

## Na, Ca, K, Mg e Cl ATMOSFÉRICOS NA REGIÃO LESTE DO ESTADO DE SÃO PAULO

B.M. VIEIRA

*Instituto Tecnológico de Aeronáutica - ITA/CTA  
12200 - São José dos Campos - SP, Brasil*

M.C. FORTI, M.F.M. TAVARES e L.M. MOREIRA-NORDEMANN

*Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE/MCT  
C.P. 515, 12200 - São José dos Campos - SP, Brasil*

Rainwater and atmospheric particulate matter samples were systematically collected from July 1981 to August 1983 at three meteorological stations in the eastern part of the state of São Paulo. These samples were analysed and sodium, calcium, potassium, magnesium and chloride contents were determined, as well as the total particle concentration. The results were correlated with some geoclimatic parameters which allowed to draw inferences about the continent-ocean-atmosphere interactions. Wet and dry fluxes were also determined, and with the only exception of sodium at São José dos Campos, it was found the well-marked prevalence of the wet deposition for all studied elements.

### INTRODUÇÃO

No ciclo geoquímico dos elementos, a precipitação atmosférica, seca e úmida, desempenha um importante papel no transporte de elementos e na interação global entre o oceano, a atmosfera e o continente. Esta mesma precipitação é a principal responsável pela alimentação dos aquíferos continentais assim como pela drenagem dos solos. Recentemente estudos sobre a composição química da atmosfera foram intensificados, por terem sido observadas alterações nesta mesma composição, originadas sobretudo devido a interferência humana. Deste modo, inúmeros trabalhos científicos (Galloway et al., 1982; Keene et al., 1986; Savoie et al., 1987; Warburton et al., 1980; Delmas & Servant, 1984, entre outros) foram publicados ultimamente, sobre a composição atmosférica tanto em regiões urbanizadas quanto em áreas remotas do globo. No Brasil tais estudos são ainda escassos, e muito recentes (Orsini et al., 1982 e 1986; Trindade et al., 1981; Silva Filho, 1985; Brown, 1985; Ferreira e Moreira-Nordemann, 1984; Tavares et al., 1983; Moreira-Nordemann et al., 1983 e 1987). No entanto o nosso país apresenta, em certas regiões, problemas de alterações na sua composição atmosférica comparáveis aos encontrados em países do hemisfério norte, devido à interferência humana. Por outro lado, a comunidade científica internacional tem se mostrado interessada em realizar tais estudos no Brasil. Tal interesse, entre outros motivos, baseia-se no fato de ser o nosso país, um dos raros no mundo que ainda oferece condições para obter-se dados de regiões naturais, que constituiriam os procurados padrões de referência.

Neste trabalho são apresentados os teores de Na, Ca, K, Mg e Cl em águas de chuva e em material particulado atmosféricos (aerossóis) em três regiões do

leste do Estado de São Paulo: Ubatuba, Campos do Jordão e São José dos Campos. As duas primeiras podem ser consideradas regiões naturais, praticamente sem sofrerem interferências de caráter antropogênico, ao passo que São José dos Campos é já uma região industrializada. Convém destacar que a região escolhida apresenta uma situação geográfica e geoclimática interessante (Fig. 1). A Serra do Mar, a sudeste de São José dos Campos, constitui uma barreira natural à baixa circulação atmosférica entre a costa e o Vale do Paraíba. Ao norte do Vale está a Serra da Mantiqueira, uma segunda barreira entre o mar e o continente. Além desses aspectos, o apreciável grau de industrialização e a densidade populacional de São José dos Campos, pelo menos em pequena escala, permitem avaliar a contribuição do particulado originado pela atividade humana nesta região.

Resultados parciais deste trabalho foram apresentados anteriormente (Tavares et al., 1983) mas o conjunto total dos dados está sendo aqui apresentado.

### METODOLOGIA

#### Coleta das amostras

Os locais de coleta, mostrados na Fig. 1, estavam situados em três estações meteorológicas, permitindo obter diariamente informações sobre pluviometria, pressão atmosférica e temperatura ambiente durante o período de amostragem. A Tabela 1 resume algumas das características geoclimáticas da região em estudo. As três regiões estudadas apresentam um perfil pluviométrico semelhante, com chuvas escassas de junho a setembro e precipitação elevada de setembro a maio.

**Tabela 1** – Características geográficas e meteorológicas dos locais de amostragem.

Localização das estações meteorológicas	Município	Localização geográfica	Alt. (m)	Lat. S	Long. W	Distância à costa (km)	Média anual de chuvas ( $10^3$ mm)	Clima e temperatura média anual	Direção predominante dos ventos
Instituto Oceanográfico, USP, Base Norte	Ubatuba	Sopé da Serra do Mar	4	23°28'	45°01'	0,01	2,1 (1961/1975)	Super úmido (sem estação seca) 20°C	E-NE ventos Alísios sopram constantemente
Campus do Instituto de Pesquisas Espaciais	São José dos Campos	Vale do Rio Paraíba do Sul	594	23°09'	45°50'	70	1,1 (1961/1970)	Quente e úmido (frequentemente formação de neblina) 21,3°C	SE
Horto Florestal do Parque Estadual	Campos do Jordão	Cume da Serra da Mantiqueira	1566	22°40'	45°28'	95	1,7 (1973/1978)	Mesotérmico médio ( $\approx$ 45 dias de geada por ano) 13,6°C	N-NW persistência dos ventos SE e SN

Tanto o material particulado quanto a água de chuva, foram coletados no mesmo local, sendo que a chuva foi recolhida continuamente, na totalidade dos eventos, e as partículas em intervalos aproximadamente mensais, com duração média de 7 dias para cada coleta, correspondendo a um volume de ar amostrado de 100 a 300 m<sup>3</sup> (condições - padrão,  $t = 25^{\circ}\text{C}$ ,  $P = 760$  mm Hg).

Para amostragem de águas pluviais utilizou-se uma cuba de acrílico de 60 cm de diâmetro, protegida com uma tela de nylon e conectada a um recipiente de 10 litros. A coleta era encerrada antes que o volume de chuva no recipiente excedesse sua capacidade. Cuidados especiais foram tomados com o propósito de minimizar o efeito de evaporação nas coletas. Infelizmente, devido ao método de coleta utilizado, não foi possível evitar totalmente a contribuição da deposição seca nas amostras de águas pluviais.

O amostrador de material particulado atmosférico opera pela passagem de um volume conhecido de ar através de um filtro. No presente trabalho utilizou-se um medidor seco de gás (Galileo Argentina), para a medida do volume de ar aspirado por uma bomba de

vácuo (Primar) e um filtro de membrana (Millipore HAWP 047, diâmetro de poro = 0,45  $\mu\text{m}$ ) para a retenção das partículas. O material retido no filtro foi pesado, por diferença, e extraído em água deionizada, submetendo-se a amostra a ultra-som. Filtros não expostos receberam o mesmo tratamento. Tanto as amostras de chuva como os extratos aquosos de material particulado foram selados e armazenados em geladeira, até a análise. Todos os recipientes e conexões utilizados são de polietileno, e foram previamente acondicionados em ácido nítrico diluído.

As coletas foram realizadas de julho de 1981 a agosto de 1983.

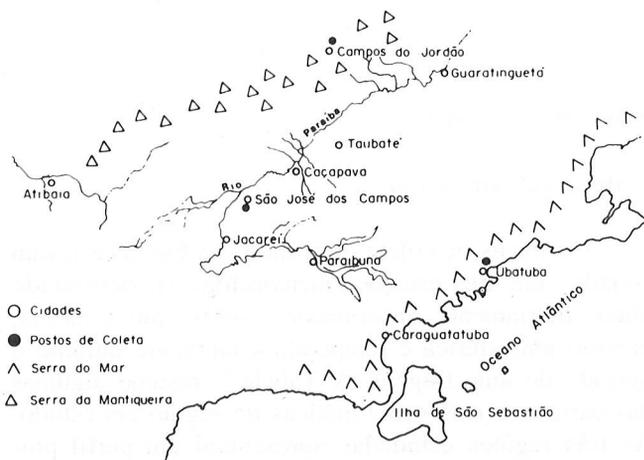
#### Análise das amostras

A determinação das concentrações de  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  e  $\text{Cl}^-$  foi efetuada tanto nas amostras de água de chuva quanto nos extratos aquosos do material particulado. A concentração dos cátions foi determinada por espectrometria de absorção atômica e as condições de análise seguiram as recomendações do manual do instrumento (Perlin Elmer - modelo 403). A concentração de  $\text{Cl}^-$  em nossas amostras, foi determinada potenciometricamente utilizando-se um eletrodo íon-seletivo (Imbracrios). Os detalhes do método analítico empregado na determinação de  $\text{Cl}^-$  da ordem de 0,1 ppm são descritos por Vieira & Tavares (1982). A determinação da concentração do material particulado total foi feita por método gravimétrico. Infelizmente não foi possível obter medidas de pH por falta de aparelho de campo. A precisão das medidas foi de  $\pm 15\%$  para o cloreto e de  $\pm 5\%$  para os cátions.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Águas Pluviais

Na Tabela 2 são apresentados os valores máximos, mínimos e as médias aritméticas e ponderadas



**Figure 1** – Mapa da região em estudo mostrando os pontos de coleta das amostras.

**Tabela 2** – Composição das águas pluviais em mg/l. Valores máximos, mínimos, média aritmética, desvio padrão e média ponderada.

	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>
<b>UBATUBA</b>					
Máximo	2,63	0,50	0,39	0,32	5,30
Mínimo	0,27	0	0	0,02	0,31
M. Aritmética	0,97 ± 0,64	0,13 ± 0,12	0,12 ± 0,08	0,11 ± 0,08	1,79 ± 1,21
M. Ponderada	0,80	0,11	0,09	0,10	1,71
<b>SÃO JOSÉ DOS CAMPOS</b>					
Máximo	0,52	2,97	0,98	0,26	2,84
Mínimo	0	0	0	0	0
M. Aritmética	0,11 ± 0,11	0,31 ± 0,52	0,14 ± 0,19	0,05 ± 0,07	0,33 ± 0,46
M. Ponderada	0,09	0,18	0,10	0,03	0,28
<b>CAMPOS DO JORDÃO</b>					
Máximo	0,32	0,53	0,62	0,17	0,80
Mínimo	0	0	0	0	0
M. Aritmética	0,04 ± 0,05	0,08 ± 0,11	0,08 ± 0,11	0,02 ± 0,03	0,10 ± 0,13
M. Ponderada	0,03	0,06	0,05	0,02	0,11

obtidas para os cinco íons nas águas de chuva. Também são apresentados os valores do desvio padrão da amostra, que são elevados devido a larga faixa de variação encontrada nas concentrações. Esta variação é inerente à própria chuva: quanto maior a precipitação mais diluída é a chuva, havendo portanto uma correlação inversa entre a altura pluviométrica e as concentrações iônicas. Por este motivo, pondera-se a concentração obtida em cada amostra com o respectivo volume precipitado e trabalha-se com médias ponderadas que são mais representativas.

A menor concentração de Na<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e Cl<sup>-</sup> nas chuvas de São José dos Campos, deve-se ao afastamento do litoral, já que o oceano é a principal fonte natural injetora desses íons na atmosfera. O decréscimo das concentrações de Na<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e Cl<sup>-</sup> com a distância à costa, está quantificado na Tabela 2, através da média ponderada da concentração desses íons nas diversas estações. Observa-se, no entanto, que o decaimento de Cl<sup>-</sup> e Mg<sup>2+</sup> é menos pronunciado que o do Na<sup>+</sup>. Este fato, a título de especulação, deve estar correlacionado com o tempo de residência de Mg<sup>2+</sup> e Cl<sup>-</sup> na atmosfera, provavelmente maior que o do Na<sup>+</sup>. Por outro lado, excesso de Cl<sup>-</sup> em relação ao Na<sup>+</sup>, tem sido observado em regiões continentais (Delmas & Servant, 1974). É também possível que a forma de emissão de cloro, que se dá em estado sólido, líquido e gasoso (ao contrário dos outros elementos emitidos sob forma essencialmente sólida) seja responsável por tais resultados. A predominância da fonte marinha para o Na<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup> é bastante nítida na Tabela 2.

Na Tabela 3 são dadas as razões iônicas determinadas nas águas de chuva de Ubatuba, tomando-se o sódio como elemento de referência. As mesmas razões para a água do mar são fornecidas para comparação. As razões iônicas foram calculadas individualmente para cada amostra em (mg/l)/(mg/l) e a partir daí foi obtida a média aritmética e o desvio padrão. Esta tabela confirma que a contribuição marinha é preponderante para o Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup> e Mg<sup>2+</sup> nas águas de chuva de Ubatuba. Já o Ca<sup>2+</sup> e K<sup>+</sup>, de origem predominantemente continental, apresentam razões iônicas superiores às observadas nas águas oceânicas.

**Tabela 3** – Razões iônicas em (mg/l)/(mg/l) nas águas pluviais de Ubatuba. Mesmas razões na água do mar (Wilson, 1975) são dadas para comparação.

	Águas de Chuva	Águas Oceânicas
Cl/Na	1,84 ± 0,33	1,77
Ca/Na	0,15 ± 0,10	0,038
K/Na	0,14 ± 0,10	0,036
Mg/Na	0,11 ± 0,03	0,118

É notável o enriquecimento em Ca<sup>2+</sup> (Tabela 2) observado em São José dos Campos. Este enriquecimento em regiões urbanizadas foi observado em outras cidades do país (Ferreira & Moreira-Nordemann, 1984; Moreira-Nordemann et al., 1985). Dois fatores

parecem contribuir para tal enriquecimento: as construções civis, com largo emprego de cimento, e a presença de fábricas de papel. Em Campos do Jordão nota-se um decréscimo de todos os teores iônicos, que possivelmente se deve à menor quantidade de emissão pelas fontes, à maior distância ao oceano e à alta pluviometria local. A quantidade elevada de precipitação leva a uma diminuição das concentrações iônicas nas águas de chuva da região e também atua como eficaz agente de precipitação e "lavagem" da atmosfera.

Na Tabela 4 estão apresentadas a fração marinha e a fração excesso nas águas de chuva, para cada íon e tomando-se o sódio como elemento de referência. Para isto admite-se que: 1) a espécie de referência, no caso do sódio, é 100% de origem marinha; 2) não há fracionamento durante a formação do aerosol; 3) não há tampouco fracionamento durante o transporte atmosférico. A escolha do sódio é justificada porque sabe-se não existir outra fonte deste elemento em Ubatuba além da marinha, e porque a razão Mg/Na é praticamente igual à observada na água do mar (Keene et al., 1986).

**Tabela 4** – Fração marinha e fração excesso dos elementos nos três locais estudados (mg/l) tomando-se o sódio como elemento de referência.

	Fração Marinha	Fração Excesso
UBATUBA		
Ca	0,03	0,08
K <sup>+</sup>	0,03	0,06
Mg <sup>2+</sup>	0,10	0
Cl <sup>-</sup>	1,44	0,27
SÃO JOSÉ DOS CAMPOS		
Ca <sup>2+</sup>	0,004	0,18
K <sup>+</sup>	0,004	0,10
Mg <sup>2+</sup>	0,01	0,02
Cl <sup>-</sup>	0,16	0,12
CAMPOS DO JORDÃO		
Ca <sup>2+</sup>	0,001	0,06
K <sup>+</sup>	0,001	0,05
Mg <sup>2+</sup>	0,004	0,02
Cl <sup>-</sup>	0,05	0,06

O cálculo da fração marinha de um determinado elemento (Keene et al., 1986) é obtido da seguinte forma:

$$C_{FM} = (C_M / Ref_M) * Ref_A$$

onde  $C_M$  é a concentração do elemento na água do mar,  $Ref_M$  é a concentração da espécie de referência na água do mar (equivalente à razão iônica para a espécie nas águas oceânicas) e  $Ref_A$  é a concentração da espécie de referência na amostra de água de chuva.

A fração excesso, da origem não marinha ( $C^*$ ) é calculada (Keene et al., 1986) pela equação:

$$C^* = C_T - C_{FM}$$

onde  $C_T$  é a concentração total na amostra de água de chuva. Utilizando-se as médias ponderadas dos diferentes íons da Tabela 2 gerou-se a Tabela 4. Nesta tabela observa-se que o Cl<sup>-</sup> e o Mg<sup>2+</sup> são essencialmente de origem marinha em Ubatuba, comprovando as hipóteses emitidas anteriormente pois, o excesso de 15% de Cl<sup>-</sup> pode ser considerado dentro das incertezas das medidas. Também observa-se que a fração marinha do Cl<sup>-</sup> é ainda importante no continente (São José dos Campos e Campos do Jordão).

Por outro lado a contribuição marinha para Ca<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup> e Mg<sup>2+</sup> são mínimas no continente, e fica comprovado o alto enriquecimento em Ca<sup>2+</sup> em São José dos Campos.

#### Material particulado

Na Tabela 5 são fornecidos os valores máximos, mínimos, média aritmética e desvio padrão da amostra da concentração total do material particulado atmosférico para os três locais de coleta. Ubatuba, apesar da proximidade do oceano, a maior fonte de aerossóis naturais do planeta, apresenta baixa concentração de material particulado atmosférico em suspensão no ar. O mesmo acontece para Campos do Jordão, podendo ambas serem consideradas regiões naturais. Já em São José dos Campos a interferência humana se faz sentir, e esta região apresenta o dobro de material particulado que as duas outras regiões vizinhas. Este valor não chega a comprometer a qualidade do ar na região, pois é ainda metade daquele estabelecido como padrão de qualidade do ar (80 µg/m<sup>3</sup>).

**Tabela 5** – Concentração do material particulado em µg/m<sup>3</sup>. Valores máximos, mínimos, médios e desvio padrão.

	Máximo	Mínimo	Médio	Desvio Padrão
UBATUBA				
	47,1	11,7	21,2	9,9
SÃO JOSÉ DOS CAMPOS				
	104,1	15,9	40,6	17,9
CAMPOS DO JORDÃO				
	47,2	3,7	17,8	12,9

**Tabela 6** – Composição do material particulado em  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Valores máximos, mínimos, médios e desvio padrão.

	Na	Ca	K	Mg	Cl
<b>UBATUBA</b>					
Máximo	2,49	0,29	1,06	0,32	5,53
Mínimo	0,51	0	0,03	0,06	0,69
Médio	$1,20 \pm 0,55$	$0,10 \pm 0,01$	$0,22 \pm 0,21$	$0,16 \pm 0,07$	$2,25 \pm 1,59$
<b>SÃO JOSÉ DOS CAMPOS</b>					
Máximo	1,01	0,80	1,08	0,13	0,78
Mínimo	0,11	0,02	0,06	0,01	0,09
Médio	$0,48 \pm 0,24$	$0,19 \pm 0,17$	$0,26 \pm 0,21$	$0,06 \pm 0,04$	$0,30 \pm 0,20$
<b>CAMPOS DO JORDÃO</b>					
Máximo	0,38	0,42	0,68	0,14	0,74
Mínimo	0	0,01	0	0	0,02
Médio	$0,10 \pm 0,10$	$0,06 \pm 0,09$	$0,18 \pm 0,16$	$0,02 \pm 0,03$	$0,24 \pm 0,18$

Na Tabela 6 mostram-se as concentrações máxima, mínima e média dos elementos, assim como os desvios padrão nos aerossóis nas três estações de coleta. Novamente observa-se a preponderância marinha para o Cl, Na e Mg, e o respectivo decréscimo de concentração destes elementos com o afastamento da costa. As razões iônicas  $\text{Cl}/\text{Na} = 1,88$  e  $\text{Mg}/\text{Na} = 0,13$ , obtidas dos respectivos valores médios, em Ubatuba corroboram a contribuição totalmente marinha para estes elementos. Para o Ca comprova-se o excessivo enriquecimento, tal como no caso das águas de chuva, em São José dos Campos. E, novamente, as mais baixas concentrações foram obtidas em Campos do Jordão. Os comportamentos dos elementos são pois similares no material particulado e nas águas de chuva.

#### Fluxo úmido e seco

A quantidade do elemento precipitado (via úmida) anualmente por metro quadrado em cada uma das três estações, é dada na Tabela 7, obtendo-se tais valores a partir das médias ponderadas dadas na Tabela 2 e considerando-se a pluviometria média anual (Tabela 1) de cada uma das estações.

Para obtenção dos fluxos secos foram consideradas as médias da Tabela 6, e uma velocidade de deposição dos elementos de 1 cm/seg (Savoie et al., 1987), em São José dos Campos e Campos do Jordão. Para Ubatuba, no entanto, admitiu-se o valor de 2 cm/seg para a velocidade de deposição das partículas, para que fosse considerada a rápida sedimentação do particulado grosso (Delmas & Djouka, 1983) gerado pelo oceano. Sabe-se que a sedimentação de tais partículas na vizinhança do oceano é relativamente rápida. A

velocidade de deposição seca acarreta incertezas, pois é uma função complexa do tamanho da partícula, velocidade do vento, turbulência, tipo de superfície, e de provavelmente outras variáveis. Por esta razão optou-se pelos valores acima mencionados, que já foram utilizados em trabalhos similares.

**Tabela 7** – Fluxo úmido e seco dos elementos ( $\text{mg}/\text{m}^2.\text{ano}$ ) para os três locais de coleta.

Elemento	Fluxo Úmido	Fluxo Seco
<b>UBATUBA</b>		
Na	1.680	758
Ca	231	64
K	189	138
Mg	210	100
Cl	3.591	1.420
<b>SÃO JOSÉ DOS CAMPOS</b>		
Na	99	151
Ca	198	60
K	110	82
Mg	33	19
Cl	308	95
<b>CAMPOS DO JORDÃO</b>		
Na	51	32
Ca	102	19
K	85	57
Mg	34	6
Cl	187	76

Pelos dados da Tabela 7 pode ser observado que a deposição úmida prevalece sobre a deposição seca, em Ubatuba, para todos os elementos. Neste local, a precipitação úmida representa 70% da precipitação total para o K e mais de 80% para os demais elementos. Em Campos do Jordão há ainda predominância da precipitação úmida para todos os elementos, sendo 60% para o Na e K, 70% para o Cl e 85% para o Ca e Mg. Por outro lado, em São José dos Campos estes valores são muito mais variáveis: a deposição úmida representa apenas 40% para Na, mostrando que tal elemento está sendo mais injetado sob forma de particulado na atmosfera. 57% do K e 63% do Mg são depositados por via úmida, e mais de 75% do Ca e Cl. Estes resultados variados demonstraram a pluralidade de fontes, essencialmente não naturais, em São José dos Campos.

## CONCLUSÕES

Os resultados experimentais obtidos para os três locais de coleta evidenciaram o nítido decréscimo de Na, Mg e Cl nas águas de chuva e no material particulado com o afastamento da costa marítima, o que confirma a origem essencialmente marinha deste íons.

As razões iônicas Cl/Na e Mg/Na nas águas de chuva de Ubatuba são praticamente as mesmas das águas oceânicas.

O elemento Ca acha-se enriquecido na atmosfera de São José dos Campos e este enriquecimento não é de origem natural. A contribuição de origem marinha

para o Ca, K e Mg é mínima no continente.

A concentração de material particulado total foi expressivamente maior em São José dos Campos, região que possui apreciável grau de industrialização, intermediária em Ubatuba, que adicionalmente conta com a injeção de aerossóis pelo oceano, e inferior em Campos do Jordão, uma região que ainda pode ser considerada natural. Aparentemente, não se observou influência nítida entre a altura pluviométrica e concentração de íons no particulado, apesar de se verificar existir uma relação de interdependência entre a composição da água de chuva, e a concentração e qualidade do material particulado em suspensão na atmosfera.

O cálculo dos fluxos úmido e seco evidenciou a importância da deposição por via úmida dos elementos na região. Entre 70 e 85% dos elementos são precipitados pelas águas de chuva em Ubatuba, e em Campos do Jordão estes valores situam-se entre 60 e 85% mostrando a predominância da deposição úmida sobre a precipitação seca. Em São José dos Campos tais valores situam-se entre 40 e 75% pondo em evidência a contribuição de fontes de origem não natural na região.

## AGRADECIMENTOS

Os nossos agradecimentos à direção do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo e à direção do Horto Florestal de Campos do Jordão, que gentilmente cederam os locais para que efetuássemos as amostragens de águas pluviais e material particulado, assim como forneceram os dados meteorológicos nas duas estações.

## REFERÊNCIAS

- BROWN, I.F. – 1985 – A binary state approach of elemental fluxes in a subtropical premontane west forest, National Park of Tijuca, Rio de Janeiro, Brazil. Workshop on Biogeochemistry of Tropical Rain Forest: Problems for Research, Piracicaba.
- DELMAS, R. & SERVANT, J. – 1974 – Quelques aspects de l'apport océanique de matière au continent. Influence sur le cycle des éléments dans la biosphere. *J. Rech. Atm.*, **8**: 1983-1977.
- DELMAS, R. & DJOUKA, A. – 1983 – Etude des apports atmosphériques de chlore aux sols en Basse Côte d'Ivoire. *Oleagineux*, **38**: 429-437.
- FERREIRA, C. & MOREIRA-NORDEMANN – 1984 – Ocorrência de íons nas precipitações de Salvador - BA. *Rev. Bras. Geoc.*, **3**: 9-14.
- GALLOWAY, J.N., LIKENS, G.E., KEENE, W.C. & MILLER, J.M. – 1982 – The composition of precipitation in remote areas of the world. *J. Geophys. Res.*, **87**: 8771-8786.
- KEENE, W.C., PZENNY, A.A.P., GALLOWAY, J.N. & HAWLEY, M.E. – 1986 – Sea-salt corrections and interpretation of constituent ratios in Marine precipitation. *J. Geophys. Res.*, **91**: 6647-6658.
- MOREIRA-NORDEMANN, L.M., BERTOLI, L.C.R., CUNHA, R.C.A & PALOMBO, C.R. – 1983 – Análise química preliminar das águas de chuva de Cubatão - Impactos Ambientais. Anais do V Simp. Bras. Hidrol. e Recursos Hídricos, **3**: 339-350.
- MOREIRA-NORDEMANN, L.M., FORTI, M.C., ANDRADE, M.F. & ORSINI, C.Q. – 1985 – Composição iônica das chuvas da cidade de São Paulo. Anais VI Simp. Bras. Hidrol. e Recursos Hídricos, **3**: 419-424.
- MOREIRA-NORDEMANN, L.M., FORTI, M.C. & SETZER, A.W. – 1987 – Chemical composition of rain in the Antarctic Peninsula. In press.
- ORSINI, C.Q., ARTAXO NETTO, P., TABACNIKS, M.H., SOARES, V.L. & GERMANO, T.M. – 1982 – Avaliação preliminar da qualidade do ar de Cubatão. GEPA - Inst. de Física/USP. Relatório final.
- ORSINI, C.Q., TABACNIKS, M.H., ARTAXO, P., ANDRADE, M.F. & KEER, A.S. – 1986 – Characteristics of fine and coarse particle of natural and urban aerosols of Brazil. *Atm. Environ.*, **20**: 2259-2269.
- SAVOIE, D.L., PROSPERO, J.M. & NESS, R.T. – 1987 – Washout ratios of nitrate, non-sea-salt sulfate and sea-salt on Virginia Key, Florida and on American Samoa. *Atm.*

- Environ., **21**: 103-112.
- SILVA FILHO, E.V. – 1985 – Estudos de chuva ácida e entradas atmosféricas de Na, Ca, K, Mg e Cl na bacia do Alto Rio Cachoeira, Parque Nacional da Tijuca, RJ. Dissertação de mestrado, UFF, Rio de Janeiro, 92 pp.
- TAVARES, M.F.M., VIEIRA, B.M. & MOREIRA-NORDEMANN, L.M. – 1983 – Análise química de íons em regiões naturais. Correlações com aerossóis atmosféricos. Anais V Simp. Bras. Hidrol. Recursos Hídricos, **3**: 351-376.
- TRINDADE, H.A., PFIFER, W.C., OLIVEIRA, A.E., LONDRES, H. & RIBEIRO, C.C. – 1981 – Concentrações atmosféricas de totais de partículas em suspensão e metais na cidade do Rio de Janeiro. Ciência e Cultura, **33**: 996-1005.
- VIEIRA, B.M. & TAVARES, M.F.M. – 1982 – Emprego de eletrodo íons seletivo na determinação de  $Cl^-$  aquoso até o nível de  $10^{-6}$  mol/l (0.1 ppm). Quim. Nova, **8**: 148-152.
- WARBURTON, J.A., MOLENAR, J.V., OWENS, M.S. & ANDERSON, A. – 1980 – Heavy metal enrichment in Antarctic precipitation and near surface snow. Pageoph., **118**: 1130-1144.
- WILSON, T.R.S. – 1985 – Salinity and the major element of the sea water. In: Chemical Oceanography, J.R. Riely and G.S. Skirrow (eds.), **1**: 365-413, Academic Press, Orlando, 2nd edition.

Versão original recebida em Ago./87  
Versão final, em Mar./88