

PERDAS DOS MACRONUTRIENTES (Ca, Mg) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IVAÍ, PARANÁ - BRASIL

Dirseu Galli*, Ervim Lenzi*, Luzia Otília Bortotti Fávero*, Eduardo
Bernardi Luchese+ e Déborah Maria Corrêa Guiraud#

RESUMO. Este trabalho analisa a perda dos macronutrientes Ca_T e Mg_T ($T = total$), que são carregados da bacia do rio Ivaí, afluente do rio Paraná. Foi escolhido como local de amostragem o Posto Fluviosedimentométrico de Paraíso do Norte (PR). Mensalmente, por 5 dias consecutivos, foram coletadas amostras de água para a determinação de Ca_T e Mg_T . No ato da coleta foram medidos: pH, temperatura e $O_{2(dis)}$ das amostras, bem como o nível fluviométrico do rio Ivaí. Na determinação do Ca_T e Mg_T , após a preconcentração e digestão das amostras, utilizou-se a técnica da espectrometria de absorção atômica, modalidade chama. Os resultados experimentais em termos de intervalos globais dos valores médios mensais e valores médios globais, respectivamente, foram: a) em $mg.L^{-1}$, - Ca_T : 0,090 - 5,75 e 1,63; e - Mg_T : 0,070 - 2,65 e 1,44; - $O_{2(dis)}$: 1,89 - 8,40 e 5,43. b) a temperatura ($^{\circ}C$): 16,0 - 30,8 e 24,6; o pH: 5,18-8,50 e 7,15. A análise estatística de variância dos dados demonstrou que o teor dos macronutrientes, carregados da bacia hidrográfica do rio Ivaí, em nível de 5% e 1% de significância, diferenciam-se significativamente, mostrando a influência da temporalidade (meses) das amostragens.

Palavras-chave: erosão, macronutrientes, bacia hidrográfica, meio ambiente.

LOSSES OF (Ca, Mg) MACRONUTRIENTS IN THE IVAÍ RIVER BASIN, STATE OF PARANÁ - BRAZIL

ABSTRACT. Losses of Ca_T , and Mg_T ($T = total$), macronutrients carried away from Ivaí River basin, an affluent of Paraná River, are analyzed. The samples were collected at the Fluviosedimentometric station of *Paraíso do Norte*, state of Paraná. Water samples were collected monthly for five running days to determine Ca_T , and

* Departamento de Química, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, Câmpus Universitário, 87020-900, Maringá-Paraná, Brasil. E-mail: dqj@uem.br

+ Departamento de Agronomia da Unioeste, Marechal Cândido Rondon-Paraná, Brasil.

Departamento de Química da Universidade Federal do Paraná, Curitiba-Paraná, Brasil.

Correspondência para Dirseu Galli.

Data de recebimento: 06/09/97.

Data de aceite: 04/11/97.

Mg_T. Temperature, pH and O_{2(dis)} of the samples as well as the fluviometric level at the Ivaí River were measured at the collecting moment. Atomic (flame) absorption spectrometric technique was used to determine Ca_T and Mg_T after the preconcentration and digestion of the samples. The experimental results in terms of global intervals of the monthly average values and the global average values were respectively: a) -0.090 - 5.75 and 1.63 (mg.L⁻¹) for Ca_T; 0.070 - 2.65 and 1.44 (mg.L⁻¹) for Mg_T; 1.89 - 8.40 and 5.43 (mg.L⁻¹) for O_{2(dis)}; b) 16.0 - 30.8 and 24.6 (°C) temperature; 5.18 - 8.50 and 7.15 pH. The statistical analysis of data variance showed that the macronutrients contents carried away from the Ivaí River at the level of 5% and 1% of significance are significantly different, thus showing the influence of sample (monthly) temporality.

Key words: erosion, macronutrients, hydrographic basin, environment.

INTRODUÇÃO

O solo é um sistema constituído de quatro componentes: a fração mineral (sólida); a fração orgânica constituída pela matéria orgânica (sólida); a solução do solo (fração líquida); e o ar do solo (fração gasosa). Essas partes sob a ação de agentes físicos e biológicos dão ao solo um estado dinâmico de permanente transformação (Resende, 1988 e Vieira, 1988). Entre as fases sólida e líquida do solo, os íons estabelecem estados de equilíbrio dinâmico podendo haver troca desses elementos entre as fases declaradas. Esse equilíbrio dinâmico é medido como CTC - Capacidade de Troca de Cátions e CTA - Capacidade de Troca de Ânions (Brady, 1989 e Tan, 1993), que influencia nos fatores que determinam a fertilidade do solo (Van Raij, 1991). Entre os íons trocáveis estão o Ca²⁺ e o Mg²⁺ (que a partir de agora, neste trabalho, serão representados sem carga), que com outros cátions como K⁺, Na⁺, etc., são denominados de *formadores de base*. Estes atuam como formadores de íons hidroxilas (HO⁻), que eliminam da solução do solo o H₃O⁺ e o Al³⁺, principais responsáveis pela sua acidez (Brady, 1989). Como consequência, ocorre uma grande influência sobre a dissolução e mobilização dos macro e micronutrientes do solo (Kabata-Pendias e Pendias, 1992). Os íons Ca e Mg, são macronutrientes secundários e, juntamente com seus compostos (CaCO₃ - calcário, CaCO₃.MgCO₃ - dolomita, etc.), são usados como corretivos, isto é, todo material que pode ter um efeito favorável em um ou mais aspectos da fertilidade do solo (Malavolta, 1981). No caso, são usados na calagem - que é a correção do pH do solo (Malavolta, 1987).

A ocupação intensa e não orientada dos solos para a agricultura pode se traduzir em desequilíbrio ecológico. Um dos maiores impactos

ambientais negativos, advindos dessa ocupação, é, sem dúvida, o processo erosivo do solo e a conseqüente lixiviação de nutrientes para as vias fluviais (Bittencourt, 1982; Sequi *et al.*, 1991), provocando a eutrofização de corpos d'água (Esteves, 1988, Rosensteel and Strom, 1991; Jaworski *et al.*, 1992), como também a contaminação e a poluição do ambiente (Rose *et al.*, 1991; Rossi *et al.*, 1991; Manahan, 1994).

A habilidade futura do ser humano de produzir alimentos para si mesmo e viver em um ambiente despoluído depende de sua capacidade de diminuir a velocidade com a qual o solo está sendo erodido (Poesen, 1996). Os fatores chaves em que se baseiam os modelos de erosão de solos para mudanças globais são: o clima e a concentração de CO₂ atmosférico, que afetam o ciclo hidrológico; a erosão provocada pela água e a erosão eólica (Willians *et al.*, 1996). De qualquer maneira, a erosão é a principal degradação do solo induzida pelo ser humano e a principal ameaça do manejo sustentável do solo (Ingram *et al.*, 1996). O termo agricultura sustentável e suas controvérsias tem sido assunto do dia nestes últimos anos (Lee, 1996; Hoag and Skold, 1996). Blair e McSherry (1996) afirmam que a pedra fundamental da filosofia da agricultura sustentável é uma injunção ética, considerando o gerenciamento da intertransformação da paisagem e os recursos da terra, evitando práticas e costumes que degradam o ambiente e, ao mesmo tempo, introduzindo práticas que conduzam à produção de bens e à conservação dos recursos (isto é, solo, energia, água, ar, diversidade da biota, etc.), conduzindo a uma qualidade ambiental.

Dentro dessa filosofia, nos últimos anos e no mundo inteiro, têm-se desenvolvido técnicas para o uso e manejo correto do solo, minimizando a erosão e a degradação do mesmo. Entre estas técnicas estão curvas de nível, coberturas perenes de capim, plantio direto, etc. (Alegre e Rao, 1996; Busscher *et al.*, 1996; Dalton *et al.*, 1996; Dewald, 1996; Kloke, 1996; Midmore *et al.*, 1996; Perret *et al.*, 1996; Thompson and Pretty, 1996 e Wyland *et al.*, 1996).

O rio Ivaí, afluente do rio Paraná, a montante da Barragem de ITAIPU-Binacional, apresenta uma bacia hidrográfica de 36.000 km² dentro do Estado do Paraná (Brasil), contendo terras excelentes para atividades agropastoris, Figura 1. Algumas de suas microbacias apresentam manejo de solo tido como exemplo (Busscher *et al.*, 1996). Praticamente não há mais florestas na bacia, o clima reinante apresenta características temperadas e a precipitação média situa-se em 1.500 mm anuais, sendo o trimestre janeiro-março o mais chuvoso.

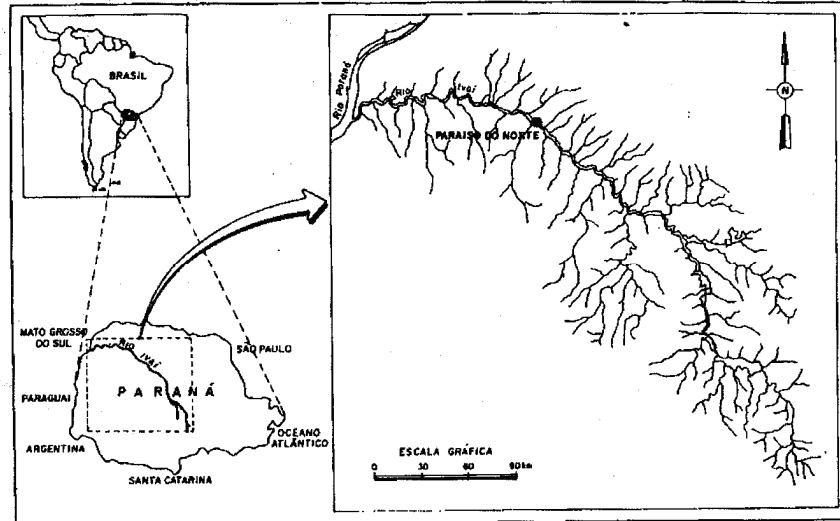


Figura 1. Localização da estação fluviosedimentométrica do Porto Paraíso do Norte

O presente trabalho pretende avaliar as perdas dos macronutrientes Ca e Mg que ocorrem, naturalmente, por erosão, por lixiviação e percolação na bacia do rio Ivaí.

MATERIAIS E MÉTODOS

Local, periodicidade e forma da amostragem

Com base nas informações obtidas junto ao DNAEE - Departamento Nacional de Água e Energia Elétrica, existem ao longo do curso do rio Ivaí 30 estações fluviosedimentométricas. Escolheu-se a Estação de Paraíso do Norte devido a sua proximidade a Maringá-PR (90 km), facilitando as coletas diárias, ao longo de 5 dias, repetidas mensalmente, durante um ano. As amostras de água coletadas foram compostas, separando-se alíquotas de 1,5 L para a determinação da concentração de Ca_T e Mg_T . Nesta etapa do trabalho, levaram-se em consideração os cuidados preconizados pela literatura pertinente para a limpeza do material (Moody and Linstron, 1977); tipo de material utilizado, estocagem e conservação (Wagner, 1976 e Mart, 1979); descontaminação (Patterson and Settle, 1976) e coleta (Souza e Derísio, 1977).

No ato da coleta foram medidos: pH, temperatura, concentração de oxigênio dissolvido e o nível do rio na escala limnimétrica da Estação.

Análise do Ca_T e Mg_T

As amostras de água foram preconcentradas em banho-maria e digeridas com HNO₃ concentrado. A concentração de cálcio e magnésio foram determinadas pelo método de espectrometria de absorção atômica, modalidade chama, no aparelho Espectrômetro de AA CG 7000 ABC, da Instrumentos Científicos Ltda. (CETESB - L5.012, 1978).

Análise estatística

Os dados experimentais foram submetidos a uma análise estatística de variância e de correlação linear (Gomes, 1987; e Costa Neto, 1996).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios mensais da concentração total do cálcio Ca_T e magnésio Mg_T, em mg.L⁻¹, correspondem a valores resultantes de coletas diárias de amostras (5 dias por mês) analisadas em triplicatas. Os níveis fluviométricos (NF), em metros, correspondem à média das leituras dos 5 dias por mês, da escala limnimétrica instalada na Estação de Fluviosedimentométrica de Paraíso do Norte, onde foram feitas as amostragens, Tabela 1. A Tabela 2 apresenta os valores médios correspondentes ao pH, à temperatura e ao O₂ dissolvido nas amostras de água, bem como a Demanda Química de Oxigênio (DQO), obtidos por Guiraud (1995).

Aspectos gerais da bacia do rio Ivaí

Dados fornecidos pelo DNAEE - ITAIPU (Departamento Nacional de Água e Energia Elétrica possibilitaram as seguintes informações técnicas sobre a bacia do Ivaí:

- devido à precipitação abundante e às condições favoráveis do solo, o escoamento superficial na bacia é considerável, tendo em vista a vazão específica ao longo da mesma, variável de 17 a 20 L.s⁻¹.km⁻²;
- a vazão média de longo período do rio Ivaí no início do trecho inferior, em Porto Paraíso do Norte, é de 483 m³.s⁻¹, para o período de 1954 a 1981. Devido à distribuição da precipitação ao longo do ano, não se observa uma nítida sazonalidade das vazões médias mensais;

- as cheias podem ocorrer em qualquer época do ano e quando se formam, são de grande intensidade, tendo sido observado o valor máximo de $6.072 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ em Porto Paraíso do Norte.

Durante o ano de 1994 em que foram realizadas as amostragens, verificaram-se períodos de estiagens e chuvas intensas na bacia, além dos períodos normais de tempo. A agricultura passou por etapas normais do preparo da terra, plantio e colheita, ocasiões em que a terra fora observada com e sem cobertura vegetal. Na região escolhida, houve corte da cana de açúcar e, conseqüentemente, a ocorrência de grandes queimadas. Ocorreram, ainda, geadas severas com perdas de pastos e lavouras. Na primavera, uma longa estiagem retardou o plantio da safra de verão para o final de novembro, deixando a terra arada e calcareada à espera de chuvas e sem cobertura aproximadamente 90 dias.

Tabela 1. Concentrações médias mensais (5 dias)* de Ca_T , e Mg_T , em $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, das amostras compostas de água e NF - Níveis Fluviométricos médios mensais** (5 dias), na Estação Fluviosedimentométrica de Paraíso do Norte - Paraná

mês de 1994	Ca_T				Mg_T				NF			
	m	$\pm s$	M	intervalo	m	$\pm s$	M	Intervalo	m	$\pm s$	M	intervalo
Jan	1,52	0,78	1,28	0,73-2,75	1,52	0,05	1,51	1,47-1,57	1,53	0,09	1,48	1,44-1,66
Fev	1,06	0,57	0,78	0,55-1,91	1,66	0,11	1,70	1,53-1,76	3,04	0,42	2,85	2,70-3,65
Mar	3,05	0,13	3,03	2,88-3,19	2,53	0,10	2,54	2,42-2,65	1,29	0,07	1,28	1,21-1,38
Abr	1,99	0,26	1,88	1,74-2,34	1,71	0,09	1,70	1,60-1,84	1,21	0,08	1,23	1,12-1,32
Mai	1,10	0,12	1,08	0,99-1,26	1,61	0,04	1,60	1,58-1,66	1,26	0,34	1,53	0,94-1,69
Jun	1,68	0,15	1,67	1,52-1,86	2,14	0,33	2,20	1,74-2,42	4,74	0,66	4,68	4,00-5,60
Jul	1,04	0,26	1,20	0,66-1,24	2,20	0,26	2,07	1,93-2,49	5,52	1,46	6,32	3,43-6,82
Ago	1,84	0,25	1,91	1,48-2,05	1,41	0,10	1,45	1,27-1,49	1,88	0,16	1,83	1,74-2,10
Set	4,62	1,12	4,38	3,35-5,75	0,89	0,46	0,88	0,51-1,01	0,97	0,02	0,97	0,95-0,98
Out	0,79	0,53	0,61	0,33-1,69	0,13	0,04	0,12	0,07-0,18	0,91	0,02	0,92	0,88-0,94
Nov	0,68	0,44	0,48	0,44-1,46	0,91	0,09	0,89	0,81-1,05	1,12	0,15	1,05	0,99-1,33
Dez	0,13	0,03	0,14	0,09-0,16	0,55	0,10	0,56	0,42-0,69	0,92	0,05	0,94	0,86-0,97
vg	1,63			0,09-5,75	1,44			0,07-2,65	2,03			0,86-6,82

* Os valores médios tabelados para o Ca e Mg correspondem às médias dos valores diários obtidos em triplicatas. ** Os valores médios tabelados correspondem à média dos valores lidos nos 5 dias de cada mês; m - média aritmética; s - desvio padrão; M - mediana; NF - níveis fluviométricos; vg - valores globais.

Segundo Bittencourt (1982), no que se refere a suas características térmicas, a bacia do Ivaí tem 55% de sua área em clima tropical sub-quento. Nesse clima, são características as temperaturas médias anuais entre 24°C e 26°C , o que se confirma pelo valor médio global anual experimental de $24,6^\circ\text{C}$, Tabela 2.

Tabela 2. Valores médios mensais (5 dias)* da Demanda Química de Oxigênio-DQO, em mg.L⁻¹; pH**; temperatura, em °C**; oxigênio dissolvido, em mg.L⁻¹** das amostras de água coletadas na Estação Fluviosedimentométrica de Paraíso do Norte (Guiraud, 1995).

Mês(de 1994)	DQO(mg.L ⁻¹)	pH	t(°C)	O _{2(dis)} (mg.L ⁻¹)
Jan	...	7,02	26,7	6,50
Fev	23,8	7,68	28,2	5,91
Mar	6,6	7,76	27,5	3,18
Abr	2,5	7,26	24,8	3,25
Mai	5,5	7,28	22,8	3,11
Jun	24,5	6,92	21,3	3,09
Jul	13,1	6,99	18,4	6,80
Ago	22,8	6,75	18,9	7,10
Set	12,8	8,15	23,9	7,13
Out	11,8	5,80	27,6	6,33
Nov	10,0	7,04	28,0	7,34
Dez	7,80	7,14	27,2	...
vg	12,8	7,15	24,6	5,43

* Os valores médios tabelados correspondem às médias mensais (5 dias de coleta por mês) de análises realizadas em triplicata. ** Os valores tabelados correspondem à média dos valores medidos diariamente (5 dias por mês); vg - valores globais.

Discussão dos macronutrientes Ca_T e Mg_T

A análise de variância dos valores médios mensais das concentrações de cálcio e de magnésio, em nível de 5% e 1% de significância, apresentou diferença significativa, tanto para o cálcio quanto para o magnésio, mostrando a influência da temporalidade nas coletas das amostras. O teste de Tukey, nos mesmos níveis de significância, mostrou que os meses de maior concentração de Mg nas amostras foram os que apresentaram maiores níveis fluviométricos médios. Essa constatação foi confirmada pela correlação linear positiva entre a concentração de Mg e o nível fluviométrico ($r = 0,580$), o que não foi constatado para o cálcio. As perdas por erosão, lixiviação e percolação dependem principalmente da quantidade de chuvas (Malavolta, 1976). Em nível de 5% de significância: a) a concentração de cálcio não apresentou correlação com a DQO, temperatura e O_{2(dis)}; apresentou correlação linear positiva com o pH ($r = 0,618$), o que, para intervalos elevados de pH, indica ser uma correlação espúria (Spiegel, 1972); b) a concentração de magnésio não apresenta correlação com nenhuma das variáveis analisadas (DQO - Demanda Química de Oxigênio; t - temperatura; pH - $-\log a_{H^+}$; e O_{2(dis)} - oxigênio dissolvido).

As quantidades de Ca e Mg que são levadas para fora da bacia do rio Ivaí, carregadas pela água, podem ser avaliadas, para efeito de visualização

do fato, levando-se em consideração as médias globais anuais ($Ca_T = 1,63$, e $Mg_T = 1,44 \text{ mg.L}^{-1}$, respectivamente) e a vazão média do rio Ivaí para o período de 1954 a 1981 ($483 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), obtendo-se respectivamente: $Ca_T = 24,8 \times 10^3 \text{ t.a}^{-1}$; e $Mg_T = 21,9 \times 10^3 \text{ t.a}^{-1}$. A perda desses formadores de bases implica aumento da acidez do solo que necessita de calagem adequada para que a sua fertilidade seja mantida. Essas quantidades perdidas podem ser minimizadas através do manejo correto do solo, o que pode ser alcançado, também, conscientizando-se o homem que trabalha a terra.

CONCLUSÃO

Da análise e discussão dos dados conclui-se que: os teores médios mensais dos macronutrientes Ca_T e Mg_T nas águas do rio Ivaí diferenciam-se entre si, significativamente, em nível de 5% e 1% de significância, mostrando a influência da temporalidade (meses) em que foram feitas as amostragens. Pelo teste de Tukey, em nível de 5% e 1% de significância, os meses de maiores níveis fluviométricos (chuvas na bacia) diferenciaram-se significativamente dos demais com as maiores concentrações de magnésio. Esse fato foi comprovado pela correlação linear positiva entre as duas variáveis, o que não ocorreu com o cálcio.

Não se observou, em nível de 5% de significância, influência da DQO, da temperatura e do $O_{2(\text{dis})}$ sobre as concentrações de cálcio e magnésio nas águas do rio Ivaí.

A proporção dos teores de Ca_T , e Mg_T , que estão sendo carreados pelas águas, é de 1:1.

As quantidades de Ca_T e Mg_T , que são levadas da bacia, em termos de valores médios anuais, são respectivamente: $Ca_T = 24,8 \times 10^3 \text{ t.a}^{-1}$; e $Mg_T = 21,9 \times 10^3 \text{ t.a}^{-1}$.

AGRADECIMENTOS

A equipe de trabalho agradece ao Departamento de Química, ao Grupo de Estudos Multidisciplinares do Ambiente - GEMA, ao Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura - NUPELIA, a todos Órgãos da Universidade Estadual de Maringá, ao Departamento de Química da Universidade Federal do Paraná (Curitiba) e à CAPES pelo apoio recebido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEGRE, J.C. & RAO, M.R. Soil and water conservation by contour hedging in the humid tropics of Peru. *Agric. Ecosyst. & Environ.*, 57:17-25, 1996.
- BITTENCOURT, A.V.L. Transporte de sólidos na bacia hidrográfica do rio Ivaí. *Bol. Parana. Geociênc.*, 35:1-54, 1982.
- BLAIR, J.M. & McSCHERRY, L. Sustainable agriculture in the southwest United States and its relationship to landscape planning. *J. Soil Water Conserv.*, 51(4):280-284, 1996.
- BRADY, N.C. *Natureza e propriedades do solo*. 7.ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989, p.160-252.
- BRAILE, P.M.W.C. & CAVALCANTI, J.B.W.C. *Manual de tratamento de águas residuárias e industriais*. São Paulo: Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental - CETESB. 1979, p. 42-44.
- BUSSCHER, W.J., REEVES, D.W., KOCHHANN, R.A., BAUER, P.J., MULLINS, G.L., CLAPHAM, W.M., KEMPER, W.D., & GALERANI, P.R. Conservation farming in southern Brazil: using cover crops to decrease erosion and increase infiltration. *J. Soil Water Conserv.*, 51(3):188-192, 1996.
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Normalização Técnica - Saneamento Ambiental, NT - 07 - *Análises físico-químicas de águas*. São Paulo: CETESB, 1978. a) L5.139/78; b) L5.128/78; c) L5.012/78.
- COSTA NETO, P.L.D. *Estatística*. São Paulo: Edgard Blucher, 1997., 264 p.
- DALTON, P.A., SMITH, R.J., & TRUONG, P.N.V. Vetiver grass hedges for erosion control on a cropped flood plain: hedge hydraulics. *Agric. Water Manage.*, 31:91-104, 1996.
- DEWALD, C.L., HENRY, J., BRUCKERHOFF, S., RITCHIE, J., DABNEY, S., SHEPHERD, D., DOUGLAS, J., & WOLF, D. Guidelines for establishing warm season grass hedges for erosion control. *J. Soil Water Conserv.*, 51(1):16-20, 1996.
- ESTEVES, F.A. *Fundamentos de limnologia*. Rio de Janeiro: Interciência, 1988. p.489-513.
- GOMES, F.P. *Curso de estatística experimental*, 12. ed. São Paulo: Nobel, 1987. 467p.
- GUIRAUD, D.M.C. *Estudo da dinâmica dos macronutrientes (N, P e K) na bacia hidrográfica do rio Ivaí, afluente do rio Paraná*. Maringá, 1995. Dissertação (Mestrado em Química Aplicada) - Universidade Estadual de Maringá.
- HOAG, D.L. & SKOLD, M.D. The relationship between conservation and sustainability. *J. Soil Water Conserv.*, 51(4):292-295, 1996.
- INGRAM, J., LEE, & VALENTIN, C. The GCTE soil erosion network: a multi-participatory research program. *J. Soil Water Conserv.*, 51(5):377-388, 1996.
- JAWORSKI, A.N., GROFFMAN, P.M., KELLER, A.A. & J.C., PRAGER, J.C. A watershed nitrogen and phosphorus balance: the upper potomac river basin. *Estuaries*, 15(1):83-95, 1992.
- KABATA-PENDIAS A. & PENDIAS, H. *Trace elements in soils and plants*. 2.ed. London: CRC Press, 1992, p. 23-66.
- KLOKE, N.L., SCHNEEKLOTH, J.P. & WATTS, D.G. Potencial for reducing leaching by water and crop rotations. *J. Soil Water Conserv.*, 51(1):84-90, 1996.

- LEE, L.K. Sustainability and land-use dynamics. *J. Soil Water Conserv.*, 51(4):295, 1996.
- MALAVOLTA, E. *Manual de calagem e adubação das principais culturas*. São Paulo: Agronômica Ceres, 1987, 496p.
- MALAVOLTA, E. *Manual de química agrícola adubos e adubações*. 3.ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981, p.205-271.
- MART, L. Prevention of contamination and other accuracy risk in voltammetric trace metal analysis of natural waters: Preparatory steps, filtration and storage of waters samples. *Fresenius Z. Anal. Chem.*, 296:350-357, 1979.
- MIDMORE, D.J., JANSEN, H.G.P. & DUMSDAY, R.G. Soil erosion and environmental impact of vegetable production in the Cameron Highlands, Malaysia. *Agric. Ecosyst. & Environ.*, 60:29-46, 1996.
- PATTERSON, C.C. & SETTLE, D.M. The reduction of orders of magnitude errors in lead, analysis of biological materials and natural waters by evaluating and controlling the extent and sources of industrial lead contamination introduced during sample collecting and analysis. In: *Accuracy in trace analysis. Sampling, sample handling, and analysis*. Washington: Us Government Printing Office, 1976, p. 321-351. (NBS Special Publication, 422)
- PERREIRA, L.S. & SANTOS, J.Q. Fertilizers and water application and control of nitrate pollution: Management issues. *Nato Asi Series – G*, 30:141-162, 1991.
- PERRET, S., MICHELLON, R., BOYER, J. & TASSIN, J. Soil rehabilitation and erosion control through agro-ecological practices on Reunion Island (French Overseas Territory, Indian Ocean). *Agric. Ecosyst. & Environ.*, 59:149-157, 1996.
- POESEN, J.W., BOARDMAN, J., WILCOX, B., & VALENTIN, C. Water erosion monitoring and experimentation for global change studies. *J. Soil Water Conserv.*, 51(5):386-390, 1996.
- RESENDE, M., CURI, N & SANTANA, D.P. *Pedologia e fertilidade do solo*. Brasília: MEC - ESAL - POTAFOS, 1988, p.1-28.
- ROSE, S.C., HARRIS, G.L., ARMSTRONG, A.C., WILLIAMS, J.R., HOWSE, K.R. & TRANTER, N. The leaching of agrochemical under different agricultural land uses and its effect on water quality. *IAHS Publication*, 203:249-257, 1991.
- ROSENSTEEL, B.A. & STROM, P.F. River phosphorus dynamics and reservoir eutrophication potencial. *Water Resour. Bull.*, 27(6):957-965, 1991.
- ROSSI, N., CIAVATTA, C., & ANTISARI, L.V. Seasonal pattern of nitrate losses from cultivated soil with subsurface drainage. *Water, Air and Soil Pollut.*, 60:1-10, 1991.
- SEQUI, P., CIAVATTA, C. & ANTISARI, L.V. Phosphate fertilizers loading to river and seawater. *Agrochimica*, 35(1,2,3):200-211, 1991.
- SOUZA, H.B. & DERÍSIO, J.C. *Guia técnico de coleta de amostras de água*. São Paulo: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 1977. 255 p.
- SPIEGEL, M.R. *Estatística*. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1972. 407p.
- TAN, K.H. *Principles of soil chemistry*, 2. ed. New York: Marcel Dekker, 1993. p.229-277.
- THOMPSON, J. & PRETTY, J.N. Sustainability indicators and soil conservation. *J. Soil Water Conserv.*, 51(4):265-273, 1996.

- VAN RAIJ, B. *Fertilidade do solo e adubação*. São Paulo: Agronômica Ceres Ltda., 1991, p. 08-70.
- VIEIRA, L.S. *Manual de ciência do solo com ênfase aos solos tropicais*, 2. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1988, 464 p.
- WAGNER, R. Sampling and sample preparation - water. *Fresenius Z. Anal. Chem.*, 282:315-321, 1976.
- WILLIAMS, J., NEARING, M., NICKS, A., SKIDMORE, E., VALENTIN, C., KING, K. & SAVABI, R. Using soil erosion models for global change studies. *J. Soil Water Conserv.*, 51(5):381-385, 1996.
- WYLAND, L.J., JACKSON, L.E., CHANEY, W.E., KLONSKI, K., KOIKE, S.T. & KIMPLE, A. Winter cover crops in a vegetable cropping system: Impacts on nitrate leaching, soil, water, crop yield, pests and management costs. *Agric. Ecosyst. & Environ.*, 59:1-17, 1996.