

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA
FILHO” FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E
VETERINÁRIAS CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**VALORAÇÃO ECONÔMICA DAS PERDAS DE
NUTRIENTES POR EROÇÃO EM
CANA-DE-AÇÚCAR.**

Nilo Sérgio Ferreira de Andrade
Engenheiro Agrícola

JABOTICABAL - SÃO PAULO - BRASIL

2009

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE
MESQUITA FILHO” FACULDADE DE CIÊNCIAS
AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS CÂMPUS DE
JABOTICABAL**

**VALORAÇÃO ECONÔMICA DAS PERDAS DE
NUTRIENTES POR EROÇÃO EM
CANA-DE-AÇÚCAR.**

Autor: Nilo Sérgio Ferreira de Andrade

Orientador: Prof. Dr. Marcílio Vieira Martins Filho

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP, Câmpus de Jaboticabal, para a obtenção do título de Doutor em Agronomia - Área de Concentração em Ciência do Solo.

JABOTICABAL - SÃO PAULO - BRASIL

Dezembro de 2009

A553v Andrade, Nilo Sérgio Ferreira de
Valoração econômica das perdas de nutrientes por erosão em
cana-de-açúcar / Nilo Sérgio Ferreira de Andrade. -- Jaboticabal,
2009
iii, 83 f.; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias, 2009
Orientador: Marcílio Vieira Martins Filho
Banca examinadora: Zigomar Meneses de Souza, José Luiz
Rodrigues Torres, Afonso Lopes, Maria Ignez Espagnoli Geraldo
Martins
Bibliografia

1. Cana-de-açúcar - colheita. 2. Solo - erosão. 3. Cana-de-açúcar
- retorno técnico e econômico. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 633.61

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

unesp



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CÂMPUS DE JABOTICABAL
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

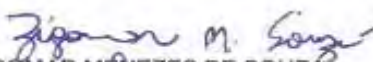
TÍTULO: VALORAÇÃO ECONÔMICA DAS PERDAS DE NUTRIENTES POR EROÇÃO EM CANA-DE-AÇÚCAR.

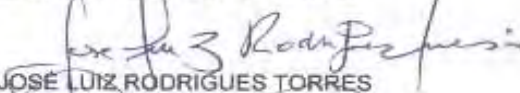
AUTOR: NILO SÉRGIO FERREIRA DE ANDRADE

ORIENTADOR: Dr. MARCILIO VIEIRA MARTINS FILHO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR em AGRONOMIA (CIÊNCIA DO SOLO) pela Comissão Examinadora:


Dr. MARCILIO VIEIRA MARTINS FILHO


Dr. ZIGOMAR MENEZES DE SOUZA


Dr. JOSÉ LUIZ RODRIGUES TORRES


Dr. AFONSO LOPES


Dra. MARIA INEZ ESPAGNOLI GERALDO MARTINS

Data da realização: 11 de dezembro de 2009.



Presidente da Comissão Examinadora
Dr. MARCILIO VIEIRA MARTINS FILHO

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

NILO SÉRGIO FERREIRA DE ANDRADE - Filho de Geraldo Ferreira de Andrade e Elza Batista de Andrade. Nasceu no município de Lavras - MG, em 12-10-1953. **CURSOS DE GRADUAÇÃO:** Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Lavras (UFLA), concluído em 1981; Licenciatura Plena com habilitação em Administração e Economia Rural, (UTRAMIG - BH), concluído em 1994; **PÓS-GRADUAÇÃO:** Mestrado em Administração Rural, concluído em 1987 na Universidade Federal de Lavras - MG, UFLA - Lavras - MG. Créditos de Doutorado em Economia Rural, no Período: março / 92 a abril / 95, na Universidade Federal de Viçosa-MG (UFV). **ATIVIDADES DOCENTES:** Universidade de Alfenas - MG (UNIFENAS), Período: de 1983 a 1986. Universidade de Uberaba (UNIUBE) no Período: de 1986 a 1990. Faculdade de Agronomia e Zootecnia de Uberaba - MG (FAZU), Período: de 1991 a 1992. Instituto Federal de Educação Tecnológica do Triângulo Mineiro em Uberaba-MG (IFTM), a partir de abril 1995. **GESTÃO ESCOLAR:** Diretor do Centro de Ciências Tecnológicas da Universidade de Uberaba - MG, UNIUBE, no período de 22/06/1989 a 05/02/1991. Coordenador do curso de Engenharia Agrícola do Departamento de Ciências Agrárias no Centro de Ciências Tecnológicas da Universidade de Uberaba-MG (UNIUBE), no período de 1989 a 1991. **ATIVIDADES NA ÁREA DE CIÊNCIA DO SOLO:** Gerente do Projeto “Coordenação das políticas de conservação do solo e água em Minas Gerais”, junto ao Serviço de Acompanhamento das Políticas de Produção da Delegacia Federal da Agricultura do Estado de Minas Gerais (SEAPRO - DFA) no período de 1981 a 1983; Vice - presidente da comissão estadual de conservação do solo e água em Minas Gerais (CESSOLO), no período de novembro de 1981 a julho de 1983. Participação na criação de várias comissões regionais e municipais de conservação do solo e água em Minas Gerais; Participação em lançamentos de campanhas conservacionistas em várias regiões do Estado de Minas Gerais, no período de novembro de 1981 a julho de 1983.

A Deus, pela nossa existência.

A Santa Rita de Cássia, por minha devoção e fé.

AGRADEÇO.

À memória de meus pais, Geraldo e Elza, e de meu irmão Orlando.

A meus irmãos, cunhados, sobrinhos e neto.

OFEREÇO.

A meus queridos filhos: Otávio Henrique e Annayra.

DEDICO

HOMENAGEM ESPECIAL

Faço homenagem especial a uma pessoa que, além de ser um grande conhecedor dos assuntos que pesquisa e ministra, é um professor na essência da palavra, pois professor não é apenas aquele que só explica e ensina, mas aquele que ora aprende, ora compreende as necessidades e potencialidade do ensinando e da área em que atua. Professor é aquele que compreende a importância da interdisciplinaridade para maximizar conhecimentos e ações em prol de processos produtivos pertinentes ao setor em que ambos, professor e aluno, atuam. Portanto, faço uma homenagem ao Prof. Dr. Marcílio Vieira Martins Filho, que compreendeu a importância deste incansável estudo que resultou na presente tese de doutorado. Como meu orientador, não poupou esforços no trabalho de orientação, mesmo tendo sido esta uma investigação complexa e multidisciplinar, que demandou um grande número de dados técnicos e econômicos, pertinentes a um período de vários anos do ciclo produtivo da cana-de-açúcar. Sou imensamente grato a sua pessoa e expresso aqui todo o meu reconhecimento e respeito profissional.

AGRADECIMENTOS

O autor apresenta os mais sinceros agradecimentos a todas as pessoas e instituições que, direta e indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

Agradece de modo especial:

À UNESP - Jaboticabal - FCAV, por meio dos Departamentos de Solos e Adubos e Engenharia Rural, pelo curso ministrado;

À Coordenação de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Ciência dos solos, pela eficiência e eficácia na condução do curso.

Aos professores das disciplinas cursadas: Dr. Carlos Eduardo Angeli Filho, Dr. Edson Luiz Mendes Coutinho, Dr. José Marques Júnior, Dr. Marcílio Vieira Martins Filho (Orientador), Dr. Ruy Casão Junior, Dra. Teresa Cristina Tarlé Pissarra. Todos estes professores, sem exceção, dignificam a relação ensino-aprendizagem que justifica o bom êxito dos cursos de Pós-Graduação da Instituição, em especial em Agronomia, com área de concentração em Ciência dos solos.

Aos professores: Dr. Afonso Lopes, pela cordial recepção no início do curso e incentivo durante a sua realização; À Dra. Ilda de Fátima Ferreira Tinoco, da UFV - Viçosa - MG e Dr. Humberto Gois Candido do IFTM - Uberaba - MG por suas sugestões e apoio na elaboração da tese; Ao Dr. Manuel Evaristo Ferreira, pelos constantes avisos da realização de eventos, tais como: palestras, seminários, encontros, disciplinas concentradas, etc., sempre objetivando apoiar e melhor preparar os alunos de Pós-Graduação.

Aos colegas doutorandos pelo convívio agradável e pelos incentivos recebidos durante a realização do curso; em especial aos amigos Adelar, Humberto Gois, Othon e Renato.

Aos professores das Comissões Examinadoras da qualificação e da defesa da tese, pelas correções e sugestões deste trabalho.

Ao Instituto Federal do Triângulo Mineiro em Uberaba (IFTM-Uberaba-MG) pelo apoio durante a realização do curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo fornecimento de recursos financeiros.

Aos funcionários do Departamento de Solos e Adubos, pela recepção cordial, solidária e de apoio.

Às funcionárias da seção de Pós-Graduação pelos relevantes serviços prestados de maneira cordial e eficiente.

Aos funcionários das bibliotecas, da UNESP- Jaboticabal e do IFTM - Câmpus de Uberaba-MG, pela colaboração, tanto na localização bibliográfica quanto na correção da literatura citada.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	ii
SUMMARY	iii
1. INTRODUÇÃO	01
2. OBJETIVO GERAL, OBJETIVOS ESPECÍFICOS E HIPÓTESE	03
3. REVISÃO DE LITERATURA	04
4. MATERIAL E MÉTODOS	27
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
6. CONCLUSÕES	58
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	59
8. REFERÊNCIAS	60
9. APÊNDICE	71

RESUMO

VALORAÇÃO ECONÔMICA DAS PERDAS DE NUTRIENTES POR EROÇÃO EM CANA - DE - AÇÚCAR

RESUMO - O objetivo geral deste trabalho foi demonstrar o valor econômico das perdas de nutrientes por erosão do solo, no cultivo da cana-de-açúcar. Especificamente, avaliar as perdas de nutrientes por erosão (P, K, Ca e Mg), o custo de reposição de nutrientes e de produção da cana, e os indicadores de análise de investimentos: valor presente líquido, taxa interna de retorno e a relação benefício / custo em dois sistemas de colheita (cana crua e queimada) em Catanduva - SP, em área de 100 ha para cada sistema, formadas e colhidas no mesmo período de (2002 a 2007), com similaridade quanto ao tipo de solo, variedade, topografia e número de cortes. A metodologia baseou-se na equação universal da perda de solos, teoria dos custos de produção e de reposição de nutrientes, e teoria dos indicadores das análises de investimentos. Estimou-se que a área com cana queimada perdeu mais nutrientes em todos os cortes, por isso o maior custo médio de reposição de nutrientes R\$ 33,93 ha⁻¹ ano⁻¹, sendo de R\$ 21,12 ha⁻¹ ano⁻¹ para a cana crua. O menor custo de produção foi da cana crua em todos os cortes, média de R\$ 29,60 t⁻¹, sendo de R\$ 32,71 t⁻¹ para a queimada. A cana crua apresentou um lucro médio de R\$ 5,70 t⁻¹ (R\$ 562,87 ha⁻¹ ano⁻¹) e a queimada de R\$ 2,59 t⁻¹ (R\$ 217,46 ha⁻¹ ano⁻¹). O retorno econômico da cana crua é superior ao da cana queimada, evidenciado ainda mais por meio dos resultados obtidos pelos dois sistemas de colheita, considerando-se índices de análises de investimentos (VPL, TIR, B/C). Conclui-se que a cana crua apresentou o melhor retorno técnico e econômico em virtude de proporcionar melhor conservação do solo e da água, a qual foi valorada pelo custo de reposição de nutrientes perdidos por erosão.

Palavras-chave: erosão do solo, retorno técnico e econômico, sistemas de colheita

SUMMARY

ECONOMIC VALUE OF NUTRIENTS LOSS BY SOIL EROSION IN SUGARCANE CROPPING SYSTEMS

SUMMARY - The general objective of this work was to demonstrate the economic value of nutrients loss by soil erosion in sugarcane cultivation. Specifically, It was to evaluate the nutrient loss through erosion (P, K, Ca and Mg), the cost of replacing the nutrients and the production of sugar cane, and also the indicators of investment analysis: liquid present value, the internal return tax, and the benefit cost relation in two harvesting systems (raw cane and burnt) in Catanduva, São Paulo state, Brazil. An area of 100 ha was studied for each system, formed and harvested in the same period (2002 and 2007), with similarities in the type of soil, variety, topography, and the number of cuts. The methodology was based on the universal equation of soil loss and the theory of production costs and the replacement of nutrients. It was estimated that an area of burnt sugar cane lost more nutrients in all of the cuts, thus it has the highest average cost of replacing the nutrients, BRR\$33.93 ha⁻¹ year⁻¹, compared with BRR\$21.12 ha⁻¹ year⁻¹ for raw cane. The lowest production cost was with raw cane in all of the cuts, with an average of BRR\$29.60 t⁻¹, compared to BRR\$32.71 t⁻¹ for burnt cane. Raw cane presents an average profit of BRR\$5.70 t⁻¹ (BRR\$562.87 ha⁻¹ year⁻¹) and burnt BRR\$2.59 t⁻¹ (BRR\$217.46 ha⁻¹ year⁻¹). The economic return on raw cane is higher than that of burnt cane, which is proven from the results obtained from the two systems of harvesting through the analysis of the investment indexes (LPV, IRT, B/C). We can conclude that raw cane presents the best technical and economic return in its ability to better conserve soil and water, which is valued in the cost of nutrient replacement and losses through erosion.

Keywords: soil erosion, harvesting systems, technical and economic return

1. INTRODUÇÃO

Uma constante preocupação entre os profissionais da área de ciências agrárias, por muitos anos, tem sido demonstrar aos produtores rurais que a conservação do solo e da água, pelo controle do processo de erosão, representa uma economia de recursos financeiros numa unidade produtiva. Tal preocupação justifica-se, uma vez que o emprego significativo e efetivo de sistemas conservacionistas só é bem aceito pelos produtores rurais quando propicia viabilidade econômica ao setor produtivo.

Nas últimas décadas, a acelerada expansão do setor sucroalcooleiro no estado de São Paulo vem provocando a concorrência entre as antigas e as novas regiões produtoras pela produção de álcool e açúcar TORQUATO et al. (2009). Esta expansão é decorrente de percepções da sociedade brasileira e mundial, quanto a problemas climáticos, como o aquecimento global e, a conseqüente necessidade do uso de energias renováveis.

Tal avanço da área de produção de cana-de-açúcar pode provocar impactos ambientais, tanto pela queima da cana na pré-colheita, que ainda continua e também devido ao aumento da mecanização em solos mais suscetíveis a processos degradativos, a exemplo dos argissolos, que são muito susceptíveis a compactação e a erosão.

Isto é preocupante, quando se pensa na sustentabilidade do setor sucroalcooleiro. O Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, atingindo uma área total cultivada que ultrapassa 6,2 milhões de hectares, com produção anual da ordem de 493 milhões de toneladas FATOR BRASIL (2009). Segundo CORRÊA (2005), é praticamente inexecutável a estimativa de quanto o Brasil perde, em valores econômicos, de nutrientes e fertilizantes com a erosão dos solos.

A cana-de-açúcar traz inúmeros benefícios para a economia do País, gera açúcar, álcool anidro (aditivo para a gasolina) e álcool hidratado para os mercados interno e externo. Colabora ainda na produção de alimentos, papel, plásticos, produtos químicos, além de fornecer energia elétrica. O Estado de São Paulo é o maior produtor do país, sendo que a região de Ribeirão Preto, localizada no noroeste do Estado de

São Paulo, é considerada o principal polo sucroalcooleiro do mundo. Tal região é responsável por aproximadamente 7% da produção nacional de cana-de-açúcar e conta com 44 usinas instaladas TEICH (2007). Isto porque, além de produzir mais de 35% do álcool do País, também é o centro do conhecimento mundial na área, onde se desenvolve e se exporta toda a tecnologia para o setor.

Atualmente, o setor sucroalcooleiro passa por uma significativa transformação no sistema de colheita da cana-de-açúcar, no Estado de São Paulo, sendo que o corte manual, realizado com a cana queimada, vem sendo, paulatinamente, substituído pelo corte mecânico de cana crua. Esta mudança vem ocorrendo no Estado de São Paulo em função dos fatores técnicos e ambientais mencionados e das regulamentações impostas pelo Decreto Estadual nº 42.056, publicado em 06 de agosto de 1997, que proíbe a queima da cana-de-açúcar como método auxiliar de sua colheita em todo o Estado. A utilização de máquinas colheitadeiras nos canaviais paulistas alcançou 49,1% da área colhida na safra de 2008/09, ÚNICA (2009).

Considerando esta realidade, já existem estudos sobre os impactos diferenciais no custo de produção, da tonelada de cana cortada manualmente (cana queimada) em relação ao preço da tonelada de cana cortada mecanicamente (cana crua). Entretanto, não há estudos sobre o impacto específico que tal mudança acarreta, sob o ponto de vista técnico e econômico, pela redução das perdas de nutrientes por erosão. Ou seja, ainda não há informações sobre os efeitos econômicos diferenciais advindos dos dois sistemas ou técnicas de corte de cana (manual ou mecânico) quanto à conservação do solo, custo de produção, retorno econômico, manutenção econômica e progresso para a atividade, principalmente pela preservação das potencialidades nutricionais do solo.

Nesse contexto, a valoração econômica das perdas de nutrientes por erosão apresenta-se como uma valiosa ferramenta para a avaliação e análise dos sistemas de cana crua e queimada, por permitir dimensionar os impactos decorrentes de determinada atividade e possibilitar a tomada de decisões no planejamento de uso agrícola dos solos.

2. OBJETIVO GERAL, OBJETIVOS ESPECÍFICOS E HIPÓTESE

2.1. Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho é realizar um estudo técnico-econômico da produção e das perdas de nutrientes por erosão em área sob cultivo de cana-de-açúcar, considerando-se os sistemas de colheita mecanizada (cana crua) e manual (cana queimada).

2.2. Objetivos Específicos

2.2.1 - Estimar e avaliar as perdas de solo e nutrientes por erosão, sob as condições de colheita mecânica (cana crua) e colheita manual (cana queimada), no período que vai da implantação do Canavial até o último corte (período de análise).

2.2.2 - Determinar e comparar, por ciclo produtivo, na época de cada corte, o custo de reposição de nutrientes no solo erodido nos dois sistemas de colheita (cana crua e cana queimada).

2.2.3 - Fazer uma avaliação técnica e econômica comparativa a cada safra, e na média dos cortes, das variáveis: produção, produtividade, custos, receitas e retorno econômico, em face de perda de nutrientes por erosão no cultivo de cana-de-açúcar crua e queimada, no período de análise.

2.2.4 - Determinar e avaliar, comparativamente, por safra (corte) e pela média (do período de análise) a participação percentual do custo de reposição de nutrientes (CRN) no custo total de aplicação de fertilizantes (CTAF). E do custo total de aplicação de fertilizantes (CTAF) no custo total (CT) do processo produtivo da cana-de-açúcar crua e da queimada.

2.2.5 - Analisar, comparativamente, os indicadores: relação benefício/custo (B/C), taxa interna de retorno (TIR), valor presente líquido (VPL) da produção de cana crua e queimada.

2.3. Hipótese

A lavoura de cana-de-açúcar crua deve ser a mais viável técnica e economicamente em relação à cana-de-açúcar queimada.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Contexto atual de produção da cana-de-açúcar crua e queimada

A cultura da cana-de-açúcar assume posição de destaque no Brasil por se tratar de uma cultura que, além de um alto retorno econômico, pode ser usada tanto pela indústria alimentar quanto como fonte alternativa de energia, a qual tem grande importância social pela mão de obra empregada. O Brasil é o maior produtor de cana - de - açúcar do mundo, atingindo uma área total cultivada de 6,2 milhões de hectares, com produção anual da ordem de 493 milhões de toneladas FATOR BRASIL (2009). No Brasil, os estados que apresentam as maiores produções de cana são, em ordem de classificação, São Paulo, Paraná e Alagoas UDOP (2007).

Com a adoção da tecnologia *flex-fuel*, a partir de 2003, aliada às perspectivas de aumento das exportações de etanol, o álcool passou a ser o principal fator estratégico para a ampliação e consolidação do setor sucroalcooleiro. Tal fator não era, anteriormente a 2003, o foco das exportações brasileiras por parte do setor sucroalcooleiro e, sim o açúcar.

O Estado de São Paulo, principal produtor de cana-de-açúcar, apresenta desde 2002, lei fixando prazos para erradicar a queima do canavial, como parte do processo

de colheita da cana-de-açúcar, por motivos ambientais e de saúde pública (Decreto Estadual nº 42.056). O modelo de produção adotado até então no País desprezava e/ou não considerava como fator de grande importância o meio ambiente como parte do processo produtivo, TORQUATO et al. (2009),

É preciso considerar o fato de que um avanço da área de produção de cana-de-açúcar, estimulado pela produção de álcool e açúcar, pode provocar uma pressão em regiões mais sensíveis ambiental e socialmente TORQUATO et al. (2009). MARTINS FILHO et al. (2009) demonstraram tal preocupação, sob o ponto de vista da conservação do solo e da água, com a expansão das áreas de produção de cana-de-açúcar no interior paulista, principalmente em solos suscetíveis à erosão, como os Argissolos. Na safra de 2008/09, os canaviais paulistas ocupavam cerca de 24,0% da área de uso agrícola do Estado.

A produção de cana crua, devido à colheita mecanizada, ganhou espaço no setor canavieiro paulista, com o benefício de promover a cobertura do solo com resíduos da cultura de cana-de-açúcar. Tal sistema de manejo é importante principalmente em solos suscetíveis à erosão, a exemplo dos Argissolos, que ocorrem em extensas áreas do Estado de São Paulo. Com a manutenção dos resíduos vegetais na superfície do solo, estes poderão interceptar as gotas de chuva e dissipar a sua energia, evitando a desagregação das partículas e a formação do selamento superficial e, conseqüentemente, reduzir ou mitigar os efeitos adversos da erosão, TORQUATO et al. (2009).

Mesmo com o a ampliação da área cultivada com cana crua (colheita mecanizada), 50,9% da área colhida nos canaviais paulistas produzem cana queimada, ou seja, aquela que utiliza a colheita manual. Neste sistema de produção há eliminação do palhiço pelo fogo, o que implica a redução da cobertura vegetal oferecida ao solo. Ademais, atualmente, o processo de colheita da cana vem sofrendo, também, modificações em função do aproveitamento do palhiço para aplicações em geração de energia e cobertura vegetal para a agricultura convencional ou orgânica BRAUNBECK & OLIVEIRA (2006). Tais aspectos têm efeito pronunciado no processo de erosão do

solo e nas perdas de nutrientes associadas a este fenômeno, como apontam trabalhos de SOUZA et al. (2004), IZIDORIO et al. (2005) e MARTINS FILHO et al. (2009).

A análise das consequências do cultivo de cana crua e da queimada, sob o ponto de vista econômico, não tem sido conduzida no sentido de valorar questões relativas ao manejo e conservação do solo, principalmente quanto à valoração das perdas de nutrientes por erosão nos custos de produção da cana, nos dois sistemas mencionados. Daí a importância de que pesquisas com tal intuito sejam conduzidas, como a proposta no presente trabalho.

3.2. Perdas de nutrientes por erosão hídrica do solo

A erosão do solo causada pela água, a denominada erosão hídrica, é considerada, por CHMELOVÁ & SARAPATKA (2002), um problema socioeconômico importante e fator essencial na avaliação de ecossistemas saudáveis e funcionais.

Este fenômeno é um sério problema que tem por origem fatores como: a erosividade, a erodibilidade, a cobertura vegetal, o manejo do solo e as práticas de suporte MARTINS FILHO (2007a, b). Esses fatores, segundo MARTINS FILHO (2007b), em combinação com a intensificação da agricultura e, ainda, com a ocorrência de outros fenômenos degradativos, como a compactação, salinização e acidificação, intensificam a ocorrência do fenômeno de erosão.

No Brasil, essa forma de erosão é também a mais preocupante, principalmente em regiões com padrões de chuvas altamente erosivas e solos erodíveis. Conforme o processo de ocorrência, segundo LAFLEN & ROOSE (1997), a erosão hídrica pode ser subdividida em dois tipos: a) erosão em entressulcos, e b) erosão em sulcos ou linear.

A erosão em entressulcos é um fenômeno caracterizado por dois processos: 1) a desagregação das partículas do solo devido ao impacto das gotas da chuva, e 2) o transporte das partículas desagregadas por um fino fluxo superficial de água ZHANG et al. (1998); MARTINS FILHO (2007a). A relativa importância da desagregação e do transporte na erosão em entressulcos é dependente de fatores como: intensidade da chuva, energia cinética, taxas de infiltração e de enxurrada, propriedades e condições

superficiais do solo, como conteúdo de água, rugosidade, presença de resíduos culturais em superfície, comprimento e grau do declive, conteúdo de matéria orgânica, estabilidade de agregados, erodibilidade e práticas de manejo do solo CASSOL et al. (2004); MARTINS FILHO et al. (2004); ASSOULINE & BEN-HUR (2006); MARTINS FILHO (2007a).

A erosão em sulcos é um processo de desagregação e transporte pelo fluxo concentrado de enxurrada. Tal fenômeno é dependente da hidráulica do fluxo superficial e das características do solo FOSTER (1982). Deste modo, a erosão em sulcos é dependente de características como velocidade, vazão e tensão cisalhante do fluxo.

A desagregação nos sulcos é resultante de complexa combinação de subprocessos, tais como MEYER et al. (1975): a) desagregação do perímetro molhado pelo fluxo; b) desagregação intensa no fundo do sulco na forma de quedas ou desníveis chamados de headcut, e c) erosão dos sedimentos depositados no fundo do sulco pelo desmoronamento das paredes laterais em função de solapagem e aprofundamento do canal.

Independentemente do tipo de erosão, ela é um dos principais responsáveis pelo decréscimo da produtividade agrícola, provocando perdas de solo, água e nutrientes SCHAEFER et al. (2002). Segundo NOWAK et al. (1985), a redução da produtividade pela erosão do solo ocorre devido a: 1) perdas de nutrientes de plantas, por meio de íons em solução ou adsorvidos às partículas de solo; 2) perdas de matéria orgânica pela quebra da estabilidade estrutural e, 3) degradação da estrutura superficial do solo inibindo a emergência de plantas e a penetração de raízes e, ainda, diminuindo a disponibilidade de água, por causa da menor capacidade de infiltração e retenção de água no solo.

A redução nos níveis de matéria orgânica na camada superficial é uma das principais causas da desestruturação física e biológica do solo, afetando o processo de infiltração, a retenção de água e a disponibilidade de nutrientes para as plantas. Esses efeitos negativos provocados pela erosão do solo afetam significativamente na produtividade agrícola BAKKER et al. (2004); BERTOL et al. (2007).

Essas reduções da produtividade são possíveis, embora isto dependa do contraste entre propriedades das camadas de solo mais superficiais e subsuperficiais em termos de textura, fertilidade e estágio do processo erosivo BAKKER et al. (2004).

Tem sido mostrado que sistemas de conservação do solo (plantio direto, cultivo mínimo, etc.) diminuem a erosão HERNANI et al. (1999); BERTOL et al. (2007) e as perdas de substâncias químicas adsorvidas ao sedimento WALTON et al. (2000); IZIDORIO et al. (2005). Contudo, as perdas de produtos químicos em solução poderão ser consideravelmente elevadas, em sistemas conservacionistas em que há grande utilização de agrotóxicos e herbicidas, os quais são aplicados e levemente incorporados na superfície do solo.

Somente no Estado do Paraná, com 6 milhões de hectares de área agrícola, estimando-se uma perda média de solo por erosão de 10 t ha^{-1} ano, que o valor dos principais nutrientes perdidos por erosão seria da ordem de US\$121 milhões por ano. Os mencionados autores citaram que, no ano de 1982, aproximadamente 12,5 milhões de toneladas de sedimentos foram arrastados pelo sistema fluvial e depositados no reservatório de Itaipu. Destes, cerca de 4,8 milhões de toneladas seriam originários do próprio Estado. O valor total dos nutrientes mais importantes (N, P, K, Ca e Mg) existentes neste volume de solo foi considerado equivalente a US\$ 419 milhões por ano. A análise do teor de sedimentos, assim como de fósforo e nitrogênio na água de Itaipu, mostrou claramente que os valores mais altos foram encontrados durante o período de preparo do solo e plantio, DERPSCH et al. (1990).

No Memorial do "Embasamento técnico do Programa Estadual de Microbacias Hidrográficas", destacaram que, com a erosão, o Estado de São Paulo perdia, a cada ano, 194 milhões de toneladas de terras férteis, com 40 milhões de toneladas deste total carregados para o fundo de rios, lagos, etc. Tal quantia de erosão representa uma perda de 0,20 m de solo, numa área de 100.000 ha, o que equivaleria à época em US\$ 200.000.000 com perdas de nutrientes, LOMBARDI NETO & DRUGOWICH (1994).

As estatísticas sobre perdas físicas de solo em todo o mundo revelam que, a cada ano, bilhões de toneladas de terra fértil são erodidos e transportados para os rios, CORRÊA (2005). Ainda segundo o autor, com base no Programa de Qualidade

Ambiental da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), no Brasil, as perdas já atingem 840 milhões de toneladas anuais e estão aumentando, com a abertura de novas fronteiras agrícolas no Centro-Oeste e na Amazônia. No Rio Grande do Sul, tais perdas podem chegar a até 20,1 t ha⁻¹ nas áreas cultivadas com soja, segundo o mesmo Programa. O total estadual foi estimado em 250 milhões de t ano⁻¹. Estimou-se, segundo CORRÊA (2005), para o Estado de São Paulo, uma perda de até 10 kg de solo fértil por kg de grão produzido ou 200 milhões de t ano⁻¹. Para repor a fertilidade do solo, era usado, segundo o autor supracitado, em todo o País, até 1,27 t ha⁻¹ de fertilizantes químicos, a um custo de mais de US\$ 2 bilhões por ano. Estudos revelaram que, no Paraná, entre 1970 e 1986, o consumo de NPK - adubos industriais à base de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) - passou de 100.000 para 600.000 t ano⁻¹.

No folheto "*What Price Conservation*" da Universidade de Illinois, USA, 1984, citado por CORRÊA (2005), é indagado: "Se a minha terra continuar a ser erodida com a mesma taxa de intensidade anual, quanto o solo será penalizado? Quanto representará em custos de produção? E qual será o custo para fazer algo, relativamente à erosão, em meu País? Ao abordar esses problemas, deve-se reconhecer que a sociedade, em geral, necessita avaliar quatro objetivos principais: 1) preservar a produtividade do solo, para as gerações futuras; 2) fornecer um suprimento adequado de alimento, a um custo razoável para o uso humano; 3) prover um lucro adequado para os produtores e, 4) proteger a qualidade da água e o ambiente".

Considerando-se, em 2005, que a área cultivada no Brasil era de cerca de 100 milhões de hectares e de 200 milhões de hectares com pastagens, além das áreas não cultivadas, foi estimada uma perda anual de 3,0 a 3,5 bilhões de toneladas de solo COORÊA (2005). À época, para cada tonelada de grãos produzidos, devido à falta de manejo e uso adequado dos terrenos, foram estimadas perdas em torno de 10,0 a 15,0 t de solo, anualmente. Desta forma, considerando a produção apenas de grãos, em torno de 80 milhões de toneladas em 2005 e, adotando-se a perda média estimada de solo de 12,5 t para cada tonelada de grãos produzidos, pode-se inferir que o

carreamento pela enxurrada era de cerca de um bilhão de toneladas de solo, anualmente CORRÊA (2005).

As perdas abordadas relacionam-se também com os tipos de preparos utilizados para a produção de diferentes culturas no Brasil. Na cultura da cana-de-açúcar, os tipos de preparos mais utilizados são: a) preparo convencional, b) preparo reduzido (cultivo mínimo) e c) plantio direto, IZIDORIO et al. (2005).

O preparo convencional é o mais utilizado no setor produtivo de cana-de-açúcar, principalmente nas operações preparo do solo para o plantio, tais como: aração, gradagem, curvas de níveis, encabeçamentos, distribuição de adubos e corretivos, sistematização do terreno. Tais operações são aplicadas de modo variável de acordo com a região e decisões dos agricultores, GONÇALVES (2006). Ainda segundo o autor as vantagens do preparo convencional são: a) menor uso de produtos químicos para controle de plantas daninhas e, b) bom controle de pragas subterrâneas, como “migdolus”, cupins e percevejo-castanho. Dentre as desvantagens, o autor apontou as seguintes: a) maior pulverização do solo; b) maior exposição do solo ao impacto das gotas de chuva (erosão); c) maior necessidade de máquinas e equipamentos e, d) necessidade de liberação de área pela colheita, mais cedo, para possibilitar a execução do grande número de operações necessárias no preparo convencional do solo.

No setor produtivo da cana-de-açúcar, o plantio convencional, associado ao sistema de colheita manual após despalha pelo fogo, traz consequências drásticas para a conservação do solo e água. IZIDORIO et al. (2005) demonstraram algumas consequências de tal sistema de cultivo da cana, quando determinaram as perdas de nutrientes por erosão em entressulcos, sulcos e global (entressulcos + sulcos), em área cultivada com cana-de-açúcar submetida à queima da palhada na sua pré-colheita, num Latossolo Vermelho eutrófico (LVef). Análises do sedimento erodido do LVef, segundo IZIDORIO et al. (2005), indicaram altas taxas de enriquecimento: 1,62 (matéria orgânica, MO); 4,30 (P); 1,17 (K); 1,33 (Ca) e 1,24 (Mg) vezes em relação ao solo original. Eles observaram, ainda, que as perdas de solo e nutrientes, em função do tipo de erosão, no LVef, obedeceram à seguinte ordem: sulcos > global > entressulcos.

A queimada elimina a cobertura vegetal do solo, o que favorece o escoamento superficial da água das chuvas, agravando o processo erosivo. Esse fenômeno é explicado pela insuficiência de cobertura do solo superficial que sofre forte compactação pelas chuvas e vai ficando impermeável, dificultando a infiltração da água e a brota da vegetação. Assim, o solo vai empobrecendo pela eliminação da matéria orgânica. A queima altera a umidade do solo, por causa das mudanças na taxa de infiltração de água, no volume de enxurrada, na taxa de transpiração, na porosidade e na repelência do solo à água e, conforme suas características, o solo pode ficar mais impermeável, situação esta que torna o terreno excessivamente duro e mais sujeito a erosões, FERREIRA (1991), IZIDORIO et al. (2005), MARTINS FILHO et al. (2009), SOUZA et al. (2004), TORQUATO et al. (2009).

Se fogo não fosse utilizado como prática agrícola, seria bem maior o aproveitamento dos fertilizantes químicos e orgânicos (aplicados em quantidades cada vez maiores); haveria melhoria das qualidades físicas, químicas e biológicas do solo com sua melhor conservação e, conseqüentemente, maior produtividade, ocorreria melhoria da capacidade de infiltração da água na terra aumentando a retenção de umidade e reduzindo a erosão pelo efeito da cobertura com palha que serviria de proteção ao solo FERREIRA (1991).

Em conclusão, a prática das queimadas é prejudicial à agricultura, pelos seguintes argumentos FERREIRA (1991): a) deixa o solo desnudo, o que aumenta as perdas por erosão, principalmente em terrenos íngremes; b) volatiliza substâncias necessárias à nutrição das plantas; c) destrói grande parte da matéria orgânica do solo; d) elimina os microorganismos úteis do solo; e) e diminui a progressivamente a fertilidade do solo e a produtividade das lavouras.

É conhecido que o preparo intensivo dos solos acelera a mineralização da matéria orgânica e converte resíduos vegetais em dióxido de carbono, que é liberado na atmosfera, contribuindo, juntamente com a emissão devido à queima dos combustíveis fósseis, para o "efeito estufa" e o aquecimento global do planeta. É a perda de carbono do solo durante o preparo que diminui os teores de matéria orgânica. Desde longa data, já vêm sendo realizadas investigações nesta área, tais como as de KERN & JOHNSON

(1993), nas quais foram comparados três sistemas de preparo do solo (convencional, cultivo mínimo e plantio direto). Verificou-se que, além de reduzir a perda de carbono orgânico na forma de gás, o plantio direto seria responsável, em último estágio, por um incremento de 400 milhões de toneladas, na quantidade de carbono orgânico retida no solo ("sequestro de carbono"), aumentando, assim, sua fertilidade DERPSCH (1997).

O preparo reduzido ou cultivo mínimo, em áreas de produção de cana-de-açúcar, caracteriza-se pela diminuição do revolvimento do solo e pode ser composto pelas seguintes operações GONÇALVES (2006): sistematização do terreno, distribuição de corretivo na superfície, subsolagem quando da presença de camadas compactadas e destruição química de restos da cultura e plantas daninhas. Contudo, há por vezes a necessidade de eliminação mecânica dos restos da cultura e socas da cana-de-açúcar, a qual tem merecido críticas por desagregar o solo.

A produção de cana crua com colheita mecânica tem permitido, no setor sucroalcooleiro, maior utilização do sistema de plantio direto. Este sistema de cultivo definido, no início da implantação, como um sistema em que a semente (colmo - semente) é colocada em sulcos ou covas, sob a resteva da cultura anterior, sem um preparo prévio do solo, tendo dois pressupostos básicos: a) não movimentação do solo, exceto na linha de semeadura ou cova e, b) a manutenção da resteva da cultura anterior sobre a superfície do solo. O que se verifica, entretanto, é que a adoção desta mudança no sistema de cultivo tem-se dado no Estado de São Paulo devido, principalmente, à determinação do Decreto Estadual nº 42.056, publicado em 06 de agosto de 1997, que proíbe a queima da cana-de-açúcar como método auxiliar de sua colheita em todo o Estado.

A manutenção dos resíduos culturais na superfície do solo, associada à mobilização deste apenas na linha de semeadura e à rotação de culturas, é o grande fator responsável pelo manejo facilitado das plantas daninhas e pela recuperação e manutenção da estrutura física do solo DERPSCH et al. (1997). Para TOLEDO (1991), o não revolvimento de solo e a permanente cobertura com plantas vivas e mortas promovem a estruturação do solo que, por sua vez, reduz acentuadamente a erosão, amenizando perdas de solo, de água e de nutrientes. As consequências desse

processo refletem-se diretamente na fertilidade do solo, potencializando a redução futura do uso de corretivos e de fertilizantes e, no ambiente, reduzindo os índices de poluição.

As principais vantagens do sistema de plantio direto (SPD), segundo GONÇALVES (2006) são: a) controle da erosão; b) economia de tempo para o plantio, importante quando o período entre a colheita da cultura de inverno ou da cana-de-açúcar e o plantio de verão for muito curto, principalmente quando ocorrem precipitações excessivas. A disponibilidade de tempo para semeadura direta é cerca de 2,5 vezes maior do que no sistema convencional, que utiliza a aração no preparo inicial do solo; c) maior velocidade de emergência e desenvolvimento inicial das plantas, com aspecto visualmente notável quando comparado a outros sistemas; d) economia de mão de obra e maquinário, cuja vantagem é decorrente do menor uso de equipamentos e de operações que exigem menores esforços de tração; e) melhor qualidade de sulcação na cultura da cana-de-açúcar em épocas de estiagem, devido à maior retenção de água no solo.

Dentre as principais desvantagens, segundo GONÇALVES (2006), para o SPD, podem-se citar: a) alto custo de herbicidas; b) exigência de maior nível tecnológico para controle de algumas pragas subterrâneas, como cupins, “*migdolus*” e percevejo-castanho e c) aparência ruim da lavoura em estágio inicial, devido às sobras de restos de culturas e plantas daninhas, causando impacto visual negativo.

Sistemas de conservação do solo, como o plantio direto, podem promover benefícios econômicos e ambientais PARSCH et al. (2001). MARTINS FILHO et al. (2009) verificaram num Argissolo, que considerável enriquecimento por nutrientes do sedimento erodido ocorre quando a cobertura por resíduos de cana-de-açúcar sobre a superfície do solo é igual ou inferior a 50%. Os efeitos prejudiciais básicos causados pela erosão das terras agrícolas são as perdas de solo e água, ocasionando a redução na fertilidade dos terrenos e originando uma série de outros malefícios.

Entre os sistemas de manejo do solo conservacionista que deixam apreciável quantidade de resíduos culturais na superfície, a semeadura direta é o que apresenta maior potencial de redução das perdas de solo por erosão hídrica, podendo, em

algumas situações, chegar a valores mínimos, BERTOL et al. (2007). Ainda segundo o autor, isso ocorre devido à ausência de preparo do solo que permite a manutenção de praticamente todos os resíduos culturais, o que diminui a perda de solo e de nutrientes anualmente, tais como: P, K, Ca e Mg por erosão hídrica. Argumentam ainda que para maximizar os resultados técnicos e econômicos das culturas, há necessidade de utilizar um sistema de manejo do solo que preserve suas potencialidades e/ou as melhore.

No trabalho de pesquisa intitulado “Aspectos financeiros relacionados às perdas de nutrientes por erosão hídrica, em diferentes sistemas de manejo do solo”, BERTOL et al. (2007), chegaram à seguinte conclusão: o valor monetário correspondente ao total dos nutrientes como P disponível, expresso na forma de superfosfato triplo, K trocável, na forma de cloreto de potássio, e Ca e Mg trocáveis na forma de calcário, perdidos anualmente por erosão hídrica, foi relativamente elevado, independentemente do sistema de manejo do solo. Contudo, concluíram que o valor monetário de tais perdas foi expressivamente menor para o sistema de conservação do solo que mantém mais protegida a camada superficial do solo, como é o caso do plantio direto.

3.3. Consequências econômicas da erosão acelerada do solo

O aumento da demanda por alimentos e, em especial da cana-de-açúcar, para a produção de álcool tem exigido a ocupação de maiores áreas com atividades agropecuárias, que leva o meio ambiente a sofrer cada vez mais alterações, sendo afetado de maneira cada vez mais expressiva.

A degradação do meio ambiente pela prática agrícola tem merecido atenção no mundo todo, em especial aquela motivada pelo fenômeno de erosão. Segundo PUGLIESI (2007), a erosão acelerada é um dos efeitos negativos da agricultura que afeta os sistemas ecológicos naturais.

Impactos diretos da erosão acelerada, numa área de produção, produzem consequências econômicas conhecidas como custos diretos ou custos privados da erosão. Já os impactos da erosão acelerada que ocorrem fora da área de produção, denominados de indiretos, são aqueles cujas consequências econômicas transcendem

os limites da unidade agrícola. Os impactos indiretos podem afetar outros agricultores e/ou atividades econômicas, tanto de produção como de consumo. Tais impactos externos são também classificados como externalidades. Em síntese, pode-se afirmar que o processo de erosão das terras agrícolas vai causar impactos em dois grandes setores de atividade MARQUES & PEREIRA (2004): 1) no setor agrícola propriamente dito, e 2) no setor não agrícola, como o ambiente aquático e as diversas formas de vida aí contidas, os reservatórios de água para abastecimento e geração de energia elétrica, a navegação, a pesca, enfim, provoca degradação na qualidade da água; irradiando efeitos deletérios a uma gama de setores que da água dependem ou estão com ela em contato permanente.

Estudos realizados no Brasil e em outros países têm demonstrado que a erosão do solo não só reduz as produtividades agrícolas (efeitos internos ou endógenos), efeitos esses que aumentam os custos de produções dos produtos agrícolas diminuindo as suas rentabilidades econômicas, mas também resulta em danos externos ou exógenos à propriedade agrícola, como assoreamentos de canais, açudes, córregos, estradas, rios, lagos, MARQUES & PEREIRA (2004), PUGLIESI (2007).

Os valores monetários correspondentes aos danos exógenos podem ser de magnitude superior àqueles dos danos endógenos, ou seja, no próprio setor agrícola BERTOL et al., (2007).

Para estabelecer valores monetários ou econômicos a bens ambientais, como o solo, e/ou a fenômenos como a erosão ou aos seus efeitos, como as perdas de nutrientes, é necessário o emprego de procedimentos metodológicos de valoração, RODRIGUES et al. (2001). Ainda segundo os autores tais procedimentos demonstram como devem ser atribuídos valores monetários aos bens ambientais que, geralmente, não tem sistemas de preços privados. Argumentaram ainda que alguns autores defendem a idéia de que a atribuição de valores monetários, ou da preferência revelada dos consumidores a respeito de um bem ou serviço ambiental, pode ser um instrumento útil para avaliação dos ativos ambientais e seus benefícios, e custos marginais de preservação.

3.4. Valoração econômica dos recursos naturais

Todas as espécies de animais e vegetais dependem dos serviços ecossistêmicos dos recursos naturais para sua existência PUGLIESI (2007). Deste modo, segundo ORTIZ (2003), um bem ambiental tem grande importância no suporte de funções que garantem a sobrevivência das espécies. Esta importância tem sido associada a valores morais, éticos ou econômicos.

A valoração econômica ambiental visa a atribuir valor econômico a um recurso ambiental, por meio da determinação do que é equivalente, em termos de outros recursos na economia, PUGLIESI (2007). Ainda segundo o autor sem a utilização da valoração econômica ambiental, os bens e serviços, proporcionados pela natureza, e as funções gerais dos ecossistemas não podem ser comprados ou vendidos em nenhum mercado, o que contribuirá com a tendência de exaurir, estressar ou romper o equilíbrio do ambiente natural. De acordo com MARQUES (1998), o meio ambiente desempenha funções econômicas e tem valor econômico positivo. Portanto, segundo PUGLIESI (2007), não é correto tratá-lo como se tivesse valor zero, correndo o risco de uso excessivo ou, até mesmo, de sua completa degradação.

O valor econômico total dos bens e serviços ambientais é composto por formas distintas de valores, as quais podem ser definidas com base em trabalhos de ADAMOVICZ (1991) e SERÔA DA MOTTA (1998). Tais formas são descritas a seguir:

1) Valor de uso direto - refere-se ao valor atribuído pelos indivíduos pela participação numa determinada atividade, ou uso atual da amenidade ambiental, ou ainda a apropriação direta de recursos ambientais, via extração, visitação ou outra atividade de produção de consumo direto MAIA (2002) e PUGLIESI (2007);

2) Valor de uso indireto – valor que os indivíduos atribuem a um recurso ambiental quando o benefício do seu uso deriva de funções ecossistêmicas ELETROBRÁS (2000). Dois exemplos deste são a contenção de erosão e o estoque de carbono retido nas florestas tropicais;

3) Valor de opção - diz respeito à disposição a pagar dos indivíduos para conservar um determinado recurso ou amenidade ambiental, manifestando a intenção

de consumo direto ou indireto do bem ambiental que poderá ser usado no futuro, e cuja substituição seria difícil MAIA (2002). Ex. valor que as pessoas pagariam para conservar as florestas tropicais, para utilização da fauna e da flora, por meio de descobertas científicas futuras PUGLIESI (2007).

4) Valor de existência – é o valor que está dissociado do uso (embora represente o consumo ambiental) e deriva de uma posição moral, cultural ou ética ou altruística em relação aos direitos de existência de espécies não humanas ou de preservação de outras riquezas naturais, mesmo que estas não representem uso atual ou futuro para o indivíduo ELETROBRÁS (2000). Exemplo: a mobilização da sociedade para salvar espécies em extinção, como o urso panda, o mico-leão-dourado, o boto - cor-de-rosa ou as baleias, mesmo em locais em que a maioria das pessoas nunca estará ou farão qualquer uso da sua existência.

Valorar economicamente um recurso ambiental consiste em determinar quanto melhor ou pior estará o bem-estar das pessoas devido às mudanças na quantidade de bens e serviços ambientais, seja na apropriação por uso ou não SERÔA DA MOTTA (1998).

3.4.1. Métodos de valoração

Os métodos de valoração econômica do meio ambiente são parte do arcabouço teórico da microeconomia do bem-estar e são necessários na determinação dos custos e benefícios sociais, quando as decisões de investimentos públicos e privados afetam o consumo da população e, portanto, seu nível de bem-estar ELETROBRÁS (2000).

Na literatura, há diversos métodos de valoração que podem ser utilizados na conexão entre provisão dos recursos naturais e estimativa econômica de seus benefícios. PEARCE & TURNER (1990) consideram três correntes para determinar a valoração dos recursos naturais e ambientais sobre a perspectiva da sustentabilidade: a) valoração com base na identificação das preferências individuais; b) valoração por meio da expressão das preferências públicas e, c) valoração por meio dos processos biofísicos.

As diferentes técnicas de valoração relacionam-se com correntes (preferências individuais, públicas e os processos biofísicos). Deste modo, além da dificuldade de se atribuir valores a um recurso ou bem ambiental devido ao caráter subjetivo da valoração, não há um padrão universal quando se trata de classificar os métodos de valoração existentes, o que, por sua vez, acaba por gerar dificuldades em se empregar os mesmos, PEARCE & TURNER (1990), MAIA (2002).

Todos os métodos, em função do exposto, apresentam limitações nesta cobertura de valores, o que leva a recomendações de prudência na utilização destes SERÔA da MOTTA (1998).

3.4.1.1. Métodos Indiretos

Os métodos indiretos são aplicados quando um impacto ambiental, um determinado elemento do ecossistema, ou mesmo todo um ecossistema não pode ser valorado, mesmo que indiretamente, pelo comportamento do mercado.

Tais métodos estão baseados num mercado hipotético ou substitutivo definido por uma análise dos comportamentos reais. Um exemplo: pergunta-se a uma amostra de pessoas quanto elas estariam dispostas a pagar pela qualidade ou redução da degradação ambiental (bem-estar social).

Os métodos indiretos podem ser definidos como:

1) Método de valoração contingente - esse método utiliza o processo de perguntar às pessoas o quanto elas estariam dispostas a pagar (DAP) por um benefício, pela restauração ou preservação do ambiente natural PUGLIESI (2007). Também é possível perguntar ao indivíduo sobre sua disposição em aceitar (DAA) alterações no recurso ambiental. Um exemplo, é quanto a mais o consumidor está disposto a pagar a pelo uso da água, para preservar os corpos d'água, fonte de abastecimento público.

Quando os indivíduos percebem que as suas respostas influenciam nas decisões de tal modo a implicar a diminuição de custos e/ou de benefícios, surge um primeiro problema na aplicação deste método. Tal problema é definido tecnicamente como viés estratégico CASIMIRO FILHO (1999).

Outro viés, também limitante do método, é o chamado de informação. Este viés surge da forma como as alternativas são colocadas aos entrevistados. Este viés pode ser atenuado pelo uso de recurso visual (fotos), especialmente se os indivíduos não conhecem a amenidade que está sendo valorada PUGLIESI (2007).

A escolha da técnica usada para coletar a disposição a pagar pode dar origem ao viés de instrumento. Algumas taxas são mais altas que outras e o uso delas influenciarão as respostas dos entrevistados, ou mesmo na forma que o entrevistador usa, podendo induzir as respostas do entrevistado. E, por último, o viés hipotético, inevitável num processo em que o comportamento do mercado não é observado, principalmente se os entrevistados têm pouca ou nenhuma familiaridade com a amenidade que está sendo valorado CASIMIRO FILHO (1999).

2) Método do custo de viagens - o preço obtido por esse método tem por base os gastos efetuados pelas famílias, para usufruírem de atividades recreacionais ou serviços ambientais proporcionados num dado local. Este método é aplicado geralmente na valoração de ambientes protegidos, parques, áreas de lazer, etc. Ele representa, portanto, o custo de visitação a um sítio natural específico, o qual pode ser considerado como a máxima disposição a pagar do usuário pelos serviços ambientais.

A configuração deste método é baseada na aplicação de questionários aos usuários da área recreacional, com a finalidade de coletar informações sobre custos de viagem, taxas de visitação (parques, museus), características socioeconômicas, etc. PUGLIESI (2007). O método estabelece uma função, relacionando a taxa de visitação às variáveis de custo de viagem, tempo, taxa de entrada e outras que possam explicar a visita ao patrimônio natural. A partir destes dados, estima-se a taxa de visitação - V_i (visitantes por mil habitantes por ano, por exemplo) de cada zona residencial da amostra para correlacioná-la, em termos estatísticos, com os dados de custo médio de viagem de cada zona residencial (CV) da amostra e as outras variáveis sócio-econômicas (usadas como próxis para indicar preferências) da zona em questão ELETROBRÁS (2000).

Segundo TISPDEL (1991), os principais problemas do método relacionam-se com não homogeneidade de atributos relevantes da população de diferentes zonas, e o

método assume a mesma forma de demanda por visita para um determinado atrativo; implicitamente, pressupõe-se que a visitação do local tenha um objetivo único; no entanto, na prática, as viagens possuem vários objetivos; pressupõe-se que os indivíduos não obtenham utilidade durante o processo de viagem; os dados referentes a uma determinada área são limitados a uma amostra; a questão é saber se a amostra é representativa da população.

Existe o problema de se escolher a função apropriada para ajustar os dados das visitas e demais variáveis. Frequentemente, o valor econômico de um recurso ambiental não depende apenas das visitas; há também os benefícios externos, decorrentes do valor de existência e valor de opção CASIMIRO FILHO (1999) e PUGLIESI (2007). Neste caso, segundo CASIMIRO FILHO (2000), o método de valoração contingencial é mais apropriado para mensurar estes últimos.

3) Método dos valores hedônicos – este método baseia-se na identificação de atributos ambientais que podem ser captados no preço de bens e serviços, como, por exemplo, de imóveis ou terrenos. Por intermédio de uma função denominada função hedônica de preço, pode-se estimar o valor dos atributos de um ou vários bens e serviços ambientais implícitos no valor de um bem privado ELETROBRÁS (2000).

É possível a utilização deste método para estimar o valor econômico da erosão do solo. Por meio da utilização de métodos estatísticos, estima-se o diferencial de preço ou aluguel de propriedades que apresentam taxas de erosão distintas PUGLIESI (2007). Este tipo de abordagem exige dados sobre os preços das propriedades e um mercado para propriedades rurais bem desenvolvido, restringindo assim a sua aplicabilidade em países em desenvolvimento SERÔA DA MOTTA (1998).

É muito comum, em aplicações do método de preços hedônicos, o surgimento de problemas econométricos, como variáveis omitidas na função de preços hedônicos, multicolinearidade entre os atributos do bem de mercado e problemas de especificação funcional da função de preços hedônicos MAY et al. (2003).

Mesmo com esta série de dificuldades, o método de preços hedônicos pode fornecer boa estimativa caso a característica estudada seja quantificável e facilmente detectada pelos proprietários, que assim poderão expressar indiretamente sua

disposição a pagar pelo recurso no preço de sua residência MAIA et al. (2004). Entretanto, segundo MAIA et al. (2004), numa situação onde indivíduos não tenham clara percepção sobre o recurso ambiental estudado, como, por exemplo, a existência de um rico lençol freático no subsolo de uma região, os preços das residências não refletirão a importância deste atributo ambiental, sendo, portanto, não recomendado o uso desta metodologia.

3.4.1.2. Métodos diretos

São aqueles métodos relacionados diretamente aos preços de mercado ou à produtividade. São passíveis de aplicação quando uma mudança na qualidade ambiental ou na quantidade de recursos naturais afeta a produção ou a capacidade produtiva do processo econômico MERICO (2002).

1) Método do preço líquido – considera o preço líquido de mercado do recurso natural multiplicado pelo número de unidades físicas deste, o que estabelece o valor do recurso DIAZ & AMIN (2007). A exploração dos recursos naturais não renováveis, como minerais, segundo DIAS & AMIN (2007), sob as condições econômicas presentes, tem um preço líquido positivo. A ideia central deste método está focada no princípio de sustentabilidade forte, no qual os recursos exauríveis ou não renováveis, como minérios, petróleo e gases naturais, constituem um patrimônio natural que não pode ser recuperado após sua extração PUGLIESI (2007). Logo, este conceito está associado ao de depreciação econômica, em função do esgotamento do recurso natural.

2) Método de mudanças na produtividade - quando um produto possui mais de um uso, seja intermediário ou final, o valor do produto para um dos usos pode ser considerado pela perda de produtividade com o outro uso PUGLIESI (2007). Ainda segundo o autor é um método para se medir os custos ambientais do processo de desenvolvimento. Ele pode permitir associar queda de produtividade agrícola às perdas de solo, possibilitando demonstrar o custo ambiental da degradação do solo.

Uma dificuldade em aplicar este método, ao caso da relação produtividade e erosão é comprovar que a variação negativa da produtividade decorre especificamente do processo erosivo do solo, e não de qualquer outro fator, visto que diversos fatores influenciam na produtividade agrícola, PUGLIESI (2007).

3) Método de produção sacrificada - consiste em avaliar, a preços de mercado, a produção que deixa de ser realizada, como consequência dos danos causados ao meio ambiente por outras atividades MACEDO (2002). A quantificação da perda da produção pesqueira, num determinado rio, devido ao descarte de material tóxico por um agente poluidor, é um bom exemplo deste método PUGLIESI (2007).

4) Método de custos de doenças - neste método, o nível de exposição à poluição é associado ao nível de saúde humana e a decorrente perda de produtividade associada a esta exposição. É um método utilizado para valorar os custos de poluição, relacionando-os com a morbidade. Segundo PUGLIESI (2007), neste método, são contabilizadas perdas de produtividade resultantes de doenças, custos médicos, custos hospitalares, custos de medicamentos e de qualquer outro fator que implique despesas.

5) Métodos de custos de mitigação - refere-se a uma estimativa do custo monetário para se manter ou alcançar esses padrões de qualidade ambiental, como, por exemplo, o nível máximo de emissão de efluentes determinado por legislação pertinente. Este método, também classificado como de custo de controle, enfoca a garantia da qualidade dos benefícios gerados à população PUGLIESI (2007). O tratamento de esgoto para evitar a poluição dos rios, a colocação de filtros em indústrias para o controle da poluição atmosférica ou a construção de terraços em uma propriedade agrícola, para se evitar a erosão e os seus impactos externos, são exemplos de custos de mitigação.

6) Método do custo de reposição (MCR) - este método refere-se a uma avaliação dos gastos necessários para repor a capacidade reprodutiva de um recurso natural, o qual tenha sido degradado. Ele apresenta uma das idéias intuitivas mais básicas, ou seja, a reparação do dano causado. Sua operacionalização ocorre pela agregação dos valores reais efetuados, a preços de mercado, pelo uso de alternativas tecnológicas capazes de restaurar ou reparar os efeitos negativos de um dano ambiental. O

reflorestamento em áreas desmatadas (matas ciliares, florestas nativas) e a aplicação de fertilizantes no solo para restauração ou para manutenção da produtividade agrícola são exemplos de ações restauradoras cujos custos podem ser estimados PUGLIESI (2007).

3.5. Valoração da erosão e sustentabilidade na atividade agrícola

A problemática da sustentabilidade na atividade agrícola está diretamente relacionada com os impactos ambientais, econômicos e sociais provocados pela utilização das tecnologias agrícolas (RODRIGUES et al., 2001). Ainda segundo o autor a discussão sobre o desenvolvimento rural sustentável envolve, fundamentalmente, a análise das escolhas técnicas feitas pelos produtores rurais e seus efeitos sobre a eficiência da produção e as externalidades ambientais geradas no processo.

Desse modo, a valoração econômica dos efeitos da erosão, utilizando-se, por exemplo, do método do custo de reposição, poderá fornecer informações e subsidiar estudos mais amplos sobre a sustentabilidade dos agroecossistemas, RODRIGUES et al. (2001).

Sob o ponto de vista econômico, o custo da erosão não depende da quantidade física de solo erodido, mas dos efeitos econômicos dessas perdas. Assim, os dados físicos do processo erosivo, isoladamente, não indicam as consequências econômicas da erosão, MARQUES J. F.; PAZZIANOTTO C. B. (2004).

O método comumente utilizado na valoração dos efeitos da erosão é o do custo de reposição dos nutrientes do solo, o qual parte da hipótese de que, ao perder as condições naturais de fertilidade, dado o impacto causado pela erosão hídrica, o ativo ambiental - solo - perde qualidade ambiental; e a reposição desta qualidade pode, em parte, pode ser restabelecida pela recuperação das condições necessárias à manutenção da qualidade do ativo ambiental, MARQUES & PEREIRA (2004). Para esses autores o uso do método do custo de reposição estima valores representativos dos custos ambientais, evidentemente associados aos efeitos internos à área de produção agrícola.

RODRIGUES (2005) avaliou, para a cultura da soja, que a adoção do plantio direto elevou o custo de produção em 0,47%, mas com a adição do custo de reposição de nutrientes do solo, este custo passou a ser 0,37% menor do que no plantio convencional. Isso comprovou, em uma situação de longo prazo, que o plantio direto é uma alternativa econômica mais atraente do que o plantio convencional, na medida em que áreas vão sendo praticamente inutilizadas para a exploração econômica em propriedades que utilizam métodos convencionais de cultivo. Para o cultivo do milho, RODRIGUES (2005) verificou que os custos de produção do plantio direto são 5,92% menores do que os referentes ao plantio convencional, o que demonstra sua maior eficiência econômica, devido à menor perda de nutrientes no processo produtivo.

Segundo FAVARETTO (2002), além do aspecto financeiro, há que se considerar ainda o ambiental relativo ao efeito das perdas de nutrientes por erosão hídrica nos locais de deposição destes. Segundo CAMPANOLA et al. (1997), um fator muito importante na diminuição do custo de produção de qualquer produto agrícola é a redução da perda de nutrientes por erosão do solo. Isso fica evidenciado quando se utiliza o método do custo de reposição de nutrientes (MCR), método este que relaciona a perda de nutrientes por erosão e a necessidade de reposição de nutrientes para manter a capacidade produtiva do solo.

Em um estudo, conduzido por MARQUES et al. (2003), em duas áreas da microbacia do córrego Taquara Branca em Sumaré (SP), uma com agricultura familiar (assentamento) e outra com agricultura empresarial (microbacia), foi demonstrado a aplicabilidade do método do custo de reposição a partir de perdas por erosão estimadas com a equação universal de perdas de solo. As perdas de solo por erosão foram convertidas em perdas de nutrientes e, ainda, de acordo com a composição do solo, em correspondentes perdas de fertilizantes.

No referido trabalho conduzido por MARQUES et al. (2003) foi determinada uma redução dos custos de reposição de nutrientes da ordem de R\$50,00 ha⁻¹ na microbacia e R\$72,00 ha⁻¹ para o assentamento. No assentamento, a economia nos custos anuais, com tal redução, seria da ordem de R\$120.000,00. Tais resultados, segundo os autores, estariam ligados à adoção de práticas conservacionistas. Foi determinado, por

exemplo, que os benefícios advindos da construção de terraços, na redução dos custos de reposição, seriam da ordem de 200% na microbacia e 272% no Assentamento. Deste modo, conclui-se que a adoção de práticas conservacionistas seriam extremamente lucrativas para os produtores. Além disto, haveria um ganho ambiental devido à redução dos impactos externos em virtude das menores taxas de erosão.

O princípio da determinação do valor econômico do ambiente, por meio do método, chamado de custo de reposição, sem ignorar as demais implicações extrínsecas à área agrícola, foi utilizado para avaliar os efeitos da erosão nas bacias dos rios Atibaia e Jaguari, como um estudo de caso, por MARQUES & PEREIRA (2004). Assim, foi possível estimar o chamado valor de uso. A partir desta perspectiva, pode-se afirmar que os valores econômicos dos danos ambientais causados pelo processo erosão, nas Bacias dos rios Atibaia e Jaguari, não representam o valor econômico total do ambiente. Em função de tais observações, faz-se necessário compreender as limitações do método de valoração e a natureza dos resultados obtidos.

O método de custo de reposição (MCR) tem por base o argumento de que, para cada tonelada de terra que se perde, existe um percentual de nutrientes químicos (nitrogênio, fósforo, potássio e outros micronutrientes) que se esvaem com a água e têm um preço de mercado proporcional aos fertilizantes comprados MARQUES & PEREIRA (2004); PUGLIESI (2007). Ainda segundo esses autores, este método (mesmo que não reflita o valor total da erosão do solo, pois erosão implica também a degradação da estrutura do solo, podendo inviabilizá-lo para a agricultura no futuro) é muito importante, pois avalia a perda de nutrientes com a erosão e o custo de sua reposição. Todas estas premissas evidenciam que as práticas de conservação do solo e da água são importantes não só para se obter uma viabilidade técnica e social, mas também econômica.

MARQUES & PAZZIANOTTO (2004) elaboraram um procedimento que enfoca o custo econômico da erosão do solo denominado “Estimativa pelo método do custo de reposição do nutriente (MCR)”. Este procedimento é composto basicamente de duas partes: uma teórica (conceito e formulação do custo de reposição de nutrientes) e outra

prática (simulação das perdas de solo e do correspondente custo econômico). O método do custo de reposição dos nutrientes perdidos na erosão associa-se diretamente às alterações ocorridas na produtividade dos fatores, no produto físico final da atividade econômica, resultando em modificações nos custos de produção e nas receitas obtidas pelas unidades econômicas que recebem os impactos ambientais, incluindo-se o custo social da erosão do solo (custo externo do processo de erosão do solo).

Não há grande número de estudos detalhados de custos, receitas, retorno técnico e econômico, custo de reposição de nutrientes, comparando a colheita manual (cana queimada) e a mecânica (cana crua). Entretanto, pode-se deduzir que se sedimentou e se generalizou a vantagem econômica do corte mecânico, tendo em vista o aumento da capacidade efetiva das máquinas, ampliado para a faixa de 70 t ha⁻¹, conforme experimento de FURLANI NETO et al. (1996), repercutindo na redução de custos fixos. Outro indício está na maior preocupação com a eliminação parcial, ou total, da utilização de herbicidas na soca e, ainda, em determinar diferenças em ganhos na qualidade da matéria-prima e na qualidade de extração, medidas pelo Brix, %caldo, Pol, %caldo, teor de fibra e outros atributos tecnológicos.

O Estado de São Paulo apresentou crescimento de 73% na área disponível para colheita entre as safras de 2003/04 e 2008/09, AGUIAR et al. (2009). Segundo esses autores, todas as regiões administrativas apresentaram crescimento gradativo entre as safras analisadas. As regiões administrativas com maiores expansões foram a de Presidente Prudente, São José do Rio Preto e Araçatuba, que também apresentam uma das menores porcentagens de extensão territorial ocupada pelo cultivo da cana-de-açúcar, o que tornam estas regiões com grande potencial de expansão, AGUIAR et al. (2009).

Considerando-se que as regiões de Presidente Prudente, São José do Rio Preto e Araçatuba, elas são compostas por solos de maior erodibilidade, pois possuem argila dispersa em água; e com isso formou-se o horizonte B textural, que facilita o processo de erosão, que por sua vez resulta na maior perda de nutrientes da composição do solo, como indicado por MARTINS FILHO et al. (2009). Daí a valoração dos custos de

reposição dos nutrientes parece relevante para a economicidade e sustentabilidade do cultivo de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo, já que o empresário da unidade de produção rural tem interesse na viabilidade técnica e social de seu processo produtivo, mas da mais importância na viabilidade econômica, MARQUES & PEREIRA (2004). Isto demonstra a relevância da proposta do presente trabalho que é mostrar ao empresário rural que conservar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo dá lucro, dessa forma tê-lo como aliado na racionalidade no uso do solo de forma sustentável.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Área de estudo

O presente trabalho foi desenvolvido em área de um empreendimento sucroalcooleiro localizada no município de Catanduva, noroeste do Estado de São Paulo, cujas coordenadas geográficas são: latitude 21° 05' S e longitude 49° 01' W. O clima, segundo a classificação de Köppen, é o denominado de clima tropical quente úmido, tipo Aw, seco no inverno, com precipitação média anual de 1.350 mm. A área apresenta um histórico de mais de 20 anos consecutivos com cultivo de cana-de-açúcar. O solo da área foi classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico A moderado EMBRAPA (1999), cujos valores dos principais atributos químicos e físicos são apresentados nas Tabelas 1 e 2, respectivamente.

TABELA 1. Atributos químicos do Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico A moderado.

Horizonte	Profundidade m	MO g dm ⁻³	pH CaCl ₂	P mg dm ⁻³	K	Ca	Mg	H+Al mmol _c dm ⁻³	Al	SB	CTC	V% %
A	0,0-0,20	15,7	5,1	34,2	2,3	19,6	8,7	24,2	0,7	30,8	55,1	55,4
B	0,0-0,80	8,7	5,0	7,9	0,9	20,8	8,1	22,9	1,5	30,5	52,8	55,7

TABELA 2. Atributos físicos do Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico A moderado.

Horizonte	Profundidade m	Argila	Silte	AT	AMG	AG	AM	AF	AMF
		----- g kg ⁻¹ -----							
A	0,0-0,20	180	31	789	0	4	73	531	181
B	0,60-0,80	325	28	647	0	0	49	435	163

AT = areia total; AMG = areia muito grossa; AG = areia grossa; AM = areia média; AF = areia fina e, AMF = areia muito fina.

A referida área foi selecionada pelo fato de ser bem representativa em termos médios de produção e produtividade, perdas de solo e nutrientes, custo médio de produção e receita média, das principais regiões canavieiras do Estado de São Paulo e, ainda, por já contar com experimentos realizados por pesquisadores do Departamento de Solos e Adubos da UNESP/Jaboticabal - SP, relacionados, em termos técnicos, com sistemas de colheita e perdas de solo e nutrientes por erosão em áreas sob cultivo de cana crua e queimada.

Na área do empreendimento sucroalcooleiro, dois processos de produção de cana - de - açúcar, diferenciados apenas pelo sistema de colheita, foram avaliados: 1) 100 ha no sistema de produção de cana crua (colheita mecânica); e 2) 100 ha no sistema de produção de cana queimada (colheita manual). Em cada uma das duas áreas, foram considerados 100 pontos georreferenciados, nos quais amostras de solo foram coletadas para fins de análises físicas e químicas por SANCHEZ (2003). A partir de tais análises, considerando-se resultados de pesquisas desenvolvidas por AMARAL (2003), LICCIOTI (2004), MARTINS FILHO (2007) e MARTINS FILHO et al. (2009), na área, estimaram-se as perdas de solo e nutrientes por erosão para os dois sistemas descritos.

Desta forma, para a realização da pesquisa, foi considerado, tanto para o cultivo da cana crua quanto para o da cana queimada, o mesmo tipo de solo, topografia semelhante com declividade média em torno de 0,052 mm⁻¹ e formato convexo, os mesmos ciclos produtivos, a mesma variedade de cana (SP - 3250) e tratos culturais

semelhantes, com diferenças apenas quanto ao fato de a cana ser colhida mecanicamente (cana crua) ou manualmente (cana queimada).

4.1.1 Dados relativos aos sistemas de produção de cana-de-açúcar

As informações relativas à quantidade de cana-de-açúcar produzida, área cultivada, produtividade, ciclo produtivo da lavoura, gastos com recursos fixos (máquinas e equipamentos, ferramentas, benfeitorias, terra, os impostos e taxas fixas) e variáveis (pesticidas, fungicidas, herbicidas, mão de obra temporária, conservação e manutenção de máquinas e equipamentos, manutenção e conservação de benfeitorias, despesa com energia elétrica, despesa com combustível, juros de custeio), preço por unidade do produto produzido; necessário à determinação do custo de reposição de nutrientes, foram obtidos junto aos técnicos e engenheiros agrônomos do setor administrativo e de produção do empreendimento sucroalcooleiro localizado em Catanduva - SP. O nome do empreendimento, conforme solicitação da empresa, não será textualmente expresso no presente trabalho. Todos os valores monetários obtidos foram atualizados pelo índice geral de preços da Fundação Getulio Vargas (IGP - FGV).

Todas as informações obtidas foram relativas ao período de Janeiro de 2002 a junho de 2007, ou seja, todo o ciclo produtivo da cana de açúcar. No período de janeiro de 2002 até o final de junho de 2002 (seis meses), deu-se a formação das lavouras de cana crua e da queimada, sendo que as despesas nesse período com a cana-planta resultou no valor por hectare da lavoura de cana que foi depreciada em cinco anos da sua vida útil.

4.2. Metodologia

4.2.1. Perda de solo e nutrientes por erosão

As informações relativas à quantificação das perdas de solo por erosão sob condições de cana crua e cana queimada, necessárias para a determinação do custo de reposição de nutrientes, foram estimadas por meio da equação universal de perdas de solo, proposta por WISCHMEIER & SMITH (1978) como:

$$A = R K L S C P \quad (1)$$

em que, A= perda de solo por unidade de área, $t \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$; R= fator de erosividade da chuva, $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$; K= fator de erodibilidade do solo, $t \text{ ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1} \text{ ha h}$; LS= fator para o efeito combinado do declive e do comprimento da rampa; C= fator cobertura e manejo do solo; P= fator práticas conservacionistas.

A erosividade média das chuvas (R) foi estimada em $7540,901 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, por meio de método proposto por LOMBARDI NETO et al. (2000). O fator erodibilidade (K) foi estimado utilizando a equação proposta por DENARDIN (1990):

$$K = 0,00000748 M + 0,004448059 p - 0,06631175 \text{ DMP} + 0,01039567 \text{ X32} \quad (2)$$

em que, M = novo silte (novo silte + nova areia); p = permeabilidade codificada segundo WISCHMEIER et al. (1971); DMP = diâmetro médio ponderado das partículas do solo inferiores a 2,00 mm; X32 = nova areia (MO/100); Novo silte = silte + areia muito fina, %; Nova areia = areia muito grossa + areia grossa + areia média + areia fina, %.

O valor médio do fator K estimado foi de $0,024 t \text{ ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1} \text{ ha h}$, o qual não diferiu significativamente, pelo teste t, daquele determinado por AMARAL (2003) e igual

a $0,023 \text{ t ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1} \text{ ha h}$, para o mesmo Argissolo do presente trabalho. O fator LS foi determinado como proposto por WISCHMEIER & SMITH (1978):

$$LS = (\lambda/22,13)^m (65,41 \text{ sen}^2 \theta + 4,56 \text{ sen } \theta + 0,065) \quad (3)$$

em que, λ = comprimento de rampa (m); m = expoente variável com a declividade do terreno; θ = ângulo do declive em graus.

O fator C foi determinado considerando-se as razões de perdas de solo por erosão apresentadas por AMARAL (2003) e SERRA (2004) e, ainda, a distribuição da erosividade das chuvas durante as safras de 2002/2003 a 2006/2007. Os procedimentos para a determinação do fator C foram os mesmos adotados por SERRA (2004). Neste trabalho, os valores de C estabelecidos e utilizados foram: 1) cana queimada - 0,16 (1º corte); 0,13 (2º corte), 0,16 (3º corte); 0,13 (4º corte); 0,13 (5º corte), e 2) cana crua - 0,16 (1º corte); 0,10 (2º corte); 0,09 (3º corte); 0,07 (4º corte); 0,06 (5º corte). Para o fator P, adotaram-se valores propostos por WISCHMEIER & SMITH (1978), em função da declividade do terreno. A tolerância de perdas de solo por erosão (T) foi determinada a partir de atributos do solo, conforme método proposto por OLIVIERA (2004), e estabelecida como sendo igual a $5,1 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$.

Os valores de perdas de solo por erosão foram submetidos ao Teste F, aplicado à análise da variância, e as médias foram confrontadas pelo teste de comparações múltiplas de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Análises de regressão foram conduzidas entre os dados de perdas de nutrientes e solo por erosão, os quais foram obtidos por AMARAL (2003) e LICCIOTI (2004). Os modelos ajustados foram utilizados em estimativas das perdas de nutrientes (PN) por erosão, para fins de valoração econômica destas perdas, como:

$$PN_P = 22,844 + 28,098 \log (A) \quad R^2 = 0,86^{**} \quad (4)$$

$$PN_K = 2,360 + 1,184 \log (A) \quad R^2 = 0,83^{**} \quad (5)$$

$$PN_{Ca} = 46,174 + 45,434 \log (A) \quad R^2 = 0,97^{**} \quad (6)$$

$$PN_{Mg} = 15,149 + 15,714 \log (A) \quad R^2 = 0,93^{**} \quad (7)$$

em que, PN_P = perdas de fósforo, $mg\ dm^{-3}$; PN_K = perdas de potássio, $mmol_c\ dm^{-3}$; PN_{Ca} = perda de cálcio, $mmol_c\ dm^{-3}$; PN_{Mg} = perda de magnésio, $mmol_c\ dm^{-3}$.

Para todas as análises estatísticas, foi utilizado o programa STATISTICA (STATSOFT, 1994).

4.2.2. Custo de reposição dos nutrientes perdidos por erosão

Para a valoração econômica do processo de erosão, foi utilizado o método custo de reposição (MCR), o qual é caracterizado pelos cálculos da perda de solo transformados em perdas de nutrientes, que devem ser proporcionalmente repostos por meio de adubação com fertilizantes comerciais. Portanto, esta despesa relacionada com a perda de nutrientes é denominada custo de reposição de nutrientes (CRN).

Utilizando o conceito de custo-reposição DIXON & HUFSCHMIDT (1986), foram avaliadas comparativamente as perdas de nutrientes (P, K, Ca e Mg) devidas à erosão hídrica do solo nos sistemas de cana crua (colheita mecânica) e queimada (colheita manual).

O custo de reposição dos nutrientes perdidos (CRN), no processo produtivo da cana-de-açúcar, foi tomado como uma medida do custo interno da erosão do solo na área cultivada e estabelecido utilizando-se da seguinte expressão descrita por MARQUES (1998) como:

$$CI_n = Q_n (P_n + C_n) \quad (8a)$$

em que, CI_n = custos internos da erosão a cada ano de colheita durante a vida útil da lavoura, $R\$ ha^{-1} ano^{-1}$; Q_n = quantidade de fertilizantes carregados pela erosão a cada ano da vida útil da lavoura, $kg ha^{-1} ano^{-1}$; P_n - preço dos fertilizantes repostos a cada ano

da vida útil da lavoura, R\$ kg⁻¹; C_n = custo de aplicação dos fertilizantes a cada ano da vida útil da lavoura, R\$ kg⁻¹; n = número do corte da cana.

Como o custo de aplicação foi incluso no preço do fertilizante, a expressão (P_n + C_n) ficou designada apenas P_n, gerando, portanto, a seguinte expressão para a determinação do custo anual da reposição de nutriente:

$$CI_n = Q_n P_n \quad (8b)$$

Para a aplicação da equação 8b, nas safras de 2002/2003 a 2006/2007, utilizou-se das perdas de solo por erosão hídrica obtidas com a equação 1, para os 100 pontos amostrados em cada uma das áreas com cana crua e cana queimada.

Para a determinação do custo total de reposição de nutrientes (CRN) durante toda a vida útil da lavoura da cana (cinco cortes), somaram-se todos os custos internos de reposição de nutrientes de cada ano da vida útil da lavoura. Para tanto se utilizou da seguinte função:

$$CRN = \sum_{i=1}^n P_n Q_n \quad (9)$$

em que, CRN = custos de reposição de nutrientes nos cinco cortes, R\$ ha⁻¹; i = período de tempo relativo a cada corte, ano; n = período de tempo total analisado (cinco anos), anos.

4.2.3. Custo de produção da cana-de-açúcar crua e da queimada

A determinação e a análise dos custos de produção foram realizadas com base em todas as despesas envolvidas na produção da cana crua e da cana queimada, no período de um corte ao outro, até terminar a vida útil do canavial, acrescido de seus custos de oportunidades e depreciações PEREIRA et al. (2007). Ainda segundo os autores, as depreciações lineares constituem um método de quantificar o custo de reposição de bens duradouros devido ao desgaste pelo uso, e função do valor atual e

da vida útil restante ou do valor inicial do bem e da vida útil total nos diversos períodos em que são utilizados.

- Cálculo da depreciação anual do canavial por hectare (cana crua e/ou queimada)

$$D_L = \frac{(VN-VR)}{\sum_{i=1}^n PROD_i} PROD_j \quad (10)$$

em que, D_L = Depreciação anual da lavoura de cana por hectare (R\$ ha⁻¹ ano⁻¹); VN = Valor de formação da lavoura por hectare (R\$ ha⁻¹); VR = Valor residual da lavoura por hectare (R\$ ha⁻¹); PROD_i = produtividade da cana em cada um dos cinco cortes (t ha⁻¹); PROD_j = Produtividade da cana no ano (j) em que se quer determinar a depreciação (t ha⁻¹); n = número de cortes da cana-de-açúcar (1 a 5). Obs: O valor residual da lavoura foi considerado igual a zero.

- Calculo da depreciação anual das benfeitorias por hectare (Cana crua e/ou queimada)

$$D_b = [(VN - VR) / VU_a] \times (T_o / A_c) \quad (11)$$

em que, D_b = Depreciação anual das benfeitorias por hectare (R\$ ha⁻¹ ano⁻¹); VN = Valor inicial do recurso (R\$); VR = Valor residual do recurso (R\$); VU_a = Vida útil (Anos); T_o = Taxa de ocupação do bem pela lavoura (%); A_c = Área com cana (100 ha).

- Cálculo da depreciação anual das máquinas e equipamentos por hectare de cana

$$D_{me} = [(VN - VR) / VU_h] \times HT_r \quad (12)$$

em que, D_{me} = Depreciação de máquinas e equipamentos por hectare no ano (R\$ ha⁻¹ ano⁻¹); VN = Valor inicial do recurso (R\$); VR = Valor residual do recurso (R\$); VU_h =

Vida útil do bem definido em horas (h); HT_r = Total de horas trabalhadas por hectare pelo bem no ano ($h\ ha^{-1}\ ano^{-1}$).

O custo de oportunidade representa um rendimento que certo recurso, em sua forma física ou monetária, estaria rendendo se estivesse sendo aplicado em outra atividade econômica que não aquela na qual esteja sendo aplicado, REIS (2001), NORONHA (1987); foi calculado à base da taxa de juros real ao ano (6% a.a.), valor este aproximado ao rendimento da caderneta de poupança, para cada recurso, exceto terras, cujo custo de oportunidade foi considerado o valor médio de arrendamento de terras na região. Para efeito de cálculos e análises, os custos foram divididos em fixos (despesas na utilização de recursos fixos, tais como: Máquinas e equipamentos, benfeitorias, terra, lavoura, impostos e taxas fixas) e variáveis (Conservação de máquinas e equipamentos, conservação de benfeitorias, conservação da lavoura, combustíveis, fertilizantes, pesticidas, fungicidas, cupinidas, formicidas, herbicidas, mão de obra, aluguel de máquinas e equipamentos, Juros sobre custeio e financiamentos, despesas gerais). Incluindo aí seus custos de oportunidade.

Resumidamente, determinou-se:

$$CT = CFT + CVT \quad (13)$$

$$CTMe = CT/Q \quad (14)$$

$$RMe = PMe \quad (15)$$

em que, CT = Custo total (R\$); CFT = Custo fixo total (R\$); CVT = Custo variável total (R\$); Q = quantidade produzida (T); CTMe = custo total médio ($R\ \$\ t^{-1}$); PMe = preço médio por tonelada de cana recebidos pelos produtores ($R\ \$\ t^{-1}$).

4.2.4. Indicadores de análise de investimentos

4.2.4.1. Valor presente líquido (VPL)

O Valor Presente Líquido (VPL) compara todas as entradas e saídas de dinheiro na data inicial da atividade, descontando todos os valores futuros do fluxo de caixa na taxa de juros k que mede o custo de capital. O critério do método do VPL estabelece que, enquanto o valor presente das entradas for maior que o valor presente das saídas, calculado com a taxa de juros k , que mede o custo de capital, o projeto ou alternativa de produção que apresentar o $VPL > 0$, é considerado viável economicamente, CONTADOR (2000), NORONHA (1987). E em uma comparação entre vários projetos alternativos, aquele que apresentar o maior valor do VPL, será o de maior retorno econômico, AFONSO JUNIOR et al. (2006) e LIPPONI, J. L. (1996).

Segundo AFONSO JUNIOR et al (2006), a expressão geral do VPL é:

$$VPL = I + \sum_{i=1}^n [L_t / (1+K)^t] + Q / (1+K)^n \quad (16)$$

em que, VPL = valor presente líquido, R\$ ha⁻¹; L_t = saldo líquido das receitas e despesas em cada ano (corte), R\$ ha⁻¹; K = taxa de juros ao ano (6%); I = investimento no ano zero (formação do canavial), R\$ ha⁻¹; Q = valor da lavoura no fim de sua vida útil, R\$ ha⁻¹; n = prazo de análise do projeto ou vida útil do canavial (cinco anos); t = tempo, ano.

Observação, o valor residual da lavoura no final de sua vida útil é zero. Nesse caso, a equação (16) fica como:

$$VPL = I + \sum_{t=1}^n [L_t / (1+K)^t] \quad (17)$$

Foram realizados estudos nas áreas cultivadas com cana crua (colheita mecanizada, sem a queima da palha antes da colheita) e na área com cana queimada (colheita manual com a queima da palha antes da colheita) por meio de uma avaliação do valor presente líquido (VPL) constatado (análise *expost*); Isso para saber a situação econômica alcançada por cada sistema de cultivo (cana crua e cana queimada) e posteriormente compará-las.

4.2.4.2. Taxa interna de retorno (TIR)

Taxa interna de retorno (TIR) é a taxa de juros que iguala a zero o valor presente líquido (VPL) do processo produtivo. É a taxa de desconto que iguala o valor presente dos benefícios de um projeto ao valor presente de seus custos, CONTADOR (2000), NORONHA (1987), RODRIGUES (2001).

Segundo AFONSO JUNIOR et al. (2006), a taxa interna de retorno (TIR) é aquele valor de (K) que torna o valor presente do fluxo líquido (VPL) igual à zero. Neste caso:

$$VPL = \sum_{t=1}^n [L_t / (1+K)^t] = 0 \quad (18)$$

Então K é a taxa interna de retorno (TIR).

$$VPL = \sum_{t=1}^n [L_t / (1+TIR)^t] = 0 \quad (19)$$

em que, TIR = taxa interna de retorno; VPL = valor presente líquido, R\$ ha⁻¹; I = investimento de capital na época zero (gasto na instalação do canavial, no período que vai do plantio até o sexto mês), (R\$ ha⁻¹); L_t = fluxo líquido de caixa (R\$); t = tempo, anos; n = prazo da análise do projeto ou vida útil (5 anos da formação do canavial ao último corte).

Comparativamente a atividade cana crua ou cana queimada que apresentou a maior taxa interna de retorno (TIR) em uma avaliação é a que teve o maior retorno econômico.

4.2.4.3. Relação benefício e custo (B/C)

Por este método é possível verificar se os benefícios são maiores que os custos, que faz com que a Rel. (B/C) seja positiva, indicando a viabilidade econômica da alternativa de produção, MARTA-PEDROSO et al. (2007).

Segundo AFONSO JUNIOR et al. (2006), quando a relação B/C for maior que um (1), o projeto é viável economicamente, pois implica um valor positivo do valor presente líquido (VPL) do projeto. Pode-se dizer ainda que a alternativa (no caso cana crua ou cana queimada) que apresentou a maior (Rel. B/C), comparativamente, é a mais viável economicamente.

Foi realizado um estudo nas áreas cultivadas com cana crua e com cana queimada através de uma avaliação da relação benefício / custo (Rel. B/C) para saber a situação econômica alcançada por cada uma delas e, comparativamente, qual desses dois sistemas de colheita é o mais viável levando em consideração a uma maior ou menor perda de nutrientes por erosão do solo, tendo em vista o processo erosivo.

$$\frac{B}{C} = \frac{1}{L_0} \left(\sum_{t=1}^n L_t (1 + K)^{-t} \right) \quad (20)$$

em que, o numerador mede o valor descontado dos benefícios adicionais líquidos devidos ao projeto e L_0 mede o valor presente do investimento. Quando usado desta forma, a relação B/C é obtida diretamente dos cálculos do VP (Valor presente), CONTADOR (2000), NORONHA (1987).

Parâmetros relativos as análises de custo de reposição dos nutrientes perdidos por erosão, custo de produção e dos indicadores de análise de investimentos, para cana-de-açúcar crua e da queimada, são apresentados nas Tabelas 1A a 12A.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 3 são apresentados os resultados relativos às perdas estimadas de solo e de nutrientes por erosão do solo, para períodos anteriores a cada corte, nas áreas cultivadas com cana crua e cana queimada, no município de Catanduva-SP, nas safras de 2002/2003 a 2006/2007.

Considerando-se que, para o Argissolo das duas áreas, a tolerância de perdas de solo por erosão (T) foi estimada como sendo de $5,1 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ por AMARAL (2003), é possível verificar que as perdas médias do 1º ao 5º corte foram superiores à tolerância, no sistema de cana queimada. Já para o sistema de cana crua, as perdas de solo por erosão foram inferiores à tolerância do 4º ao 5º corte. No início da implantação do sistema cana crua, as perdas de solo por erosão foram superiores a T. Tal fato pode ser explicado pela ausência até o 2º corte de cobertura vegetal por resíduos de cana-de-açúcar suficiente e eficiente para controlar a erosão em níveis toleráveis. As perdas de solo por erosões obtidas com a cana crua foram significativamente menores do 2º ao 5º corte. Tal resultado confirma observações de MARTINS FILHO et al. (2009), quanto à redução do processo de erosão pelo aumento da percentagem de cobertura oferecida ao solo por resíduos de cana-de-açúcar.

TABELA 3. Valores médios de perdas de solo e de nutrientes por erosão hídrica do solo, em sistemas de cultivo de cana crua e cana queimada, no município de Catanduva-SP, nas safras de 2002/2003 a 2006/2007 (1^o ao 5^o corte).

Ano Agrícola	Sistema de cultivo	Área da pesquisa (ha)	Perdas por erosão (kg ha ⁻¹ ano ⁻¹)			
			Solo	P	K	Ca + Mg
1 ^o corte 2002/2003	CANA CRUA	100	9.640 a	0,857	1,268	23,767
	CANA QUEIMADA	100	9.640 a	0,857	1,268	23,767
2 ^o corte 2003/2004	CANA CRUA	100	6.691 b	0,544	0,834	15,204
	CANA QUEIMADA	100	8.336 a	0,716	1,074	19,912
3 ^o corte 2004/2005	CANA CRUA	100	5.333 b	0,408	0,642	11,477
	CANA QUEIMADA	100	9.850 a	0,880	1,299	24,384
4 ^o corte 2005/2006	CANA CRUA	100	4.382 b	0,317	0,511	8,973
	CANA QUEIMADA	100	8.250 a	0,707	1,061	19,666
5 ^o corte 2006/2007	CANA CRUA	100	3.666 b	0,251	0,415	7,162
	CANA QUEIMADA	100	8.137 a	0,695	1,044	19,331

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, para uma mesma variável, não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Observa-se na tabela 3, que do final do plantio até o primeiro corte, ambos os sistemas (cana crua e cana queimada) apresentaram as mesmas perdas de solo (9,64 t ha⁻¹ ano⁻¹) e, conseqüentemente, as mesmas perdas de nutrientes por erosão 0, 857 t ha⁻¹ ano⁻¹ (P), 1,268 t ha⁻¹ ano⁻¹ (K) e 23,767 t ha⁻¹ ano⁻¹ (Ca + Mg). Isto ocorreu devido ao fato de os sistemas cana crua e cana queimada terem sido iniciados sob as mesmas condições, ou seja: 1) plantio da cultura na mesma época e classe de solo; 2) uso da mesma variedade de cana; 3) topografia semelhante; 4) tratos culturais iguais, e 5) as

mesmas precipitações pluviométricas. Até o início do primeiro corte as condições de erosividade, erodibilidade, topografia, cobertura vegetal e manejo do solo, e práticas de conservacionistas eram semelhantes para os dois sistemas de colheita. Como as amostras de solo foram coletadas pouco antes do início de cada corte, no primeiro corte a variável queima da cana não havia interferido no processo da perda de solo e nutrientes por erosão, em face de que a queima da palha deixa o solo desnudo e mais exposto às intempéries. Após o primeiro corte, a cana crua foi acumulando palha, e a cana queimada, provavelmente, em quantidade insuficiente para contribuir no controle da erosão. Este último aspecto contrapõe-se às observações de BERTOL et al. (2007), que o aumento da cobertura vegetal contribui no controle do processo de erosão.

AMARAL (2003) estimou perdas por erosão na faixa de $15,6 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ a $5,6 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, para o Argissolo do presente trabalho, considerando cobertura oferecida ao solo no intervalo de 50% a 100% por resíduos de cana-de-açúcar. No presente trabalho, as perdas obtidas com cana crua e a queimada foram inferiores à média estimada por AMARAL (2003), da ordem de $10,6 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. MARTINS FILHO et al. (2009) verificaram que há considerável enriquecimento do sedimento erodido por matéria orgânica e nutrientes, se a cobertura do solo por resíduos de cana-de-açúcar sobre a superfície do solo for igual ou inferior a 50%.

Na Tabela 3, observa-se perdas estimadas de nutrientes por erosão para cana queimada de $0,857$ a $0,695 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (P), $1,268$ a $1,044 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (K) e $23,767$ a $19,331 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (Ca+Mg) do 1º ao 5º corte. Para cana crua, foram estimadas perdas de nutrientes por erosão de $0,857$ a $0,251 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (P), $1,268$ a $0,415 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (K) e $23,767$ a $7,331 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (Ca+Mg) do 1º ao 5º corte. Todas as perdas observadas para cana queimada foram superiores às obtidas por MARTINS FILHO et al. (2009), em Argissolo com ausência completa de cobertura vegetal, sob condições de chuva simulada de 60 mm h^{-1} de intensidade ($0,440 \text{ kg ha}^{-1}$ de P); $0,420 \text{ kg ha}^{-1}$ de K e $2,900 \text{ kg ha}^{-1}$ de Ca + Mg). No caso da cana crua observa-se que as perdas de P e K só foram inferiores, àquelas obtidas por MARTINS FILHO et al. (2009), a partir do 3º ao 5º corte, respectivamente. Para Ca+Mg, entre o 1º e 5º corte, as perdas estimadas no presente trabalho foram superiores às obtidas por MARTINS FILHO et al. (2009). Disto

pode-se pressupor que, os resultados obtidos são devidos aos efeitos cumulativos da erosividade das chuvas em associação com as mudanças na cobertura vegetal e manejos oferecidos ao solo.

No sistema de cana queimada do primeiro até o quinto e último corte, ocorreu diminuição nas perdas por erosão da ordem de 15,59% de solo, 18,90% de fósforo, 17,66% de potássio e 18,66% para cálcio + magnésio. Sendo que, durante todo o ciclo produtivo da cana queimada, as perdas de solo e nutrientes foram elevadas em relação à cana crua, que por sua vez chegou ao último corte com reduções nas perdas por erosão de 61,97% para solo, 70,71% para fósforo, 67,27% para potássio e 69,86% para cálcio + magnésio, em relação ao primeiro corte. MARTINS FILHO et al. (2009) quantificaram reduções nas perdas de solo por erosão de 62% a 89% num Argissolo, com cobertura por resíduos de cana-de-açúcar em superfície de 50% a 100%. Já BEZERRA & CANTALICE (2006) determinaram reduções no processo de erosão em entressulcos de até 99%, para o efeito conjunto dossel + resíduos de cana-de-açúcar aos 12 meses de cultivo. De forma global e para todo o ciclo da cultura da cana-de-açúcar crua, no presente trabalho, observou-se diminuição das perdas de solo e nutrientes por erosão do 1º ao 5º corte. Provavelmente, no sistema de cana crua, a erosão do solo é reduzida porque há um decréscimo no número de operações de preparo e, também, pela presença de uma camada de resíduos que é deixada sobre a superfície após a colheita, como comprovaram trabalhos de WALTON et al. (2000), BEZERRA & CANTALICE (2006) e MARTINS FILHO (2007).

Observa - se, nas Tabelas 4 e 5, que o sistema de cana queimada apresentou o maior custo para repor nutrientes no solo erodido.

TABELA 4. Resultados técnicos e econômicos das perdas de nutrientes por erosão no sistema de cultivo de cana crua nas safras de 2002/2003 a 2006/2007 (1º ao 5º corte).

Corte	Nutrientes	PNUT	RFN	QFert	DFA	CRN VN	CRN VR
		R\$ ha ⁻¹ ano ⁻¹		R\$ ha ⁻¹ ano ⁻¹	R\$ kg ⁻¹	R\$ ha ⁻¹ ano ⁻¹	R\$ ha ⁻¹ ano ⁻¹
1º	P	0,86	5,55	4,76	0,76	3,62	4,48
	K	1,27	1,68	2,11	1,07	2,26	2,80
	Ca + Mg	23,77	2,52	59,91	0,40	23,96	29,67
Custo Total						29,84	36,96
2º	P	0,54	5,55	3,02	0,88	2,66	2,95
	K	1,27	1,67	1,39	1,22	2,32	2,57
	Ca + Mg	15,20	2,52	38,31	0,47	18,01	19,98
Custo Total						22,99	25,51
3º	P	0,41	5,55	2,27	0,87	1,97	2,95
	K	0,64	1,67	1,07	1,25	1,34	2,08
	Ca + Mg	11,48	2,52	29,92	0,41	11,86	1,42
Custo Total						15,17	16,05
4º	P	0,32	5,55	1,76	1,01	1,78	1,86
	K	0,51	1,67	0,85	1,44	1,23	1,28
	Ca + Mg	8,97	2,52	22,62	0,50	14,32	11,78
Custo Total						14,32	14,92
5º	P	0,21	5,55	1,39	1,10	1,53	1,53
	K	0,41	1,67	0,39	1,58	1,09	1,09
	Ca + Mg	7,16	2,52	18,05	0,53	9,56	9,56
Custo Total						12,18	12,18

PNUT = perda de nutrientes por erosão; RFN = relação fertilizante e nutriente; QFert. = quantidade de fertilizante aplicado; DFA = despesa com fertilizante aplicado; VN = valor nominal; VR = valor real; CRN = custo de reposição de nutrientes perdidos por erosão.

TABELA 5. Resultados técnicos e econômicos das perdas de nutrientes por erosão no sistema de cultivo de cana queimada nas safras de 2002/2003 a 2006/2007, (1º ao 5º corte).

Corte	Nutrientes	PNUT	RFN	QFert	DFA	CRN VN	CRN VR
		R\$ ha ⁻¹ ano ⁻¹		R\$ ha ⁻¹ ano ⁻¹	R\$ kg ⁻¹	R\$ ha ⁻¹ ano ⁻¹	R\$ ha ⁻¹ ano ⁻¹
1º	P	0,86	5,55	4,76	0,76	3,62	4,48
	K	1,27	1,68	2,11	1,07	2,26	2,80
	Ca + Mg	23,77	2,52	59,91	0,40	23,96	29,67
Custo Total						29,84	36,96
2º	P	0,72	5,55	3,98	0,88	3,50	3,88
	K	1,07	1,67	1,79	1,22	2,18	2,42
	Ca + Mg	19,91	2,52	50,20	0,47	23,59	26,17
Custo Total						29,27	32,48
3º	P	0,88	5,55	4,89	0,87	4,25	4,50
	K	1,30	1,67	2,16	1,25	2,71	2,87
	Ca + Mg	24,39	2,52	61,45	0,41	25,20	26,66
Custo Total						32,16	34,03
4º	P	0,71	5,55	3,93	1,01	3,97	4,14
	K	1,06	1,67	1,77	1,44	2,55	2,66
	Ca + Mg	19,67	2,52	49,58	0,50	24,79	25,82
Custo Total						31,31	32,62
5º	P	0,69	5,55	3,86	1,10	4,24	4,24
	K	1,04	1,67	1,74	1,58	2,75	2,75
	Ca + Mg	19,33	2,52	48,74	0,53	25,83	25,83
Custo Total						32,82	32,82

PNUT = perda de nutrientes por erosão; RFN = relação fertilizante e nutriente; QFert. = quantidade de fertilizante aplicado; DFA = despesa com fertilizante aplicado; VN = valor nominal; VR = valor real; CRN = custo de reposição de nutrientes perdidos por erosão.

Verifica-se nas Tabelas 4 e 5 que, para o primeiro corte, o custo de reposição de nutrientes perdidos por erosão do solo na área plantada com cana crua e cana queimada foi igual a R\$ 36,96 ha⁻¹ ano⁻¹. Este último valor é inferior ao obtido por BERTOL et al. (2007) de R\$ 62,35 ha⁻¹ ano⁻¹, em Cambissolo Húmico alumínico léptico, apresentando horizonte A moderado substrato composto por siltitos + argilitos e declividade média de 0,10 m m⁻¹, cultivado por 11 anos no sistema de preparo convencional com soja, trigo, ervilhaca, feijão, aveia e nabo forrageiro.

Os valores financeiros determinados para repor os nutrientes perdidos por erosão do solo, no sistema cana crua (corte mecanizado), na forma de superfosfato simples, cloreto de potássio e calcário, no período que vai do pós-plantio até o quinto corte, foram decrescentes e iguais a: 36,96 R\$ ha⁻¹ ano⁻¹ (1º corte), 25,51 R\$ ha⁻¹ ano⁻¹ (2º corte), 16,05 R\$ ha⁻¹ ano⁻¹ (3º corte), 14,92 R\$ ha⁻¹ ano⁻¹ (4º corte) e 12,18 R\$ ha⁻¹ ano⁻¹ (5º corte). A diferença entre o maior e o menor valor financeiro necessário para repor os nutrientes P, K e Ca+Mg foi de 24,78 R\$ ha⁻¹ ano⁻¹. Já para o sistema de cana queimada, os valores financeiros determinados para repor os nutrientes perdidos por erosão do solo na forma de superfosfato simples, cloreto de potássio e calcário, no período que vai do pós-plantio até o quinto corte foram também decrescentes e iguais a: 36,96 R\$ ha⁻¹ ano⁻¹ (1º corte), 32,48 R\$ ha⁻¹ ano⁻¹ (2º corte), 34,03 R\$ ha⁻¹ ano⁻¹ (3º corte), 32,62 R\$ ha⁻¹ ano⁻¹ (4º corte) e 32,82 R\$ ha⁻¹ ano⁻¹ (5º corte). A diferença entre o maior e o menor valor financeiro necessário para repor os nutrientes P, K e Ca+Mg foi de 4,48 R\$ ha⁻¹ ano⁻¹. Isto significa que a economia relativa, quanto ao custo de reposição de nutrientes, com a cana crua, chegou a ser até 5,5 vezes maior que com a cana queimada, considerando-se os valores monetários estabelecidos do 1º ao 5º corte (Tabelas 4 e 5).

As perdas médias anuais expressas como fertilizantes (P e K) e calcário (Ca+Mg), em termos monetários, totalizaram 21,12 R\$ ha⁻¹ ano⁻¹ nos sistemas de cana crua (Tabela 6), dos quais 12,5% (2,61 R\$ ha⁻¹ ano⁻¹) corresponderam ao P na forma de superfosfato simples, 8,2% (1,73 R\$ ha⁻¹ ano⁻¹) ao K na forma de cloreto de potássio e 79,3% (16,78 R\$ ha⁻¹ ano⁻¹) ao Ca+Mg na forma de calcário.

TABELA 6. Média dos resultados técnicos e econômicos das perdas de nutrientes (PN) por erosão por hectare de solo submetido ao cultivo da cana crua e cana queimada em área pesquisada no município de Catanduva-SP, no período: Julho de 2002 a junho de 2007, referentes aos cinco cortes.

Sistema de cultivo	Nutrientes perdidos (kg ha ⁻¹ ano ⁻¹)	Perda de nutrientes (kg ha ⁻¹ ano ⁻¹)	Fertilizante correspondente	RFN	Fertilizante a ser reposito (kg ha ⁻¹ ano ⁻¹)	Despesas com o fertilizante aplicado (R\$ kg ⁻¹)*	Custo de reposição do nutriente (R\$ ha ⁻¹ ano ⁻¹)	
							VN	VR
CANA CRUA	P	0,475	Superfosfato simples (18% de P ₂ O ₅)	5,555	2,639	0,92	2,43	2,61
QUEIMADA		0,771		5,555	4,283	0,92	3,94	4,24
CANA CRUA	K	0,734	Cloreto de potássio (60% de K ₂ O)	1,667	1,224	1,31	1,60	1,73
QUEIMADA		1,149		1,667	1,915	1,31	2,51	2,70
CANA CRUA	Ca + Mg	13,317	Calcário (32% de Ca+ 8% Mg)	2,520	33,559	0,46	15,44	16,78
QUEIMADA		21,412		2,520	53,978	0,46	24,83	26,99
Média do custo total por hectare da perda de nutrientes por erosão do solo na área com CANA CRUA nos cinco cortes (R\$ ha ⁻¹ ano ⁻¹).							19,47	21,12
Média do custo total por hectare da perda de nutrientes por erosão do solo na área com CANA QUEIMADA nos cinco cortes (R\$ ha ⁻¹ ano ⁻¹).							31,28	33,93

* Nas despesas com o fertilizante aplicado para reposição (R\$ kg⁻¹) estão incluídos o seu preço de mercado e o gasto na sua aplicação. VN (Valor nominal), VR (Valor real), RFN (relação fertilizante e nutriente). Os resultados financeiros da época foram atualizados em agosto de 2007 pelo IGP – FG.

No sistema de cana queimada, em termos monetários, as perdas médias anuais expressas como fertilizantes e calcários totalizaram 33,93 R\$ ha⁻¹ ano⁻¹ (Tabela 6), dos quais 12,6% (4,24 R\$ ha⁻¹ ano⁻¹) corresponderam ao P na forma de superfosfato simples, 8,0% (2,70 R\$ ha⁻¹ ano⁻¹) ao K na forma de cloreto de potássio e 79,4% (26,99 R\$ ha⁻¹ ano⁻¹) ao Ca+Mg na forma de calcário. Portanto, em termos monetários, Ca+Mg, na forma de calcário, foram os elementos que mais contribuíram para o custo de reposição de nutrientes por erosão hídrica. O mesmo comportamento não foi observado por BERTOL et al. (2007), para culturas anuais, visto que o K, na forma de cloreto, foi o elemento que mais contribuiu, em termos monetários (72,4%), na valoração das perdas de fertilizantes por erosão. Tal ocorrência na cultura de cana-de-açúcar não foi observada, provavelmente pelo manejo usual de aplicação de vinhaça nas áreas de cana crua e cana queimada. Esta última observação encontra respaldo em resultados obtidos por IZIDORIO et al. (2005) e MARTINS FILHO et al. (2009), quanto às perdas de K por erosão hídrica.

No sistema de cana crua, em termos monetários, as perdas médias anuais expressas como fertilizantes e calcários totalizaram 33,93 R\$ ha⁻¹ ano⁻¹ (Tabela 6), dos quais 12,6% (4,24 R\$ ha⁻¹ ano⁻¹) corresponderam ao P na forma de superfosfato simples, 8,0% (2,70 R\$ ha⁻¹ ano⁻¹) ao K na forma de cloreto de potássio e 79,4% (26,99 R\$ ha⁻¹ ano⁻¹) ao Ca+Mg na forma de calcário. Portanto, em termos monetários, Ca + Mg, na forma de calcário, foram os elementos que mais contribuíram para o custo de reposição de nutrientes por erosão hídrica. O mesmo comportamento não foi observado por BERTOL et al (2007), para culturas, visto que o K, na forma de cloreto, foi o elemento que mais contribuiu, em termos monetário (72,4%), na valoração das perdas de fertilizantes por erosão. Tal ocorrência na cultura da cana-de-açúcar não foi observada, provavelmente pelo manejo usual de aplicação de vinhaça nas áreas de cana crua e cana queimada. Esta última observação encontra respaldo em resultados obtidos por IZIDORIO et al. (2005) e MARTINS FILHO et al. (2009), quanto às perdas de K por erosão hídrica.

Cumprе ressaltar, para os sistemas de cana crua e queimada, que a contribuição percentual nos custos de reposição de nutrientes foi semelhante em termos de

superfosfato simples, cloreto de potássio e calcário. Contudo, tais custos de reposição foram reduzidos em 37,7% no sistema de cana crua em relação ao sistema de cana queimada (Tabela 6). Os resultados obtidos evidenciam a eficácia do sistema de cana crua na redução das perdas de nutrientes por erosão hídrica, em relação ao sistema de cana queimada. Há neste caso, entretanto, a necessidade de observar que as perdas ocorridas no sistema de cana crua não devem ser consideradas irrelevantes. Justifica-se tal observação, uma vez que, além do aspecto financeiro relativo às perdas de nutrientes, há os efeitos ambientais de tais perdas, como ressaltado por WALTON et al. (2000).

Nos sistemas em que fertilizantes e corretivos são aplicados em superfície, caso da cana crua, ou quando semi-incorporados ao solo, como no cultivo mínimo, a água da enxurrada e os sedimentos erodidos podem conter altas concentrações de nutrientes, como constatado por BERTOL et al. (2007), IZIDORIO et al. (2005) e MARTINS FILHO et al. (2009).

A cana crua, no 1^o corte, apresentou uma produtividade de 114,73 t ha⁻¹ (Tabela 7), bem próxima da obtida pela cana queimada 110,50 t ha⁻¹ (Tabela 8), o que já era esperado, visto que, até o primeiro corte, elas estavam em condições semelhantes, quanto à cobertura do solo e outras variáveis que interferem no processo de erosão do solo e na produtividade da cultura. O efeito da queimada se fez presente a partir do segundo corte em diante; daí a produtividade da cana queimada foi diminuindo ano a ano, com um grau de variação (queda na produtividade) maior do que a diminuição na produtividade corte a corte da cana crua, chegando ao quinto corte com uma produtividade de 66,04 t ha⁻¹ e com uma média anual de 83,96 t ha⁻¹ ano⁻¹ (Tabela 8).

A cana crua apresentou também uma diminuição na produtividade corte a corte, porém com uma variação pequena na queda de produtividade corte a corte, em comparação com a cana queimada. Logo, a cana crua chegou ao quinto corte com uma produtividade de 82,75 t ha⁻¹ e com uma média anual de 98,75 t ha⁻¹ ano⁻¹ (Tabela 7).

Observa-se, nas Tabelas 7 e 8, que o custo total médio (CTMe) para se produzir uma tonelada de cana foi menor para a cana crua em todos os cinco cortes. Em média, o CTMe foi de 29,60 R\$ t⁻¹ para cana crua e 32,71 R\$ t⁻¹ para a cana queimada. Isto

resultou em um lucro líquido médio de 5,70 R\$ t⁻¹ para a cana crua e de 2,59 R\$ t⁻¹ para a cana queimada. Daí a cana crua apresentou um retorno econômico superior ao da cana queimada, sendo que o empresário deixou de ganhar líquido 3,11 R\$ t⁻¹ pelo fato de queimar a cana na sua pré-colheita. Na área estudada de 100 ha de cana queimada, o lucro líquido não efetivado totalizou 26.111,56 R\$ ano⁻¹ (100 ha x 83,96 t⁻¹ ha⁻¹ ano⁻¹ x 3,11 R\$ t⁻¹). Este último valor é superior ao lucro líquido obtido, que foi de 21.745,64 R\$ ano⁻¹ (100 ha x 83,96 t⁻¹ ha⁻¹ ano⁻¹ x 2,59 R\$ t⁻¹).

TABELA 7. Produtividades, receitas e custos durante os cinco cortes da vida útil da cana crua, no município de Catanduva - SP, nas safras de 2002/2003 a 2006/2007.

ESPECIFICAÇÕES	ANO AGRÍCOLA						
	1º corte. (2002/03)	2º corte (2003/04)	3º corte (2004/05)	4º corte (2005/06)	5º corte (2006/07)	Média (5 cortes)	
PRODUTIVIDADE MÉDIA (Pm, t ha ⁻¹)	114,73	106,15	98,12	91,36	82,75	98,62	
CUSTO TOTAL (CT, R\$ ha ⁻¹)	VN	2.354,78	2.548,26	2.655,72	2.844,51	2.885,80	-
	VR	2.916,33	2.827,64	2.810,16	2.963,20	2.885,80	2.880,63
CUSTO TOTAL MÉDIO (CTMe, R\$ t ⁻¹)	VN	20,52	24,01	27,07	31,14	34,87	-
	VR	25,41	26,64	28,64	32,44	34,87	29,60
RECEITA MÉDIA (RMe, R\$ t ⁻¹)	VN	29,25	27,08	29,21	38,54	39,18	-
	VR	36,22	30,05	30,90	40,15	39,18	35,30
RECEITA BRUTA (RB, R\$ ha ⁻¹)	VN	3.355,85	2.874,54	2.866,09	3.521,01	3.242,15	-
	VR	4.156,13	3.189,69	3.032,38	3.667,93	3.242,15	3.457,66
LUCRO MÉDIO (LMe, R\$ t ⁻¹)	VN	8,73	3,07	2,14	7,40	4,31	-
	VR	10,81	3,41	2,26	7,71	4,31	5,70
LUCRO (L, R\$ ha ⁻¹)	VN	1.001,59	325,88	209,98	676,06	356,65	-
	VR	1.240,44	361,61	222,16	704,27	356,65	577,03

VR = Valor real; VN = Valor nominal. Custo de formação da lavoura: VN = 2.180,24 R\$ ha⁻¹ ; VR = 3.351,41 R\$ ha⁻¹. Os valores financeiros da época foram atualizados em agosto de 2007 pelo IGP - FGV.

TABELA 8. Produtividades, receitas e custos durante os cinco cortes da vida útil da cana queimada, no município de Catanduva - SP, nas safras de 2002/2003 a 2006/2007.

ESPECIFICAÇÕES	ANO AGRÍCOLA						
	1º corte (2002/03)	2º corte (2003/04)	3º corte (2004/05)	4º corte (2005/06)	5º corte (2006/07)	Média (5 cortes)	
PRODUTIVIDADE MÉDIA. (Pm, t ha ⁻¹)	110,50	91,26	80,10	71,90	66,04	83,96	
CUSTO TOTAL (CT, R\$ ha ⁻¹)	VN	2.402,33	2.456,29	2.403,39	2.521,91	2.542,66	-
	VR	2.975,22	2.725,59	2.542,83	2.627,14	2.542,66	2.682,69
CUSTO TOTAL MÉDIO (CTMe, R\$ t ⁻¹)	VN	21,74	26,91	30,00	35,07	38,50	-
	VR	26,92	29,86	31,74	36,53	38,50	32,71
RECEITA MÉDIA (RMe, R\$ t ⁻¹)	VN	29,25	27,08	29,21	38,54	39,18	-
	VR	36,23	30,05	30,90	40,15	39,18	35,30
RECEITA BRUTA (RB, R\$ ha ⁻¹)	VN	3.232,12	2.471,32	2.339,72	2.771,03	2.587,45	-
	VR	4.002,89	2.742,27	2.475,47	2.886,65	2.587,45	2.938,95
LUCRO MÉDIO (LMe, R\$ t ⁻¹)	VN	7,51	0,17	- 0,79	3,47	0,68	-
	VR	9,30	0,19	- 0,83	3,61	0,68	2,59
LUCRO (L, R\$ ha ⁻¹)	VN	829,79	15,51	- 63,28	249,49	44,91	-
	VR	1.027,57	17,21	- 67,28	259,90	44,91	256,46

VR = Valor real; VN = Valor nominal. Custo de formação da lavoura: (VN) = 2.205,73 R\$ ha⁻¹, VR = 3.390,59 R\$ ha⁻¹. Os valores financeiros da época foram atualizados em agosto de 2007 pelo IGP - FGV.

Considerando-se os valores médios dos cinco cortes, a cana crua apresentou um lucro Médio (LMe) de 562,13 R\$ ha⁻¹ ano⁻¹ (98,62 t ha⁻¹ x 5,70 R\$ t⁻¹), enquanto a cana queimada apresentou um LMe de 217,46 R\$ ha⁻¹ ano⁻¹ (83,96 t ha⁻¹ ano⁻¹ x 2,59 R\$ t⁻¹). Constata-se, pelos resultados obtidos, que só a diferença entre o LMe com a cana crua e com a cana queimada foi de R\$ 344,67 R\$ ha⁻¹ ano⁻¹, sendo superior ao LMe da cana queimada, que foi de 217,46 R\$ ha⁻¹ ano⁻¹.

Observa - se, na Tabela 7, que o lucro líquido (LMe), seja por tonelada, seja por hectare, com a cana colhida mecanicamente (cana crua), foi positivo em todos os cortes. O LMe teve o seu menor valor registrado no terceiro ano de colheita e foi igual a 2,26 R\$ t⁻¹ ou 222,16 R\$ ha⁻¹. Já o maior valor do lucro líquido ocorreu no primeiro corte, o qual foi de R\$ 10,81 t⁻¹ ou R\$ 1.240,44 ha⁻¹.

O lucro líquido médio por hectare ou por tonelada de cana colhida manualmente, com a prática da queima da palha antes do corte (cana queimada), foi negativo no terceiro corte, apresentando um prejuízo de 0,83 R\$ t⁻¹ ou 67,36 R\$ ha⁻¹ de cana colhida (Tabela 8). Esse prejuízo ocorreu justamente no ano em que houve a maior perda de solo e de nutrientes na área cultivada com cana queimada. Observa-se, ainda, na Tabela 8, que o maior lucro obtido pela cana queimada foi no primeiro corte e igual a 9,30 R\$ t⁻¹ ou 1.027,57 R\$ ha⁻¹, valor próximo ao obtido pela cana crua (Tabela 7). Isto ocorreu, principalmente, pelo fato de que, no período que antecede o primeiro corte, as lavouras de cana crua e de queimada estavam em situações semelhantes, quanto às variáveis que influenciam negativa ou positivamente no processo produtivo da cana.

O custo de aplicação de fertilizantes, no cultivo da cana crua, teve o seu maior valor de 582,84 R\$ ha⁻¹ ano⁻¹ no primeiro corte, decrescendo para 459,45 R\$ ha⁻¹ ano⁻¹ no segundo corte, e daí por diante foi aumentando corte a corte até o quinto e último (506,20 R\$ ha⁻¹ ano⁻¹). Em média, o custo total de utilização de fertilizantes foi de 504,60 R\$ ha⁻¹ ano⁻¹. A cana queimada apresentou a mesma tendência da cana crua, quanto aos gastos com fertilizantes, e com os valores bem próximos: 592,67 R\$ ha⁻¹ ano⁻¹ no 1º corte; 468,43 R\$ ha⁻¹ ano⁻¹ no 2º corte; 477,91 R\$ ha⁻¹ ano⁻¹ no 3º corte; 504,61 R\$ ha⁻¹ ano⁻¹ no 4º corte, e 516,01 R\$ ha⁻¹ ano⁻¹ no 5º corte, e com uma média anual de 511,93 R\$ ha⁻¹ ano⁻¹ com a cana queimada.

Observa-se, nas Tabelas 7 e 8, que a cana queimada apresentou maior custo de produção (CTMe) em relação à cana crua, devido principalmente a possuir maior custo de reposição de nutrientes perdidos por erosão do solo (CRN) em todos os cortes e menor produtividade (Tabelas 6). Acredita-se que isto ocorra em função do maior processo de erosão ocasionado pela diminuição da cobertura vegetal, diminuição do teor de matéria orgânica e da condutividade hidráulica do solo. Concordando com os resultados obtidos por IZIDORIO et al. (2005), MARTINS FILHO (2007a) e MARTINS FILHO et al. (2009).

Uma das variáveis que mais atuam no sentido de aumentar a renda líquida da atividade com cana crua é a diminuição da perda de nutrientes, que é um fator muito importante no aumento da produtividade. O contrário acontece com a cana queimada. Isto demonstra que, quando o produtor adota práticas mais sustentáveis de cultivo, o custo com a erosão é menor, como demonstrado PUGLIESI (2007); BERTOL et al. (2007).

Pode-se afirmar que a participação percentual do custo de reposição de nutrientes (CRN) no custo total de aplicação de fertilizante (CTAF), para cana crua, não apresentou variação acentuada do primeiro ao quinto corte (Tabela 9).

A participação percentual média do custo de reposição de nutrientes (CRN) no custo total de aplicação de fertilizantes (CTAF), para a cana queimada, foi de 6,60% a.a. (Tabela 10) e superior à da cana crua (Tabela 9), que foi de 4,13% ao ano. Isto demonstra a importância da manutenção dos resíduos vegetais na superfície do solo, para reduzir as perdas de nutrientes por erosão, o que contribui para diminuir o CRN e aumentar o retorno técnico e econômico com a utilização de um manejo conservacionista no processo produtivo das culturas, como demonstrado por RODRIGUES et al. (2001) e BERTOL et al. (2007).

O custo total de aplicação de fertilizante (CTAF) durante o ciclo produtivo da cana, nos cinco (5) cortes, em relação ao custo total (CT), resultou numa participação percentual de 17,32% para a cana crua (Tabela 9) e 19,09% para a cana queimada (Tabela 10). São Valores muito próximos para os dois sistemas de cultivo da cana-de-açúcar. Entretanto, em uma comparação entre cana crua e cana queimada, pode-se

dizer que a primeira tende a ter maior viabilidade econômica, pois apresenta uma menor participação percentual média do CRN no CTAF durante todo o ciclo produtivo da cana, além de apresentar também maior produtividade média.

TABELA 9. Participação percentual do custo do CRN no CTAF e do CTAF no CT da produção da cana crua no Município de Catanduva - SP, no período: Ano agrícola (Julho/Junho) de 2002/2003 até (julho/junho) de 2006/2007.

ESPECIFICAÇÕES	ANO AGRÍCOLA						MÉDIA
	1º Corte (2002/03)	2º Corte (2003/04)	3º Corte (2004/05)	4º Corte (2005/06)	5º Corte (2006/07)		
VALORES FINANCEIROS							
CRN (R\$ ha ⁻¹ ano ⁻¹)	VN	29,84	22,99	15,17	14,32	12,18	-
	VR	36,96	25,51	16,05	14,92	12,18	21,12
CTAF (R\$ ha ⁻¹ ano ⁻¹)	VN	471,39	414,05	453,18	475,19	506,20	-
	VR	583,81	459,45	479,47	495,02	506,20	504,60
CT (R\$ ha ⁻¹ ano ⁻¹)	VN	2.354,78	2.548,26	2.655,72	2.844,51	2.885,80	-
	VR	2.916,33	2.827,64	2.810,16	2.963,20	2.885,80	2.880,63
PARTICIPAÇÃO PERCENTUAL							
Do CRN no CTAF		6,33%	5,55%	3,35%	3,01%	2,41%	4,13%
Do CTAF no CT		20,02%	16,25%	16,10%	16,71%	17,54%	17,32%

VN = Valor nominal; VR = Valor real; CRN = custo de reposição de nutrientes em R\$ ha⁻¹; CTAF = custo total de aplicação de fertilizante em R\$ ha⁻¹; CT = custo total na produção de cana crua em R\$ ha⁻¹. Os valores financeiros da época foram atualizados em agosto de 2007 pelo IGP - FGV.

TABELA 10. Participação percentual do custo do CRN no CTAF e do CTAF no CT da produção da cana queimada no Município de Catanduva - SP, no período: Ano agrícola (Julho/Junho) de 2002/2003 até (julho/junho) de 2006/2007.

ESPECIFICAÇÕES	ANO AGRÍCOLA						MÉDIA
	1º Corte (2002/03)	2º Corte (2003/04)	3º Corte (2004/05)	4º Corte (2005/06)	5º Corte (2006/07)		
VALORES FINANCEIROS							
CRN (R\$ ha ⁻¹ ano ⁻¹)	VN	29,84	29,27	32,16	31,31	32,82	-
	VR	36,96	32,48	34,03	32,62	32,82	33,72
CTAF (R\$ ha ⁻¹ ano ⁻¹)	VN	478,55	422,15	451,70	484,40	516,01	-
	VR	592,67	468,43	477,91	504,61	516,01	511,93
CT (R\$ ha ⁻¹ ano ⁻¹)	VN	2.402,33	2.456,29	2.403,39	2.521,91	2.542,66	-
	VR	2.975,22	2.725,59	2.542,83	2.627,14	2.542,66	2.682,69
PARTICIPAÇÃO PERCENTUAL							
Do CRN no CTAF		6,24%	6,93%	7,12%	6,46%	6,36%	6,60%
Do CTAF no CT		19,92%	17,19%	18,79%	19,21%	20,29%	19,09%

VN (Valor nominal), VR (Valor real), CRN (custo de reposição de nutrientes perdidos em R\$ ha⁻¹), CTAF (custo total de aplicação de fertilizante em R\$ ha⁻¹), CT (custo total na produção de cana queimada em R\$ ha⁻¹). Os valores financeiros da época foram atualizados em agosto de 2007 pelo IGP - FGV.

Com base na relação benefício/custo (B/C), pode-se afirmar que a cana crua (Tabela 11) proporcionou um retorno econômico superior ao da cana queimada (Tabela 12), pois as receitas financeiras e econômicas geradas em seu processo produtivo são superiores em 10% sobre as suas despesas diretas e indiretas ocorridas no período

analisado; já a cana queimada apresentou um equilíbrio entre o valor investido e o retorno gerado, pois a relação (B/C) foi igual a 1,00 (um).

TABELA 11. Custos e investimentos, receitas e relação benefício e custo (B/C), taxa interna de retorno (TIR) e valor presente líquido (VPL) no processo produtivo da cana crua, considerando-se as perdas de nutrientes por erosão do solo, em área pesquisada no município de Catanduva-SP, nas safras de 2002/2003 a 2006/2007.

ANO AGRÍCOLA (JULHO/JUNHO)	CANAS CRUA (valores nominais)			CANAS CRUA *(valores reais)		
	CUSTOS E INVESTIM. (C ₁) (R\$ ha ⁻¹)	RECEITAS (R ₁) (R\$ ha ⁻¹)	(R ₁ - C ₁) (R\$ ha ⁻¹)	CUSTOS E INVESTIM. (C ₂) (R\$ ha ⁻¹)	RECEITAS (R ₂) (R\$ ha ⁻¹)	(R ₂ - C ₂) (R\$ ha ⁻¹)
PLANTIO (Jan/Fev/2002)	2.180,24	-	- 2.180,24	3.351,41	-	- 3.351,41
1 ^o CORTE (2002/2003)	1.849,97	3.355,85	1.505,88	2.291,19	4.156,22	1.865,03
2 ^o CORTE (2003/2004)	2.083,54	2.874,54	791,00	2.311,89	3.189,59	877,70
3 ^o CORTE (2004/2005)	2.222,03	2.866,09	644,06	2.350,91	3.032,32	681,41
4 ^o CORTE (2005/2006)	2.440,70	3.521,01	1.080,31	2.542,48	3.667,84	1.125,36
5 ^o CORTE (2006/2007)	2.519,98	3.242,15	722,17	2.519,98	3.242,15	722,17
TOTAL	13.296,46	15.859,64	2.563,18	15.367,86	17.288,12	1.920,26
REL (B/C) = 1,10	TIR = 20,63 %			VPL = R\$ 1.192,37 ha ⁻¹		

*Os valores financeiros da época foram atualizados em agosto de 2007 pelo IGP - FGV.

TABELA 12. Custos e investimentos, receitas e relação benefício e custo (B/C), taxa interna de retorno (TIR) e valor presente líquido (VPL) no processo produtivo da cana queimada, considerando-se as perdas de nutrientes por erosão do solo, em área pesquisada no município de Catanduva-SP, nas safras de 2002/2003 a 2006/2007.

ANO AGRÍCOLA (JULHO/JUNHO)	CANVA QUEIMADA (valores nominais)			CANVA QUEIMADA *(valores reais)		
	CUSTOS E INVESTIM. (C ₁) (R\$ ha ⁻¹ .)	RECEITAS (R ₁) (R\$ ha ⁻¹ .)	(R ₁ - C ₁) (R\$ ha ⁻¹ .)	CUSTOS E INVESTIM. (C ₂) (R\$ ha ⁻¹ .)	RECEITAS (R ₂) (R\$ ha ⁻¹ .)	(R ₂ - C ₂) (R\$ ha ⁻¹ .)
PLANTIO (Jan/Fev/2002)	2.205,73	-	- 2.205,73	3.390,59	-	- 3.390,59
1 ^o CORTE (2002/2003)	1.821,74	3.232,12	1.410,38	2.256,22	4.002,98	1.746,76
2 ^o CORTE (2003/2004)	1.977,18	2.471,32	494,14	2.193,88	2.742,18	548,30
3 ^o CORTE (2004/2005)	1.982,87	2.339,72	356,85	2.097,88	2.475,42	377,54
4 ^o CORTE (2005/2006)	2.144,44	2.771,03	626,59	2.233,86	2.886,58	652,72
5 ^o CORTE (2006/2007)	2.195,95	2.587,45	391,50	2.195,95	2.587,45	391,50
TOTAL	12.327,91	13.401,64	1.073,73	14.368,38	14.694,73	326,23
REL (B/C) = 1,00	TIR = 4,16 % a.a.			VPL = R\$ 128,16 ha ⁻¹		

* Os valores financeiros da época foram atualizados em agosto de 2007 pelo IGP - FGV.

Observa-se nas Tabelas 11 e 12, que a taxa interna de retorno (TIR) foi de 20,63% a.a. para a cana crua e de 4,16% a.a. para a cana queimada. Quanto maior o valor da TIR, maior será o retorno do capital investido SOUZA & CLEMENTE (2004). Pode-se dizer que a cana crua apresentou um retorno líquido de 20,63% sobre o

capital empatado, bem superior ao retorno conseguido pela cana queimada, que foi de 4,16%.

O valor presente líquido (VPL) comprova ainda mais que a colheita da cana sem a queima da palha na época da colheita é mais viável técnica e economicamente, pois a cana crua apresentou um VPL = R\$ 1.192,26 ha⁻¹ no período, já a cana queimada apresentou um VPL = R\$ 128,16 ha⁻¹ no período. Daí pode-se concluir que tanto a cana crua (Tabela 11) quanto à cana queimada (Tabela 12) apresentaram lucros, pois os valores presentes de suas entradas financeiras são superiores às despesas presentes do processo produtivo; porém, a colheita mecanizada apresenta um resultado econômico superior ao da colheita manual, pois a cana crua, durante a sua vida útil (ciclo produtivo), apresentou retorno líquido de R\$1.192,37 ha⁻¹ no período (cinco anos ou cinco cortes); já a cana queimada (Tabela 12) apresentou retorno líquido de R\$ 128,16 ha⁻¹ no período (cinco anos ou cinco cortes).

6. CONCLUSÕES

As maiores perdas de solo e de nutrientes por erosão ocorrem com a cana queimada, que são por ano agrícola e na média dos cinco cortes superiores àquelas da cana crua.

Por perder mais solo e nutrientes do que a cana crua, a cana queimada apresenta maior custo para repor os nutrientes perdidos por erosão do que a cana crua.

A cana queimada apresenta uma maior participação percentual do custo de reposição de nutrientes (CRN) no custo total de aplicação de fertilizantes (CTAF) (6,60% a.a.), do que a cana crua (4,13% a.a.), confirmando ser a reposição de fertilizantes mais onerosa para a cana queimada do que para a cana crua.

Há um maior custo de produção com a cana queimada, para cada tonelada de cana em todos os cortes, e conseqüentemente na média de cinco colheitas em relação à cana crua. Disto evidencia-se que a cana crua propicia um maior lucro médio durante toda vida útil da lavoura.

O retorno econômico da cana crua é superior ao da cana queimada, evidenciado por meio dos índices de análises de investimentos como valor presente líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR) e relação benefício/custo (B/C). Tais índices demonstram, pelos resultados obtidos, que é mais viável economicamente manter a palha da cana na superfície do solo do que queimá-la na pré-colheita.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo, procurou-se trabalhar com variáveis técnicas na busca de entendimento das implicações econômicas do processo de erosão, devido à adoção dos sistemas de cana crua e cana queimada, numa área produtora de cana-de-açúcar em Catanduva - SP. Para tanto, utilizou-se o método do custo de reposição de nutrientes perdidos por erosão.

No Brasil, são limitados os trabalhos quanto ao uso de métodos de valoração econômica ambiental. O que se verifica na literatura, conforme observado por PUGLIESI (2007), é que uma das maiores restrições refere-se à disponibilidade de dados básicos, tais como perdas de solo avaliadas diretamente e não por modelos.

Tudo isto limita avaliar de modo confiável as vantagens e desvantagens de métodos de valoração econômica dos recursos e fenômenos ambientais, a ponto de permitir configurar a relevância efetiva do uso de tais métodos.

Em função do exposto, os resultados obtidos neste trabalho, embora conclusivos, necessitam de adequado cuidado e análise em seu emprego, devido às incertezas associadas aos preços e a produtividade da cultura, o que evidentemente pode alterar as estimativas dos resultados projetados. Embora tais cuidados devam ser tomados, o método de valoração pelo estabelecimento do custo de reposição de nutrientes demonstrou ser adequado à análise pretendida neste trabalho.

8. REFERÊNCIAS

ADAMOWICZ, W. L. Valuation of environmental amenities. **Canadian Journal of Agricultural Economics**, Montreal, v. 39, n. 4, p. 609-618, 1991.

AFONSO JUNIOR, P.C.; OLIVIERA FILHO, D.; COSTA, D.R. Viabilidade econômica de produção de lenha de eucalipto para secagem de produtos agrícolas. **Engenharia Agrícola, Jaboticabal**, v. 26 n. 1, p. 28-35, 2006.

AGUIAR, D. A.; RUDORFF, B. F. T.; SILVA, W. F.; CARVALHO, M. A.; AULICINO, T. L. I. N.; BRANDÃO, D.; GOLTZ, E.; ADAMI, M.; SUGAWARA, L. M. **Mapeamento da colheita da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo – ano/safra 2007/2008**. São José dos Campos-SP: INPE, 2009. 65 p. (INPE-15724-RPQ/821).

AMARAL, N.S. do. **Variabilidade espacial da expectativa e risco de erosão num argissolo sob cultivo de cana-de-açúcar em Catanduva (SP)**. 2003. 74p. Monografia (Graduação) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/ UNESP, Jaboticabal.

ASSOULINE, S.; BEN-HUR, M. Effects of rainfall intensity and slope gradient on the dynamics of interrill erosion during soil surface sealing. **Catena**, Amsterdam, v.66, n.3, p. 211-220, 2006.

BAKKER, M.M.; GOVERS, G.; ROUNSEVELL, M.D.A. The crop productivity–erosion relationship: an analysis based on experimental work. **Catena**, Amsterdam, v.57, n.1, p.55-76, 2004.

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**, Viçosa, v.31, n.1, p.133-142, 2007.

BEZERRA, S. A.; CANTALICE, J. R. B. Erosão entre sulcos em diferentes condições de cobertura do solo, sob o cultivo da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 4, p. 565-573, 2006.

BRAUNBECK, O.A.; OLIVEIRA, J.T.A. Colheita de cana-de-açúcar com auxílio mecânico. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.26, n.1, p.300-308, 2006.

CAMPANHOLA, C.L.; ALFREDO J.; RODRIGUES, G. S. Agricultura e impacto ambiental. In: SIMPÓSIO SOBRE OS CERRADOS DO MEIONORTE, 1., 1997. Teresina. **Anais...** Teresina, Piauí: Embrapa, 1997. p. 159-168.

CASIMIRO FILHO, F. Valoração monetária de amenidades ambientais: algumas considerações. **Teoria e Evidência Econômica**, Passo Fundo, v. 7, n. 13, p. 53-68, 1999.

CASSOL, E. A.; CANTALICE, J. R. B.; REICHERT, J. M.; MONDARDO, A. Escoamento superficial e desagregação do solo em entressulcos em solo franco-argilo-arenoso com resíduos vegetais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 7, p. 685-690, 2004.

CHMELOVÁ, R.; SARAPATKA, B. Soil erosion by water: contemporary research methods and their use. **Geographica**, Olomuc, v. 37, n. 1, p. 23-30, 2002.

CONTADOR, C. R. **Projetos sociais**: avaliação e prática. São Paulo: Atlas, 2000. p. 375.

CORRÊA, A. A. M. Prejuízos com as perdas de solo nas áreas agrícolas, 2005. (Internet, <http://www.cnps.embrapa.br/search/planets/coluna14/coluna14.html>, 30-11-2005).

DENARDIN, J.E. **Erodibilidade do solo estimada por meio de parâmetros físicos e químicos**. 1990. 113 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1990.

DERPSCH, R. et al. Controle da erosão no Paraná, Brasil: Sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo. Convênio IAPAR e GTZ, Londrina - PR. 1990. 272 p.

DERPSCH, R. Agricultura Sustentável. In: O meio ambiente e o plantio direto: 29 - 48; editado por Helvécio Mattana Saturnino e John N. Landers. Brasília; EMBRAPA - SPI. 1997, 116 p.

DIAZ, M. C.; AMIN, M. M. Estimativa do valor ambiental de exaustão dos recursos minerais do Estado do Pará. **Amazonia**, São Paulo, v. 2, n. 1, p. 157-180, 2007.

DIXON, J. A.; HUFSCHEIDT, M. M. **Economic Valuation for the Environment: a case study** work book. Baltimore: The Johns Hopkins University Press, 1986.

ELETRONBRAS. Centrais Elétricas Brasileiras. **Metodologia de valoração das externalidades ambientais da geração hidrelétrica e termelétrica com vistas à sua incorporação no planejamento de longo prazo do setor elétrico**. Rio de Janeiro, 2000. 210 p.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro – RJ). **Sistema Brasileiro de**

classificação de solos. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.

FATOR BRASIL. **São Paulo investe em qualificação para aumentar produção de cana.** Disponível em: <
http://www.revistafatorbrasil.com.br/ver_noticia.php?not=79415>. Acesso em: 20 jan. 2009.

FAVARETTO, N. **Gypsum amendment and exchangeable calcium and magnesium related to water quality and plant nutrition.** 2002. 150 f. Tese (Ph.D - soil and environmental sciences) - Purdue University, West Lafayette, 2002.

FERREIRA, M. E. T. Aspectos agronômicos da queimada da cana-de-açúcar. In: REUNIÃO DO CENTRO DE ESTUDOS REGIONAIS, 1991, Ribeirão Preto. **Palestra...** Campus da Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, SP.

FOSTER, G. R. Modeling the erosion process. In: HAAN, C. T.; JOHNSON, H. P.; BRAKENSIEK, D. L. **Hydrologic modeling of small watersheds.** St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers, 1982. p. 296-380. (Monograph, 5).

FURLANI NETO, V. L.; RIPOLI, T. C. C.; VILLANOVA, N. A.; FO, A. A. Colheita mecanizada de cana crua e cana queimada: desempenhos e qualidades da matéria-prima. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 6., 1996, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: STAB, 1996. v. 1, p.533-541.

GONÇALVES, N.H. Manejo do solo para implantação da cana-de-açúcar. In: SEGATO, S. V.; PINTO, A. S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J.C.M. (Org.). **Atualização em produção de cana-de-açúcar.** Piracicaba: CP2, 2006. p. 93-103.

HERNANI, L.C.; KURIHARA, C.H.; SILVA W.M. Sistema de manejo de solos e perdas de nutrientes e matéria orgânica por erosão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, n.1, p.145-54, 1999.

IZIDORIO, R.; MARTINS FILHO, M.V.; MARQUES JÚNIOR, J.; SOUZA, Z.M.; PEREIRA, G. T. Perdas de nutrientes por erosão e sua distribuição espacial em área sob cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n.3, p.660-670, 2005.

KERN, J. S.; JOHNSON, M. G. Conservation Tillage Impacts on National Soil and Atmospheric Carbon Levels. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.57, n.1, p.200-210, 1993.

LAFLEN, J.M.; ROOSE, E. J. Methodologies for assessment of soil degradation due to water. In: LAL R.; BLUM, W. E H.; VALENTIN, C.; STEWART, B. A. **Methods of Assessment of Soil Degradation**. Boca Raton: CRC Press, p.31-55, 1997.

LICCIOTI, T.T. **Perdas de matéria orgânica e nutrientes por erosão num argissolo com resíduos vegetais sobre a superfície em área cultivada com cana-de-açúcar**. 2004. 40 f. Monografia (Trabalho de Graduação em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2004.

LIPPONI, J. L. **Avaliação de projetos e investimentos: modelos em Excel**. São Paulo: Laponi Treinamentos e Editora, 1996. 264 p.

LOMBARDI NETO, F.; DRUGOWICH, M. I. **Manual Técnico de Manejo e Conservação do Solo e Água**. CATI, Manual Técnico 38, Campinas - SP. 1994. 15 p.

LOMBARDI NETO, F.; PRUSKI, F.F.; TEIXEIRA, A. de F. **Sistema para cálculo da erosividade da chuva para o Estado de São Paulo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. 1 CD-ROM.

MACEDO, Z.L. **Os limites da economia na gestão ambiental**. Margem. São Paulo, n^o 15, p. 203-222, junho-2002.

MAIA, A. G. **Valoração de Recursos Ambientais**.183p. Dissertação (Mestrado em Economia) – Departamento de Economia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2002.

MAIA, A. G. ; ROMEIRO, A. R. ; REYDON, B. Ph. Valoração de Recursos Ambientais: Metodologias e Recomendações. Texto para discussão. Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas, n. 116, mar., 2004.

MAY, P. H.; LUSTOSA, M. C.; VINHA, V. (Org.). **Economia do meio ambiente: teoria e prática**. Rio de Janeiro: Elsevier Campus, 2003. 318 p.

MARQUES J. F; PAZZIANOTTO C. B. *Custos econômicos da erosão do solo: estimativa pelo método do custo de reposição de nutrientes*. EMBRAPA – Meio ambiente. sac@cnpma.embrapa.br. Novembro de 2004, EMBRAPA - Jaguariúna - SP. (Comunicado Técnico,23). Disponível em: <<http://www.cnpma.embrapa.br/analiseecon/>>. Acesso em: 20 dez. 2007.

MARQUES, J. F. (Org.); SKORUPA, L. A. (Org.); FERRAZ, J. M. G. (Org.). Indicadores de Sustentabilidade em Agroecossistemas. 1. ed. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2003. v. 1000. 281p.

MARQUES, J. F. Custos da erosão do solo em razão dos seus efeitos internos e externos à área de produção agrícola. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 36, n. 1, p. 61-79, 1998.

MARQUES, J.F.; PEREIRA, L.C. **Valoração econômica dos efeitos da erosão: estudo de caso em bacias hidrográficas.** Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2004. 21p. (Embrapa Meio Ambiente, documentos, 40).

MARTA-PEDROSO, C.; DOMINGOS, T.; FREITAS, H.; DE GROOT, R. S. Coast-benefit analysis of the zonal Program of Castro Verde (Portugal: highlighting the trade-off between biodiversity and soil conservation. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.97, n.1, p. 79-90, 2007.

MARTINS FILHO, M.V. **Modelagem do processo de erosão e padrão espacial da erodibilidade em entressulcos.** 2007a. 121 p. Tese (Livre-Docência) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal.

MARTINS FILHO, M.V. Manejo e conservação do solo em áreas de expansão e renovação de canavial. In: SEGATO, S. V.; FERNANDES, C.; PINTO, A. S. (Org.). **Expansão e renovação de canavial**, Piracicaba: CP2, 2007b. v. 2, p. 53-68.

MARTINS FILHO, M.V.; ENGLER, M.P.C.; IZIDORIO, R.; COTRIN, F.B.; SERRA, E. A.; AMARAL, N. S.; SOUZA, Z. M. Modelos para a estimativa do subfator cobertura-manejo (C_{III}) relativo à erosão entressulcos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.24, n. 3, p. 603-611, 2004.

MARTINS FILHO, M.V.; LICCIOTTI, T.T.; PEREIRA, G.T.; MARQUES JÚNIOR, J.; SANCHEZ, R.B. Perdas de solo e nutrientes por erosão num argissolo com resíduos vegetais de cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.29, n.1, p. 8-18, 2009.

MEYER, L. D.; FOSTER, G. R.; RÖMKENS, M. J. M. Source of soil eroded by water from upland slopes. In: AGRICULTURAL RESEARCH SERVICE. DEPARTMENT OF

AGRICULTURE. **Present and prospective technology for predicting sediment yields and sources.** Washington: Agricultural Research, 1975. p. 177-189.

MERICO, L. F. K. **Introdução à Economia Ecológica. 2.ed.** Blumenau: Edifurb, 2002.

NOWAK, P. J. et al. Economics and Soil Perspectives on T Values Relative to Soil Erosion and Crop Productivity. IN: STEWART, A; FOLLET, R.F. (Ed.). **Soil Erosion and Crop Productivity.** American Society of Agronomy, Madison, 1985. p.119-132.

NORONHA, J.F. **Projetos Agropecuários: Administração Financeira, Orçamentos e Viabilidade Econômica.** 2. ed. São Paulo: Atlas, 1987, 269 pág.

OLIVEIRA, F.P. de. **Determinação da tolerância de perdas por erosão para as principais Ordens de solos do Estado da Paraíba.** 2004. 92 f. Monografia (Trabalho de Graduação em Engenharia Agrônoma) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2004.

ORTIZ, R.A. Valoração econômica ambiental. In: MAY, P H.; LUSTOSA, M.C.; VINHA V.; da. **Economia do Meio Ambiente: teoria e prática.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.

PARSCH, L. D. ; KEISLING, T. C.; SAUER, P. A.; OLIVER, L. R.; CRABTREE, N. S. Economic Analysis of conservation and conventional tillage cropping systems on clayey soil in eastern Arkansas. **Agronomy Journal**, Madison, v. 93, n. 6, p. 1296-1304, 2001.

PEREIRA, M.W.G.; ARÊDES, A.F.; TEIXEIRA, E.C. Avaliação econômica do cultivo de trigo dos Estados do Rio Grande do Sul e Paraná. **Revista de Economia e Agronegócio**, Viçosa, v.5, n.4, p.591-610, 2007.

PUGLIESI, A.C.V. **Valoração econômica pelo método custo de reposição do efeito da erosão em sistemas de produção agrícola.** Campinas – SP. 2007. 158p.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola, Campinas.

REIS, R. P. **Fundamentos de economia aplicada**. Lavras: UFLA / FAEPE, 2001. 84 p.

RODRIGUES, W. Valoração Econômica dos Impactos Ambientais de Tecnologias de Plantio em Região de Cerrados. **Revista Brasileira de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v.43, n.1, p.135-153, 2005.

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

SANCHEZ, R.B. **Zonas de manejo caracterizadas por meio de pedoformas em área sob cultivo de cana-de-açúcar**. 2003. 140 f. Dissertação. (Mestrado em Ciência do Solo) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2003.

SCHAEFER, C.E.R.; ALBUQUERQUE, M.A.; ALBUQUERQUE-FILHO, M.R.; PAIVA, K.W.N.; PRUSKI, F.F. ; SILVA, D.D. Perdas de solo, nutriente, matéria orgânica e efeitos microestruturais em Argissolo Vermelho-Amarelo sob chuva simulada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.5, p.669-678, 2002.

SERÔA DA MOTTA, R. **Manual para Valoração Econômica de Recursos Ambientais**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. 1. ed. v.1. 1998. 218p.

SERRA, E.A. **Expectativa e risco de erosão dos solos da FCAV/UNESP – Jaboticabal (SP)**. 2004. 75f. Monografia (Trabalho de graduação em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2004.

SOUZA, A.; CLEMENTE, A. **Decisões financeiras e análise de investimentos**. São Paulo: Atlas, 2004. 178p.

SOUZA, Z.M. de; MARQUES JUNIOR, J.; PEREIRA., G.T. Variabilidade espacial da estabilidade de agregados e matéria orgânica do solo sob cultivo de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39. n.5, p.491-499, 2004.

STATSOFT. **Statistica**: Quick reference. Tulsa: StatSoft, 1994. 148p. TISPDELL, C. A. **Economics of environmental conservation**: economics for environmental and ecological management. Amsterdam: Elsevier Science, 1991. 233 p.

TISPDELL, C. A. **Economics of environmental conservation**: economics for environmental and ecological management. Amsterdam: Elsevier Science, 1991. 233 p.

TOLEDO, P. E. N. de; YOSHII, R. J.; OTANI, M. N. Avaliação do potencial de uso das colheitadeiras de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 21, n. 6, p. 13-20, 1991.

TORQUATO, S.A.; MARTINS, R.; RAMOS, F.S. Cana-de-açúcar no Estado de São Paulo: eficiência econômica das regiões novas e tradicionais de produção. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.39, n.5, p.92-99, 2009.

UDOP. UNIÃO DOS PRODUTORES DE BIOENERGIA. *Ranking dos estados produtores, Brasil – cana-de-açúcar*. 2007. Disponível em: <[http://docs.google.com/qview?a=v&q=cache: DQChBzpOv9IJ:www.udop.com](http://docs.google.com/qview?a=v&q=cache:DQChBzpOv9IJ:www.udop.com)>. Acesso em: 18 dez. 2007.

ÚNICA. UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR. Cresce mecanização na colheita de cana-de-açúcar em São Paulo. Maio de 2009. Disponível em: **Erro! A referência de hiperlink não é válida.** Acesso em: 18 set. 2009.

WALTON, R.S.; VOLKER, R.E.; BRISTOW, K.L.; SMETTEM, K.R.J. Experimental examination of solute transport by surface runoff from low-angle slopes. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v.233, n.1-4, p.19-36, 2000.

WISCHMEIER, W. H.; JOHNSON, C. B.; CROSS, B. V. A soil erodibility nomograph for farmland and construction sites. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v.25, n.5, p. 183-189, 1971.

WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. **Predicting rainfall erosion losses**: a guide to conservation planning. Washington: U.S. Department of Agriculture, 1978. 58p. (USDA. Handbook, 5).

ZHANG, X. C.; NEARING, M. A.; MILLER, W. P.; NORTON, L. D.; WEST, L. T. Modeling interrill sediment delivery. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v.62, n. 2, p. 438-444, 1998.

APÊNDICE

TABELA 1A - Custo de formação da cana-de-açúcar queimada por hectare na área. No período de janeiro a junho de 2002.

ESPECIFICAÇÕES	MEDIDAS		RENDIMENTOS		OPERA- ÇÕES (Op. ha ⁻¹)	CUSTO (R\$ ha ⁻¹)
	R\$ U ⁻¹	UNIDADE (U)				
CUSTO DE OPORTUNIDADE DA TERRA	24,97	t	13	t ha ⁻¹	0,5	162,31
PREPARO DO SOLO						387,45
- Gradagem (Trator pesado)	51,50	h - m	1,2	ha / h-m	4,0	171,67
- Subsolagem (Trator pesado)	51,50	h - m	0,8	ha / h-m	1,0	64,36
- Curvas de níveis (Trator pesado)	51,50	h - m	4,6	ha / h -m	1,0	11,20
- Encabeçamentos (Motoniveladora)	71,25	h - m	4,0	ha / h -m	1,0	17,80
- Análise do solo	0,78	ha			1,0	0,78
- Calcário (Dolomítico)	53,00	t	2	t ha ⁻¹	1,0	106,00
- Serv. aplicação do calcário (trator médio)	31,28	h - m	2	ha / h -m	1,0	15,64
CUSTO DO PLANTIO						1401,40
SULCAÇÃO						384,92
- Sulcação (Trator pesado)	51,50	h - m	1,2	ha / h -m	1,0	42,90
- Fertilizantes: Adubo líquido (04-12-10)	0,38	l	900	l ha ⁻¹	1,0	342,00
MUDAS.						450,00
- Mudas de cana-de-açúcar	40,00	t	10	t ha ⁻¹	1,0	400,00
- Transporte de mudas	150,00	d - h	3	ha / d - h	1,0	50,00
PLANTIO.						388,42
- Plantio (Mão de obra)	58,42	d - h	0,375	ha / d - h	1,0	155,78
- Cobrimento (Trator médio)	31,28	h - m	2,00	ha / h -m	1,0	15,64
- Cobrimento - inseticida	192,00	ha	1,0	ha / h -m	1,0	192,00
- Retampa	25,00	d - h	1	ha / d - h	1,0	25,00
HERBICIDA.						184,08
- Aplicação de herbicida (Trator médio)	31,28	h - m	2,00	ha / h -m	1,0	15,64
- Herbicida	163,64	ha	-	R\$ ha ⁻¹	1,0	163,64
- Transporte da água	4,80	ha	-	R\$ ha ⁻¹	1,0	4,80
DESPESAS ADMINISTRATIVAS	224,81	ha	-	-	1,0	224,81
CUSTO DE OPORTUNIDADE (6% a.a.)	29,76	ha	-	-	1,0	29,76
CUSTO TOTAL (FORMAÇÃO DO CANAVIAL)	-	-	-	-	-	2.205,73

*A lavoura foi formada no período de janeiro a junho de 2002. Sendo: h-m (hora máquina), d-h (dia - homem), t (tonelada), ha (hectare), ha / h - m (numero de hectares preparados por hora de trabalho da máquina), ha / d - h (numero de hectares trabalhados por cada dia homem de serviço). Para o cálculo do custo de oportunidade da terra foi considerado o valor médio de aluguel da terra (ARGISSOLO) na região de Catanduva - SP. No item administração entra: Despesas com (Impostos, Taxas, Contabilidade, Energia elétrica, Telefone, Administração, Depreciação de benfeitorias, etc.).

TABELA 2A - Custo de produção da cana-de-açúcar queimada, ano agrícola julho/Junho (2002/2003), 1^o CORTE.

ESPECIFICAÇÕES	MEDIDAS		RENDIMENTOS		OPERA- -ÇÕES (OP. ha ⁻¹)	CUSTOS (R\$ ha ⁻¹)
	R\$ U ⁻¹	U				
CUSTO DA TERRA						380,25
- Custo de oportunidade da terra	29,25	t	13	t ha ⁻¹	1,0	380,25
CONSERVAÇÃO DA LAVOURA						355,87
- Manutenção da cana-planta (M.D.O)	25,00	d -h	2	ha/d-h	1,0	50,00
- Aplicação manual de herbicida	25,00	d -h	2	ha/(d-h)	1,0	50,00
- Despesa com herbicida	25,00	kg	2	kg ha ⁻¹	1,0	50,00
- Combate a formigas, Cupins, outras pragas.	151,10				1,0	151,10
- Reparo do sistema de conservação do solo	25,00	d -h	1	ha/d-h	1,0	25,00
- Adubação 10-00-10 (Adubo e aplicação)	0,27	l	110	l ha ⁻¹	1,0	29,77
COLHEITA DA CANA						773,48
- Despalhamento	0,43	ha			1,0	0,43
- Corte	3,72	t	110,50	t ha ⁻¹	1,0	411,06
- Carregamento	0,79	t	110,50	t ha ⁻¹	1,0	87,29
- Reboque	0,88	t	110,50	t ha ⁻¹	1,0	96,80
- Transporte	1,61	t	110,50	t ha ⁻¹	1,0	177,90
ADMINISTRAÇÃO	254,57	ha			1,0	254,57
DEPRECIÇÃO DA LAVOURA	580,59	ha			1,0	580,59
CUSTO DE OPORTUNIDADE (6% a.a.)	57,57	ha			1,0	57,57
CUSTO TOTAL POR HECTARE						2.402,33

Para o cálculo do custo de oportunidade da terra foi considerado o valor médio de aluguel da terra (ARGISSOLO) na região de Catanduva - SP para o cultivo da cana - de - açúcar, no ano agrícola Julho/Junho (2002/2003). No item administração entra: Despesas com (Impostos, Taxas, Contabilidade, Energia elétrica, Telefone, Administração, Depreciação de benfeitorias, etc.). Sendo: h-m (hora máquina), d-h (dia - homem), t (tonelada), ha (hectare), ha / h - m (numero de hectares preparados por hora de trabalho da máquina), ha / d - h (numero de hectares trabalhados por cada dia homem de serviço).

TABELA 3A - Custo de produção da cana-de-açúcar queimada, ano agrícola julho/Junho (2003/2004), 2^o CORTE.

ESPECIFICAÇÕES	MEDIDAS		RENDIMENTOS		OPERA- - ÇÕES (Op. ha ⁻¹)	CUSTOS (R\$ ha ⁻¹)
	R\$ U ⁻¹	U				
CUSTO DA TERRA						352,04
- Custo de oportunidade da terra	27,08	t	13	t ha ⁻¹	1,0	352,04
TRATO CULTURAL DA CANA-SOCA						610,48
FERTILIZANTES						422,15
- Custo da análise do solo	0,80	ha			1,0	0,80
- C.T.A ¹ do fertilizante: Adubo líquido	0,65	l	350	l ha ⁻¹	1,0	227,17
- Custo e transporte da Vinhaça.	154,42	ha			1,0	154,42
- Aplicação da vinhaça (Rolão aplicador)	39,76	ha			1,0	39,76
HERBICIDA						188,33
- Custo do Herbicida	168,00	ha		R\$ha ⁻¹	1,0	168,00
- Serviço de aplicação	31,28	h - m	2	ha/h-m	1,0	15,64
- Transporte de água	4,69	ha		R\$ha ⁻¹	1,0	4,69
COLHEITA DA CANA						683,08
- Despalhamento	0,46	ha			1,0	0,46
- Corte	3,98	t	91,26	tha ⁻¹	1,0	363,21
- Carregamento	0,84	t	91,26	tha ⁻¹	1,0	76,66
- Reboque	0,94	t	91,26	tha ⁻¹	1,0	85,78
- Transporte	1,72	t	91,26	tha ⁻¹	1,0	156,97
DEPRECIÇÃO DA LAVOURA	479,11	ha			1,0	479,11
ADMINISTRAÇÃO	272,06	ha			1,0	272,06
- (Impostos, Taxas, Contabilidade, Energia						
elétrica, Telefone, Administração, Depreciação						
de benfeitorias, etc.)					1,0	
CUSTO DE OPORTUNIDADE (6%)	59,56	ha			1,0	59,56
CUSTO TOTAL POR HECTARE						2.456,29

Para o cálculo do custo de oportunidade da terra foi considerado o valor médio de aluguel da terra (ARGISSOLO) na região de Catanduva - SP, para o cultivo da cana - de - açúcar, no ano agrícola Julho/Junho (2003/2004). No item administração entra: Despesas com (Impostos, Taxas, Contabilidade, Energia elétrica, Telefone, Administração, Depreciação de benfeitorias, etc.). Sendo: h-m (hora máquina), d-h (dia - homem), t (tonelada), ha (hectare), ha / h - m (numero de hectares preparados por hora de trabalho da máquina), ha / d - h (numero de hectares trabalhados por cada dia homem de serviço).

TABELA 4A - Custo de produção da cana-de-açúcar queimada, ano agrícola julho/Junho (2004/2005), 3^o CORTE.

ESPECIFICAÇÕES	MEDIDAS		RENDIMENTOS		OPERA- - ÇÕES (Op. ha ⁻¹)	CUSTO R\$ ha ¹
	R\$ U ⁻¹	U				
CUSTO DA TERRA						379,73
- Custo de oportunidade da terra	29,21	t	13	t ha ⁻¹	1,0	379,73
TRATO CULTURAL DA CANA-SOCA						652,11
FERTILIZANTES						451,70
- Custo da análise do solo	0,85	ha			1,0	0,85
- Custo do fertilizante líquido (20-00-00)	0,28	l	1.400	l/ha	1,0	392,00
- Aplicação (Tr.pesado), transporte e guincho	58,85	ha			1,0	58,85
HERBICIDA						200,41
- Custo do Herbicida	179,76				1,0	179,76
- Serviço de aplicação	31,28	h-m	2	ha/h	1,0	15,64
- Transporte de água	160,32	dia	32	ha/dia	1,0	5,01
COLHEITA DA CANA						640,48
- Despalhamento	0,48	ha			1,0	0,48
- Corte	4,26	t	80,10	tha ⁻¹	1,0	341,23
- Carregamento	0,89	t	80,10	tha ⁻¹	1,0	71,29
- Reboque	1,00	t	80,10	tha ⁻¹	1,0	80,10
- Transporte	1,84	t	80,10	tha ⁻¹	1,0	147,38
DEPRECIÇÃO DA LAVOURA	420,52	ha			1,0	420,52
ADMINISTRAÇÃO	252,91	ha			1,0	252,91
- (Impostos, Taxas, Contabilidade, Energia Elétrica, Telefone, Administração, Depreciação de Benfeitorias, etc.)					1,0	252,91
CUSTO DE OPORTUNIDADE (6%)	58,98	ha			1,0	58,98
CUSTO TOTAL POR HECTARE						2.403,39

Para o cálculo do custo de oportunidade da terra foi considerado o valor médio de aluguel da terra (ARGISSOLO) na região de Catanduva - SP, para o cultivo da cana - de - açúcar, no ano agrícola Julho/Junho (2004/2005). No item administração entra: Despesas com - (Impostos, Taxas, Contabilidade, Energia elétrica, Telefone, Administração, Depreciação de benfeitorias, etc.). Sendo: h-m (hora máquina), d-h (dia - homem), t (tonelada), ha (hectare), ha / h - m (numero de hectares preparados por hora de trabalho da máquina), ha / d - h (numero de hectares trabalhados por cada dia homem de serviço).

TABELA 5A - Custo de produção da cana-de-açúcar queimada, ano agrícola julho/Junho (2005/2006), 4^o CORTE.

ESPECIFICAÇÕES	MEDIDAS		RENDIMENTOS		OPERA- - ÇÕES (Op. ha ⁻¹)	CUSTO (R\$ ha ⁻¹)
	R\$ U ⁻¹	U				
CUSTO DA TERRA						501,02
- Custo de oportunidade da terra	38,54	t	13	t ha ⁻¹	1,0	501,02
TRATO CULTURAL DA CANA SOCA						700,01
FERTILIZANTES						484,40
- Custo da análise do solo	0,90	ha			1,0	0,90
- Fertilizante: Adubo líquido (20-00-00).	0,28	l	1.050	l ha ⁻¹	1,0	280,00
- Custo e transporte da Vinhaça.	159,50	ha			1,0	159,50
- Aplicação da vinhaça (Rolão aplicador)	44,00	ha			1,0	44,00
HERBICIDA						215,61
- Custo do Herbicida	192,34				1,0	192,34
- Serviço de aplicação	35,81	h - m	2	ha/h-m	1,0	17,91
- Transporte de água	171,52	dia	32	ha/dia	1,0	5,36
COLHEITA DA CANA						610,25
- Despalhamento	0,51	ha			1,0	0,48
- Corte	4,56	t	71,90	t ha ⁻¹	1,0	327,86
- Carregamento	0,95	t	71,90	t ha ⁻¹	1,0	68,31
- Reboque	1,07	t	71,90	t ha ⁻¹	1,0	76,93
- Transporte	1,97	t	71,90	t ha ⁻¹	1,0	171,64
DEPRECIÇÃO DA LAVOURA	377,47	ha			1,0	377,47
ADMINISTRAÇÃO	275,96	ha				275,96
- (Impostos, Taxas, Contabilidade, Energia elétrica, Telefone, Administração, Depreciação de benfeitorias, etc.)					1,0	275,96
CUSTO DE OPORTUNIDADE (6% a.a.)	57,20	ha			1,0	57,20
CUSTO TOTAL POR HECTARE						2.521,91

Para o cálculo do custo de oportunidade da terra foi considerado o valor médio de aluguel da terra (ARGISSOLO) na região de Catanduva - SP, para o cultivo da cana - de - açúcar, no ano agrícola Julho/Junho (2005/2006). No item administração entra: Despesas com - (Impostos, Taxas, Contabilidade, Energia elétrica, Telefone, Administração, Depreciação de benfeitorias, etc.). Sendo: h-m (hora máquina), d-h (dia - homem), t (tonelada), ha (hectare), ha / h - m (numero de hectares preparados por hora de trabalho da máquina), ha / d - h (numero de hectares trabalhados por cada dia homem de serviço).

TABELA 6A - Custo de produção da cana-de-açúcar queimada, ano agrícola julho/Junho (2006/2007), 5^o CORTE.

ESPECIFICAÇÕES	MEDIDAS		RENDIMENTOS		OPERA- - ÇÕES (Op. ha ⁻¹)	CUSTO (R\$ ha ⁻¹)
	R\$ U ⁻¹	Unidade U				
CUSTO DA TERRA						509,34
- Custo de oportunidade da terra	39,18	t	13	t ha ⁻¹	1,0	509,34
TRATO CULTURAL DA CANA SOCA						746,70
FERTILIZANTES						516,01
- Custo da análise do solo	0,96	ha			1,0	0,96
- Custo do fertilizante líquido(10-00-10)	0,29	l	1.100	l ha ⁻¹		319,00
- Aplicação (Tr.pesado), transporte e guincho	70,05	ha			1,0	70,05
- Custo do fertilizante líquido (04-12-10)	0,42	l	300	l ha ⁻¹		126,00
HERBICIDA						230,69
- Custo do Herbicida	205,80					205,80
- Serviço de aplicação	38,32	h-m	2	ha/h-m	1,0	19,16
- Transporte de água	183,36	dia	32	ha/dia		5,73
COLHEITA DA CANA						604,13
- Despalhamento	0,54	h			1,0	0,54
- Corte	4,87	t	66,04	t ha ⁻¹	1,0	321,61
- Carregamento	1,02	t	66,04	t ha ⁻¹	1,0	67,36
- Reboque	1,14	t	66,04	t ha ⁻¹	1,0	75,28
- Transporte	2,11	t	66,04	t ha ⁻¹	1,0	139,34
DEPRECIÇÃO DA LAVOURA	346,71	ha				346,71
ADMINISTRAÇÃO	278,23	ha				278,23
- (Impostos, Taxas, Contabilidade, Energia elétrica, Telefone, Administração, Depreciação de benfeitorias, etc.)					1,0	
CUSTO DE OPORTUNIDADE (6% a. a)	57,55	ha			1,0	57,55
CUSTO TOTAL POR HECTARE						2.542,66

Para o cálculo do custo de oportunidade da terra foi considerado o valor médio de aluguel da terra (ARGISSOLO) na região de Catanduva - SP, para o cultivo da cana - de - açúcar, no ano agrícola Julho/Junho (2006/2007). No item administração entra: Despesas com - (Impostos, Taxas, Contabilidade, Energia elétrica, Telefone, Administração, Depreciação de benfeitorias, etc.). Sendo: h-m (hora máquina), d-h (dia - homem), t (tonelada), ha (hectare), ha / h - m (numero de hectares preparados por hora de trabalho da máquina), ha / d - h (numero de hectares trabalhados por cada dia homem de serviço).

TABELA 7A - Custo de formação da cana-de-açúcar crua por hectare na área pesquisada, no período de janeiro a junho de 2002.

ESPECIFICAÇÕES	MEDIDAS		RENDIMENTOS		OPERA- - ÇÕES (Op. ha ⁻¹)	CUSTO (R\$ ha ⁻¹)
	R\$ U ⁻¹	Unidade U				
CUSTO DE OPORTUNIDADE DA TERRA	24,97	t	13	ha	0,5	162,31
PREPARO DO SOLO						387,45
- Gradagem (Trator pesado)	51,50	h - m	1,2	ha/h-m	4,0	171,67
- Subsolagem (Trator pesado)	51,50	h - m	0,8	ha/h-m	1,0	64,36
- Curvas de níveis (Trator pesado)	51,50	h - m	4,6	ha/h-m	1,0	11,20
- Encabeçamentos (Motoniveladora)	71,25	h - m	4,0	ha/h-m	1,0	17,80
- Análise do solo	0,78	ha			1,0	0,78
- Calcário (Dolomítico)	53,00	t	2	t ha ⁻¹	1,0	106,00
- Serviço de aplic. do calcário (trator médio)	31,28	h-m	2	ha/ h-m	1,0	15,64
CUSTO DO PLANTIO						1.378,88
SULCAÇÃO						362,10
- Sulcação (Trator pesado)	51,50	h-m	1,2	ha/h	1,0	42,90
- Fertilizantes	0,38	l	840	l/ha	1,0	319,20
MUDAS						450,00
- Mudanças de cana-de-açúcar	40,00	t	10	t/ha	1,0	400,00
- Transporte de mudas	150,00	dia	3	ha/dia	1,0	50,00
PLANTIO						382,64
- Plantio (Mão-de-obra)	58,42	dia	0,375	ha/dia	1,0	150,00
- Cobrimento (Trator médio)	31,28	h-m	2,00	ha/h-m	1,0	15,64
- Cobrimento - inseticida	192,00	ha			1,0	192,00
- Retampa	25,00	dia	1	ha/dia	1,0	25,00
HERBICIDA (R\$/ha)						184,08
- Aplicação de herbicida (Trator médio)	31,28	h-m	2,00	ha/h-m	1,0	15,64
- Herbicida	163,64	ha	-	-	1,0	163,64
- Transporte da água	153,60	dia	32	ha/dia	1,0	4,80
DESPESAS ADMINISTRATIVAS	222,21	ha			1,0	222,21
CUSTO DE OPORTUNIDADE (6% a.a.)	29,39	ha			1,0	29,39
CUSTO TOTAL – FORMAÇÃO CANAVIAL						2.180,24

Para o cálculo do custo de oportunidade da terra foi considerado o valor médio de aluguel da terra (ARGISSOLO) na região de Catanduva - SP, para o cultivo da cana - de - açúcar, no ano agrícola Janeiro a Fevereiro de 2002. No item administração entra: Despesas com - (Impostos, Taxas, Contabilidade, Energia elétrica, Telefone, Administração, Depreciação de benfeitorias, etc.). Sendo: h-m (hora máquina), d-h (dia - homem), t (tonelada), ha (hectare), ha / h - m (numero de hectares preparados por hora de trabalho da máquina), ha / d - h (numero de hectares trabalhados por cada dia homem de serviço).

TABELA 8A - Custo de produção da cana-de-açúcar crua, ano agrícola julho/junho (2002/2003), 1º CORTE.

ESPECIFICAÇÕES	MEDIDAS		REDIMENTOS		OPERA- - ÇÕES (Op. ha ⁻¹)	CUSTO R\$ ha ⁻¹
	R\$ U ⁻¹	Unidade (U)				
CUSTO DA TERRA						380,25
- Custo de oportunidade da terra	29,25	Tonelada	13	t ha ⁻¹	1,0	380,25
CONSERVAÇÃO DA LAVOURA						354,77
- Manutenção da cana planta (M.D.O)	25,00	Dia	2	d-h/ha	1,0	50,00
- custo do Herbicida	50,00	Dia	2	d-h/ha	1,0	50,00
- Aplicação manual de herbicida (Costal)	25,00	Kg	2	kg ha ⁻¹	1,0	50,00
- Combate a formigas, Cupins, outras pragas.	150,00	ha			1,0	150,00
- Reparo do sistema de conservação do solo	25,00	Dia	1	d-h/ha	1,0	25,00
- Adubação de cobertura (RN)	29,77	ha			1,0	29,77
COLHEITA DA CANA						799,72
- Corte mecanizado	423,40	ha		t ha ⁻¹	1,0	423,40
- Carregamento	0,79	t	114,73	t ha ⁻¹	1,0	90,64
- Reboque	0,88	t	114,73	t ha ⁻¹	1,0	100,96
- Transporte	1,61	t	114,73	t ha ⁻¹	1,0	184,72
DEPRECIÇÃO DA LAVOURA (R\$/ha)	504,81	ha			1,0	504,81
ADMINISTRAÇÃO						259,33
- (Impostos, Taxas, Contabilidade, Energia elétrica, Telefone, Administração, Depreciação de benfeitorias, etc.)	259,33	ha			1,0	259,93
CUSTO DE OPORTUNIDADE (6% a. a.)	55,90	ha			1,0	55,90
CUSTO TOTAL POR HECTARE						2.354,78

Para o cálculo do custo de oportunidade da terra foi considerado o valor médio de aluguel da terra (ARGISSOLO) na região de Catanduva - SP, para o cultivo da cana - de - açúcar, no ano agrícola Julho/Junho (2003/2004). No item administração entra: Despesas com - (Impostos, Taxas, Contabilidade, Energia elétrica, Telefone, Administração, Depreciação de benfeitorias, etc.). Sendo: h-m (hora máquina), d-h (dia - homem), t (tonelada), ha (hectare), ha / h - m (numero de hectares preparados por hora de trabalho da máquina), ha / d - h (numero de hectares trabalhados por cada dia homem de serviço).

TABELA 9A - Custo de produção da cana-de-açúcar crua, ano agrícola julho/junho (2003/2004), 2^o CORTE.

ESPECIFICAÇÕES	MEDIDAS		RENDIMENTOS		OPERA- - ÇÕES (OP. ha ⁻¹)	CUSTOS R\$ ha ⁻¹
	R\$ U ⁻¹	Unidade U				
CUSTO DA TERRA						352,04
- Custo de oportunidade da terra	27,08	t	13	t ha ⁻¹	1,0	352,04
MANUTENÇÃO DA CANA SOCA						590,20
- TRATO CULTURAL DA SOQUEIRA						64,34
- Enleiramento da palha	28,81	h-m	0,4	ha/h-m	1,0	11,44
- Cultivo mecânico (Cultivador)	29,35	h-m	1,8	ha/h-m	1,0	52,83
FERTILIZANTES						414,05
- Custo da análise do solo	0,80	ha			1,0	0,80
- Fertilizante: Adubo líquido (20-00-00).	0,27	l	812	l ha ⁻¹	1,0	219,07
- Custo e transporte da Vinhaça.	154,42	ha			1,0	154,42
- Aplicação da vinhaça (Rolão aplicador)	39,76	ha			1,0	39,76
HERBICIDA					1,0	103,71
- Herbicida	37,00	Kg	2	kg ha ⁻¹	1,0	74,00
- Serviço de aplicação	31,28	h-m	1,25	ha/h-m	1,0	25,02
- Transporte de água	4,69	ha			1,0	4,69
COLHEITA DA CANA						794,93
- Corte mecanizado	423,40	ha			1,0	423,40
- Carregamento	0,84	t	106,15	t ha ⁻¹	1,0	89,17
- Reboque	0,94	t	106,15	t ha ⁻¹	1,0	99,78
- Transporte	1,72	t	106,15	t ha ⁻¹	1,0	182,58
DEPRECIÇÃO DA LAVOURA	464,72	ha				464,72
ADMINISTRAÇÃO						284,12
- (Impostos, Taxas, Contabilidade, Energia elétrica, Telefone, Administração, Depreciação das benfeitorias, etc.)	284,12	ha			1,0	284,12
CUSTO DE OPORTUNIDADE (6 %a.a)	62,25	ha			1,0	62,25
CUSTO TOTAL POR HECTARE						2.548,26

Para o cálculo do custo de oportunidade da terra foi considerado o valor médio de aluguel da terra (ARGISSOLO) na região de Catanduva - SP, para o cultivo da cana - de - açúcar, no ano agrícola Julho/Junho (2003/2004). No item administração entra: Despesas com - (Impostos, Taxas, Contabilidade, Energia elétrica, Telefone, Administração, Depreciação de benfeitorias, etc.). Sendo: h-m (hora máquina), d-h (dia - homem), t (tonelada), ha (hectare), ha / h - m (numero de hectares preparados por hora de trabalho da máquina), ha / d - h (numero de hectares trabalhados por cada dia homem de serviço).

TABELA 10A - Custo de produção da cana-de-açúcar crua, ano agrícola julho/junho (2004/2005), 3^o CORTE.

ESPECIFICAÇÕES	MEDIDAS		RENDIMENTOS		OPERA- - ÇÕES (OP. ha ⁻¹)	CUSTO (R\$/ha)
	R\$ U ⁻¹	Unidade U				
CUSTO DA TERRA						379,73
- Custo de oportunidade da terra	29,21	t	13	t ha ⁻¹	1,0	379,73
MANUTENÇÃO DA CANA SOCA						633,01
TRATO CULTURAL DA SOQUEIRA						68,86
- Enleiramento da palha	30,82	h-m	0,4	ha/h-m	1,0	12,33
- Cultivo mecânico (Cultivador)	31,40	h-m	1,8	ha/h-m	1,0	56,53
FERTILIZANTES						453,18
- Custo de análise do solo	0,85	ha			1,0	0,85
- Custo do fertilizante (20-00-00)	0,28	l	1.400	l ha ⁻¹	1,0	392,00
- Aplicação (Tr.pesado), transporte e guincho	60,33	ha			1,0	60,33
HERBICIDA						110,97
- Custo com Herbicida	39,59	kg	2	kg ha ⁻¹	1,0	79,18
- Serviço de aplicação	33,47	h-m	1,25	ha/h-m	1,0	26,77
- Transporte de água	5,02	ha			1,0	5,02
COLHEITA DA CANA						850,74
- Corte mecanizado	484,75	ha			1,0	484,75
- Carregamento	0,89	t	98,12	t ha ⁻¹	1,0	87,33
- Reboque	1,00	t	98,12	t ha ⁻¹	1,0	98,12
- Transporte	1,84	t	98,12	t ha ⁻¹	1,0	180,54
DEPRECIÇÃO DA LAVOURA	433,69	ha			1,0	433,69
ADMINISTRAÇÃO						292,20
-(Impostos, Taxas, Contabilidade, Energia elétrica Telefone, Administração, depreç. benfeit. etc.)	292,20	ha			1,0	292,20
CUSTO DE OPORTUNIDADE (6% a.a)	64,41	ha			1,0	64,41
CUSTO TOTAL POR HECTARE						2.655,72

Para o cálculo do custo de oportunidade da terra foi considerado o valor médio de aluguel da terra (ARGISSOLO) na região de Catanduva - SP, para o cultivo da cana - de - açúcar, no ano agrícola Julho/Junho (2004/2005). No item administração entra: Despesas com - (Impostos, Taxas, Contabilidade, Energia elétrica, Telefone, Administração, Depreciação de benfeitorias, etc.). Sendo: h-m (hora máquina), d-h (dia - homem), t (tonelada), ha (hectare), ha / h - m (numero de hectares preparados por hora de trabalho da máquina), ha / d - h (numero de hectares trabalhados por cada dia homem de serviço).

TABELA 11A - Custo de produção da cana-de-açúcar crua, ano agrícola julho/junho (2005/2006), 4^o CORTE.

ESPECIFICAÇÕES	MEDIDAS		RENDIMENTOS		OPERA- - ÇÕES (OP. ha ⁻¹)	CUSTO (R\$ ha ⁻¹)
	R\$ U ⁻¹	Unidade U				
CUSTO DA TERRA						501,02
- Custo de oportunidade da terra	38,54	t	13	t ha ⁻¹	1,0	501,02
MANUTENÇÃO DA CANA SOCA						677,30
TRATO CULTURAL DA SOQUEIRA						73,67
- Enleiramento da palha	32,98	h-m	0,4	ha/h-m	1,0	13,19
- Cultivo mecânico (Cultivador)	33,60	h-m	1,8	ha/h-m	1,0	60,48
FERTILIZANTES						475,19
- Custo da análise do solo	0,90	ha			1,0	0,90
- C.T.A. do fertiliz: Adubo líquido (20-00-00).	0,28	l	966	l ha ⁻¹	1,0	270,48
- Custo e transporte da Vinhaça.	159,50	ha			1,0	159,50
- Aplicação da vinhaça (Rolão aplicador)	44,31	ha				44,31
HERBICIDA						118,74
- Custo com Herbicida	42,36	kg	2	kg ha ⁻¹		84,72
- Serviço de aplicação	35,81	h-m	1,25	ha/h-m	1,0	28,65
- Transporte de água	5,37	h-m				5,37
COLHEITA DA CANA						883,20
- Corte mecanizado	518,68	ha			1,0	518,68
- Carregamento	0,95	h-m	91,36	t ha ⁻¹	1,0	86,79
-Reboque	1,07	t	91,36	t ha ⁻¹	1,0	97,75
- Transporte	1,97	t	91,36	t ha ⁻¹	1,0	179,98
DEPRECIÇÃO DA LAVOURA	403,81	ha			1,0	403,53
ADMINISTRAÇÃO						312,45
- (Impostos, Taxas, Contabilidade, Energia elétrica, telefone, Administração, depreciação de benfeit. etc.)	312,45	ha			1,0	312,45
CUSTO DE OPORTUNIDADE (6% a.a)	64,41	ha			1,0	64,41
CUSTO TOTAL POR HECTARE						2.844,51

Para o cálculo do custo de oportunidade da terra foi considerado o valor médio de aluguel da terra (ARGISSOLO) na região de Catanduva - SP, para o cultivo da cana - de - açúcar, no ano agrícola Julho/Junho (2005/2006). No item administração entra: Despesas com - (Impostos, Taxas, Contabilidade, Energia elétrica, Telefone, Administração, Depreciação de benfeitorias, etc.). Sendo: h-m (hora máquina), d-h (dia - homem), t (tonelada), ha (hectare), ha / h - m (numero de hectares preparados por hora de trabalho da máquina), ha / d - h (numero de hectares trabalhados por cada dia homem de serviço).

TABELA 12A - Custo de produção da cana-de-açúcar crua, ano agrícola julho/junho (2006/2007), 5^o CORTE.

ESPECIFICAÇÕES	MEDIDAS		RENDIMENTOS		OPERA- -ÇÕES (OP. ha ⁻¹)	CUSTO (R\$ ha ⁻¹)
	R\$ U ⁻¹	U				
CUSTO DA TERRA						509,34
- Custo de oportunidade da terra	39,18	t	13	t ha ⁻¹	1,0	509,34
MANUTENÇÃO DA CANA SOCA						717,73
- TRATO CULTURAL DA SOQUEIRA						74,59
- Enleiramento da palha	35,28	h-m	0,4	ha/h-m	1,0	14,11
- Cultivo mecânico (Cultivador)	33,60	h-m	1,8	ha/h-m	1,0	60,48
- FERTILIZANTES						506,24
- Custo de análise do solo	0,96	ha			1,0	0,96
- Custo do fertilizante líquido (10-00-10)	0,29	l	1.066	l ha ⁻¹	1,0	309,14
- Custo do transporte e aplicação do adubo	70,14	ha			1,0	70,14
- Custo do adubo líquido aplicado (04-12-10)	0,42	l	300		1,0	126,00
- HERBICIDA						127,04
- Custo com Herbicida	45,32	kg	2	kg ha ⁻¹	1,0	90,65
- Serviço de aplicação	38,32	h-m	1,25	ha/h-m	1,0	30,65
- Transporte de água	5,74	ha			1,0	5,74
COLHEITA DA CANA						908,33
- Corte mecanizado	554,98	ha			1,0	554,98
- Carregamento	1,02	t	82,75	t ha ⁻¹	1,0	84,41
- Reboque	1,14	t	82,75	t ha ⁻¹	1,0	94,34
- Transporte	2,11	t	82,75	t ha ⁻¹	1,0	174,60
DEPRECIÇÃO DA LAVOURA	365,76	ha			1,0	365,76
ADMINISTRAÇÃO					1,0	317,02
-(Impostos, Taxas, Contabilidade, Energia elétrica, Telefone, Administração, Depreç. benfeit. etc.)	317,02	ha			1,0	317,02
CUSTO DE OPORTUNIDADE (6%a.a)	67,56	ha			1,0	67,56
CUSTO TOTAL POR HECTARE						2.885,74

Para o cálculo do custo de oportunidade da terra foi considerado o valor médio de aluguel da terra (ARGISSOLO) na região de Catanduva - SP, para o cultivo da cana - de - açúcar, no ano agrícola Julho/Junho (2006/2007). No item administração entra: Despesas com - (Impostos, Taxas, Contabilidade, Energia elétrica, Telefone, Administração, Depreciação de benfeitorias, etc.). Sendo: h-m (hora máquina), d-h (dia - homem), t (tonelada), ha (hectare), ha / h - m (numero de hectares preparados por hora de trabalho da máquina), ha / d - h (numero de hectares trabalhados por cada dia homem de serviço).