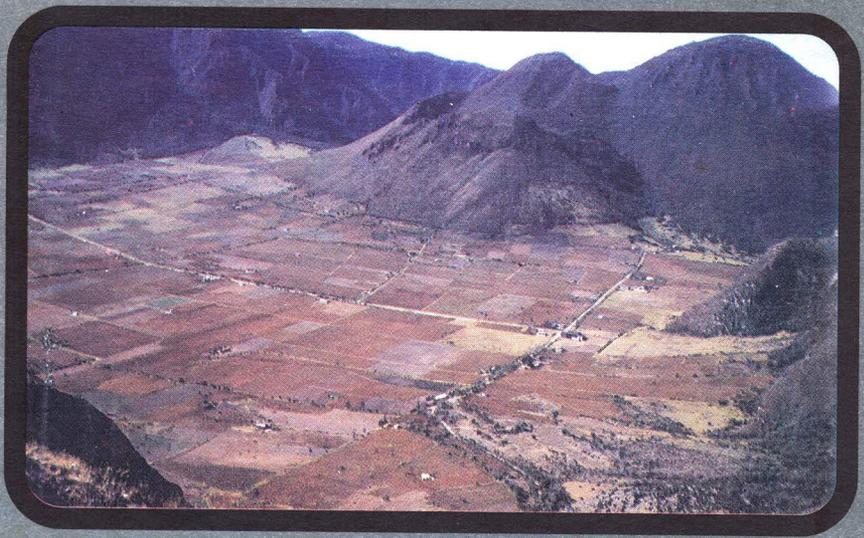
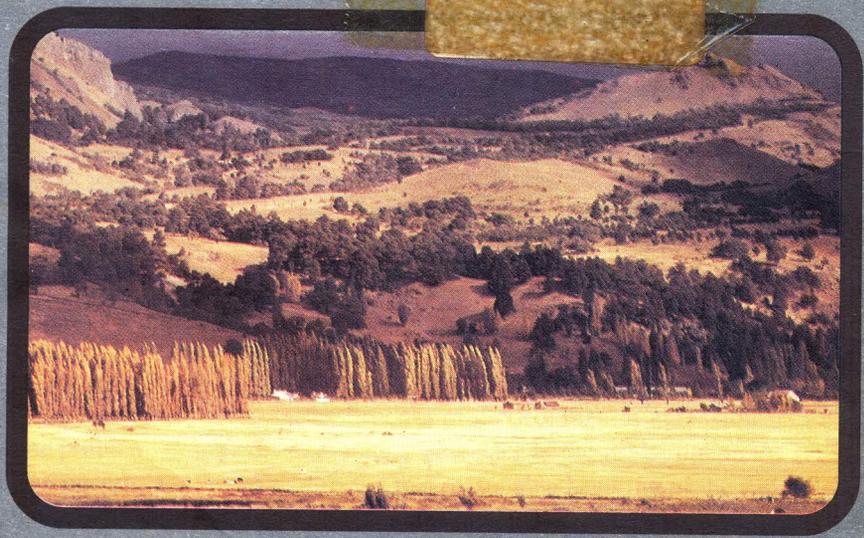


0010-DICIEMBRE 1994

REVISTA GEOGRÁFICA

# REVISTA GEOGRÁFICA

FOL 1364



NUMERO 120

JULIO-DICIEMBRE 1994

INSTITUTO PANAMERICANO DE GEOGRAFIA E HISTORIA



# Estimativa Econômica das Perdas de Solo Provocadas Pela Erosão Hídrica no Brasil

Otto Vergara Filho\*

## Abstract

The expectation upon examining the economic relevance of the soil losses, unnoticed by the agents involved in the process of environmental aggression is to underline the problem, despite the exploratory character of the study, due to the data available. Concerns are therefore directed to a reasonable handling of the soil, what will decrease the undesirable effects of inadequate practices, as well as the consequences imposed by natural forces.

The estimates of the **anthropic degradation** were built upon average indexes of soil losses per agricultural activity, in the state of São Paulo, raised by the Agronomic Institute of Campinas-SP. The generalization for the rest of the Brazilian territory shall not cause considerable distortions, due to the conservative hypothesis adopted, and yet due to other negative externalities that might eventually have been reckoned, despite the difficulty in estimating.

Thus, the preliminary evaluation of the physical significance of soil losses derived from hydric erosion –taking into account the main agricultural and cattle breeding activities in the country– has reached the amount of one billion tons of land displaced from the usage areas, according to the areas cultivated in the agricultural year of 1988/89.

The economic indexes of soil losses were calculated with basis on such value, as well as the results that might be achieved with efficient practices that would reduce the effects of degradation observed with the technologies adopted. Two scenarios have been used in order to proceed with the present evaluation. In the first scenario, the most efficient one, the utilization of more efficient practices of soil conservation would account for a decrease of soil losses of 87% of the total estimated amount. In

\* Pesquisador da EMBRAPA/CNPS e Professor Adjunto da UERJ/FCE. R. Monshor Magaldi, 145, Ilha do Governador, CEP 21940-400, Rio de Janeiro, R.J.

the second scenario, less efficient, the practices applied were limited by several reasons, ranging from farmers' ignorance to lack of financial management ability. The decline of soil losses reached only 53% of the volume of the land dragged away by erosion.

In both scenarios, the benefits have been evaluated based on the most important nutrients and lime, commonly found in the soil and indispensable to crops, i.e., corresponding to the reduction of losses described above.

For scenario I, the gains obtained with the spared elements, namely fertilizers and lime, would reach the amount of 266 billion dollars, while in scenario II, with less efficient technologies, or with partial adoption of practices of soil conservation, the economy observed, in spite of being inferior to the previously noticed, would reach a quite expressive amount of 192 billion dollars.

The results demonstrate that the potential benefits obtained with the adoption of practices of soil conservation, at times the simplest tillage technique, such as level croppings, cordon lines, rotation of crops, among others—including more demanding technics such as direct cropping—are quite important, demonstrating as well their justification, not only from an economic standpoint, but also for its contribution to environment sustainability.

## Resumo

Na expectativa de que, ao se examinar o significado econômico das perdas de solo, que passa despercebido pelos agentes envolvidos neste processo de agressão ao meio ambiente, ainda que em caráter exploratório, em função da disponibilidade dos dados sobre o fenômeno, possa se dar maior atenção ao problema, contribuindo assim para um mais adequado uso do solo, reduzindo-se, desse modo, os efeitos indesejáveis das práticas inadequadas, ou mesmo daqueles provocados pela própria natureza.

A estimativa desta degradação antrópica foi realizada a partir de índices médios de perda de solo, por atividade agrícola, observados para o Estado de São Paulo, levantados pelo Instituto Agronômico de Campinas, S.P., que efetua tais registros desde 1943, em seguida extrapolando-se para o Brasil como um todo, sem maiores distorções, em razão das hipóteses conservadoras adotadas, e ainda a outras de-seconomias, ainda que reconhecidas, mas de difícil estimativa.

Deste modo, uma avaliação preliminar do significado físico das perdas de solo provenientes da erosão hídrica, levando em conta as principais atividades agro-silvi-pastoris do país, alcançou a cifra de um bilhão de toneladas de terra deslocadas das zonas de uso, de acordo com as áreas cultivadas no ano agrícola de 1988/89.

A partir deste valor, foi possível quantificar-se os índices econômicos de perda de solo, bem como dos resultados a que se poderia chegar com práticas eficazes que minimizassem os efeitos de degradação observados com o uso de tecnologias adotadas, lançando-se mão de dois cenários para efeito destas avaliações. No

primeiro, o mais eficaz, o uso de práticas conservacionistas mais eficientes, concorreriam para uma redução das perdas de solo da ordem de 87% daquele total estimado. No segundo cenário, menos eficiente, as práticas utilizadas, mais limitadas, por razões diversas, que vão desde a falta de conhecimento até à incapacidade financeiro-administrativa do produtor, proporcionariam um declínio das perdas de apenas 53% do volume de terra carreado pela erosão.

Nos dois cenários, os benefícios foram avaliados, para o território nacional, a preços de 1990, a partir dos nutrientes e corretivos mais importantes, normalmente presentes no solo e indispensáveis às culturas, isto é, correspondentes às reduções das perdas discriminadas acima. Para o Cenário I, o ganho auferido com os elementos poupados, sob a forma de fertilizantes mais corretivos do solo, chegaria à casa de 266 bilhões de dólares, enquanto que no Cenário II, com tecnologias menos eficientes, ou com adoção parcial das práticas conservacionistas, a economia verificada, ainda que bem inferior à registrada anteriormente, alcançaria uma cifra bem expressiva de 192 bilhões de dólares, também bastante expressiva.

Os resultados encontrados, evidenciam que os benefícios potenciais obtidos através da adoção de práticas conservacionistas, a mais das vezes simples, como o plantio em nível, uso de cordões ou leiras de proteção, ou de rotação de culturas, dentre outras mais exigentes como o plantio direto, são significativos, demonstrando que são amplamente justificáveis, não só sob a ótica econômica, como também da sustentabilidade do ecossistema.

### **Conseqüências econômicas do uso do solo, un sucinto retrospecto**

Em termos de Brasil são bem poucos os trabalhos que versam sobre a questão, possivelmente devido às dificuldades salientadas anteriormente, às quais acrescentar-se-ia a postura interdisciplinar necessária à conduta de tais pesquisas.

Ao contrário, em outros países mais preocupados com a preservação do meio ambiente, as contribuições pertinentes a tais problemas são mais freqüentes.

Inicia-se esta revisão pelos trabalhos restritos ao país, sendo que em razão de sua divulgação difícil, é possível que alguns deles, ainda que importantes, não serem registrados em função de não se ter acesso a eles.

Face ao recrudescimento de uma consciência ecológica, tem-se observado nos últimos anos uma maior preocupação com os efeitos indesejáveis que decorrem do mau uso do sol, não só em periódicos científicos como também na imprensa mais ampla.

Os estudos orientados para a elucidação dos problemas de erosão são geralmente voltados para as causas físicas deste fenômeno e para os meios de se evitar a sua ampliação. Pelo fato de se estar preocupado, neste contexto, com a suas implicações econômicas, restringir-se-á às contribuições dentro deste enfoque, nesta revisão.

Observa-se uma diversidade de metodologias e de procedimentos em relação às técnicas quantitativas de análise dos efeitos econômicos oriundos do mau uso do solo, sendo que a mais evidente é a que se refere à estimativa das perdas através dos tipos de solo ou das culturas exploradas ou da cobertura adotada.

No primeiro caso registra-se o trabalho de Freitas e Castro (1983) que computando os valores das perdas de solo, de acordo com a sua classificação, para o Estado do Paraná estimaram em 1,8 bilhões de toneladas o volume físico de solo levado pela erosão em um ano. O cálculo econômico desta perda alcançou a cifra de 5,5 bilhões de dólares, a preços de setembro de 1980, recorrendo-se aos fertilizantes necessários à reposição dos nutrientes (N, P, K, E Ca e Mg), deslocados pela erosão.

Sorrsen e Montoya (1984) para o mesmo estado, utilizando outro método de avaliação, confrontando os ganhos obtidos pela redução de erosão, decorrentes do plantio direto, com os retornos alcançados com o plantio convencional de soja, onde predomina maior esgotamento de fertilidade do solo, chegaram aos seguintes valores: 121 a 242 milhões de dólares anuais de benefícios quando se adota o plantio direto.

O estado de São Paulo vem se dedicando a trabalhos desta natureza há mais tempo. Desde 1943 implantou, através do Instituto Agrônomo de Campinas-IAC, um sistema de medição do desgaste do solo pela erosão superficial. O material levado pela água é avaliado recorrendo-se a instalações, as parcelas, projetadas para tal fim. Em razão deste avanço, os dados mais usados na estimativa das perdas de solo têm sido os provenientes do IAC.

Deste modo, Lombardi e outros (1981) estimaram para São Paulo o valor das perdas de solo, de acordo com os equivalentes em fertilizantes e corretivos necessários para repor os nutrientes transportados devido à erosão em 22 bilhões de cruzeiros a preços de julho de 1981, o que equivale a 245 milhões de dólares. Seguindo a mesma metodologia, Castro (1987) estimou em 23 bilhões de cruzeiros o valor financeiro das perdas de nutrientes carregados pela erosão, a preços de junho de 1986 (160 milhões de dólares).

Observa-se que os procedimentos adotados pelos autores citados são os considerados mais adequados para se atingir o fim a que se propõe o presente trabalho, sobretudo quando se considera a escassez de informações de que se dispõe no momento, razão pela qual eles foram utilizados com algumas modificações.

Lanzer e Mattuela (1988), recorrendo a outro enfoque, estimaram os benefícios que se pode alcançar, mediante a uso racional do solo. Os autores consideraram os ganhos de produtividade com as culturas milho, soja e trigo para a região do Planalto Médio e das missões no Rio Grande do Sul, para se efetuar as estimativas. Caso se recorresse a um plano ótimo de produção, com práticas efetivas de conservação do solo, como rotação de culturas e adubação verde, os aumentos de rendimento do milho seriam de 50%, o que acarretaria um acréscimo na oferta destes grãos, em média, da ordem de 50% anualmente.

Os citados autores concluíram ainda que o volume de perdas de solo, adotando-se a estratégia ótima de produção, seria reduzida de 21,6 t/ha/ano para 13, t/ha/ano, o que corresponde a uma redução das externalidades negativas da ordem de 50%.

É possível que outras contribuições possam ser acrescentadas às relatadas em nível nacional, contudo, além de não modificarem o quadro ilustrado pelos autores mencionados, dramático para a preservação de recursos pedológicos, como os devidos a Kitamura, Adams e outros, não acrescentaria alteração significativa nas metodologias utilizadas anteriormente e aqui registradas.

A análise Custo/Benefício, que tem sido adotada tradicionalmente em diferentes setores da economia, foi empregada em diversos trabalhos de avaliação econômica de estudos ou pesquisas pedológicas em outros países, a exemplo dos Estados Unidos da América, onde Klingebiel (1966) estimou tal relação, para um horizonte de 25 anos, em 1:45 para investimentos efetuados em levantamento de solo. O mesmo autor acrescentou que tais investimentos podem ser efetivamente pagos no país num período inferior a um ano. Quando se considera o grau de desenvolvimento deste país, não deixa de chamar atenção tais magnitudes.

O referido autor também estimou a elevação da renda dos produtores agrícolas em US\$5.500/ano no estado de Tennessee (Fayette County), pelo fato de adequarem suas decisões quanto ao uso da terra, às recomendações do levantamento do solo.

Os benefícios dos mapeamentos pedológicos não se restringem ao setor agrícola, conforme resultado da pesquisa de Thurnburn (1966), na qual ele constatou que o uso dos mapas de solos na escolha do traçado de uma rodovia de 16 km, em Ilínois, acarretou uma redução de US\$800.000 em seus custos.

Em relação a benefícios para atividades não agrícolas, Klingebiel (1966) também obteve resultados positivos, em relação aos efeitos do uso de mapas de solos, na localização de sistema de esgoto sanitário em Cohasset, Massachusetts, onde os benefícios chegaram a 250 mil dólares. Infelizmente, não foram indicadas as datas referentes aos valores obtidos, mas como se trata de moeda americana, é fácil atualizá-los em função do ano de publicação dos resultados.

Os valores estimados para os benefícios decorrentes dos recursos aplicados em pesquisas pedológicas, de difícil mensuração são, via de regra, elevados como os discriminados nesta revisão. Contudo, deve-se observar que há casos não registrados, em que tais estudos não atingem sua finalidade, em razão de falhas na sua execução.

Segue-se uma caracterização conceitual do problema em análise.

### **Tratamento conceitual do problema estudado**

O solo apesar de ser considerado um recurso natural renovável, apresenta limitações quanto a sua recuperação, após o seu uso indevido, como o custo e o

tempo necessários, o que coloca em cheque tal condição admitida por alguns pedólogos.

Nas condições atuais de tecnologia disponível para o manejo racional do solo, além do conhecimento limitado de que se dispõe para o seu aproveitamento, a disponibilidade apreciável das terras no Brasil, faz com que nem mesmo o nível de conhecimento acessível seja plenamente utilizado.

Este emprego, não condizente com as práticas conservacionistas adequadas, concorre para a degradação do solo, acarretando perdas elevadas de solo, além do aproveitamento ineficiente da água, nas atividades agropecuárias.

As causas desta constatação não se prendem apenas ao desinteresse do produtor, mas envolvem omissão institucional, deixando-se de enfrentar o problema em questão com a atenção que seria desejável.

Além destes aspectos desfavoráveis há ainda a falta de avaliação econômica dos efeitos deste uso o que torna mais difícil ainda a justificativa se de adotar medidas que impeçam a degradação dos recursos naturais em uso, principalmente os da terra.

A falta de análise econômica da alocação mais eficiente destes recursos, de modo a manter ou mesmo melhorar as condições de uso do solo e água, seja possivelmente uma das razões do desinteresse generalizado em relação à adoção destas práticas.

Trata-se assim de verdadeiro círculo vicioso, porquanto não se dispõe de indicadores econômicos que justifiquem a aplicação de um manejo racional modo a manter sua fertilidade, o que faz com que o solo perca cada vez mais. Solos utilizados nestas condições tornam-se degradados, e, portanto, ociosos. Como no Brasil ainda existem outros a serem utilizados na fronteira agrícola em expansão e sujeito ao mesmo processo, não há razão para que se aplique mais recursos em pesquisas que propiciem o manejo adequado do solo e da água.

Este processo só terá o seu termo quando houver esgotamento de novas áreas a serem incorporadas à produção. Enquanto isto não ocorrer, dificilmente se investigará com maior interesse as consequências prejudiciais das práticas hoje adotadas.

O efeito mais imediato que se obtém com tais práticas, reside nas perdas dos solos, que ao serem carreados, provocam diretamente a queda de produtividade das atividades que os utilizam, e indiretamente implicações danosas ao ecossistema em geral, como assoreamento de rios e lagos, com prejuízos para as turbinas hidroelétricas e portos, além de inundações, com suas consequências.

Quanto ao primeiro aspecto do problema, o que mais interessa neste contexto, pode-se avaliar economicamente a perda de solo agrícola, pois com ele são carreados nutrientes que deveriam ser aproveitados pelas atividades agropastoris.

Dependendo das características do ecossistema, tais perdas podem ser maiores ou menores, com as mesmas práticas agrícolas adotadas.

Contribuem para esta diferenciação quanto às perdas, principalmente, fatores inerentes às características físico-químicas do solo, relevo, chuvas, temperatura e ainda o tipo de cobertura.

Pesquisas empíricas têm demonstrado que esta avaliação é significativa, principalmente quando se usa parcelas que medem volumes das terras e águas lixiviadas, experimentos estes isolados e restritos a poucos estados do país.

O controle destes fatores, de modo a se poder avaliar seguramente como cada um deles afeta a erosão, ainda está por ser realizado, isto é, bem pouco se conhece sobre o papel que cada um deles exerce no material arrastado pelas chuvas.

Sabe-se, contudo, que as propriedades físicas, químicas, estruturais e biológicas do solo exercem diferentes tipos de influência sobre a erosão. Desse modo, em função do tamanho das partículas do solo, poderá se observar maior ou menor proporção de terra arrastada.

Resultados empíricos têm demonstrado consistência com o que se acabou de assinalar. Solos de textura arenosa são mais susceptíveis à erosão do que os argilosos. É o que revelou Bertoni (1972) em São Paulo, quando mediu as perdas de solo por erosão para Podzólicos (textura arenosa/média), Podzólico (textura média/argilosa) e Latossolo Roxo. Ele constatou que as perdas foram em média, respectivamente, de 21,1; 16,6; e 9,5 t/ha/ano.

Questões relacionadas ao relevo também afetam os índices de erosão, como o efeito de comprimento de rampa, que quanto maior, maior também será o volume do solo carregado pelas chuvas. Quando tal comprimento é de 25m, a perda é de aproximadamente 14 t/ha; quando ela é de 50m a perda se eleva para 20 t/ha, e quando alcança 100m, atinge uma perda anual de 32 t/ha (Bertoni, 1972).

Também a cobertura e o manejo do solo desempenham papel significativo nestes deslocamentos de terra e água. Quanto ao manejo do solo, aspectos relacionados com o preparo do solo (tipos de aração), sistema de plantio (plantio direto), tratamentos efetuados pela mecanização (tipos de trator), uso de queimadas ou incorporação de restos culturais, também afetam de modo significativo o volume de terras carregadas pelas chuvas.

Quanto a cobertura existente, dependendo do tipo de cultura ou do manejo do solo, pode-se obter variações nas médias de suas perdas.

Recorrer-se-á a tais indicadores para se poder avaliar, no presente trabalho, os quantitativos de perda de solo para efeito de sua análise econômica.

Não foi possível corrigir estes dados, para se poder avaliar como os demais fatores mencionados acima intervêm na prática, fazendo oscilar tais indicadores. Os únicos informes disponíveis são, neste particular, para o estado de São Paulo, o que também não, deixa de revelar uma certa limitação, quando eles são extrapolados para o restante do país.

Em seguida se fará uma apreciação mais detalhada dos dados levantados para efeito de análise econômica e de suas restrições observadas.

### Levantamento dos dados utilizados na avaliação

Os procedimentos adotados para efeito dos cálculos analíticos, fundamentam-se em dados secundários obtidos principalmente a partir dos informes existentes e aos divulgados principalmente pela Fundação IBGE. Dados primários, em alguns casos os mais desejáveis, para se efetuar as estimativas em questão, estavam fora do alcance da presente pesquisa, sobretudo em razão da escassez de recursos disponíveis para tal fim.

Trabalhou-se inicialmente com os dados de área, de produção e de produtividade, em nível estadual para o Brasil como um todo, levantados a partir do Anuário Estatístico do Brasil- IBGE”, 1989 (Anexo I).

As áreas de pastagem e reflorestamento foram obtidas através do “Censo Agropecuário Nacional- IBGE”, 1980 (Anexo).

Outro informe importante, que deveria ser levantado por estado, consiste nas perdas de solo por efeito da erosão hídrica, que foi obtido dos observados para o estado de São Paulo, onde a partir de 1943, o IAC vem efetuando através de experimentos em parcelas, Bertoni *et alli* (1972).

Dois fatores atuam em sentido contrário, de modo que as incorreções sejam ao menos parcialmente compensadas, quando de sua extrapolação para outros estados, a saber: o estado de São Paulo apresenta práticas agrícolas mais racionais e conservacionistas, por outro lado o solo é, via de regra, mais intensamente cultivado, acarretando consequências mais desfavoráveis quanto as perdas de solo e água, o que deve compensar o aspecto positivo mencionado.

Os índices de perdas de solo e água por tipo de cobertura de solo são apresentados em tabelas no Anexo 2, obtidos de Bertoni *et alli* (1972).

As correções das perdas de solo, em função de práticas conservacionistas, obedeceram ao critério adotado por Lanzer e Mattuela (1988) para o Sul do Brasil. Tais autores classificaram a erosão em:

	<i>Varição t/ha/ano</i>	<i>Ponto Médio</i>	<i>Percentual</i>
Erosão Baixa	0 a 10	5,0	13,3
Erosão Média	10 a 25	17,5	46,7
Erosão Alta	25 a 50	37,5	100,0

Desse modo, admitindo-se que a erosão observada para o Brasil, de um modo geral, seja considerada com alta ou elevada, a adoção de práticas conservacionistas, recomendadas pelo uso do solo de acordo com a sua aptidão e observação das exigências para sua preservação, conduziria a uma perda de 13,3% ou 46,7% do volume total levantado, de acordo com a tecnologia adotada pelos agricultores recorrendo a critérios mais ou menos exigentes em termos de otimização do sistema produtivo.

O cálculo econômico das perdas de solo pode ser efetuado com base nos percentuais de nutrientes carreados, juntamente com o solo, pela ação da erosão provocada pelas chuvas, uma vez que tais elementos são essenciais para o desenvolvimento das atividades agropecuárias.

A sua perda pode ser avaliada financeiramente a partir dos fertilizantes que deveriam ser incorporados ao solo ou utilizados para restabelecer sua fertilidade. Em seguida são apresentadas as concentrações médias dos nutrientes relevantes, bem como o percentual dos fertilizantes encontrados no comércio (Tabela 1).

**Tabela 1**  
**Estimativa dos Equivalentes em Fertilizantes das Perdas de Solos**

	<i>Concentrações Médias dos Nutrientes (%)</i>	<i>Perdas de Fertilizantes (%)</i>
Nitrogênio	0,0968	40
Fósforo	0,0443	18
Potássio	0,3050	60
Cálcio e Magnésio	0,3387	30

**Fonte:** Castro, 1987

Os fertilizantes comerciais, indicados para cada tipo de nutriente, são encontrados no comércio sob diferentes nomes, e com preços de mercado, que foram levantados de acordo com os divulgados pelo Informe Agropecuário (1989).

### **Análise e estimativa das perdas decorrentes do mau uso do solo**

A presente análise tem como ponto de relevância as perdas de solo decorrentes dos diversos tipos de cobertura, as quais foram levantadas para diferentes atividades, com base nos trabalhos desenvolvidos no IAC, para o estado de São Paulo (Bertoni *et alli*, 1972).

Já ficou claro que tais informações não são as ideais para serem extrapoladas para o Brasil como um todo, mas como não se dispõe de dados por estado, a alternativa de avaliação que se teve foi a de se lançar mão daqueles informes, e que apesar das limitações observadas, conduzem a resultados não muito distorcidos da realidade para as demais regiões.

A constatação das perdas devidas à erosão, em toneladas por hectare, revela que os valores são bastante discrepantes, quando se verifica a variação entre eles (ver Tabela 2).

A mamona entre as culturas temporárias, é a que apresenta maior perda de solo atribuível à erosão hídrica, isto é, 41,5 t/ha/ano, o que não deixa de ser alarmante a dimensão deste índice, pois se produz nesta mesma área apenas 0,5t (dados do IBGE),

em média para o país, o que equivale a uma perda média de 83 t de terra para cada tonelada produzida em solo nacional de mamona.

Em seguida se situa o feijão, cultura de grande importância social, fonte de proteína vegetal das populações de baixa renda, que apresenta uma perda de 38,1 t/ha/ano, o que equivale a cerca 78 toneladas de terra erodida por tonelada de feijão produzido.

Outras culturas, como a mandioca, o amendoim, e o arroz, também se situam entre aquelas que mais sofrem os efeitos desfavoráveis da erosão, em termos de solo lixiviado.

As atividades do setor primário, por outro lado, que menos perdem solo são o reflorestamento e pecuária (pastagens), com 0,04 e 0,4 t/ha/ano, respectivamente, segundo a mesma fonte citada acima.

Sendo que as áreas destinadas as pastagens assumem valores significativos, face ao grande peso que desfrutam em relação à área total explorada, superando em valores brutos as perdas que ocorrem normalmente com a mamona, pois alcança a cifra de 78,8 milhões de toneladas por ano, enquanto que a mamona fica nos 11 milhões globais.

É possível que estes valores sejam mais expressivos ainda, no caso das pastagens, ao se observar o manejo inadequado adotado em algumas áreas do país, como ocorre na Amazônia, em face das áreas desmatadas para tal finalidade estarem sujeitas a um intenso processo de degradação de seus solos. O fato das parcelas descobertas revelarem índices médios de erosão mais acentuados ainda, conforme resultados obtidos para Itaguaí, RJ, ou 179 t/ha/ano, não incluídos nos cálculos, confirma a hipótese adotada de subestimativa.

Considerando-se os índices de perdas mencionados e as áreas ocupadas com as principais atividades agropecuárias, segundo divulgação da Fundação IBGE, pode-se estimar em mais de 1,054 bilhões de toneladas de terra levados anualmente pela erosão, o que não deixa de merecer maior atenção, ainda mais que outras atividades, também sujeitas a tal processo, não foram consideradas para efeito de cálculos.

Mencionado em valores físicos apenas, é possível que tal cifra não chegue a provocar qualquer reação, razão pela qual se torna oportuno o significado econômico para a sociedade, o que pode ser efetuado através das perdas equivalentes em fertilizantes.

Apesar deste processo provocar outros tipos de perdas como com as sementes e defensivos, além dos efeitos sobre outras atividades já mencionadas, como o assoreamento de diversos locais onde o uso de água é relevante apesar de sua estimativa fugir ao escopo deste trabalho, revela que a sua gravidade é ainda maior.

Deste modo, limitar-se-á o presente cálculo econômico ao volume de nutrientes que são lixiviados com a erosão, em termos dos equivalentes em fertilizantes, cujas perdas certamente trarão prejuízos ao desenvolvimento das culturas, com efeitos negativos sobre a rentabilidade dos produtores.

Os cálculos serão efetuados com base no pressuposto de que os níveis assinalados de erosão podem ser reduzidos em função de dois tipos de tecnologias agrícolas, mais ou menos eficazes.

No primeiro caso, a redução das perdas conduz a um nível baixo de erosão e no segundo a nível médio ou aceitável do mesmo fenômeno.

A Tabela 2 revela os resultados alcançados com as duas opções tecnológicas e os volumes de terra carregados pela erosão, além do estimado nas condições existentes (erosão alta) de exploração agrícola (1988/89).

Sendo assim, para um total de perdas de 1,054 bilhões de toneladas anuais, caso se recorra a tecnologias mais exigentes, pode-se reduzir as perdas de solo em mais 914 milhões de toneladas, e com as mais acessíveis, nas condições atuais, em 561 milhões de solo lixiviado.

**Tabela 2**  
**Possíveis Níveis de Perdas Resultantes da Adoção de Práticas Conservacionistas em Relação à Erosão Total Estimada para 1988/89**

Condições de Erosão	%	Perdas de Solo Após Adoção de
		Práticas Conservacionistas (10 <sup>3</sup> t/ano)
Baixa	13,3	140.223,76
Média	46,7	492.364,64
Alta (total estimado)	100,0	1.054.313,88

**Fonte:** Elaborada com base em dados do IBGE e de Bertoni et alii (1972).

A redução das perdas resultantes de tecnologias mais modernas resultarão em níveis de erosão menos intensos, às quais se convencionou chamar de *CENÁRIO I*. Por outro lado, às obtidas a partir de práticas menos eficazes, e que resultaram num nível de erosão média, convencionou-se designar por *CENÁRIO II*. Os cálculos dos valores financeiros correspondentes aos fertilizantes que seriam necessários adicionar ao solo para recuperação dos nutrientes arrastados pela erosão estimada, foram efetuados com base nas proporções indicadas na Tabela 3, considerando-se os respectivos adubos comercializáveis.

**Tabela 3**  
**Cálculo Econômico das Perdas de Solo com Base em Equivalentes a Fertilizantes Necessários à Reposição**

Nutriente	Tipo de Adubo	%	Preço (NCz\$)*/t
Nitrogênio(N)	Uréia	40	3.992,50
Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	Superfosfato Simples	18	3.258,70
Potássio (K <sub>2</sub> O)	Cloretos de Potássio	60	5.587,90
Cálcio e Magnésio (CaO+MgO)	Calcário Dolomítico	30	349,72

\* Preços de Janeiro de 1990.

**Fonte:** Elaborada com base em dados do IBGE e de Bertoni et alii (1972).

Em seguida são estimados os montantes dos nutrientes, com os correspondentes equivalentes em fertilizantes, que poderiam ser preservados, caso se adotasse práticas agrícolas mais adequadas à conservação do solo. A Tabela 4 revela os valores, quando se recorre a práticas compatíveis com um nível mais desejável, isto é, correspondentes à erosão baixa (CENÁRIO I).

O mesmo tipo de cálculo é apresentado em seguida, apenas considerando-se que as práticas adotadas são as de mais fácil acesso aos produtores, no quadro atual do desenvolvimento agrícola, sem se recorrer a maiores inovações, o que é incluído no CENÁRIO II (Tabela 5).

De posse dos volumes equivalentes aos fertilizantes mencionados acima, será possível sua estimativa econômica, recorrendo-se aos preços dos fertilizantes divulgados pelo Informe Agrícola do IEA de São Paulo (fevereiro de 1990).

Os resultados destas avaliações, segundo os cenários definidos acima, são apresentados na Tabela 6.

**Tabela 4**  
**Redução de Perdas Anuais Devido a Práticas Conservacionistas Exigentes, Consideradas como Erosão Baixa, em Nutrientes e Equivalentes em Fertilizantes- Brasil, 1980 e 1989**

<i>Nutrientes/Corretivos</i>	<i>Quantidade Preservada de Nutrientes (em 10<sup>3</sup>t/ano)</i>	<i>Equivalentes a Fertilizantes (10<sup>3</sup>t/ano)</i>
Nitrogênio	88.484,02	221.210,05
Fósforo	40.494,24	224.968,00
Potássio	278.797,79	464.662,98
Cálcio+Magnésio	309.602,66	1.032.008,90

**Fonte:** Elaborada com base em dados do IBGE e de Bertoni *et alii* (1972).

**Tabela 5**  
**Reduções das Perdas Anuais de Solo, Consideradas como Erosão Média, em Nutrientes e Equivalentes em Fertilizantes- Brasil, 1980 e 1989**

<i>Nutrientes/Corretivos</i>	<i>Quantidade Preservada de Nutrientes (em 10<sup>3</sup>t/ano)</i>	<i>Equivalentes a Fertilizantes (10<sup>3</sup>t/ano)</i>
Nitrogênio	54.396,86	145.992,15
Fósforo	24.894,40	138.302,22
Potássio	171.394,82	258.658,03
Cálcio+Magnésio	190.221,44	634.441,83

**Fonte:** Elaborada com base em dados do IBGE e de Bertoni *et alii* (1972).

**Tabela 6**  
**Valor financeiro dos Nutrientes Preservados, em Equivalentes a Fertilizantes,**  
**segundo os Cenários I e II**

<i>Fertilizante</i>	<i>Cenário I</i>	<i>Em NCz\$ 10<sup>6</sup> de janeiro de 1990</i>	
		<i>Cenário II</i>	
Uréia	884.840,2	583.968,0	
Superfosfato Simples	718.918,0	456.396,6	
Cloreto de Potássio	2.602.118,8	1.599.684,8	
Calcáreo Dolomítico	361.203,1	222.054,4	
<b>TOTAL</b>	<b>3.967.063,1</b>	<b>2.862.103,8</b>	

(IUS\$ = NCz\$ 14.920)

**Fonte:** Elaborado conforme tabela anterior.

Como era de se esperar, os volumes financeiros correspondentes às perdas que deixariam de ocorrer com a erosão, em termos de nutrientes, seriam bem superiores quando adotadas práticas conservacionistas mais eficazes, chegando-se a valores alarmantes, ou seja, quase 4 trilhões de cruzados novos, a preços de janeiro de 1990, o que equivale a mais de 364 bilhões de BTN (índice da época) do mesmo período, ou 265,8 bilhões de dólares.

Por outro lado, as perdas que seriam evitadas com o manejo agropecuário adequado, de acordo com o conhecimento de domínio geral, o que está estimado no Cenário II, embora de valores menores, não deixam de ser espetaculares, pois chegam à cifra de 2,86 trilhões de cruzados novos da época, o que equivale a 261 bilhões de BTN, ou 191,8 bilhões de dólares.

Tanto para a adoção de práticas conservacionistas mais eficientes, como para as que reduzem menos a erosão, os cálculos revelam que as deseconomias anuais superam os montantes da dívida externa brasileira, acumulada nos últimos anos, notando-se que os benefícios auferidos correspondem ao período de 01 ano, enquanto que a dívida externa vem se acumulando durante muitos anos.

### **Principais conclusões e sugestões para o uso mais eficaz do solo**

Ainda que estimativas efetuadas tenham sido conservadoras, isto é, inferiores àquelas que devem ser observadas na realidade, pois uma parte das perdas do solo não foram consideradas, como as relativas às atividades não incluídas no presente estudo, em razão de informações não disponíveis, os resultados alcançados atingiram cifras bem elevadas.

No caso dos volumes totais das perdas de solo para o país, calculados a partir dos índices levantados experimentalmente para o Estado de São Paulo, com base nas parcelas sob a direção do IAC, os quantitativos superam o valor de 1 bilhão de tonela-

das arrastadas pelas águas das chuvas, de acordo com as áreas utilizadas com as culturas mais importantes, no ano de 1988. Somente para a pecuária e reflorestamento, recorreu-se aos dados do Censo Agropecuário de 1980, em razão de não se dispor destes dados para o ano de 1988, o que também provocou uma redução nas estimativas das perdas.

Tais perdas, embora de proporções elevadas, constituem apenas uma fração do que ocorre em termos de deseconomia provocada pela erosão ou manejo inadequado do solo. Isto se deve ao fato de que outros insumos, como os defensivos em geral e as sementes, levados pela água, não foram incluídos no cálculo. Há ainda aqueles de caráter indireto, como os provocados pelo assoreamento de rios, lagos e barragens, danos no sistema viário de transportes, que, se forem estimados, proporcionarão resultados mais catastróficos ainda, em valores monetários.

Há que se registrar que as perdas de água, em consequência do manejo inadequado do solo, redundarão também em cifras expressivas, caso sejam estimadas.

Neste caso, os efeitos incidirão sobre a queda de produtividade, ou mesmo eliminação das colheitas, em situações mais desfavoráveis, ou ainda pelo uso de energia adicional para contrabalançar a perda de água, através de irrigação.

Tem sido divulgado que as práticas que evitariam tais perdas são simples, sendo em muitos casos, mais exigentes em capital, como é o relativo aos terraceamentos. Outras práticas como uso do fogo, queima de restos de cultura e exploração excessiva do solo, devem ser evitadas.

Práticas como rotação de culturas, plantio direto ou manter sistematicamente parcela em repouso, são recomendadas para se reduzir as perdas mencionadas acima.

Nos cálculos efetuados para se avaliar financeiramente as perdas do solo, além de se considerar os equivalentes em fertilizantes e corretivos comumente comercializados, como a uréia, o cloreto de potássio, o super-fosfato e o calcário dolomítico, admitiu-se que através de práticas conservacionistas poder-se-ia chegar a níveis baixos e médios de erosão, dependendo da intensidade e da qualidade destas técnicas.

Na hipótese em que se adotasse as mais eficazes, a economicidade deveria ser maior e os ganhos ou benefícios seriam mais elevados. Os valores neste caso, estão estimados segundo o Cenário I e equivalem a cerca de 4 trilhões de cruzados novos (preços de janeiro de 1990), o que equivale a cerca de 286 bilhões de dólares ano. Quando tais práticas fossem menos eficazes, a redução da erosão permitiria se alcançar níveis médios ou aceitáveis de perdas de solo, e água, resultando na constituição do Cenário II, com um benefício aproximado de 2,8 trilhões de cruzeiros novos (192 bilhões de dólares) no mesmo período.

As magnitudes encontradas permitem, por si só, admitir que os investimentos e recursos que vierem a ser alocados na busca de se atingir patamares aceitáveis de erosão, expressos pelos cenários definidos acima, devem ser atraentes sob a ótica econômica, além de imprescindíveis à preservação do meio ambiente (caso se observe que os custos provenientes das práticas conservacionistas sejam inferiores aos benefícios estimados).

Entre os esforços que podem ser realizados na direção de se obter melhores resultados na utilização de práticas conservacionistas, podem ser mencionados os que se situam em duas categorias: aqueles voltados para o melhor conhecimento do fenômeno em questão e os que se referem à práticas agropecuárias, em nível do produtor, que se adotadas reduzirão as conseqüências indesejáveis da erosão.

Nas medidas que se enquadram no primeiro grupo, podem ser mencionadas as que dizem respeito à criação de uma consciência de que o solo é um recurso nobre e que, dependendo de sua utilização ou das técnicas adotadas, desrespeitando por exemplo a sua aptidão, seu aproveitamento deverá ser drasticamente reduzido, tornando dispendiosa e, em alguns casos, impraticável a sua recuperação.

Para que este objetivo seja alcançado, é preciso se iniciar pelos responsáveis pela alocação dos recursos, em seus diferentes níveis, de modo a se efetivar medidas que sejam eficazes para o melhor conhecimento das causas e desdobramentos da erosão, e que não se restringem apenas ao meio rural.

Para tal é preciso, antes de tudo, além de se explicitar claramente estas medidas, sendo que algumas delas são de domínio público, divulgadas normalmente pelos serviços de extensão rural, manter a continuidade nas investigações que se evidenciarem necessárias para o melhor entendimento do uso do solo.

Há diversas questões que merecem ser melhor investigadas e cujos resultados servirão para tornar as práticas conservacionistas mais eficazes no combate ou controle da erosão, tal é o caso do programa relativo às bacias hidrográficas, atualmente definido em vários estados do país.

Procurando se deter apenas naqueles que impedem uma melhor estimativa para as deseconomias, o cálculo dos índices de perdas de solo e de água, para outros estados, além de São Paulo, para diferentes tipos e condições de uso de solo, são algumas das que contribuirão para se avaliar melhor as implicações do mau uso do solo.

Os diversos insumos que são lixiviados devido a erosão, em função do tipo de solo e manejo, merecem ser avaliados para se ter uma melhor idéia das perdas atribuíveis a práticas inapropriadas. Atualmente, o pouco que se conhece a respeito se restringe aos fertilizantes, e assim mesmo, para solos Podzólicos Vermelhos Amarelos, textura arenosa/média, para as culturas mais representativas, através de experimentos realizados em São Paulo (1949). É possível que nestes quarenta anos, para outras culturas e com outros tipos de solos, os índices de perdas venham a sofrer alterações. Evidenciando melhor a questão, Lombardi (1972), concluiu que as perdas do Podzólico textura argilosa (16,6 t/ha) apresentaram índices inferiores aos do Podzólico de textura arenosa/média (21 t/ha) mencionados acima.

Quanto às práticas conservacionistas, que poderão reduzir as perdas de solo e água em nível de produtor, há também uma grande diversidade delas, sendo a maioria conhecidas amplamente, como é o caso dos terraceamentos, plantio direto, tipos de

manejo (utilização dos restos culturais), curva de nível, rotação de cultura, dentre outras, todas elas buscando proteger o solo de modo a evitar os efeitos de degradação das chuvas.

## Bibliografia

- Baruqui, A.M. e Fernandes, M.R. "Práticas de Conservação do Solo" in *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, MG, 11(128), agosto de 1985.
- Bertoni, A., et alli. *Conclusões Gerais das Pesquisas sobre Conservação do Solo no Instituto Agrônomico*, Instituto Agrônomico de Campinas, IAC, Campinas, SP, 1972, 56 p. (circular 20).
- Castro, O.M. de. "Degradação do Solo pela Erosão", in *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, MG, 13(147), março de 1987.
- Freitas, P.L. e Castro, A.F. de. "Estimativas das Perdas de Solo e Nutrientes por Erosão no Estado do Paraná", *Boletim Informativo do SNCS*, 8(2), 43-52, Rio de Janeiro, 1983.
- Fundação IBGE. *Anuário Estatístico do Brasil*, Rio de Janeiro, 1989.
- \_\_\_\_\_. *Censo Agropecuário Nacional*, Rio de Janeiro, 1980.
- Instituto de Economia Agrícola, *Informe Agropecuário*, Secretaria de Agricultura de São Paulo, 1989.
- Klingebiel, A.A. *Costs and Returns of Soil Surveys*, Soil Conservation Service, USDA, USA, 32,3-6,1966.
- Lanzer, E.A., e Mattuela, J.L. *A Economia da Conservação de um Recurso Natural, O Solo Agrícola no Sul do Brasil*, PNPE, IPEA-INPES, Rio de Janeiro, 1988.
- Lombardi Neto, F. et alli. "A Ocorrência da Erosão Rural no Estado de São Paulo", Seção de Conservação do Solo, IAC, Campinas, São Paulo mimeo., 1981.
- Sorrenson, W.J. e L.J. Montoya. "Implicações Econômicas da Erosão do Solo e das Práticas Conservacionistas no Paraná, Brasil", *Relatório Técnico*, Fundação Instituto Agrônomico do Paraná, IAPAR, Londrina, PR, 146 p., 1984.
- Thurnburn, T.H. "The Use of Agricultural Soil Surveys in The Planning and Conservation Highway", *Soil Surveys and Land Use Planning* (L.H. Battelle et al., eds.), USA, 1966.
- Timmons, J.F. "Aspectos Econômicos do Manejo dos Recursos Naturais Aplicados ao Uso do Solo e Água na Agricultura Brasileira", SNPA/MA, Secretaria de Recursos Naturais, Brasília, DF, 1985.

**Anexo I**  
**Área Colhida, Quantidade Produzida e Rendimento das Principais Culturas do Brasil - 1988**

<i>Cultura</i>	<i>Área colhida (1000 ha)</i>	<i>Produção obtida (1000 ton)</i>	<i>Rendimento (kg/ha)</i>
ALGODÃO(caroço)	2555,00	2505,72	980,54
AMENDOIN(casca)	101,99	170,66	1.671,45
ARROZ(casca)	5.961,38	11.807,24	1.980,62
BANANA	447,39	513,11	1.146,91
BATATA-DOCE	76,05	756,74	9.950,06
BATATA-INGLESA	172,98	2.305,72	13.329,08
CAFÉ	2.875,64	4.404,42	1.531,63
CANA-DE-AÇUCAR	4.128,86	258.560,23	62.622,59
CEBOLA	75,04	853,97	11.380,02
FEIJÃO	5.903,53	2.884,03	488,53
LARANJA(2000 frutos)	815,85	76.471,60	93.732,65
MAMONA(baga)	274,06	145,55	532,08
MANDIOCA	1.756,35	21.603,20	12.286,04
MILHO(grão)	13.152,80	24.700,90	1.878,00
PASTAGEM(área total)	197.215,56	—	—
REFLORESTAMENTO	6.661,04	—	—
SOJA(grão)	10.515,25	18.049,41	1.716,50
SORGO GRANÍFERO	195,62	296,23	1.514,32
TOMATE	62,88	2.406,78	38.277,61
TRIGO(grão)	3.441,50	5.549,47	1.612,511
TOTAL	256.391,23	—	—

**Fonte:** Anuário Estatístico do Brasil, FIBGE, 1989.

## Anexo 2

## Perdas de Solo pela Erosão, por Tipo de Cultura na Base de 1300mm de Chuvas e 8,5 e 12,8% de declividade média; para o Estado de S. Paulo e Brasil

<i>Culturas</i>	<i>Perdas de solo (t/ha)*</i>	<i>Perdas de água*% de chuvas</i>	<i>Perda de solo** 1988(10<sup>3</sup>t)</i>
ALGODÃO	24,80	9.70	63.375
AMENDOIN	26,70	9.70	2.733
ARROZ	25,10	11.20	149.630
BATATA	0,90	—	403
BATATA-DOCE	6,60	4.20	502
BATATA-INGLESA	18,40	6.60	3.183
CAFÉ	0,90	—	2.588
CANA-DE-AÇUCAR	12,40	4.20	511.98
CEBOLA	17,50	—	1.313
FEIJÃO	38,10	11.20	224.924
LARANJA	0,90	—	734
MAMONA	41,50	12.00	11.373
MANDIOCA	33,90	11.40	59.608
MILHO	12,00	5.20	157.834
PASTAGEM	0,40	—	78.886
REFLORESTAMENTO	0,04	—	266
SOJA	20,10	6.90	211.357
SORGO	—	—	—
TOMATE	24,00	—	—
TRIGO(grão)	10,00	—	34.415
TOTAL	—	—	1.054,314

Fonte: (\*) Bertoni (1972).

(\*\*) Elaborado para o Brasil com base nos índices para São Paulo e com as áreas cultivadas e utilizadas pela atividade para o Brasil, 1988.

O.I.B.G.E. e a Evolução da Idéia de *Desenvolvimento* no Brasil **Roberto Schmidt de Almeida** · Efeitos Sociais da Barragem de Sobradinho: A Experiência dos Camponeses do Brejo de Dentro **Ana Maria Lima Daou** · Estimativa Econômica das Perdas de Solo Provocadas Pela Erosão Hídrica no Brasil **Otto Vergara Filho** · Territórios da Prostituição nos Espaços Públicos da Área Central do Rio de Janeiro **Rogério Botelho de Mattos y Miguel Angelo Campos Ribeiro** · La Tecnología Agrícola en la República Dominicana **Roy Ryder** · Política Ambiental y Regeneración Urbana en la Ciudad de México **Adrián Guillermo Aguilar y María de Lourdes Sánchez** · Migración Rural-Urbana en Tucumán: su Repercusión en el Deterioro Ambiental **Ana Teresa Cusa** · Centros de Mercadeo y Jerarquía Urbana en el Valle Alto y Distrito Sur. Departamento de Cochabamba, Bolivia **Robert B. Kent, Graciela M. Benedetti, Edgar Guardia y Eduardo Valdivia** · A Atuação da Iniciativa Privada nas Questões Ambientais Brasileiras: Uma Abordagem Inicial **Nadja Maria Castilho da Costa** · Apuntes para una Geografía Rural del Espacio Agrícola: el Caso de Buenos Aires, Argentina **Marcelo G. Posada**