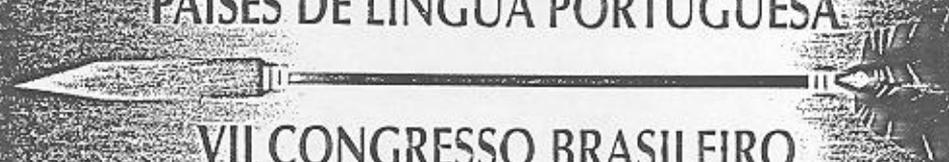




V CONGRESSO DE GEOQUÍMICA DOS
PAÍSES DE LÍNGUA PORTUGUESA



VII CONGRESSO BRASILEIRO
DE GEOQUÍMICA

ANAIIS



SOCIEDADE BRASILEIRA DE GEOQUÍMICA - SBGq

17 a 21 de outubro de 1999
PORTO SEGURO - BAHIA - BRASIL

Revista Brasileira de Geociências
Ponto Seguro - Bahia - Brasil - 1999

ESTUDO COMPARATIVO DAS SAÍDAS DE ESPÉCIES QUÍMICAS EM UMA MICROBACIA HIDROGRÁFICA NO NORDESTE DA AMAZÔNIA. PARTE II: ESPÉCIES EM SOLUÇÃO

R. ASTOLFO¹; M. C. FORTI²; A. J. MELFI³

1. astolfo@usp.br - Depto. de Ciências Atmosféricas, IAG/USP - NUPEGEL/USP, CP 3386, São Paulo, SP - Brasil, CEP 01060-970;

2. forti@met.inpe.br - MCT - INPE/DMS - NUPEGEL/USP, CP 515, São José dos Campos, SP - Brasil, CEP 12201-970;

3. ajmelfi@usp.br - Depto. de Solos e Nutrição de Plantas, ESALQ/USP, CP 09, Piracicaba, SP - Brasil, CEP 13418-900.- NUPEGEL/USP

INTRODUÇÃO

A ocupação acelerada da Amazônia provocou sérios desmatamentos principalmente durante os anos 80 (Fearnside, 1993). Essa atividade ocorreu sobretudo em função da expansão das fronteiras agrícolas, associadas ou não a assentamentos agrários, exploração de madeira e de minérios. Apesar dessas atividades influenciarem na composição química das águas superficiais, não são conhecidos ainda, a extensão e os seus efeitos sobre o equilíbrio hidroquímico das águas, quer em escala regional, quer em escala local. Entretanto, há muito esse tema vem sendo objeto de estudos sistemáticos em regiões temperadas conforme indicados nas revisões feitas por Moldan & Cemy (1994), Neal (1997) Neal et al. (1997) etc. Em regiões tropicais, ao contrário, os estudos sistemáticos ocorreram a partir do final dos anos 80 assim, trabalhos cobrindo períodos de tempo maiores do que dois anos de monitoramento, são recentes, podendo-se citar entre vários, Poggiani & Branco, 1996; Williams & Melack, 1997; Santos & Mozeto, 1992; Arcova, 1996, 1998. Na Amazônia, a maior parte dos trabalhos foi desenvolvido na região central. É importante, portanto, que resultados de trabalhos, abrangendo as diferentes sub-regiões da Amazônia, sejam incorporados a esses, afim de permitir uma melhor compreensão da magnitude da influência das diferentes fontes, bem como das contribuições para os fluxos das diferentes espécies químicas exportados pelos cursos d'água em função das diferenças regionais.

Este trabalho é a segunda parte de um projeto mais amplo desenvolvido com o intuito de se estudar a composição química e o transporte de espécies químicas em solução e em suspensão, através de um pequeno curso d'água localizado em um ecossistema amazônico de floresta densa, relativamente próximo à foz do rio Amazonas. A área de estudo encontra-se localizada na região Nordeste da Amazônia Brasileira, no Estado do Amapá, Município de Serra do Navio (00°55'54" N; 51°59'16" W). Essa microbacia, com 164 ha, foi alterada por desmatamento, em sua parte jusante (34 ha), para permitir a passagem de caminhões da companhia de mineração local e para receber parte dos rejeitos da mineração. A composição química dos sedimentos em suspensão foi determinada para esta mesma microbacia (Forti et al, 1999). Neste trabalho são apresentados os resultados relativos às

espécies químicas em solução nas águas do Igarapé Pedra Preta durante o período de julho de 1993 até novembro de 1997. Foi efetuada a comparação entre a composição química das águas que drenam a sub-bacia natural do Igarapé Pedra Preta com a aquelas da foz do mesmo igarapé, as quais incorporam um componente oriundo da área jusante da bacia, degradada devido a atividades relacionadas à mineração de manganês.

METODOLOGIA

As amostras de água foram coletadas uma vez por semana em dois pontos da bacia: na saída da sub-bacia natural do Igarapé Pedra Preta aqui denominado *PN* e na foz denominado *PF*. As coletas ocorreram entre junho de 1993 e novembro de 1997 com interrupções de um ano entre julho de 1994 e maio de 1995 e entre novembro de 1995 e janeiro de 1996. As espécies químicas em solução consideradas neste trabalho foram as seguintes: Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , NH_4^+ , Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , Al^{3+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} e Si^{4+} . Os íons maiores, em solução, foram dosados utilizando-se a técnica de cromatografia líquida de íons com um equipamento DIONEX DX500 e o Si^{4+} por ICP-AES no CENA/USP.

RESULTADOS

A aplicação do teste de hipótese de igualdade entre as médias em *PN* e *PF*, considerando um intervalo de confiança com 95% de probabilidade e ao nível de 1% de significância, mostrou que não existem diferenças estatisticamente significativas entre os valores de H^+ , alcalinidade e Al^{3+} entre as duas partes da bacia. Entretanto, para todas as outras espécies químicas as diferenças entre os valores médios observados são estatisticamente diferentes. Esse resultado evidencia a influência da área degradada na composição química dessas águas, enriquecendo-as em espécies em solução (Tabela 1). O pH e a alcalinidade refletem o equilíbrio eletroquímico dessas águas o qual, apesar do enriquecimento em solutos, não é deslocado, o que implica na inexistência de diferenças significativas para o H^+ e a alcalinidade entre *PN* e *PF*. Com relação ao Al^{3+} a igualdade estatística entre as médias nos dois locais ocorre provavelmente devido à falta de condições físico-químicas que promovam sua solubilização e assim seu enriquecimento relativo.

Tabela 1 - Valores das médias ponderadas das concentrações de solutos (mEq.l⁻¹) na saída da área natural da bacia (MEDP-PN) e na foz (MEDP-PF) e número de amostras (N).

Variável	N	MÉDP-PN	MÉDP-PF
H ⁺	119	0,58	1,08
ALC	116	146	150
Na ⁺	127	85,6	73,8
K ⁺	127	11,0	25,0
Mg ²⁺	127	64,7	85,8
Ca ²⁺	82	35,6	86,2
NH ₄ ⁺	127	3,48	7,05
Cl ⁻	126	83,5	66,1
NO ₃ ⁻	126	9,13	11,8
SO ₄ ⁻	126	14,3	225
Al ³⁺	96	4,21	3,92
Mn ²⁺	96	0,69	1,39
Fe ³⁺	96	1,83	5,47
Si ⁴⁺	59	571	335

Verifica-se que, com exceção das espécies que não apresentaram diferença estatística, o Na⁺, o Cl⁻ e o Si⁴⁺ sofrem um decréscimo de 14, 20 e 40% respectivamente entre PN e PF. Esse comportamento pode ser atribuído a um efeito de diluição, já que se observa um aumento médio de cerca de 80% na vazão entre PN e PF. Com relação às outras espécies, esse efeito não é suficiente para diluir significativamente as concentrações, observando-se dessa forma, um enriquecimento geral nesses valores, variando de 1,3 vezes para o Mg²⁺ até 200 vezes para o Mn²⁺.

Entretanto, isso não significa necessariamente, enriquecimento ou perda, já que esse parâmetro é quantificado através dos fluxos dessas espécies, medidos através das quantidades exportadas em kg.ha⁻¹ por unidade de tempo. Sendo assim, considerando os valores médios, pode-se afirmar que na área degradada existe uma forte lixiviação do K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺, NO₃⁻, SO₄²⁻, Mn²⁺ e Fe³⁺.

Para analisar a estrutura e a origem da variação das variâncias correspondentes aos valores das concentrações das diferentes espécies químicas consideradas, efetuou-se uma análise de fatores com rotação varimax. Em ambas foram extraídos quatro fatores, cada conjunto explicando respectivamente 94,8% e 91,7% da variância das concentrações em PN e em PF. Essa análise permite concluir que, para a parte natural da bacia, a fonte principal de solutos é a atmosfera, através da deposição seca e úmida, (39,3% da variância) seguida pelo solo, através da solubilização das argilas (31,8% da variância). Na foz da bacia, em PF, o componente devido a alteração da área é incorporado à composição química das águas de drenagem observando-se que a principal fonte da variância é o solo (39,1% da variância) seguida pela atmosfera (26,1%). Desta análise pode-se inferir que, ao se alterar a cobertura do solo, desmatando e introduzindo material alóctone (pilhas de rejeito de minério - bota fora) a estrutura da composição química dos solutos é alterada. O solo passa a ser a principal fonte de solutos para as águas de drenagem, sobrepondo-se à atmosfera. A contribuição da área alterada para a saída de solutos através da foz da bacia é a diferença, a maior, entre os valores dos fluxos em kg.ha⁻¹.ano⁻¹ em PN e em PF. Os valores desses fluxos, para cada um dos anos considerados neste estudo são apresentados na tabela 2.

Tabela 2 - Saídas das espécies químicas em kg.ha⁻¹ para os anos de 1993/94, 1996 e 1997 e fluxos médios através da precipitação em kg.ha⁻¹.ano⁻¹.

Espécies	Jn93-Jn94		Ja-Dz/96		Ja-Dz/97		Precipitação o kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹
	PN	PF	PN	PF	PN	PF	
Na ⁺	16,5	28,7	30,2	22,8	24,8	20,2	8,18
K ⁺	5,43	24,9	7,41	9,10	3,94	7,65	3,95
Mg ²⁺	9,65	17,4	10,8	14,0	9,85	13,7	2,48
Ca ²⁺	-	-	10,8	26,4	9,16	19,6	5,46
NH ₄ ⁺	0,26	1,93	1,57	2,11	1,10	2,07	1,34
Cl ⁻	22,5	41,5	25,1	29,3	28,1	25,7	12,8
NO ₃ ⁻	2,17	9,62	9,2	11,0	3,14	5,86	8,09
SO ₄ ²⁻	5,04	143	7,83	186	6,20	116	6,43
Al ³⁺	0,54	1,03	0,26	0,20	0,10	0,11	1,36
Mn ²⁺	0,11	64,7	0,30	55,6	0,12	40,0	0,68
Fe ³⁺	2,98	1,91	0,41	0,62	0,38	1,18	0,34
Si ⁴⁺	35,7	37,3	48,6	28,0	-	-	-
Prec (mm)*	668		2460		2012		

* Prec = Precipitação

Juntando-se os resultados da tabela 2 àqueles obtidos através da análise de fatores, verifica-se que, de fato, a atmosfera é a principal fonte de espécies solúveis para as águas de drenagem da sub-bacia natural. Na foz da bacia, as saídas incorporam os solutos liberados da área degradada e que, em alguns casos, como para o Mn^{2+} e o SO_4^{2-} são 100% oriundos dessa parte da bacia, devido à solubilização do protominério e do material das pilhas de rejeitos. As variações interanuais dos fluxos, tanto em PN como em PF, podem refletir tanto diferenças relacionadas à quantidade de água circulando pelo sistema, como variações na intensidade das atividades relacionadas à extração de minério na região. Assim, o primeiro ano foi menos chuvoso o que permite inferir que a deposição foi menor e portanto, refletindo em fluxos menores em PN (atmosfera é a fonte principal de solutos). Como as atividades da mineradora nesse primeiro ano foram mais intensas, produzindo quantidades maiores de rejeitos, os fluxos em PF, foram maiores. Nos anos subsequentes, a precipitação foi maior, havendo entretanto declínio das atividades mineradoras. Como consequência, ocorreu um aumento dos fluxos das espécies mais facilmente fixadas, em PN, e um decréscimo relativo dos fluxos em PF.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Fica claro destes resultados, que as entradas atmosféricas são a principal fonte de solutos para o ecossistema estudado, uma vez que, em geral, os solos são altamente intemperizados e lixiviados. Entretanto, em função da degradação da parte jusante da bacia, a contribuição oriunda do solo e do material alóctone torna-se mais importantes sendo que, algumas espécies químicas originam-se exclusivamente da intemperização do material alóctone representando, em alguns casos um acréscimo na saída líquida desses solutos de mais de 20 vezes.

AGRADECIMENTOS

O primeiro ano deste trabalho foi desenvolvido com suporte da FAPESP No. 92/0209-9; parte do apoio de campo foi dado pelo IRDA-Amapá e um suporte adicional foi fornecido pelo INPE através do Programa Amazônia. A partir do

segundo ano (1995) o projeto foi financiado pelo PADCTII/CIAMB - CNIq (Proj. No.62.0375/92.2). Os autores agradecem ao Sr. M. Pinto (IRDA) por seu suporte permanente durante os trabalhos de campo e no laboratório de Serra do Navio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARCOVA, F. C. S. & CIGCO, V. (1998) Pesquisas em microbacias hidrográficas no Laboratório de hidrologia floresta Walter Emmerich, Cunha-SP. II - Qualidade da água e Contaminantes no I Fórum de Geo-Bio-Hidrologia: Estudos em Vertentes e Microbacias Hidrográficas. Curitiba-Pr, 13 a 15 de outubro de 1998, p:201-210.

ARCOVA, F. C. S. (1996) Balanço hídrico, características do deflúvio e calibragem de duas microbacias hidrográficas na Serra do Mar, SP. Dissertação de Mestrado apresentada na ESALQ/USP em 19.12.1996, 130pp.

FEARNSIDE, P.M. (1988) Deforestation in Brazilian Amazon: the effect of population and land tenure. *Ambio*, 22(8): 537-545.

FORTI, M. C.; ASTOLFO, R.; MELFI, A.J. (1999) Estudo comparativo das saídas de espécies químicas em uma microbacia hidrográfica no Nordeste da Amazônia Parte I: Sedimentos em suspensão, neste volume.

MOLDAN, B. & CERNY, J. (eds.) (1994) Biogeochemistry of small catchment: a tool for environmental research. SCOPE:51) John Wiley & Sons Ltd., Chichester, 419pp.

NEAL, C.; HOUSE, W. A.; LEEKS, G. J. L.; MARKER, A. H.(eds.) (1997) U.K. Fluxes to the North Sea, Land Ocean Interaction Study (LOIS). River basin Research, the First Two Years. The Science of the Total Environment, Special issue, 194/195, 489pp.

NEAL, C. (ed.) (1997). Water quality of the Plynlimon Catchments (U.K.). Special Issue: Hydrology and Earth System Science. 1(3), 764pp.

POGGIANI, F. & BRANCO, E. F. (eds.) (1996) 1º Workshop sobre monitoramento ambiental em áreas florestadas. Série Técnica INPE, Piracicaba, 10(29), 78pp.

SANTOS, J. E. & MOZETO, A. A. (1992) Programa de análise de ecossistemas e monitoramento ambiental: Estação Ecológica de Jataí (Luiz Antônio, SP), Projeto Jataí. São Carlos: PPG-ERN/UFSCar, 59pp.

WILLIAMS, M.R. & MELACK, J.M. (1997) Solute export from forested and partially deforested catchment in Central Amazon. *Biogeochemistry*, 38: 67-102.