

VALORAÇÃO DA EROÇÃO DO SOLO E A SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL NO ESPAÇO RURAL DO MUNICÍPIO DE ARARAS, SP

Sérgio Gomes Tôsto (Embrapa) sgtosto@gmail.com

Ademar Ribeiro Romeiro (UNICAMP) ademar@eco.unicamp.br

Lauro Charlet Pereira (Embrapa) lauro@cnpm.embrapa.br

João Fernando Marques (Unicamp) jofemarques@uol.com.br

Ranulfo Paiva Sobrinho - Ecólogo, Doutorando (Unicamp) ranulfopsobrinho@yahoo.com.br

Daniel Andrade Caixeta (UFU) caixetaandrade@yahoo.com.br

Gustavo Sousa Valladares (UFC) valladares@ufc.br

RESUMO

Este trabalho foi realizado no Município de Araras, SP, e teve como objetivo valorar monetariamente as perdas de solos em termos de nutrientes perdidos para os usos e ocupações das terras no espaço rural do município de Araras. Utilizou-se a Equação Universal de Perda de Solo – EUPS (BERTONI e LOMBARDI, 1990) – para quantificar a perda de solo e o Método do Custo de Reposição para valorar os nutrientes perdidos (MARQUES, 1995). Os resultados mostram que a taxa de erosão da cana-de-açúcar queimada é 3,8 vezes superior ao da cana-de-açúcar mecanizada e o custo para a reposição de nutrientes perdidos foi de R\$19,47 para a cana-de-açúcar mecanizada e de R\$73,98 para a cana-de-açúcar queimada. O melhor resultado ficou com a Floresta secundária com uma taxa de $0,99 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ seguido da cafeicultura e citricultura o que representando taxas de perdas de solos menores e consequentemente maior sustentabilidade ambiental. Verificou-se uma contribuição para sustentabilidade ambiental forte das culturas do café e na citricultura. Taxas de erosão intermediárias na ordem de $1,8 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ para as pastagem mostram uma relativa sustentabilidade para essa atividade. Conclui-se que o método de cálculo da taxa de erosão pode ser um instrumental útil para avaliação da sustentabilidade ambiental das atividades agrícolas.

Palavras-chave: equação universal de perda de solos; método de reposição; economia ambiental

INTRODUÇÃO

Historicamente, o desenvolvimento econômico global, na grande maioria dos países, apoiou-se na exploração e na utilização dos recursos naturais, exercendo, assim, uma pressão sobre os sistemas naturais, com efeitos adversos na qualidade do meio ambiente.

O setor agropecuário é o responsável por produzir grande parte de alimentos e de fibras, porém, dada a tecnologia em uso, pode levar a uma série de efeitos indesejáveis no sistema produtivo.

A Revolução Verde, por meio do modelo industrial-produtivista de apropriação da natureza, acelerou de forma alarmante a degradação ambiental e social do espaço rural. O alto grau de industrialização trouxe, num primeiro momento, o aumento da produção e da produtividade, principalmente nos produtos de exportação – as “*commodities* agrícolas”. O incremento no uso de insumos, da mecanização e da expansão de monocultivos nas maiores dos cultivos agrícolas, levou à degradação de grandes superfícies, muitas delas abandonadas depois de poucos anos de cultivo. O agravamento desses problemas se deu com a intensificação da produção em áreas não aptas, ou acima de sua capacidade de suporte, provocando erosão e contaminação de solos e de água com agroquímicos, tornando-os cada vez mais dependentes do aporte de energia externa e reduzindo a sua capacidade produtiva ao longo do tempo. Isso devido, em grande parte, à falta de uma visão mais abrangente entre a produtividade e a estabilidade dos ecossistemas tropicais (MARQUES et. al, 2003). A inadequação deste modelo tem levado a uma crescente busca de modelos alternativos e sustentáveis para a agricultura, como o plantio direto, agricultura biodinâmica e agricultura orgânica.

O solo é um recurso natural fundamental para a produção agrícola graças a um conjunto de propriedades que permitem que ofereça sustentação às plantas e lhes dê condições necessárias de desenvolvimento. Tem um importante papel no meio ambiente, onde funciona como integrador ambiental e reator, acumulando energia solar na forma de matéria orgânica, reciclando água, nutrientes e outros elementos e alterando compostos químicos. Desse modo, o solo tem importante função ecológica, influenciando de forma positiva a qualidade ambiental e o funcionamento global da biosfera.

A degradação ambiental pode ser entendida como um processo de redução no uso atual e futuro do solo, mais precisamente, à perda de área cultivável, à desertificação, ao desmatamento, à depleção de bacias hidrográficas, entre outros. Dentre as manifestações de degradação observadas, a erosão é a externalidade. Segundo Seroa da Motta (1989), a erosão é uma das diversas externalidades que ocorrem no meio rural que pode trazer consequência danosas ao meio ambiente.

A erosão do solo agrícola tem se caracterizado como um dos mais preocupantes problemas causados pela agricultura, tanto da perspectiva dos efeitos ambientais quanto dos problemas causados à própria produção agrícola (LOMBARDI NETO et al., 1989).

A erosão consiste no processo de desprendimento e arraste das partículas do solo, ocasionado pela ação da água ou do vento, sendo a principal causa de degradação das terras agrícolas. A erosão hídrica é um processo natural relacionado à formação do relevo e dos solos, cuja intensidade pode ser aumentada a ponto de causar degradação ambiental, principalmente em função do uso agrícola com práticas inadequadas (LOMBARDI NETO et al., 1989).

O processo erosivo compreende três etapas distintas: ruptura dos agregados, transporte de partículas e deposição dos sedimentos. Os processos de ruptura dos agregados e de transporte são mais extensos nas áreas agrícolas intensamente mecanizadas. A desagregação compreende o processo de redução do tamanho dos agregados, ou seja, a individualização das partículas agregadas do solo, que é causada, principalmente, pelo impacto direto das gotas de chuva na superfície.

As partículas desagregadas salpicam com as gotículas de chuva e retornam à superfície selando a porosidade superficial, o que reduz num segundo momento a infiltração de água. À medida que aumenta a intensidade da chuva e esta passa a ser maior que a taxa de infiltração, começa também a haver acúmulo de água sobre a superfície do solo, iniciando-se a segunda fase do processo, que é o transporte das partículas, ou seja, o escoamento superficial.

O transporte pode ocorrer mesmo não havendo a ruptura dos agregados, basta que a energia da enxurrada seja suficientemente alta para promover o arraste das partículas de solo. Finalmente, a deposição ocorre nas áreas de sedimentação e nos leitos dos rios, resultando em perdas de água e solos nas bacias hidrográficas, causando impacto negativos nos sistemas produtivos, pela degradação do solo, e no meio ambiente, pelo assoreamento de rios e desabastecimento dos mananciais hídricos. A degradação do solo causada pelos processos erosivos constitui-se em uma ameaça iminente para a sustentabilidade agrícola. Os efeitos negativos do processo erosivo têm abrangência local (*on-site*), que são impactos diretos na qualidade do solo e no rendimento das lavouras, e outros geram impactos em âmbito global (*off-site*), ou indiretos, como as mudanças na qualidade das águas naturais, danos à estrutura viária, inundações nas cidades, danos à estrutura civil, rompimento de barreiras e interdição de estradas, sedimentação de rios e reservatórios, desmatamento e desertificação.

Os efeitos diretos estão relacionados aos danos causados às propriedades químicas e físicas dos solos, como a perda de nutrientes, de água disponível para as plantas, de matéria orgânica, desestruturação das propriedades físicas dos solos, e também a perda de

área agricultável. Estes efeitos obrigam os produtores a utilizarem uma dosagem adicional de fertilizante para manter a fertilidade do solo, a realizar reparos em benfeitorias da propriedade, a realizar replantio, assim, há um relativo aumento nos custos de produção como reflexos dos custos financeiros causados pela erosão.

Os solos e os seus organismos podem ser afetados pelo manejo adotado pelos produtores rurais. A atividade agrícola predatória, o desmatamento fora de limites e as mudanças globais, podem acarretar consequências maléficas para o solo e sua biodiversidade, tais como: (i) perda da produção agrícola; (ii) redução das taxas de aporte e decomposição da matéria orgânica; (iii) ruptura ou alterações nos ciclos globais de nutrientes; (iv) aumento das emissões de gases causadores do efeito estufa e (v) degradação de terras, erosão e desertificação; (vi) perda de água entre outras.

A degradação do solo por erosão é um grave problema mundial da atualidade, o recurso solo é finito, não renovável na escala de duração da vida humana e frágil para ser explorado de forma inadequada.

A perda de produtividade das culturas cultivadas, a degeneração das pastagens e a perda de área física cultivável são considerados os principais impactos causados pela erosão nas propriedades rurais. Economicamente, temos a redução da oferta de alimentos, a perda de renda, a diminuição da área agrícola *per capita* e a perda, às vezes irreversível, de terras ocupadas por sulcos e voçorocas, em que estas representam um processo erosivo em estágio muito avançado.

A intensidade de uso exprime a maior ou a menor mobilização imposta ao solo, expondo-o a certo risco de erosão e/ou perda da produtividade. Geralmente, culturas anuais impõem alta intensidade de uso, enquanto vegetações naturais representam o mais baixo grau de intensidade de uso.

Do ponto de vista econômico, indica que a exploração dos recursos do solo, com um determinado estoque de fertilidade natural, pode ser benéfica para o produtor rural. Assim, esse estoque alto de fertilidade natural pode dar suporte às explorações agrícolas por muito tempo, não onerando os custos de produção. Se esta fertilidade natural, através de um manejo adequado do solo, for mantida constante, os custos de produção poderiam ser levados a uma diminuição, resultando em maiores receitas e retornos líquidos para o produtor rural.

1 OBJETIVO

O objetivo desta parte do trabalho é estimar a perda de solo para as atividades agrícolas exploradas no município de Araras sob diferentes classes de solo e de uso, além de ocupação do solo e estimar o valor econômico para repor os nutrientes perdidos com o processo da erosão estabelecendo assim uma hierarquia de sustentabilidade ambiental.

2 METODOLOGIA

O Método do Custo de Reposição (MCR) apresenta uma das idéias mais básicas quando se pensa em prejuízo: a reparação por 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, 1993). Para esse autor, 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, por exemplo, de ordem institucional. É o caso do padrão de qualidade da água: os custos para alcançá-lo são uma *proxy* dos benefícios que esse padrão proporciona à sociedade.

Porém, esse autor alerta para os riscos desse procedimento porque, ao impor uma reparação, a sociedade está sinalizando que os benefícios excedem os custos, quaisquer que sejam estes, e que, portanto, “os custos são uma medida mínima dos benefícios”. 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, 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. Na função de produção, 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. Serão levados em conta apenas os danos causados pela erosão na propriedade agrícola. Aqueles efeitos observados fora da propriedade (*off-site*) serão desconsiderados, embora não sejam, em nenhum momento, menos importantes que os ocorridos *in situ*.

A aplicação do método do custo de reposição de nutrientes, cuja idéia 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 – N, fósforo – P, potássio – K, cálcio e magnésio – Ca+Mg); 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.

No presente trabalho, utilizou-se uma adaptação do método do custo de reposição dos nutrientes proposto por Marques (1995), adicionado do custo de aplicação dos fertilizantes para se atribuir valor monetário aos impactos relacionados à erosão do solo em cada atividade agrícola do município.

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

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

P_n = Preço de mercado de cada fertilizante industrializado;

Caf = Custo de aplicação dos fertilizantes.

A estimativa das taxas de perda de solo na área de estudo foi efetivada aplicando o modelo USLE – Universal Soil Loss Equation (WISCHMEIER e SMITH, 1978), também conhecido por Equação Universal de Perda de Solo, que foi adaptada para uso nas condições brasileiras por Bertoni e Lombardi (1989). 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 e 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 $\text{Mg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$;

R = fator erosividade da precipitação e da enxurrada, em $\text{M.J.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$;

K = fator erodibilidade do solo, definido pela intensidade de erosão por unidade de índice de erosão 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 25m em Mg.ha.h/ha.MJ.mm ;

L = fator comprimento da encosta, definido pela relação de perdas de solo entre uma encosta com um comprimento qualquer e uma encosta com 25m 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;

C = fator de cobertura e manejo da cultura, definido pela relação de perdas de solo entre um terreno cultivado e dadas condições e um terreno mantido

continuamente descoberto, em condições semelhantes àquelas em que o fator K é avaliado, adimensional;

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.

Os fatores R,K,L e S dependem das condições naturais do clima, do solo e do terreno, definindo o potencial natural de erosão, já os fatores C e P são antrópicos ou relacionados com as formas de manejo do solo e do uso e ocupação das terras. Os valores para o fator C utilizados para este trabalho estão mostrados na tabela 38.

O fator R foi calculado a partir do potencial erosivo da chuva (erosividade) na região do município de Araras, seguindo a metodologia estabelecida por Bertoni & Lombardi Neto (1990) e os valores encontrados para o fator erosividade (R) variaram entre 8.791 a 9.043 MJ.mm.ha⁻¹.ha⁻¹.ano⁻¹.

Foram utilizados os seguintes fatores C, conforme mostra a tabela 1

TABELA 01 - VALORES DO FATOR C

Uso fator "c"	Fator "c"
Cafecultura	0,02010
Cana-de-açúcar crua	0,03770
Cana-de-açúcar queimada	0,07540
Citricultura	0,02470
Cultura anual (soja + milho)	0,10231
Floresta secundária	0,00077
Pastagem	0,01000

FONTE: Dados gerados pela pesquisa, 2007

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o conjunto de dados e de informações gerado, foi elaborado o mapa de perdas de solo para o município e pode-se verificar que há locais na região que, muito embora sejam pequenos, a taxa de perdas de solos pode atingir até 24 a 60 e 60 a 120 t.ha⁻¹.ano⁻¹, conforme mostra a figura 1. Estas taxas de erosão podem contribuir muito para uma queda do índice de sustentabilidade ambiental calculado neste trabalho.

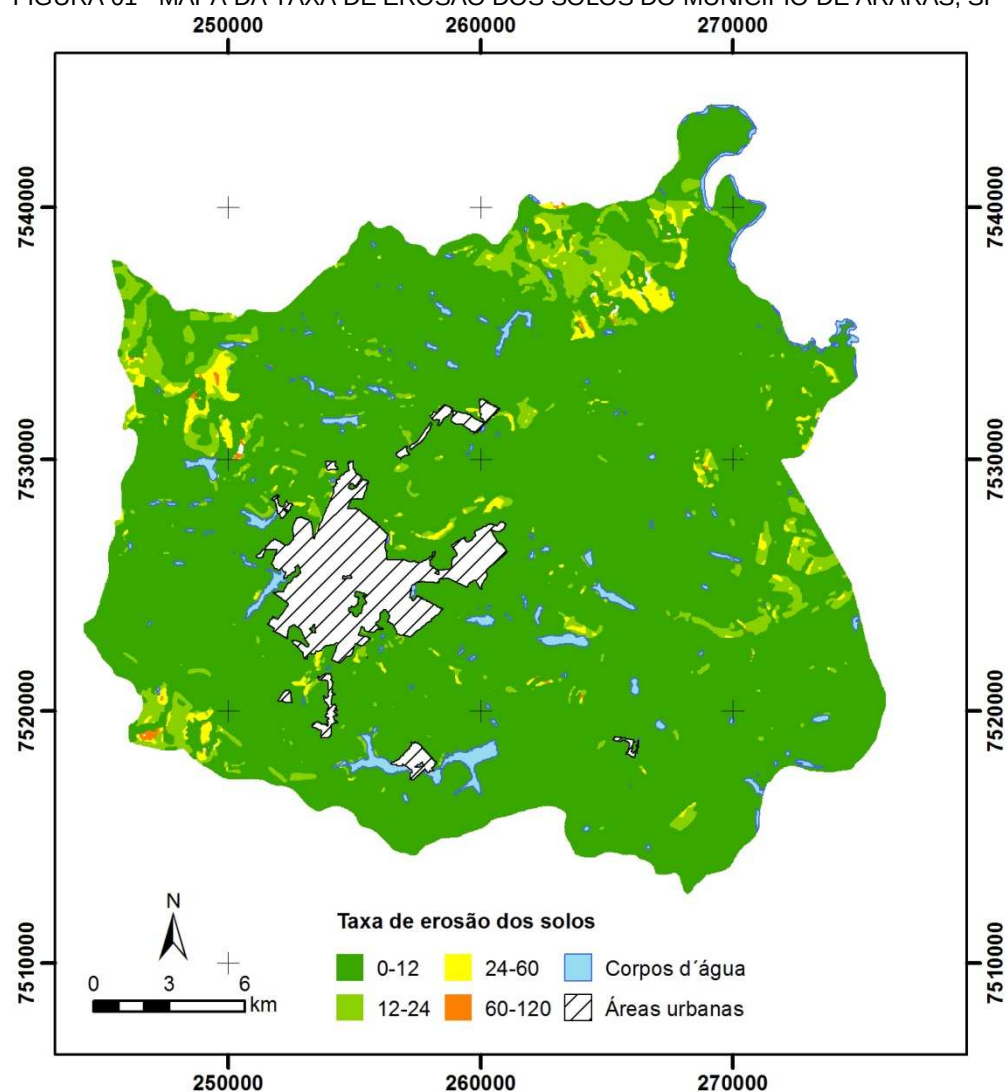
Foram encontradas as seguintes taxas de erosão para as atividades agrícolas exploradas no município, conforme a tabela 2.

TABELA 02 - TAXA DE PERDA DE SOLOS

Uso do solo	Taxa de perda de solos $t \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$
Cafeicultura	2,8763
Cana-de-açúcar crua	3,9562
Cana-de-açúcar queimada	14,8818
Citricultura	2,9403
Cultura anual (soja + milho)	14,4046
Floresta secundária	0,9958
Pastagem	1,8154

FONTE: Dados gerados pela pesquisa, 2007

FIGURA 01 - MAPA DA TAXA DE EROSÃO DOS SOLOS DO MUNICÍPIO DE ARARAS, SP



FONTE: Mapa gerado pela pesquisa (2007)

A tabela 3 em seguida, sintetiza as perdas totais de solo e de nutrientes no município de Araras-SP no ano de 2007. Percebe-se que o tipo de uso que mais apresentou perdas totais de solo foram, respectivamente, a cana-de-açúcar queimada, a cana-de-açúcar crua, a fruticultura e a cultura anual. Considerando apenas o sistema cana-de-açúcar (crua e

queimada), tem-se que ele é responsável por aproximadamente 75,69% das perdas de solo no município. Trata-se de uma informação ilustrativa da importância do cultivo de cana-de-açúcar na região no que tange aos impactos ambientais causados. Os quatro tipos de uso dos solos citados anteriormente são responsáveis pela quase totalidade das perdas de solo ocorridas na área em estudo no ano de 2007 (cerca de 94,13%).

TABELA 03 - PERDA TOTAL DE SOLO E DE NUTRIENTES POR TIPO DE USO DO SOLO NO MUNICÍPIO DE ARARAS-SP NO ANO DE 2007 (EM TONELADAS)

Uso das terras	Área(ha)	Perda solo T.ha ⁻¹ ano ⁻¹	Perda n T.ano ⁻¹	Perda t.ano ⁻¹	p Perda t.ano ⁻¹	k Perda ca+mg t.ano ⁻¹
Cafeicultura	328,55	945,00	0,9142956	0,02495767	0,09504894	0,89654833
Cana-de-açúcar crua	25.472,16	100.772,95	97,497838	2,66141385	10,1357442	95,6053220
Cana-de-açúcar queimada	9.098,97	135.409,05	131,00826	3,57615305	13,6194424	128,465275
Citricultura	11.938,67	35.103,27	33,962415	0,92707739	3,53068703	33,3031756
Cultura anual - Soja + milho	1.687,64	24.309,77	23,519711	0,64202126	2,44507758	23,0631736
Floresta secundária	3.011,99	2.999,33	2,9018611	0,07921256	0,30167358	2,84553350
Pastagem	1.337,41	427,9341	2,3490263	0,06412174	0,24420161	2,30342965

FONTE: Dados gerados pela pesquisa, 2007

O próximo passo foi 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 Jr. *et al.* (1981):

$$QF_i = \sum_{j=1}^4 NS_j * TF_i \quad (3)$$

Em que:

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.

A tabela 4 em seguida apresenta as quantidades de fertilizantes necessárias para repor a fertilidade do solo perdida no processo de erosão por tipo de uso do solo na região. Com base nos preços de mercado dos fertilizantes considerados (sulfato de amônia, superfosfato simples, cloreto de potássio e calcário dolomítico), conforme ilustrado na tabela 4, foi possível conhecer o custo monetário de aquisição dos fertilizantes necessários

TABELA 04 - QUANTIDADE DE FERTILIZANTES NECESSÁRIAS PARA REPOSIÇÃO DOS NUTRIENTES PERDIDOS PELO PROCESSO DE EROÇÃO DO SOLO POR TIPO DE USO DO SOLO NO MUNICÍPIO DE ARARAS-SP NO ANO DE 2007 (EM TONELADAS)

Uso das terras	Sulfato de amônia	Superfosfato simples	Cloreto de potássio	de Calcário dolomítico
Cafeicultura	4,571477966	0,13876465	0,163484179	2,357922124
Cana-de-açúcar crua	487,4891911	14,79746105	17,43348012	251,441997
Cana-de-açúcar queimada	655,0412878	19,88341099	23,42544097	337,8636748
Citricultura	169,8120754	5,154550331	6,072781705	87,58735194
Cultura anual - Soja + milho	117,5985566	3,569638246	4,205533448	60,65614675
Floresta secundária	14,50930552	0,440421833	0,51887856	7,483753119
Pastagem	11,74513128	0,356516874	0,420026775	6,058019986

FONTE: Dados gerados pela pesquisa, 2007

A tabela 5 mostra os valores médios de fertilizantes e corretivos levantados junto a órgão de pesquisa estadual.

TABELA 05 - PREÇO MÉDIO DOS FERTILIZANTES NO ANO DE 2007 (EM REAIS, DE 2007, POR TONELADA)

Fertilizante	Preço médio ¹ (R\$/T)
Sulfato de amônia	832,79
Superfosfato simples	650,80
Cloreto de potássio	1.083,67
Calcário dolomítico	31,25

FONTE: Instituto de Economia Agrícola (IEA).

Média dos preços nos meses do ano de 2007.

A etapa final de aplicação do método consistiu em agregar ao custo monetário calculado acima o custo de aplicação dos fertilizantes (equação 1). Tais custos foram compilados do Relatório do Projeto ECOAGRI, que calculou os custos associados de serviços e de transportes para aplicação dos fertilizantes por tipo de cobertura do solo na Bacia Hidrográfica dos Rios Mogi-Guaçu e Pardo, na qual o município de Araras-SP se insere (R\$42,02 por tonelada de sulfato de amônia, superfosfato simples e cloreto de potássio, e R\$ 128,87 por tonelada para o calcário dolomítico). As tabelas 6 e 7 apresentam, respectivamente, os custos de reposição de nutrientes total e por hectare (reais de 2007) para os tipos de uso analisados no município em questão

TABELA 06- CUSTO DE REPOSIÇÃO DE FERTILIZANTES

Uso das terras	Sulfato de amônia	de Superfosfato simples	Cloreto de potássio	de Calcário dolomítico
Cafeicultura	3807,081135	90,3080344	177,1629004	73,6850664
Cana-de-açúcar crua	405976,1234	9630,18765	18892,1394	7857,5624
Cana-de-açúcar queimada	545511,8341	12940,1239	25385,44762	10558,2398
Citricultura	141417,7983	3354,58136	6580,89135	2737,10475
Cultura anual (soja + milho)	97934,90196	2323,12057	4557,410432	1895,50459
Floresta secundária	12083,20454	286,626529	562,2931287	233,867285
Pastagem	9781,227876	232,021182	455,1704149	189,313125

Fonte: Dados gerados pela pesquisa, 2007

TABELA 07 - CUSTO DE APLICAÇÃO DOS FERTILIZANTES NECESSÁRIOS PARA REPOSIÇÃO DA FERTILIDADE DO SOLO POR TIPO DE USO NO MUNICÍPIO DE ARARAS-SP NO ANO DE 2007 (EM REAIS DE 2007)

Tipo de uso do solo	Sulfato de amônia	Superfosfato simples	Cloreto de potássio	de Calcário dolomítico
Cafeicultura	239,09	7,26	8,55	378,21
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
Floresta Antropizada	1.108,60	33,65	39,65	1.753,65
Cultura anual (soja + milho)	4.316,77	131,03	154,38	6.828,53
Citricultura	7.081,34	214,95	253,24	11.201,71
Pastagem	537,80	16,32	19,23	850,72

Fonte: Dados gerados pela pesquisa, 2007

A tabela 8 mostra a estimativa do custo de reposição de nutrientes (custos dos fertilizantes + custos de aplicação) por tipo de uso do solo no município de Araras-SP no ano de 2007 (em reais de 2007)

TABELA 08- ESTIMATIVA DO CUSTO DE REPOSIÇÃO DE NUTRIENTES POR TIPO DE USO DO SOLO NO MUNICÍPIO PARA O ANO DE 2007

Uso das terras	Sulfato de amônia	Superfosfato simples	Cloreto de potássio	de Calcário dolomítico	Total
Cafeicultura	3.999,17	96,14	184,03	377,55	4.656,90
Cana-de-açúcar crua	426.460,42	10.251,98	19.624,69	40.260,89	496.597,98
Cana-de-açúcar queimada	573.036,67	13.775,62	26.369,78	54.098,73	667.280,81
Citricultura	148.553,30	3.571,18	6.836,07	14.024,49	172.985,03
Cultura anual (soja + milho)	102.876,39	2.473,12	4.734,13	9.712,26	119.795,90
Floresta secundária	12.692,89	305,13	584,10	1.198,30	14.780,41
Mata ciliar	-	-	-	-	-
Pastagem	10.274,76	247,00	472,82	970,01	11.964,59
TOTALGERAL					1.487.992,62

Fonte: Dados gerados pela pesquisa, 2007

TABELA 09 - ESTIMATIVA DO CUSTO DE REPOSIÇÃO DE NUTRIENTES (CUSTOS DOS FERTILIZANTES + CUSTOS DE APLICAÇÃO) POR HECTARE E POR TIPO DE USO DO SOLO NO MUNICÍPIO DE ARARAS-SP NO ANO DE 2007 (EM REAIS DE 2007 POR HECTARE)

Uso das terras	Custo de reposição de nutrientes (R\$.ha ⁻¹)
Cafeicultura	14,17
Cana-de-açúcar crua	19,50
Cana-de-açúcar queimada	73,34
Citricultura	14,49
Cultura anual (soja + milho)	70,98
Floresta secundária	4,91
Mata ciliar	0,52
Pastagem	8,95
TOTAL	23,28

Fonte: Dados gerados pela pesquisa, 2007

A tabela 9 acima resume, portanto, o custo de reposição de nutrientes por cultura no município de Araras-SP no ano de 2007. Percebe-se que as coberturas de cana-de-açúcar queimada e cultura anual apresentam uma estimativa de custo de reposição acima da média apresentada pelo município (R\$ 23,28 por hectare). Com relação à bacia Hidrográfica dos

rios Mogi-Guaçu e Pardo, na qual se insere a área estudada, o custo de reposição por hectare aqui corresponde a 62,74% do valor estimado para toda a bacia (R\$ 39,21 por hectare).

O método do custo de reposição é muito simples, porém, muito trabalhoso, pois requer o emprego de muitas variáveis, as quais possuem metodologias próprias, além de conhecimento sólido na área de geoprocessamento. Particularmente, as estimativas apresentadas podem servir como parâmetro para a tomada de decisão para adoção de práticas de conservação do solo por parte dos produtores rurais do município. Tais estimativas também podem funcionar como uma medida pedagógica para os produtores no que tange aos custos econômicos provocados pela erosão do solo. Finalmente conclui-se que o método de reposição pode ser um importante instrumental nos estudos de sustentabilidade ambiental.

REFERÊNCIAS

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**, 2ª edição, São Paulo. Anais. São Paulo: ABGE, 1981. p.117-137.

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

LOMBARDI NETO, F.; BELLINAZZI JÚNIOR, R.; GALETI, P. A.; BERTOLINI, D.; LEPSCH, I. F.; OLIVEIRA, J. B. Nova abordagem para cálculo de espaçamento entre terraços. In: **Simpósio sobre terraceamento agrícola**, Campinas, 1989. Fundação Cargill. p. 99-124.

MARQUES, J. F. **Efeitos da degradação do solo na geração de energia elétrica: uma abordagem da economia ambiental**. Tese de Doutorado/USP. São Paulo. 1995. 257 p.

MARQUES, J.F.; SKORUPA, L.A.; FERRAZ, J.M.G. **Indicadores de sustentabilidade em agroecossistema**. Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente. 2003. 281p.

PEARCE D. **Natural resources, growth and development : Natural resources, growth and development: Economics, Ecology and Resource Scarcity**. Clement Tisdell, Praeger, New York. Ecological Economics, Elsevier, vol. 7(1), pages 78-79, February. 1993.

PROJETO ECOAGRI. **III Relatório FAPESP**. Processo: 2002/06685-0 Projeto Ecoagri Diagnóstico Ambiental da Agricultura em São Paulo: Bases para um desenvolvimento rural sustentável Campinas, 15 de maio de 2006. 131p. Disponível em: <<http://ecoagri.cnptia.embrapa.br/resultados/relatorios/IIIRelatorioEcoAgri2006Completo.pdf>>. Acesso em: fev. 2008.

SEROA DA MOTTA, R. **Manual de valoração econômica de recursos ambientais**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, 1989. 218p.

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

NOTA: Os autores agradecem o apoio financeiro da EMBRAPA, FAPESP e PIBIC/CNPq