

BALANÇO DE NUTRIENTES EM UMA FLORESTA TROPICAL ÚMIDA,  
PARQUE NACIONAL DA TIJUCA, RIO DE JANEIRO

SILVA FILHO, E.V.\*; OVALLE, A.R.C.\* e BROWN, I.F.\*

RESUMO

O objetivo deste estudo é quantificar os fluxos de Na, K, Ca, Mg, Cl e H<sub>2</sub>O provenientes da deposição atmosférica (a), intemperismo (i), e saída pelo rio (r) em uma bacia de 350 ha, coberta por floresta tropical úmida, próxima a área metropolitana da cidade do Rio de Janeiro. A amostragem foi feita semanalmente durante o ano de 1983, indicando que a maioria do Na, Mg e Cl na chuva e rio são de origem marinha, sendo que o K e o Ca derivam primariamente de fonte(s) continental(s). A média das entradas e saídas em kg/ha/ano foram: Na 22(a), 9(i), e -59(r); K 4,5(a), 7(i), e -12(r); Ca 6(a), 5(i), e -10(r); Mg 5(a), 2(i), e -7(r); e Cl 42(a), 0,2(i), e -90(r). O fluxo do rio foi cerca de 40% do volume de chuva. Análises de erros mostraram não haver diferença significativa entre a entrada e saída de K, Ca e Mg; entretanto para Na e Cl as saídas são significativamente maiores que as entradas. O tempo de residência das formas trocáveis no primeiro metro de solo varia de 30 a 100 anos para K, Ca e Mg, mas de apenas 2 anos para Na. A alta e variável entrada atmosférica de Na e Cl, associado ao pe-

---

\* Departamento Geoquímica da UFF

queno tempo de residência no solo, sugere que a alta saída de Na e Cl em 1983 seja resultado de deposição atmosférica anterior a este ano.

**ABSTRACT - NUTRIENT BUDGET IN A TROPICAL RAIN FOREST, TIJUCA NACIONAL PARK, RIO DE JANEIRO, R.J. - BRAZIL**

This study analyses Na, K, Ca, Mg, Cl, and H<sub>2</sub>O fluxes from atmospheric deposition (a), weathering input (w), and river output (r) in a 350 ha watershed covered by a tropical premontane wet forest in Tijuca forest near metropolitan Rio de Janeiro, Brazil. Weekly sampling during 1983 indicated that most of the Na, Mg and Cl in the rain and river comes from marine aerosols, while inputs of K and Ca derive primarily from continental sources. The average inputs and outputs in kg/ha/year were for Na: 26(a), 9(w), and -59(r); for K: 5(a), 7(w), and -12(r); for Ca: 7(a), 5(w), and -10(r); for Mg: 6(a), 2(w), and -7(r); and for Cl: 50(a), 0.2(w), and -90(r). River flow was about 40% of rainfall. Analysis of errors showed that inputs did not significantly differ from output for K, Ca and Mg; however, significantly more Na and Cl left the basin than entered. Residence times of exchangeable forms in the top meter of soil were between 30 to 100 years for K, Ca and Mg, but only 2 years for Na. The high and variable atmospheric input of Na and Cl, coupled with short residence times in the soil suggest that the high Na and Cl output in 1983 was the result of atmospheric deposition prior to 1983.

**INTRODUÇÃO**

A quantificação da ciclagem de elementos em florestas tropicais tem sido a meta de vários estudos, com a finalidade de entender a dinâmica destes sistemas. O balanço entre entradas e saídas de elementos em ecossistemas florestais

é uma ferramenta freqüentemente utilizada para o estudo dos mecanismos de captação, distribuição e perda de nutrientes (LIKENS et al, 1977; GOLLEY et al, 1978; JORDAN, 1982). A etapa inicial, normalmente empregada, envolve a utilização de uma bacia hidrográfica para medidas de fluxos de entrada e saída de água, visando a avaliação do transporte de nutrientes.

O modelo empregado neste estudo baseia-se na concepção de TRUDGILL (1977). Neste esquema onde o fluxo de água através do sistema é o principal agente transportador de massa, a entrada de nutrientes é feita pela chuva e pelo intemperismo, tendo nos rios seu principal ponto de saída. A ciclagem entre vegetação e solo é considerada um processo interno do ecossistema e não como fluxo de entrada e saída. Porém, com base na diferença líquida entre ganhos e perdas pode-se tecer hipóteses sobre os mecanismos de ciclagem interna.

O objetivo deste trabalho é apresentar a análise de um ano de dados de entrada e saída de elementos em solução em um fragmento de Mata Atlântica próximo a região metropolitana do Rio de Janeiro.

## ÁREA DE ESTUDO

A bacia do Alto Rio Cachoeira está localizada na vertente atlântica do maciço da Tijuca, Parque Nacional da Tijuca, Rio de Janeiro (Fig. 1). Suas encostas são cobertas por vegetação densa, resultado de reflorestamento iniciado em 1862, podendo ser classificada de secundária antiga remanescente da Mata Atlântica outrora abundante, com árvores de até 40 metros de altura e sub-bosque espesso (ARAÚJO et al, 1982).

A bacia hidrográfica utilizada como definição das fronteiras do ecossistema tem uma área de 350 hectares, e uma variação topográfica de 420 a 1040 metros com declives da ordem de 20-30° (COELHO NETTO et al, 1980).

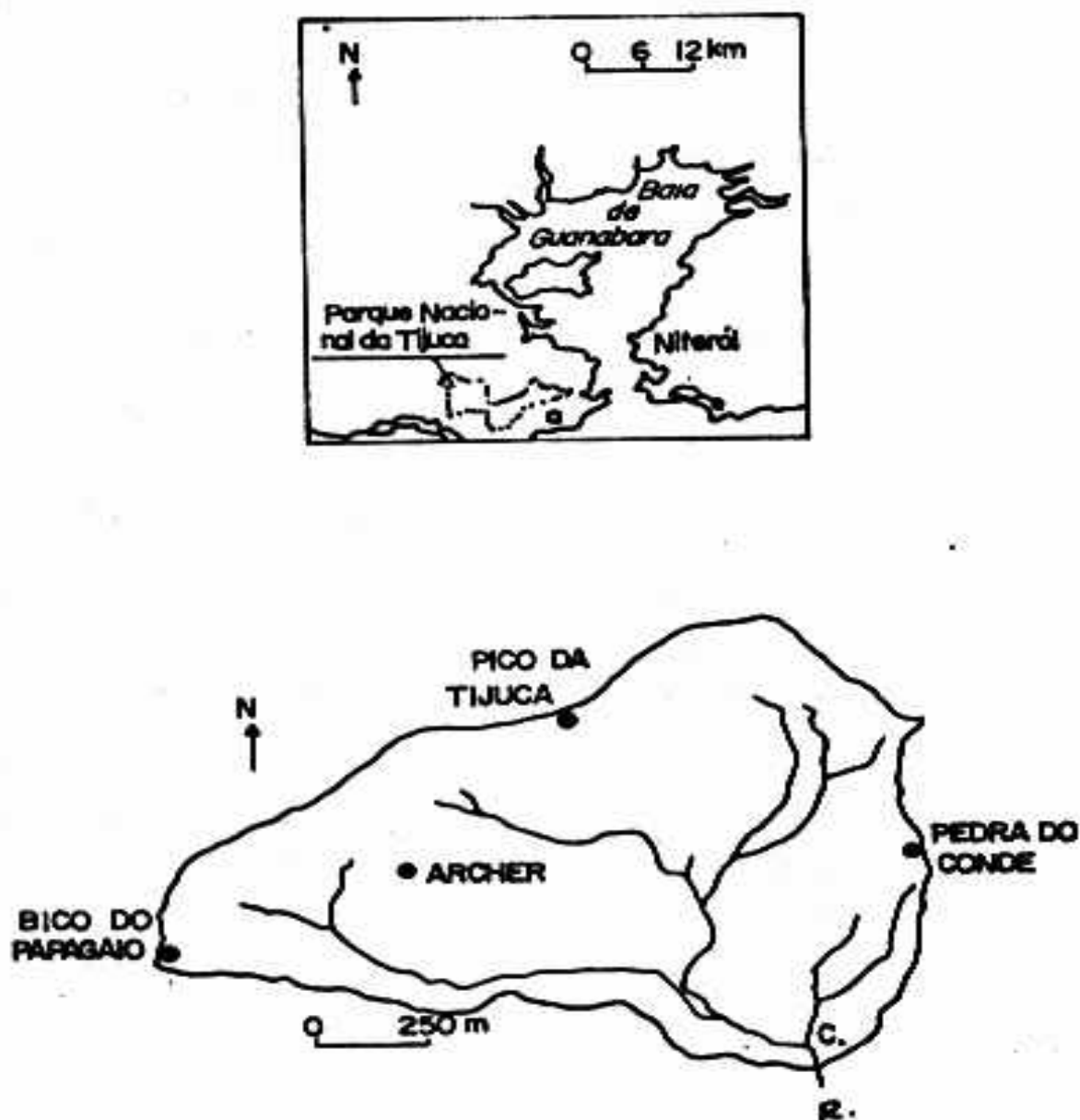


Figura 1 - Localização da área de estudo.  
 C - ponto de coleta de chuva  
 R - ponto de coleta de rio

O clima é definido como tropical de altitude com precipitações da ordem de 2500 mm/ano (GALLEGO, 1971). As chuvas são maiores no início do ano, com a contribuição mais efetiva sendo de eventos de frequência moderada (44% entre 10 e 70 mm/dia), podendo em alguns casos atingir 250 mm/dia

(SILVA e SANTOS, 1979). A temperatura média mensal oscila entre 15 e 30 °C com média anual de 21 °C (MATTOS et al, 1976).

A geologia é caracterizada pela predominância de biotina-gnaisses e granitos de idade Prê-Cambriana. O gnaiss apresenta uma estrutura porfirítica com mineralogia de quartzo, ortoclásio-microclina, biotita, muscovita e granada. Localmente ocorrem faixas quartizíticas (LAMEGO, 1964; BARBOSA, 1969). Os solos são classificados por COELHO NETTO et al (1980) como cambissolos e latossolos vermelho-amarelo, com relação  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  menor que 2,0, baixa saturação de bases, um teor de alumínio trocável alto e pH ácido (Tab. 1). O horizonte A apresenta textura arenosa, com 10 a 25 cm de espessura. O horizonte B é caracterizado por uma textura argilosa com espessura de 0,5 a mais de 2 metros. Encontram-se grandes quantidades de fragmentos de rocha indo desde pequenos blocos até matações. Estas características são semelhantes a outros perfis da região (EMBRAPA, 1979).

Tabela 1 - Análises químicas de um perfil de solo da Bacia do Alto Rio Cachoeira; trocáveis em meq/100 g; profundidade em cm;  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  representa a vazão molar. (OVALLE, 1985)

Hor	Prof	pH			Trocáveis				
		H <sub>2</sub> O	KCl	Ca+Mg	K	Na	Al	H	Sat (%)
A1	0-3	3,9	3,6	0,6	0,13	0,05	3,8	7,7	6,3
A31	3-15	4,1	3,8	0,5	0,11	0,05	2,9	5,8	7,0
A32	15-25	4,4	4,0	0,3	0,09	0,04	1,9	3,8	5,7
B	>25	4,6	3,9	0,3	0,26	0,03	1,6	2,8	12,0

Hor	Ataque por H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (%)				$\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	
A1	11,2	15,1	3,9	0,5	1,3
A31	10,8	14,8	3,8	0,5	1,2
A32	12,0	17,4	4,8	0,6	1,2
B	14,7	19,6	5,7	0,7	1,3

## METODOLOGIA

As coletas de água de chuva e de rio foram feitas se manalmente em duplicatas utilizando-se garrafas de polietileno (MONTEIL et al, 1981). Amostras de chuva foram coletadas através de funis plásticos instalados acima da copa das árvores e em clareira. Amostras de água do rio foram coleta das na saída da bacia, sendo a vazão estimada usando um "V crest weir" e a altura do rio.

A amostragem do rio (composição química e vazão) é um dado pontual, que assume-se seja representativa da semana correspondente, sendo considerada uma subestimativa, por não levar em consideração o efeito de chuvas de curta duração e alta intensidade. A amostragem das entradas atmosféricas fornece valores integrados, uma vez que a coleta é feita com coletores fixos e permanentemente abertos.

As análises químicas foram feitas através de espectrofotometria de absorção atômica (Na, K, Mg e Ca) e turbidimetria por injeção em fluxo (Cl; ZAGATTO et al, 1981). Os resultados de análise foram intercalibrados com um laboratório independente (OVALLE, 1985; SILVA FILHO, 1985).

Os fatores que podem conferir erro as medidas dos fluxos são: a) problemas de representatividade das amostras; b) erro analítico; c) erro na medida de volume de chuva; d) erro na estimativa da vazão do rio; e e) erro na inferência da composição química do substrato rochoso. Desta forma podemos estimar que o erro associado a cada fluxo é da ordem de: a) entradas atmosféricas +20%; b) entrada pelo intemperismo  $\pm$ 50%; e c) saída pelo rio +30%.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### • Entrada Atmosférica

A Fig. 2 ilustra o comportamento das entradas de elementos com o tempo. Observa-se ao longo do ano uma grande

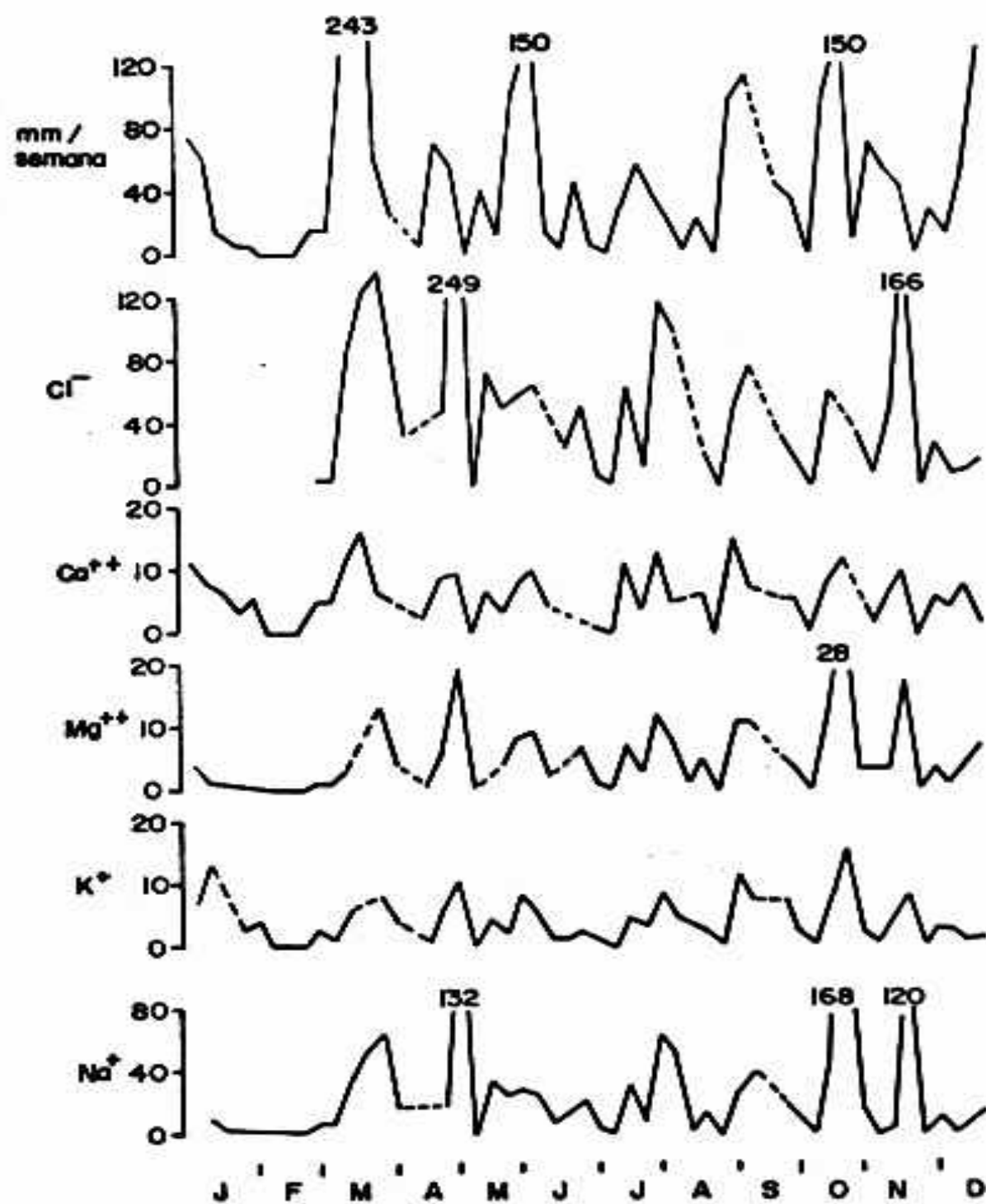


Figura 2 - Variação das entradas atmosféricas, em kg/ha/ano, durante 1983 no Parque Nacional da Tijuca, R.J.

variação dos valores semanais em períodos de chuva (kg/ha/ano): Na<sup>-</sup> 0,7 a 168; K<sup>-</sup> 0,3 a 14; Ca<sup>-</sup> 0,7 a 16; Mg<sup>-</sup> 0,5 a 28; Cl<sup>-</sup> 4,1 a 249. Estes extremos mostram a variabilidade no fluxo atmosférico destes elementos, possivelmente condicionada por: a) padrão temporal da chuva; b) origem dos elementos; e c) o comportamento físico-químico destes na atmosfera. Desta forma as entradas são caracterizadas por um processo descontínuo de valores extremos ocasionais. Ao omitir-se as semanas de maior deposição (8% das semanas) nota-se que a média anual decresce 23% para Na, Mg e Cl (elementos de origem marinha), 20% para o K e 15% para o Ca. A análise e distribuição diária das chuvas sugere que as entradas durante essas semanas ocorram na escala de dias até horas, tendo um papel decisivo no fluxo anual destes elementos.

A origem destes elementos na precipitação pode ser atribuída a: a) aerossóis marinhos (devido a proximidade do mar), principalmente com relação a Cl, Na e Mg; e b) uma fonte continental associada possivelmente a exudatos de plantas (STALLARD e EDMOND, 1981) e/ou poeiras terrígenas.

Na Tab. 2 tem-se a participação da fonte marinha nas entradas atmosféricas, considerando-se que todo o Cl é de origem marinha, e que as razões dos cátions com relação a este na chuva, se mantém na proporção da água do mar. Esta influência nos grandes eventos chega a 50% para Ca e K, 85% para o Mg e acima de 80% para o Na. O restante seria atribuído a fontes continentais (GRAEDEL et al, 1982). Reforçando esta hipótese temos o fato da bacia estar a apenas 8 km do mar, sendo freqüentemente invadida por massas de ar de origem polar, associadas a predominância de ventos do quadrante sul (SILVA FILHO, 1985).

#### • Saída pelo Rio

Na Fig. 3 temos os valores de massa encontrados na saída da bacia durante 1983. As variações observadas foram (kg/ha/ano): Na<sup>-</sup> 19 a 58; K<sup>-</sup> 3,9 a 41; Ca<sup>-</sup> 2,7 a 33; Mg<sup>-</sup> 2,3 a 46; e Cl<sup>-</sup> 39 a 155.



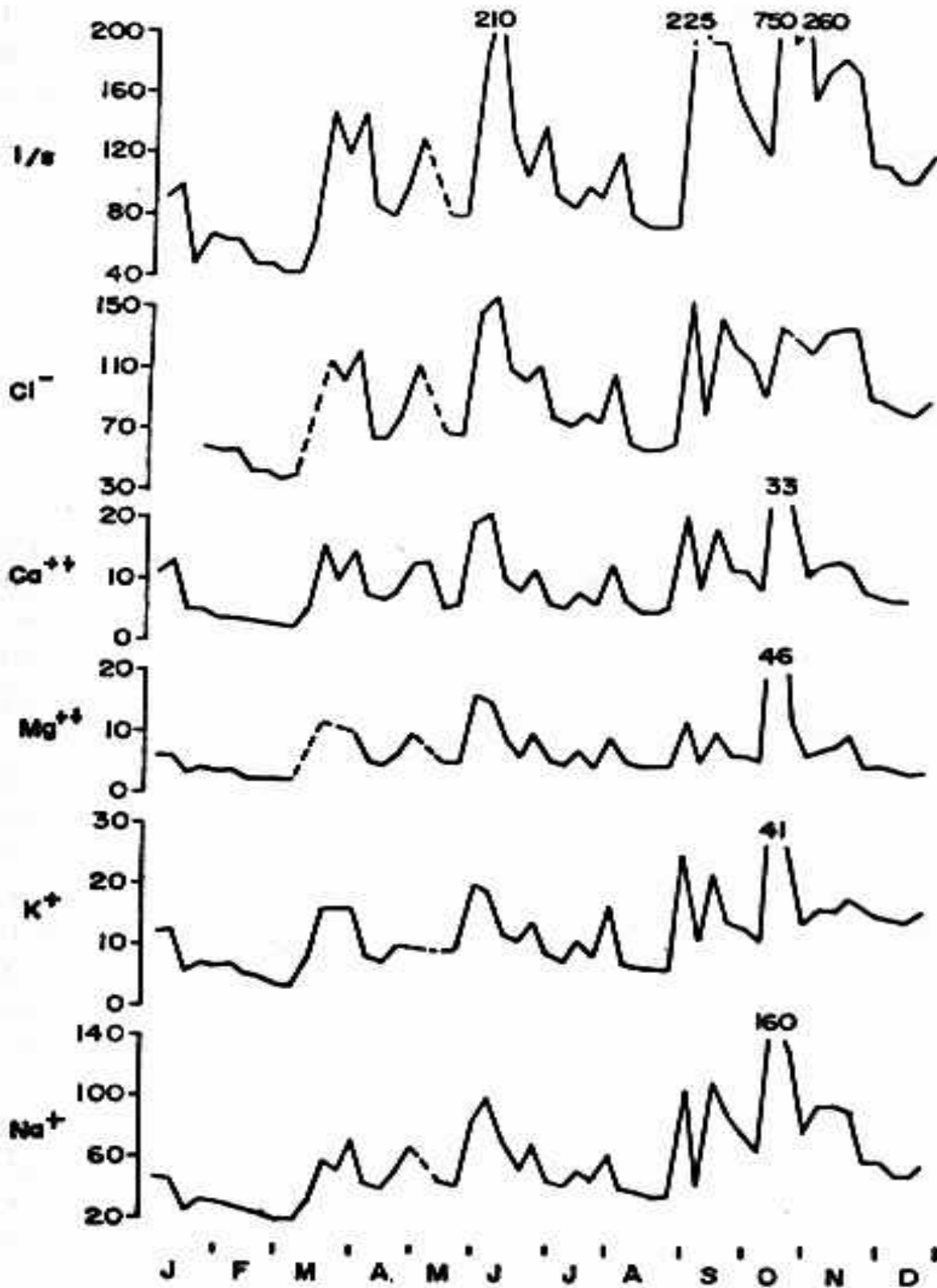


Figura 3 - Variação da saída de massa pelo rio, em kg/ha/ano, durante 1983 no Parque Nacional da Tijuca, R.J.

Tabela 2 - Dados de entrada atmosférica na bacia normalizados em função do cloreto; N é a massa atribuída a fonte marinha, sendo A a percentagem correspondente; dados em kg/ha/ano.

	Total	N	A
Na	26	26	100%
K	5,3	1,1	21%
Ca	7,0	1,1	16%
Mg	6,2	3,3	53%

É possível dividir o ano em três fases: a) um período sêco de janeiro ao início de março; b) um período de chuvas moderadas de março a agosto; e c) um período de chuvas intensas de setembro até o início de dezembro. No período sêco encontram-se os valores mais baixos para todos os elementos. Estes valores ampliam-se nas duas fases seguintes atingindo seus níveis máximos em setembro e outubro, coincidindo, de uma maneira geral, com o período de maiores entradas atmosféricas. O Mg é o único elemento que se mantém num mesmo patamar durante os dois períodos chuvosos. Da massa total que saiu da bacia durante o ano, mais de 50% saiu nas 17 semanas de maior vazão do rio (33% das semanas). Desta forma a saída de massa da bacia constituiu-se num fenômeno episódico, ainda que menos acentuado do que a entrada pela chuva.

A origem destes elementos nas águas do rio podem ser atribuídas a: a) entradas atmosféricas; e b) alteração de minerais primários e/ou secundários no solo e na rocha.

O cloreto está presente no substrato rochoso de composição granítica em quantidades mínimas (menos de 0,1%; MUELLER e SAXENA, 1977), sendo portanto considerado de origem essencialmente marinha. Desta forma, normalizando-se os outros elementos em função do cloreto no rio nas mesmas pro

porções da água do mar, pode-se obter uma boa aproximação da contribuição das entradas atmosféricas na saída de massa da bacia. Na Tab. 3 observa-se que as entradas atmosféricas são responsáveis por aproximadamente 80% do Na, 90% do Mg, 25% do Ca e 20% do K que sai da bacia. A proporção de Na, K e Ca não relacionada com as entradas atmosféricas, deve estar sendo liberada pelo intemperismo de minerais primários e/ou secundários no solo e/ou rocha.

**Tabela 3** - Dados de saída pelo rio normalizados em função do cloreto; N é a massa atribuída as entradas atmosféricas, sendo B a percentagem correspondente; dados em kg/ha/ano.

	Total	N	B
Na	59	48	81%
K	12	2	17%
Ca	10,0	2	29%
Mg	6,7	6	93%

#### • Entrada pelo Intemperismo

A Tab. 1 mostrou que a relação  $SiO_2/Al_2O_3$  no solo situa-se abaixo de 2, indicando a presença de caulinita e gibsita no solo. A ocorrência destes argilo-minerais caracteriza uma hidrólise parcial da rocha mãe, onde o principal processo geoquímico é a monossilicificação, com a saída parcial da sílica e remoção da quase totalidade dos cátions, dando origem a uma cobertura de alteração ferralítica (OVALLE et al, 1984).

A quantificação da contribuição do intemperismo para o sistema hídrico é balizada pelas seguintes considerações: a) a presença de um substrato rochoso homogêneo de composi-

ção granítica com aproximadamente 45% da sílica total na forma reativa; b) assume-se que a liberação dos elementos ocorra na mesma proporção (com relação a sílica reativa) que se encontram na rocha; e c) o solo não participa do processo de alteração, sendo considerado um produto final deste.

Com base num fluxo de saída de  $\text{SiO}_2$  de 61 kg/ha/ano (OVALLE, 1985), e na proporção  $\text{SiO}_2$ /cátions na composição do rio, estima-se a contribuição do intemperismo da ordem de (kg/ha/ano):  $\text{Na}^+$  9 (20%);  $\text{K}^+$  7 (60%);  $\text{Ca}^+$  5 (50%);  $\text{Mg}^+$  2 (30%). As percentagens dizem respeito a participação desta contribuição na massa total que sai da bacia.

#### • Comparação com Outros Ecossistemas Florestais

A Tab. 4 apresenta os valores de entrada pela chuva e saída pelo rio em florestas tropicais e temperadas. De um modo geral, as entradas atmosféricas nas florestas tropicais são em ordem de grandeza maior que nas temperadas. Entre as florestas tropicais, com excessão do Ca, o Parque Nacional da Tijuca situa-se entre os valores mais altos de entradas atmosféricas. Com relação a saída pelos rios, a comparação entre florestas tropicais e temperadas (exceto as florestas localizadas na região Amazônica), mostra que as primeiras apresentam valores de saída superiores as segundas. Em resumo os valores de entrada e saída aqui apresentados mostram-se comparáveis aos valores encontrados em outras florestas.

#### • Cálculo do Tempo de Residência dos Elementos no Solo

A Tab. 5 mostra uma estimativa dos tempos de residência dos elementos no primeiro metro de solo, levando-se em consideração: a) o fluco de entrada atmosférica; b) o fluxo de saída pelo rio; e c) o conteúdo dos elementos no solo. O pequeno tempo de residência do Na está associado ao seu baixo conteúdo no solo, e a um elevado fluxo de saída e entra-

Tabela 4 - Comparação entre entrada pela chuva (chu) e saída pelo rio (rio) em florestas tropicais e temperadas (Trop. e Temp.); valores em kg/ha/ano; (1) FELLER e KIMMINS, 1979; (2) LIKENS et al, 1977; (3) JORDAN, 1982; (4) MOREIRA-NORDEMANN, 1978; (5) FRANKEN e LEOPOLDO, 1984; (6) COLLEY et al, 1978. Os traços indicam a falta de dados (ou dados não coletados).

Local	Clima	Na		Mg		K		Ca		Cl	
		chu	rio	chu	rio	chu	rio	chu	rio	chu	rio
B. Columbia (1) Canadá	Temp.	4,5	13	0,9	4,6	0,9	2,4	3,8	20	11	14
H. Brook (2) E.U.A.	Temp.	1,6	7,5	0,6	3,3	0,9	2,4	2,2	14	6,2	4,6
S. Carlos (3) Venezuela	Trop.	-	-	2,7	0,3	10	3,0	12	1,4	-	-
Rio Preto (4) Brasil	Trop.	11	43	1,6	6,8	1,6	8,7	2,2	8,4	-	-
B. Branco (5) Brasil	Trop.	10	0,9	-	-	2,1	0,4	-	-	21	4,2
R. Darien (6) Panamá	Trop.	31	93	4,9	44	9,5	9,3	29	163	-	-
Este Estudo	Trop.	26	59	6,2	6,7	5,3	12	7,0	10	50	91

da quando comparado com os outros elementos. O K, quando comparado ao Na, tem um fluxo de saída menor, o que associado ao seu conteúdo no solo uma ordem de grandeza maior, confere-lhe um tempo de residência mais longo.

Tabela 5 - Tempo de residência (anos) dos elementos no primeiro metro de solo, utilizando-se o fluxo de entrada atmosférico (A) e o fluxo de saída pelo rio (B); solo em meq/100 g.

	Solo	kg/ha	A	B
Na	0,03	24	2	1
K	0,15	600	100	50
Ca	0,10	240	30	40
Mg	0,50	720	100	100

#### • Balanço de Massa

A Tab. 6 mostra o balanço entre entradas (chuva + intemperismo) e saída (rio) dos elementos analisados. A faixa de variação do balanço foi estimada baseada nos erros máximos associados aos cálculos dos fluxos.

O balanço hídrico apresenta uma diferença positiva que pode ser atribuída a: a) intercepção pelo dossel estimada em 30% (VALLEJO e VALLEJO, 1982); b) perda por evapotranspiração; c) saída durante chuvas; e d) estocagem dentro da bacia.

O cloreto e o sódio apresentam um balanço negativo que pode ser atribuído a duas hipóteses:

a) O fluxo de entrada pode estar sendo subestimado. SILVA FILHO e OVALLE (1985) mostram que ao transpor o dossel a água da chuva sofre um aumento significativo de Na e Cl. Este aumento pode estar associado a maior eficiência de

captação de aerossóis (deposição seca) pela vegetação quando comparado com nossos coletores (LIKENS et al, 1977; MOORE, 1983). Levando-se em consideração um enriquecimento de Na e Cl da ordem de 50%, e uma interceptação da água da chuva pelo dossel de 30%, é possível estar havendo uma subestimativa de no máximo 10% no fluxo de entrada.

b) A variabilidade da entrada de massa via atmosfera de um ano para outro. Dados de 16 anos mostram que o volume de chuva pode variar de 1600 a 3200 mm/ano (COELHO NETTO, comunicado pessoal). Portanto pode esperar também uma variação no fluxo de entrada desses elementos, que devido ao pequeno tempo de residência no solo, teria reflexos sobre a saída de massa da bacia nos anos subseqüentes. Deste modo a massa de cloreto e sódio que saiu no rio em 1983, pode ter entrado na bacia nos anos anteriores.

Tabela 6 - Balanço entre entradas (Chuva e Intemperismo) e saída (Rio); diferença (Dif.) expressa a variação líquida; dados em kg/ha/ano/; H<sub>2</sub>O em 10<sup>9</sup> kg/ano; faixa de variação (F.V.) do balanço baseada nos erros máximos associados aos fluxos.

	Chuva	Intemp.	Rio	Dif.	F.V.
Na	26	9	59	-24	-15/-40
K	5,3	7	12	+ 0,3	- 5/+ 5
Ca	7,0	5	10	+ 2,0	- 4/+ 4
Mg	6,2	2	6,7	+ 1,5	- 3/+ 3
Cl	50	<0,2	91	-41	-30/-60
H <sub>2</sub> O	8	-	3	+ 5	+ 3/+ 7

O intemperismo de minerais primários contribui apenas com Na, uma vez que o Cl não ocorre significativamente no substrato granítico. Subtraindo-se o aporte de Na pelo intemperismo, a relação Cl/Na tende a se manter próxima da encontrada na água da chuva, tanto na saída pelo rio como no balanço final.

O Ca, Mg e K, levando-se em consideração a faixa de variação do balanço, podem ser considerados equilibrados. A semelhança de Na e Cl, Ca e Mg (e provavelmente K), também apresentam enriquecimentos significativos ao atravessar o dossel (SILVA FILHO e OVALLE, 1985). Apesar do aumento de concentração destes elementos ao transporem o dossel, a saída de massa da bacia reflete apenas uma parte desta lavagem, indicando que o complexo solo-rocha retém uma parcela destes elementos. Sendo a acidez dos solos da bacia um fator limitante a retenção destes elementos, é provável que esta esteja ocorrendo na serrapilheira e dentro da zona de raízes da floresta (HERRERA et al, 1978).

## CONCLUSÕES

A entrada atmosférica é caracterizada por longos períodos de baixos valores, pontuados por eventos de alta intensidade de deposição, eventos estes que ocorrem em 8% das semanas, sendo responsáveis por 25% da massa total que entrou na bacia no ano de 1983. Sua composição química é marcada por uma grande influência de aerossóis e uma pequena contribuição de origem continental. Esta entrada é de maior significado para o balanço de Na, Mg e Cl, enquanto o intemperismo tem maior influência no de K e Ca.

A saída pelo rio também apresenta um caráter episódico, ainda que em menor escala que a entrada atmosférica, com 50% da massa total saindo em 30% das semanas. Sua composição química sofre uma grande influência das entradas atmosféricas (Na, Mg e Cl) e do intemperismo (K e Ca).



O tempo de residência dos elementos no primeiro metro de solo mostra que a magnitude do balanço de Na (e provavelmente Cl) tem uma grande influência dos fluxos de entrada e saída, sendo susceptível a variações destes numa escala de tempo bem menor que K, Ca e Mg.

O K, Ca e Mg se mantem num equilíbrio dinâmico, oscilando em torno deste durante 1983. O Na e Cl, considerados não essenciais a vegetação, apresentam um balanço essencialmente negativo, possivelmente associado a uma subestimativa da entrada atmosférica (deposição seca) e/ou a uma variabilidade no fluxo de entrada dos anos anteriores.

Com base nos resultados apresentados, podemos separar os elementos em dois grupos:

a) O elemento apresenta um tempo de residência grande (mais de  $10^1$  anos), de modo que flutuações dos fluxos de entrada e saída não comprometem o estoque do elemento no solo numa escala de tempo de anos. Dentro deste grupo situam-se K, Ca e Mg.

b) O elemento apresenta um estoque no solo tão pequeno que o tempo de residência é da ordem de 1 ano em relação aos fluxos de entrada e saída, de modo que flutuações destes poderiam alterar o estoque do elemento no solo na escala de tempo de anos. Dentro deste grupo situa-se o Na, e possivelmente o Cl.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, D.S.D.; CARAUTA, J.P.P.; OLIVEIRA, R.F.; VIANNA, M.C. Flora - alguns estudos. Rio de Janeiro, FEEMA, 1982. 28p. (Série Trabalhos Técnicos, 3)
- BARBOSA, A.R. Excursão geológica e petrográfica na Serra da Carioca, Brasil. Geográfico, 28(20B): 51-60, 1969.

- BROWN, I.F.; SILVA FILHO, E.V.; PAULA, F.C.F.; OVALLE, A.R.C. Measurement of bulk and acidic deposition et Tree Canopy level in a Subtropical Premontane wet Forest, Rio de Janeiro, Brazil, Biotropica (submetido)
- COELHO NETTO, A.L.; SANTOS, A.M.; MEIS, M.R.M. Os solos e a hidrologia das encostas do Alto Rio Cachoeira, R.J. : estudo preliminar. R. Bras. Geogr., 42(3): 585-611, 1980.
- COELHO NETTO, A.L. Surface hydrology and soil erosion in a Tropical Mountainous Forest, Rio de Janeiro, Brasil, Belguim, University of Leuven. Tese Doutorado (em preparação)
- FELLER, M.C. & KIMMINS, J.P. Chemical characteristics of small streams near haney in southwestern British Columbia. Water Resour. Res., 15(2): 247-58, 1979.
- FRANKEN, W. & LEOPOLDO, P.R. Hydrology of Catchment Areas of Central-Amazonian Forest Streams. In: SIOLI, H., ed., The Amazon, limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin. Boston, W. Junk, 1984.
- GALLEGO, L.P. O Sudoeste. O Clima Tropical de Altitude. A Natureza e a orientação das massas de ar: curso para Professores de Geografia. Rio de Janeiro, IBGE, 1971.
- GOLLEY, F.B.; MCGUINNIS, J.T.; CLEMENTS, R.G.; CHILD, G.I.; DUEVER, M.J. Ciclagem de minerais em um ecossistema de floresta tropical úmida, S.P.. São Paulo, EPU/USP, 1978. 256p.
- GRAEDEL, T.E. Aqueous chemistry in the atmosphere. In: GOLDBERG, E.D., ed. Atmospheric chemistry. Berlin, Springer-Verlag, 1982. p. 93-118.

- HERRERA, R.; JORDAN, C.F.; KLINGE, H.; MEDINA, E. Amazon ecosystems. Their structure and functioning with particular emphasis on nutrients. Interciencia, 3(4): 223-31, 1978.
- JORDAN, C.F. The Nutrient balance of an Amazonian Rain Forest. Ecology, 3(63): 67-72, 1982.
- LAMEGO, A.R. O Homem e a Guanabara. Rio de Janeiro, IBGE, 1964. 408p.
- LIKENS, G.E.; BORMANN, F.H.; PIERCE, R.S.; JOHNSON, N.M. Biogeochemistry of a forested ecosystem. New York, Springer-Verlag, 1977. 146p.
- MATTOS, C.C.L.V.; MATTOS, M.D.L.V.; LAROCHE, R.C. Aspectos do clima e da flora do Parque Nacional da Tijuca, Brasil Florestal, 7(25): 3-12, 1976.
- MOORE, I.D. Throughfall pH: effect of precipitation timing and amount. Water Resour. B., 19(6): 961-65, 1983.
- MONTEIL, A.; CARRE, J.; DEVOUCOUX, J.; BOUSQUET, G. Conser-  
vation des Echantillons. Tech. Sci. Munic. L'Eau, 76(5):  
285-90, 1981.
- MOREIRA-NORDEMANN, L.M. Geochimie, estimation de la vitesse  
d'alteration des roches par l'utilisation de l'uranium  
comme traceur: application au bassin de la Riviere Preto,  
Bahia, Brésil. C.R. Acad. Sci., Paris, 287(d): 419-22,  
1978.
- MUELLER, R.F. & SAXENA, S.K. Chemical petrology. New York,  
Springer-Verlag, 1977.
- OVALLE, A.R.C.; SILVA FILHO, E.V.; BROWN, I.F. Intemperis-

mo e composição dos Rios, Parque Nacional da Tijuca, R.J., In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33, Rio de Janeiro, 1984. Anais ... Rio de Janeiro, 1984. v. 10 p. 4717-28.

OVALLE, A.R.C. Estudo geoquímico de águas fluviais da Bacia do Alto Rio Cachoeira, Parque Nacional da Tijuca, R.J.. Niterói, UFF. Tese Mestrado (em preparação)

REUNIÃO DE CLASSIFICAÇÃO, CORRELAÇÃO E INTERPRETAÇÃO DE APTIDÃO AGRÍCOLA DE SOLOS, 1, 1979. Anais ... EMBRAPA, 1979. 246p.

SILVA, A.L. & SANTOS, A.A.M. Análise de frequência de chuvas no Maciço da Tijuca, R.J.. R. Hidrol. Rec. Hidr., 2, 1979.

SILVA FILHO, E.V. & OVALLE, A.R.C. O papel da vegetação na neutralização da chuva ácida no Parque Nacional da Tijuca, R.J., In: SEMINÁRIO REGIONAL DE ECOLOGIA, 4, São Carlos, 1985. Anais ... São Carlos, UFSCar, 1984. p. 349-69.

SILVA FILHO, E.V. Estudos de chuva ácida e entradas atmosféricas de Na, K, Ca, Mg e Cl na Bacia do Alto Rio Cachoeira, Parque Nacional da Tijuca, R.J.. Niterói, UFF. Tese Mestrado (em preparação)

STALLARD, R.F. & EDMOND, J.M. Geochemistry of the Amazon. 1. Precipitation chemistry and the marine contribution to the dissolved load at the TimePeak Discharge. J. Geophys. Res., 86(c10): 9844-58, 1981.

TRUDGILL, S.T. Soil and vegetation systems. Oxford, Clarendon Press, 1977. 180p.

VALLEJO, L.R. & VALLEJO, M.S. Aspectos da dinâmica hidrológica em áreas florestadas e suas relações com processos

erosivos: primeiros resultados. In: SIMPÓSIO DO QUATERNÁRIO NO BRASIL, 4, Rio de Janeiro, 1982. Atas ... Rio de Janeiro, 1982. p. 365-80.

ZAGATTO, E.A.G.; JACINTHO, A.O.; REIS, B.F.; KRUG, F.J.; BERGAMIM FILHO, H.; PESSENDA, L.C.R.; MORTATTI, J.; GINÉ, M.F. Manual de Análises de plantas e águas empregando sistemas de injeção em fluxo. Piracicaba, USP, CENA, 1981. 45p.

#### AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Glauca Torres Aragon e Ana Maria Alves Pires pelas análises de solo; ao Laboratório de Radioquímica e Química Analítica do CENA/USP pela intercalibração; à Ana Luiza Coelho Neto pelo intercâmbio de informações e, ao Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal pela permissão para execução da pesquisa no Parque Nacional da Tijuca.

Esta pesquisa foi financiada pelo CNPq, CAPES, FINEP, SUBIN e CONVÊNIO UFF-KFA (Alemanha).

#### ENDEREÇO DOS AUTORES

SILVA FILHO, E.V.; OVALLE, A.R.C. e BROWN, I.F.  
Departamento de Geoquímica  
Instituto de Química  
Universidade Federal Fluminense  
24210 Niterói - RJ