
PERDAS DE METAIS PESADOS POR EROSÃO
INFLUENCIADA PELO SISTEMA DE PREPARO DO
SOLO

JOSÉ EZEQUIEL VILLAREAL NÚÑEZ
Mestre, Pesquisador, IDIAP, Panamá
NELSON MOURA BRASIL DO A. SOBRINHO
Dr, Prof. Titular, DS - IA - UFRRJ

R E S U M O

Este trabalho teve por objetivos determinar a influência de diferentes métodos de preparo do solo sobre as perdas por erosão de metais pesados na microbacia de Caetés, município de Paty do Alferes-RJ. A avaliação foi realizada durante os meses de dezembro de 1996 a março de 1997, no ciclo de cultivo do pepino (*Cucumis sativus L.*). Foram utilizadas parcelas do tipo Wischmeier, de tamanho de 22,0 x 4,0 m. Os tratamentos utilizados foram os seguintes: (i) aração com trator morro abaixo e queimado (MAQ); (ii) aração com trator morro abaixo não queimado com restos de vegetação natural entre as linhas (MANQ); (iii) aração com tração animal em nível, faixas de capim colônias a cada 7,0 m (AA) e (iv) cultivo mínimo, com preparo de covas em nível (CM). As perdas mais elevadas de metais pesados por erosão foram verificadas no tratamento MAQ, típico da região. Os resultados obtidos neste trabalho permitem concluir que o uso intensivo de agroquímicos associados as elevadas perdas de solo por erosão podem determinar sérios riscos de contaminação da água do córrego da microbacia

Palavras-chaves: contaminação do solo, metais pesados, erosão, sistema de preparo do solo, erosão.

A B S T R A C T

LOSSES BY EROSION OF HEAVY METALS
AS INFLUENCED FOR THE SOIL TILLAGE

The objectives of this study were to determine the influence of different soil tillage methods on the loss of heavy metals by erosion in Paty do Alferes County, State of Rio de Janeiro. The experiment was conducted from December of 1996 to March of 1997, and cucumber (*Cucumis sativus L.*) was the cultivated crop. Four Wischmeier plots were installed, with an area of 22 x 4 m. The treatments utilized were the following: (i) tillage with machinery and operation down hill and burning of the grassland (MAQ); (ii) tillage with machinery and operation down and without burning of grassland between lines of crop (MANQ); (iii) tillage with animal traction and following the natural contour of the hill, strip cropping grass each 7 m (AA); and minimum tillage, (CM). The highest losses

of heavy metals by erosion were in the MAQ treatment.. The results obtained in this work allow to end that the intensive use of agrochemicals associated the high soil losses by erosion can determine serious risks of contamination of the water from the main stream in Caetés..

Key words: contamination of soils, heavy metals, sediments, water, soil tillage methods, erosion.

INTRODUÇÃO

Os agroquímicos não são suficientemente purificados durante o processo de manufatura, por razões econômicas, eles geralmente contém diversas impurezas, entre elas os metais pesados (AMARAL SOBRINHO et al., 1992). Esses metais, freqüentemente, fazem parte dos componentes ativos dos pesticidas (FRANK et al., 1976), e portanto, segundo vários autores adição desses elementos nos solos agrícolas é freqüentemente causada pelo uso repetido e excessivo de fertilizantes, pesticidas metálicos, e resíduos orgânicos (KABATA-PENDIAS & PENDIAS, 1984; TILLER, 1989; ALLOWAY, 1990; BLUME & BRÜMMER, 1991; GIMENO-GARCIA et al., 1996).

Segundo VAN PUT et al. (1994), os metais pesados presentes no material de solo perdido por erosão, quando atingirem o ambiente aquático dos rios, poderão ser liberados com mudanças de condições físico-químicas do meio como: pH, potencial de oxirredução e força iônica, podendo, dessa forma, contaminar os corpos d'água.

O município de Paty do Alferes, localizado na região serrana do Estado do Rio de Janeiro, tem, exclusivamente, a agricultura como atividade econômica. Lá são produzidos cerca de 40% de todo o tomate do Estado do Rio de Janeiro e um grande percentual de outras olerícolas, tais como: repolho, pepino, vagem, pimentão, etc. Na última década, apesar dos altos investimentos, a produção agrícola vem decrescendo devido a problemas como: desmatamento ocorrido no decorrer dos anos; utilização de práticas não adequadas às

condições edafo-climáticas; realização de 90% das atividades agrícolas em encostas com declividade média de 45%, e com preparo do solo feito morro abaixo, sem utilização de práticas conservacionistas, e o uso abusivo e indiscriminado de pesticidas (inseticidas, fungicidas, herbicidas e outros) que, possivelmente, concorreu para o desequilíbrio do ecossistema, aumentando assim a incidência de pragas e doenças (GRAVENA et al., 1998).

RAMALHO (1996), avaliando a influência da topografia e do uso agrícola sobre o acúmulo de metais pesados na microbacia de Caetés, município de Paty do Alferes, verificou nas áreas que vêm sendo exploradas com olericultura, a cerca de 15 anos, que a declividade teve um efeito marcante na acumulação desses metais, i.e, observou as menores concentrações desses elementos nas toposequências de pendente curta e maior declividade. Esse pesquisador levantou a hipótese de que a erodibilidade das áreas de maior declividade tinha uma grande influência na menor acumulação, em função das maiores perdas desses metais por erosão.

Adoção de práticas de preparo do solo pouco recomendáveis para áreas susceptíveis à erosão associada a aplicação de elevada quantidade de agroquímicos podem resultar em fortes impactos ao ambiente. A perda de solo por erosão poderá, dessa forma, contribuir para a contaminação dos corpos d'água os quais, são utilizados na microbacia como fonte de água para os animais e irrigação. Sistemas de preparo do solo que reduzam as perdas por erosão deverão também diminuir os riscos de contaminação dos corpos d'água com metais

pesados.

Diante do diagnóstico desses problemas esse trabalho teve o seguinte objetivo:

- avaliar a influência do tipo de preparo do solo na quantidade de metais pesados perdidos por erosão .

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em parcelas do tipo Wischmeier, instaladas numa área da microbacia de Caetés em 1996, no município de Paty do Alferes-RJ, para avaliar perdas de solo causadas pelas chuvas. A cultura utilizada, época de plantio e colheita, perdas de solo por parcela, e os insumos agrícolas utilizados e as quantidades aplicadas estão apresentados na tabela 1. As parcelas foram localizadas em uma área apresentando solo Podzólico Vermelho-amarelo latossólico, textura argila arenosa/argilosa, típica da região, com declividade em torno de 60%.

Em cada parcela foi utilizado diferente sistema de preparo do solo, tais como:

- MAQ: aração com trator morro abaixo e restos vegetais queimados (preparo típico da região);
- MANQ: aração com trator morro abaixo e restos vegetais não queimados;
- AA: aração com tração animal em nível, faixas de capim colônia a cada 7 m, e
- CM: cultivo mínimo com preparação de covas em nível.

O experimento utilizado apresenta delineamento experimental de blocos ao acaso com três repetições totalizando 12 unidades experimentais. Nesse trabalho os tratamentos serão designados utilizando as siglas correspondentes para identificar cada um deles.

Coletaram-se, em todos os tratamentos, antes do plantio e depois da colheita, 20 amostras simples para formar uma amostra composta de terra da camada arável (0 - 20 cm).

O material de solo perdido por erosão era armazenado em dois tanques coletores, conectados em série, e instalados ao final de cada parcela. Após cada chuva a suspensão de solo armazenada era homogeneizada, o volume anotado, e uma alíquota de volume conhecido era coletada, seca em estufa com circulação de ar forçada a 60°C, e o material de solo pesado e a quantidade perdida por erosão calculada. Ao final do ciclo do pepino as amostras, de cada parcela, coletadas após cada chuva, eram misturadas em quantidades proporcionais as perdas totais calculadas no período, obtendo-se uma amostra composta de material perdido por erosão por parcela. Após a secagem, as amostras coletadas de solo e as perdas por erosão foram destorroadas, homogeneizadas e passadas através de uma peneira de 2 mm, sendo em seguida trituradas em almofariz de ágata e guardadas em sacos plásticos para análise.

Nas amostras de solos e material de solo perdido por erosão, dos quatro tratamentos, e nos sedimentos coletados no córrego da microbacia; determinaram-se o conteúdo total de metais pesados, através de digestão nitro-perclórica, utilizando bloco de digestão e mistura de HNO_3 + HClO_4 (TEDESCO et al., 1997). Nos fertilizantes, adubos orgânicos, herbicidas, e fungicidas utilizados no experimento determinaram-se os teores totais adotando-se o mesmo procedimento.

A quantidade de metais pesados adicionados foi calculada com base nas concentrações dos metais pesados nos insumos utilizados e nas quantidades aplicadas em cada ciclo (Tabelas 1e 2)

A análise granulométrica nas amostras de solos coletadas antes do plantio e no material de solo perdido por erosão foi realizada utilizando o método da pipeta (EMBRAPA, 1997).

Tabela 1: Cultura utilizada, época de plantio e colheita, perdas de solo por tratamento, e os insumos agrícolas utilizados e as quantidades aplicadas, desde o início do experimento.

Cultura	Período de cultivo	Insumos agrícolas utilizados	Quantidade aplicada kg ha ⁻¹	Preparo do solo	Perda de solo t ha ⁻¹
Pepino <i>Cucumis sativus L.</i>	Dez.96	esterco de curral	40000	MAQ	64,00
	Mar 97	torta de mamona	2000	MANQ	44,70
		termof. Yoorin	800	AA	15,01
		KCl + (NH ₄) ₂ SO ₄ (1:1)	140	CM	8,38

Tabela 2. Concentração de metais pesados nos agroquímicos utilizados e quantidade total aplicada no experimento.

Produto	Pb	Cd	Ni	Mn	Zn
————— mg kg ⁻¹ —————					
KCl+(NH ₄) ₂ SO ₄ (1:1)	11,0	77,0	8,2	472,0	130,2
Termof. Yoorin	67,2	4,6	3365,1	2504,8	335,6
Torta de mamona	122,4	7,7	217,3	180,6	47,8
Esterco de curral	144,6	7,4	218,0	98,4	47,8
————— g ha ⁻¹ —————					
Total aplicado no ciclo do pepino	5839	335	11848	6367	2294

As concentrações de metais pesados nos extratos da digestão de: solos e agroquímicos e na água, foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica, empregando-se chama de ar-acetileno e um equipamento VARIAN - AA600, sem correção do background.

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do Programa Estatístico SAEG 5.0. O procedimento adotado para comparação de médias foi o teste Tukey, ao nível de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A concentração total de Zn, Cd, Pb, Mn e Ni nas amostras de solo coletadas antes do plantio

e depois da colheita sob os quatro sistemas de preparo é apresentada na tabela 3. Verifica-se que as concentrações mais elevadas desses elementos, antes do plantio, foram encontradas no tratamento CM.

Quando se compara a concentração antes do plantio com depois da colheita, observa-se no tratamento MAQ, típico da região, redução significativa nos teores de Cd, Pb, Mn e Ni. Essa redução poderia ter ocorrido em função de perdas por lixiviação e/ou por erosão e remoção pela cultura do pepino. Devido os metais pesados formarem complexos muito estáveis (complexos de esfera interna) com grupos funcionais hidroxilas existentes na superfície de óxidos, oxihidróxidos, hidróxidos de Fe e Mn e caulinita (SPOSITO,1989),

geralmente, nos solos intemperizados, apresentam baixa mobilidade, acumulando-se na camada superficial do solo (AMARAL SOBRINHO et al., 1998). Nesse sentido, como resultado da elevada perda de solo por erosão ocorrida no sistema de preparo MAQ, no ciclo do pepino (Tabela 1), poderia levar ao empobrecimento de metais pesados acumulados na camada superficial (0-20 cm). Esses resultados corroboram com os obtidos por RAMALHO (1996), em áreas com mais de 15 anos de olericultura na microbacia de Caetés, onde observou na topossequência de menor declividade teores mais elevados desses metais quando comparados com a de maior declividade, justificando esses resultados pela maior erodibilidade das áreas mais declivosas.

Nos sistemas de preparo MANQ e AA (exceto para Cd) houve acumulação de metais pesados, i.é, os teores foram mais elevados após a colheita, demonstrando, possivelmente, que a quantidade removida do solo pela absorção e perda por lixiviação, e principalmente por erosão (Tabela 1), foi inferior a aplicada através dos agroquímicos (Tabela 2). Observa-se que os teores de Zn, Mn e Pb mais elevados no solo, ocorreram em função da maior quantidade aplicada através dos agroquímicos ricos nesses metais (Tabela 2). No sistema de preparo CM não houve alteração significativa entre as concentrações avaliadas antes e depois da colheita, demonstrando uma condição de equilíbrio entre os ganhos e perdas desses metais.

A tabela 4 apresenta a concentração de Zn, Cd, Pb, Mn e Ni total no material de solo perdido por erosão coletados em cada sistema de preparo durante o ciclo do pepino. Verifica-se, de maneira geral, que a concentração total desses metais no material perdido por erosão foi inferior a encontrada antes do plantio e depois da colheita (Tabela 3). No tratamento MAQ observa-se, para todos os elementos, concentrações totais maiores quando comparadas com os outros tratamentos, e os metais que apresentaram uma maior concentração no material de solo perdido por erosão são os mesmos que tinham uma

elevada concentração no solo antes do plantio. Esses resultados vêm ratificar a hipótese estabelecida anteriormente, onde a perda de Cd, Ni, Pb, e Mn por erosão, contribuiu para redução da concentração desses elementos no solo depois da colheita do pepino.

RAMALHO (1996), analisando amostras de solo da microbacia de Caetés, Paty do Alferes-RJ, encontrou em áreas onde há mais de 15 anos se desenvolve uma intensa atividade de olericultura, concentrações mais elevadas de Zn, Mn, Cd e Pb do que em áreas onde a atividade é mais recente.

A composição granulométrica do solo antes do plantio e no material perdido por erosão nos quatro sistemas de preparo é apresentado na tabela 5. Verifica-se no material perdido por erosão redução da fração argila, com conseqüente aumento da fração areia, quando comparado com amostras retiradas antes do plantio. Resultados semelhantes foram encontrados por MARTINS FILHO & SILVA (1985), avaliando a composição granulométrica do material de solo perdido por erosão de um Latossolo Vermelho-amarelo distrófico, em Ubajara-CE, verificando que as principais frações perdidas por erosão nesses solos corresponderam à fração silte e areia. Esses resultados poderiam explicar, em parte, a menor concentração desses metais no material perdido por erosão, em função da alta afinidade desses elementos pela fração argila (ALLOWAY, 1990). O tratamento MAQ por causar um maior revolvimento do solo (CARVALHO et al., 1997), apresentou um teor mais elevado da fração argila comparado com os outros tratamentos, dessa forma, contribuindo para a maior perda por erosão desses metais que interagem fortemente com a superfície de óxidos, oxihidróxidos, hidróxidos e caulinita presentes nessa fração do solo. SABRI et al. (1993), estudando a natureza dos sedimentos do rio Tigris, no Iraque, encontraram as mais altas concentrações de Zn, Pb e Ni, quando a argila era o componente dominante, entretanto, quando a areia ou silte eram os principais componentes, a concentração dos metais foi menor.

No sistema de preparo MAQ, concentrações mais elevadas de Zn, Cd, Pb, Mn e Ni no material de solo perdido por erosão (Tabela 4) juntamente, com a maior quantidade de solo perdida (Tabela 1), determinaram quantidades elevadas de perdas por erosão desses metais, como pode ser observado na tabela 6. A perda de Zn, Cd, Pb, Mn, e Ni no tratamento MAQ, foi cerca de: 14; 8; 11; 8 e 11 vezes superior, respectivamente ao sistema CM. Os sistemas

de preparo MANQ e AA também apresentaram perdas bem menores quando comparadas ao sistema típico de preparo do solo da região MAQ. É importante ressaltar que essas quantidades referem-se apenas ao ciclo do pepino de aproximadamente 3 meses. Na região o período de maior precipitação concentra-se de setembro a março (MARQUES et al., 1998), logo, as perdas poderiam ser mais elevadas em um ano

Tabela 3. Concentração total (mg kg⁻¹) de metais pesados em amostras de solo coletadas antes do plantio (AP) e depois da colheita (DC) do pepino nos quatro sistemas de preparo. Média de 3 repetições ⁽¹⁾

Preparo do solo	Zn		Cd		Pb		Mn		Ni	
	AP ⁽²⁾	DC ⁽³⁾	AP	DC	AP	DC	AP	DC	AP	DC
MAQ	32,95bB	39,42bA	3,65aA	1,90bB	32,30aA	25,00bB	48,02aA	39,02bB	6,11bA	4,55bB
MANQ	15,58cB	40,31bA	1,56bB	2,79aA	23,50bB	31,64aA	24,87cB	37,27bA	3,98cB	7,36aA
AA	38,83bB	41,89bA	2,15bA	2,64aA	28,03bB	31,72aA	31,42bB	38,15bA	6,16bB	8,20aA
CM	46,95aA	47,88aA	3,16aA	2,48aB	33,06aA	28,89bA	47,27aA	46,71aA	8,61aA	9,46aA

(1) Médias seguidas da mesma letra maiúscula, na linha, e pela mesma letra minúscula, na coluna, para cada elemento, não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%); (2) amostra coletada no solo antes do plantio; (3) amostra coletada no solo depois da colheita.

Tabela 4. Concentração total de metais pesados no material de solo perdido por erosão, coletado durante o ciclo do pepino, em função do sistema de preparo do solo. Média de 3 repetições ⁽¹⁾

Preparo do solo	Zn	Cd	Pb	Mn	Ni
	mg kg ⁻¹				
MAQ	47,37a	0,64a	15,34a	25,08a	3,34a
MANQ	21,61c	0,10c	10,40b	15,97b	0,07c
AA	36,63b	0,27b	12,78b	20,64a	3,73a
CM	26,50c	0,59a	10,98b	24,83a	2,39b

⁽¹⁾Médias seguidas da mesma letra minúscula, na coluna, para cada elemento, não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Tabela 5. Composição granulométrica (g kg⁻¹) do solo antes do plantio e no material perdido por erosão nos quatro sistemas de preparo. Média de 3 repetições ⁽¹⁾

Preparo do solo	Areia Total		Areia Grossa		Silte		Argila Total	
	AP ⁽²⁾	Er ⁽³⁾	AP	Er	AP	Er	AP	Er
MAQ	500aB	600aA	130aA	110aA	100aA	30bB	400bA	370aB
MANQ	460bB	600aA	140aA	120aA	100aA	60aB	440aA	340bB
AA	480bB	600aA	140aA	130aA	110aA	50aB	410bA	350bB
CM	480bB	660aA	130aA	80bB	120aA	50aB	400bA	290cB

(1) Médias seguidas da mesma letra maiúscula, na linha, e letra minúscula, na coluna, para cada fração granulométrica, não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%); (2) teor no solo antes do plantio; (3) teor no material de solo perdido por erosão.

Tabela 6. Perda total de metais pesados por erosão, no ciclo do pepino, nos quatro sistemas de preparo do solo. Média de 3 repetições ⁽¹⁾

Preparo	Zn	Cd	Pb	Mn	Ni
	g ha ⁻¹				
MAQ	3033 a (132) ⁽²⁾	40a (11,9)	982a (16,81)	1604 a (25,19)	214a (1,8)
MANQ	965 b (42)	4 b (1,2)	465b (7,96)	714 b(11,21)	3 d (0,02)
AA	550 c (23,98)	4 b (1,2)	192c (3,29)	309c (4,80)	56 b (0,47)
CM	222 d (9,67)	5 b (1,5)	93 d (1,6)	208 d (3,27)	20 c (0,17)

(1) Médias seguidas da mesma letra minúscula na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%); (2) Os números entre parênteses representam a percentagem de perda do total do metal aplicado no ciclo do pepino.

agrícola completo da região sob esse sistema de preparo do solo e quantidades de insumos utilizados.

A tabela 6 também fornece informações da percentagem do total do metal aplicado no ciclo do pepino que foi perdida por erosão. Verifica-se para Zn perdas superiores ao total aplicado no ciclo do pepino (Tabela 2) no tratamento

MAQ. O CM minimizou as perdas dos metais pesados por erosão, sendo que cerca de apenas 10 % do total aplicado desse elemento foram perdidos, reduzindo os riscos de contaminação da água do córrego que atravessa a microbacia. Esses resultados demonstram, de forma inequívoca, que a utilização na microbacia de um outro sistema de preparo do solo como o cultivo mínimo ou

aração com tração animal, em nível, levaria a uma redução sensível dos impactos ao ambiente

heavy metals behavior in soil by means of simple field test. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v.22, p.164-174, 1991.

CONCLUSÕES

1. O sistema de preparo aração morro abaixo e restos vegetais queimados (MAQ), típico da região, por provocar maiores perdas por erosão, acarretou perdas elevadas de Cd, Ni, Pb, Zn e Mn.
2. Os resultados obtidos demonstram que a utilização na microbacia de um outro sistema de preparo do solo como o cultivo mínimo ou aração com tração animal, em nível, levaria a uma redução sensível dos impactos ao ambiente.
3. O uso intensivo de agroquímicos associados às elevadas perdas de solo por erosão podem determinar sérios riscos de contaminação da água do córrego da microbacia que é utilizada pelos animais e para irrigação.

CARVALHO, M. P., CATANEO, A. & LOMBARDI NETO, F. Parâmetros de erosividade da chuva e da enxurrada correlacionados com as perdas de solo e determinação da erodibilidade de um podzólio vermelho amarelo de Pindorama. *Rev. Bras. Ciên. Solo*, p.21, p.279-286, 1997.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Manual de métodos de análise de solo*. 2ª ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

FRANK, R., ISHIDA, K. & SUDA, P. Metals in agricultural soils of Ontario. *Can. J. Soil Sci.*, v.56, p.181-196, 1976.

GIMENO-GARCIA, E., ANDREU, V., & BOLUDA, R. Heavy metals incidence in the application of organic fertilizers and pesticides to rice farming soils. *Environ. Pollut.*, v.92, p.19-25, 1996.

GRAVENA, S., BENVENGA, S., ABREU, H., GROppo, B., ZANDER, R. & KLEIN-GUNNEWIEK, R. Manejo Ecológico de pragas e doenças do tomate envarado. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE AGRICULTURA SUSTENTÁVEL EM REGIÕES MONTANHOSAS TROPICAIS E SUBTROPICAIS COM ESPECIAL REFERÊNCIA PARA A AMÉRICA LATINA., Rio de Janeiro, 1998. *Resumos*. Rio de Janeiro, 1998. 53p.

KABATA-PENDIAS, A. & PENDIAS, H. *Trace elements in soils and plants*. Boca Raton, Florida, CRC Press, 1984. 315p.

MARQUES, J. & PINHEIRO, F. M. A. Características hidrometeorológicas de Paty do Alferes, RJ. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE AGRICULTURA SUSTENTÁVEL EM REGIÕES

LITERATURA CITADA

ALLOWAY, B. J. The origins of heavy metals in soils. In: ALLOWAY, B.J. ed. *Heavy metals in soils*. New York, John Wiley, 1990. p. 29 -39.

AMARAL SOBRINHO, N. M. B., COSTA, L. M.; OLIVEIRA, C. & VELLOSO, A. C. X. Metais pesados em alguns fertilizantes e corretivos. *Rev. Bras. Ci. Solo*, v.16, p.271-276, 1992.

AMARAL SOBRINHO, N. M. B., VELLOSO, A. C. X., COSTA, L. M. & OLIVEIRA, C. Mobilidade de metais pesados em solo tratado com resíduo siderúrgico ácido. *Rev. Bras. Ci. Solo*, v.22, p. 345-353, 1998.

BLUME, H.P. & BRÜMMER, G. Predictions of

- MONTANHOSAS TROPICAIS E SUBTROPICAIS COM ESPECIAL REFERÊNCIA PARA A AMÉRICA LATINA., Rio de Janeiro, 1998. *Resumos*. Rio de Janeiro, 1998. 31p.
- MARTINS FILHO, E. C. & SILVA, J. R. C. Comparação de métodos de avaliação da erodibilidade em Latossolo Vermelho Amarelo distrófico. *Rev. Bras. Ciên. Solo*, v.9, p.175-178, 1985.
- RAMALHO, J. F. G. *Metais pesados em solos com diferentes usos agrícolas no Estado do Rio de Janeiro*. Seropédica, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1996. 160 p. (Tese de Doutorado)
- SABRI, A. W., RASHEED, K. A. & KASSIM, T. I. Heavy metals in the water, suspended solids and sediments of the river Tigris impoundment at Samarra. *Water Res.* v.27, p.1099-1103, 1993.
- SPOSITO, G. *The chemistry of soils*. New York, Oxford University Press, 1989. 234p.
- TEDESCO, M. J., GIANELLO, C., BISSANI, C. A., BOHNEN, H. & VOLKWEISS, S. J. *Análise de solo, plantas e outros materiais*. 2. ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1997. 174p.
- TILLER, K. G. Heavy metals in soils and their environmental significance. *Adv. Soil Sci.*, v.9, p.113 - 142, 1989.
- VAN PUT, A., VAN GRIEKEN, R. WILKEN, R. D. & HUDEC, B. Geochemical characterization of suspended matter and sediment samples from the Elbe river by EPXMA. *Water Res.*, v.28, p.643-655,1994.