

PERDAS DE SOLO E VALORAÇÃO ECONÔMICA

João Fernando Marques¹; Lauro Charlet Pereira²; Francisco Lombardi Neto³

RESUMO: O principal objetivo deste artigo é apresentar uma discussão sobre a erosão do solo do ponto de vista físico e econômico, integrados à realidade de uma microbacia hidrográfica. Para a realização de estimativas de perdas de solo foi utilizada a Equação Universal de Perdas de Solo – EUPS e as considerações sobre o índice “t” de tolerância de perdas de solo. Para o cálculo do valor econômico das perdas de solo foi utilizado o método do custo de reposição de nutrientes. Os estudos foram conduzidos na microbacia bacia hidrográfica do Taquara Branca, localizada no município de Sumaré, Estado de São Paulo. Os resultados indicam perdas de solo, físicas e econômicas, elevadas mesmo levando-se em consideração os índices de tolerância de perdas de solo apropriados para as unidades de solo existentes na microbacia.

Palavras-chave: Erosão, custos econômicos, equação universal de perdas de solo, custos de reposição.

SOIL LOSSES AND ECONOMIC VALUATION

ABSTRACT: The purpose of this paper is to discuss soil erosion from economic and physical perspectives, integrated to the reality of a watershed. Universal Soil Losses Equation – USLE was used as an estimation method to assess the magnitude of soil erosion. “T” values associated with soil erosion were used from an economic and physical perspectives. Replacement Cost Approach - was used in order to calculate economic values associated with such losses. The case study took place at Taquara Branca micro riverbasin, located at State of São Paulo. The results of these analysis indicated a high soil and economic losses.

Keywords: Erosion, economic costs, universal soil loss equation, replacement costs.

¹ Economista, Doutor, Embrapa Meio Ambiente, Rodovia SP 340, Jaguariúna, 13820-000 marques@cnpmma.embrapa.br fone: (19) 38678760, fax (19)38678740.

² Eng. Agr., Doutor, Embrapa Meio Ambiente, Rodovia SP 340, Jaguariúna, 13820-000 lauro@cnpmma.embrapa.br fone: (19) 38678727, fax: (19) 38678740.

³ Eng. Agr., PhD, Professor convidado FEAGRI/UNICAMP

INTRODUÇÃO

A agricultura ao mesmo tempo que produz alimentos e fibras também gera impactos indesejáveis no ambiente, dado a tecnologia em uso. A erosão hídrica¹ do solo, facilitada e ampliada pelo próprio processo de produção agrícola, constitui-se em um destes impactos. Esse tipo de erosão consiste no desprendimento e arraste de partículas de solo decorrente da ação das chuvas. No Brasil, um dos fatores de desgaste que mais seriamente tem contribuído para a improdutividade do solo é, sem dúvida, a erosão hídrica, facilitada e acelerada pela ação do homem com suas práticas inadequadas de agricultura (BERTONI & LOMBARDI NETO 1999). 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.

Devido a necessidade de se conhecer as taxas de erosão para áreas específicas, diversos modelos de previsão de perdas de solo têm sido desenvolvidos e utilizados, dentre esses, destaca-se o modelo da EUPS – Equação Universal de Perdas de Solo, desenvolvido inicialmente, por WISCHMEIER & SMITH (1978) e adaptado às condições do Estado de São Paulo por BERTONI & LOMBARDI NETO (1999).

Embora seja relevante o conhecimento das perdas físicas de 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-se de técnicas e métodos que possam trazer à tona 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 pela sua reposição. Contudo, a reposição, por meio de fertilizantes industrializados -

sulfato de amônia, superfosfato, cloreto de potássio, dentre outros - resulta em custos adicionais incorridos pelos produtores. Diversos autores têm utilizado o método do custo de reposição de nutrientes para dar valor à erosão do solo agrícola, em diversas áreas de abrangência; em nível de estado (BASTOS FILHOS, 1995; SORRENSON & MONTOYA, 1989), de bacias hidrográficas (MARQUES, 1998; MICHELLON, 2002; ORTIZ LÓPEZ, 1997; CAVALCANTI, 1995); ou, simultaneamente, em nível de propriedades rurais e bacias hidrográficas (KIM & DIXON, 1990). O uso deste método também implica em admitir que o valor produtivo do solo é maior que o custo de reposição, portanto, vale a pena tomar medidas para evitar a erosão. Por isso, é oportuno observar que não obstante o amplo uso deste método, os valores obtidos refletem apenas pequena parcela dos danos ambientais causados pela erosão do solo agrícola.

O presente trabalho objetivou diagnosticar as perdas de solo por erosão e efetuar a valoração econômica dessas perdas na microbacia do Taquara Branca, no município de Sumaré, Estado de São Paulo, considerando dois possíveis cenários: CENÁRIO I - sem levar em consideração o chamado fator “t”, fator de tolerância de perdas de solo, definido pela erosividade e CENÁRIO II - levando-se em conta esse fator.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

Como área de estudo, utilizou-se a microbacia do Taquara Branca, localizada em Sumaré, Estado de São Paulo, com uma área de aproximadamente 2.286 ha, dos quais 216 ha são ocupados com agricultura de base familiar. Nesta microbacia, além da represa do Horto, que abastece os municípios de Sumaré e Hortolândia, encontra-se também uma área de assentamento, principal responsável pela produção de hortaliças e ocupação de mão de obra local. Os produtos agrícolas de maior importância econômica são: hortaliças, frutíferas, café, pastagens, cana de açúcar, milho e mandioca.

Em termos pedológicos, a microbacia do Taquara Branca é ocupada predominantemente por solos de textura média e arenosa (70% do total), que apresentam

susceptibilidade à erosão moderada e elevada. Estas limitações aumentam em áreas com declividades mais acentuadas, sobretudo quando há rampas de grandes comprimentos, que resulta num potencial natural de erosão variando de médio a alto, em mais de 50% da região.

Perda de Solo

O método utilizado para o cálculo das perdas de solo devido à erosão laminar apoiou-se na Equação Universal de Perda de Solo – EUPS, desenvolvida originalmente por WISCHMEIER & SMITH (1978) e adaptada às condições do Estado de São Paulo por BERTONI & LOMBARDI NETO (1999). Argumentam, estes autores, que o uso de equações empíricas para avaliar as perdas de solo de uma área cultivada vem se tornando prática indispensável para o planejamento conservacionista.

Os parâmetros da EUPS são:

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$$

sendo:

A = Perda de Solo (t/ha.ano);

R = Erosividade (poder erosivo das chuvas) (MJ.mm./ha.h.ano);

K = Erodibilidade do solo (susceptibilidade dos solos à erosão) (t.h./mj.mm.);

LS = Fator Topográfico - comprimento de rampa e grau de declividade (adimensional);

C = Fator Uso/Cobertura vegetal e manejo (adimensional);

P = Fator Práticas Conservacionistas (adimensional).

Fator R

A erosividade foi calculada utilizando-se o modelo proposto por LOMBARDI NETO & MOLDENHAUER (1992) e os registros pluviométricos mantidos pelo Instituto Agronômico de Campinas – IAC. Foi utilizado um fator R = 6.828, único para toda a área, tendo em vista que a microbacia do Taquara Branca é relativamente pequena.

Fator K

A erodibilidade foi estimada para cada unidade de solo da microbacia, segundo os valores de K para os principais solos paulistas, calculados por BERTONI

& LOMBARDI NETO (1999). Calculou-se a média ponderada de K por unidade de solo pela área ocupada e obteve-se o valor de K = 0,0250 para toda a microbacia hidrográfica.

Fator LS

O fator topográfico resulta da composição do grau de inclinação e do comprimento de rampa. O valor de LS = 1,35 representa um valor médio para a área da microbacia, que foi dividida segundo as classes de declive (inclinação e comprimento) e a participação destas na área total.

Fator C

O valor de C = 0,155 para a microbacia corresponde à média ponderada dos valores de C em função da área ocupada pelas diferentes culturas. Os valores de C utilizados foram aqueles calculados por BERTONI & LOMBARDI NETO (1999) para diferentes culturas e manejo para o Estado de São Paulo.

Fator P

Na microbacia observou-se o uso de práticas simples de conservação, como o plantio em contorno e terraceamento. Classes de declividade foram associadas à área e esta foi classificada atribuindo-lhes valores médios de P. Fazendo-se a ponderação pelas áreas de cada classe obteve-se o resultado para P = 0,62.

Cenários

No presente trabalho foram considerados dois cenários para o cálculo das perdas de solo para a microbacia do Taquara Branca. No primeiro – CENÁRIO I - as perdas de solo foram estimadas por meios dos fatores da EUPS, sem levar em consideração a tolerância a perdas de solo. Para o segundo – CENÁRIO II, assumiu-se que as unidades de solo apresentam um grau de tolerância à perdas, normalmente designada pelo índice “t”. Os valores de tolerância a perdas de foram calculados por BERTONI & LOMBARDI NETO (1999), para o Estado de São Paulo.

A utilização de um sistema Geográfico de Informações (SIG) tornou possível a superposição gráfica dos mapas de solos, planialtimétrico, de drenagem e uso atual do solo na microbacia da Taquara Branca. Isto permitiu a geração de informações necessárias para o cálculo das perdas de solo por meio da EUPS. Foram estabelecidos os valores para cada unidade de solo, assim como também para as respectivas tolerâncias de perdas de solo. Estes valores foram depois ponderados segundo suas participações percentuais em relação a área total da microbacia, fornecendo os parâmetros para a aplicação da EUPS. Desta forma, o resultado obtido é uma média representativa da área de estudo.

Perda de nutrientes

As perdas de nutrientes do solo foram determinadas em função do montante de solo perdido, calculado pela EUPS e pelo teor de nutrientes existentes no solo carregado da microbacia. Para a determinação do teor de nutrientes - nitrogênio², fósforo, potássio, cálcio e magnésio - foram coletadas na área da microbacia do Taquara Branca 106 amostras compostas de solo. A determinação do teor de nutrientes nestas amostras foi realizada pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC).

Custo de reposição de nutrientes

Os custos dos nutrientes perdidos pela erosão incluem somente os macronutrientes, N, P, K, Mg e Ca. Os custos são estimados com base na quantidade de solos perdidos, calculados pela EUPS, nas análises dos teores de nutrientes no solo da microbacia e nas necessidades de fertilizantes e seus respectivos preços. A fórmula a seguir permite estimar, por meio do conceito de custo de reposição, o valor econômico relativo às perdas de solo:

$$CR = \sum_{n=1}^4 (P_n * Q_n)$$

sendo:

CR = Custo de Reposição em R\$/t.

P_n = Preço dos fertilizantes R\$/t.

Q_n = quantidade de fertilizantes em t.

n = 1, 2, ..., 4.

O método do custo de reposição associa diretamente alterações na qualidade do solo com modificações nos custos de produção das unidades econômicas que recebem os impactos desta perda de qualidade. Portanto, o custo de reposição dos nutrientes perdidos é geralmente tomado, como medida do valor econômico da erosão do solo agrícola.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando a atual cobertura vegetal, os tipos de solo, a pluviosidade média da região em que se encontra a microbacia, as declividades médias, as perdas de solo estimadas foram cerca de: 22 t/ha/ano e 51.000 t/ano (Tabela I). Observa-se que esta perda é praticamente o dobro do valor esperado, respeitados os limites de tolerância para os diferentes solos encontrados na microbacia. Estes valores devem-se à marcante presença dos Argissolos, mais de 50% da área da microbacia, e aos valores do fator erodibilidade à este solo associado, bem como às condições de declividade da área. Além disso, identificou-se também que cerca de 25% do total da microbacia possui expectativa de erosão média e alta. Verificou-se, portanto, que as perdas de terras por erosão, encontram-se acima da tolerância média de perdas dos solos da região. Desse modo, ajustando-se os valores do fator erodibilidade com vistas a refletir os índices de tolerância de perda de solo para a microbacia, os valores obtidos reduziram-se à 12,5 t/ha/ano e 28.600t/ano (Tabela II).

Os valores econômicos associados às perdas de solo no CENÁRIO - I ficaram em R\$ 55.132,00/ano, ou seja, R\$ 24,12 por hectare, sem levar em conta os valores correspondes ao índice de tolerância de perdas de solo (Tabela I).

Tabela I - Perdas de solo, de nutrientes e custo econômico das perdas - CENÁRIO I.

Perdas de solo	t/ha/ano	t/ano
	22,34	51.074,15
Perdas de nutrientes	kg/ha/ano	kg/ano
N	23,35	53.378,57
P	0,13	289,5
K	2,61	5.971,52
Ca	12,1	27.669,77
Mg	2,86	6.534,27
Custo	R\$/ha	R\$/ano
Sulfato de amônia	21,77	49.770,18
Superfosfato simples	0,15	354,11
Cloreto de potássio	1,56	3.568,58
Calcário Ca	0,51	1.164,34
dolomítico Mg	0,12	274,96
Total	24,12	55.132,18

No CENÁRIO II, quando foram ajustados os valores do fator erodibilidade incorporando-se à este, a tolerância de perda por unidade de solo existente na microbacia, os valores econômicos das perdas de solo situaram-se por volta de R\$31.000,00/ano e R\$ 13,50 por hectare. Neste sentido assume-se que parte da recuperação do solo perdido será efetuado pela natureza, portanto não haverá custos envolvidos nesta reposição. Os questionamentos colocados sobre o cálculo deste índice e sua representatividade como um indicador de recuperação do potencial de produtividade do solo (NOWAK *et al.*, 1985) bem como suas limitações ao não refletir os efeitos externos causados

pela erosão (CLARK II *et al.*, 1985) indica que o CENÁRIO I é o que representa mais apropriadamente a realidade.

Mesmo levando-se em consideração os índices de tolerância, as perdas de solo na microbacia do Taquara Branca situam-se em patamares elevados. No entanto, acredita-se que se for feita a adequação das práticas de manejo das culturas, por exemplo, o uso de plantio com cobertura morta e recomposição da mata ciliar, as perdas de solo, certamente, tenderão aos níveis compatíveis com os índices de tolerância previstos para a região.

Tabela II - Perdas de Solo, de Nutrientes e Custo Econômico das Perdas - CENÁRIO II.

Perdas de solo	t/ha/ano	t/ano
	12,5	28.575,00
Perdas de nutrientes	kg/ha/ano	kg/ano
N	13,07	29.866,89
P	0,07	160,02
K	1,46	3.338,44
Ca	6,77	15.477,06
Mg	1,60	3.658,21
Custo	R\$/ha	R\$/ano
Sulfato de amônia	12,18	27.845,92
Superfosfato simples	0,08	354,11
Cloreto de potássio	0,87	3.568,58
Calcário Ca	0,29	1.164,34
dolomítico Mg	0,07	274,96
Total	13,49	30.836,70

CONCLUSÕES

Os índices de erosão encontrados na bacia do Taquara Branca estão acima dos limites de tolerância de perdas de solo para as unidades de solo da microbacia. Mesmo no CENÁRIO II, onde as estimativas de perdas de solo levaram em conta o potencial regenerativo do solo por meio dos valores de tolerância a perdas, os resultados ainda indicam perdas de solo, o que implica na adoção de medidas conservacionistas. Os valores econômicos encontrados refletem as perdas de solo nas duas situações consideradas, sendo normalmente maior no CENÁRIO I. Os maiores valores econômicos estão associados ao nitrogênio, evidentemente, devido à maior necessidade de reposição deste nutriente. Além dos efeitos da erosão aqui mencionados e calculados monetariamente, a erosão provoca efeitos em outros ambientes como o assoreamento de rios, a perda de qualidade da água, eliminação de espécies de peixes, dentre outras. Por esta razão, os valores estimados refletem apenas parcialmente os danos ambientais provocados pela erosão do solo, o que reforça a conclusão de que qualquer medida conservacionista do solo sempre apresentará para a sociedade benefícios maiores que os custos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BASTOS FILHO, G.S. Contabilizando a erosão do solo: Um ajuste ambiental para o produto agropecuário paulista. Piracicaba: ESALQ-Departamento de Economia e Sociologia Rural, 1995. 127p. **Dissertação Mestrado**
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, A. **Conservação do solo**. 3ed. São Paulo: Icone, 355p, 1999.
- 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., 1995, Curitiba. **Anais**. Curitiba: SOBER, 1995. v.2. p.1097- 1103
- CLARK II, E.H.; HAVERKAMP, J.A.; CHAPMAN, W. **Eroding soils: the off farm impacts**. Washington: The Conservation Foundation, 252p, 1985.
- FERRAZ DE MELLO, F.M.; BRASIL SOBRINHO, M.C.B.; ARZOLLAS, S.; SILVEIRA, R.I.; COBRA NETTO, A.; KIEHL, J.C. **Fertilidade do solo**. São Paulo: Nobel, 1989. 400p
- KIM, S. H. & DIXON, J. A. **Economic valuation techniques for the environment: a case study workbook**. Baltimore: The Johns Hopkins University, 1990, 203p.
- LOMBARDI NETO, F. & MOLDEANHAUER, W. C. **Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com perdas de solo em Campinas**, SP. *Bragancia, Campinas*, v. 51, n.2, 189-196, 1992.
- MARQUES, J. F. Custos da erosão do solo devido aos seus efeitos internos e externos à área de produção agrícola. **Revista Brasileira de Economia e Sociologia Rural**.v.36, n.1 jan/fev/mar, 1998.
- MICHELLON, E. Políticas públicas, mercado de terras e o meio ambiente: uma análise a partir do Paraná. **Tese de Doutorado em Economia**. Campinas: IE/UNICAMP. 2002, 202p.
- NOWAK, P. T. ; TIMMONS, J.; CARLSON, J.; MILES, RANDY. Economic and social perspectives on T values relative to soil erosion and crop productivity. In : **Soil erosion and crop productivity**. Editors: R. F. Follet & B. S. Stewart. Soil Science Society of America Inc. 1985: USA, Madson, Winsconsin, 1985, 120-132p.
- ORTIZ LÓPEZ, A. A. Análise dos custos sociais e privados da erosão do solo O caso do Rio Corumbataí. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1997. 118p. **Tese de Doutorado**.
- SORRENSON, W.J.; MONTOYA, L.J. Implicações econômicas da erosão do solo e do uso de algumas práticas conservacionistas no Paraná. Londrina: IAPAR, 1989. 110p. (IAPAR. **Boletim Técnico**, 21).
- WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. Predicting rainfall erosion losses: a guide planning. 1978: USA, Washington. D.C., USDA . (**Handbook**, 537), 58p.