

BALANÇO DOS NUTRIENTES Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+ , K^+ e NO_3^- EM UMA BACIA DE PRIMEIRA ORDEM COM VEGETAÇÃO NATURAL NA AMAZÔNIA CENTRAL.

Hillândia Brandão da CUNHA¹, João Augusto Dantas de OLIVEIRA¹, Reynaldo Luiz VICTORIA²

RESUMO — O estudo foi conduzido em uma bacia hidrográfica experimental de primeira ordem de aproximadamente 3,5 km² localizada próximo ao km 16 da estrada secundária ZF-02, do km 60 da rodovia BR-174 que liga Manaus - Boa Vista. O principal objetivo foi quantificar o balanço dos nutrientes Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+ , K^+ e NO_3^- , através da entrada via precipitação e saída via deflúvio. As coletas de água e os cálculos do fluxo de nutrientes foram feitos em base mensal por um período de um ano. Observou-se que as concentrações iônicas apresentaram pouca variação ao longo do tempo. As maiores concentrações na precipitação ocorreram em função do acúmulo de aerossóis na atmosfera, após um período longo sem chuva. Aparentemente a vegetação exerceu influência mais evidente sobre o nitrato em relação aos demais nutrientes. O fluxo dos nutrientes foi variável, onde principalmente a entrada total destes deu-se em função de eventos individuais de chuva de grande magnitude. O balanço em $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ foi positivo para todos os nutrientes com os seguintes ganhos líquidos: Ca^{+2} (2,33); Mg^{+2} (1,66); Na^+ (2,07); K^+ (1,80) e NO_3^- (5,84).

Palavras-chave: balanço de nutrientes, bacia hidrográfica, Amazônia Central.

Balance of the Nutrients Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+ , K^+ e NO_3^- on a First Order Catchment Covered with Natural Vegetation in Central Amazonia.

ABSTRACT — The study was conducted on a first-order catchment of about 3.5 km² located on an experimental site 16 km west of the Manaus — Boa Vista highway, and 60 km north of Manaus. The main purpose was to quantify the balance of the nutrients Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+ , K^+ and NO_3^- through the comparison of the values of rainfall input versus streamflow output. Water sampling and nutrient flux determinations were carried out on a monthly basis for a one year period. Ionic concentrations showed low variation along the period. The highest concentrations in the rainfall were related to the accumulation of aerosols in the atmosphere, after a long rainless period. The vegetation exerted, apparently, more influence on nitrate, over the other nutrients. The nutrient flux varied, where their total input was attributed to individual storms of great magnitude. The balance, expressed in $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{year}^{-1}$, was positive for all nutrients, with the following net gain values: Ca^{+2} (2,33); Mg^{+2} (1,66); Na^+ (2,07); K^+ (1,80) and NO_3^- (5,84).

Key-words: nutrient budget, catchment, Central Amazonia.

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, as florestas tropicais, mais especificamente na Amazônia, vêm sofrendo grandes modificações de ordem antrópica, revelando preocupações quanto à conservação de seus recursos naturais (Fearnside *et al.*, 1990). Para melhor

conhecimento e compreensão deste importante ecossistema é necessário a realização de estudos visando gerar subsídios para a utilização racional de seus recursos. Os efeitos da exploração irracional podem ser previstos apenas através do conhecimento de parâmetros ecológicos funcionais e principais, como e, por exemplo, o ciclo dos

¹ Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia — INPA, Caixa Postal 478 - 69.083-000, Manaus, Amazonas, Brasil

² Centro de Energia Nuclear na Agricultura — CENA, Caixa Postal 96 - 13.416-000, Piracicaba, São Paulo, Brasil

bioelementos em ecossistemas naturais (Blum, 1978; Herrera *et al.*, 1978; Herrera, 1979). Pesquisa nesta área é fundamental para uma profunda avaliação das práticas de manejo e conseqüentemente da própria utilização dos recursos naturais (Likens *et al.*, 1967). A bacia hidrográfica apresenta características peculiares para o estudo de ecossistemas terrestres, sendo muito utilizada como unidades naturais de experimentação.

As entradas atmosféricas de elementos para o ecossistema ocorrem através das precipitações seca e úmida. A precipitação seca é resultado da sedimentação de partículas em suspensão na atmosfera sobre a vegetação e da absorção de gases atmosféricos pela biomassa vegetal. A precipitação úmida é composta dos elementos solúveis ou não, incorporados à água de chuva e neblina, depositados sobre o ecossistema, Bormann & Likens (1967). A composição iônica da precipitação deve ser caracterizada em função da velocidade e direção dos ventos e intensidade das precipitações, associadas às atividades do uso da terra (Hatch, 1976).

No estudo do balanço de nutrientes em bacias hidrográficas, Likens *et al.* (1977) citam que se deve considerar a direção e magnitude do balanço, as quais são definidas como seguem: a) a direção da variação líquida (balanço) corresponde à variação entre a entrada e saída de nutrientes; b) a magnitude do balanço corresponde à diferença quantitativa entre a entrada e saída de nutrientes. Esses parâmetros podem variar anualmente para cada elemento. Para alguns íons, dados de um simples ciclo anual são suficientes para estabelecer a direção da variação

líquida (balanço); para outros íons são necessários dados de vários anos.

Nos últimos anos, muitos trabalhos (Vitousek & Reiners, 1975; Klinge, 1976; Klinge *et al.* 1983; Cuevas & Klinge, 1986; Vitousek & Stanford, 1986; Grubb, 1989) têm sugerido que os ciclos de nutrientes em floresta tropical variam com o tipo de solo, clima e localização topográfica. A manutenção desses ciclos "abertos" ou "fechados" de cátions básicos depende da mineralogia do material de origem, da intensidade do intemperismo e das admissões atmosféricas. Como princípio geral, as florestas em solos muito pobre apresentam pouca fuga de cátions de base (Medina & Cuevas, 1989), ao passo que os solos férteis apresentam perdas maiores.

Este trabalho, desenvolvido no período de outubro de 1990 a outubro de 1991, em uma bacia hidrográfica modelo localizada no km 16 da estrada secundária ZF-02, do km 60 da rodovia BR -174 que liga Manaus - Boa Vista, objetivou contribuir ao conhecimento do movimento de alguns nutrientes, através da medição da entrada pela água de precipitação e saída no curso d'água que drena a bacia hidrográfica. O levantamento de dados de ciclagem de nutrientes, associado a estudos dos componentes do ciclo hidrológico na referida bacia, será importante para uma futura avaliação das alterações das condições do local e possíveis efeitos sobre o sistema.

ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi conduzido em uma bacia hidrográfica experimental de primeira ordem de aproximadamente 3,5 km² que tem seu início junto ao

km 16 da estrada secundária ZF-02, do km 60 da rodovia BR-174 que liga Manaus - Boa Vista. A área está compreendida entre as coordenadas 02°23'18" e 02°24'13" de latitude Sul e 60°06'13" e 60°07'54" de longitude Oeste (Fig. 1). O relevo se apresenta suavemente ondulado com cotas máximas em torno de 90 m em relação ao nível do mar. A pluviosidade total anual para o período estudado foi de 2442,6 mm, com períodos chuvosos entre novembro e maio e período seco de junho a fim de outubro. A temperatura variou entre 25,4°C e 28,0°C, com média anual de 26,4°C.

Segundo Pires & Prance (1986), a vegetação é classificada como tropical úmida de terra-firme, caracterizada por grande diversidade de espécies arbóreas, arbustivas e herbáceas. Em determinados locais ocorre vegetação de pequeno porte, chamada de campina ou campinarana. Esse tipo de vegetação tem como principal característica desenvolver-se sobre areia quartzosa, sendo sua ocorrência restrita à bacia Amazônica.

Na área de estudo predominam os oxissolos, sendo o principal tipo classificado taxonômicamente como latossolo amarelo, em geral solos ácidos e pouco férteis, sendo originados de rochas sedimentares (Irion, 1978). Esses solos sofreram intemperismo intenso e lixiviação durante milhões de anos, o que acarretou a remoção dos nutrientes dos minerais do material original.

MATERIAL E MÉTODOS

Amostras de água de precipitação e do deflúvio foram obtidas semanalmente entre outubro de 1990 a outubro de 1991. A água de chuva foi coletada em dispositivos de polietileno, constituídos de funil conectado a um galão de capacidade volumétrica de 5 litros. Esses coletores foram instalados ao lado dos quatro pluviômetros distribuídos dentro da área de estudo. As coletas da água do deflúvio do igarapé da Ladeira Grande foram feitas junto ao posto fluviométrico, localizado à saída da bacia. Posteriormente, foram

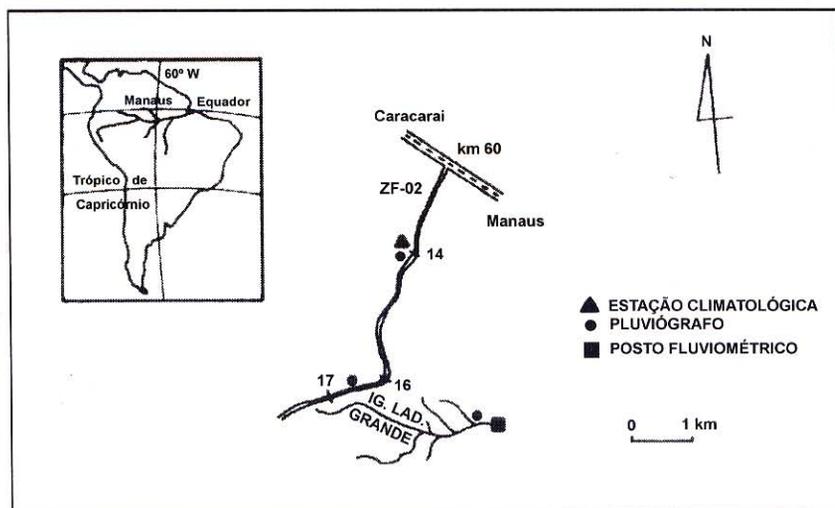


Figura 1. Área de estudo, mostrando os pontos de coleta.

preparados dois tipos de amostras preservadas com a adição de 1 ml de ácido concentrado por litro (0,1 % V/V), tendo sido adicionado no primeiro ácido nítrico e no segundo ácido sulfúrico. Estas amostras foram armazenadas em geladeira por um período máximo de 15 dias (A.P.H.A, 1971) e enviadas à Seção de Química Analítica do Centro de Energia Nuclear na Agricultura – CENA, Piracicaba, SP, para serem analisadas. As análises dos elementos Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^{+} e K^{+} foram efetuadas com espectrofotômetro de absorção atômica—Modelo 306, Perkin Elmer, enquanto que o NO_3^- foi analisado através de espectrometria de injeção em fluxo—FIA (Ruzicha & Hansen, 1975).

Os dados de precipitação foram obtidos através da média aritmética de (04) pluviógrafos do tipo Hellmann de rotação semanal, instalados em locais abertos no interior da bacia hidrográfica. Para a medição contínua da vazão do igarapé da Ladeira Grande (Q_{IG}), foi utilizado um linígrafo fabricado pela Hidrologia S/A, instalado na calha do posto fluviométrico. Neste posto foram realizadas medições de vazão para obtenção da curva-chave, definida através da equação (1).

$$Q_{IG} = -0,067 + 1,185h^2 \quad (1)$$

Onde:

$$Q_{IG} = \text{vazão em m}^3/\text{s};$$

h = altura do nível d'água lida em metros (m).

O fluxo de nutrientes foi calculado através do produto do volume da água de precipitação ou descarga, pela concentração do elemento analisado, de acordo com a equação (2).

$$FI_n = V \cdot [C_n] \quad (2)$$

Onde:

FI_n = Fluxo de nutrientes em gramas por hectare;

V = Volume da água de precipitação (P) ou deflúvio (Q) em m^3 ;

C_n = Concentração média do nutrientes na água de precipitação (P) ou na água do deflúvio (Q) em mg.l^{-1} .

O balanço dos nutrientes foi determinado pela diferença entre os fluxos de entrada via precipitação e de saída via deflúvio, conforme a equação (3).

$$\Delta FI = FI_E - FI_S \quad (3)$$

Onde:

FI_E é o fluxo de entrada;

FI_S é o fluxo de saída.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A qualidade química da água de precipitação sobre uma bacia hidrográfica varia no espaço e no tempo em resposta a um número de fatores de controle atmosférico (Likens *et al.*, 1977; Feller & Kimmins, 1979; Swank & Henderson 1988). No presente estudo as concentrações dos nutrientes na água da chuva mostraram-se variáveis durante o experimento conforme verificado na Figura 2.

Os menores valores de concentração para o Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^{+} e K^{+} foram registrados, principalmente, nos meses de outubro de 1990 a maio de 1991. Neste período as chuvas foram freqüentes e relativamente elevadas, com valores superiores a 60 mm semanais, proporcionando a diluição de aerossóis da atmosfera. O NO_3^- , por outro lado, apresentou picos em quase todo o período estudado.

Todos os nutrientes, com exceção do NO_3^- , apresentaram os picos de

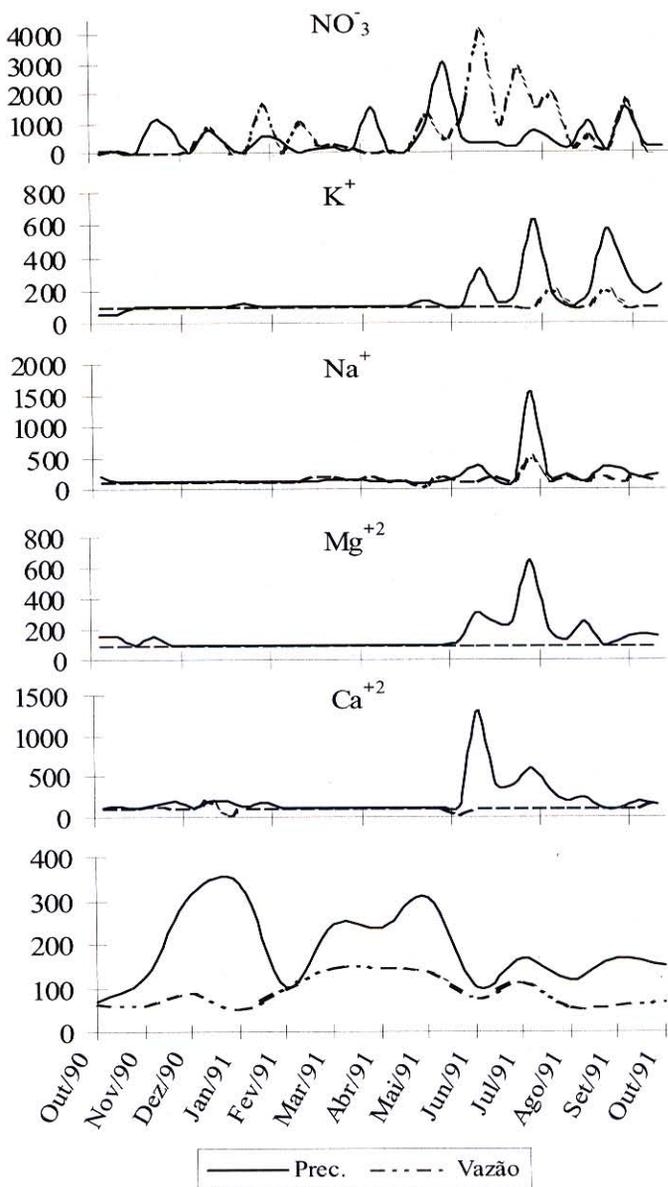


Figura 2. Fluxo mensal da entrada (P) e saída (Q) de Ca⁺², Mg⁺², Na⁺, K⁺ e NO₃⁻ em g·ha⁻¹.

concentração em épocas precedidas por um período chuvoso mais pronunciado. Isto é claramente observado nos meses de junho a setembro. Com a diminuição das chuvas nos meses mais quentes houve acúmulo de aerossóis no compartimento atmosférico. Com as poucas precipitações ocorridas neste período, estas partículas foram arrastadas pelas gotas de chuva e, conseqüentemente, as concentrações foram elevadas. Outro fator que possivelmente contribuiu para o enriquecimento de nutrientes nas amostras de precipitação foi a deposição de poeira nos coletores, trazidas pelo vento de áreas vizinhas, como por exemplo de estrada próxima ao local.

As elevadas concentrações de Na^+ nos meses mais secos tanto podem originar-se do próprio ecossistema ou de fontes marítimas. Admitindo-se a hipótese de que a principal fonte de aerossóis seja a superfície do mar, a atmosfera será rica em Na^+ , Cl^- , Mg^{+2} e K^+ . Assim, acredita-se também que as concentrações dos dois últimos cátions devem ser influenciadas pelo vento e massas de ar oriundas da região costeira. O Ca^{+2} e o NO_3^- devem ter como fonte principal a poeira proveniente da região da área de coleta.

A variação das concentrações dos nutrientes na água do deflúvio é mostrada na Figura 2. As concentrações médias dos nutrientes na água do deflúvio mostraram-se inferiores às da precipitação; a exceção foi para o NO_3^- , que foi 34,0% maior quando comparado à água de precipitação. Os picos de concentrações dos nutrientes não foram registrados em um único período, variando de nutriente para nutriente em todo o experimento, sendo bastante semelhantes aos ocorridos na água de

precipitação. Alguma tendência sazonal foi aparente na química do deflúvio, principalmente para o NO_3^- . As concentrações deste nutriente mostraram-se, em geral, inferiores nos meses mais quentes (verão) e superiores nas épocas mais chuvosas (inverno) do ano. Comportamento semelhante foi observado por Andreae *et al.* (1990); Brinkmann & Santos (1971, 1973) e Franken *et al.* (1985) na Amazônia. Tal tendência é creditada ao aumento da absorção biológica do nitrogênio durante os períodos mais quentes, resultando na diminuição do nível de nitrato na água que drena a bacia.

O regime hidrológico da bacia pode estar influenciando na saída de NO_3^- no deflúvio. O escoamento superficial total e o fluxo básico elevados na bacia hidrográfica estudada Cicco & Lima (1985), associados ao longo tempo de residência da água subsuperficial, provocam grande interação desta com as camadas mais profundas do solo e principalmente com as zonas de alteração das rochas, liberando conseqüentemente maior quantidade para os cursos d'água. O contrário se deu para o Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+ e K^+ , onde houve um ganho líquido positivo para o sistema. Pode-se dizer que está havendo um acúmulo do material lixiviado para horizontes mais profundos do solo da bacia.

O balanço dos nutrientes foi estimado pela diferença entre a entrada meteorológica e a saída geológica por unidade de área (Likens *et al.*, 1967). Em geral, os maiores fluxos de entrada e saída foram mais fortemente influenciados pelos volumes do que pelas concentrações,

embora muitas vezes, elevadas concentrações na água de precipitação tenham contribuído para grandes quantidades na entrada de nutrientes.

Tanto a entrada como a saída dos íons foram caracterizadas pela grande variação ocorrida durante o experimento. Alguns poucos eventos isolados contribuíram significativamente para a entrada total dos nutrientes. Para o fluxo total de saída o mesmo foi verificado, embora com menor intensidade (Fig. 2). Para o sódio e o cálcio os maiores fluxos de entrada ocorreram nos últimos seis meses, associados em geral a pequeno fluxos de entrada.

Para todos os íons estudados o balanço anual foi positivo (Tab. 1), havendo portanto um ganho líquido dos nutrientes para o sistema. Isto pode ser atribuído ao fato de que a vegetação pode influenciar significativamente na regularização da dinâmica dos nutrientes nas bacias hidrográficas, evitando a lixiviação e a saída excessiva deste, devido à contínua absorção pelas raízes.

Bacias hidrográficas com cobertura vegetal natural não alteradas caracterizam-se por apresentar em geral uma ciclagem de nutrientes bastante equilibrada no que

diz respeito ao balanço entre a entrada via precipitação e saída via deflúvio, isto é, o assim chamado ciclo biogeoquímico de nutrientes (Likens *et al.*, 1969). Comparando-se os resultados obtidos neste estudo (Tab. 2), com aqueles relatados por Likens *et al.*, (1977) e Ranzinni (1990), entre outros pode ser verificado que o comportamento do balanço de nutrientes neste aspecto difere de outros ecossistemas sub-tropicais ou mesmo tropical.

Entretanto, essa comparação deve ser feita com ressalvas, uma vez que a quantidade de chuva precipitada, a distância das fontes desses elementos e também as técnicas de amostragem têm influência fundamental nos resultados obtidos.

Desse modo, pode-se inferir que o ganho de nutrientes para o sistema é um parâmetro extremamente variável, em função de uma série de fatores. Tal fato implica na necessidade crescente de pesquisas semelhantes em diferentes locais da região amazônica.

CONCLUSÕES

Através dos fluxos de entrada e saída de nutrientes via precipitação e deflúvio, respectivamente, foi possível verificar o significativo aporte de nutrientes ao sistema pela precipitação, cujo fluxo de entrada foi variável com o tempo e dependente, principalmente, de eventos individuais de grande magnitude.

O efeito da absorção de nutrientes pela vegetação foi registrado através de grande variação das concentrações do nitrato no deflúvio para períodos de maior e menor atividade biológica.

O balanço anual mostra que quantidades significativas dos nutrientes

Tabela 1. Concentrações máximas, mínimas e médias dos nutrientes estudados na água de precipitação da bacia hidrográfica do Igarapé da Ladeira Grande (out/90 – out/91).

Nutriente	(kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹)		
	Entrada (P)	Saída (Q)	Balanço (Δf)
Ca ⁺²	4,68	2,34	2,33
Mg ⁺²	3,36	1,70	1,66
Na ⁺	4,14	2,08	2,07
K ⁺	3,47	1,68	1,80
NO ₃	10,88	5,04	5,84

Tabela 2. Balanço de nutrientes em bacias hidrográficas contendo diferentes tipos de florestas em diferentes regiões do mundo (kg/ha⁻¹/ano⁻¹).

Concentrações	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	NO ₃
Hubbard Brook, EUA ¹	-11,7	-2,7	-1,5	-5,9	+16,7
El Verde, Porto Rico ¹	-21,3	-10,1	-2,6	-7,3	-
Darien, Panamá ¹	-133,9	-38,7	+0,2	-51,8	-
Rio Verde, Amazonas ²	-3,9	-1,0	-	-	+0,9
Cunha, São Paulo, ³	-7,7	-3,5	-2,0	-12,4	-4,9
St ^a . Branca, SP ⁴					(NO ₃)
Microbacia A	-4,2	-1,2	+2,4	-2,8	+32,4
Microbacia B	-8,5	-5,7	-9,5	-21,5	+30,3
Este estudo	+2,33	+1,66	+2,07	+1,80	+5,84 (NO ₃)

Fontes: (1) Likens *et al.* (1977) (2) Johnson & Swank, (1977) (3) Cicco & Lima (1985) (4) Ranzinni, (1990).

estudados foram ganhos pelo sistema, cujo valores, em kg.ha⁻¹.ano⁻¹, foram da ordem de 2,33 de cálcio, 1,66 de magnésio, 2,07 de sódio, 1,80 de potássio e 5,84 de nitrogênio na forma de nitrato.

Os resultados experimentais obtidos neste primeiro ano de estudo evidenciam a importância do conhecimento da dinâmica de nutrientes associada ao ciclo hidrológico de bacias hidrográficas florestadas, demonstrando a necessidade de continuação das pesquisas neste sentido.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos funcionários Andrea Clara Leiros de Guadalupe, Maria Aparecida da Silva Gomes, Soraya Rodon Pirangy, Pedrinho de Almeida Paiva pela coleta das amostras e aos técnicos do CENA pela análises dos mesmos.

Bibliografia citada

- A.P.H.A. 1971. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 13th Edition. American Public Health Association, Washington, DC.
- Andreae, M.O.; Talbot, R.W.; Berresheim, H.; Beecher, K.M. 1990. Precipitation chemistry in Central Amazonia. *Journal of Geophysical Research*, GTE/ABLE-2B.
- Blum, W.E.H. 1978. Ecosistemas florestais: Ciclo dos bioelementos. Curitiba, *Floresta*, 9(1): 39-50.
- Bormann, F.H.; Likens, G. E. 1967. Nutrient Cycling. *Science* Washington, D.C., 155(3761): 424-29.
- Brinkmann, W.L.F.; Santos, A. 1971. Natural waters in Amazonia. V. Soluble Magnesium properties. *Turrialba*: 21(4): 459-465.
- Brinkmann, W.L.F.; Santos, A. 1973. Natural waters in Amazonia. VI. Soluble Calcium properties. *Acta Amazonica*, 3: 33-40.
- Cicco, V.; Lima, W.P. de. 1985. Determinação do balanço hídrico com emprego de bacia hidrográfica experimental em mata natural secundária. *VI Simpósio Brasileiro de Hidrologia e Recursos Hídricos e Simpósio Internacional de Recursos Hídricos em Regiões Metropolitanas*, São Paulo.
- Cuevas, E.; Klinge, H. 1986. Bana: Biomass, nutrient content, litterfall, and decomposition. IVIC volume, San Carlos do Rio Negro Project.
- Fearnside, P.M.; Tardin, T.A.; Meira Filho, L.G. 1990. Deforestation Rate in Brazilian Amazonia. PR/SCT, *Instituto de Pesquisas Espaciais* 8p.

- Feller, M.C.; Kimmins, J.P. 1979. Chemical characteristics of small streams near Haney in Southwestern British Columbia. *Water Resources Research*. Washington, D.C., 15(2): 247-58.
- Franken, W.; Leopoldo, P.R.; Bergamin, H. 1985. Nutrient flow through natural waters un "Terra-Firme" forest in Central Amazonia. *Turrialba*, 35(4): 383-393.
- Grubb, P.J. 1989. The role of mineral nutrients in the tropics: a plant ecologist's view. In: Proctor, J. (ed.), *Mineral nutrients in tropical forest and savanna ecosystems*. Oxford: Blackwell Scientific Publications, p. 417-439.
- Hatch, A.B. 1976. Some Chemical of the Amazon River. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. Oxord, 36(2): 1061-66.
- Herrera, R.; Jordan, C.F.; Klinge, H.; Medina, E. 1978. Amazon ecosystem: their structure and functioning with particular emphasis on nutrients. *Interciência*, 3(4): 223-232.
- Herrera, R.A. 1979. *Nutrient distribution and cycling in an caatinga forest on Spodosols in southern Venezuela*. Thesis (PhD.) - University. Reading, England.
- Irion, G. 1978. Soil fertility in the Amazonian rainforest. *Naturwissenschaften*, 65: 515-519p.
- Johnson, P.L.; Swank, W.T. 1973. Studies of cation budgets in the souther appalachians on four esperimental watersheds with contrasting vegetation. *Ecology*, 54(1): 70-80.
- Klinge, H. 1976. Bilanzierung von Hauptnährstoffen im Okosystem tropischer regewald (Manaus)- vorlaufuge daten. *Biogeographica*, v. 7: 59-76.
- Klinge, H.; Furch, K.; Harms, E.; Revilla, J. 1983. Foliar nutrients levels of native tree species from Central Amazonia. Inundation Forests. *Amazoniana*, 8: 19-45.
- Likens, G.E.; Bormann, F.H.; Pierce, R.S. 1967. The calcium, magnesium, potassium and sodium budgets for a small forested ecosystem. Durham, *Ecology* 48(9): 772-785.
- Likens, G.E.; Bormann, F.H.; Pierce, R.S.; Eaton, J.S.; Johnson, N.M. 1977. *Biogeochemistry of a forested ecosystem*. Springer Verlag, New York. 146p.
- Medina, E.; Cuevas, E. 1989. Patterns of nutrient accumulation and release in Amazonian forest of the upper Rio Negro basin. In: Proctor J. (ed.), *Mineral Nutrients in Tropical Forest and Savanna Ecosystems*, 217-240. Blackwell Scientific Publications, Oxord.
- Pires, J.M.; Prance, G.T. 1986. The vegetation types of the Brazilian Amazon. In: Prance, G.T., Lovejoy, T.E. (Ed.) *Amazonia*. Oxford, Pergamon Press. cap.7: 109-145.
- Ranzinni, M. 1990. *Balanço hidrico, ciclagem geoquímica de nutrientes e perda de solo em duas microbacias reflorestadas com Eucalyptus saligna Smith, no vale do Paraíba, SP*. Dissertação de Mestrado em Agronomia. Piracicaba, ESALQ/USP, 99p.
- Ruzicha, J.; Hansen, E.H. 1975. Flow injection analysis part.I. A new concept of fast continuous flow analysis. *Analytical Chemistry Acta* Amsterdam, 78: 145-57.
- Swank, W.T.; Henderson, G.S. 1988. Atmospheric input of some cations and anions to forest ecosystems in North Carolina and Tennessee. *Water Resources Research*, Washington, 12: 541-546.
- Vitousek, P.M.; Reiners, W. A. 1975. Ecosystem succession and nutrient retention: A *BioScience* 25: 376-381.
- Vitousek, P.M.; Stanford Jr, R.L. 1986. Nutrient cycling in moist tropical forest. *Ann. Rev. Ecology System.*, 17: 137-167.

Aceito para publicação em 19.10.98