

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Florestas
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Serviços Ambientais em Sistemas Agrícolas e Florestais do Bioma Mata Atlântica

*Lucilia Maria Parron
Junior Ruiz Garcia
Edilson Batista de Oliveira
George Gardner Brown
Rachel Bardy Prado
Editores Técnicos*

Embrapa
Brasília, DF
2015

Erosão do solo e valoração de serviços ambientais

Lauro Charlet Pereira, Sérgio Gomes Tôsto, João Paulo de Carvalho

Resumo: O setor agropecuário é o responsável por produzir grande parte de alimentos e de fibras, porém, dado ao uso de tecnologias inadequadas, uma série de efeitos indesejáveis no sistema produtivo tem ocorrido. Uma forma de degradação ambiental em terras brasileiras é a erosão hídrica, sendo considerada a mais importante e que tem causado graves prejuízos em áreas agrícolas e urbanas. O objetivo deste capítulo foi valorar monetariamente as perdas de solos em termos de nutrientes perdidos para as culturas da cana-de-açúcar (dois sistemas de manejo: colheitas crua e queimada) e citros, no espaço rural do município de Araras, SP. Utilizou-se a equação universal de perda de solo para quantificar a perda de solo e o método do custo de reposição para valorar os nutrientes perdidos. A taxa de erosão da cana-de-açúcar queimada foi 3,8 vezes superior ao da cana-de-açúcar crua, e o custo para a reposição de nutrientes perdidos por hectare foi, respectivamente, de R\$ 73,98 e R\$19,47. A cultura do citros apresentou baixa taxa de erosão, resultando num custo de reposição de apenas R\$ 1,56 por hectare. Conclui-se que a taxa de erosão pode se constituir num importante indicador de análise ambiental, pois além de revelar a maior ou menor perda de solos e nutrientes, com reflexos diretos na produção e produtividade agrícola, pode também indicar riscos quanto a qualidade ambiental.

Palavras-chave: Equação universal de perda de solos, economia ambiental, método de reposição, sustentabilidade.

Soil erosion and valuation of ecosystem services

Abstract: The agricultural sector is the responsible for producing a large proportion of food and fibers, however, due to the use of inappropriate technologies, it has led to many undesirable effects on the production system. Water erosion can be considered the most important form of environmental degradation of Brazilian soils and has caused serious losses in both agricultural and urban areas. The objective of this chapter was to quantify monetarily soil losses, considering nutrient losses in sugarcane (two management systems: raw and burnt harvest) and citrus plantations in rural areas of Araras country, São Paulo state. The Universal Soil Loss Equation was used to quantify soil loss and the Replacement Cost Method to value nutrient losses. The erosion rate of sugarcane when burned was 3.8 times higher than with green harvesting, and the cost for replacing nutrient losses was R\$ 73.98 and R\$ 19.47 per hectare, respectively. The citrus cultivation had a low soil erosion rate, resulting in replacement costs of only R\$ 1.56 per hectare. It is concluded that the erosion rate can constitute an important indicator of environmental analysis, as it not only reveals larger or smaller soil and nutrient loss, with direct impacts on agricultural production and productivity, but it can also indicate risks related to environmental quality.

Keywords: universal soil loss equation, environmental economics, replacement method, sustainability.

1. Introdução

O desenvolvimento econômico global, na grande maioria dos países, apoia-se na exploração e na utilização dos recursos naturais, exercendo, assim, pressões sobre os diferentes ecossistemas, com efeitos adversos na qualidade do meio ambiente.

O setor agropecuário é o responsável por produzir grande parte de alimentos e de fibras, porém, dado ao uso de tecnologias inadequadas, tem ocasionado uma série de efeitos indesejáveis ao meio ambiente.

O solo é ainda o recurso natural mais intensivamente utilizado para a produção de alimentos e fibras. Contudo, a exploração agropecuária, realizada sem o conhecimento adequado dos fundamentos conservacionistas, tem criado problemas socioeconômicos e ambientais. Em terras brasileiras, a erosão hídrica é a mais importante e tem causado graves prejuízos, tanto em áreas agrícolas quanto nas cidades. Este fenômeno da erosão hídrica caracteriza-se pelo desprendimento e arraste de partículas de solo decorrente da ação das chuvas. Bertoni e Lombardi Neto (1999) citam que os primeiros trabalhos voltados à predição de perdas de solo datam de 1940, na região do Corn Belt dos Estados Unidos. Posteriormente, outros trabalhos permitiram novos progressos e adaptações no referido método (BROWNING et al., 1947; SMITH, 1941; ZINGG, 1950). No Brasil, os trabalhos iniciais sobre a equação universal de perdas de solos (EUPS) foram desenvolvidos por Bertoni et al. (1975), para as condições do Estado de São Paulo. A partir de então, autores como: Crosson (1997), Cavalcanti (1995) e Tôsto (2010) vêm utilizando esta equação para avaliar as perdas de solo e, também, como guia para planejamento de uso das terras.

Portanto, a erosão do solo coloca um desafio à sustentabilidade da produção agrícola. Como a erosão é um fenômeno universal e está condicionada por diversos fatores ambientais e antrópicos, reconhece-se a necessidade de se fazer estimativas locais ou regionais para que sejam tomadas providências compatíveis com os objetivos de sustentabilidade da agricultura.

Embora seja relevante o conhecimento das perdas físicas do solo para uma determinada área, sabe-se que as estimativas econômicas são indicadores importantes no processo de tomada de decisão por parte dos agricultores e dos formuladores de políticas agrícolas e ambientais.

Como o processo de erosão causa um custo implícito no processo de produção agrícola, torna-se necessário utilizar técnicas e métodos que possam mostrar os seus valores. Dentre os métodos mais utilizados para o cálculo do custo associado à erosão do solo está o método do custo de reposição dos nutrientes perdidos. Este método considera que as perdas de nutrientes levam a reduções na produtividade, que podem ser evitadas por sua reposição. Contudo, a reposição, por meio de fertilizantes industrializados, como sulfato de amônia, superfostato, cloreto de potássio, dentre outros, resulta em custos adicionais incorridos pelos produtores. Vários autores têm

utilizado o método do custo de reposição de nutrientes para dar valor à erosão agrícola, em diferentes níveis de abrangência: Estado (BASTOS FILHO, 1995; SORRENSON; MONTOYA, 1989); bacias hidrográficas (MARQUES, 1995; MICHELLON, 2002; TÔSTO, 2010) ou, simultaneamente, em nível de propriedades rurais e bacias hidrográficas (KIM; DIXON, 1987).

O objetivo deste trabalho foi estimar a perda de solos, bem como estimar monetariamente a perda de nutrientes pela erosão, para a cultura de cana-de-açúcar em dois tipos de manejo (corte com queima e corte mecanizado/crua) e citricultura, que juntas representam cerca de 77% da área agrícola do município de Araras, SP. Os resultados obtidos podem subsidiar planejamentos agroambientais sustentáveis, bem como a elaboração de políticas públicas conservacionistas de solos.

2. Descrição metodológica do trabalho

2.1. Área de estudo e método para obtenção das perdas de solo

A área de estudo é a mesma descrita no capítulo anterior (Capítulo 27). As taxas de perda de solo foram estimadas, a partir do modelo *universal soil loss equation* (WISCHMEIER; SMITH, 1978), também conhecido por equação universal de perda de solo (EUPS), que foi adaptada para uso nas condições brasileiras, por Bertoni e Lombardi (1999). O modelo estima a perda média de solo de locais específicos, sob sistemas de cultivo e manejo também específicos, tendo por base os valores médios de eventos de precipitação ocorridos, considerando uma série de observações de 20 anos ou mais (WISCHMEIER; SMITH, 1978). Consiste de um modelo multiplicativo, pelo qual a perda média anual de solo é obtida pelo produto de seis fatores determinantes, de acordo com a equação:

$$A = R * K * L * S * C * P$$

Onde:

A = perda anual de solo em Mg.ha⁻¹.ano⁻¹;

R = fator erosividade da precipitação e da enxurrada, em M.J.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹. A erosividade foi calculada utilizando-se o modelo proposto por Lombardi Neto e Moldenhauer (1992) e os registros pluviométricos mantidos pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), adotando-se então o valor de R= 6.828.

K = fator de erodibilidade do solo, definido pela intensidade de erosão por unidade de índice erosivo da

chuva, para um solo específico mantido continuamente sem cobertura, mas sofrendo as operações normais, em um declive de 9% e comprimento de rampa de 25 m, em Mg.ha.h/ha.MJ.mm. Para a estimativa do fator K foram utilizados os valores calculados para as principais classes de solo do estado de São Paulo, conforme Bertoni e Lombardi Neto (1999). Para o município de Araras, calculou-se a média ponderada do fator K para as classes de solos do município e obteve-se o valor de $K = 0,0250$.

L = Fator comprimento da encosta, definido pela relação de perdas de solo entre uma encosta com um comprimento qualquer e uma encosta com 25 m de comprimento, para o mesmo solo e grau de inclinação.

S = Fator grau de declividade, definido pela reação de perdas de solo entre um terreno com uma declividade qualquer e um terreno com declividade de 9%, para o mesmo solo e comprimento de rampa.

LS = Fator topográfico que resulta da composição do grau de inclinação e do comprimento de rampa. O valor encontrado foi de 1,35 (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999).

C = fator de cobertura e manejo da cultura, definido pela relação de perdas de solo entre um terreno cultivado em dadas condições e um terreno mantido continuamente descoberto, em condições semelhantes àquelas em que o fator K é avaliado, adimensional. Os valores de C foram aqueles calculados por Bertoni e Lombardi Neto (1999). Para a colheita de cana-de-açúcar queimada usou-se o valor de $C = 0,07540$ e valor $C = 0,03770$ para o manejo da cana-de-açúcar com corte mecanizado.

P = fator prática de controle de erosão, relação de perdas de solo entre um terreno cultivado com determinada prática e as perdas quando se planta morro abaixo, adimensional. O fator P refere-se às práticas conservacionistas utilizadas no plantio da cana-de-açúcar, tais como plantio em contorno, terraceamento, cultivo alternado e faixas de retenção, e estão relacionadas com o fator de declividade da área. Os valores de P foram obtidos utilizando-se a fórmula desenvolvida por Bertoni e Lombardi Neto (1999) e Wischmeier e Smith (1978), de acordo com a expressão: $P = 0,69947 - 0,08911 * S + 0,01184 * S^2 - 0,000335 * S^3$; onde S é a declividade em porcentagem.

2.2. Método do custo de reposição

O método do custo de reposição (MCR) apresenta uma das ideias básicas quando se pensa em prejuízo, isto é, a

reparação de um dano provocado. Assim, o MCR se baseia no custo de reposição ou restauração de um bem danificado e entende esse custo como uma medida do seu benefício (PEARCE; TURNER, 1993). Para esses autores, o MCR é, frequentemente, utilizado como uma medida do dano causado. Essa abordagem é correta nas situações em que é possível argumentar que a reparação do dano deve acontecer por causa de alguma outra restrição.

Outra situação de aplicação válida da abordagem do custo de reposição é quando se configura uma restrição total a não permitir um declínio na qualidade ambiental. É o que se chama de “restrição à sustentabilidade”. Sob essas condições, os custos de reposição se apresentam como uma primeira aproximação dos benefícios ou do dano (PEARCE; TURNER, 1993).

A operacionalização desse método é feita pela agregação dos gastos efetuados na reparação dos efeitos negativos provocados por algum distúrbio na qualidade ambiental de um recurso, utilizado numa função de produção. Neste caso, os gastos com todo o processo de recuperação do bem, ou do serviço ambiental, servem como uma medida aproximada do benefício que a sociedade auferir por ter um determinado recurso.

Existem várias aproximações para a estimação do valor econômico da erosão, sendo a mais comum a mensuração dos custos de reposição dos nutrientes perdidos, via aplicação de fertilizantes industrializados. A aplicação do método do custo de reposição de nutrientes²⁴, cuja ideia básica é a quantificação das perdas de nutrientes, usando-se como parâmetro a equivalência de preços de fertilizantes encontrados no mercado, envolve quatro procedimentos: i. quantificação das perdas de solo por cultura; ii. identificação da quantidade de nutrientes carregada pelo processo erosivo (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio); iii. conversão da quantidade de nutrientes em equivalentes de fertilizantes necessários para repor a fertilidade do solo (sulfato de amônia, superfosfato simples, cloreto de potássio e calcário dolomítico); iv. mensuração dos custos de aplicação dos fertilizantes.

Neste estudo, utilizou-se uma adaptação do método do custo de reposição dos nutrientes proposto por Marques (1995), complementado pelo custo de aplicação dos fertilizantes, que visa atribuir valor monetário aos impactos relacionados à erosão do solo, nas culturas de cana-de-açúcar e citros, conforme a equação abaixo.

²⁴ Para mais detalhes sobre o método do custo de reposição de nutrientes, ver, entre outros, Marques (1995).

Valor econômico de perda de solo agrícola = $\sum_{i=1}^n (Q_n * P_n)^n + Caf$

Onde:

Q_n = Quantidade de nutrientes necessários para reposição da fertilidade do solo;

P_n = Preço de mercado de cada fertilizante industrializado;

Caf = Custo de aplicação dos fertilizantes (transporte e aplicação).

2.3. O uso de geotecnologia

Aplicando-se ferramentas de sistema de informação geográfica (SIG) obteve-se o mapa de uso e cobertura da terra, que foi elaborado a partir de interpretação analógica da imagem orbital do satélite CBERS 2, com resolução espacial de 20 m. Para a definição dos padrões de uso, foram utilizadas características das imagens, como: cor, textura, tonalidade, sombra, tamanho, altura e localização, entre outras. A classificação de imagens que não pode ser definida em laboratório foi verificada *in loco*, em trabalho de campo, com auxílio de GPS. A caracterização do uso e cobertura da terra possibilitou a determinação das áreas com colheita da cana-de-açúcar mecanizada e áreas com colheita com o uso de fogo, além do cultivo de citros.

O mapa de solos do município de Araras foi derivado do mapa pedológico do estado de São Paulo (OLIVEIRA et al., 1982). A integração do mapa de solo, mapa do uso e cobertura da terra e a equação universal de perdas de solos em ambiente SIG, possibilitou a definição das taxas de erosão para o cultivo da cana-de-açúcar com colheita mecanizada e colheita com o uso de fogo, bem como para a cultura de citros.

3. Análise e integração dos resultados

3.1. Taxa de erosão do solo

Foi possível estimar as taxas de perdas de solos para os dois sistemas de cultivos da cana-de-açúcar adotados no município, assim como para a classe de uso e cobertura da terra utilizada com a citricultura.

A cana-de-açúcar, no sistema mecanizado (crua), apresentou taxa de perda de solos de 3,95 T.ha⁻¹ano⁻¹, enquanto para o sistema queimado a taxa de erosão foi da ordem 14,88 T.ha⁻¹ano⁻¹. Isto significa que o sistema de corte mecanizado oferece maior proteção ao solo, menor taxa de erosão, maior ganho econômico dado ao menor custo de produção, e maior proteção ambiental.

Além dos benefícios econômicos, a incorporação da palhada com o uso da colheita mecanizada influencia a

interceptação das águas da chuva, ao atenuar seu impacto no solo. A manutenção da palhada da cana-de-açúcar na superfície do solo favorece o controle da erosão hídrica (BEZERRA; CANTALICE, 2006; THOMPSON et al., 2001). A cobertura vegetal contribui para a produção de matéria orgânica, que propicia melhor agregação das partículas e maior estabilidade de agregados do solo. Vários trabalhos como Bertol e Almeida (2000); Lopes e Levien (1987) e Amado et al. (1989) têm demonstrado esse efeito, evidenciado pelo fato de que um solo com aproximadamente 20% de sua superfície coberta pode reduzir em até 60% das perdas por erosão, em comparação com as perdas totais de um solo descoberto.

Solo, água e ar são três recursos naturais básicos dos quais depende a maior parte da vida terrestre. O balanço entre viabilidade econômica e destruição/degradação, em geral, está sujeito ao tipo de manejo desses recursos. Mesmo em países com políticas de proteção local e global, a história tem mostrado repetidamente que o manejo inadequado pode resultar em pobreza, má nutrição e desastre econômico, decorrentes de processos de erosão, acidificação, salinização, perdas de nutrientes, perdas de propriedades de cultivo e de propriedades biológicas e acúmulo de material tóxico (SORRENSON; MONTOYA, 1989).

Para o caso da citricultura, verificou-se uma taxa de erosão de 2,9 T.ha⁻¹ano⁻¹, valor este relativamente baixo, explicado pela própria natureza desta cultura que, por ser perene, contribui para a minimização de impacto da chuva, ocasionando baixo escoamento superficial e conseqüentemente baixa erosão. Além disso, o uso de terraceamento combinado ao manejo dessa cultura, que preconiza o plantio de capim entre as linhas de cultivos, se constitui em prática importante para maior infiltração de água no solo e redução da taxa de erosão.

A taxa de perda de solo, ou taxa de erosão, pode se constituir num importante indicador de análise ambiental, pois além de revelar a maior ou menor perda de solos e nutrientes, com reflexos diretos na produção e produtividade agrícola, pode também indicar riscos quanto à qualidade e quantidade de água de rios e mananciais.

Numa análise comparativa, verificou-se que a área de cana mecanizada, mesmo possuindo extensão quase três vezes maior do que a extensão da área que utiliza a queima, apresentou valores de perdas, tanto de solos quanto de nutrientes (N, P, K, Ca+Mg), cerca de 35% menores. Com relação à área ocupada com citros, dada à sua baixa taxa de erosão, os valores de perdas de solos e de nutrientes foram relativamente baixos (Tabela 1).

Tabela 1. Perda de solo e de nutrientes, na cultura da cana-de-açúcar (dois sistemas de colheitas) e citros.

Uso da terra	Área (ha)	Perda solo t.ha ⁻¹ ano ⁻¹	Perda N t.ano ⁻¹	Perda P t.ano ⁻¹	Perda K t.ano ⁻¹	Perda Ca+Mg t.ano ⁻¹
Cana-de-açúcar (crua)	25.472	100,77	97,50	2,67	10,15	95,60
Cana-de-açúcar (queimada)	9.099	135,40	131,00	3,58	13,61	128,46
Citros	11.938	34,62	33,96	0,93	3,53	33,30

3.2. Valoração econômica das taxas de erosão

O passo seguinte do trabalho resultou em converter as quantidades perdidas de nutrientes em equivalentes de fertilizantes. Isso foi feito utilizando-se a seguinte equação e o índice de equivalência, fornecido por Bellinazzi Junior et al. (1981)²:

$$QF_i = \sum_{j=1}^n NS_j * TF_j$$

Onde:

QF_i = quantidade correspondente de fertilizantes (t);

NS_j = teor médio do j-ésimo nutriente perdido nos solos da bacia (t);

TF_i = índice de equivalência entre nutrientes e fertilizantes.

Inicialmente calculou-se as quantidades de fertilizantes necessárias para repor a fertilidade do solo, perdida no processo de erosão no município. Em seguida, com base nos preços de mercado dos fertilizantes considerados (sulfato de amônia, superfosfato simples, cloreto de potássio e calcário dolomítico)³, foi possível conhecer o custo monetário de aquisição dos fertilizantes necessários (Tabelas 2 e 3).

Tabela 2. Quantidades de fertilizantes necessárias para reposição dos nutrientes perdidos (em Kg).

Uso e cobertura da terra	Sulfato de amônia	Superfosfato simples	Cloreto de potássio	Calcário dolomítico
Cana-de-açúcar (crua)	487,48	14,79	17,43	251,44
Cana-de-açúcar (queimada)	655,04	19,88	23,42	337,86
Citros	169,8	5,1	6,1	87,6

Tabela 3. Preço médio dos fertilizantes.

Fertilizante	Preço médio (R\$ ton ⁻¹)
Sulfato de amônia	1.154,43
Superfosfato simples	1.060,18
Cloreto de potássio	1.894,58
Calcário dolomítico	85,34

*Fonte: Instituto de Economia Agrícola (2014).

² Conforme Bellinazzi Junior et al. (1981), são necessários 5 kg de sulfato de amônia para repor 1 kg de nitrogênio, 5,56 kg de superfosfato simples para 1 kg de fósforo, 1,72 kg de cloreto de potássio para 1 kg de potássio e 2,63 kg de calcário dolomítico para repor 1 kg de cálcio+magnésio.

³ Os dados de preço dos fertilizantes foram retirados da base de dados do Instituto de Economia Agrícola (2014) e correspondem à média dos preços pagos no mercado agrícola.

A etapa final de aplicação do método consistiu em agregar ao custo monetário calculado, o custo de aplicação dos fertilizantes. Estes custos foram obtidos a partir do relatório do Projeto ECOAGR⁴.

As Tabelas 4 e 5, respectivamente, apresentam os custos de fertilizantes e os custos de sua aplicação para a reposição da fertilidade do solo. O custo total de reposição de fertilizantes

(despesas com fertilizantes e aplicações), na área de cana queimada, foi cerca de 35% superior ao valor total encontrado para a cana-de-açúcar mecanizada (Tabela 6). Isto demonstra que a prática da queima não só favorece o indesejável processo erosivo, com forte perda de solos e nutrientes, mas também eleva o custo de produção, além de contribuir para o comprometimento da qualidade ambiental do município.

Tabela 4. Custo de fertilizantes (em Reais).

Uso e cobertura da terra	Sulfato de amônia	Superfosfato simples	Cloreto de potássio	Calcário dolomítico
Cana-de-açúcar (crua)	562.784,63	15.690,66	32.965,69	21.454,48
Cana-de-açúcar (queimada)	756.151,65	21.097,58	44.333,17	28.836,39
Citros	196.022,21	5.406,92	11.556,94	7.475,78

Tabela 5. Custo de aplicação de fertilizantes (em Reais).

Uso e cobertura da terra	Sulfato de amônia	Superfosfato simples	Cloreto de potássio	Calcário dolomítico
Cana-de-açúcar (crua)	20.471,38	621,40	732,09	32.382,89
Cana-de-açúcar (queimada)	26.301,77	798,38	940,60	41.605,77
Citros	7.081,30	214,9	253,20	11.201,70

Tabela 6. Estimativa do custo de reposição de fertilizantes (em Reais).

Uso e cobertura da terra	Sulfato de amônia	Superfosfato simples	Cloreto de potássio	Calcário dolomítico	Total (R\$)
Cana-de-açúcar (crua)	583.255,93	10.246,73	19.620,46	40.240,39	496.547,43
Cana-de-açúcar (queimada)	782.453,35	13.736,28	26.320,15	52.163,90	664.032,90
Citros	203.103,51	5.621,82	11.810,14	18.677,48	18.677,48

A diferença entre os custos de reposição de fertilizantes, para os dois tipos de cultivos de cana-de-açúcar, foi evidenciada a partir do cálculo das despesas por hectare, visto que os valores encontrados foram de R\$ 19,49 para a cana mecanizada e R\$ 72,98 para a cana queimada, o que representa um custo 3,8 maior para este sistema de manejo. Para a cultura do citros, esse tipo de cálculo também mostrou-se interessante, pois permite uma visão mais acurada do investimento necessário (R\$ 1,56 ha⁻¹) para suprir os nutrientes perdidos por erosão.

4. Considerações finais

Entre os dois sistemas de cultivos da cana-de-açúcar, o sistema de colheita da cana crua foi o que apresentou menor taxa de erosão e, conseqüentemente, menor custo monetário de reposição dos nutrientes perdidos.

A taxa de perda de solo, ou taxa de erosão, pode se constituir num importante indicador de análise ambiental, pois além de revelar a maior ou menor perda de solos e nutrientes, com reflexos diretos na produção e produtividade agrícola, pode também indicar riscos à qualidade ambiental.

⁴ Projeto ECOAGRI – Diagnóstico da Agricultura no Estado de São Paulo: bases para um Desenvolvimento Rural Sustentável, financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP, processo número 2002/06685-0).

As estimativas apresentadas (taxas de perdas de solo e custos de reposição) podem servir como parâmetros, tanto para tomadas de decisão, com vistas à adoção de práticas conservacionistas, quanto para subsidiar planos de uso sustentável na propriedade agrícola.

Tendo em vista que o trabalho pautou-se nos princípios da economia ambiental, e com isto seus resultados refletem apenas parcialmente os danos ambientais, recomendam-se estudos adicionais, tanto para ampliar a valoração de outros serviços ambientais da perda de solos, como também métodos que contemplem simultaneamente os aspectos sociais, ecológicos e institucionais, direcionados para o planejamento e gestão ambiental.

Referências

- AMADO, T. J. C.; COGO, N. P.; LEVIEN, R. Eficácia relativa do manejo do resíduo cultural de soja na redução das perdas de solo por erosão hídrica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 13, n. 2, p. 251-257, 1989.
- BASTOS FILHO, G. S. **Contabilizando a erosão do solo**: um ajuste ambiental para o produto agropecuário paulista. 1995. 127 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- BELLINAZZI JUNIOR, R.; BERTONI, D.; LOMBARDI NETO, F. A ocorrência de erosão rural no estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO SOBRE O CONTROLE DA EROSÃO, 1981, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABGE, 1981. p. 117-137.
- BERTOL, L.; ALMEIDA, J. A. Tolerância de perdas de solo por erosão para os principais solos do estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 24, p. 657-668, 2000.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 4. ed. São Paulo: Ícone, 1999. 355 p.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F.; BENATTI JUNIOR, R. **Equação de perdas de solo**. Campinas: IAC, 1975. 25 p. (Boletim técnico, 21).
- BEZERRA, S. A.; CANTALICE, J. R. B. Erosão entressulcos em diferentes condições de cobertura vegetal de solo, sob cultivo da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 30, n. 3, p. 565-573, 2006.
- BROWNING, G. M.; PARISH, C. L.; GLASS, J. A. A method for determining the use and limitation of rotation and conservation practices in control of soil erosion in Iowa. **Journal American Society of Agronomy**, Geneva, v. 39, p. 65-73, 1947.
- CAVALCANTI, J. E. A. Impactos econômicos das perdas de solo no vale do Rio São Francisco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 33, Curitiba. **Anais**. Curitiba: SOBER, 1995. v. 2. p. 1097-1103.
- CROSSON, P. Will erosion threaten agricultural productivity? **Environmental: Science and Policy for Sustainable Development**, v. 39, n. 8, p. 4-31, 1997.
- INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA. **Banco de dados**: defensivos agrícolas. Disponível em: <<http://ciagri.iea.sp.gov.br/nia1/defensivos.aspx>>. Acesso em: 20 ago. 2014.
- KIM, S. H.; DIXON, J. A. **Economic valuation techniques for the environmental**: a case study workbook. Baltimore: The Hopkins University, 1987. 203 p.
- LOPES, P. R. C.; LEVIEN, R. Eficácia relative de tipos e quantidades de resíduos culturais espalhados uniformemente sobre o solo na redução da erosão hídrica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 11, p. 71-75, 1987.
- MARQUES, J. F. **Efeitos da erosão do solo na geração de energia elétrica**: uma abordagem da economia ambiental. 1995. 257 f. Tese (Doutorado em Economia) - Universidade de São Paulo, São Paulo.
- MICHELLON, E. **Políticas públicas, mercados de terras e o meio ambiente**: uma análise a partir do Paraná. 2002. 191 f. Tese (Doutorado em Economia) - Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- OLIVEIRA, J. B.; MENK, J. R. F.; BARBIERI, J. L.; ROTTA, C. L.; TREMONCOLDI, W. **Levantamento pedológico semidetalhado do estado de São Paulo**: Quadrícula de Araras. Campinas: IAC, 1982. 180 p.
- PEARCE, D. W.; TURNER, R. K. **Economics of natural resources and the environmental**. London: Chapman & Hall, 1993.

SMITH, D. D. Interpretation of soil conservation data for Field use. **Agricultural Engineering**, St. Joseph, v. 22, p. 173-175, 1941.

SORRENSON, W. J.; MONTOYA, L. J. **Implicações econômicas da erosão do solo e do uso de algumas práticas conservacionistas no Paraná**. Londrina: IAPAR, 1989. 110 p. (IAPAR. Boletim técnico, 21).

THOMPSON, A. L.; GHIDEY, F.; REDMI, T. P. Raindrop energy effects on chemical and sediment transport. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 44, n. 4, p. 835-841, 2001.

TÔSTO, S. G. **Sustentabilidade e valoração de serviços ecossistêmicos no espaço rural do município de Araras, SP**. 2010. 217 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Econômico) - Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

WISCHIMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide to a conservation planning**. Washington, DC: USDA, 1978. 58 p. (Agriculture Handbook, 537).

ZINGG, A. W. Degree and length of land slope as it affects soil loss in runoff. **Agriculture Engineering**, St. Joseph, v. 21, p. 59-64, 1950.