

ENTRADAS ATMOSFÉRICAS-RELAÇÕES DE FUNCIONALIDADE ENTRE A PRECIPITAÇÃO E A COMPOSIÇÃO QUÍMICA

Cacilda Nascimento de Carvalho⁽¹⁾
Jean Claude Leprun⁽²⁾

RESUMO

A análise eventual de entradas atmosféricas de sódio, potássio, cálcio e magnésio, realizada sobre coleta da precipitação total, permitiu concluir que a concentração medida na chuva relaciona-se de forma potencial e cadente com a precipitação, e explica as entradas atmosféricas de modo consideravelmente mais significativo que a precipitação. Essa observação levou-nos à criação de um Modelo Linear Inverso que separa, no âmbito da concentração medida, uma composição química da "chuva na nuvem" suposta constante, daquela quantidade de material particulado e sob a forma de aerossóis e gases, produto da lavagem da atmosfera durante o processo da precipitação. Aplicado aos anos civis de 1984 e 1985, o modelo apresentou uma diferença percentual em relação às entradas medidas, em média, de 7%. A contribuição do material particulado e de aerossóis, calculada pelo modelo nas entradas atmosféricas, foi, para os quatro cátions, em média, de 64%. Outra conclusão de âmbito local, necessitando de generalização, é que as funções que explicam as entradas atmosféricas através da concentração medida são estatisticamente iguais para os quatro cátions em análise.

INTRODUÇÃO

A entrada atmosférica calculada como somatório do produto entre a precipitação e a concentração química correspondente, coletada em "i" repetições:

$$EA = \sum P_i \times C_i / \sum C_i$$

deveria, idealmente, ter relações altamente significativas com cada um dos seus fatores. Na realidade, a relação é dominada ponderavelmente pela concentração medida. Desse modo, quando se coleta a precipitação total, a concentração medida incorpora à composição da água originada nas nuvens, a contribuição de partículas com diâmetro em torno de 2 micra que entram no sistema originadas do solo, de pólen de plantas, de aerossóis condensados nas nuvens, e ainda de gases adsorvidos às superfícies expostas. O processo da captura desses materiais pela água contida na nuvem inicia-se com a sua liberação e transporte até os locais propícios ao contato aleatório dentro da própria nuvem, entre os elementos desta e a precipitação ("rainout"); continua abaixo da nuvem, com a lavagem das camadas da atmosfera ("washout"), pela precipitação (Briggs et alii, 1968).

Dentro desses pressupostos, a coleta da precipitação total ("bulk deposition"), além de simples e barata é oportuna em estudos de fluxo, quando se deseja considerar a contribuição de todos esses materiais ao ecossistema. A quantidade desses componentes na atmosfera é aleatória, e sua veiculação no processo da precipitação depende essencialmente de fatores meteorológicos, tais como a direção dos ventos (Raynor & Hayes, 1982), o que faz com que a ocorrência de deposição seja extremamente descontínua e concentrada (Kellman et alii, 1982; Mello, 1988). Por esse motivo, tem sido comumente aconselhada a coleta separada do material particulado e a chuva em si ("wet deposition"), um processo que invariavelmente dificulta as condições operacionais de coleta e análise, e cuja metodologia vem sendo aplicada recentemente em nossa região (Tavares et alii, 1983; Espírito Santo et alii, 1987; Mello et alii, 1987).

O objetivo principal deste trabalho foi quantificar as relações das entradas atmosféricas com seus componentes, identificando tanto as funções que melhor se ajustam aos dados observados, quanto o significado físico de seus coeficientes. Analisou-se o comportamento de sódio, potássio, cálcio e magnésio, em trinta meses de coleta da precipitação total em um agrossistema experimental da EMBRAPA (Carvalho, 1984, 1987). A análise dessas funções permitiu-nos também chegar a um modelo linear inverso entre a precipitação e a concentração medida, o qual permite separar, por análise de regressão (Snedecor & Cochran, 1980), a componente devida à composição da chuva na nuvem, daquela devida aos outros materiais veiculados no processo da lavagem da atmosfera.

MATERIAIS E MÉTODOS

A área em estudo (22°45'S/41°43'W) localiza-se a 33m de altitude, no Campo Experimental do Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (SNLCS) da EMBRAPA, onde são testados, quanto a perdas por erosão, os usos agrícolas de maior representatividade regional. O clima da região classifica-se como Aw, segundo Köppen, com verão chuvoso e inver-

¹Departamento de Química-Instituto de Química-UFF
²EMBRAPA-ORSTOM (França)

O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire

Nº : 30 939 ex 1

Cpte : B

so seco, temperatura máxima de 32,5°C em fevereiro e mínima de 15,0°C em julho, com evaporação média mensal de 104,2mm e precipitação média mensal de 103,9mm (Carvalho, 1987). Cumpre ressaltar que os trinta meses de observação englobam dois anos bastante atípicos, em que 1984 é o mais seco de um período de 40 anos e 1985 tem precipitação anual acima da média. A figura 1 mostra, entretanto, que as distribuições de frequência da precipitação em cada ano são muito semelhantes para alturas menores que 30mm, de modo que existe diferença de tamanho, mas não de forma, nas distribuições.

A coleta da precipitação foi feita em quatro funis plásticos localizados dois a dois, distantes entre si 40cm e distantes aos pares 40m, situados a 1,5m do chão, acoplados através de tubos plásticos a garrações com capacidade de 5l, os quais, para evitar evaporação, ficam enterrados, e têm na tampa rosqueada uma espiral que funciona como armadilha para vapor (Silva Filho, 1985). Após cada evento de chuva o volume era medido, e alíquotas de 100ml eram enviadas para análise química por absorção atômica (cálcio e magnésio) e emissão de chama (sódio e potássio). Os coletores ficavam abertos constantemente ao tempo, e eram lavados duas vezes por semana, a fim de minimizar o carreamento de material particulado de veiculação interna ao sistema. Após cada coleta, os coletores eram lavados com água deionizada, e mensalmente com HCl 6N (Galloway & Likens, 1976) para evitar crescimento de algas.

Os resultados aqui apresentados compreendem a análise de 230 eventos coletados em "i" repetições, com "i" variando de 1 a 4, no período entre outubro de 1983 e março de 1986. As entradas atmosféricas por cátion e por evento foram calculadas como: $EA = \sum Ci \times Pi / \sum i$.

As concentrações medidas por cátion e por evento foram calculadas como: $Cm = \sum Ci / \sum i$.

As precipitações, por evento, foram calculadas como: $P = \sum Pi / \sum i$.

A precipitação, as concentrações e as entradas atmosféricas de cada cátion têm distribuição lognormal (Carvalho, em prep.). Foi utilizado o método dos mínimos quadrados na elaboração dos modelos explicativos dos fatos observados, e no ajuste de funções, com as variáveis transformadas. A análise de correlação, tendo sido encarada como um indicador geral de tendências, utilizou todos os dados disponíveis, mesmo aqueles aos quais se associou valor nulo, por estarem abaixo do limite de detecção. Já para as análises de regressão, em que se procura ajustar as melhores funções explicativas, tomou-se o cuidado de verificar as respostas do modelo à retirada de valores extremos, inserindo nas tabelas de resultados o número "n" de observações. Como exemplo, sempre que se usou como variável a precipitação, fez-se análise de sensibilidade à retirada da chuva do dia 23/01/85, cujo valor é três vezes superior ao mais próximo.

APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A Matriz Geral de Correlação

A tabela 1 apresenta os coeficientes de correlação de Pearson de todas as variáveis em estudo, sem transformação, considerando o conjunto de todos os eventos. De sua análise ressaltam, a título ilustrativo, três aspectos notáveis a serem aprofundados neste estudo: 1) a precipitação tem relação inversa significativa com as concentrações dos quatro cátions; 2) a concentração explica as entradas atmosféricas de maneira consideravelmente mais significativa que a precipitação; 3) entradas atmosféricas e concentrações dos quatro cátions em geral correlacionam-se entre si. Utilizando essas observações como indicadores de um comportamento sistemático, buscamos dissecar as relações intrínsecas entre as partes, como se relata a seguir.

As Funções "Concentração"

A Função Potencial

A função clássica que melhor explica a relação de dependência da concentração medida com a precipitação é do tipo $y = ax^b$, em que "b" é negativo, confirmando a relação inversa observada na matriz de correlação apresentada. As figuras 2 a 5, que representam os gráficos dessas relações, também demonstram a existência de uma quantidade inicial independente da precipitação, a qual, veiculada durante o processo, tem sua concentração diluída pelo efeito de precipitações cada vez maiores. A potência negativa, com módulo próximo da unidade (tabela 2), a que se eleva a precipitação, como variável independente, dá uma medida da intensidade com que essa variável explica a relação inversa, e induz à elaboração do modelo a seguir.

O Modelo Linear Inverso

Na tentativa de aprofundar a análise anterior, pode-se supor que a entrada atmosférica calculada (EAc) como produto da concentração medida (Cm) pela precipitação (P) incorporou, do primeiro fator, os componentes estranhos à composição química da chuva (Cch) na nuvem. Deste modo:

$$EAc = Cm \times P = Qi + Cch \times P,$$

onde Qi representa a quantidade de particulados e aerossóis não-medida, cuja concentração química mescla-se à da chuva na nuvem, pelos processos de "runout" e "washout", constituindo ambas a Cm. Dividindo por P a equação anterior, temos:

$$Cm = Qi \times 1/P + Cch$$

Nessa função considera-se que: 1) a concentração da chuva na nuvem é, em média, um valor constante, para o qual tenderia o valor da concentração medida, quando a precipitação assumisse valores extremamente altos; 2) a

quantidade média de particulado e aerossóis representada por Q_i seria independente da precipitação; 3) a concentração medida decresce de forma inversamente proporcional com a precipitação.

A tabela 3 apresenta as características da função para os quatro cátions. Os coeficientes de correlação consideravelmente maiores que zero são semelhantes aos da função potencial e demonstram a grande afinidade do modelo proposto com as condições reais observadas. Para testar sua aplicabilidade, os coeficientes do modelo foram aplicados aos dados dos anos de 1984 e 1985, que correspondem a dois subconjuntos dos dados completos. A tabela 4 apresenta a variação percentual entre as entradas medidas e as calculadas pelo modelo; mostra também a contribuição anual de Q_i no total das entradas calculadas: entre os quatro cátions, sódio tem a maior contribuição, lembrando a presença dos aerossóis marinhos, originados a 22km de distância do experimento, sem barreiras físicas ao transporte. Potássio tem a menor contribuição percentual, possivelmente porque seus componentes permanecem no sistema, sendo menos lavados que os demais durante o processo inicial. Note-se ainda que o ano de 1984 contribui sistematicamente mais que o de 1985, uma coerência com o fato de que o primeiro tem maior frequência e maior tamanho de períodos secos que 1985. Como referência, fazendo-se uma comparação entre os fluxos anuais calculados pelo modelo, e a deposição seca medida em Niterói, dentro da cidade, por Mello et alii (op. cit.), vê-se que nossos valores são menores que aqueles. Essa observação pode indicar não só diferentes locais, mas também o fato de que os coletores no experimento foram sistematicamente lavados.

As Funções "Entradas Atmosféricas"

Se as entradas atmosféricas são calculadas como o produto da concentração medida pela precipitação, que relação guarda com cada um desses fatores componentes? Se o modelo da proporcionalidade inversa indica as relações da concentração medida com a concentração da chuva e o conteúdo de aerossóis e particulado, resta analisar as demais informações colhidas da matriz geral de correlação, apresentada no início do capítulo.

As entradas atmosféricas e a precipitação

A tabela 5 mostra que a função que melhor se ajusta, seja linear, ou potencial, como para o potássio, explica significativamente as entradas, mas com coeficientes de correlação muito menores que os até aqui calculados. Para aprofundar a análise desse resultado, a tabela 6 apresenta a estrutura da distribuição das entradas atmosféricas e das precipitações correspondentes. Nela se vê que o número de eventos necessários para ocorrer pequenas porcentagens de entradas é muito alto e corresponde a grandes porcentagens de precipitação, com

chuvas bem expressivas, cuja média no período é maior que a média geral.

As entradas atmosféricas e a concentração medida

A tabela 7 mostra a relação potencial entre as entradas e a concentração medida, significativa a níveis muito menores que 1%, para todos os cátions. Lembrando que na função potencial $dy/y = b dx/x$, conclui-se que variações relativas de 100% na concentração dos cátions causam 60%, 62%, 65% e 68% de variação na entrada de Mg, Ca, K e Na, respectivamente. Esses valores ilustram o fato de que os expoentes da concentração medida de cada cátion pertencem todos ao mesmo intervalo de confiança, se adotado um nível de significância de 5%. Os coeficientes das funções ajustadas não diferem significativamente ($\alpha < 5\%$) para potássio, cálcio e magnésio, e o sódio se insere no intervalo de confiança dos demais com $\alpha < 1\%$. Conclui-se portanto que as funções que explicam as entradas atmosféricas, através da concentração medida na precipitação, são iguais, para os quatro cátions analisados neste trabalho (figuras 6 a 9).

A título de ilustração, pode-se especular sobre a origem desses cátions na precipitação. Supondo origem marinha para o sódio, utilizou-se sua concentração média como referência e as razões iônicas na água do mar (Goldberg, 1963) para a avaliação do fracionamento entre componente marinho e continental na composição dos três outros cátions (Keene et alii, 1986). Conclui-se que 93% do potássio, 87% do cálcio e 67% do magnésio encontrados no agrossistema são de origem não-marinha. Embora esses cálculos reflitam a média das observações e não sejam produto de regressão entre pares específicos, os valores percentuais tão altos indicam a influência da poeira crustal, exsudatos de vegetação e queima de biomassa, característicos dos campos agrícolas.

As entradas atmosféricas e a relação simultânea com a concentração medida e a precipitação.

Após analisar separadamente por regressão simples as relações das entradas com cada componente do seu produto, a regressão dupla explicou completamente as entradas, com coeficientes de correlação e angulares iguais à unidade. Dessa maneira, demonstra-se a analogia funcional entre as duas relações:

$$EA = \sum P_i / \sum P_i \times \sum C_i / \sum C_i = \sum P_i \times C_i / \sum P_i,$$

o que reflete fundamentalmente o fato de que as precipitações foram medidas com pequena variação entre as réplicas.

CONCLUSÕES

O pouco significado do volume da precipitação e o alto significado da concentração medida, como variáveis explicativas das entradas atmosféricas expressam a

grande importância relativa que têm no fenômeno a deposição seca e os aerossóis existentes na atmosfera antes de cada evento de chuva.

Esses aspectos estão refletidos no Modelo Linear Inverso entre a concentração medida x precipitação. Por ele se pode avaliar as entradas atmosféricas segundo uma componente inicial, independente do volume precipitado, e uma componente proporcional a este, que representa, na média, uma concentração constante para os eventos de chuva locais. Os resultados obtidos justificam a adoção desse modelo como ferramenta simples e não-onerosa de se estimarem entradas atmosféricas, fracionando-as pelos seus componentes medidos na precipitação total.

Outro resultado, cuja generalização pode ser investigada, relaciona-se com as funções que explicam as entradas pelas concentrações medidas, e que foram idênticas para os quatro cátions.

Ambas as constatações, se confirmarem um caráter regional, podem economizar recursos e simplificar esforços em pesquisas que envolvam as grandezas abordadas.

Agradecimentos

À Dra. Lúcia Moreira Nordemann pelas discussões e o apoio. Ao Dr. John Maddock pela revisão do manuscrito. Este trabalho faz parte do Projeto EMBRAPA nº 043850015 e contou com o apoio financeiro SUBIN, convênio nº 024/84.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRIGGS, J.A.; HAVEN, I.V. de; ENGELMENN, R.J.; HALITSKY, J. 1968. Meteorology and atomic energy, cap. 5: Processes affecting effluent concentrations. s.ed.
- CARVALHO, C.N. 1984. O uso agrícola do solo e a erosão hídrica. Congresso Brasileiro de Geologia, 33. Anais:339-409.
- 1987. Entradas atmosféricas de potássio em um agrossistema experimental. Congresso Brasileiro de Geoquímica, 1. Anais:233-242.
- Fluxo geoquímico de elementos em função do uso agrícola. UFRJ. (Tese de Doutorado). (Em preparação).
- ESPÍRITO SANTO, C.M. de; FORTI, M.C.; MOREIRA-NORDEMANN, L.M. 1987. Elementos na precipitação de São José dos Campos -- São Paulo. Congresso Brasileiro de Geoquímica, 1. Anais:143-153.
- GALLOWAY, J.N. & LIKENS, G.E. 1976. Calibration of collection procedures for the determination of precipitation chemistry. Water, air and soil pollution, 6:241-258.
- GOLDBERG, E.D. 1963. The oceans as a chemical system, in: The composition of sea-water: comparative and descriptive oceanography. The sea, v. 2. HILL, M.N., N. York, John Wiley.
- KEENE, W.C.; PSZENNY, A.A.P.; GALLOWAY, J.N.; HAWLEY, M.E. 1986. Sea-salt corrections and interpretation of constituent ratios in marine precipitation. Journal of Geophysical Research, 91 (D6):6647-6658.
- KELLMANN, M.; HUDSON, J.; SAMUGADAS, K. 1982. Temporal variability in atmospheric nutrient influx to a tropical ecosystem. Biotropical, 14(1):1-9.
- MELLO, W.Z.; SOUZA, M.P.; MOTTA, J.S.T. 1987. Medidas dos fluxos de deposição seca em Niterói, RJ -- nota preliminar. Ciência e Cultura, 39(11):1075-78.
- 1988. Variabilidade na composição química da água da chuva durante a precipitação. Ciência e Cultura, 40(10):1008-11.
- RAYNOR, G.S. & HAYES, J.V. 1982. Variation in chemical wet deposition with meteorological conditions. Atmospheric Environment, 16(7):1647-1656.
- SILVA FILHO, E.V. da. 1985. Estudos de chuva ácida e entradas atmosféricas de Na, K, Ca, Mg e Cl na bacia do alto rio Cachoeira, Parque Nacional da Tijuca, RJ. UFF, Tese de Mestrado.
- SNEDECOR, G. & COCHRAN, W.G. 1980. Statistical methods. 7th ed. Ames, Iowa Univ. Press.
- SWANK, W.T. & HENDERSON, G.S. 1976. Atmospheric input of some cations and anions to forest ecosystems in North Carolina and Tennessee. Water Res. Res., 12(3):541-46.
- TAVARES, M.F.M.; VIEIRA, B.M.; MOREIRA-NORDEMANN, L.M. 1983. Análise química de íons em águas de chuva de regiões naturais. Correlações com aerossóis atmosféricos. Simpósio Brasileiro de Hidrologia e Rec. Naturais, 3. Anais:351-76. Blumenau.

Tabela 1 - Matriz Geral de Correlação de Pearson (n = 216 e como ilustração: $r > 0,16 \Rightarrow \alpha < 1\%$).

	Ppt (mm)	Sódio (mg/l) (g/ha)	Potássio (mg/l) (g/ha)	Cálcio (mg/l) (g/ha)	Magnésio (mg/l) (g/ha)				
Ppt (mm)	1								
Sódio (mg/l)	-0,26	1							
(g/ha)	0,28	0,44	1						
Potássio (mg/l)	-0,14	0,32	0,11	1					
(g/ha)	0,16	0,16	0,38	0,81	1				
Cálcio (mg/l)	-0,33	0,68	0,21	0,38	0,21	1			
(g/ha)	0,08	0,22	0,59	0,15	0,33	0,47	1		
Magnésio (mg/l)	-0,30	0,88	0,38	0,51	0,33	0,75	0,27	1	
(g/ha)	0,31	0,30	0,89	0,19	0,52	0,20	0,63	0,38	1

Tabela 2 - A Função Potencial entre a Concentração Medida (Cm = mg/l) e a Precipitação (P = mm). (***) $r \neq 0$ com $\alpha \lll 1\%$.

Função: $C_m = a P^b$	n	a	b	r
Sódio	203	2,80	-1,08	0,58***
Potássio	196	0,70	-0,75	0,51***
Cálcio	205	0,85	-0,93	0,59***
Magnésio	211	1,07	-0,92	0,61***

Tabela 3 - A Função Linear Inversa entre a Concentração Medida (Cm = mg/l) e a Precipitação (P = mm) (como ilustração: (***) $r \neq 0$ com $\alpha \lll 1\%$).

Função: $C_m = a + b x / P$	n	a	b	r
Sódio	204	0,11	5,06	0,53***
Potássio	196	0,15	1,66	0,31***
Cálcio	205	0,05	1,42	0,62***
Magnésio	212	0,08	1,65	0,56***

Tabela 4 - Aplicação do Modelo Linear Inverso aos anos de 1984 e 1985.

	Sódio		Potássio		Cálcio		Magnésio	
	1984	1985	1984	1985	1984	1985	1984	1985
n	73	88	70	88	77	87	74	88
ΣP (mm)	697	1519	697	1519	697	1519	697	1519
EA calculada*	4,5	6,1	2,2	3,7	1,4	2,9	1,8	2,7
EA medida**	4,8	5,6	1,5	3,8	1,2	1,5	1,9	2,5
EA med/EA calc. (%)	3	4	18	1	7	14	3	3
Qi (%)	83	73	53	39	76	62	69	54
Qi (g/m ² .ano)	0,37	0,44	0,11	0,14	0,11	0,12	0,12	0,14

* EA calculada = $n \times b + a \times \Sigma P$ (kg/ha);

** EA medida em kg/ha.

Tabela 5 - A Função Linear de Melhor Ajuste entre as Entradas Atmosféricas (EA = g/ha) e a Precipitação (P = mm) (como ilustração: (***) $r \neq 0$ com $\alpha \lll 1\%$).

Função	CATION	n	a	b	r
EA = a + bP	Na	203	37,8	2,15	0,26***
EA = aP ^b	K	197	13,5	-0,07	0,39***
EA = a + bP	Ca	205	14,1	0,40	0,22***
EA = a + bP	Mg	211	13,7	0,84	0,30***

Tabela 7 - A Função Potencial entre as Entradas Atmosféricas (EA = g/ha) e a Concentração Medida (Cm = mg/l) (***) $r \neq 0$ com $\alpha \lll 1\%$.

Função EA = a Cm ^b	n	a	b	r
Sódio	204	50,1	0,68	0,83***
Potássio	198	37,8	0,65	0,74***
Cálcio	206	32,8	0,62	0,77***
Magnésio	212	34,8	0,60	0,74***

Tabela 6 - Estrutura da Distribuição das Entradas Atmosféricas e das Precipitações Correspondentes.

Porcentagem das Entradas		1%	2%	5%	10%	25%	50%	100%
Sódio	nº chuvas	71	88	115	140	177	207	228
	% ppt	40	45	54	62	73	81	100
	ppt média	17	16	14	14	13	12	13
Potássio	nº chuvas	56	71	100	130	180	207	220
	% ppt	29	33	42	53	73	87	100
	ppt média	15	14	13	12	12	12	13
Cálcio	nº chuvas	56	70	96	126	179	197	229
	% ppt	27	35	46	55	76	83	100
	ppt média	15	15	15	13	13	13	13
Magnésio	nº chuvas	45	60	95	115	161	200	228
	% ppt	27	32	45	49	65	70	100
	ppt média	18	16	14	13	12	11	13

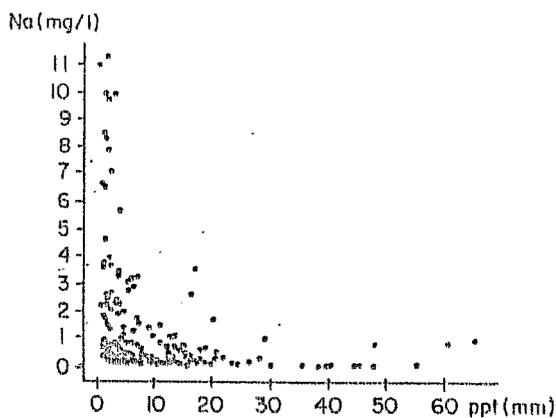
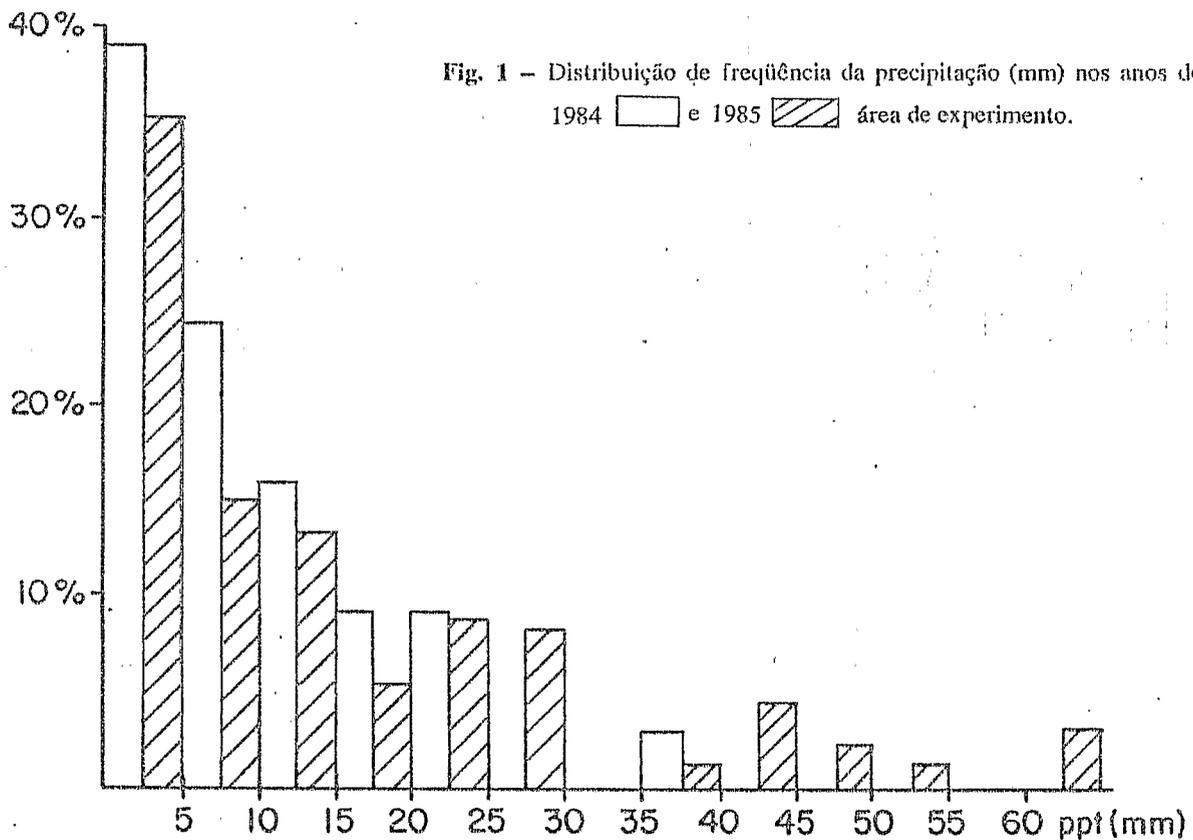


Fig. 2 - Relação de dependência entre a precipitação (mm) e a concentração (mg/l) de sódio. $y = ax^b$ onde $a = 2,81$; $b = -1,08$; $r = 0,58$ e $n = 203$.

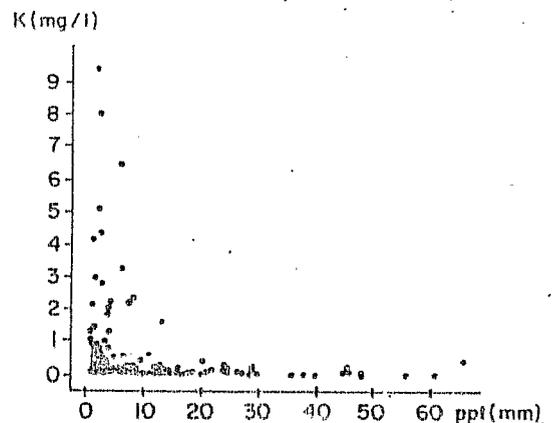


Fig. 3 - Relação de dependência entre a precipitação (mm) e a concentração (mg/l) de potássio. $y = ax^b$ onde $a = 0,70$; $b = -0,75$; $r = 0,51$ e $n = 196$.

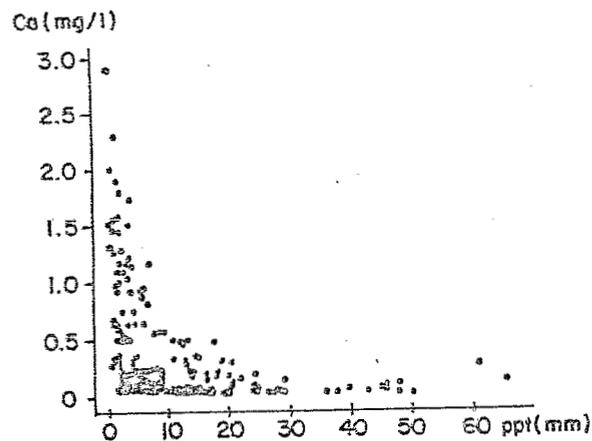


Fig. 4 - Relação de dependência entre a precipitação (mm) e a concentração (mg/l) de cálcio. $y = ax^b$ onde $a = 0,85$; $b = -0,93$; $r = 0,59$ e $n = 205$.

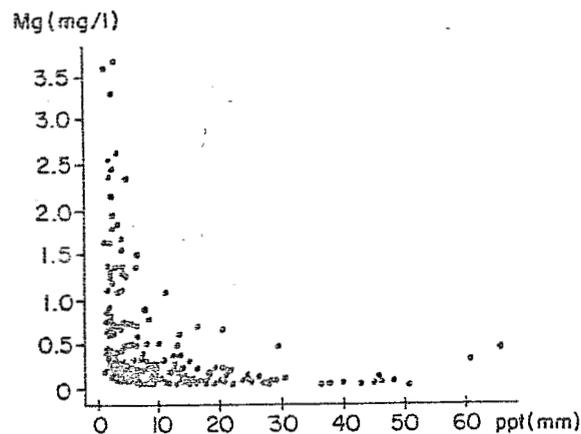


Fig. 5 - Relação de dependência entre a precipitação (mm) e a concentração (mg/l) de magnésio. $y = ax^b$ onde $a = 1,07$; $b = -0,92$; $r = 0,61$ e $n = 211$.

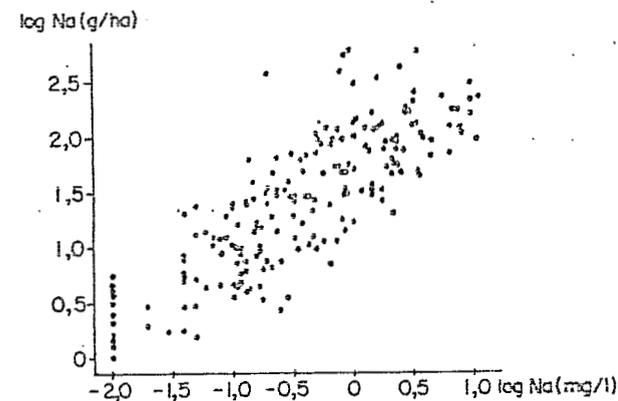


Fig. 6 - Relação de dependência entre os logaritmos da concentração (mg/l) e da entrada atmosférica (g/ha) de sódio. $\log y = \log a + b \log x$ onde $\log a = 1,70$; $b = 0,68$; $r = 0,83$ e $n = 204$.

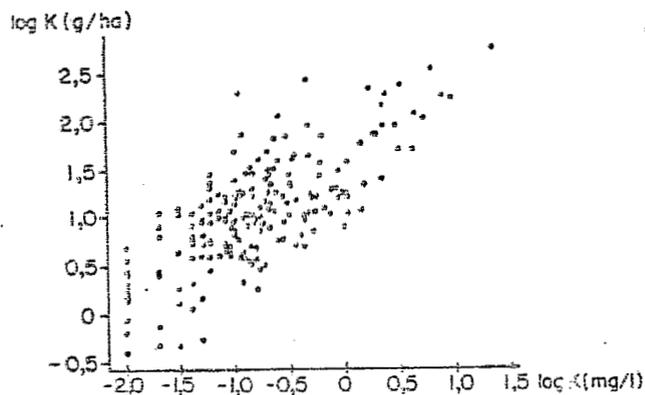


Fig. 7 - Relação de dependência entre os logaritmos da concentração (mg/l) e da entrada atmosférica (g/ha) de potássio. $\log y = \log a + b \log x$ onde $\log a = 1,58$; $b = 0,65$; $r = 0,74$ e $n = 198$.

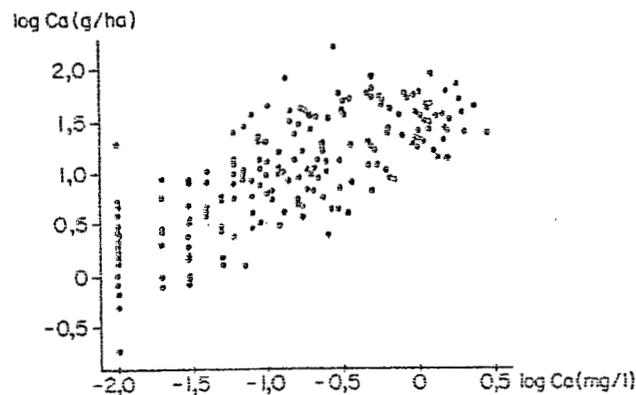


Fig. 8 - Relação de dependência entre os logaritmos da concentração (mg/l) e da entrada atmosférica (g/ha) de cálcio. $\log y = \log a + b \log x$ onde $\log a = 1,52$; $b = 0,62$; $r = 0,77$ e $n = 206$.

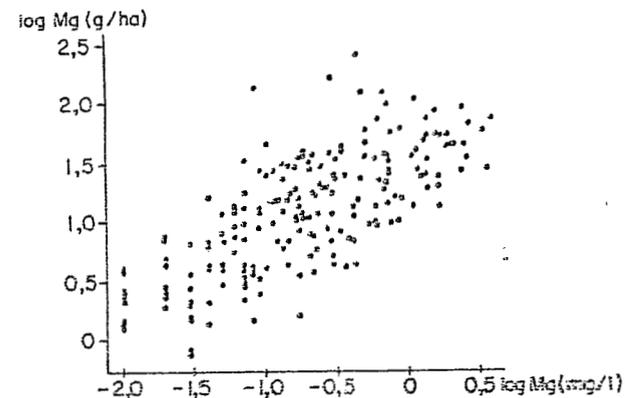


Fig. 9 - Relação de dependência entre os logaritmos da concentração (mg/l) e da entrada atmosférica (g/ha) de magnésio. $\log y = \log a + b \log x$ onde $\log a = 1,54$; $b = 0,60$; $r = 0,74$ e $n = 212$.