a amostra utilizada no trabalho represente 25% dos produtores atuantes (23 entrevistados em relação aos 92 produtores existentes), é possível inferir importantes

¹¹ Operação de preparo do solo, seguida da aração, com a finalidade de quebrar os torrões deixados pela aração, facilitando as operações de plantio.

¹² Rotação de culturas é plantio alternado de culturas com características diferentes; esta prática contribui para uma melhor estrutura do solo.

¹³ Cultivo em nível é o emprego de linhas ou canteiros de cultivo demarcados obedecendo as curvas de nível do terreno. Com isso, as linhas ou canteiros contribuem para reduzir o escoamento superficial da água da chuva ou irrigação.

resultados para a microbacia como um todo, dadas as características similares de plantio, de manejo e de tipo de solo.

Diante dos resultados obtidos, é relevante enfatizar a diferença entre processos produtivos sustentáveis e convencionais. Segundo a FAO (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*), a agricultura sustentável é baseada no manejo e conservação dos recursos naturais e na orientação de mudanças tecnológicas e institucionais de modo a assegurar a satisfação de demandas para as gerações presentes e futuras, sendo tecnicamente apropriado, economicamente viável e socialmente aceitável (PUGLIESI, 2007).

As perdas de solo são quase sempre associadas a sistemas de manejo com técnicas de base mecânica, que são denominadas em conjunto como *manejo convencional* do solo e que englobam práticas como fertilização química, queima ou incorporação de restos de culturas, preparo com aração seguida de duas gradagens e plantio em solo descoberto, características presentes nas propriedades em estudo. Este modelo convencional de agricultura mostra-se insustentável pelos impactos ambientais negativos causados pela intensa degradação dos solos agrícolas e pela contaminação dos solos e recursos hídricos (PUGLIESI, 2007).

Assim, faz-se necessária a adoção de métodos menos agressivos, tais como o cultivo mínimo, que é uma forma de cultivo em que o preparo do solo para criar condições ao estabelecimento da planta é reduzido, ou seja, há pouco uso de máquinas agrícolas sobre o solo, com a finalidade de menor revolvimento e compactação (AGEITEC, s.d.); e o plantio direto, técnica de cultivo conservacionista na qual se procura manter o solo sempre coberto por plantas em desenvolvimento e por cobertura morta¹⁴, com a finalidade protegê-lo do impacto das gotas de chuva, do escoamento superficial e das erosões hídrica e eólica. Além disso, a sementeira ocorre em solo não revolvido (EMBRAPA, s.d.).

Ou seja, formas de manejo que priorizem um solo com cobertura constante (seja por cobertura morta, adubação verde¹⁵ ou vegetação) faz com que o solo não sofra com tanta intensidade os efeitos dessa erosão, que carrega a porção superficial e mais fértil do solo e condiciona à perda progressiva da potencialidade da terra quando não há cobertura. Além disso, o fato de a sementeira ser realizada diretamente no solo não preparado (sem revolvimento da terra) preserva características do solo e também minimiza os riscos de erosão.

4.2. PERDAS DE SOLO E CUSTOS ECONÔMICOS DA EROSÃO DO SOLO

¹⁴ Cobertura de solo feito com palhada.

¹⁵ A adubação verde consiste em plantar uma cultura (geralmente leguminosas) com a finalidade de incorporá-la ao solo para fornecer matéria orgânica e nutrientes.

Por meio da aplicação da fórmula da EUPS, estimou-se uma perda de solo de 81,16 t/ha/ano em média para os 23 produtores entrevistados, considerando-se a média dos fatores de erosividade, de erodibilidade, de topografia, de cobertura vegetal e manejo e de práticas conservacionistas.

Cada solo possui um nível tolerável de perdas, o que representa sua capacidade de regeneração natural, sendo a quantidade de solo que pode ser perdida mantendo ainda elevado nível de produtividade e capacidade de produção econômica futura (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1995). Assim, deve-se abater dos valores estimados o valor médio de tolerância das perdas de solo. Considerando um valor médio de tolerância de 10,62 t/ha/ano, as perdas de solo se reduzem a 70,54 t/ha/ano, bastante acima do nível tolerável estabelecido. A ANA estabelece como limites de tolerância de perdas de solo entre 9 a 12 ton/ha/ano.

A Tabela 1 apresenta os valores médio, mínimo e máximo das 23 propriedades para os fatores LS e K que compõe a EUPS, para as perdas de solo e para os custos erosivos, considerando também a tolerância das perdas:

Tabela 1 - Valores médio, máximo e mínimo para fator topográfico, fator erodibilidade, perdas de solo e custos de reposição de nutrientes.

	LS	K	Perdas de solo (t/ha/ano)	Perdas de solo (t/ha/ano) – tolerância	Custos de Reposição (R\$)	Custos de Reposição (R\$) - tolerância
Mínimo	2,99	0,0119	31,61	20,99	16,85	14,66
Média	7,20	0,0168	81,16	70,54	108,41	94,32
Máximo	11,87	0,0198	157,05	146,43	520,49	452,83

FONTE: Elaboração própria a partir de dados da pesquisa

O fator LS foi a variável que mais influenciou a variação dos valores das perdas de solo. Ou seja, maiores valores de declividade do terreno e do comprimento de rampa contribuíram para perdas mais intensas de solo e, conseqüentemente, para maiores prejuízos econômicos. O fator LS apresentou a média de 7,20 e os valores extremos de 2,99 e 11,87. Essa variação decorre do fato de a microbacia se situar em uma região montanhosa, com elevado declividade em alguns pontos. O fator K, que capta as características do solo, não apresentou muita variação entre as diversas propriedades, o que é natural uma vez que a microbacia estudada não é extensa (cerca de 3.470 ha). O fator erodibilidade (K) situou-se entre 0,0119 e 0,0198. Os outros fatores (R e CP) foram os mesmos para todos os produtores, não influenciando a variação nos resultados.

Ao considerar a tolerância, no que se refere às perdas de solo, observa-se um valor mínimo de 20,99 t/ha/ano e um valor máximo de 146,43 t/ha/ano. O custo de reposição de nutrientes atingiu a cifra de R\$ R\$94,32 por tonelada de solo, em média, variando de R\$14,66 a R\$452,83.

A Tabela 2 apresenta os resultados individuais encontrados para cada propriedade para o fator LS, o fator K, as perdas de solo e custos de reposição de nutrientes.

Tabela 2 – Fator LS, Fator K, perdas de solo e custos de reposição, por propriedade:

PROPRIEDADES	Fator LS	Fator K	Perdas de Solo (EUPS) (t/ha/ano)	Perdas de Solo (EUPS) (t/ha/ano) tolerância	Custos de Reposição (R\$)	Custos de Reposição (R\$) tolerância
Propriedade 1	7,37	0,10	65,00	54,38	78,94	68,68
Propriedade 2	5,73	0,12	60,65	50,03	65,29	56,80
Propriedade 3	9,18	0,11	89,04	78,42	78,73	68,50
Propriedade 4	7,45	0,15	98,59	87,97	123,26	107,23
Propriedade 5	6,15	0,11	59,63	49,01	165,09	143,63
Propriedade 6	9,95	0,12	105,35	94,73	135,16	117,59
Propriedade 7	9,77	0,14	120,67	110,05	68,20	59,34
Propriedade 8	5,17	0,11	50,18	39,56	42,02	36,56
Propriedade 9	9,81	0,10	86,54	75,92	158,52	137,91
Propriedade 10	7,57	0,10	66,79	56,17	40,03	34,83
Propriedade 11	5,50	0,12	58,20	47,58	48,17	41,91
Propriedade 12	6,52	0,15	86,18	75,56	107,15	93,22
Propriedade 13	7,57	0,15	100,18	89,56	124,33	108,17
Propriedade 14	5,98	0,09	47,42	36,80	87,51	76,13
Propriedade 15	2,99	0,12	31,61	20,99	16,85	14,66
Propriedade 16	11,72	0,14	144,65	134,03	169,87	147,78
Propriedade 17	4,94	0,15	65,40	54,78	71,82	62,49
Propriedade 18	9,19	0,13	105,37	94,75	117,55	102,26
Propriedade 19	5,35	0,13	61,32	50,70	80,01	69,61
Propriedade 20	11,87	0,15	157,05	146,43	520,49	452,83
Propriedade 21	4,70	0,10	41,42	30,80	56,20	48,89
Propriedade 22	5,71	0,13	65,45	54,83	62,58	54,44
Propriedade 23	7,00	0,10	61,74	51,12	75,71	65,87

FONTE: Elaboração própria a partir de dados da pesquisa.

Embora alguns solos sejam mais susceptíveis à erosão que outros, a quantidade de solo perdida pela erosão é influenciada pelo tratamento ou manejo que recebe. A diferença de potencial erosivo em diferentes sistemas de manejo para o mesmo tipo de solo é muito maior

do que a diferença de potencial erosivo de diferentes solos utilizando-se do mesmo manejo. Portanto, o principal fator de influência na erodibilidade é a técnica de manejo (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1995). No presente estudo, no entanto, verificou-se que o manejo adotado pelos produtores entrevistados bem como o tipo de solo são muito semelhantes, de modo que os fatores que mais influenciaram as perdas de solo e seus consequentes custos de reposição de nutrientes foram a declividade associada ao comprimento de rampa.

No caso deste trabalho, deve-se destacar a importância metodológica da EUPS, que permitiu encontrar valores de perdas específicos para cada propriedade e adaptados à realidade local. Ao observar esses valores, verifica-se que, embora a atividade agrícola siga padrões muito semelhantes em todas as propriedades, as diferentes características do terreno condicionam custos de reposição e prejuízos econômicos distintos.

Em termos de perda de solo, autores como Oliveira (2004) observam que o Brasil perde devido à erosão laminar, aproximadamente de 500 milhões de toneladas de terra anualmente, o que corresponde ao desgaste de uma tonelada de 15 centímetros de espessura numa área de 280.000 hectares de terra. Além disso, em torno de 8 milhões de toneladas de nutrientes (nitrogênio, fósforo e potássio) são perdidos anualmente.

Autores como Bertol *et al.* (2007) estimaram prejuízos financeiros devido à perda de nutrientes decorrentes da erosão hídrica da ordem de US\$ 24,94 por hectare para o cultivo convencional, US\$ 16,33 para o cultivo mínimo e US\$14,83 para o plantio direto em um estudo realizado em Santa Catarina. Convertendo os valores em dólares para reais, seguindo a cotação média do dólar para 2005 (R\$2,46), obtêm-se R\$ 61,47, R\$40,25 e R\$40,25, respectivamente a cada tipo de cultura. Realizando o deflacionamento conforme o IPCA (Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo) com base em 2011, esses valores ficam representados como R\$87,22, R\$ 57,11 e R\$51,86. Os resultados evidenciam que técnicas de cultivo que favorecem a conservação do solo causam menores prejuízos aos produtores.

Monteiro e Dantas (2009), por sua vez, mensuraram economicamente os custos internos a erosão na produção de soja no cerrado do Piauí. Constatou-se que na safra 2000/2001, os custos erosivos por hectare foram de R\$ 22,96 e R\$ 21,93 para os plantios convencional e direto, respectivamente, enquanto na safra 2007/2008 os custos foram da ordem de R\$ 22,40 e R\$ 21,20. Atualizando esses valores de acordo com a inflação, utilizando o índice mencionado anteriormente, esses valores ficam representados como R\$49,19 e R\$46,98 (para o período 2000/2001) e R\$29,15 e R\$27,59 para o período 2007/2008).

Marques *et al* (s.d) estimaram para a bacia hidrográfica do Taquara Branca, em Sumaré, SP, que os valores econômicos associados às perdas de solo foram de R\$ 13,50 por hectare ao ano. Supondo que esse valor tenha sido registrado para o ano de 2005, atualizando com base no IPCA para o ano de 2011 obtém-se a cifra de R\$19,15 por hectare ao ano.

Os resultados da presente pesquisa permitiram verificar que o custo de reposição de nutrientes atingiu a cifra de R\$94,32 por tonelada de solo, em média, variando de R\$14,66 a R\$452,83. Considerando como referência a média, observa-se que este valor é superior ao encontrado nas demais pesquisas, provavelmente devido às condições de declividade acentuada do município de Piedade.

As perdas de solo por processos erosivos aumentam os custos de produção em médio e longo prazos, uma vez que são demandados mais corretivos e fertilizantes. Dessa forma, são inseridos na atividade produtiva dispêndios com práticas para contornar os resultados da erosão e a redução do potencial produtivo deste solo, o que traz ineficiências produtivas, como apontado por Bertoni e Lombardi Neto (1995).

Conforme Rodrigues *et al.* (2001), além dos problemas internos à atividade agrícola, cujos prejuízos recaem sobre os próprios produtores, as produtividades mais baixas devido à perda da qualidade do solo implicam em outras externalidades, como a ocupação de mais terras para a produção (algumas vezes ameaçando áreas ainda não desmatadas), a degradação das matas ciliares, assoreamento dos leitos dos córregos e rios e problemas às estradas rurais, que são grandes vítimas da deposição de sedimentos decorrentes do processo erosivo.

Segundo Fávero e Castilho (s.d.), as externalidades designam uma falha de mercado, uma vez que os produtos agrícolas postos no mercado não possuem um preço que contenha em si todas as perdas resultantes da sua produção. Um grande problema em relação às externalidades é a questão dos direitos de propriedade, que para recursos ambientais não costumam ser bem definidos. Dessa forma, os produtores não se consideram responsáveis pelos efeitos indiretos que a erosão agrícola traz ao meio ambiente. Assim, no caso dos recursos hídricos (que são recursos de uso público) os impactos gerados em termos de assoreamento não são internalizados como custos sociais ambientais de responsabilidade dos produtores, por exemplo.

Tais externalidades tornam-se custos para a população que arca com um processo de socialização das perdas, o que evidencia a necessidade de formulação de políticas públicas para criar condições de internalização de externalidades negativas e estímulo às atividades que produzam externalidades positivas, com incentivo aos produtores para a adoção de práticas de conservação de solo.

Por meio do combate à erosão, o sistema produtivo deixa de incorrer em um ônus adicional de produção, de modo a reduzir custos e melhorar a produtividade, o que contribui para aumentar o lucro do produtor, além de minorar a ocorrência de externalidades negativas. Assim, ações orientadas a um modo de produção de bases sustentáveis devem ser implementadas, estimuladas e monitoradas no campo. Nesse contexto, a provisão de serviços ambientais emerge como uma alternativa.

4.3. SERVIÇOS AMBIENTAIS EM BACIAS HIDROGRÁFICAS: UMA ALTERNATIVA

4.3.1. Provisão de Serviços Ambientais e Falhas de Mercado

As perdas de solo, além de serem uns dos maiores desafios em relação à sustentabilidade das atividades agrícolas, são responsáveis pelo comprometimento da qualidade e do volume das águas devido à sedimentação e ao assoreamento. Em casos mais graves, pode-se incorrer no desaparecimento total de cursos d'água e nascentes.

Diante disso, verifica-se a necessidade de incentivar o combate à erosão e suas consequências socioeconômicas e ambientais, o que se daria por meio da prestação de serviços ambientais à microbacia. Segundo a ANA (2009), os serviços ambientais são práticas que minimizam impactos negativos ao meio ambiente e permitem a manutenção de serviços ecossistêmicos em condições ambientais apropriadas. Dessa forma, atividades que visam a preservação do solo e abatimento da erosão se enquadram como serviços ambientais.

No entanto, estes serviços não são considerados nas decisões econômicas uma vez que não existe um mercado para serviços ambientais e preços correspondentes à dinâmica de oferta e demanda, ou seja, a produção e o consumo destes serviços geram custos e benefícios que não são alocados no sistema de mercado. Sob a ótica econômica, essa ineficiência ocorre porque serviços sistêmicos possuem características de bens públicos como não rivalidade¹⁶ e não exclusividade¹⁷, o que determina que os direitos de propriedade tenham definição limitada (EDDA e PREM, 2011).

¹⁶ Bens não rivais (não disputáveis) são aqueles que, para qualquer nível específico de produção, possuem custo marginal igual a zero para um consumidor adicional (PINDYCK, 2005).

¹⁷ Bens não exclusivos são aqueles que não podem ter seu consumo impedido, de modo que se torna difícil cobrar por sua utilização (PINDYCK, 2005).

A existência de não exclusividade e não rivalidade limita a possibilidade de formação de mercados para bens e serviços ambientais uma vez que seus beneficiários não possuem incentivos para o pagamento dos fornecedores. Como um indivíduo não pode ser excluído do uso do bem ou serviço, não há razão para que ele reconheça a necessidade de pagar pelo acesso ao mesmo. Similarmente, quando o bem é não rival, os consumidores sabem que alguém está pagando por ele e que é possível se beneficiar disso.

Assim, dada a indisposição para o pagamento por bens públicos, beneficiários adotam estratégias ‘*free-rider*¹⁸’, diante do fato de que o uso livre dos recursos não desenvolve a necessidade de, voluntariamente, prestar serviços ambientais à microbacia ou pagar por eles. Essas características fazem com que haja falhas de mercado para estes serviços, que acabam produzidos em quantidade inferior ao ótimo social (LANDELL-MILLS & PORRAS, 2002).

Embora na maioria dos casos não haja incentivo para que sejam oferecidos serviços ambientais, os produtores rurais que conservam ambientalmente suas propriedades geram, ainda que inconscientemente, serviços ambientais para a sociedade pelos quais não recebem benefício ou compensação, gerando uma diferença entre o benefício marginal social e o privado que caracteriza a presença de falhas de mercado na forma de externalidade positiva (ROSENBERG, 2012).

Diante deste quadro, a questão que se coloca é como regular a oferta e demanda por serviços ambientais. Para tanto, uma opção de gestão deve ser adotada por tomadores de decisão, conforme os objetivos de política forem estipulados frente a problemas relacionados aos serviços ambientais (BORNER, 2008, citado por EDDA; PREM, 2011). Nesse contexto, pode-se focar em duas frentes principais de opção de gestão: instrumentos de comando e controle e instrumentos econômicos (EDDA; PREM, 2011).

Instrumentos de comando e controle (C&C) são aqueles que determinam padrões e instrumentos regulatórios estabelecidos pelo poder público e sujeitos a monitoramento. O descumprimento dos regulamentos estabelecidos implicam sanções legais (MOTTA, 1996).

No entanto, a utilização desses instrumentos, de forma isolada, revela-se insuficiente para assegurar resultados em termos de políticas ambientais. A necessidade de um pesado aparelho administrativo e de capacidade de monitoração demonstra ineficiências para o adequado controle das atividades econômicas (MAY, 2005).

¹⁸ Os indivíduos (consumidores ou produtores) podem atuar como ‘caronas’ (ou ‘*free riders*’) quando não pagam por um bem não exclusivo na expectativa que outros o façam (PINDYCK, 2005).

Assim, as iniciativas de utilização de instrumentos econômicos (IEs) tem sido adotadas para promover direcionamento das forças de mercado em sentido favorável à sustentabilidade ambiental e para articular políticas ambientais às dimensões econômica e social. Tais iniciativas baseiam-se na correção de falhas de mercado, mediante a internalização de externalidades e alteração da relação custo/benefício de atividades econômicas em função dos impactos ambientais (MMA, 2005). A vantagem dos IEs é que funcionam dentro do contexto do mercado, ou seja, utilizam-se do mecanismo de preço para regular a intensidade da atividade econômica (MAY, 2005).

Dentre os IEs, de um modo geral, podem ser citados: cobranças de impostos, taxas e encargos sobre atividades com potencial de degradação, emprego de certificados comercializáveis de emissão ou uso de recursos naturais que se dão por meio de transações entre atores privados (dentro de padrões determinados pelo poder público) e a concessão de incentivos para a proteção ambiental e sustentabilidade no uso de recursos naturais (MMA, 2005).

A internalização de externalidades pode ocorrer sob duas óticas: a ótica pigouviana e a coaseana. A ótica pigouviana determina que sejam impostas taxas ou subsídios para que haja a compensação de custos ou benefícios ambientais (MOTTA, 2005). A taxa deve incidir sobre atividades cujos produtos marginais privados são maiores que os produtos marginais sociais, ou seja, que geram externalidades negativas (ROSENBERG, 2012). Assim, por meio da intervenção do Estado na economia, a taxa pigouviana tem a função de corrigir o preço de mercado de um bem ou serviço, de tal maneira que esse preço passe a refletir as externalidades (MOTTA, 2005).

Já segundo a ótica coaseana as externalidades devem ser abordadas frente a direitos de propriedade bem definidos. Uma vez assegurados esses direitos de propriedade, torna-se possível a negociação entre a parte afetada e a parte geradora de externalidades, conforme a percepção dos custos e benefícios das mesmas. A partir dessas negociações, os preços das externalidades tornam-se identificáveis e guiam uma alocação eficiente de recursos (MOTTA, 1996).

Na visão de Rosenberg (2012), o avanço nos estudos acerca de falhas de mercado de Coase reside em mostrar que a negociação privada poderia alcançar soluções eficientes no que se refere à problemática das externalidades, contanto que os custos de transação fossem suficientemente baixos. No entanto, Coase compreendia que o mercado não podia ser considerado a solução para todas as formas de externalidade, uma vez que a ação estatal desempenha importância crucial no caso de interesses difusos.

Grande parte das políticas públicas que empregam instrumentos econômicos na gestão ambiental utilizam-se da visão ponderada dos dois economistas, por meio da aplicação de soluções mistas, em que o Estado e o mercado possuem papéis complementares (ROSENBERG, 2012).

Dessa maneira, o Brasil tem se empenhado em buscar alternativas em relação às externalidades negativas causadas pelos processos produtivos agrícolas e à falta de estímulos para que haja provimento de externalidades positivas.

Nesse contexto, visando alcançar eficiência alocativa na presença de externalidades, os Pagamentos por Serviços Ambientais (PSA) emergem como um mecanismo que traduz valores do meio ambiente, externos ao mercado, em incentivos financeiros para provisão de serviços ambientais (ENGEL *et.al*, 2008), conforme será abordado a seguir.

4.3.2. Pagamentos por Serviços Ambientais (PSA)

O pagamento por serviços ambientais (PSA) é uma forma de pagamento e compensação aos indivíduos que contribuem para a garantia da provisão de um serviço ecossistêmico, por meio do fornecimento de serviços ambientais (KFOURI; FAVERO, 2011).

O instrumento econômico em questão baseia-se no conceito de internalização de externalidades positivas, ou seja, os agentes econômicos devem incorporar às suas decisões os benefícios que suas atividades promovem ao meio ambiente (EDDA e PREM, 2011). Busca-se, deste modo, incentivar a ocorrência das externalidades ambientais positivas por meio de sua internalização, via transferência financeira dos beneficiários para os provedores de determinado serviço ambiental (ROSENBERG, 2012).

O PSA leva em consideração o princípio do provedor-recebedor ao invés do princípio do poluidor-pagador¹⁹, o que reflete a importância do incentivo econômico àqueles que protegem os serviços oferecidos pelo meio ambiente (KFOURI; FAVERO, 2011). Assim, cria-se uma estrutura de incentivos que tem potencial para melhorar a rentabilidade das atividades econômicas que se utilizam de proteção e uso sustentável de recursos naturais (EDDA e PREM, 2011).

¹⁹ Segundo o princípio do 'provedor-recebedor', os fornecedores de serviços ambientais devem ser pagos pelos beneficiários desses serviços. Já o princípio do 'poluidor-pagador' (ou 'usuário-pagador') considera que os custos pela prevenção ou recuperação de possíveis danos ambientais devem ser arcados pelo usuário/poluidor (BERNARDES, 2010).

Os programas fundamentados em PSA variam conforme os compradores do serviço ambiental, havendo programas financiados por usuários ou pelo governo. No primeiro caso, o PSA pode ocorrer, por exemplo, quando uma hidrelétrica paga proprietários rurais à montante para promover a conservação de uma bacia hidrográfica. Já em programas financiados pelo governo, a compra dos serviços ambientais ocorre em favor dos seus usuários (ENGEL et.al, 2008). Esse tipo de PSA ocorre quando o governo estimula o controle da erosão, por exemplo, realizando pagamentos a produtores rurais que se comprometerem com a causa e apresentarem resultados positivos em termos de qualidade de solos e de recursos hídricos em uma bacia hidrográfica.

A seguir será relatado como o Brasil se insere no contexto de políticas que abrangem os PSA, com foco em programas financiados pelo governo para corrigir as falhas de mercado mediante a internalização de benefícios, criando incentivos para a conservação ambiental, especialmente em bacias hidrográficas.

4.3.3. Desenvolvimento de políticas de uso e conservação do solo e recursos hídricos no Brasil e a iniciativa do programa Produtor de Água

No Brasil, o desenvolvimento de políticas de uso e conservação do solo coube ao Plano Nacional de Recursos Hídricos, que articula as ações necessárias entre água e solo, prevista na Lei nº 9.433/97 (Lei das Águas). O Art. 3º prevê a interação da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental e com a de uso de solo. Para integração dessas políticas, é fundamental a estruturação de uma política de uso e conservação do solo, cabendo ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA (responsável por ações de conservação de água e solo) – e à Agência Nacional de Águas – ANA (responsável pela implementação do Plano Nacional de Recursos Hídricos) o desenvolvimento de uma agenda que defina as ações necessárias para atingir o equilíbrio entre uso e conservação de solo e recursos hídricos.

O Plano Nacional dos Recursos Hídricos incorpora os princípios do poluidor/usuário-pagador e do provedor-recebedor, reconhecendo a água como bem econômico, de domínio público e como um recurso natural limitado. A lei criou, ainda, o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e definiu a outorga e a cobrança pelo uso desses recursos (KFOURI; FAVERO, 2011).

No contexto do desenvolvimento de políticas de uso e conservação do solo, surgiu o *Programa Produtor de Água*, promovido pela ANA, que tem como objetivo a recuperação de

bacias hidrográficas, utilizando-se de instrumentos de incentivos financeiros. As ações do programa incluem apoio, orientação e certificação de projetos cujos objetivos incluem a redução da erosão e do assoreamento de mananciais no meio rural, de modo a garantir evolução qualitativa e quantitativa da oferta de água, além da regularização do abastecimento em bacias hidrográficas de importância estratégica para o país.

A ANA estabelece como objetivo a remuneração de produtores que empregam práticas e manejos conservacionistas e que, portanto, contribuem para o abatimento da erosão e da sedimentação. Os benefícios oriundos de tais medidas vão além das fronteiras das propriedades rurais e geram externalidades positivas, na forma de benefícios sociais apropriados por todos os usuários da bacia, à jusante da área onde foi executada a prática conservacionista. Tais externalidades são benefícios não compensados devido à falha de mercado decorrente da ausência de direitos de propriedade ou outros meios legais que exijam pagamento pelos serviços prestados (LANDELL-MILLS; PORRAS, 2002).

O produtor rural que segue a agenda de um programa de conservação de água e solo e que por meio dele é capaz de reduzir a poluição difusa²⁰ (via redução da erosão) está prestando um serviço ambiental à bacia (ANA, 2009). Dessa forma, o programa está pautado no princípio do provedor-recebedor, conforme o entendimento de que o produtor deve ser compensado pelo serviço prestado, ou seja, deve existir bonificação pelas externalidades positivas geradas. Assim, além de ambientalmente sustentável, a prática mostra-se economicamente atrativa pelo uso do instrumento de pagamento por serviços ambientais (PSA), política inovadora que faz com que práticas desejáveis socialmente sejam lucrativas para os proprietários rurais (ENGEL *et al*, 2008).

Dentre as principais práticas apoiadas pelo programa estão (ANA, 2009):

- Práticas vegetativas: manutenção de áreas florestadas, reflorestamento, plantio adensado e em nível, plantio direto, recuperação de pastagens degradadas, sistemas agrosilvopastoris, integração lavoura pecuária;
- Práticas mecânicas: bacia de infiltração, readequação de estradas, recuperação de áreas de preservação permanente, terraceamento.

O programa é flexível quanto ao manejo e práticas conservacionistas a ser implantado ou já em andamento, mas estas devem representar benefícios ambientais comprovados à bacia

²⁰A poluição difusa não possui um foco definido de poluição, ou seja, sua origem é dispersa, tal como acontece nas drenagens agrícolas. Ao contrário, a poluição pontual apresenta foco de poluição facilmente identificável, como no caso de águas residuais e industriais.

alvo do projeto, como abatimento de sedimentação e turbidez e aumento de infiltração de água no solo. Além disso, há critérios em relação ao custo-benefício e à eficácia do abatimento da erosão, que deve ser de no mínimo 25% da perda de solo original (ANA, 2009).

A remuneração aos produtores ocorre de forma proporcional ao serviço ambiental prestado e para que haja o reconhecimento da marca 'Produtor de Água' os projetos de PSA devem seguir diretrizes da ANA, que incluem: sistema de monitoramento de resultados (para quantificação dos benefícios obtidos), estabelecimento de parcerias, assistência técnica, prática sustentáveis de produção e adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento (ANA, 2009).

Dentre as metas do programa estão:

- Redução de 50% da erosão e da sedimentação;
- Recuperação das Áreas de Preservação Permanente das propriedades rurais participantes;
- Recomposição das áreas de Reserva Legal Permanente das propriedades rurais participantes;
- Treinamento de potenciais agentes executores do programa, que podem ser estados, Comitês de Bacias, cooperativas, etc.

Os contratos são realizados entre os agentes financiadores e os produtores participantes e determinam que os pagamentos sejam feitos durante ou após a implantação de um projeto específico aprovado previamente, com cobertura total ou parcial dos custos de implantação de novas práticas, de acordo com a capacidade de abatimento de poluição difusa (ANA, 2009).

Dentre as fontes de recursos do programa podem ser citadas:

- Recursos da cobrança pelo uso dos recursos hídricos;
- Empresas de saneamento, geração de energia elétrica e usuários;
- Fundos Estaduais de Recursos Hídricos;
- Fundo Nacional do Meio Ambiente;
- Orçamento Geral da União (OGU);
- Orçamento de estados, municípios e Comitês de Bacias;
- Compensação financeira por parte de usuários beneficiados;
- Organismos internacionais (ONGs, Bird, etc.);

- Bancos de investimento oficiais (Banco do Brasil – BB e Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES).

A certificação do abatimento efetivo da erosão é pré-requisito para os pagamentos do programa, que ocorre com a solicitação do produtor de vistoria, conforme datas pré-estabelecidas em contrato. O contratante elabora um laudo técnico que indica o grau de cumprimento das metas de abatimento da erosão, da ampliação da área florestada e de preservação de áreas florestadas existentes, por exemplo, estabelecidas em contrato. Se o produtor participante tiver atingido essas metas em critérios mínimos de contrato, o contratante realiza o pagamento. Ao final do projeto, se todos os critérios de contrato tiverem sido cumpridos pelo participante, este receberá da ANA um *Certificado de Produtor de Água*.

O diferencial do programa é colocar o produtor rural no centro do processo, o que permite envolvê-lo em todas as etapas, desde a iniciativa voluntária de participar ao acompanhamento da execução e manutenção das obras. Assim, o produtor fica totalmente envolvido com o projeto, uma vez que assume papéis de fiscal, executor e mantenedor das ações (ANA, 2009).

A seguir, são relatados dois projetos inseridos no programa *Produtor de Água*²¹ e que apresentam resultados positivos em sua execução. O terceiro projeto apresentado não é vinculado ao programa da ANA, mas também apresenta resultados satisfatórios.

4.3.4. Projetos em andamento – o Pagamento de Serviços Ambientais como ferramenta de proteção às bacias hidrográficas

4.3.4.1. Programa Produtor de Água - Projeto Conservador das Águas – Extrema (MG)

O projeto pioneiro teve início em 2006, por meio de um projeto-piloto nas bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá, que constituem o Sistema Cantareira, administrado pela Superintendência do Abastecimento de Água do Estado de São Paulo (SABESP) e destinado à captação e tratamento de água para a Grande São Paulo. A área do projeto engloba quatro mil hectares das cidades de Extrema, Joanópolis e Nazaré Paulista, onde seriam plantadas 300 mil mudas de árvores nativas e cercados mil hectares de área de preservação permanente.

²¹ Para verificar uma listagem de programas brasileiros já inseridos no conceito *Produtor de Água*, consulte Kfoury e Favero, 2010.

Dentro do escopo do projeto está a implementação de práticas conservacionistas em 1,5 mil hectares, com construção de 1,2 mil bacias de infiltração, readequação de estradas e programas de educação ambiental (ANA, 2009).

O município de Extrema (MG), localizado no extremo sul de Minas Gerais, aprovou a lei municipal 2.100 de 21 de dezembro de 2005 e seus regulamentos: os Decretos nº 1.703/06 e nº 1.801/06., que cria o *Projeto Conservador das Águas*. O município teve destaque ao vincular seu projeto ao *Projeto Produtor de Água*, com o objetivo de fomentar a preservação de mananciais e nascentes no município, localizado na microbacia das Posses. As águas que saem dessa microbacia constituem um dos principais mananciais do Sistema Cantareira. Além da parceria da ANA, o projeto conta a parceria de instituições municipais, estaduais e privadas, conforme apresentado no Quadro 2 (BERNARDES, 2010).

Quadro 2: Atribuições das instituições parceiras no projeto *Conservador das águas*.

Instituição parceira	Atribuições
Prefeitura Municipal de Extrema	Pagamentos por Serviços Ambientais, mapeamento das propriedades, assistência técnica e gerenciamento do projeto
Instituto Estadual de Florestas (IEF-MG)	Financiamento dos insumos (cercas, adubos, calcário, herbicidas); apoio no processo de comando e controle e averbação das Reservas Legais das propriedades rurais
Agência Nacional de Águas (ANA)	Apoio às ações de conservação do solo e monitoramento hídrico, por meio de instalação de uma de monitoramento quali-quantitativo)
Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba-Capivari-Jundiáí (Comitê de bacia PCJ)	Apoio às medidas de conservação do solo e remuneração dos produtores rurais
The Nature Conservancy (TNC)	Apoio técnico e financeiro

Fonte: BERNARDES, 2010.

O apoio privado com a instituição *The Nature Conservancy* garante a assistência técnica e o apoio financeiro aos proprietários rurais em suas ações de recuperação e proteção de Áreas de Proteção Permanente (APP) e Reserva Legal (RL), proteção de mananciais e conservação do solo. Além disso, o apoio do Comitê de Bacia dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá tem como base os recursos arrecadados por meio da cobrança pelo uso da água, de modo que usuários de serviços ambientais de manutenção de recursos hídricos arquem com os custos de preservação e manutenção dos ecossistemas (BERNARDES, 2010).

A criação do *Projeto Conservador das Águas* permite o apoio financeiro municipal aos proprietários que se comprometem às metas de: 1) adoção de práticas conservacionistas de solo; 2) implantação de sistema de saneamento ambiental para adequado tratamento de efluentes e resíduos; 3) implantação e manutenção de cobertura vegetal das Áreas de Proteção Permanente e Reservas Legais (ANA, 2009).

Dentre os requisitos para participar do projeto estão: 1) ter seu domicílio na propriedade rural ou inserido na sub-bacia hidrográfica trabalhada no projeto; b) ter propriedade com área igual ou superior a dois hectares; c) desenvolver atividade agrícola com finalidade econômica na propriedade rural (ANA, 2009).

Em Extrema, os pagamentos pelos serviços ambientais foram assumidos no orçamento da prefeitura municipal, conforme determinado pela legislação municipal. A fonte desse recurso é o Fundo Municipal para Pagamentos por Serviços Ambientais (FMPSA). Os proprietários que aderiram ao projeto receberam como pagamento por serviços ambientais a quantia de 100 UFEX (R\$ 169,00) por hectare/ano, dividido em 12 parcelas. Até agosto de 2009 os resultados do programa computaram a participação de 60 proprietários de terra, totalizando 1.393,49 hectares. Os beneficiados receberam uma quantia entre de R\$ 75 e R\$ 169 por hectare/ano, compensação concedida por práticas de conservação do solo e manutenção de matas nativas (BERNARDES, 2010).

Por meio destes pagamentos, o intuito do projeto é propiciar melhorias na qualidade da água e na regularização da vazão de rios de importância estratégica em termos de abastecimento hídrico, via redução da erosão e do assoreamento de mananciais no meio rural, ações de conservação e restauração de florestas nativas e medidas de conservação de solo (KFOURI; FAVERO, 2011).

4.3.4.2. Programa Produtor de Água - ProdutorES de Água - ES

No estado do Espírito Santo, o Pagamento por Serviços Ambientais foi instituído pela Lei (nº 8.995/08) e para garantia de sua sustentabilidade foi criado o Fundo Estadual de Recursos Hídricos – Fundágua (Lei nº 8.690/08), que destina 60% para esta finalidade (ANA, s.d.). Esse fundo tem como principais recursos os royalties de petróleo e gás e a compensação financeira do setor hidroelétrico para financiar conservação e melhoria dos recursos hídricos capixabas. Outras funções prestadas pelo fundo incluem a sustentação de ações como fortalecimento de comitês de bacia, pesquisas do setor e intervenções de recuperação como recomposição de margem de rio, entre outros (SEAG, s.d).

Por meio da transformação do PSA em uma política pública, o projeto tem a intenção de abranger todas as bacias hidrográficas capixabas, incluindo a totalidade dos produtores rurais. São compensados os produtores que preservam matas nativas em áreas de relevância em termos de conservação de recursos hídricos, tais como margens de estradas, rios e córregos, com o objetivo de combater a erosão, o assoreamento e melhorar a infiltração de água no solo.

Para o andamento do projeto, a princípio são definidas as bacias prioritárias e recebidas as inscrições de produtores rurais interessados em aderir ao projeto. Os valores a serem pagos aos produtores têm interferência de fatores como tamanho da área, declividade, uso do solo e cobertura florestal. Tais critérios determinam uma variação de R\$80 a R\$330 por hectare de floresta em pé, por ano (ANA, s.d).

A primeira fase do projeto ocorreu em torno da Bacia do Benevente, com 1,2 mil quilômetros quadrados de área que compreende os municípios de Alfredo Chaves, Anchieta, Guarapari e Piúma.

O projeto tem como parceiros as Prefeituras dos municípios contemplados, a Agência Nacional das Águas (ANA), Instituto Bio Atlântica (Ibio), a Secretaria de Estado de Agricultura e Pesca (Seag) - por meio do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper), o Banco de Desenvolvimento do Espírito Santo (Bandes) e Comitê de bacia do Rio Benevente.

Dentre 2009 e 2011, foram firmados 217 contratos nas bacias dos rios Benevente, Guandu e São José, totalizando uma área preservada de 2.211 hectares. Os benefícios totalizaram em média R\$1.514,62 por propriedade ao ano e em média R\$148,62 por hectare ao ano (SEAG, s.d).

4.3.4.3. Programa Ecocrédito em Montes Claros – MG

Conforme descrito por Bernardes (2010), o Ecocrédito é um programa criado pela lei 3.545 de 12 de Abril de 2006 no Município de Montes Claros – MG. Trata-se de um crédito ambiental que tem por objetivo premiar e incentivar produtores rurais na preservação e recuperação de áreas de importância no interior de suas propriedades.

Mediante o cadastro no programa e de acordo com a lei, os produtores rurais que investem na preservação recebem um incentivo do Município denominado Ecocrédito, que equivale a 5 Unidades de Padrão Fiscal (UPFs/ano) por hectare, cujo pagamento é feito com recursos próprios do município. O crédito recebido deve ser direcionado ao pagamento de impostos e taxas municipais tais como IPTU, ISS e ITBI²² ou em serviços que podem ser prestados pela prefeitura em nas propriedades: capina, roçamento e cessão de máquinas, construção de bacias de captação de águas pluviais, desde que haja acordo entre as partes interessadas (BERNARDES, 2010).

O programa define áreas prioritárias para a implantação do Ecocrédito, dentre elas nascentes, matas ciliares e matas originais. Depois de um ano a área é declarada como de preservação ambiental, via zoneamento ecológico, feito com apoio do Conselho de Defesa e Conservação do Meio Ambiente (CODEMA). O reflorestamento consiste em uma forma de participar do programa, principalmente em torno de margens das estradas vicinais (BERNARDES, 2010).

Os últimos dados registrados sobre o programa foram computados em 2011, quando 45 produtores estavam inscritos correspondendo a 1.479 hectares de área preservada, contando com 9 áreas de nascentes sendo protegidas. O valor total cedido foi da ordem de R\$ 62.837,90/ano (MONTES CLAROS, s.d).

4.3.5. Algumas limitações para adoção de projetos fundamentadas em PSA

Conforme visto anteriormente, no Brasil verificam-se exemplos da adoção do conceito de Pagamentos por Serviços Ambientais para a manutenção da qualidade e disponibilidade dos recursos hídricos, bem como para a promoção de adequado uso e manejo do solo. Assim,

²² IPTU: Imposto Predial e Territorial Urbano; ISS: Imposto Sobre Serviços de Qualquer Natureza; ITBI: Imposto sobre Transmissão de Bens Imóveis

instrumentos de PSA vem sendo aplicados devido à sua eficiência econômica, eficácia ambiental e à capacidade de conciliar esse objetivos com aspectos sociais, como a redução da pobreza no campo (ROSENBERG, 2012).

O governo é o principal indutor dos sistemas de PSA, por meio de leis e programas que impulsionam as iniciativas. Neste cenário, a Agência Nacional de Águas exerceu um papel chave através do *Programa Produtor de Água*, responsável pela difusão do conceito *Produtor de Água* e das linhas gerais em que se estabelecem um programa de PSA (EDDA e PREM, 2011).

No entanto, deve-se destacar que embora seja reconhecida a capacidade governamental na implementação de programas de PSA, há limitações dadas dificuldades institucionais, como recursos financeiros limitados. Os custos dos projetos incluem pagamentos aos produtores e custos de restauração e conservação, bem como altos custos de transação para o estabelecimento e gerenciamento de projetos, articulação de parceiros, prospecção de novos produtores rurais participantes, monitoramento etc. Assim, para a sustentabilidade econômica dos sistemas de PSA são necessários recursos financeiros em longo prazo para que haja continuidade dos pagamentos (EDDA e PREM, 2011).

Dessa forma, uma das principais limitações existentes é a dificuldade de arrecadação de recursos. Programas mediados pelo governo apresentam potencial para alavancagem, seja na esfera municipal, estadual ou federal, mas ainda é necessário sistematizar a elaboração de leis e a implementação do PSA, para que novos programas tenham eficientes pontos de partida (EDDA e PREM, 2011) e não careçam de disponibilidade técnica e financeira.

Os programas fundamentados em PSA podem variar nos seguintes aspectos: tipo e escala da demanda por serviços ambientais, fonte de pagamento, tipo de atividade que é paga, forma de pagamento e o volume de recursos, a medida de desempenho e performance utilizada, tipo de instituições que promovem e apoiam os programas, formas de realizar controle e monitoramento, etc. (ENGEL et. al, 2008). Assim, a variedade de arranjos institucionais revela como essa diversidade permite a adaptação de sistemas de PSA a realidades específicas.

O município de Extrema foi pioneiro na aprovação da legislação que regulamentou o PSA, em 2005. Já o Estado do Espírito Santo aprovou em 2008 a lei que institui o PSA. Outros estados tendem a seguir caminhos semelhantes, como São Paulo, mas a abrangência de programas baseados no PSA depende da criação da Lei nº 792/07, cujo objetivo é instituir a Política Nacional dos Serviços Ambientais, o Programa Federal de PSA, o Fundo Federal de PSA e o Cadastro Nacional de PSA. Por enquanto, trata-se de um Projeto de Lei que tramita

no Congresso Nacional (KFOURI; FAVERO, 2011). A ocorrência de um marco regulatório federal é essencial para incluir o PSA na agenda socioambiental brasileira e para consolidar iniciativas em andamento (OIM, s.d).

Embora este marco ainda não tenha ocorrido, nos casos de PSA abordados neste trabalho os produtores que adequadamente seguiram e implementaram as diretrizes do programa foram beneficiados pelo pagamento de serviços ambientais, mediante a constatação de que a adoção das práticas conservacionistas contribuíram com melhorias da qualidade do solo e dos recursos hídricos.

5. CONCLUSÕES

O trabalho teve como objetivo estimar os custos econômicos decorrentes da erosão do solo na microbacia do rio Piraporinha, no município de Piedade, SP. Para isso, foram considerados os efeitos internos (*on-site*) à área de produção agrícola. Após identificação de diferentes métodos de valoração econômica, foi escolhido o método de custo de reposição de nutrientes como melhor abordagem. Utilizando-se deste método, foi possível avaliar economicamente os custos da erosão, refletidos pelos preços dos fertilizantes e pela quantidade de nutrientes necessários para repor a fertilidade do solo, condicionada pelos métodos produtivos adotados e condições naturais do terreno.

Os resultados desta pesquisa revelam que os custos da erosão estimados na microbacia do Rio Piraporinha, no município de Piedade, SP, são da ordem de R\$94,32 por tonelada de solo em média, variando de R\$14,66 a R\$452,83. Nesta microbacia, os fatores declividade do terreno e comprimento de rampa são os que mais influenciam na ocorrência de perdas de solo, ou seja, quanto mais acentuada a combinação das duas variáveis, maiores prejuízos econômicos da erosão.

Embora estimativas sejam resultados aproximados, os valores encontrados possuem relevância por representarem a microbacia estudada e regiões vizinhas com características de solo e manejo semelhantes. O conhecimento desses valores pode ser útil ao serviço de assistência técnica no sentido de se constituir num argumento mais concreto em relação aos prejuízos causados pela erosão. A avaliação dos custos internos da erosão e o benefício de práticas conservacionistas devem orientar a tomada de decisões no meio rural, especialmente na gestão de bacias hidrográficas, para que haja promoção de políticas capazes de reverter os problemas observados.

A pesquisa realizada junto aos produtores mostrou que, de maneira geral, muitas das práticas de manejo adotadas não são favoráveis à conservação do solo. Tendo em vista que a erosão é um problema social e econômico, os resultados encontrados podem servir de incentivo para despertar a necessidade de soluções locais, públicas e privadas, que permitam atingir um modo de produção mais sustentável, via utilização eficiente e racional de recursos. Dadas as características do mercado agrícola, em que o produtor é apenas um tomador de preços, a redução dos custos de plantio é uma das principais medidas para aumentar o lucro da propriedade. Para isso, é importante reduzir as perdas de fertilidade do solo e aumentar a produtividade física dos cultivos.

A falta de capacitação técnica revela-se um grande problema no meio rural, uma vez que os produtores desconhecem medidas básicas de conservação que podem implicar em melhores resultados em termos de produtividade. Portanto, ressalta-se a importância da apresentação de dados econômicos aos agricultores, o que certamente facilitaria a compreensão sobre a importância da conservação do solo para a sustentabilidade das atividades agropecuárias.

Nesse sentido, torna-se válido buscar soluções para estimular o provimento de serviços ambientais por parte dos produtores, contexto no qual se inserem os programas baseados em Pagamentos por Serviços Ambientais (PSA). Através de programas dessa natureza, os produtores que se comprometem com a redução da erosão e com medidas que visam a preservação dos recursos hídricos são compensados financeiramente, seguindo o princípio de provedor-recebedor.

Assim, a existência de instrumentos econômicos como o PSA emerge como uma alternativa para estimular a geração de externalidades positivas, solucionando o problema de não eficiência alocativa gerada pela ausência de atribuição de preços aos serviços ambientais. Portanto, instrumentos de PSA devem ser reconhecidos pela sua eficiência econômica, capacidade de promover melhorias na qualidade ambiental e por permitir que produtores em situação de vulnerabilidade financeira tenham uma fonte adicional de renda.

O município de Piedade, diante do problema da erosão, mostra-se um potencial receptor de programas fundamentados em PSA. A possibilidade de remunerar produtores da microbacia do Rio Piraporinha seria uma maneira de estimular a ocorrência de serviços ambientais, trazendo resultados positivos em termos de rentabilidade da unidade produtiva e de melhorias para o meio ambiente (em vista da redução da erosão e do assoreamento) e para a sociedade, que teria acesso à água em maior qualidade e disponibilidade.

Mediante a formação de um arcabouço institucional próprio, com base nas experiências bem-sucedidas já implementadas, mas com adaptações às necessidades e especificidades locais, Piedade poderia buscar se inserir no escopo de programas de PSA para a busca de soluções econômicas, ambientais e sociais em bacias hidrográficas.

Espera-se que o posterior acesso dos produtores às informações acerca de prejuízos econômicos em que incorrem ao produzir devido à erosão do solo, bem como a possibilidade de implementação de um instrumento econômico que vise beneficiar produtores que seguem as diretrizes de um programa de conservação, possam balizar tomadas de decisão no que se refere à adoção de métodos conservacionistas de produção.

Referências Bibliográficas

AGÊNCIA EMBRAPA DE INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA (AGEITEC). **Plantio Convencional.** Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG1_01_32_59200523355.html> Acesso em maio, 2013.

ALVES, M. **Estimativa da Perda de Solo por Erosão Laminar na Bacia do Rio São Bartolomeu (DF) Usando Técnicas de Geoprocessamento.** INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/cursos/ser300/trabalhos.html>>. Acesso em: fevereiro, 2011.

BRASIL. Agência Nacional de Águas. Ministério do Meio Ambiente. Superintendência de Usos Múltiplos. **Programa Produtor de Água.** Brasília, DF. Disponível em <<http://produtordeagua.ana.gov.br>> Acesso em março, 2013.

_____**Programa Produtor de Água** - Programa de Melhoria da Qualidade e da Quantidade de Água em Bacias Rurais, através do Incentivo Financeiro aos Produtores. Brasília: Agência Nacional de Águas, s.d.

_____**Programa Produtor de Água:** Manual Operativo. Brasília: Agência Nacional de Águas, 2009.

_____**Programa Produtor de Água:** Manual Operativo. Brasília: Agência Nacional de Águas, 2008.

_____**Programa Produtor de Água:** Folheto Produtor de Água. Brasília: Agência Nacional de Águas, 2009.

_____**Programa Produtor de Água:** Folder ‘Projeto Conservador das Águas’ em Extrema - MG - Brasília: Agência Nacional de Águas, 2009.

_____**Programa Produtor de Água:** Folder ‘Projeto ProdutorES de Água’ – ES - Brasília: Agência Nacional de Águas, s.d.

ARCHIPAVAS, J. N. Serviços ambientais: corrigindo falhas de mercado **Revista Desafios do Desenvolvimento** – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Brasília, n. 75, p.87, jan. 2013.

BANCO MUNDIAL **Programa Estadual de Microbacias Hidrográficas** Disponível em:

<<http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/HOMEPORTUGUESE/EXTPAISES/EXTLACINPOR/BRAZILINPOREXTN/0,,contentMDK:21394291~pagePK:141137~piPK:141127~theSitePK:3817167,00.html>> Acesso em: julho, 2011.

BERNARDES, C. **Pagamento por Serviços Ambientais: Experiências Brasileiras relacionadas à Água.** In: V ENCONTRO NACIONAL DA ANPPAS, Florianópolis (SC), 4 a 7 de outubro de 2010.

BERTOL, I.; COGO, N. P.; SCHICK, J.; GUDAGNIN, J. C.; AMARAL, A. J. **Aspectos Financeiros Relacionados às Perdas de Nutrientes por Erosão Hídrica em Diferentes Sistemas de Manejo do Solo.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 31, n.1, p. 133-142, 2007.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo.** São Paulo: Editora Ícone, 1995.

CENTRO INTEGRADO DE INFORMAÇÕES AGROMETEOROLÓGICAS (CIIAGRO). Disponível em: <www.ciiagro.sp.gov.br/ciiagroonline/Listagens/Resenha/LResenhaLocal.asp>

CIDADES PAULISTAS. **São Paulo: Banco Mundial vem para conhecer a agricultura paulista** Disponível em:

<<http://www.cidadespaulistas.com.br/not/not.asp?c=4910>> Acesso em: julho, 2011.

COSTA, D.R. *et al.* Diagnóstico sócio-econômico e percepção ambiental a microbacia do Rio Pirapora, Piedade-SP. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal.** Garça, SP, Ano IX, v. 18, n. 1, ago. 2011.

EDDA, S.; PREM, I. Por que pagamentos por serviços ambientais? In____GUEDES, F.B.; SEEHUSEN, S.E. (Org). **Pagamento de Serviços Ambientais na Mata Atlântica: lições aprendidas e desafios.** Brasília: Ministério do Meio Ambiente – MMA. 2011. p. 17-53. Série Biodiversidade 42.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Manejo de Solos:** Sistema Plantio Direto. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho_2ed/man_direto.htm>. Acesso em abril, 2013.

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

FÁVERO, R.; CASTILHO, M. L.; **Responsabilidade social e teoria das externalidades: o caso de algumas empresas poluidoras do meio ambiente** In: XLII Congresso da Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural. Cuiabá, MT. 25 a 28 de Julho de 2004.

GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO. Secretaria da Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca do ES - SEAG. **Estado amplia ProdutorES de Água para novas bacias do Espírito Santo.** Disponível em:

< <http://www.seag.es.gov.br/?p=5433>>. Acesso em: fevereiro, 2013.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Secretaria de Agricultura e Abastecimento e Secretaria do Meio Ambiente. Coordenadoria de Assistência Técnica Integral - CATI. **Programa Estadual de Microbacias Hidrográficas.** Disponível em <<http://www.cati.sp.gov.br>>. Acesso em maio, 2010.

GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO. Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos - IEMA Disponível em : <http://www.sigam.ambiente.sp.gov.br/sigam2/Repositorio/222/Documentos/2011_Seminario%20PSA/Fabio%20Ahnert.pdf> Acesso em abril, 2013.

HARRIS, J. M., (2006), **Environmental and Natural Resource Economics – a Contemporary Approach**, 2nd edition, Houghton Mifflin Company, New York.

IPEADATA: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Séries de Preços, IPCA Geral Anual** Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br/>> Acesso em: maio, 2012

JAYASURIYA, R. T.; **Measurement of the scarcity of soil in agriculture** Journal Elsevier - Resources Policy v.29, n. 3-4, 119-129, 2004.

KFOURI, A.; FAVERO, F. – **Projeto Conservador das Águas Passo a Passo.** 1ª edição. Brasília: The Nature Conservancy - TNC, 2011. V.4. Série Água, Clima e Floresta.

LANDELL-MILLS, N.; PORRAS, I. T. **Silver bullet or fools' gold?** A global review of markets for forest environmental services and their impacts on the poor. Londres: International Institute for Environment and Development, 2002.

LANNA, A. E. L.; RIBEIRO, M. M. R.; TAVARES, E. Q. T.; Valoração Monetária de Bens e Serviços Ambientais: Revisão do Estado-da-Arte Sob a Ótica da Gestão das Águas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos RBRH**, v.6, n.3, jul/set 1999, 97-116.

MAGNANI, C.R.S.; ALEXANDRE, P.; BEATRIZ, C. **Projeto de Recuperação de Áreas Degradadas por Olarias**, 2004. Dissertação (Mestrado em Gestão Econômica do Meio Ambiente) – Instituto de Ciências Humanas, Departamento de Economia, Universidade de Brasília, DF.

MARQUES, J. F.; Pazzianotto, C. B. **Custos Econômicos da Erosão do Solo: Estimativa pelo Método do Custo de Reposição de Nutrientes - Simulação do Custo Econômico da Erosão do Solo**. Embrapa, Jaguariúna, SP, 2004. Disponível em: <http://www.cnpma.embrapa.br/analise_econ/>. Acesso em: setembro, 2010.

MARQUES, J. F. **Custos da Erosão do Solo em Razão dos Seus Efeitos Internos e Externos à Área de Produção Agrícola**. Revista Brasileira de Economia e Sociologia Rural, v. 36, n. 1, p. 61-79, 1998.

MARQUES, F. J.; PEREIRA, L. C.; NICOLELLA, G.; LOMBARDI NETO, F.; TOCCHETTO M. R. L. **Avaliação física e econômica da erosão do solo: estudo de caso em microbacia hidrográfica**. Disponível em :

< <http://marta.tocchetto.com/site/?q=system/files/avaliacaofisicaeconomica.pdf> > Acesso em: maio, 2012

MAY, P. Introdução. In:___**Instrumentos Econômicos para o Desenvolvimento Sustentável na Amazônia Brasileira: experiências e visões**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Coordenação da Amazônia, 2005. p. 11-19

MICHELLON, E.; REYDON, B. P. **A Economia do Paraná com o Manejo de Solos e da Água em Microbacias Hidrográficas**. A Economia em Revista, v. 14, p. 25-37, 2006. Disponível em: <www.sober.org.br/palestra/12/08O405.pdf>. Acesso em: agosto, 2010.

MONTES CLAROS. Secretaria do Meio Ambiente. **Ecocrédito**. Montes Claros, sem data. Disponível em: <http://www.sigam.ambiente.sp.gov.br/sigam2/Repositorio/222/Documentos/2011_Seminario%20PSA/Aramis%20Mota.pdf> Acesso em abril, 2013.

MONTEIRO, M. S. L.; DANTAS, K. P. **Custos dos Efeitos Internos da Erosão dos Solos no Cerrado Piauiense**. In: Congresso da Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural, 47. Porto Alegre, 26 a 30 de julho de 2009.

MOTTA, R. S. Instrumentos Econômicos e Política Ambiental. In:___**Instrumentos Econômicos para o Desenvolvimento Sustentável na Amazônia Brasileira**: experiências e visões. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Coordenação da Amazônia, 2005. p. 21-27

MOTTA, R. S. **Manual para Valoração Econômica de Recursos Ambientais**. Coordenação de Estudos do Meio Ambiente do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (CEMA/IPEA); Coordenação Geral de Diversidade Biológica do Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal (COBIO/MMA) Rio de Janeiro, 1997.

MOTTA, R. S.; RUITENBEEK, J.; HUBER, R. **Uso de Instrumentos Econômicos na Gestão Ambiental da América Latina e Caribe**: Lições e Recomendações. TEXTO PARA DISCUSSÃO Nº 440. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA. Rio de Janeiro, 1996.

MOSS, G.; MOSS, M.; **Projeto Brasil das Águas – Sete Rios**, Brasília, DF, 2007.

O município de Piedade. Disponível em < <http://www.piedade.sp.gov.br/> > Acesso em: dezembro, 2012.

OBSERVATÓRIO DE INFORMAÇÕES MUNICIPAIS – OIM. **Política Nacional sobre o Pagamento por Serviços Ambientais em Debate**. <Disponível em: http://www.oim.tmunicipal.org.br/abre_documento.cfm?arquivo=_repositorio/_oim/_documentos/8120527F-075C-D1D8-73B094592705886303102012090425.pdf&i=2068> Acesso em abril, 2013.

OLIVEIRA, A. M. M. **Aplicação de Geotecnologias e do Modelo EUPS como Subsídio ao Planejamento do Uso da Terra**: Estudo de caso no alto curso da Microbacia Hidrográfica do Ribeirão Cachoeirinha, Iracemápolis, SP, Rio Claro, 2004 - Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista – UNESP.

PINDYCK, R.S; RUBINFELD, D.L. Capítulo 18: Externalidades e bens públicos. In:___**Microeconomia**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005. p.555-583.

PUGLIESI, A. C. V. **Valoração econômica pelo método custo de reposição do efeito da erosão em sistemas de produção agrícola.** SP, Campinas, 2007 – Dissertação de Mestrado – Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

RODRIGUES, W. Valoração Econômica dos Impactos Ambientais de Tecnologias de Plantio em Região de Cerrados. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 43, n.1, jan./mar. 2005.

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

ROSENBERG, R. **Mecanismos voluntários de pagamento por serviços ambientais: por que não ocorrem no Brasil? Um estudo focado em empresas de geração hidrelétrica e de abastecimento público de água.** 2012. 126 p. Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

SOARES, W.L.; PORTO, M.F. **Atividade agrícola e externalidade ambiental: uma análise a partir do uso de agrotóxicos no cerrado brasileiro** *Ciência e saúde coletiva*, Rio de Janeiro, vol.12, n.1, Jan./Mar. 2007.

TELLES, T. S.; GUIMARÃES, M. F. **Custos da Erosão do Solo.** In: Congresso da Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural, 47. Porto Alegre, 26 a 30 de julho de 2009.

TELLES, T. S.; GUIMARÃES, M. F.; DECHEN, S. C. F. **Avaliação dos Custos da Erosão do Solo** In: Congresso da Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural, 48. Campo Grande, 25 a 28 de julho de 2010.

THE WORLD BANK – **Relatório sobre o Desenvolvimento Mundial de 2008 – Agricultura e Meio Ambiente.** Brasil, 2008.

APÊNDICE - B

Entrevistas

Propriedade 1	
Localidade	Bairro dos Vieirinhas
Culturas	abóbriha italiana e abóbriha brasileira
Área ocupada pela cultura	4,2 hectares
Comprimento de rampa (em metros)	210 metros
Declividade (em porcentagem)	15,71%
Tipo de preparo de solo utilizado	grade pesada, encanteirador
Nº de vezes ao ano em que é arado o terreno	1 a 2 vezes
É feita análise de solo?	sim
Com que frequência?	última há 1 ano
Métodos de conservação do solo	rotação de culturas, cobertura de solo
Fertilizantes	4-14-8, 14-7-28
Propriedade 2	
Localidade	Bairro dos Vieirinhas
Culturas	abóbriha italiana, abóbriha brasileira, repolho, salsinha, coentro, brócolis
Área ocupada pela cultura	7,2 hectares
Comprimento de rampa (em metros)	80 metros
Declividade (em porcentagem)	21,25%
Tipo de preparo de solo utilizado	grade pesada
Nº de vezes ao ano em que é arado o terreno	1 a 2 vezes
É feita análise de solo?	sim
Com que frequência?	procura-se fazer uma vez por ano
Métodos de conservação do solo	rotação de culturas, cultivo em nível, cobertura de solo
Fertilizantes	4-14-8, 14-7-28, 12-6-12
Propriedade 3	
Localidade	Bairro dos Vieirinhas
Culturas	berinjela, couve, brócolis, repolho
Área ocupada pela cultura	2 hectares
Comprimento de rampa (em metros)	170 metros
Declividade (em porcentagem)	21,18%
Tipo de preparo de solo utilizado	grade pesada
Nº de vezes ao ano em que é arado o terreno	2 vezes
É feita análise de solo?	não
Com que frequência?	-
Métodos de conservação do solo	cultivo em nível (desnível no sentido de maior comprimento)
Fertilizantes	4-14-8, 14-7-28

Propriedade 4	
Localidade	Bairro Gurgel
Culturas	jiló, vagem, repolho, abóbora, pimentão, milho, feijão, pepino
Área ocupada pela cultura	2 hectares
Comprimento de rampa (em metros)	180 metros
Declividade (em porcentagem)	17,22%
Tipo de preparo de solo utilizado	grade pesada
Nº de vezes ao ano em que é arado o terreno	1 vez
É feita análise de solo?	sim
Com que frequência?	a cada 2 anos
Métodos de conservação do solo	rotação de culturas, cultivo em nível, cobertura de solo
Fertilizantes	esterco, calcário, 4-14-8, 12-6-12

Propriedade 5	
Localidade	Bairro dos Vieirinhas
Culturas	cenoura, cebola, beterraba, couve-flor, repolho
Área ocupada pela cultura	7 hectares
Comprimento de rampa (em metros)	190 metros
Declividade (em porcentagem)	14,21%
Tipo de preparo de solo utilizado	grade pesada, arado de aiveca (tração animal), encanteirador, subsolador
Nº de vezes ao ano em que é arado o terreno	2 vezes
É feita análise de solo?	sim
Com que frequência?	1 vez ao ano
Métodos de conservação do solo	rotação de culturas, cultivo em nível, cobertura de solo
Fertilizantes	4-14-8, 12-6-12

Propriedade 6	
Localidade	Bairro dos Vieirinhas
Culturas	cenoura, cebola, beterraba
Área ocupada pela cultura	5,5 hectares
Comprimento de rampa (em metros)	350 metros
Declividade (em porcentagem)	15,43%
Tipo de preparo de solo utilizado	grade pesada, arado de aiveca
Nº de vezes ao ano em que é arado o terreno	2 vezes
É feita análise de solo?	sim
Com que frequência?	1 vez ao ano
Métodos de conservação do solo	rotação de culturas, cultivo em nível, obertura de solo
Fertilizantes	4-14-8, 12-6-12

Propriedade 7

Localidade	Bairro dos Vieirinhas
Culturas	milho, abóbrinha italiana, inhame, coentro, repolho, alface, chicória
Área ocupada pela cultura	1,5 hectares
Comprimento de rampa (em metros)	190 metros
Declividade (em porcentagem)	21,05%
Tipo de preparo de solo utilizado	grade pesada, encanteirador, subsolador
Nº de vezes ao ano em que é arado o terreno	2 vezes
É feita análise de solo?	não
Com que frequência?	-
Métodos de conservação do solo	cultivo em nível
Fertilizantes	4-14-8, 12-6-12

Propriedade 8

Localidade	Bairro dos Vieirinhas
Culturas	couve, brócolis ninja, coentro, alface, salsa, abóbrinha, repolho
Área ocupada pela cultura	10 hectares
Comprimento de rampa (em metros)	400 metros
Declividade (em porcentagem)	8,25%
Tipo de preparo de solo utilizado	grade pesada, encanteirador, subsolador
Nº de vezes ao ano em que é arado o terreno	3 vezes
É feita análise de solo?	sim
Com que frequência?	última foi feita há um ano
Métodos de conservação do solo	cobertura de solo
Fertilizantes	4-14-8, 12-6-12, esterco

Propriedade 9

Localidade	Bairro dos Vieirinhas
Culturas	alface, couve-flor, abóbrinha italiana, brócolis, coentro, escarola
Área ocupada pela cultura	12 hectares
Comprimento de rampa (em metros)	450 metros
Declividade (em porcentagem)	13,33%
Tipo de preparo de solo utilizado	grade pesada, encanteirador, subsolador
Nº de vezes ao ano em que é arado o terreno	3 vezes
É feita análise de solo?	não
Com que frequência?	-
Métodos de conservação do solo	rotação de culturas, cobertura de solo
Fertilizantes	4-14-8, 12-6-12, esterco

Propriedade 10

Localidade	Bairro dos Vieirinhas
Culturas	repolho, coentro
Área ocupada pela cultura	5 hectares
Comprimento de rampa (em metros)	200 metros
Declividade (em porcentagem)	16,50%
Tipo de preparo de solo utilizado	grade pesada, arado de disco
Nº de vezes ao ano em que é arado o terreno	de 2 a 3 vezes
É feita análise de solo?	não
Com que frequência?	-
Métodos de conservação do solo	rotação de culturas
Fertilizantes	4-14-8, 12-6-12, esterco, 20-5-20

Propriedade 11

Localidade	Bairro dos Vierinhas
Culturas	couve, pimentão, salsa, couve-flor
Área ocupada pela cultura	5 hectares
Comprimento de rampa (em metros)	150 metros
Declividade (em porcentagem)	14,67%
Tipo de preparo de solo utilizado	grade pesada, arado de aiveca
Nº de vezes ao ano em que é arado o terreno	1 vez
É feita análise de solo?	não
Com que frequência?	-
Métodos de conservação do solo	rotação de culturas
Fertilizantes	calcário, 4-14-8, 12-6-12

Propriedade 12

Localidade	Bairro dos Pires
Culturas	couve, vagem, abóbriinha, berinjela
Área ocupada pela cultura	1,5 hectares
Comprimento de rampa (em metros)	230 metros
Declividade (em porcentagem)	13,48%
Tipo de preparo de solo utilizado	grade pesada, arado de aiveca (tração animal)
Nº de vezes ao ano em que é arado o terreno	no máximo 3 vezes
É feita análise de solo?	não
Com que frequência?	-
Métodos de conservação do solo	rotação de culturas
Fertilizantes	esterco, 4-14-8, 12-6-12, 7-13-10

Propriedade 13

Localidade	Bairro Pirapora dos Vieiras
Culturas	brócolis de maço, brócolis ninja, alface, coentro, acelga, cebolinha, salsa
Área ocupada pela cultura	2,5 hectares
Comprimento de rampa (em metros)	200 metros
Declividade (em porcentagem)	16,50%
Tipo de preparo de solo utilizado	grade pesada, encanteirador
Nº de vezes ao ano em que é arado o terreno	2 vezes
É feita análise de solo?	não
Com que frequência?	-
Métodos de conservação do solo	rotação de culturas, cultivo em nível
Fertilizantes	esterco, 4-14-8, 12-6-12

Propriedade 14

Localidade	Bairro Gurgel
Culturas	abóbriha italiana, acelga, alho poró, milho, cebola, pimentão, repolho, alface
Área ocupada pela cultura	8,5 hectares
Comprimento de rampa (em metros)	440 metros
Declividade (em porcentagem)	8,86%
Tipo de preparo de solo utilizado	arado de disco, grade niveladora, encanteirador
Nº de vezes ao ano em que é arado o terreno	2 vezes
É feita análise de solo?	não
Com que frequência?	-
Métodos de conservação do solo	rotação de culturas, cultivo em nível
Fertilizantes	esterco, 4-14-8, 12-6-12

Propriedade 15

Localidade	Bairro do Gurgel
Culturas	repolho, beterraba, cenoura, cebola, milho
Área ocupada pela cultura	25 hectares
Comprimento de rampa (em metros)	200 metros
Declividade (em porcentagem)	7,50%
Tipo de preparo de solo utilizado	grade pesada, plantio direto, encanteirador, subsolador
Nº de vezes ao ano em que é arado o terreno	2 vezes
É feita análise de solo?	sim
Com que frequência?	1 vez ao ano
Métodos de conservação do solo	rotação de culturas
Fertilizantes	esterco, calcário, 4-14-8, 15-5-15

Propriedade 16

Localidade	Bairro Gurgel
Culturas	berinjela, vagem, tomate, pimentão, abóbrinha italiana
Área ocupada pela cultura	1,5 hectares
Comprimento de rampa (em metros)	250 metros
Declividade (em porcentagem)	21,20%
Tipo de preparo de solo utilizado	grade pesada, arado de disco
Nº de vezes ao ano em que é arado o terreno	3 vezes
É feita análise de solo?	sim
Com que frequência?	última há 3 anos
Métodos de conservação do solo	rotação de culturas
Fertilizantes	esterco, calcário, 12-6-12, 5-15-10

Propriedade 17

Localidade	Bairro Gurgel
Culturas	almeirão, catalônia, coentro, brócolis, rabanete, rúcula, abóbrinha brasileira
Área ocupada pela cultura	1 hectare
Comprimento de rampa (em metros)	80 metros
Declividade (em porcentagem)	18,75%
Tipo de preparo de solo utilizado	grade pesada, arado de disco, encanteirador
Nº de vezes ao ano em que é arado o terreno	2 vezes
É feita análise de solo?	não
Com que frequência?	-
Métodos de conservação do solo	rotação de culturas, cultivo em nível
Fertilizantes	esterco, calcário, 4-14-8, 12-6-12

Propriedade 18

Localidade	Bairro Gurgel
Culturas	abóbrinha italiana, coentro, salsa, pimentão, milho
Área ocupada pela cultura	1,2 hectares
Comprimento de rampa (em metros)	150 metros
Declividade (em porcentagem)	22,67%
Tipo de preparo de solo utilizado	grade pesada, subsolador, encanteirador
Nº de vezes ao ano em que é arado o terreno	2 vezes
É feita análise de solo?	não
Com que frequência?	-
Métodos de conservação do solo	rotação de culturas
Fertilizantes	calcário, esterco, 12-6-12

Propriedade 19

Localidade	Bairro Gurgel
Culturas	brócolis, alface, tomate, vagem, coentro, pimentão, salsa, cebolinha, pepino
Área ocupada pela cultura	7,5 hectares
Comprimento de rampa (em metros)	190 metros
Declividade (em porcentagem)	12,63%
Tipo de preparo de solo utilizado	grade pesada, arado de disco, encanteirador, subsolador
Nº de vezes ao ano em que é arado o terreno	3 a 4 vezes
É feita análise de solo?	não
Com que frequência?	-
Métodos de conservação do solo	rotação de culturas, cultivo em nível
Fertilizantes	esterco, calcário, 4-14-8

Propriedade 20

Localidade	Bairro Gurgel
Culturas	salsa, jiló, berinjela, vagem, brócolis, couve-flor, alface, coentro
Área ocupada pela cultura	10 hectares
Comprimento de rampa (em metros)	180 metros
Declividade (em porcentagem)	25,55%
Tipo de preparo de solo utilizado	grade pesada, encanteirador
Nº de vezes ao ano em que é arado o terreno	3 vezes
É feita análise de solo?	sim
Com que frequência?	última há 3 anos
Métodos de conservação do solo	rotação de culturas, cultivo em nível
Fertilizantes	esterco, calcário, 4-14-8, 12-6-12

Propriedade 21

Localidade	Bairro Gurgel
Culturas	alface, milho, repolho, cebola
Área ocupada pela cultura	17 hectares
Comprimento de rampa (em metros)	310 metros
Declividade (em porcentagem)	8,71%
Tipo de preparo de solo utilizado	grade pesada, encanteirador, subsolador
Nº de vezes ao ano em que é arado o terreno	1 vez
É feita análise de solo?	sim
Com que frequência?	uma vez ao ano
Métodos de conservação do solo	cobertura de solo, mutching
Fertilizantes	esterco, calcário, 10-10-10

Propriedade 22	
Localidade	Bairro Gurgel
Culturas	vagem, pimentão, repolho, abóbrinha italiana
Área ocupada pela cultura	5 hectares
Comprimento de rampa (em metros)	140 metros
Declividade (em porcentagem)	15,71%
Tipo de preparo de solo utilizado	grade pesada, subsolador
Nº de vezes ao ano em que é arado o terreno	4 vezes
É feita análise de solo?	não
Com que frequência?	-
Métodos de conservação do solo	cultivo em nível
Fertilizantes	12-6-12, 20-5-15

Propriedade 23	
Localidade	Bairro Gurgel
Culturas	alface, repolho, abóbrinha italiana, acelga
Área ocupada pela cultura	11 hectares
Comprimento de rampa (em metros)	150 metros
Declividade (em porcentagem)	18%
Tipo de preparo de solo utilizado	grade pesada, arado de disco, encanteirador, subsolador
Nº de vezes ao ano em que é arado o terreno	4 a 5 vezes
É feita análise de solo?	não
Com que frequência?	-
Métodos de conservação do solo	rotação de culturas, cultivo em nível
Fertilizantes	esterco, 4-14-8, 12-6-12, 14-7-28, 15-5-15

APÊNDICE - C

Análises de solo

OBS.: Análises realizadas no Laboratório de Análise de Solos do Instituto Agronômico de Campinas – IAC.

Análise Química do Solo

Identificação	M.O. g/dm ³	pH -	Elementos							
			P mg/dm ³	K mmolc/dm ³	Ca mmolc/dm ³	Mg mmolc/dm ³	S.B. mmolc/dm ³	C.T.C. mmolc/dm ³	V% %	N g/kg
Propriedade 1	23	4,7	104	4,9	25	4	33,9	80,9	42,0	6,4
Propriedade 2	27	4,6	71	5,2	22	4	31,2	69,2	45,0	5,7
Propriedade 3	27	4,6	101	2,4	21	4	27,4	69,4	39,0	6,5
Propriedade 4	26	5,7	112	3,8	55	13	71,8	87,8	82,0	5,5
Propriedade 5	25	5,7	384	4,1	89	15	108,1	123,1	88,0	5,5
Propriedade 6	28	5,1	129	3,3	59	10	72,3	94,3	77,0	7,4
Propriedade 7	30	4,7	31	2,7	19	4	25,7	63,7	40,0	6,7
Propriedade 8	33	5,3	47	3,6	39	9	51,6	79,6	65,0	6,8
Propriedade 9	27	5,4	199	4,3	78	15	97,3	117,3	83,0	6,0
Propriedade 10	35	4,7	22	2,8	36	6	44,8	91,8	49,0	7,4
Propriedade 11	30	4,9	77	2,3	38	10	50,3	84,3	60,0	6,5
Propriedade 12	18	5,2	143	2,6	54	8	64,6	106,6	61,0	4,3
Propriedade 13	26	5,6	108	3,8	55	18	76,8	92,8	83,0	4,9
Propriedade 14	20	5,5	229	3,9	56	12	71,9	87,9	82,0	4,1
Propriedade 15	31	5,0	19	2,7	26	5	33,7	71,7	47,0	6,6
Propriedade 16	16	5,2	120	2,3	72	16	90,3	103,3	87,0	3,4
Propriedade 17	23	5,2	106	3,1	46	11	60,1	80,1	75,0	5,2
Propriedade 18	21	5,1	103	4,0	28	6	38,0	69,0	55,0	4,5
Propriedade 19	32	5,4	120	3,7	62	13	78,7	98,7	80,0	6,9
Propriedade 20	32	5,3	504	3,7	88	14	105,7	125,7	84,0	7,1
Propriedade 21	23	5,5	123	4,2	55	15	74,2	87,2	85,0	5,2
Propriedade 22	27	4,8	91	3,3	24	5	32,3	74,3	43,0	5,3
Propriedade 23	27	5,4	113	3,9	46	9	58,9	80,9	73,0	5,9

Análise Física do Solo

Identificação	Argila, % < 0,002 mm	Silte, % 0,053 - 0,002 mm	Areia Total, % 2,00 - 0,053 mm	Classificação textural
Propriedade 1	43,7	19,1	37,2	Argila
Propriedade 2	40,0	21,1	38,9	Franco-argilosa ou Argila
Propriedade 3	39,2	17,9	42,9	Franco-argilosa
Propriedade 4	28,0	22,0	50,0	Franco-argiloarenosa
Propriedade 5	49,1	15,6	35,3	Argila
Propriedade 6	43,2	19,4	37,4	Argila
Propriedade 7	31,2	21,6	47,2	Franco-argiloarenosa
Propriedade 8	41,7	16,7	41,6	Argila
Propriedade 9	41,7	16,1	42,2	Argila
Propriedade 10	43,8	14,3	41,9	Argila
Propriedade 11	30,8	18,8	50,4	Franco-argiloarenosa
Propriedade 12	18,0	23,0	59,0	Franco-arenosa
Propriedade 13	25,4	24,0	50,6	Franco-argiloarenosa
Propriedade 14	47,8	12,6	39,6	Argila
Propriedade 15	40,0	20,3	39,7	Franco-argilosa ou Argila
Propriedade 16	30,6	22,4	47,0	Franco-argilosa
Propriedade 17	25,8	22,1	52,1	Franco-argiloarenosa
Propriedade 18	41,0	21,7	37,3	Argila
Propriedade 19	28,9	20,9	50,2	Franco-argiloarenosa
Propriedade 20	30,8	24,9	44,3	Franco-argilosa
Propriedade 21	39,6	16,7	43,7	Franco-argilosa
Propriedade 22	34,2	20,6	45,2	Franco-argiloarenosa
Propriedade 23	49,7	14,0	36,3	Argila

APÊNDICE - D

Dados de precipitação do município

Piedade no período de 01/01/2001 até 01/12/2010								
Período	Temperatura	Temperatura	Temperatura	Temperatura	Temperatura			
(Mês)	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima	Média		Precipitação	
	Absoluta	Absoluta	Mensal	Mensal		ETP	(mm)	DCCH
	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)				
Ano de 2001								
Janeiro	35	15	29	18,5	23,8	133	242,2	10
Fevereiro	34	17	28,4	19,2	23,8	113	245	19
Março	34	15	28,8	18,2	23,5	105	175	13
Abril	32	13	27,6	16,4	22	80	43	5
maio	30	6	21,6	13,5	17,6	54	108	8
junho	28	4	22	12,3	17,1	46	69	4
julho	27	7	22,5	11,5	17	50	56	6
agosto	29	8	24,7	12,7	18,7	65	26	5
setembro	33	8	23,8	13,8	18,8	76	77	6
outubro	32	10	25,9	14,6	20,3	98	203	8
novembro	32	10	26,5	16,7	21,6	109	146	6
dezembro	32	12	25,9	17,1	21,5	116	257	16
Ano de 2002								
janeiro	32	13	26,8	18,2	22,5	120	279,4	18
fevereiro	33	14	25,3	17,8	21,5	97	186	13
março	36	14	30,1	18	24,1	114	173	7
abril	32	12,2	28,2	16,8	22,5	81	33,5	3
maio	29	9	24,2	14,5	19,3	60	113	11
junho	27	10	24,6	13,4	19	51	0	0
julho	27	5	21,3	11	16,1	47	36,3	3
agosto	30	10,2	26	13,9	19,9	69	53	5
setembro	32	1	23,5	12,8	18,2	74	56	5
outubro	36	12	30,2	16,9	23,5	119	105	7
novembro	34	12	26,7	17,1	21,9	111	129	12
dezembro	34	12	28,4	18,1	23,2	125	65	5

Ano de 2003								
janeiro	34	15	26	18,8	22,4	119	398	19
fevereiro	36	16	30,2	19	24,6	123	147	9
março	35	14	27,3	17,8	22,6	101	214	11
abril	31	11	26,5	15,6	21,1	76	148	7
maio	29	5	22,9	12,7	17,8	55	46	3
junho	29	6	24,8	12,6	18,7	50	19	2
julho	28	8	22,9	11,8	17,4	51	24	2
agosto	30	4	21,8	10,7	16,2	56	34,5	3
setembro	33	9	24,1	13,2	18,7	76	33	3
outubro	34	10	25,5	14,6	20	97	75	6
novembro	33	11	24,6	16,3	20,5	103	100	10
dezembro	34	15	27,3	18	22,6	122	208	10
Ano de 2004								
janeiro	32	14	26,5	17,1	21,8	116	325	14
fevereiro	33	14	26	16,9	21,5	101	184	12
março	31	11,6	25,7	16,4	21,1	95	44	5
abril	30	12	26,1	16,2	21,2	77	80,8	6
maio	29	7	20,7	12,6	16,6	52	71	8
junho	26	5	21,6	11,3	16,5	44	29	7
julho	27	7	20,1	11,3	15,7	46	82	6
agosto	31	6	24,1	10,8	17,4	60	5	1
setembro	35	8	28,6	14,1	21,4	87	2	1
outubro	31	8	23,4	15,4	19,4	94	103,6	8
novembro	33	11	25,4	15,9	20,7	105	111,8	11
dezembro	33	9,2	25,6	16,3	20,9	113	236	16
Ano de 2005								
janeiro	34	14	26,5	19,1	22,8	121	284,8	13
fevereiro	31	14	27,2	17,3	22,2	101	76	7
março	32	16	26,1	18,3	22,2	100	121,1	9
abril	30,2	13	25,9	17,1	21,6	78	29	2
maio	30,2	11	24,6	13,6	19,1	59	170	5
junho	30	8	23,9	12,8	18,3	49	23	2
julho	28	4	21,3	10,9	16,1	47	13	3
agosto	31	5,4	24,8	11,9	18,4	64	42	3
setembro	29	7	21,6	13,8	17,7	72	156	11
outubro	35	14	26	17,2	21,6	104	166	12
novembro	33	14	25,9	16	20,9	106	55	7
dezembro	32	12	26,9	16,4	21,6	116	122,8	8

Ano de 2006								
janeiro	36,3	15	29,5	18,4	24	134	246	10
fevereiro	32	15	27,6	18,3	23	104	170,6	11
março	34	16	28,5	18,4	23,5	105	316,4	9
abril	30	11	25,6	14,5	20,1	73	56	3
maio	28	6	23,4	10,7	17,1	53	0,1	1
junho	29	4,2	23,3	11,5	17,4	47	11,2	2
julho	30	5,2	24,5	10	17,3	50	107	5
agosto	31,5	7,2	25,5	11,8	18,7	65	11	2
setembro	33	3,2	23	12	17,5	71	103,7	6
outubro	32	10	27,6	15,6	21,6	104	111	6
novembro	33	11	27,1	15,9	21,5	109	113,7	9
dezembro	34	12,2	28	18,2	23,1	124	264,5	14
Ano de 2007								
janeiro	32	15	27	18,2	22,6	120	205	12
fevereiro	33	15	29,3	18	23,7	113	92	7
março	35	13	30,3	17,5	23,9	113	57,8	9
abril	33,2	13	26,8	17,3	22,1	80	19	6
maio	28	5	21,8	12,1	17	53	63,7	7
junho	31,5	3	25,3	10,2	17,7	48	28	2
julho	30,5	2	21,6	9,7	15,6	46	164	6
agosto	31	8	26,2	11,9	19,1	66	0	0
setembro	33	11	27,9	14,1	21	85	12	3
outubro	34	11	26,4	15,5	20,9	101	65	7
novembro	31	9	25,1	15,4	20,2	102	110	8
dezembro	33	12	27,3	16,5	21,9	118	245,1	9
Ano de 2008								
janeiro	34	12,4	25,1	17,1	21,1	112	190	14
fevereiro	31	13	26,9	16,8	21,9	103	50,4	9
março	32	14	26,8	16,8	21,8	98	156,4	12
abril	32	11	24,2	15,3	19,7	72	85,5	8
maio	28	6	21,3	11,2	16,2	50	93	5
junho	26	4	21,7	11,5	16,6	45	60	4
julho	28	5	24,3	9,1	16,7	49	0	0
agosto	29	7	23,3	12,4	17,8	62	66	4
setembro	33	8	22,3	12,3	17,3	70	64	5
outubro	34	11	25,6	15,9	20,7	100	112,7	10
novembro	32	12	25,1	16	20,6	104	81	4
dezembro	33	12	27,1	16	21,6	116	145	6

Ano de 2009								
janeiro	31	13	25,6	17,8	21,7	115	201	10
fevereiro	32	16	28,1	19,2	23,7	113	186,8	11
março	33	16	29	18,1	23,6	111	73	5
abril	29,5	11	25,1	15,4	20,3	73	49	4
maio	28	10	23,9	13,8	18,8	58	45,6	5
junho	25	3	20	9,7	14,8	40	40	4
julho	27	5	20,2	11,9	16,1	47	221,2	10
agosto	30	7	23,4	12,6	18	62	84,5	5
setembro	31	10	24,1	15,5	19,8	80	144	10
outubro	32	11	25	15,4	20,2	98	162	8
novembro	35	14	28,4	18,5	23,5	119	204	11
dezembro	32	12	27,5	18	22,8	122	138,8	13
Ano de 2010								
janeiro	32	16,5	27,8	19,3	23,5	132	492,4	21
fevereiro	33	16	29,9	19,8	24,9	124	110	5
março	35	15	28,7	18,2	23,4	105	121	9
abril	30	12	25,8	16,1	20,9	76	59	6
maio	29	8	22,8	12,8	17,8	55	49,5	4
junho	28	2	21,8	10,3	16,1	43	20	1
julho	28	7	23,2	12,5	17,9	52	85,5	4
agosto	32	6	24	11,1	17,6	61	0	0
setembro	32	11	24,7	14,4	19,6	79	74	9
outubro	32	9	25,1	13,6	19,4	94	106	9
novembro	34	12	26,9	16,7	21,8	110	126	7
dezembro	33	12,9	27,9	18,6	23,2	125	336	16

Mês	Média (r)	$r^2/P = X$	$X^{0,85}$	$EI_{30} = 67,355 \cdot X^{0,85}$
JANEIRO	286,38	60,03082	32,48016	2187,70
FEVEREIRO	144,78	15,34285	10,18639	686,10
MARÇO	145,17	15,42562	10,23308	689,25
ABRIL	60,28	2,659717	2,296731	154,70
MAIO	75,99	4,226704	3,404878	229,34
JUNHO	29,92	0,655258	0,698152	47,02
JULHO	78,9	4,556621	3,629497	244,46
AGOSTO	32,2	0,758928	0,790989	53,28
SETEMBRO	72,17	3,812434	3,119047	210,08
OUTUBRO	120,93	10,70427	7,501074	505,23
NOVEMBRO	117,65	10,13148	7,158497	482,16
DEZEMBRO	201,82	29,8138	17,91656	1206,77
Média Anual (P)	1366,19		R	6696,10

APÊNDICE - E
Coordenadas de GPS

	1ª visita	2ª visita	3ª visita	4ª visita	5ª visita	
Coordenada	23.263.220	23.263.469	23.264.004	23.261.948	23.262.578	
Coordenada	7.369.608	7.369.626	7.369.470	7.371.053	7.370.887	
Altitude	1.031	1.005	974	845	866	
Coordenada	23.263.206	23.263.511	23.263.987	23.261.884	23.262.645	
Coordenada	7.369.685	7.369.595	7.369.386	7.370.935	7.370.850	
Altitude	1.015	999	992	869	863	
Coordenada	23.263.298	23.263.580	23.263.975	23.261.870	23.262.727	
Coordenada	7.369.746	7.369.566	7.369.485	7.370.904	7.370.872	
Altitude	1.004	982	968	876	847	
Coordenada	23.263.387	-	23.263.946	23.261.827	23.262.758	
Coordenada	7.369.744	-	7.369.502	7.370.989	7.370.881	
Altitude	998	-	957	860	843	
Coordenada	23.263.375	-	23.263.941	23.261.692	23.262.581	
Coordenada	7.369.666	-	7.369.547	7.370.911	7.370.837	
Altitude	1.015	-	956	855	870	
	6ª visita	7ª visita	8ª visita	9ª visita	10ª visita	11ª visita
Coordenada	23.263.186	23.264.317	23.265.063	23.265.288	23.265.907	23.262.200
Coordenada	7.369.847	7.370.039	7.369.831	7.370.256	7.370.853	7.369.476
Altitude	1.011	999	1.020	1.061	1.073	859
Coordenada	23.263.148	23.264.282.275	23.265.037	23.265.168	23.265.851	23.262.209
Coordenada	7.369.882	7.369.959	7.369.868	7.370.312	7.370.880	7.369.441
Altitude	1.000	979	1.018	1.052	1.068	864
Coordenada	23.263.085	23.264.232	23.264.962	23.265.121	23.265.803	23.262.209
Coordenada	7.369.937	7.369.898	7.369.912	7.370.201	7.370.947	7.369.413
Altitude	974	964	1.002	1.038	1.049	870
Coordenada	23.262.971	23.264.213	23.265.062	23.265.045	23.265.775	23.262.182
Coordenada	7.369.967	7.369.877	7.369.983	7.370.256	7.370.972	7.369.366
Altitude	949	959	1.018	1.032	1.040	871
Coordenada	23.263.013	-	23.265.094	23.265.001	23.265.756	23.262.228
Coordenada	7.370.069	-	7.369.995	7.370.374	7.370.913	7.369.336
Altitude	946	-	1.027	1.027	1.051	881
Coordenada	23.263.012	-	23.265.128	23.264.868	23.265.736	23.262.240
Coordenada	7.370.125	-	7.370.007	7.370.308	7.370.849	7.369.381
Altitude	936	-	1.038	1.000	1.065	877
Coordenada	23.263.113	-	23.265.188	23.264.859	23.265.846	23.262.295
Coordenada	7.370.188	-	7.370.021	7.370.416	7.370.970	7.369.390
Altitude	957	-	1.052	1.018	1.050	881
Coordenada	23.263.207	-	23.265.215	23.264.919	23.265.894	23.262.294
Coordenada	7.369.983	-	7.370.130	7.370.456	7.370.942	7.369.417
Altitude	993	-	1.051	1.001	1.063	870
Coordenada	-	-	23.265.174	23.265.086	-	23.262.266

Coordenada	-	-	7.370.147	7.370.342	-	7.369.420
Altitude	-	-	1.042	1.036	-	867
Coordenada	-	-	23.265.138	23.265.161	-	23.262.270
Coordenada	-	-	7.370.164	7.370.324	-	7.369.436
Altitude	-	-	1.032	1.052	-	863
Coordenada	-	-	23.265.266	23.265.218	-	-
Coordenada	-	-	7.370.226	7.370.362	-	-
Altitude	-	-	1.050	1.051	-	-
Coordenada	-	-	23.265.232	-	-	-
Coordenada	-	-	7.370.168	-	-	-
Altitude	-	-	1.051	-	-	-

	12^a visita	13^a visita	14^a visita	15^a visita	16^a visita	17^a visita
Coordenada	23.261.215	23.262.139	23.261.705	23.261.564	23.262.327	23.262.380
Coordenada	7.368.599	7.369.163	7.372.124	7.371.351	7.372.630	7.372.298
Altitude	922	890	853	890	870	874
Coordenada	23.261.234	23.262.086	23.261.693	23.261.614	23.262.326	23.262.361
Coordenada	7.368.673	7.369.151	7.372.065	7.371.323	7.372.660	7.372.267
Altitude	911	878		885	871	865
Coordenada	23.261.283	23.262.012	23.261.588	23.261.664	23.262.290	23.262.371
Coordenada	7.368.771	7.369.145	7.372.065	7.371.294	7.372.664	7.372.248
Altitude	907	862	864	883	880	861
Coordenada	23.261.238	23.262.024	23.261.549	23.261.718	23.262.308	23.262.343
Coordenada	7.368.788	7.369.213	7.371.978	7.371.261	23.262.361	7.372.244
Altitude	898	858	867	875	7.372.267	857
Coordenada	23.261.207	23.262.041	23.261.497	23.261.576	865	23.262.312
Coordenada	7.368.733	7.369.272	7.371.962	7.371.449	7.372.728	7.372.272
Altitude	898	853	871	878	889	859
Coordenada	23.261.153	23.262.079	23.261.443	-	23.262.304	23.262.302
Coordenada	7.368.762	7.369.236	7.371.968	-	7.372.757	7.372.319
Altitude	894	864	875	-	899	860
Coordenada	23.261.143	23.262.118	23.261.298	-	23.262.293	23.262.340
Coordenada	7.368.807	7.369.286	7.371.967	-	7.372.814	7.372.339
Altitude	891	860	892	-	910	866
Coordenada	-	23.262.184	23.261.264	-	23.262.274	-
Coordenada	-	7.369.299	7.371.971	-	7.372.836	-
Altitude	-	874	895	-	915	-
Coordenada	-	23.262.238	23.261.275	-	23.262.255	-
Coordenada	-	7.369.267	7.371.889	-	7.372.863	-
Altitude	-	884	882	-	923	-
Coordenada	-	23.262.210	23.261.302	-	23.262.268	-
Coordenada	-	7.369.242	7.371.840	-	7.372.789	-
Altitude	-	876	881	-	906	-
Coordenada	-	23.261.337	23.261.337	-	-	-
Coordenada	-	7.371.843	7.371.843	-	-	-
Altitude	-	882	882	-	-	-

Coordenada	-	23.262.223	23.261.371	-	-	-
Coordenada	-	7.369.191	7.371.856	-	-	-
Altitude	-	886	879	-	-	-
Coordenada	-	23.262.168	23.261.367	-	-	-
Coordenada	-	7.369.185	7.371.879	-	-	-
Altitude	-	885	880	-	-	-
Coordenada	-	23.262.151	23.261.442	-	-	-
Coordenada	-	7.369.175	7.372.044	-	-	-
Altitude	-	888	871	-	-	-

	18ª visita	19ª visita	20ª visita	21ª visita	22ª visita	23ª visita
Coordenada	23.262.793	23.262.956	23.263.346	23.262.319	23.263.218	23.264.397
Coordenada	7.372.474	7.371.668	7.372.189	7.371.991	7.372.851	7.372.589
Altitude	891	943	886	861	922	1029
Coordenada	23.262.790	23.262.946	23.263.303	23.262.227	23.263.201	23.264.347
Coordenada	7.372.486	7.371.704	7.372.252	7.371.942	7.372.816	7.372.615
Altitude	888	936	882	850	920	1019
Coordenada	23.262.779	23.262.938	23.263.368	23.262.287	23.263.197	23.264.286
Coordenada	7.372.505	7.371.748	7.372.248	7.371.865	7.372.777	7.372.652
Altitude	883	926	895	861	914	1003
Coordenada	23.262.752	23.262.905	23.263.458	23.262.275	23.263.229	23.264.332
Coordenada	7.372.553	7.371.748	7.372.274	7.371.820	7.372.773	7.372.692
Altitude	869	925	929	868	923	1007
Coordenada	23.262.733	23.262.870	23.263.450	23.262.270	23.263.246	23.264.333
Coordenada	7.372.537	7.371.668	7.372.348	7.371.754	7.372.758	7.372.763
Altitude	869	926	933	860	926	1010
Coordenada	23.262.746	23.262.895	23.263.404	23.262.370	23.263.287	23.264.345
Coordenada	7.372.449	7.371.602	7.372.393	7.371.671	7.372.798	7.372.784
Altitude	885	942	923	885	935	1010
Coordenada	23.262.752	23.262.845	23.263.338	23.262.401	23.263.289	23.264.340
Coordenada	7.372.393	7.371.544	7.372.420	7.371.692	7.372.874	7.372.859
Altitude	899	948	911	888	936	1020
Coordenada	23.262.793	23.262.949	23.263.265	23.262.452	-	23.264.383
Coordenada	7.372.402	7.371.576	7.372.446	7.371.717	-	7.372.841
Altitude	903	949	905	890	-	1024
Coordenada	-	-	23.263.272	23.262.423	-	23.264.446
Coordenada	-	-	7.372.416	7.371.770	-	7.372.821
Altitude	-	-	900	881	-	1032
Coordenada	-	-	23.263.267	23.262.365	-	23.264.482
Coordenada	-	-	7.372.390	7.371.731	-	7.372.802
Altitude	-	-	887	880	-	1036
Coordenada	-	-	23.263.305	23.262.372	-	23.264.489
Coordenada	-	-	7.372.332	7.371.788	-	7.372.733
Altitude	-	-	888	874	-	1037
Coordenada	-	-	23.263.372	23.262.385	-	23.264.458
Coordenada	-	-	7.372.323	7.371.874	-	7.372.744

Altitude	-	-	906	871	-	1035
Coordenada	-	-	23.263.375	23.262.329	-	23.264.428
Coordenada	-	-	7.372.274	7.371.834	-	7.372.754
Altitude	-	-	904	867	-	1030
Coordenada	-	-	23.263.378	23.262.273	-	23.264.406
Coordenada	-	-	7.372.261	7.371.876	-	7.372.685
Altitude	-	-	895	859	-	1025
Coordenada	-	-	23.263.422	-	-	23.264.376
Coordenada	-	-	7.372.198	-	-	7.372.603
Altitude	-	-	897	-	-	1027
Coordenada	-	-	-	-	-	23.264.296
Coordenada	-	-	-	-	-	7.372.507
Altitude	-	-	-	-	-	1018
Coordenada	-	-	-	-	-	23.264.329
Coordenada	-	-	-	-	-	7.372.489
Altitude	-	-	-	-	-	1023
Coordenada	-	-	-	-	-	23.264.358
Coordenada	-	-	-	-	-	7.372.539
Altitude	-	-	-	-	-	1028

APÊNDICE - F

Estimativa do Custo da Erosão do Solo nas propriedades amostradas

Tabela F1 - Estimativas das Perdas de Solo com base na EUPS, em t/(ha.ano);

PROPRIEDADES	S	L	LS	K	CP	R	EUPS
Propriedade 1	15,71	210	7,3702	0,0132	0,1	6696,1	65,00
Propriedade 2	21,25	80	5,7309	0,0158	0,1	6696,1	60,65
Propriedade 3	21,18	170	9,1785	0,0145	0,1	6696,1	89,04
Propriedade 4	17,22	180	7,4531	0,0198	0,1	6696,1	98,59
Propriedade 5	14,21	190	6,1471	0,0145	0,1	6696,1	59,63
Propriedade 6	15,43	350	9,9547	0,0158	0,1	6696,1	105,35
Propriedade 7	21,05	190	9,7734	0,0184	0,1	6696,1	120,67
Propriedade 8	8,25	400	5,1726	0,0145	0,1	6696,1	50,18
Propriedade 9	13,33	450	9,8134	0,0132	0,1	6696,1	86,54
Propriedade 10	16,5	200	7,5731	0,0132	0,1	6696,1	66,79
Propriedade 11	14,67	150	5,4995	0,0158	0,1	6696,1	58,20
Propriedade 12	13,48	230	6,5150	0,0198	0,1	6696,1	86,18
Propriedade 13	16,5	200	7,5731	0,0198	0,1	6696,1	100,18
Propriedade 14	8,86	440	5,9751	0,0119	0,1	6696,1	47,42
Propriedade 15	7,5	200	2,9869	0,0158	0,1	6696,1	31,61
Propriedade 16	21,2	250	11,7158	0,0184	0,1	6696,1	144,65
Propriedade 17	18,75	80	4,9441	0,0198	0,1	6696,1	65,40
Propriedade 18	22,67	150	9,1911	0,0171	0,1	6696,1	105,37
Propriedade 19	12,63	190	5,3489	0,0171	0,1	6696,1	61,32
Propriedade 20	25,55	180	11,8724	0,0198	0,1	6696,1	157,05
Propriedade 21	8,71	310	4,6965	0,0132	0,1	6696,1	41,42
Propriedade 22	15,71	140	5,7088	0,0171	0,1	6696,1	65,45
Propriedade 23	18	150	7,0009	0,0132	0,1	6696,1	61,74

Tabela F2 – Cálculo da porcentagem de nutrientes presentes no solo

PROPRIEDADES	EUPS	N	P	K	Ca	Mg
Propriedade 1	65,00	0,00000115	0,000104	0,000196	0,0005	0,000048
Propriedade 2	60,65	0,00000135	0,000071	0,000208	0,00044	0,000048
Propriedade 3	89,04	0,00000135	0,000101	0,000096	0,00042	0,000048
Propriedade 4	98,59	0,0000013	0,000112	0,000152	0,0011	0,000156
Propriedade 5	59,63	0,00000125	0,000384	0,000164	0,00178	0,00018
Propriedade 6	105,35	0,0000014	0,000129	0,000132	0,00118	0,00012
Propriedade 7	120,67	0,0000015	0,000031	0,000108	0,00038	0,000048
Propriedade 8	50,18	0,00000165	0,000047	0,000144	0,00078	0,000108
Propriedade 9	86,54	0,00000135	0,000199	0,000172	0,00156	0,00018
Propriedade 10	66,79	0,00000175	0,000022	0,000112	0,00072	0,000072
Propriedade 11	58,20	0,0000015	0,000077	0,000092	0,00076	0,00012
Propriedade 12	86,18	0,0000009	0,000143	0,000104	0,00108	0,000096
Propriedade 13	100,18	0,0000013	0,000108	0,000152	0,0011	0,000216
Propriedade 14	47,42	0,000001	0,000229	0,000156	0,00112	0,000144
Propriedade 15	31,61	0,00000155	0,000019	0,000108	0,00052	0,00006
Propriedade 16	144,65	0,0000008	0,00012	0,000092	0,00144	0,000192
Propriedade 17	65,40	0,00000115	0,000106	0,000124	0,00092	0,000132
Propriedade 18	105,37	0,00000105	0,000103	0,00016	0,00056	0,000072
Propriedade 19	61,32	0,0000016	0,00012	0,000148	0,00124	0,000156
Propriedade 20	157,05	0,0000016	0,000504	0,000148	0,00176	0,000168
Propriedade 21	41,42	0,00000115	0,000123	0,000168	0,0011	0,00018
Propriedade 22	65,45	0,00000135	0,000091	0,000132	0,00048	0,00006
Propriedade 23	61,74	0,00000135	0,000113	0,000156	0,00092	0,000108

OBS.: O cálculo da porcentagem de Nutrientes foi realizado com base nas seguintes conversões: Potássio (K): $1\text{mmolc/dm}^3=40\text{ mg/dm}^3$; Cálcio (Ca): $1\text{mmolc/dm}^3=20\text{ mg/dm}^3$; Mg: $1\text{ mmolc/dm}^3=12\text{ mg/dm}^3$; $1\text{ dm}^3 = 1\text{ kg de solo}$.

Tabela F3 – Cálculo da quantidade equivalente de adubo perdido por meio da erosão

PROPRIEDADES	EUPS	N	P	K	Ca
Propriedade 1	65,00	0,37	37,58	21,91	93,68
Propriedade 2	60,65	0,41	23,94	21,70	77,84
Propriedade 3	89,04	0,60	50,00	14,70	109,59
Propriedade 4	98,59	0,64	61,39	25,78	325,67
Propriedade 5	59,63	0,37	127,31	16,82	307,39
Propriedade 6	105,35	0,74	75,56	23,92	360,18
Propriedade 7	120,67	0,90	20,80	22,41	135,83
Propriedade 8	50,18	0,41	13,11	12,43	117,19
Propriedade 9	86,54	0,58	95,75	25,60	396,03
Propriedade 10	66,79	0,58	8,17	12,87	139,11
Propriedade 11	58,20	0,44	24,92	9,21	134,69
Propriedade 12	86,18	0,39	68,52	15,42	266,55
Propriedade 13	100,18	0,65	60,16	26,19	346,73
Propriedade 14	47,42	0,24	60,38	12,72	157,65
Propriedade 15	31,61	0,24	3,34	5,87	48,22
Propriedade 16	144,65	0,58	96,51	22,89	620,85
Propriedade 17	65,40	0,38	38,54	13,95	180,95
Propriedade 18	105,37	0,55	60,34	29,00	175,14
Propriedade 19	61,32	0,49	40,91	15,61	225,14
Propriedade 20	157,05	1,26	440,09	39,98	796,34
Propriedade 21	41,42	0,24	28,32	11,97	139,43
Propriedade 22	65,45	0,44	33,11	14,86	92,95
Propriedade 23	61,74	0,42	38,79	16,57	166,92

Conversão: Superfosfato Simples: 5,56 kg de adubo por kg de fósforo; Cloreto de Potássio: 1,72 Kg de adubo por kg de potássio; Calcário: 2,63 kg de corretivo por kg de Ca+Mg.

Fonte: http://www.cnpma.embrapa.br/analise_econ/tab3.html

Tabela F4 – Cálculo do valor da perda de nutrientes por meio da erosão – R\$/ton

PROPRIEDADES	EUPS	N	P	K	Ca + Mg	Total
Propriedade 1	65,00	0,37	33,68	38,45	6,43	78,94
Propriedade 2	60,65	0,41	21,46	38,08	5,35	65,29
Propriedade 3	89,04	0,60	44,81	25,80	7,53	78,73
Propriedade 4	98,59	0,64	55,02	45,24	22,36	123,26
Propriedade 5	59,63	0,37	114,10	29,52	21,11	165,09
Propriedade 6	105,35	0,73	67,71	41,98	24,73	135,16
Propriedade 7	120,67	0,90	18,64	39,34	9,33	68,20
Propriedade 8	50,18	0,41	11,75	21,81	8,05	42,02
Propriedade 9	86,54	0,58	85,81	44,93	27,20	158,52
Propriedade 10	66,79	0,58	7,32	22,58	9,55	40,03
Propriedade 11	58,20	0,43	22,33	16,16	9,25	48,17
Propriedade 12	86,18	0,39	61,41	27,06	18,30	107,15
Propriedade 13	100,18	0,65	53,91	45,96	23,81	124,33
Propriedade 14	47,42	0,24	54,11	22,33	10,83	87,51
Propriedade 15	31,61	0,24	2,99	10,30	3,31	16,85
Propriedade 16	144,65	0,58	86,49	40,17	42,63	169,87
Propriedade 17	65,40	0,37	34,54	24,48	12,43	71,82
Propriedade 18	105,37	0,55	54,08	50,89	12,03	117,55
Propriedade 19	61,32	0,49	36,67	27,40	15,46	80,01
Propriedade 20	157,05	1,25	394,40	70,16	54,68	520,49
Propriedade 21	41,42	0,24	25,38	21,00	9,57	56,20
Propriedade 22	65,45	0,44	29,68	26,08	6,38	62,58
Propriedade 23	61,74	0,41	34,76	29,07	11,46	75,71

Preços: Superfostato Simples R\$ 0,89/kg de adubo; Cloreto de Potássio: R\$ 1,75/kg de adubo; Calcário: R\$ 0,07/kg de corretivo; Sulfato de amônio: R\$ 0,99 (média dos meses de dezembro de 2011, janeiro e fevereiro de 2012).

Fonte: http://ciagri.iea.sp.gov.br/bancoiea/Precos_Medios.aspx?cod_sis=5

APÊNDICE - G

Fotos

Propriedade 1



Propriedade 2



Propriedade 3



Propriedade 4



Propriedade 5



Propriedade 6



Propriedade 7



Propriedade 8



Propriedade 9



Propriedade 10



Propriedade 11



Propriedade 12



Propriedade 13



Propriedade 14



Propriedade 15



Propriedade 16



Propriedade 17



Propriedade 18



Propriedade 19



Propriedade 20



Propriedade 21**Propriedade 22**

Propriedade 23