

Nitrogênio inorgânico em águas de escoamento superficial¹

José Francisco do Prado Filho²
Pedro Alberto Selbach³

RESUMO Este trabalho foi realizado para se verificar os níveis de nitrogênio inorgânico em águas de escoamento superficial em parcelas que receberam diferentes níveis de adubação. As parcelas foram tratadas com fertilizantes químicos, fertilizante orgânico (composto de lixo domiciliar) e com conjugações entre ambos. As águas de escoamento superficiais foram coletadas em tanques dispostos na cota inferior de cada aparato experimental. As perdas de $N-NH_4^+$ foram maiores que as de $N-NO_3^-$, e aquelas foram maiores quando a quantidade de água perdida por escoamento não ultrapassava a 10% do total precipitado na parcela. Os teores de $N-NO_3^-$ nas águas superficiais, em todos os tratamentos, apresentaram valores muito inferiores aos admitidos pela Organização Mundial da Saúde.

Palavras-chave: poluição da água, eutrofização, nitrosaminas, fertilizantes químicos, composto orgânico.

ABSTRACT The purpose of this paper is to evaluate the N-inorganic levels in runoff in amounts which received different levels of fertilizers. The amounts have been treated with chemical fertilizers, organic fertilizers (domestic waste compost) and with a mixture of both. The runoff was collected in tanks laid out in a lower level as regards each experimental facility. $N-NH_4^+$ losses were bigger than the $N-NO_3^-$ ones and the former were bigger when the amount of lost water did not exceed 10% of the total settled in the amount. The $N-NO_3^-$ contents in the surface water, in all treatments, showed much lower data than the values permitted by the World Health Organization.

Key words: water pollution, eutrophication, chemical fertilizer, nitrosamine, waste compost.

INTRODUÇÃO

Este trabalho, realizado na Estação Experimental Agronômica da UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EEA-Guaíba), apresenta dados sobre perdas de nitrogênio inorgânico nas águas de escoamento superficial em parcelas que receberam fertilizantes químicos e composto de lixo domiciliar. Fundamentalmente, pretendeu-se avaliar quantitativamente as perdas de $N-NO_3^-$ e $N-NH_4^+$ após cada precipitação ocorrida na EEA-Guaíba, onde foi cultivada *Avena bi-zantina* durante o período de abril a outubro de 1982.

As perdas de nutrientes que ocorrem no solo podem ser por erosão, cultivo, lixiviação e volatilização. As culturas removem somente aqueles nutrientes utilizados pelas plantas durante o seu ciclo; e em regiões úmidas as perdas por lixiviação são governadas pelo grau de mobilidade dos elementos no solo.

As perdas por lixiviação são geralmente limitadas ao enxofre e nitrogênio¹. Este último, porém, por ser muito móvel no solo, pode ser carregado pelas águas das chuvas antes de ser utilizado pelas plantas². Neste caso poderá provocar certos aumentos dos seus teores nos corpos de água próximos, alterando os padrões normais de concentração, propiciando desta forma a proliferação de algas e plantas aquáticas.

Por outro lado, a chuva também pode contribuir com

¹ Parte da tese de mestrado do primeiro autor – Centro de Ecologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

² Ecólogo, Mestre em Ciências da Ecologia, Professor da Universidade Federal de Ouro Preto.

³ Agrônomo, Mestre em Agronomia dos Solos, UFRGS.

uma percentagem de nitrogênio para o solo, porém grande parte pode ficar retida nele e não ser transportada pela água. Esse fenômeno, segundo Schuman e Burwell (1974), pode ser explicado pela intensidade e duração das chuvas que não causam nenhum escoamento, pela absorção de $N-NH_4^+$ pelas partículas do solo, ou pela lixiviação de $N-NO_3^-$ para o perfil do solo.

O uso de fertilizantes químicos e orgânicos tem, muitas vezes, elevado as concentrações de nitrogênio inorgânico na água a níveis superiores aos estabelecidos pela OMS, porém Burwell et alii (1975) afirmam que a quantidade média anual de $N-NH_4^+$ e $N-NO_3^-$ aportada pela chuva excede às perdas anuais por água de escoamento superficial. Em termos de saúde pública, o conteúdo de $N-NO_3^-$ na água potável, segundo a OMS, não deve ultrapassar a 50 ppm⁸, enquanto que, para a Sema - Secretaria Especial do Meio Ambiente (Brasil, 1977), os teores de $N-NO_3^-$ e $N-NO_2^-$ não devem ultrapassar a 10 mg/l de N e 1 mg/l de N respectivamente, para as águas de classe 2. Estas normas são estabelecidas, pois o $N-NO_3^-$ é facilmente transformado pelos microrganismos do estômago, intestino e bexiga em $N-NO_2^-$ que, reagindo com as aminas, formam um grupo de substâncias carcinogênicas: as nitrosaminas^{10 e 15}.

O $N-NO_2^-$ pode ainda capturar o oxigênio da hemoglobina formando $N-NO_3^-$. O íon Fe^{++} da hemoglobina é oxidado a Fe^{+++} e o pigmento sanguíneo contendo Fe^{+++} no lugar de Fe^{++} é denominado metahemoglobina. Esta, segundo King e Morris (1972) e Malavolta (1982), constitui-se numa forma incapaz de realizar o transporte de oxigênio durante o processo de respiração celular.

A grande complexidade de fatores que interferem na perda de nitrogênio inorgânico do solo em águas superficiais dificulta o seu controle. Assim, uma avaliação destes compostos em águas providas de terrenos sob cultivo, tratados com diferentes tipos de adubos, possui fundamental importância no que diz respeito à saúde pública e à eutrofização dos corpos aquosos.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

O trabalho foi realizado na EEA-Guaíba, localizada no km 51 da rodovia BR290, latitude $30^{\circ}05'52''$ e longitude $51^{\circ}39'08''$ a oeste de Greenwich, no município de Guaíba, RS. Ela está incluída na região fisiográfica da Depressão Central, apresenta solos hidromórficos e a área onde foi instalado o experimento situa-se sobre o solo classificado como Podzólico Vermelho Escuro.

De um modo geral, esses solos são profundos, bem drenados, de coloração avermelhada, textura franco-argilosa a argilosa com cascalhos porosos e desenvolvidos a partir de granitos. Sua reação é bastante ácida e com baixos teores de matéria orgânica.

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo cfa¹² e, segundo Walter (1979), é caracterizado como temperado quente, no qual todas as estações são mais ou menos úmidas com um período frio moderado, não muito pronunciado no inverno. O trabalho foi conduzido em quatro unidades experimentais, constituídas por parcelas de escoamento da chuva natural, delimitadas por chapas de zinco galvanizadas.

Cada parcela possuía uma dimensão de 3,5 x 22 m em terreno com 12% de declividade. Na cota inferior de cada parcela montou-se um equipamento coletor de en-

xurrada, constituído de uma calha que recebia o material escoado e o descarregava em uma bateria de dois tanques. O tanque de sedimentação foi equipado com nove divisores Geib¹¹, para que apenas 1/9 da suspensão passasse ao segundo tanque de coleta após o enchimento do tanque de sedimentação (ver foto).

Os tratamentos recebidos por cada parcela foram os seguintes:

a) recomendação integral de fertilizantes químicos indicada pelo laboratório de análise de solos da UFRGS, utilizando para correção 120 kg/ha de P_2O_5 , 3 t/ha de calcário, seguido de 60 kg/ha de P_2O_5 e 20 kg/ha de K_2O como manutenção. Na semeadura colocou-se nitrogênio na base de 10 kg/ha, seguido de 40 kg/ha em cobertura;

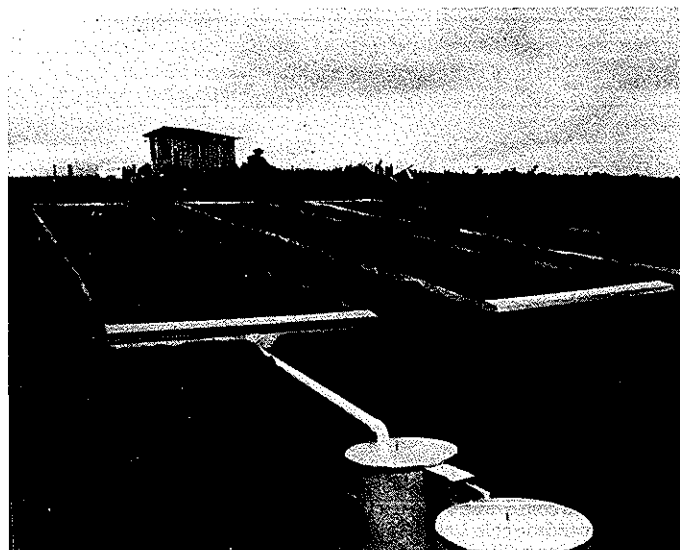
b) 50% da recomendação de fertilizantes químicos fornecida pelo laboratório de análises de solos da UFRGS, mais complementação com composto de lixo urbano. Utilizaram-se para correção 60 kg/ha de P_2O_5 , 1,5 t/ha de calcário e 10 t/ha de composto de lixo (base seca). A manutenção de fertilizantes químicos foi a metade da aplicada na parcela a;

c) 20 t/ha de composto de lixo (base seca), com uma suplementação de 70 kg/ha de P_2O_5 ;

d) adubação completamente orgânica, na base de 20 t/ha de composto de lixo (base seca).

Todas as parcelas sofreram o mesmo tipo de preparo do solo, o qual constou de uma lavra de 20 cm e de uma gradagem, perpendiculares ao declive. Utilizou-se como planta-teste a *Avena bizantina* K.Koch, levando-se em conta que ela possui ciclo curto, e também a conveniência da época do ano.

A água escoada superficialmente era retida, após cada chuva, nos tanques coletores dispostos na parte inferior de cada parcela. Da enxurrada armazenada eram amostradas duas alíquotas de 300 ml de água de escoamento para a determinação de $N-NO_3^-$ e $N-NH_4^+$, através do método descrito por Bremner & Keeney (1966), utilizando-se semi-micro Kjeldahl com destilação a vapor, modificado por Tedesco & Gianello (1978).



Aspecto da disposição da área experimental.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As perdas de nitrogênio inorgânico em água de escoamento superficial, ocorridas nos diferentes tratamentos durante o período experimental, estão apresentadas na Tabela 1, e esses valores foram obtidos da suspensão amostrada em cada um dos tanques coletores.

A média dos valores para $N-NH_4^+$ perdidos por unidade de tratamento foi de 2,94; 2,16; 2,25 e 2,75 ppm para aquelas que receberam, respectivamente, a dose completa de fertilizantes químicos, meia dose completa de fertilizantes químicos, mais 10 t/ha de composto, 20 t/ha de composto suplementado de P_2O_5 e 20 t/ha de composto.

Entre os teores observados, nota-se que os mais altos valores encontrados para o $N-NH_4^+$ ocorreram quando a quantidade de água perdida por escoamento superficial era muito pequena e quando não ultrapassa-

va 10% do total precipitado na parcela. Resultados semelhantes a esses foram encontrados por Long et alii (1975). Entretanto, a quantidade de nutrientes perdidos por escoamento varia enormemente, dependendo das condições experimentais, tipo de solo, tipo de material aplicado ao processo de mineralização ou imobilização, ou devido à combinação desses diferentes fatores.

Os teores para $N-NO_3^-$ perdidos por unidade de escoamento foram muito baixos, apresentando os seguintes valores médios: 0,44; 0,62; 0,44; 0,47 ppm, respectivamente para a parcela que recebeu a dose completa de fertilizantes químicos, meia dose de fertilizantes químicos, mais 10 t/ha de composto, 20 t/ha, mais P_2O_5 e dose única de 20 t/ha de composto orgânico.

Como a quantidade de água escoada superficialmente na maioria das vezes foi muito pequena em relação à precipitada (ver Tabela 2) e os valores de $N-NO_3^-$ encontrados para todos os tratamentos nunca ultrapas-

Tabela 1 - Concentração de $N-NH_4^+$ e $N-NO_3^-$ (ppm) em águas de escoamento superficial durante o período experimental (4/4/82 a 15/4/82), em parcelas que receberam diferentes tipos de adubação sob cultivo de aveia - EEA - Guaíba, 1982.

Número de precipitações	Quantidade total da(s) precipitação (es) (mm)	Data das coletas	Perdas em águas de escoamento superficial							
			Parcela A		Parcela B		Parcela C		Parcela D	
			$N-NH_4^+$	$N-NO_3^-$	$N-NH_4^+$	$N-NO_3^-$	$N-NH_4^+$	$N-NO_3^-$	$N-NH_4^+$	$N-NO_3^-$
2	8,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	20,8	9/5	8,32	0,60	-	-	8,22	0,21	11,38	0,26
4	33,0	18/5	2,43	0,34	1,69	0,49	3,42	0,43	1,60	0,38
7	223,4	15/6	1,51*	0,77*	1,15	1,00	0,92*	0,88*	1,05	1,49
2	27,9	21/6	1,43	0,62	1,34	3,54	3,59	0,77	4,35	0,28
3	67,9	29/6	0,76	0,83	1,80	1,15	0,75	0,60	0,79	0,49
2	57,8	6/7	0,60	0,58	0,70	0,38	0,79	0,51	0,68	0,64
1	38,7	8/7	0,45	0,49	0,60	0,53	0,00*	0,92*	0,43	0,26
1	24,7	14/7	0,34	0,34	0,40	0,32	0,70	0,53	0,68	0,72
4	80,1	23/7	0,70	0,30	0,06	0,19	0,21	0,26	0,08	0,34
7	119,3	9/8	0,38	0,40	0,06	0,36	0,40	0,15	0,11	0,70
3	28,4	17/8	5,89	0,64	7,30	0,00	1,26	0,51	1,15	0,34
4	52,6	31/8	0,85	0,49	0,47	0,45	0,32	0,51	0,74	0,51
6	74,5	22/9	5,41	0,06	3,93	0,00	4,41	0,23	6,15	0,17
5	107,8	1/10	1,41	0,08	1,24	0,17	1,43	0,15	1,00	0,30
5	39,5	15/10	13,66	0,04	9,48	0,12	7,39	0,00	10,62	0,17

Tabela 2 - Registro dos dados de chuva e perdas de água e solo durante o período experimental (4/4/82 a 15/10/82), em parcelas que receberam diferentes tipos de adubação sob cultivo de aveia. EEA - Guaíba, 1982.

Número de precipitações	Quantidade total da(s) precipitação (es) (mm)	Data da coleta	Perdas por erosão							
			Parcela A		Parcela B		Parcela C		Parcela D	
			Solo (kg/ha)	Água (%)	Solo (kg/ha)	Água (%)	Solo (kg/ha)	Água (%)	Solo (kg/ha)	Água (%)
2	8,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	20,8	9/5	-	0,09	-	-	-	0,12	-	0,18
4	33,0	18/5	0,40	0,11	0,46	0,13	0,56	0,16	1,01	0,27
7	223,4	15/6	82,38*	2,48*	92,02	4,05	2,48*	28,9*	557,54	12,34
2	27,9	21/6	245,22	4,96	2,96	0,27	3,84	0,24	463,31	9,29
3	67,9	29/6	104,49	9,06	63,17	5,73	63,48	7,41	271,38	13,52
2	57,8	6/7	12,60	5,67	8,23	3,23	8,23	3,68	19,69	7,40
1	38,7	8/7	450,36	40,63	477,36	44,15	86,67*	14,30*	529,15	56,08
1	24,7	14/7	22,30	7,34	11,70	4,13	8,05	4,22	20,00	8,33
4	80,1	23/7	469,09	26,81	206,04	13,41	132,62	8,95	134,43	15,57
7	119,3	9/8	151,56	7,20	141,65	9,05	202,36	9,05	52,18	6,46
3	28,4	17/8	7,26	1,71	1,87	1,14	2,27	1,57	4,55	5,71
4	52,6	31/8	18,88	7,57	8,14	5,69	17,51	8,26	19,83	10,06
6	74,5	22/9	1,35	0,16	1,32	0,26	1,21	0,27	1,82	0,31
5	107,8	1/10	17,13	4,69	9,28	3,42	14,75	5,08	34,97	8,04
5	39,5	15/10	0,04	0,05	0,02	0,10	0,02	0,10	0,02	0,11

Observação para as duas tabelas:

Parcela A (tratada com a dose completa de adubos químicos recomendada pelo Laboratório de Solos); Parcela B (tratada com 50% de dose de adubos químicos recomendada pelo Laboratório de Solos mais 10 t/ha de composto); Parcela C (tratada com 20 t/ha de composto, suplementada de P_2O_5); Parcela D (tratada com 20 t/ha de composto), todas elas sob cobertura de aveia.

(*) Valores obtidos somente no primeiro tanque de amostragem.

saram os teores aceitáveis pela Organização Mundial da Saúde, conclui-se que os diferentes tipos de adubação não trouxeram nenhum problema com relação à contaminação das águas superficiais.

De certa maneira, isso indica uma correta aplicação dos diferentes tipos de adubos, o que é importante sob o ponto de vista ecológico para as águas superficiais. Entretanto, como os $N-NO_3^-$ são facilmente dissolvidos na água e muito móveis no solo, pode ter acontecido que, além de terem sido utilizados principalmente pelos vegetais na fase inicial do experimento, eles teriam se deslocado para o interior do perfil do solo, uma vez que aquele tipo apresenta uma boa drenagem. Isso, para Bolton et alii (1970), é uma afirmação correta, pois os autores concluem que as perdas de nitrogênio na forma de nitrato ocorrem quase que totalmente por lixiviação, sendo mínimas as perdas em águas de escoamento superficial.

Os baixos teores de $N-NO_3^-$ apresentados nas águas sugerem, ainda, que possivelmente a demora na coleta do material a ser analisado e certas condições reinantes nos tanques de amostragem teriam oferecido condições para que ocorresse a desnitrificação, alterando assim os valores reais para o nitrogênio inorgânico na água.

Como nem sempre foi possível realizar as amostragens da suspensão logo após cada precipitação, e como talvez tenha sido esse um fator principal na obtenção dos baixos valores para $N-NO_3^-$, pesquisas ainda devem ser realizadas para se saber realmente a causa dos baixos valores de $N-NO_3^-$ em tais condições experimentais.

CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos, pode-se concluir que a utilização dos diferentes tipos de adubação (química, orgânica e organoquímica) quando administrados aos solos em quantidades adequadas parece não

provocar significativas perdas de nutrientes em águas de escoamento superficial. Os pequenos valores encontrados para o nitrogênio inorgânico, nas águas escoadas neste solo, parecem não determinar eutrofização e toxidez dos corpos aquosos receptores.

Os dados obtidos mostram, ainda, que a utilização do composto orgânico, produzido a partir do lixo domiciliar, como alternativa de reciclagem de nutrientes minerais e da diminuição da poluição dos ambientes urbanos, apresenta boas perspectivas, uma vez que grande parte do lixo domiciliar é constituído de material orgânico que, quando tratado convenientemente, possui possibilidades de utilização na agricultura.

Os estudos de concentração de nitrogênio inorgânico nas águas de escoamento superficial mostraram que as perdas desse elemento aumentaram com as perdas de água. As maiores concentrações de $N-NH_4^+$ ocorreram quando as quantidades de águas perdidas por escoamento superficial não ultrapassaram 10% do total precipitado. As perdas de $N-NO_3^-$ por água de escoamento foram menores que as perdas de $N-NH_4^+$. Os valores de $N-NO_3^-$, porém, nunca ultrapassaram os teores aceitáveis pela Organização Mundial da Saúde.

REFERÊNCIAS

- 1 - BARROWS, H.L. & KILMER, V.J. Plant Nutrient losses from soils by water erosion. *Advances in Agronomy*. New York, 15: 303-16, 1963.
- 2 - BOLTON, E.F.; AYLESWORTH, J.W.; HORE, F.R. Nutrient losses through tile drains under three cropping systems and two fertility levels on a Brookston clay soil. *Canadian Journal of Soil Science*, Ottawa, 50:275-79, 1970.
- 3 - BRASIL, Ministério do Interior. Secretaria Especial do Meio Ambiente. *Legislação básica*. Brasília, 1977. 30 p.
- 4 - BREMNER, J.M. & KEENEY, D.R. Determination and isotope ratio analysis of different of nitrogen in soils; 3 - Exchangeable ammonium, nitrite and nitrate by direct distillation methods. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, 583-7, 1966.
- 5 - BURWELL, R.E.; TIMMONS, D.R.; HOLT, R.F. Nutrient transport in surface runoff as influenced by soil cover and seasonal periods. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, 39:523-8, 1975.
- 6 - JUNG, J. Factors determining the leaching of nitrogen from soil, including some aspects of maintenance of water quality. In: FAO. *Effects of intensive fertilizer use on the human environment*. Rome, Suedish International Development Authority, p. 81-107, 1972. (Soil Bulletin, 16).
- 7 - KING, L.A. & MORRIS, H.A. Land disposal of liquid sewage sludge: the effect on soil nitrate. *Journal of Environmental Quality*, Madison, 1 (4): 442-6, 1972.
- 8 - KOEPF, H.H. Organic management reduces leaching of nitrate. *Compost Science Emmaus*, 15 (5): 11-5, 1974.
- 9 - LONG, F.L.; LUND, Z.F.; HERMANSON, R.E. Effect of soil in incorporated dairy cattle manure on runoff water quality and soil properties. *Journal of Environmental Quality*, Madison, 4 (2): 163-6, 1975.
- 10 - MALAVOLTA, E. *Nitrogênio e enxofre nos solos e culturas brasileiras*. São Paulo, Centro de Pesquisa e Promoção de Sulfato de Amônio, 1982. 59 p. (Boletim Técnico, 1).
- 11 - MARQUES, J.Q.A. Determinação de perdas por erosão. *Arquivo Fitotécnico del Uruguay*. Montevideo, 4:505-55, 1951.
- 12 - MORENO, J.A. *Clima do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, Secretaria da Agricultura, 1967.
- 13 - SCHUMAN, G.E. & BURWELL, R.E. Precipitation nitrogen contribution relative to surface runoff discharges. *Journal of Environmental Quality*, Madison, 3 (4): 366-8, 1974.
- 14 - TEDESCO, M.J. & GIANELLO, C. *Conjunto modulado em vidro para destilação a vapor de amônia pelo método de Kjeldahl*. UFRGS. Faculdade de Agronomia. Departamento de Solos, 1978. 8 p.
- 15 - TOMMASI, L.R. As nitrosaminas. *Folha de São Paulo*, São Paulo, 9 out. 1977, p. 79.
- 16 - WALTER, H. *Vegetation of the earth*. 2. ed. New York, Springer-Verlag, 276 p. 1979.