

EFEITOS DO USO DA TERRA NO FLUXO DE
NITROGÊNIO INORGÂNICO DISSOLVIDO EM TRÊS
BACIAS DE DRENAGEM DE UM SISTEMA FLUVIO-
LAGUNAR COSTEIRO EM REGIÃO TROPICAL

R.O. Figueiredo

Departamento de Geoquímica, Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ
Laboratório de Ciências Ambientais, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos
Goytacazes, RJ

S.S.G. Castro

Departamento de Geoquímica, Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ
Laboratório de Ciências Ambientais, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos
Goytacazes, RJ

A.R.C. Ovalle

Laboratório de Ciências Ambientais, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos
Goytacazes, RJ

ABSTRACT

Land use effects on dissolved inorganic nitrogen flux were evaluated in three watersheds associated to coastal lagoons (Maricá-Guarapina System): Vigário (VIG) - urbanization (3%), farming (65%) and forests (32%); Ubatiba (UBA) - urbanization (2%), farming (75%) and forests (23%); and Caranguejo (CAR) - small recreational properties (25%), farming (27%) and forests (48%). Sampling was performed at basin outlets, two times per month, from march to December of 1993. Episodic peculiarities related to land use promoted oscillations on temporal concentrations distribution, without any relation to hydrology. However, meaningful mass transport peaks were observed on all watersheds due to the largest precipitation and flow event contemplated. In addition, the flow magnitudes contributed clearly to the mass transport enlarging. Urbanization and farming, in VIG, were identified as the most critical land uses. The largest drained area at UBA seems to have caused the largest nitrogen losses by biota, fire, lixiviation and denitrification, before entering the rivers. Although CAR have the smallest concentrations, its highest relation flow/drainage area caused greater mass transports than UBA. To minimize the anthropic impacts on the studied system its recommended to give preference to land uses as those found at CAR.

RESUMO

Os efeitos do uso da terra no fluxo de nitrogênio inorgânico dissolvido foram avaliados em três bacias de drenagem associadas a lagoas costeiras (Sistema Maricá-Guarapina): Vigário (VIG) - urbanização (3%), agropecuária (65%) e florestas (32%); Ubatiba (UBA) - urbanização (2%), agropecuária (75%) e florestas (23%); e Caranguejo (CAR) - pequenas propriedades (25%), agropecuária (27%) e florestas (48%). As coletas foram realizadas na saída das bacias, duas vezes ao mês, entre março e dezembro de 1993. Peculiaridades episódicas relativas ao uso da terra provocaram oscilações das concentrações, sem qualquer relação com a hidrologia. Entretanto, picos significativos nos fluxos de massa foram observados em todas as bacias, devido ao maior evento pluviométrico e de vazão contemplado. A magnitude das vazões contribuiu decisivamente no aumento dos fluxos. Urbanização e agropecuária, em VIG, foram identificados como os usos da terra mais críticos. A maior área drenada em UBA parece haver provocado as maiores perdas de nitrogênio através do consumo pela biota, fogo, lixiviação e denitrificação, antes que este alcançasse os cursos d'água. Embora CAR possuísse concentrações menores, sua maior relação vazão/área drenada ocasionou fluxos comparativamente maiores do que UBA. Recomenda-se priorizar formas de uso da terra como as de CAR, para que se minimize os impactos no sistema estudado.

INTRODUÇÃO

Distúrbios em ecossistemas terrestres aumentam a exportação de nitrogênio através das drenagens, alterando o seu ciclo natural (Moldan & Cerný, 1994). Devido ao crescente aporte deste nutriente oriundo de práticas agropecuárias e da expansão urbana, assim como da alta mobilidade de suas formas iônicas no solo, o seu controle é de difícil solução (Simmons et al., 1992).

Sendo considerado, este, um dos problemas ambientais

e econômicos mais sérios de nossa sociedade, diversos estudos buscam investigar os processos biogeoquímicos envolvidos, assim como a importância das fontes antrópicas e as alternativas experimentadas, concernentes ao uso da terra, para que sejam evitados maiores aportes deste poluente (Drury et al., 1993).

O cálculo do fluxo de massa apresenta-se como uma ferramenta eficaz na interpretação da hidrogeoquímica, sendo definido como a quantidade total de um elemento entran-

do ou saindo de uma bacia. Processos igualmente importantes, mas de difícil quantificação, são os fluxos internos redistribuindo a massa dentro do próprio sistema (entre solo e vegetação, por exemplo) (Cerný et al. 1994).

Este estudo objetiva avaliar os efeitos do uso da terra praticado sobre o fluxo de nitrogênio inorgânico dissolvido no sistema estudado. Seus resultados sugerem diretrizes para a conservação e gerenciamento dos recursos naturais desta região.

ÁREA DE ESTUDO E METODOLOGIA

A área do Sistema Fluvio-Lagunar de Maricá-Guarapina apresenta grande importância sócio-econômica e ambiental. Este sistema situa-se a cerca de 40 km da cidade de Niterói, no Estado do Rio de Janeiro, Brasil, entre as latitudes 22° 53' e 22° 58' S e as longitudes 42° 40' e 43° 00' W (Figura 1). Com área de aproximadamente 350 km², a Baía de Maricá é formada por uma série de lagoas e canais interligados, cujas principais bacias de drenagem são: a do Rio Vigário (VIG), a do Rio Ubatiba (UBA) e a do Rio Caranguejo (CAR).

Três pontos de coleta, localizados junto a pontilhões da Rodovia RJ-106, no canal central de cada bacia (Figura 2), contemplaram as seguintes sub-bacias, assim dimensionadas: VIG - 2.220 ha ; UBA -

9.062 ha ; e CAR - 4.400 ha.

A separação, localização e quantificação das principais classes de uso da terra foram realizadas através de imagem de satélite (LANDSAT-5-TM) em CD-ROM. Para este fim utilizou-se uma estação de trabalho SUN, rodando o *software* EASI/PACE, desenvolvido pela PCI Inc., sendo realizado, ainda, um reconhecimento de campo para checagem das respectivas assinaturas espectrais das classes encontradas.

Por fim, para uma melhor caracterização do cenário ambiental representativo das áreas drenadas a montante destas estações de amostragens, foi feita a montagem do prisma elementar de cada uma (Fortescue, 1980). Foram construídos prismas para as *Fácies Encosta* e *Fácies Baixada* (Ovalle et al., 1990) de cada uma das bacias, representando suas principais características geomorfológicas, geológicas, pedológicas,

hidrológicas e de uso da terra.

Realizaram-se 20 campanhas de amostragens, com intervalo médio de 15 dias, no período de março a dezembro de 1993. O intervalo quinzenal, segundo Freedman & Clair (1994), permitiu validar na baía do Rio Mersey valores de vazão e fluxos de massa da maioria dos constituintes, com pequena margem de erro quando comparados com amostragens diárias.

Amostras de água foram coletadas em subsuperfície, acondicionadas em isopor com gelo, sendo, posteriormente, filtradas em laboratório através de membranas *Millipore* (0,45 µm), e, então, mantidas em freezer até o momento das análises.

As variáveis analisadas e seus respectivos métodos analíticos foram os seguintes: N-NH₄⁺ - colorimetria/indofenol; N-NO₃⁻ - colorimetria após coluna de cádmio; N-NO₂⁻ -

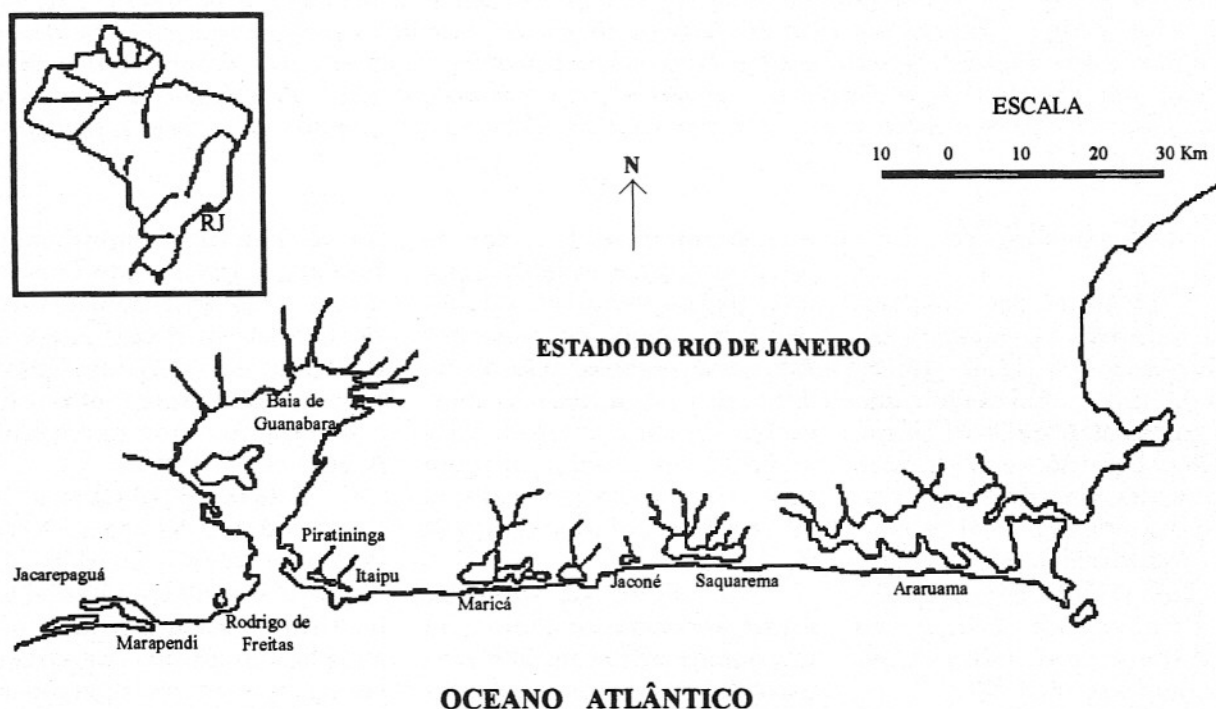


Figura 1 - Mapa de localização da Baía de Maricá e Sistemas Lagunares Fluminenses.

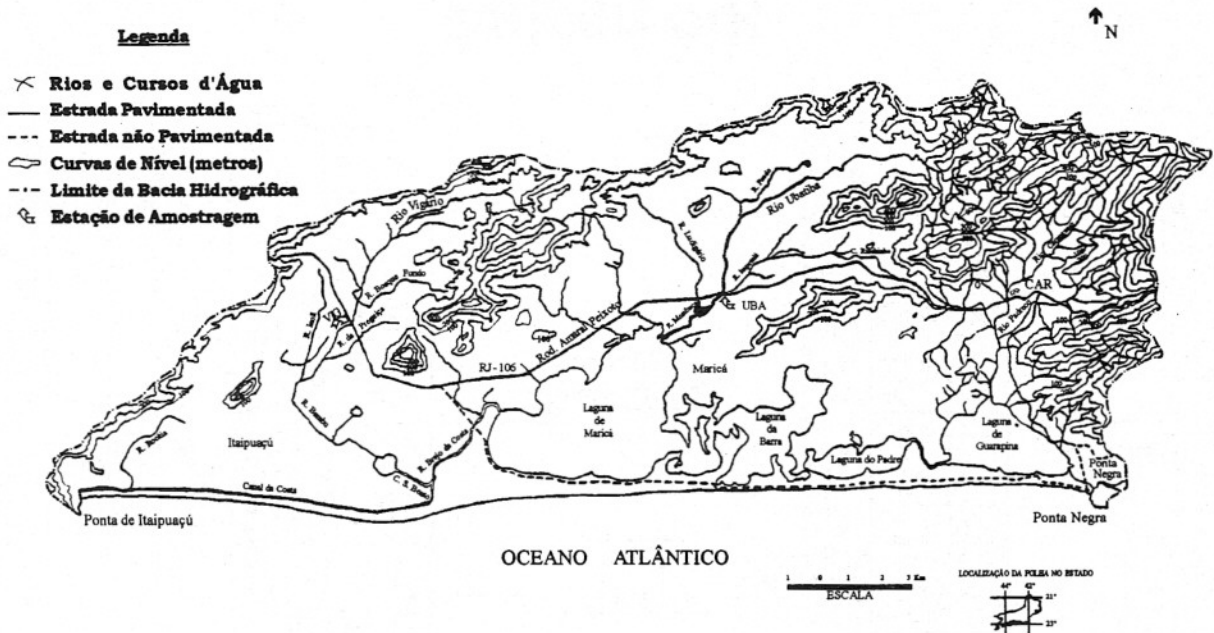


Figura 2 - Bacia hidrográfica do sistema lagunar de Maricá-Guarapina. Extraído das Folhas IBGE: Baía de Guanabara, Maricá e Saquarema.

colorimetria/sulfanilamida (Grasshoff et al., 1983). Utilizando um correntômetro *General Oceanics* - modelo 2030, foram obtidas medidas de velocidade de corrente nos pontos amostrados. Multiplicando-se a velocidade pela área da secção transversal de cada ponto de

amostragem dos rios foram obtidas as vazões instantâneas.

A partir dos dados de vazão instantânea e das concentrações de nitrogênio medidas em cada campanha, obteve-se o fluxo instantâneo deste elemento. Este fluxo instantâneo foi considerado constante até a

próxima amostragem, obtendo-se, assim, os fluxos de massa para cada período entre campanhas. A soma destes fluxos ao longo do período de estudo, e sua extrapolação para um ano, constitui a estimativa de fluxo de massa anual utilizada neste trabalho.

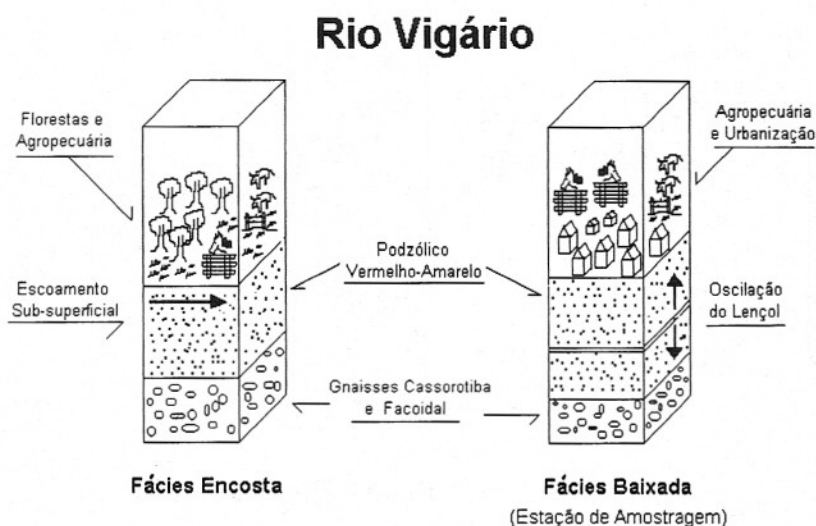


Figura 3 - Prisma elementar da área situada a montante da estação de amostragem do Vigário.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como os fatores geológicos e pedológicos pouco contribuem no aporte de nitrogênio no sistema, a variação hidrogeoquímica relaciona-se, principalmente, com a diferença e a intensidade dos tipos de uso da terra praticados nas áreas amostradas, e com os aspectos hidrológicos inerentes às bacias (Figuras 3 a 5).

Os percentuais de uso da terra em cada bacia foram assim determinados: VIG - urbanização (3%), agropecuária (65%) e florestas (32%);

Rio Ubatiba

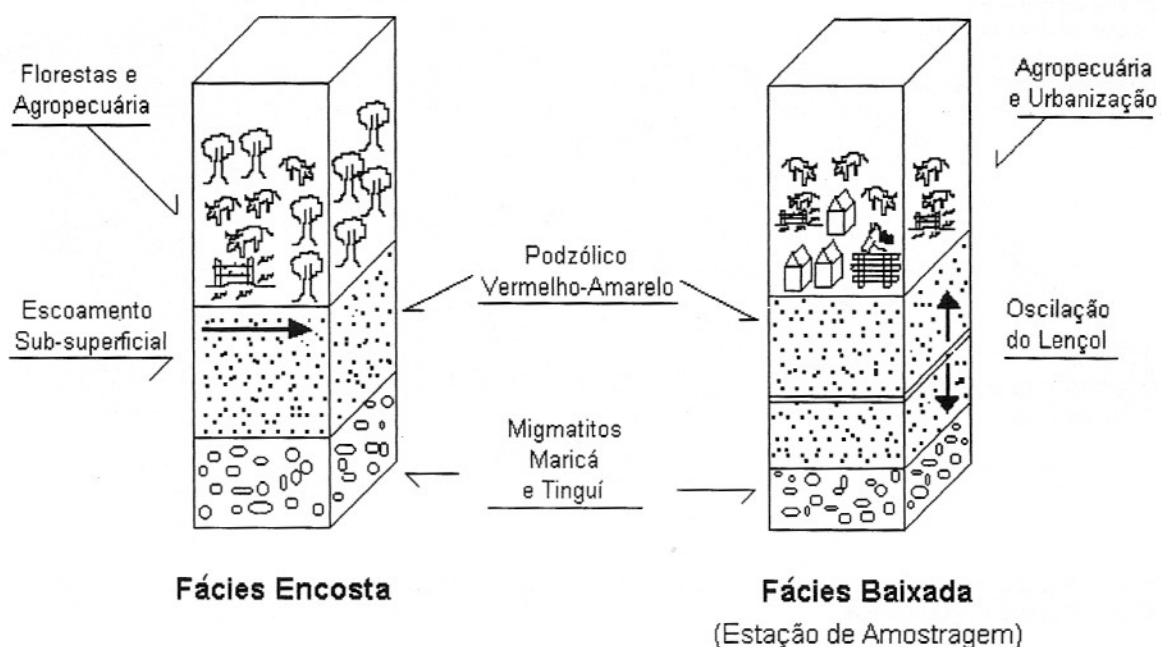


Figura 4 - Prisma elementar da área situada a montante da estação de amostragem no Ubatiba.

Rio Caranguejo

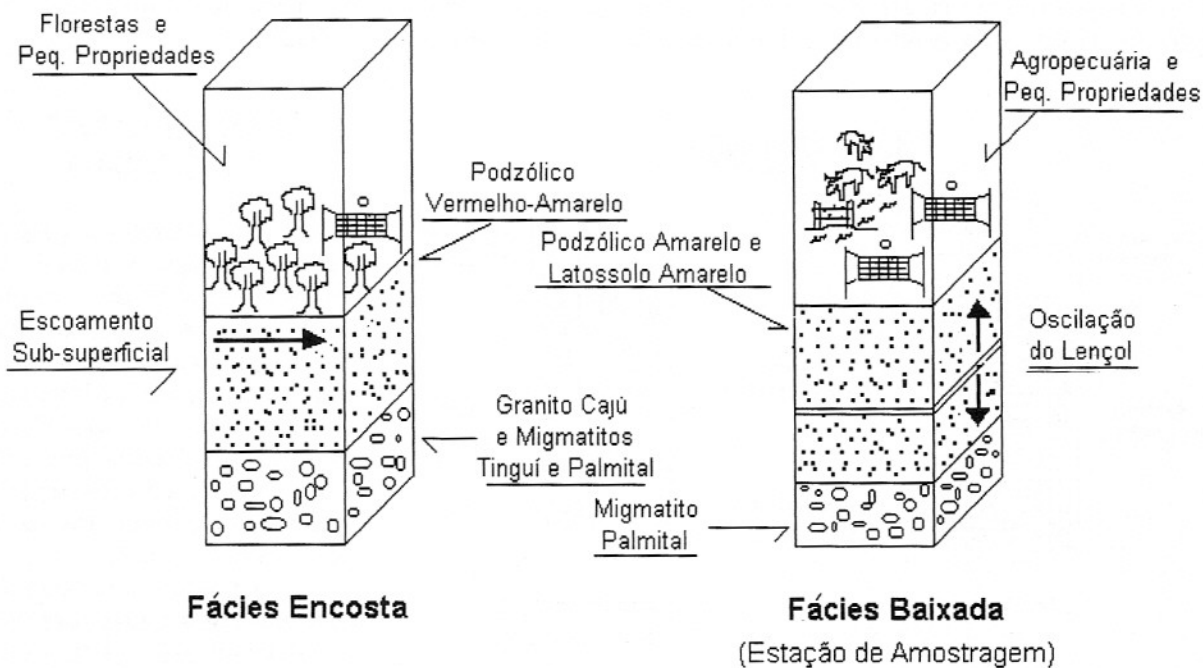


Figura 5 - Figura elementar da área situada a montante da estação de amostragem no Caranguejo.

UBA - urbanização (2%), agropecuária (75%) e florestas (23%); e CAR - pequenas propriedades (25%), agropecuária (27%) e florestas (48%).

Observa-se, na Figura 6, uma oscilação na distribuição temporal das concentrações de nutrientes que deve estar rela-

cionada às peculiaridades episódicas do uso da terra praticado em cada bacia (comportamento humano nas áreas urbanizadas, adubação de pastagens e canaviais, lavagem de currais, desmatamentos, etc.). Ao contrário do nitrogênio, no entanto, conforme Figueiredo

(1995), a maioria dos demais constituintes da hidroquímica fluvial respondeu aos fenômenos de diluição - aumentando as concentrações em períodos de estiagem, e tendo as concentrações atenuadas nos períodos de maiores vazões (Figura 7).

As concentrações mais

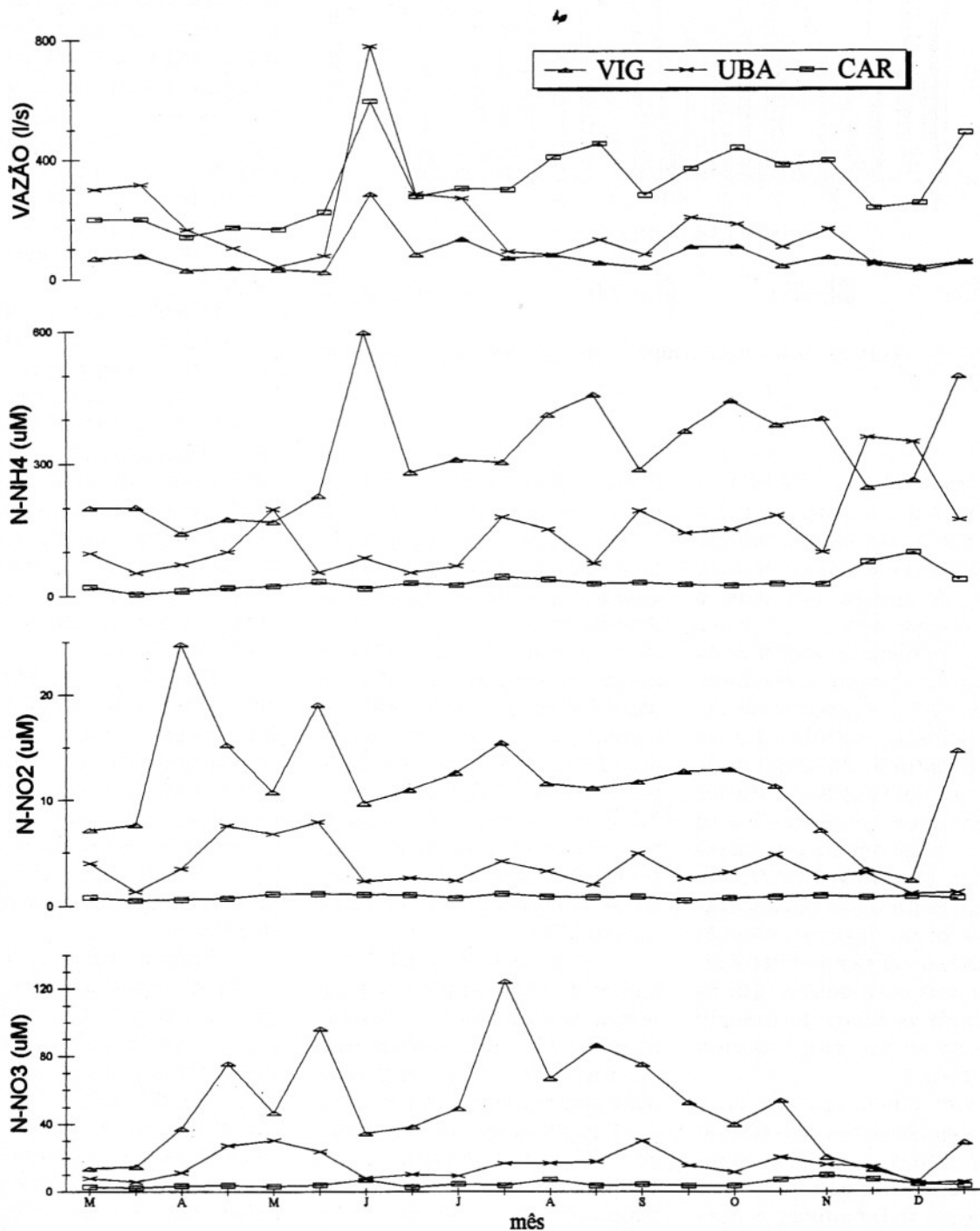


Figura 6 - Variação temporal dos valores de vazão e das concentrações de nitrogênio inorgânico dissolvido.

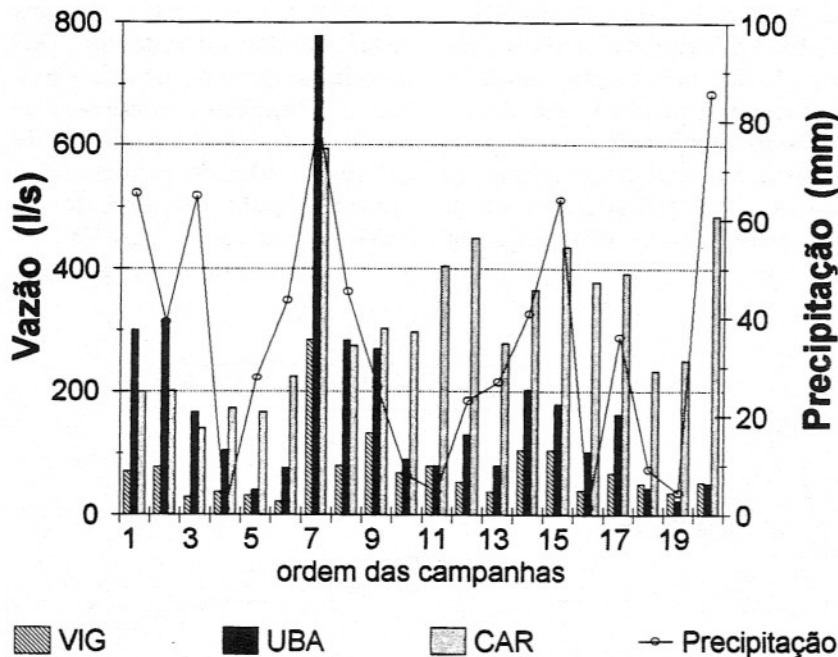


Figura 7 - Vazão medida neste estudo e precipitação registrada pelo INMET.

elevadas de $N-NH_4^+$, $N-NO_3^-$ e $N-NO_2^-$ são encontradas em VIG, bacia que recebe grande quantidade de esgoto *in natura* através de aportes pontuais, e ainda encontra-se sob a influência de práticas impactantes da criação de cavalos e bovinos, com entrada expressiva de esterco animal e fertilizantes no sistema natural. Fator determinante das concentrações destes nutrientes nas drenagens é, sem dúvida, a sazonalidade destas práticas (Keeney, 1987). No caso específico das bacias deste estudo, no entanto, não foi realizado qualquer levantamento sobre os períodos em que as principais práticas de manejo do solo e do gado foram efetuadas.

Em UBA, tem-se, também, concentrações expressivas destes nutrientes na água. A influência, novamente, da agropecuária e da urbanização conferem-lhe os altos teores medidos. E, outra vez, a sazonalidade

das práticas e atividades realizadas, parecem ditar uma dinâmica própria das concentrações, não seguindo, portanto, qualquer padrão em relação às demais bacias. Em UBA, porém, ao contrário de VIG, o aporte de esgoto doméstico é mais difuso devido à predominância de fossas sépticas em relação ao aporte pontual proveniente de redes coletoras. Tal fato parece ter sido decisivo para determinação de concentrações menos elevadas em UBA, comparada com os valores em VIG.

Segundo a USEPA - agência norte-americana de proteção ambiental -, concentrações de $N-NH_4^+$ superiores a 0,5 mg/l são perigosas para o consumo humano, e, superiores a 2,5 mg/l, ameaçam a população de peixes (Smith et al., 1992). Tanto VIG, como UBA, superam estes valores, o que preocupa em relação ao multiuso das águas do sistema

estudado. Estas concentrações podem ocasionar, nas lagoas adjacentes, o aumento da população de algas, com sérias implicações na biota aquática destes corpos d'água (Dodds & Randel, 1992).

Em CAR, as variações nas médias das concentrações de nutrientes nos períodos é bem menor. Os tipos de uso da terra aí praticados não chegam a comprometer, ao nível das demais bacias. Somente o acompanhamento constante das práticas e atividades ocorridas nestas áreas permitiria uma melhor avaliação das variações encontradas nas concentrações medidas.

Quanto aos fluxos de massa, observaram-se picos significativos na 7ª campanha, quando o maior evento de precipitação aumentou sobremaneira as vazões (Figura 8). A magnitude das vazões contribuiu decisivamente para o aumento dos fluxos de N, necessitando, em média, de apenas 5,7 eventos em 20, para que 50% dos fluxos anuais estimados fossem alcançados (Tabela 1).

Entretanto, as maiores vazões em CAR não foram suficientes para conferir-lhe maior transporte de íons de nitrogênio. Este fato demonstra a grande importância a extensão dos usos da terra praticados em VIG - urbanização e agropecuária - no aporte de nitrogênio (Tabela 2).

Embora UBA apresente concentrações notadamente maiores, comparado a CAR, seus fluxos de massa foram inferiores aos de CAR. Este fato pode ser explicado pela relação vazão/área drenada, uma vez que esta é bem maior em CAR. Acredita-se que a extensa área de baixada em UBA amorteceu o impacto do uso da terra, provocando elevadas perdas de ni-

trogênio através do consumo pela biota, fogo, lixiviação e denitrificação, antes que este alcançasse os cursos d'água, o que não ocorre em VIG, por exemplo. Espera-se, também, que, em outros anos, o fluxo de massa seja bem maior, uma vez que o período estudado coincidiu com um ano atípicamente seco, cuja precipitação, de 1.050 mm, ficou abaixo da média anual histórica, compreendida entre 1.100 e 1.300 mm.

CONCLUSÕES

Conclui-se que os usos da terra na intensidade daqueles praticados em CAR, com a presença de pequenas propriedades e maior área florestada, mostraram-se menos impactantes, devendo, portanto, ser incentivados. Por outro lado, o processo de urbanização e de atividades agropecuárias, tal qual tem se dado em VIG e UBA, deveriam ser reavaliados, para que se alcance um desenvolvimento ecologicamente sustentável para a área estudada.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq e à FENORTE, pelo apoio financeiro, como também à UFF e UENF, pela logística, que permitiu a realização dos trabalhos de campo, gabinete e laboratório.

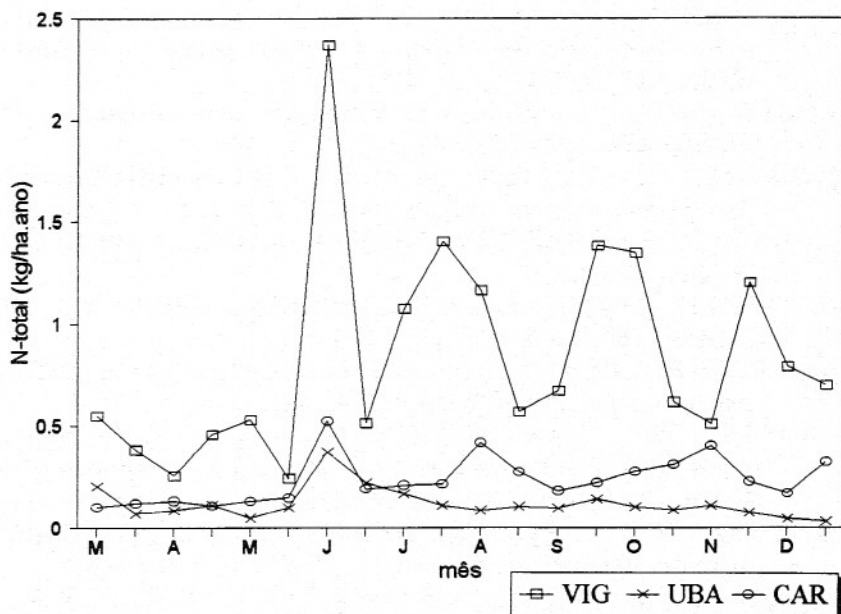


Figura 8 - Fluxo anual de nitrogênio inorgânico total dissolvido ao longo de 1993.

Tabela 1 - Número de eventos necessários para atingir 50% dos fluxos anuais estimados.

	Vigário	Ubatiba	Caranguejo
N-NH ₄	6	5	7
N-NO ₃	5	5	7
N-NO ₂	5	6	5
Total de Eventos	20	20	20

Tabela 2 - Vazão, concentrações e fluxos de nitrogênio dissolvido (média/desvio).

Rio	Vazão	Concentrações de médias anuais (uM)			Fluxo de massa (kg/ha.ano)		
		N-NH ₄	N-NO ₃	N-NO ₂	N-NH ₄	N-NO ₃	N-NO ₂
VIG	73/56	135/84	49/30	11/5	1,7/1,1	0,7/0,5	0,2/0,1
UBA	174/165	24/19	15/8	3/2	0,2/0,1	0,1/0,1	0,03/0,02
CAR	312/119	5/1	5/2	0,7/0,2	0,3/0,1	0,3/0,2	0,04/0,02

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CERNÝ, J.; BILLET, M.F.; CRESSER, M.S. (1994) Element Budgets. *In: B. MOLDAN & J. CERNÝ (Eds.) Biogeochemistry of Small Catchments: a tool for environmental research.* John Wiley & Sons Ltd., p.189-205.
- DODDS, W.K. & RANDEL, C. (1992) Field Assessment of the Effects of Nutrient Removal on Phytoplankton Productivity and Biomass. *Journal of Freshwater Ecology*, 7(3):283-292.
- DRURY, C.F.; McKEENEY, D.J.; FINDLAY, W.I.; GAYNOR, J.D. (1993) Influence of Tillage on Nitrate Loss in Surface Runoff and Tile Drainage. *Soil Sci. Am. J.*, 57(3):797-802.

- FIGUEIREDO, R.O. (1995) Fluxos Hidrogeoquímicos e sua Relação com o Uso da Terra nas Bacias de Drenagem do Sistema Fluvio-Lagunar de Maricá-Guarapina, RJ. (Dissertação de Mestrado), UFF, 121p.
- FORTESCUE, J.A.C. (1980) Environmental Geochemistry: a holistic approach. Springer-Verlag, Ecological Studies, **35**:347 p.
- FREEDMAN, B. & CLAIR, T.A. (1987) Ion mass balances and seasonal fluxes from four acidic brownwater streams in Nova Scotia. Can. J. Fish. Aquat. Sci., **44**:538-548.
- GRASSHOF, K.; EHRHARDT, M.; KREMLING, K. (1983) Methods of Seawater Analysis. Verlag Chemie, 419 p.
- KEENEY, D. (1987) Sources of Nitrate to Ground Water. *CRC Critical Reviews in Environmental Control*, **16**(3):257-304.
- MOLDAN, B. & CERNÝ, J. (1994) Biogeochemistry of Small Catchments: a tool for environmental research. John Wiley & Sons Ltd., 419 p.
- OVALLE, A.R.C.; BARROSO, L.V.; DEPAULA, F.C.F.; PERRIN, P.; BIDONE, E.D. (1990) Caracterização de Facies Hidrogeoquímicas e Compartimentação das Bacias de Drenagem do Sistema Lagunar de Maricá-Guarapina, Rio de Janeiro. *Acta Limnol. Brasil.*, **3**:887-906.
- SIMMONS, R.C.; GOLD, A.J.; GROFFMAN, P.M. (1992) Nitrate Dynamics in Riparian Forests: groundwater studies. *J. Environ. Qual.*, **21**(4):659-665.
- SMITH, S.J.; SHARPLEY, A.N.; BERG, W.A.; NANEY, J.W.; COLEMAN, G.A. (1992) Water Quality Characteristics Associated with Southern Plains Grasslands. *J. Environ. Qual.*, **21**(4):595-601.