ARQUIVO TÉCNICO

8300
D543a(RCET)
032560

CETESB

15322

032560

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL

32·30·015.4

CETESB

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL

DIRETORIA DE ENGENHARIA AMBIENTAL

DEPARTAMENTO DE QUALIDADE AMBIENTAL

DIVISÃO DE QUALIDADE DO AR

SETOR DE AMOSTRAGEM E ANÁLISE DO AR

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA Prof. Dr. Lucas Nogueira Garcez
Av. Prof. Frederico Hermann Junior, 345 - Pinheiros
05489-900 - SÃO PAULO - BRASIL

AVALIAÇÃO DA DEPOSIÇÃO ÚMIDA E MISTA NO MUNICÍPIO DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS

JUNHO/1996

032560
9300
0543a (RCET)
032560

CETESB	FICHA TÉCNICA BIBLIOGRÁFICA

DOCUMENTO

TIPO	DATA	ORIGEM	Nº PÁGINA/V.	Nº MAPAS
RELATÓRIO FINAL	13.06.96	EQQA		

TÍTULO DO DOCUMENTO

AVALIAÇÃO DA DEPOSIÇÃO ÚMIDA MISTA NO MUNICÍPIO DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS

AUTOR RESPONSÁVEL

ASSINATURA / CARIMBO/DATA

Quím. [illegible] A R.S. MARTINS
Gerente do Depto de Amostragem
e Análise do Ar
Reg. [illegible] CRQ [illegible]

AUTORES/ENTIDADES OU UNIDADES A QUE PERTENCEM

SETOR DE AMOSTRAGEM E ANÁLISE DO AR

DOCUMENTO AUTORIZADO POR

ASSINATURA/CARIMBO/DATA

Quím. CLAUDIO DARWIN ALONSO
Gerente do Depto de Qualidade Ambiental
Reg. 01.1333-6 - CRQ 04103322

DOCUMENTO REVISADO

ASSINATURA/CARIMBO/DATA

CLASSIFICAÇÃO DE SEGURANÇA

[X] EXTERNA [ ] INTERNA

[ ] RESERVADA

PALAVRAS CHAVES

Poluição do Ar, Chuva Ácida, São José dos Campos

CÓDIGO E TÍTULO DO PROJETO

DISTRIBUIÇÃO INTERNA

ÁREAS/Nº DE CÓPIAS

E (01) - EQQ (01) - CD (01)

USO DA BIBLIOTECA

CLASSIFICAÇÃO DE ASSUNTO	Nº DOCUMENTO	VISTO/CARIMBO/DATA

A4-00071

1. - INTRODUÇÃO

Chuva ácida é causada pela oxidação de SO_2 e NO_2 na atmosfera formando, respectivamente, ácido sulfúrico e nítrico, assim como outras espécies que se depositam na superfície da terra na forma de chuva (deposição úmida) ou na forma seca (deposição seca). A oxidação gasosa, tanto do SO_2 como do NO_2, é iniciada pela reação com radicais hidroxila[1]

$$SO_2 + OH^{\cdot} \xrightarrow{M} HOSO_2 \longrightarrow H_2SO_4$$

$$OH^{\cdot} + NO_2 \xrightarrow{M} HNO_3$$

Até recentemente era assumido que água "natural" ou limpa deveria ter pH em torno de 5,65 devido a presença de aproximadamente 335 ppm de CO_2 na atmosfera[2], que se dissolve para formar bicarbonato (HCO_3^-) e $CO_3^=$, assim como H^+:

$$CO_2 + H_2O \rightleftarrows CO_2.H_2O$$

$$CO_2.H_2O \rightleftarrows H^+ + HCO_3^-$$

$$HCO_3^- \rightleftarrows H^+ + CO_3^{-2}$$

Entretanto, mesmo atmosferas limpas podem ter uma variedade de espécies que podem tornar o valor de pH diferente do esperado.

Existem emissões naturais substanciais de compostos de nitrogênio e enxofre, porém, no caso do enxofre, as contribuições biogênicas tendem a ser largamente dispersas enquanto emissões antropogênicas (aproximadamente 90% devido a queima de carvão e petróleo) tendem a se concentrar nas áreas urbanas e industriais. Acrescenta-se a isso o fato que nas emissões biogênicas o enxofre é emitido principalmente na forma de H_2S e CH_3SCH_3 que são oxidados na atmosfera através de um grande número de etapas para formar ácido sulfúrico, enquanto que a queima de combustível fóssil emite SO_2 que já é parcialmente oxidado, formando ácido sulfúrico muito mais facilmente[2] Cabe também ressaltar que mesmo chuvas com pH ao redor de 5,6 podem estar fortemente contaminadas por íons. Fontes naturais e industriais como amônia, magnésio e cálcio, podem neutralizar os ácidos produzidos na atmosfera, aumentando o pH.

2. - CONSIDERAÇÕES SOBRE OS TIPOS DE DEPOSIÇÃO

As concentrações de poluentes atmosféricos aumentariam de forma vertiginosa se mecanismos para sua remoção não existissem. Hales[3] (1978) calculou que a concentração anual de dióxido de enxofre cresceria em cerca de 70 $\mu g/m^3$ por ano, em todo o mundo, caso a "limpeza" atmosférica não ocorresse. Dentre os vários mecanismos de remoção situam-se as deposições secas e úmidas.

A deposição seca é causada por difusão turbulenta e sedimentação gravitacional que leva as partículas em suspensão até a superfície da terra. Processos de difusão (turbulenta e laminar) também levam gases à superfície do solo, vegetação, edifícios, etc., onde estes são absorvidos ou adsorvidos. Os gases também podem ser adsorvidos no material particulado atmosférico e serem removidos por processos gravitacionais.

Na deposição úmida, poluentes estão associados a gotículas de água de chuva, neblina e nuvens. Uma vez formada a partícula "gotícula de água/poluente", esta se deposita via processos gravitacionais. Os aerossóis podem atuar como núcleos de condensação de água e, assim, participar da formação de nuvens. Dessa forma, a associação poluente/água ocorre na nuvem (rain-out). Gases e partículas que se encontram abaixo das nuvens podem ser capturados quando ocorre a chuva, devido à solubilização ou coagulação gravitacional (wash-out)[4].

Os diferentes processos de deposição para serem quantificados necessitam de metodologias próprias que muitas vezes não estão disponíveis. Neste trabalho foi possível quantificar a deposição úmida como tal. Como a deposição seca possui dificuldades metodológicas para sua obtenção, optou-se então por coletar amostras de deposição mista, aqui entendida como sendo o total de deposição coletado por um frasco aberto, o que acarretou a coleta tanto de material associado à chuva, como a deposição seca propriamente dita.

3 - CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL

O município de São José dos Campos está localizado no nordeste do Estado de São Paulo a 114 km da cidade de São Paulo, possuindo cerca de 500.000 habitantes e uma área total de 1118 km^2, caracterizando-se pela presença de várias indústrias no município. As principais fontes emissoras de SO_2 e material particulado na região, estão nos quadros abaixo:

QUADRO I - ESTIMATIVA DAS PRINCIPAIS FONTES DE EMISSÃO - SO_2 *

MUNICÍPIO	INDÚSTRIA	SO_2 (kg/mês)
S. J. dos Campos	Petrobrás	690.745,00
S. J. dos Campos	General Motors	111.748,00
S. J. dos Campos	Rhodia	34.245,00
S. J. dos Campos	Kodak	5.867,00
S. J. dos Campos	Johnson	432,00
S. J. dos Campos	Monsanto	154,50
Jacareí	Cebrace	56.250,00
Jacareí	Cebrasp	53.010,00
Jacareí	Votorantim	34.581,00
Jacareí	Kaiser	17.271,00

QUADRO II - ESTIMATIVA DAS PRINCIPAIS FONTES DE EMISSÃO - MP *

MUNICÍPIO	INDÚSTRIA	MP (kg/mês)
S. J. dos Campos	Petrobrás	103.533,00
S. J. dos Campos	General Motors	5.051,00
S. J. dos Campos	Monsanto	4.766,50
S. J. dos Campos	Rhodia	4.506,00
S. J. dos Campos	Johnson	1.689,00
S. J. dos Campos	Kodak	505,00
Jacareí	Votorantim	61.911,00
Jacareí	Cebrace	5.760,00
Jacareí	Cebrasp	4.547,00
Jacareí	Kaiser	1.481,00

(*) Informação fornecida pelo CD - CETESB

4 - OBJETIVO

O objetivo deste estudo foi caracterizar a deposição mista e úmida no município de São José dos Campos, assim como criar uma base de dados destes dois parâmetros no Estado de São Paulo.

5. - METODOLOGIA

5.1 - LOCAL DE AMOSTRAGEM

Foram instalados um coletor de deposição úmida e um coletor de deposição mista no Parque Santos Dumont. A localização da estação pode ser observada na figura 1.

5.2 - MÉTODO DE AMOSTRAGEM

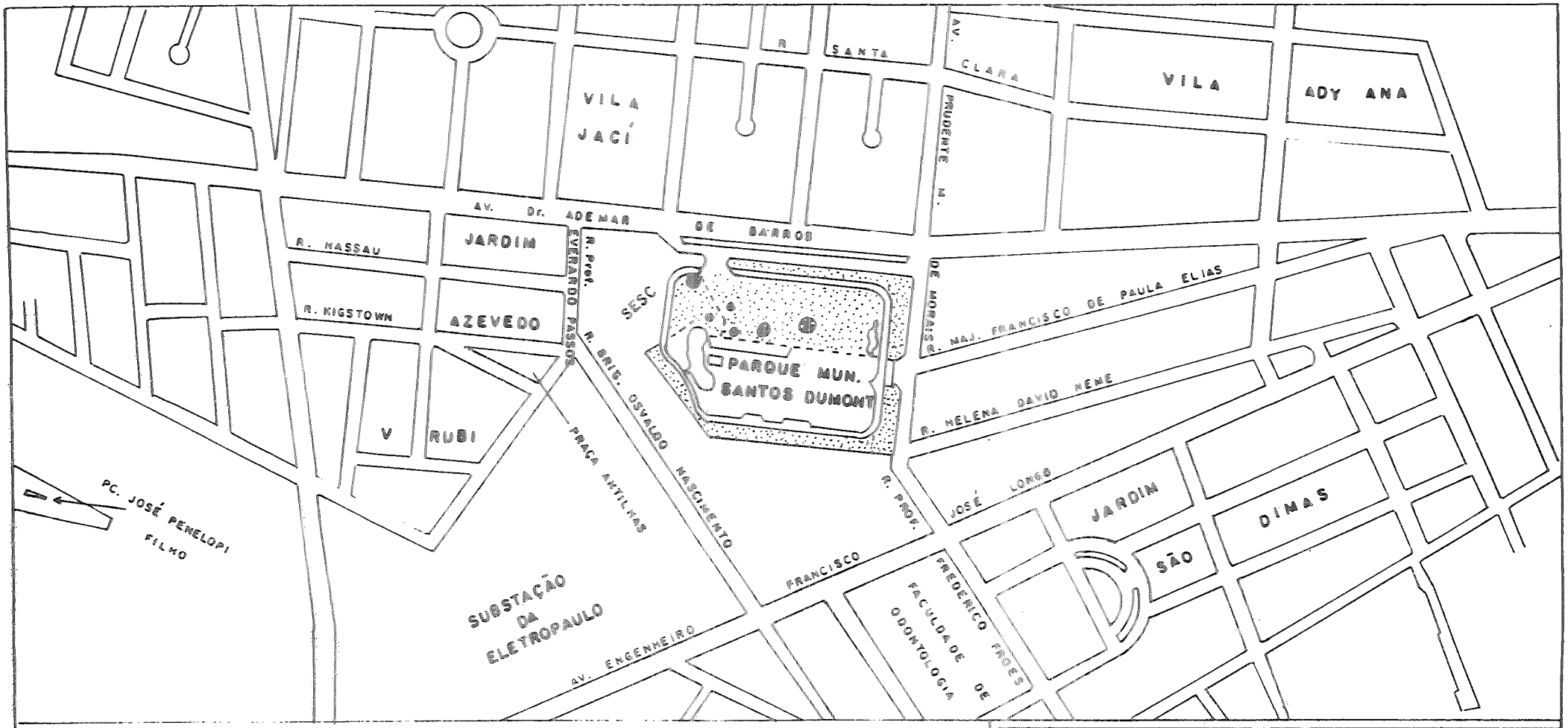
5.2.1 - DEPOSIÇÃO ÚMIDA

Coletada através de um aparelho Eigenbrodt D 2-III Koeniogsmoor UNS 130, dotado de um dispositivo elétrico que abre a tampa do coletor apenas durante o evento de chuva. Possui um recipiente com capacidade de 10 litros e um funil com área de coleta de 503 cm^2.

5.2.2 - DEPOSIÇÃO MISTA

Coletada utilizando-se um balde de polietileno com área de 330 cm^2 e volume de 6 litros. A cada frasco foram adicionados 700 ml de água para evitar que a poeira que se sedimentava fosse ressuspensa pelo vento.

5.3 - PERÍODO E DURAÇÃO DA AMOSTRAGEM



LEGENDA

● PONTO DE AMOSTRAGEM

CETESB-Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

FIG. 01 Localização da estação de amostragem no município de S. José dos Campos - Est. de S. Paulo -

CETESB

DESENHO
Marisa Cury

5.3.1 - DEPOSIÇÃO ÚMIDA
As amostras foram coletadas de maio de 1993 a julho de 1994 por períodos integrados e seqüenciais de 6 dias.

5.3.2 - DEPOSIÇÃO MISTA
As amostras foram coletadas de maio de 1993 a julho de 1994 por períodos integrados e seqüenciais de 6 dias.

6. - MÉTODO DE ANÁLISE

Todas as amostras tiveram o volume, o pH e a condutividade determinados. Os ânions F^-, CL^-, NO_3^- e $SO4^{--}$ nas suas formas solúveis foram determinados por cromatografia iônica usando-se um cromatógrafo Dionex 2010i com detector de condutividade. A coluna utilizada foi HPIC AS3, o eluente 0,0028M $NaHCO_3$/0,0022M Na_2CO_3 e o volume de injeção 200 µl. Foi retirada uma alíquota de 20 ml de cada amostra e adicionados 2,2 ml de uma solução com concentração 10 vezes maior que a do eluente para que o teor final de HCO_3^-/CO_3^{--} fosse o mesmo do eluente. Todas as amostras foram filtradas em membrana Millipore 0,22µm previamente lavadas. As soluções padrão, para calibração, também possuíam teores de HCO_3^-/CO_3^{--} iguais aos do eluente. Os resultados do cromatograma foram quantificados por um integrador Intralab 4290.

O cálcio e magnésio foram analisados por espectrofotometria de absorção atômica, o sódio e potássio por espectroscopia de emissão de chama e o ferro e amônio foram analisados por espectroscopia UV/Visível.

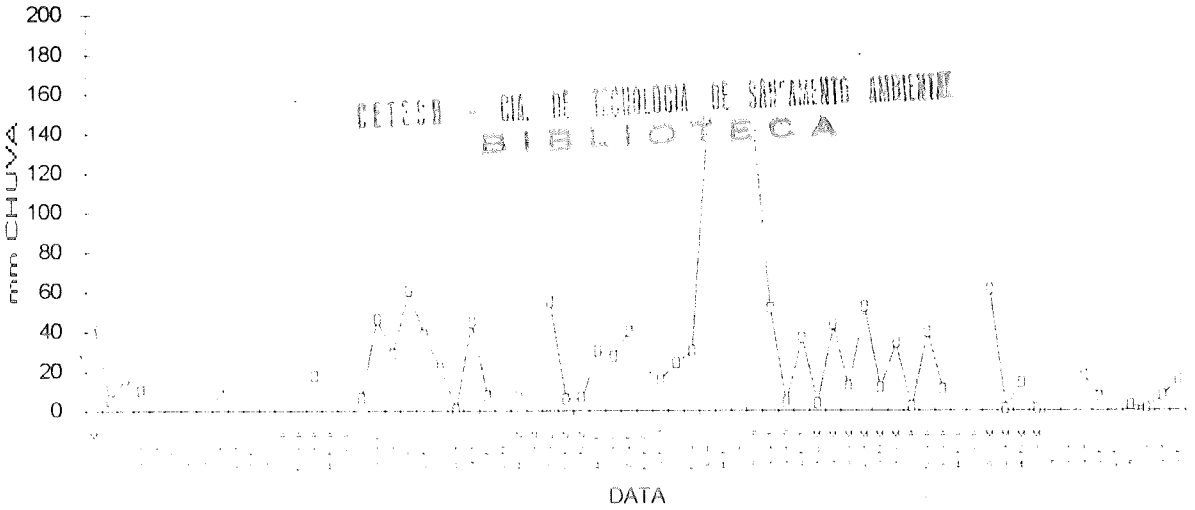
7. - RESULTADOS E CONCLUSÕES

7.1 - DEPOSIÇÃO ÚMIDA

7.1.1 PRECIPITAÇÃO
As médias de cada seis dias de precipitação são apresentadas na figura 2. Observa-se a ocorrência de um maior índice de precipitação nos meses de verão do que nos meses de inverno, de acordo com o regime de chuvas típicas do Estado de São Paulo. A precipitação total durante o período (14 meses) foi de 1327 mm, o que está de acordo com dados da região que são de 1100 mm de chuva por ano (1961/1970)[5].

As datas deste gráfico, assim como de outros do relatório, são as datas de início de cada amostragem, sendo que a primeira letra indica o mês e os outros dois dígitos os dias.

FIGURA 2 - PRECIPITAÇÃO ÚMIDA



CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA

7.1.2 - pH

Os valores de pH são apresentados na figura 3.A média de pH observada foi de 5,36 e a mediana de 5,12 o que caracteriza a existência de chuvas levemente ácidas na região. A distribuição de pH (Figura 4), apresenta um valor central definido em torno de 5,0. Foram também observados valores de pH com um máximo de 6,90 e um mínimo de 4,30. O valor de 6,90 já pode ser considerado alcalino para água de chuva e deve ter ocorrido devido à presença de espécies, tais como: NH_4^+, Ca^{++}, etc...

FIGURA 3 - VALORES DE pH

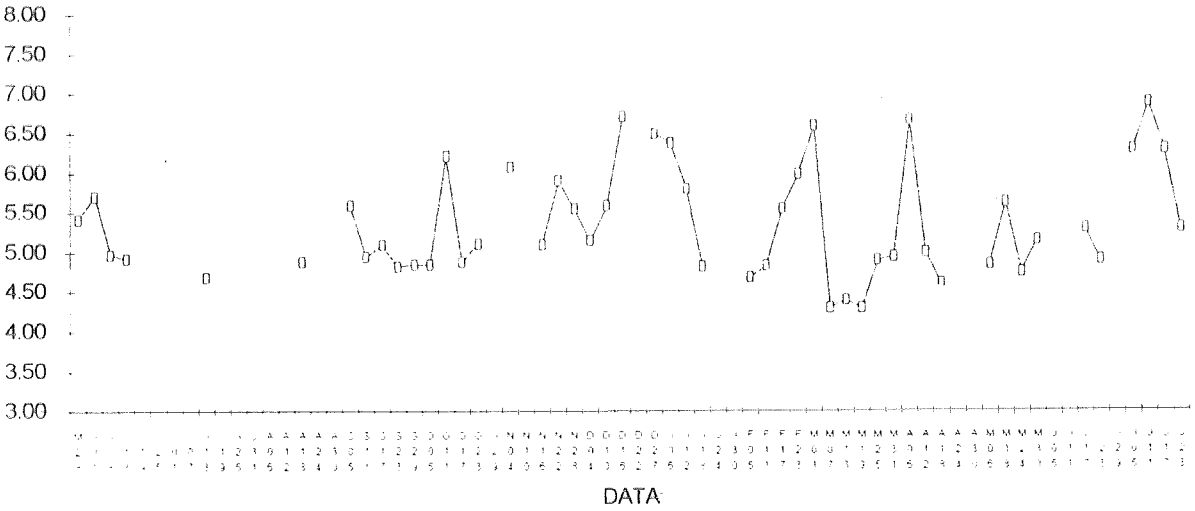
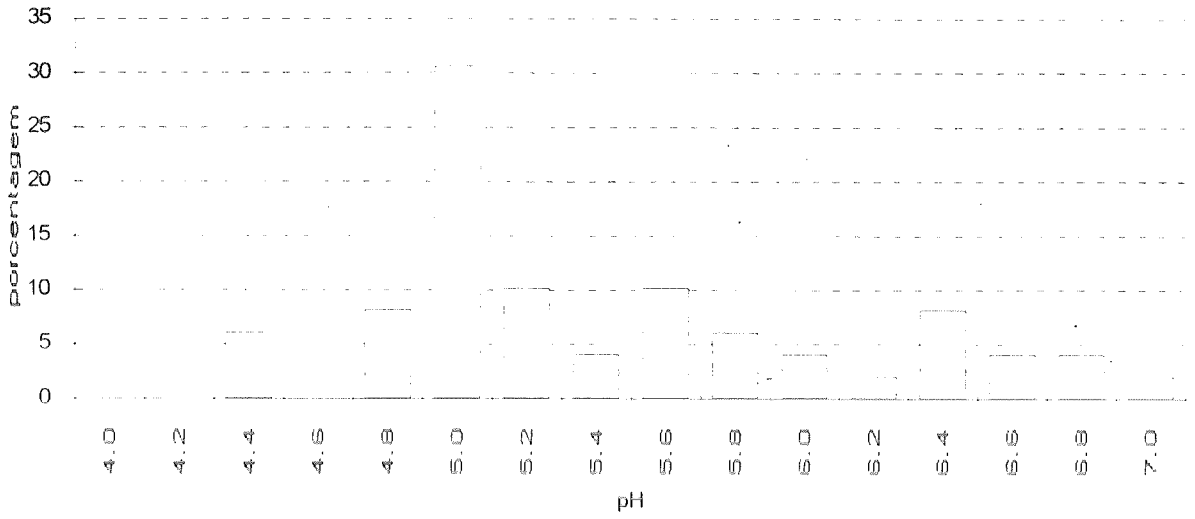


FIGURA 4 - pH (DISTRIBUIÇÃO)



No Quadro III são apresentados os valores de pH de deposição úmida encontrados em outros locais do Estado de São Paulo.

QUADRO III - VALORES DE pH ENCONTRADOS EM OUTROS LOCAIS[6,7,8]

LOCAL	DATA	MÉDIA	MEDIANA
V.MOGI (CUBATÃO)	1990/1992	5,98	5,96
PARANAPIACABA	1990/1992	5,18	5,03
V.PILÕES (CUBATÃO)	1990/1992	4,98	4,96
SÃO PAULO (USP)	1988/1990	4,50	-
SÃO PAULO (PINHEIROS)	1983/1985	5,30	-
SÃO PAULO (IBIRAPUERA)	1992/1993	5,12	4,87
PAULÍNIA	1993/1994	5,04	4,96
SÃO JOSÉ	1993/1994	5,36	5,12

Valores médios encontrados na cidade de São Paulo estão na faixa de 4,5 a 5,30. Na região de Cubatão as médias estão na faixa de 4,98 a 5,98.

A chuva em São José dos Campos apresenta uma leve acidez, sendo que os pHs observados estão próximos aos encontrados em outras áreas do Estado de São Paulo.

A média aritmética não é a melhor forma possível de caracterização dos valores médios de pH, uma vez que a variação de volume das amostras não é considerada. Uma melhor representação é feita pela média ponderada pelo volume, sendo :

$$MPV = - \log \left(\frac{[H^+]_1 V_1 + [H^+]_2 V_2 + \ldots + [H^+]_n V_n}{(V_1 + V_2 + \ldots + V_n)} \right)$$

Onde:
$[H^+]$ = Concentração de H^+ (mol/l)
$V_1, V_2 \ldots V_n$ = volume de chuva

No caso da chuva de São José dos Campos, a MPV foi de = 4,85 sendo, portanto, inferior a média observada. Este valor foi igual ao encontrado em Paulínia (4,8) e caracteriza uma leve acidez da chuva.

7.1.3 - CONDUTIVIDADE

A condutividade é um bom indicador da contaminação da água de chuva por espécies iônicas apesar das altas condutâncias de H^+ mascararem os resultados. A média da condutividade foi 15µS/cm e a mediana de 13 µS/cm. A figura 5 apresenta os valores de condutividade, podendo-se observar que o valor máximo foi de 50 µS/cm e o mínimo de 6 µS/cm.

Na figura 6 são apresentados os valores de concentração de [H+] x condutividade. Observa-se que existe correlação entre pH e condutividade ($R^2 \sim 0,4$), o que indica que devem haver outras espécies importantes além de H^+ para a determinação da contaminação da chuva.

FIGURA 5 - CONDUTIVIDADE

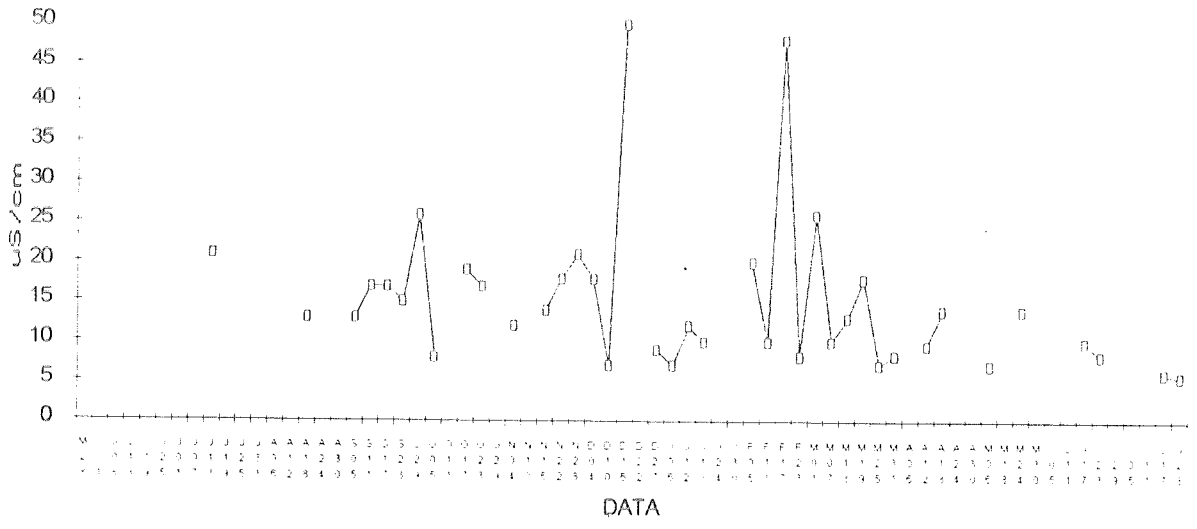
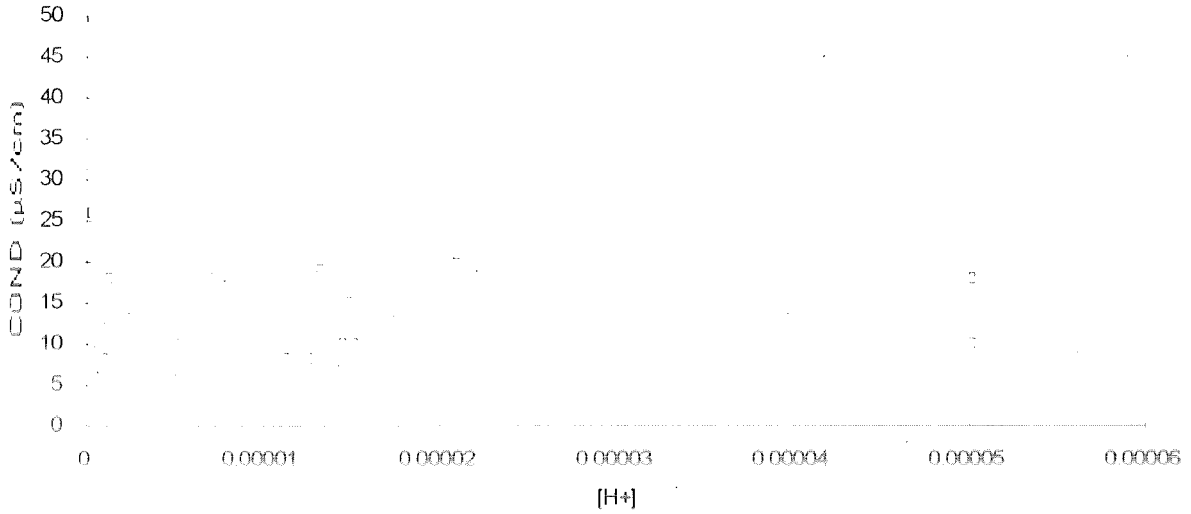


FIGURA 6 - CONCENTRAÇÃO DE H^+ x CONDUTIVIDADE



Apenas para comparação no Quadro IV são apresentados os resultados obtidos em estudo similar realizado no município de Paulínia, no mesmo período.

QUADRO IV - VALORES MÉDIOS, MEDIANAS, MÁXIMOS, MÍNIMOS E DE CONDUTIVIDADE

LOCAL	MÉDIA (µS/cm)	MEDIANA(µS/cm)	MÁXIMA(µS/cm)	MÍNIMA(µS/cm)
PAULÍNIA	15	14	40	3
SÃO JOSÉ	15	13	50	6

Observa-se que os resultados das duas localidades são muito parecidos, o que indica um nível médio de contaminação similar nos dois locais.

7.1.4 - CÁTIONS

No quadro V são apresentados os resultados obtidos dos cátions medidos. Para efeito de comparação também são apresentados os resultados obtidos no município de Paulínia. Cabe ressaltar que para efeito do cálculo das médias e medianas, quando os valores estavam abaixo do limite de detecção foi utilizado metade deste valor.

QUADRO V - VALORES MÉDIOS, MÁXIMOS E MEDIANAS DOS CÁTIONS (mg/l)[8]

	SÃO JOSÉ DOS CAMPOS			PAULÍNIA		
CÁTIONS	MÉDIA	MEDIANA	MÁXIMA	MÉDIA	MEDIANA	MÁXIMA
Ca^{++}	0,54	0,32	3,60	0,30	0,13	3,20
Fe*	0,14	0,07	0,75	0,11	0,04	0,62
Mg^{++}	0,07	0,03	0,70	0,04	0,0025	0,25
NH_4^+	0,65	0,39	9,00	0,94	0,49	11,83
K^+	0,66	0,20	8,70	0,15	0,10	0,80
Na^+	1,05	0,20	17,40	0,21	0,20	0,60

(*) Ferro total.

As maiores concentrações observadas são as de Na^+ (média=1,05 mg/l) seguidas pelas de K^+, NH_4^+, cujas médias foram 0,66 mg/l e 0,65 mg/l respectivamente. Observa-se que as concentrações de cátions encontradas nos dois municípios são da mesma ordem de grandeza, com exceção dos valores obtidos para K^+, Ca^{++} e Na^+, que foram superiores em São José dos Campos.

Outro trabalho realizado no município de São José de 1981 a1983, no Campus do Instituto de Pesquisas Espaciais[5] apresentou os seguintes valores médios para os cátions: Na^+ - 0,11 mg/l, Ca^{++} - 0,31 mg/l, K^+ - 0,14 mg/l e Mg^{++} - 0,05 mg/l. Em que pese os locais não serem os mesmos, não foi observado aumento significativo da contaminação da água de chuva por cátions, quando se comparam os dados de 1981-1983 e as medianas de 1993-1994.

Nas figuras de 7 a 12 são apresentados os resultados das concentrações dos diversos cátions medidos durante o período amostrado.

FIGURA 7 - CONCENTRAÇÕES DE CÁLCIO

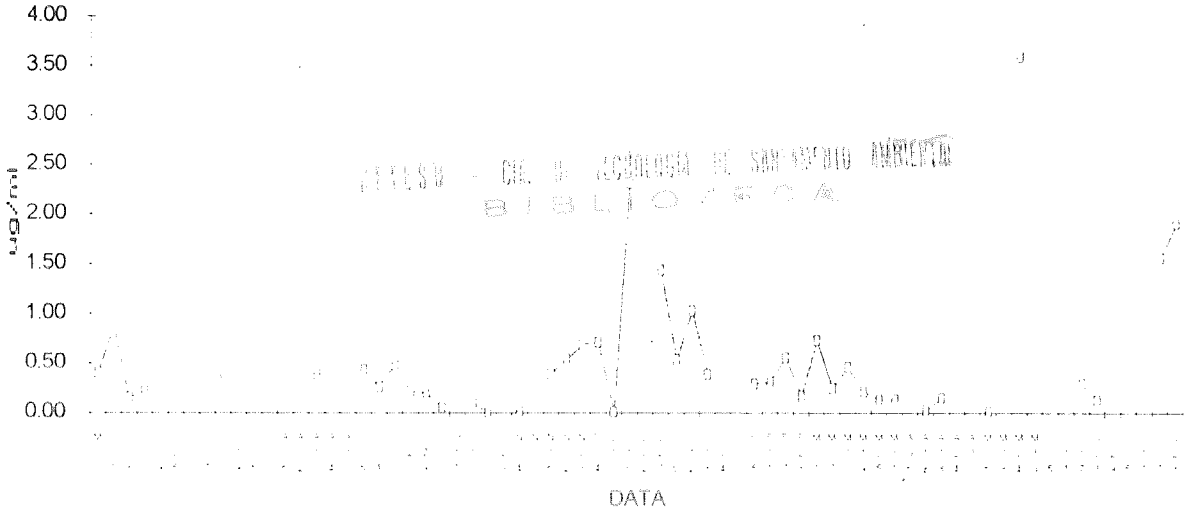


FIGURA 8 - CONCENTRAÇÕES DE FERRO

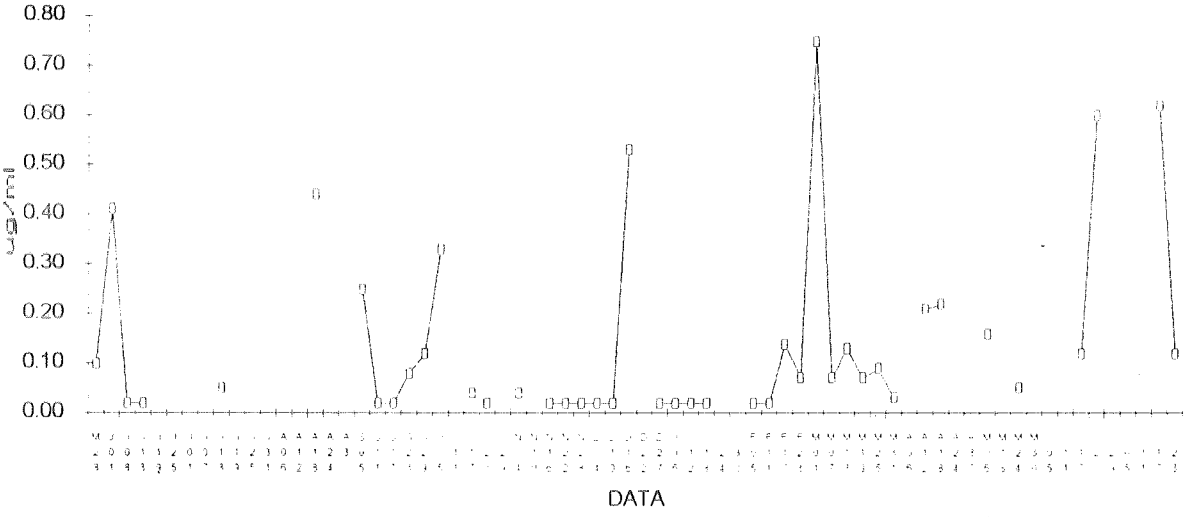


FIGURA 9 - CONCENTRAÇÃO DE MAGNÉSIO

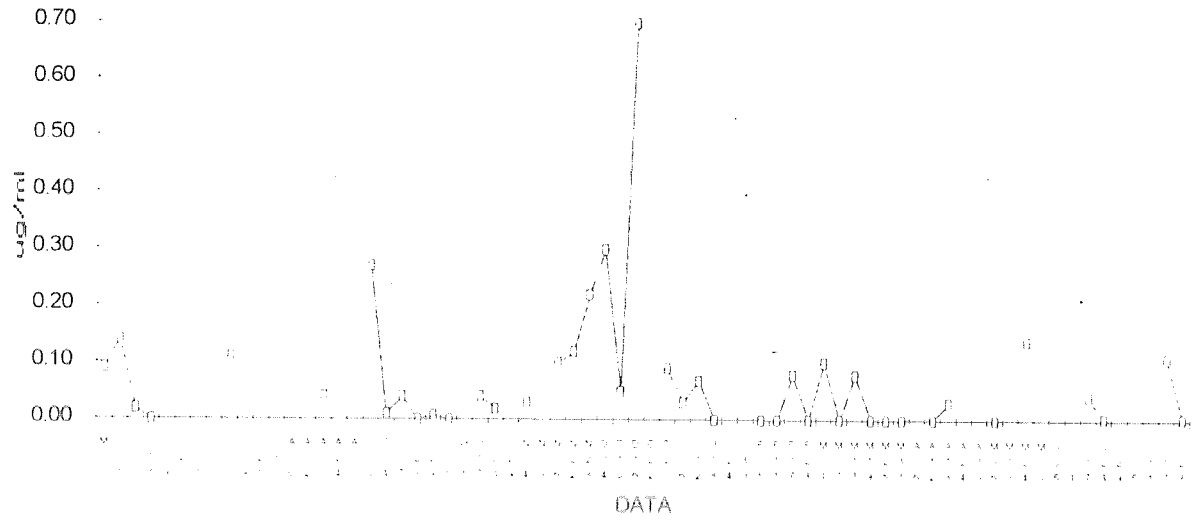


FIGURA 10 - CONCENTRAÇÕES DE AMÔNIO

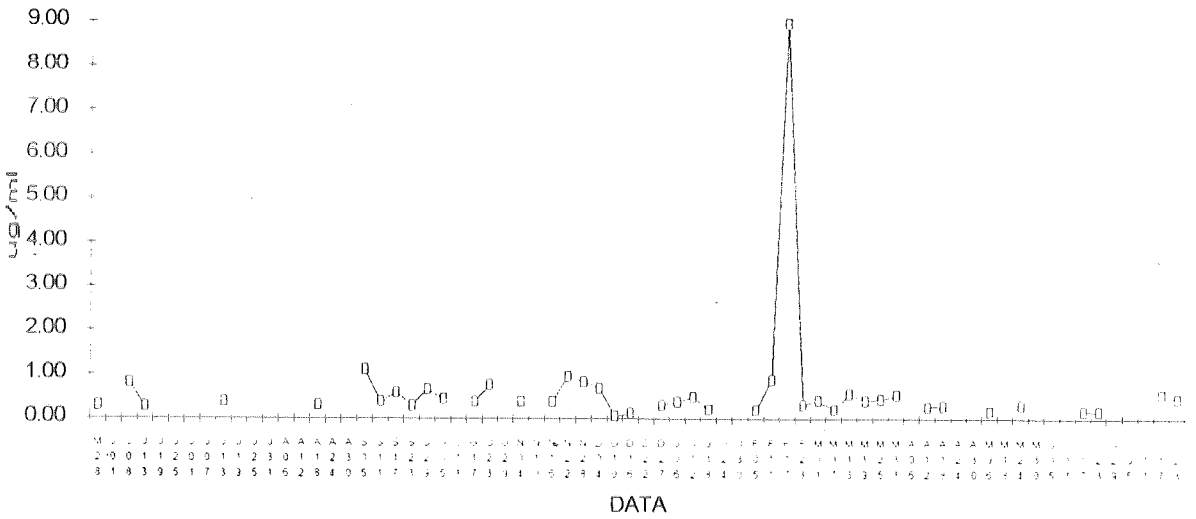


FIGURA 11 - CONCENTRAÇÕES DE POTÁSSIO

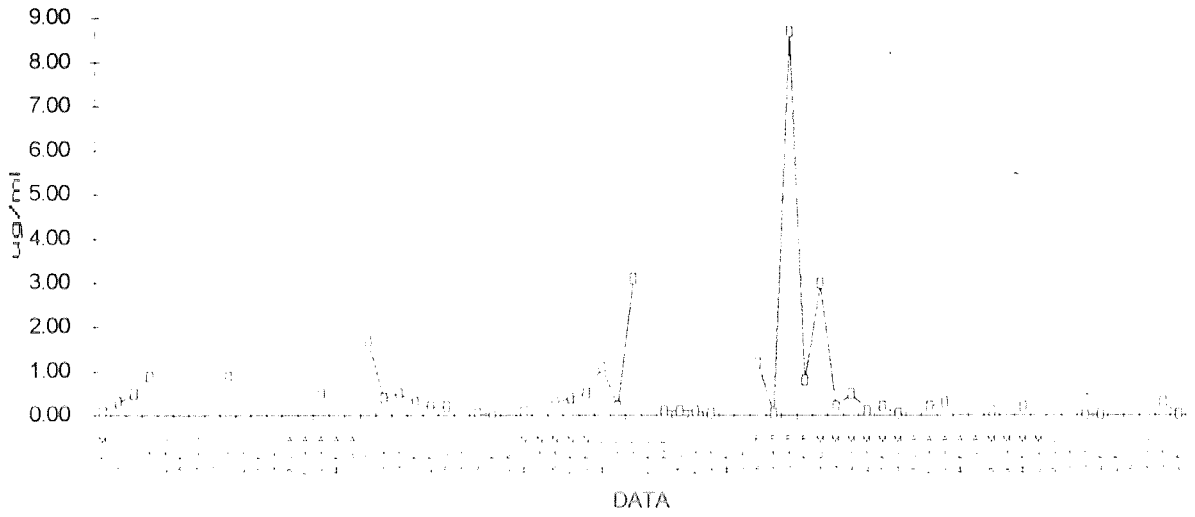
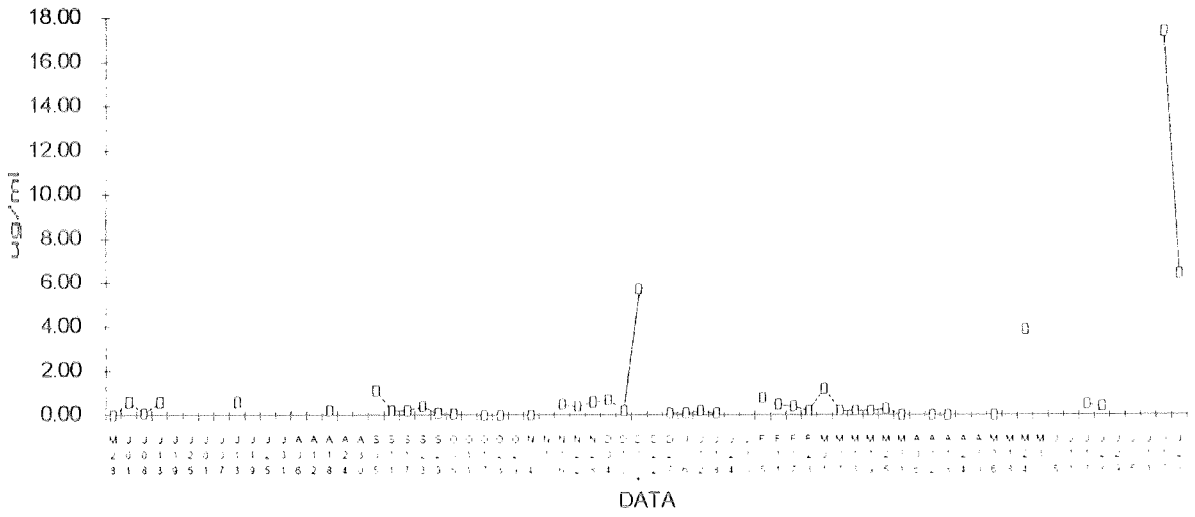


FIGURA 12 - CONCENTRAÇÕES DE SÓDIO



7.1.5 - ÂNIONS

A determinação de espécies aniônicas é muito importante para uma melhor análise da contaminação da água de chuva, porque estas podem ser provenientes de ácidos, principalmente o NO_3^- e SO_4^{2-} que indicam a presença do ácido nítrico e sulfúrico, respectivamente.

No quadro VI á apresentado um resumo dos dados encontrados.

QUADRO VI - VALORES MÉDIOS, MEDIANAS E MÁXIMO DOS ÂNIONS (mg/l)[8]

	SÃO JOSÉ DOS CAMPOS			PAULÍNIA		
ÂNIONS	MÉDIA	MEDIANA	MÁXIMA	MÉDIA	MEDIANA	MÁXIMA
Cl^-	0,73	0,15	8,42	0,53	0,15	4,20
$NO3^-$	1,24	0,90	6,15	1,34	1,00	6,10
$SO4^{--}$	1,74	1,55	5,24	3,40	1,63	33,59

Os resultados de fluoretos não foram apresentados porque a maioria dos valores estava abaixo do limite de detecção. Pelo quadro acima observa-se para cloreto e nitrato valores da mesma ordem de grandeza, sendo as concentrações de sulfato bem maiores em Paulínia, quando se comparam as médias e as máximas.

Nas figuras de 13 a 16 são apresentados os resultados das concentrações obtidas para os ânions.

FIGURA 13 - CONCENTRAÇÕES DE CLORETO

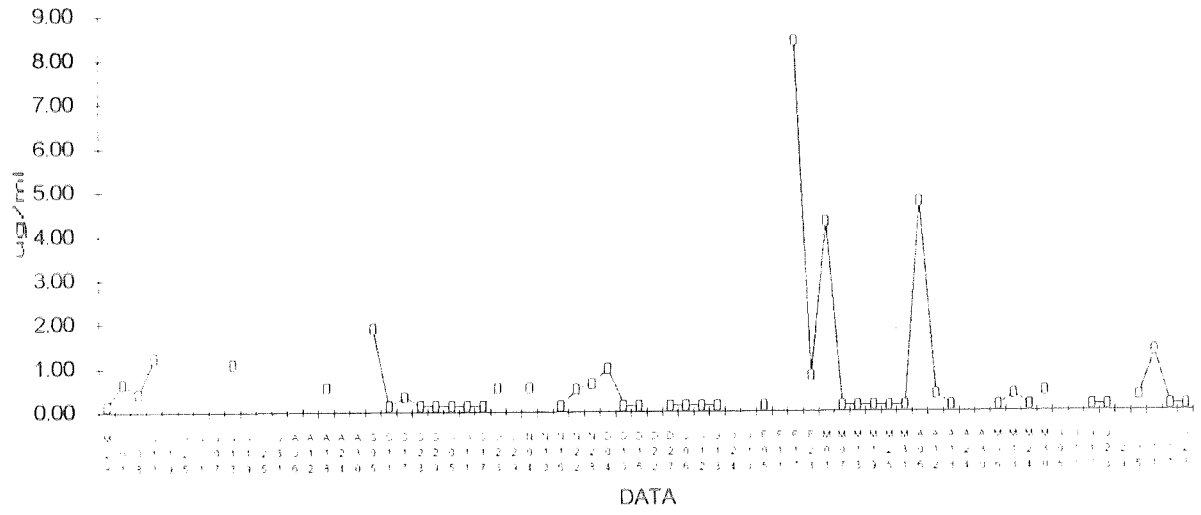


FIGURA 14 - CONCENTRAÇÕES DE NITRATO

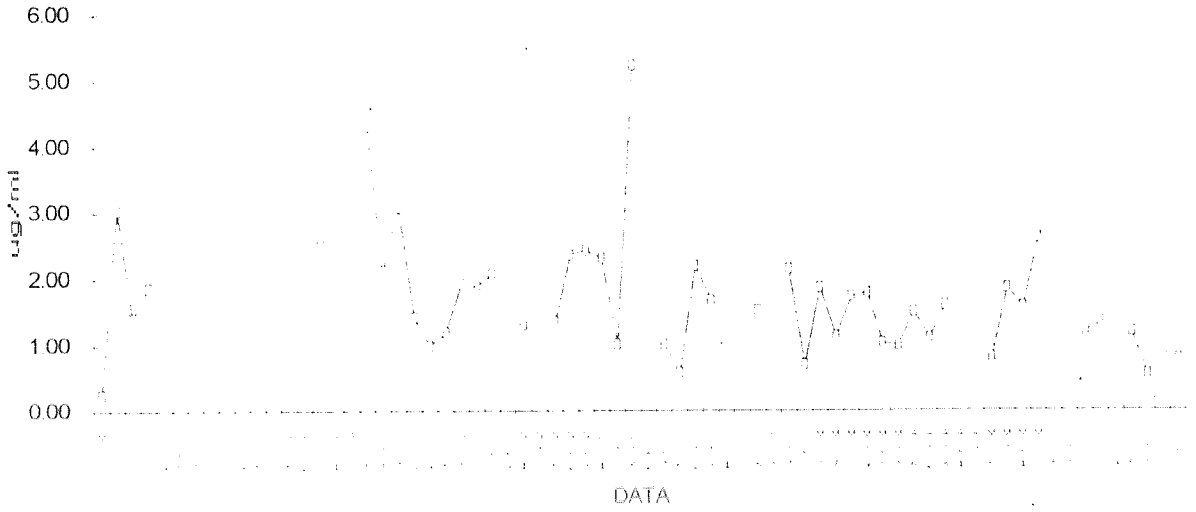
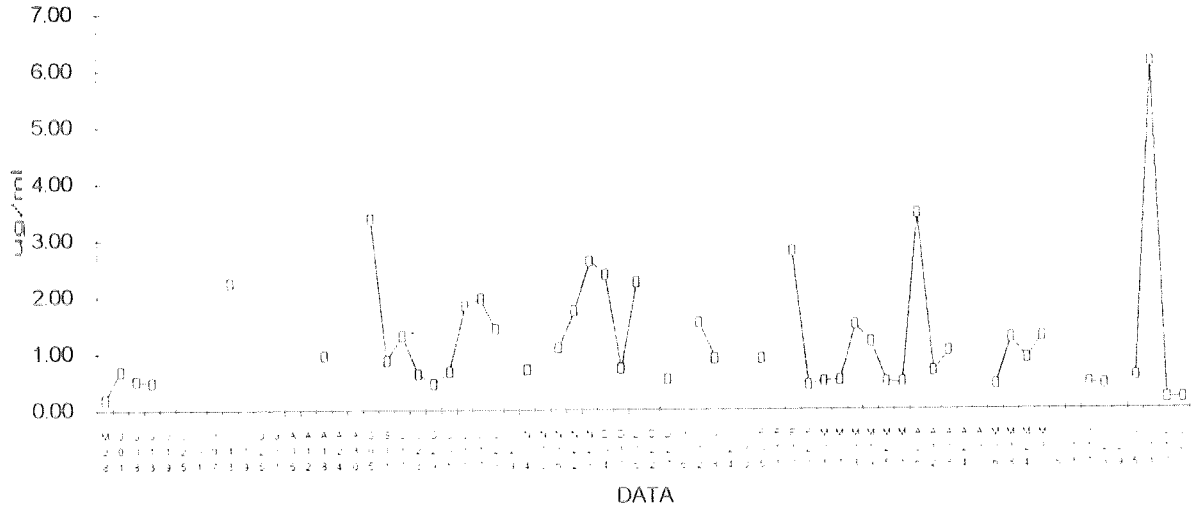


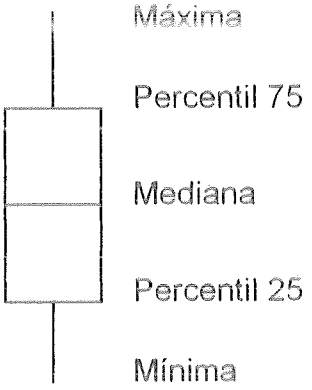
FIGURA 15 - CONCENTRAÇÕES DE SULFATOS



8 - DEPOSIÇÃO MISTA

Dados de concentração se referem às medidas obtidas diretamente (mg/l), enquanto que os fluxos foram obtidos multiplicando-se a concentração pelo volume e dividindo-se pela área de coleta ($mg/m^2/6$ dias). Desta forma, normalizam-se os dados em função do volume de precipitação. O fluxo representa de forma mais adequada o grau de exposição das diferentes superfícies (solo, vegetação, etc.). Portanto, os dados obtidos tanto de precipitação como de deposição mista, serão assim representados. Mesmo porque não faz sentido falar de concentrações (mg/l) no caso da deposição mista, uma vez que o coletor é colocado em campo já com volume inicial de água e parte dela é evaporada durante a exposição.

Os gráficos (Box and Whiskers)[9] foram construídos de modo que os valores máximos e mínimos são representados por " - " .Os percentis 25 e 75 são representados pela borda do retângulo e a mediana pela linha no centro do retângulo, como exemplo seguinte:



Este tipo de apresentação proporciona um resumo estatístico dos dados e é interessante para se observar assimetrias nas distribuições, sendo também particularmente útil para a comparação de duas ou mais distribuições.

Nas figuras 16 e 17 são apresentados os dados de deposição mista e úmida, expressos em termos de fluxo ($mg/m^2/6$ dias) para cátions e ânions. Para valores de concentração abaixo do limite de detecção os fluxos foram calculados usando-se metade deste limite.

FIGURA 16 - FLUXOS DE DEPOSIÇÃO MISTA E ÚMIDA (CÁTIONS)

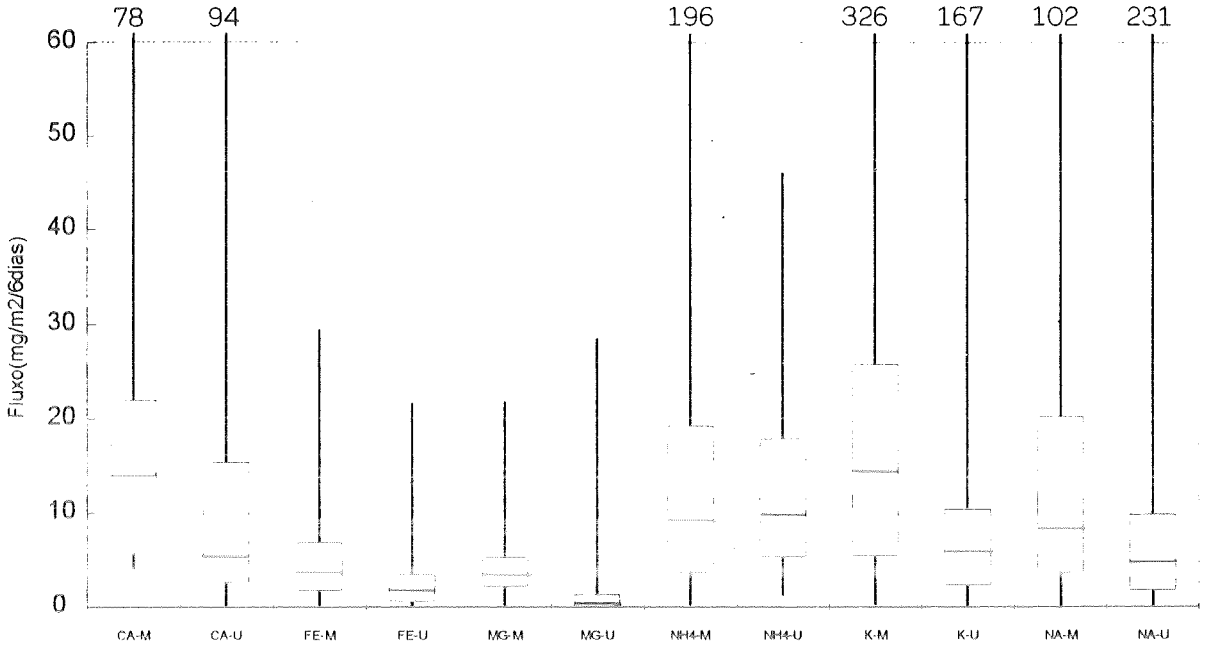
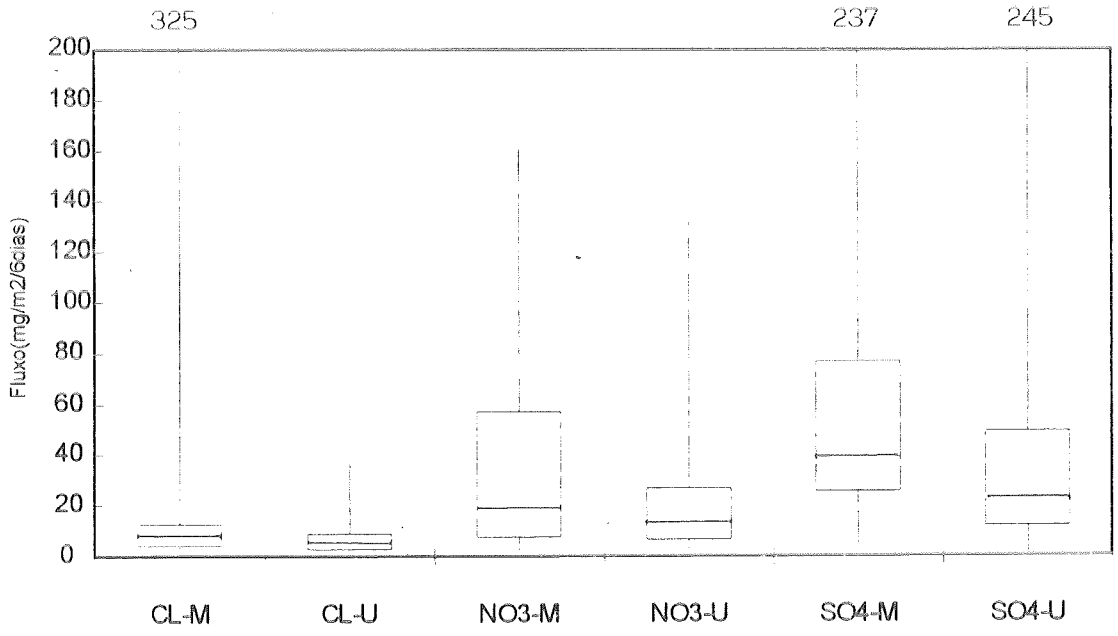


FIGURA 17 - FLUXOS DE DEPOSIÇÃO MISTA E ÚMIDA (ÂNIONS)



CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA

No quadro VII são apresentados os resultados de fluxos de deposição mista e úmida obtidos em São José dos Campos e em Paulínia.

QUADRO VII - MEDIANAS DOS FLUXOS DE DEPOSIÇÃO MISTA E ÚMIDA (mg/m²/6 dias)

ÏONS	São José dos Campos (CETESB)			São José dos Campos (5)	Paulínia (CETESB)	
	Dep. Mista	Dep.Úmida	Relação mista/úmida	Dep.Úmida	Dep. Mista	Dep. Úmida
Ca^{++}	14,4	5,6	2,6	3,3	11,8	3,1
Fe*	3,9	1,6	2,4		7,1	0,9
Mg^{++}	3,3	0,4	8,3	0,5	2,6	0,1
NH_4^+	9,2	9,6	0,9		30,9	14,4
K^+	14,2	5,6	2,5	1,8	10,3	2,7
Na^+	8,3	4,8	1,7	1,6	9,4	3,6
Cl^-	7,4	5,5	1,3	5,1	8,5	4,0
NO_3^-	19,8	15,1	1,3		25,9	11,1
$SO_4^=$	41,2	22,1	1,9		113,0	41,0

* Ferro total.

Observa-se que os maiores valores encontrados na deposição mista são os de sulfatos (41,2 mg/m²/6 dias) seguidos pelos nitratos (19,8 mg/m²/6 dias). Os cátions na deposição mista apresentam valores menores que os ânions, sendo o maior valor o do cálcio(14,4 mg/m²/6 dias), seguido pelo potássio (14,2 mg/m²/6 dias). Quanto a deposição úmida observa-se novamente que os ânions sulfato e nitrato são os que apresentam maior fluxo de deposição

Quando se compara os valores de deposição úmida obtidos neste estudo, com o estudo realizado em 1981-1983[5], observa-se que os fluxos de cloreto e magnésio são praticamente iguais nos dois períodos amostrados. Os teores de cálcio são da mesma ordem de grandeza, já os fluxos de potássio e sódio apresentaram valores bem mais altos do que os observados em 1981-1983, em que pese o local dos dois estudos não ter sido o mesmo.

Com relação à deposição úmida, quando são comparados os dados de Paulínia e São José dos Campos, observa-se que os fluxos de deposição dos cátions com exceção de NH_4^+ são maiores em São José do que em Paulínia. Quanto aos ânions destacam-se os fluxos de $SO_4^=$ em Paulínia que são quase o dobro dos observados em São José dos Campos.

Na deposição mista os fluxos são aproximadamente da mesma ordem de grandeza para todos os íons, destacando-se o amônio que é bem menor em São José, assim como os fluxos de sulfato que são cerca de um terço dos observados em Paulínia. Não se levando em conta fatores meteorológicos característicos mas apenas comparando-se a estimativa de emissão de SO2 (Paulínia = 20.000

tonelada/ano e São José = 10.000 tonelada/ano), pode-se explicar, pelo menos em parte, a razão de serem observados fluxos maiores em Paulínia quando comparados aos de São José.

A relação de fluxo de deposição mista/deposição úmida para a maioria dos íons medidos é da ordem de 2. O que indica que a deposição seca é praticamente da mesma ordem de grandeza da deposição úmida, não podendo ser portanto desprezada como fonte de deposição de material nos solos e águas. A deposição úmida representa cerca de 50% da deposição mista, indicando que só 50% dos íons são precipitados pela chuva. As porcentagens de deposição úmida em relação a mista é bastante variável em São José dos Campos (12% para o magnésio e 76% para o nitrato), indicando a existência de fontes não naturais na região.

Os valores de amônio da deposição úmida (9,6 $mg/m^2/6$ dias), foram levemente superiores ao da deposição mista (9,2 $mg/m^2/6$ dias), o que não está em desacordo com as incertezas do método e indica que, neste caso, a deposição seca não possui papel importante.

9 - CONCLUSÕES

Pode-se concluir que a chuva em São José dos Campos apresenta uma leve acidez, sendo que os pHs observados estão próximos aos encontrados em outras áreas do Estado de São Paulo.

As contaminações devidas a cátions e ânions não foram altas, sendo que entre cátions destacam-se o cálcio, o potássio e o amônio, e nos ânions o sulfato, que apresenta as maiores concentrações dentre todos os íons.

Os fluxos de deposição mista foram bastante superiores aos de deposição úmida, indicando que neste caso a deposição seca é bastante importante.

Deve-se destacar a importância deste estudo que cria uma base fundamentada de dados de deposição mista e úmida. Esta base é fundamental para que se possa futuramente avaliar a evolução da acidez e contaminação das deposições mistas e úmidas no Estado de São Paulo.

10 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1 - FORNARO, Adalgiza. **Chuva Ácida em São Paulo - Caracterização Química de Amostras Integradas e Seqüenciais de Deposição Úmida**. São Paulo, 1991. [Tese de Mestrado].

2 - FYNLAYSON-PITTS, Barbara & PITTS, James N. Jr. **Atmospheric Chemistry: Fundamentals and Experimental Techniques**. EUA. John Wileys & Sons, 1986. 1098 p.

3 - MÉSZÁROS, Ernö. **Atmospheric Chemistry Fundamental Aspects**. Budapeste. Elsevier Scientific Publishing Company, 1981. 201 p.

4 - ALONSO, Claudio Darwin et alii. **Chuvas Ácidas em Cubatão - Caracterização das Deposições Úmidas e Mistas**. São Paulo, 1993. 17º Congresso da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental.

5 - VIEIRA, B. M. et alli. **Na, Ca, K, Mg e Cl Atmosféricos na Região Leste do Estado de São Paulo**. Revista Brasileira de Geofisica, vol. 6 (1), 17-23, 1988.

6 - CETESB. **Germany/Brazilian Project - Air Pollution and Vegetation Damage in the Tropics - The Serra do Mar as an Example - Chemistry Module 1993 - Summary Report by CETESB's GROUP.** 1994.

7 - MARTINS, Maria Helena R. B. et alli. **Contaminação da Chuva em São Paulo**. São Paulo, 1993. 7° Encontro Nacional de Química Analítica.

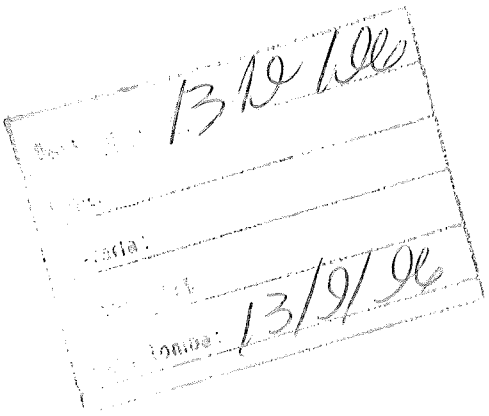
8 - CETESB. **Avaliação da Deposição Úmida e Mista em Paulínia**. São Paulo, 1994.

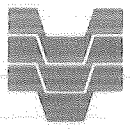
9 - MOORE, David S. **Statistics - Concepts and Controversies**. New York. WH. Freeman and Company, 1985. 350 p.

10 - EQUIPE DE TRABALHO

Antonio José Dias - CDCT
Carlos Roberto Sachi - EQQA
Hilton Barbosa - EQQA
Jesuino Romano - EQQ
Luis Antonio Sclaps - CDLT
Maria Cristina N. de Oliveira - EQQA
Nelson Álamo Filho - EQQA
Nelson Fernandes dos Santos - CDCT
Viviane Ap. O. Ferreira - EQQA

Relatório elaborado por Maria Helena R. B. Martins


13/9/96
13/9/96



CETESB
Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
Av. Prof. Frederico Hermann Jr., 345 - Pinheiros
Fone: (011)210-1100 - Fax: (011)813-0227
Telex: 1183053 - CETS - BR – CEP 05489-900
São Paulo - SP – Brasil