

DADOS HIDROGEOQUÍMICOS DE RIOS
DA BACIA DO PARANÁ *

por

Mária Szikszay

Departamento de Geologia Geral

ABSTRACT

The principal finality of this study was of survey, informing about the chemical composition of rivers of part of the Paraná basin. It was also wished to characterize the waters of rivers which drain tropical and sub-tropical regions.

The results of the chemical analyses of the major, minor and trace elements of nine rivers (Sucuriú, Verde, Pardo, Paranaíba, Grande, Tietê, Paranapanema, Paraná and Pelotas) of the Paraná basin, are presented.

The results were related with the lithology, seasonal variations, discharge and pH. From these results the following conclusions were obtained.

The lithology and the soil, area among the principal factors which control the quality and partly the quantity of dissolved material transported by the waters of rivers; there is a variation in the quantity of dissolved material with the seasonal variations; the quantity of dissolved material is greater when the discharge is at maximum.

The waters herewith studied, can be classified as carbonated waters which characterize rivers of tropical and sub-tropical climates.

RESUMO

A finalidade principal deste estudo foi de, em nível de reconhecimento, levantar dados sobre a composição dos rios de parte da bacia do Paraná. Pretendeu-se caracterizar as águas dos rios que drenam regiões tropicais e subtropicais. São apresentados os resultados das análises químicas dos elementos maiores, menores e elementos traços de nove rios (Sucuriú, Verde, Pardo, Paranaíba, Grande, Tietê, Paranapanema, Paraná e Pelotas) da Bacia do Paraná. Esses resultados foram relacionados com a litologia, variação sazonal, vazão e pH. As seguintes conclusões foram obtidas:

A litologia e o solo, são os fatores principais que controlam a qualidade e, em parte, a quantidade de material dissolvido e transportado pelas águas dos rios; existe uma variação na quantidade de material dissolvido com a variação sazonal; a quantidade de material dissolvido é maior quando a vazão é máxima.

As águas estudadas podem ser classificadas de carbonatadas, que caracteriza as águas de rios de climas tropicais e subtropicais.

INTRODUÇÃO

A finalidade principal deste estudo é de reconhecimento, informando sobre a composição das águas dos rios de parte da bacia do Paraná. Pretende-se caracterizar as águas dos rios que drenam regiões tropicais e subtropicais de clima úmido, uma vez que a maior parte do conhecimento existente refere-se a climas não existentes no Brasil. Outro objetivo é estudar o comportamento dinâmico dos elementos e tentar interpretar estes dados, relacionando-os com fatores físicos, geológicos e químicos, como litologia, clima, vazão e pH do meio.

Os dados obtidos na presente pesquisa poderão contribuir para o conhecimento geológico dos rios desta vasta área que é a bacia do Paraná, de mais ou menos 1.510.000 km², onde não se conhece nem a quantidade nem a qualidade dos sais dissolvidos em suas águas, nem suas relações com as rochas, solos e erosão; bem como as conseqüências deste material retirado.

BACIA DO RIO DA PRATA

Geologia. O mapa (Figura 1) representa de forma esquemática a geologia da bacia do Paraná.

Solos. Os solos da área drenada pelos rios estudados são diversificados e os tipos mais importantes são latossóis (a partir de basalto e arenito, como também de granito e gnaiss) e solos podzolizados (originados de arenitos calcíferos, argilitos e folhelhos, como também de granitos e gnaisses).

Clima. Na área estudada o clima é caracterizado por uma sucessão de meses de clima tropical e de meses de clima temperado (mais ou menos frios) e depende da relação de variação entre os mesmos. No norte, o clima é do tipo tropical com temperatura média anual de 20°C e amplitude térmica da ordem de 5°C. No sul da bacia, a temperatura média desce sensivelmente para cerca de 15°C, e a amplitude aumenta, atingindo valores de até 11°C. O clima torna-se subtropical.

MATERIAIS E MÉTODOS DE ESTUDO

Coleta e Análises. Sempre que possível, o local de coleta das amostras, foi escolhido de acordo com a variação da litologia. Nas áreas de litologia uniforme, a amostragem foi feita nas proximidades da foz do rio. Todas as amostragens foram realizadas na superfície da água dos rios.

A análise dos elementos maiores foi feita por via úmida no Laboratório de Química do Departamento Nacional da Produção Mineral, no Rio de Janeiro. Os elementos traços foram analisados exclusivamente pelo método espectrográfico, cujo erro oscila entre mais ou menos 15 a 20%.

Tanto as técnicas da coleta como a aparelhagem e técnica do método espectrográfico, foram discutidas por Szikszay (1969a, 1969b).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Resultados e comparações dos rios estudados. Em seguida, apresentamos os dados referentes à composição dos rios estudados, mediante diversos tipos de comparações.

Os resultados das análises das águas dos rios Sucuriú, Verde, Pardo, Paranaíba, Grande, Tietê, Paranapanema, Paraná e Pelotas, estão apresentados nas Tabelas 1 e 2.

Comparação dos resultados das análises dos rios Verde e Pardo. Nota-se a semelhança em composição dos dois rios com exceção do ferro e sulfato. A explicação mais provável para esta semelhança talvez seja a litologia análoga. As concentrações de cobalto e níquel são semelhantes nos dois rios. Nota-se uma concentração maior de vanádio e uma concentração muito grande de titânio no rio Pardo. O boro, alumínio e cobre estão em concentrações maiores no rio Verde. O pH dos dois rios também é semelhante, sendo 6,9 o do rio Verde e 6,4 o do rio Pardo.

Comparação dos resultados das análises do rio Paraná (lugares diferentes e mesma estação). Compara-se a seguir, os resultados de coletas realizadas no dia 26 de outubro de 1970

no rio Paraná, em dois locais diferentes Ilha Solteira e Jupuí (56 km de distância entre si). Observa-se que as concentrações do silício, cálcio e alumínio diminuíram de um local para outro e as do sódio, potássio, carbonato e sulfato aumentaram. O ferro e magnésio não apresentam variações. O cloreto e nitrato aparecem num único local, ou seja, cloreto em Ilha Solteira e nitrato em Jupuí. Conforme era esperado, a quantidade de material em solução em Ilha Solteira é 38,0 mg/l e em Jupuí 39,0 mg/l, mostrando que esses valores aumentam ao longo do curso do rio. O pH medido nos dois lugares é 6,8.

RELAÇÃO ENTRE CONCENTRAÇÃO E VÁRIOS FATORES

Relação da Concentração dos Elementos com Variação Sazonal. A média de sais dissolvidos em águas de rios é 100–200 ppm, (Clarke, 1924). Nas regiões tropicais e subtropicais essa quantidade é muito mais baixa. Em águas de rios de regiões tropicais a salinidade é baixa, porque os rios drenam áreas de solos lixiviados. Nestas áreas a quantidade de sulfato

é relativamente baixa; ferro e alumínio são abundantes e silício especialmente alta. Essa alta concentração de silício é devido à decomposição laterítica, freqüente nas regiões tropicais, a qual conduz à retirada do silício. Inicialmente relacionamos as quantidades totais de material em solução nas águas do rio Paraná (Jupuí), com as estações (Figura 2).

Pela Figura 2 observa-se que a quantidade de material em solução é maior no verão. Este fato é contrário aos observados por outros autores, os quais encontraram maiores concentrações de sais em solução em épocas secas. Esta verificação pode ser explicada, supondo-se que nas regiões tropicais e subtropicais, as águas superficiais desempenham um papel maior no abastecimento dos rios do que as águas subterrâneas. Assim sendo, essas águas de escoamento seriam responsáveis pela lixiviação dos solos, removendo os sais solúveis acumulados durante a época das secas. Discutiremos a seguir, separadamente, o comportamento dos elementos, segundo a variação das estações. Nota-se pouca variação dos cátions com as esta-

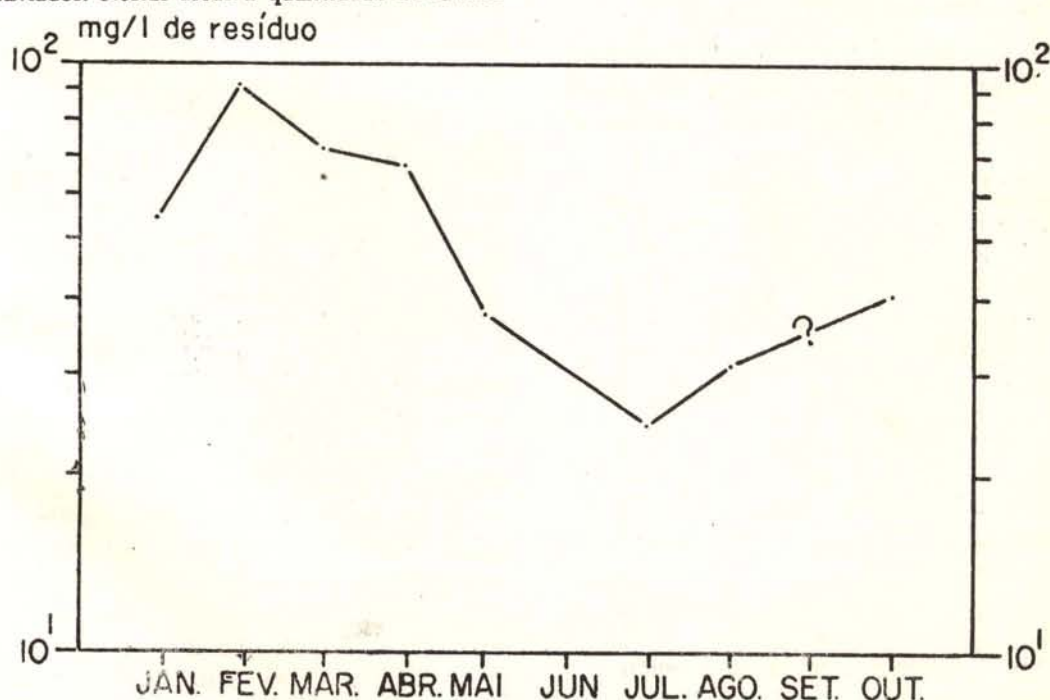


Figura 2 — Relação entre a quantidade de material dissolvido e a variação das estações (Rio Paraná — Jupuí).

ções, com exceção do silício. Porém, pode-se observar que os elementos sódio, potássio, cálcio e magnésio como sulfato e cloreto estão em menor concentração no verão (fevereiro) enquanto que o silício, ferro e alumínio, no inverno. Na região de Jupuíá as maiores precipitações ocorrem nos meses de janeiro, fevereiro e março e as menores em agosto. O valor do pH medido oscilou entre 7,0 e 7,8.

Davis (1964) observou que o aumento de temperatura provoca também uma maior concentração de silício em solução, conseqüentemente, os rios das regiões tropicais possuem quantidades maiores de silício que os das regiões de outros climas. Este autor sugere, ainda, que águas com concentração baixa em silício tem maior quantidade de cálcio do que águas com alto teor de silício. Nossos dados concordam com a afirmação de Davis. De Villiers (1962), também encontrou concentração máxima de silício no verão.

Relação da Concentração dos Elementos com a Vazão. A relação entre a quantidade de material em solução e a vazão do rio Paraná (Jupuíá) está ilustrada na Figura 3).

Pela Figura 3 observa-se que no rio Paraná (Jupuíá) a quantidade máxima de material dissolvido ocorre quando a vazão é máxima. A

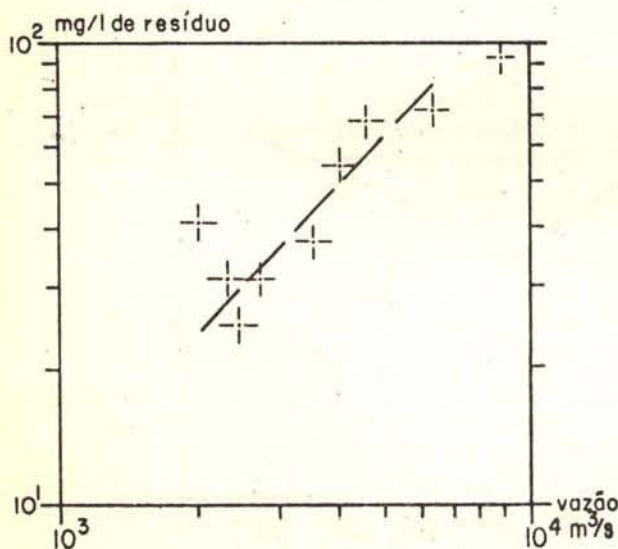


Figura 3 - Relação de material em solução e vazão (Rio Paraná - Jupuíá, 1964).

observação feita por de Villiers (1962) nas águas do rio Orange, África do Sul é contrária onde a concentração máxima ocorre quando a vazão é mínima. Pode-se admitir, neste caso, que o fator responsável por essa alta concentração de material em solução seja o alto teor de silício nas águas. Observa-se diminuição da concentração de sódio, cálcio e magnésio com o aumento da vazão e apenas uma flutuação na concentração do potássio. O alumínio aumenta com o aumento da vazão. De Villiers (1962), observou no rio Orange que valores grandes de alumínio ocorriam quando a vazão era máxima. Segundo as análises realizadas, o silício mostra uma tendência de aumentar com o aumento da vazão. Davis (1964) afirma que a quantidade total de silício transportado em solução pelos rios está diretamente relacionada com a vazão. O ferro aumenta também com o aumento da vazão. Observa-se uma flutuação das concentrações de cloreto e sulfato e um aumento do carbonato, à medida que a vazão aumenta.

Relação da Concentração dos Elementos com o pH. Em seguida apresentamos o comportamento dos elementos maiores em relação ao pH das águas de todos os rios estudados. As concentrações do sódio, potássio e magnésio não variam com o pH. A concentração do cálcio diminui quando o pH aumenta. No caso do silício, nota-se uma certa variação na concentração em solução com o aumento do pH. O ferro mostra certa tendência a diminuir com o aumento do pH. O alumínio pode ficar dissolvido tanto em solução ácida (pH menor que 4) como em solução básica (pH maior que 9). O hidróxido de alumínio $Al(OH)_3$ precipita-se próximo de pH neutro. Clarke (1924) mostra que as águas dos rios contém alumínio desde traços até 4 ppm. A existência de matéria orgânica possibilita a presença de alumínio em solução, não somente sob forma iônica, como também constituindo compostos orgânicos. Nas concentrações dos elementos maiores (ânions) em relação ao pH do meio, não se observa tendência para variação nas concentrações dos cloretos e carbonatos com variação do pH. Os sulfatos mostram uma tendência de aumentar sua concentração com o aumento do pH.



ESBÔÇO GEOLÓGICO

Fig. 1 - ESBÔÇO GEOLÓGICO (MODIFICADO DE LEINZ, 1937 D.N.P.M. - DIVISÃO DE GEOLOGIA E MINERALOGIA, 1960) LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE COLETA

CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS DOS RIOS ESTUDADOS

Comparando as médias das concentrações dos carbonatos, sulfatos, cloretos e nitratos dos rios estudados, verifica-se que em todos os rios os carbonatos predominam. Assim, podemos classificar as águas dos rios estudados em águas carbonáticas, o que aliás, é mais comum, especialmente em climas tropicais e subtropicais, devido a abundância de água de precipitação rica em ácido carbônico.

QUANTIDADE TOTAL DE MATERIAL DISSOLVIDO E TRANSPORTADO PELOS RIOS

Quantidade de Material Dissolvido por Ano. Relacionando-se os dados da área drenada pelos rios e seus afluentes, com a vazão e a quantidade de material dissolvido, foram elabo-

radas as Tabelas 3, 4, 5, 6, 7 e 8. Estes dados são referentes aos rios Sucuriú, Verde, Pardo, Tietê, Paranapanema e Paraná, respectivamente, nos quais foram calculadas as quantidades de material em solução por segundo, dia e mês. Onde não existem dados da vazão para o ano inteiro, fez-se uma aproximação da quantidade de material dissolvido por ano.

Quantidade de Material Dissolvido por km²/ano. Na Tabela 9 apresentamos a quantidade de todos os elementos dissolvidos por km²/ano. Os resultados do rio Paraná (Jupiá em 1964) são mais exatos, por termos dados de vazão durante todo o ano. É necessário considerar que tanto o carbonato como o nitrato e parte do cloreto, são de origem atmosférica, parcialmente ou totalmente, portanto não podem ser considerados como derivados exclusivamente a partir das rochas e dos solos. 8% de carbonato e 0,9% de nitrato devem ser deduzi-

TABELA 3

CÁLCULO DA QUANTIDADE DE MATERIAL DISSOLVIDO Rio Sucuriú - Posto Nº SC. 1.F, da C.E.S.P.

Área drenada km ²	Vazão m ³ /s Nov. 1970	Quant. de sais diss. mg/l	Quant. de mat. diss. p/seg. em gramas	Quant. de mat. diss. p/dia em ton.	Quant. de mat. diss. p/mês (Nov.) em ton.	Quant. de mat. diss. p/ano (aprox.) em ton.	Elementos
23.850	227	37,0	8.399	725	21.771	264.880	Total
		2,0	454	39	1.177	14.319	Na
		1,5	340	29	883	10.738	K
		3,6	817	70	2.118	25.773	Ca
		1,3	295	25	765	9.308	Mg
		6,5	1.475	127	3.825	46.538	Si
		0,2	45	3	118	1.432	Fe
		0,02	4	0,3	12	143	Al
		0,4	90	7	236	2.865	Cl
		18,6	4.220	364	10.945	133.169	Co3
		2,4	544	47	1.412	17.181	SO4
		0,2	45	3	118	1.432	NO3
		0,13	29	2	76	931	B
		0,001	0,2	0,02	0,6	7	V
		0,0007	0,1	0,01	0,4	5	Ni
		0,06	13	1	35	430	Co
		0,0004	0,09	0,007	0,2	2	Ti
0,0006	0,1	0,01	0,3	4	Mn		
0,01	2	0,2	6	73	Cu		

TABELA 4

CÁLCULO DA QUANTIDADE DE MATERIAL DISSOLVIDO
Rio Verde - Posto Nº Ve.I.F. da C.E.S.P.

Área drenada km ²	Vazão m ³ /s Jan. 1971	Quant. de sais diss. mg/l	Quant. de mat. diss. p/seg. em gramas	Quant. de mat. diss. p/dia em ton.	Quant. de mat. diss. p/mês (Jan.) em ton.	Quant. de mat. diss. p/ano (aprox.) em ton.	Elementos
21.800	132	31,0	4.092	353	10.616	129.222	Total
		1,2	158	13	410	4.997	Na
		2,0	264	22	684	8.326	K
		3,2	422	36	1.095	13.323	Ca
		0,6	79	6	205	2.497	Mg
		8,4	1.108	95	2.874	34.967	Si
		1,7	224	19	581	7.077	Fe
		0,09	11	1	30	376	Al
		11,9	1.570	135	4.071	49.537	CO ₃
		1,1	145	12	376	4.581	SO ₄
		0,3	39	3	103	1.248	NO ₃
		0,29	38	3	99	1.208	B
		0,015	1	1	51	624	V
		0,0006	0,07	0,006	0,2	2	Ni
		0,03	3	0,3	10	125	Co
		0,0003	0,03	0,003	0,1	1	Ti
		0,08	10	0,9	27	333	Cu
		0,00002?	0,002?	0,0002?	0,006?	0,08?	Bi?

dos do total do material das águas dos rios (Clarke, 1924), os quais seriam de contribuição atmosférica. Os dados apresentados na Tabela 9 são específicos para cada ano, uma vez que as concentrações dos elementos variam segundo o mês e o ano.

COMPARAÇÕES ENTRE AS COMPOSIÇÕES QUÍMICAS DOS RIOS BRASILEIROS ESTUDADOS COM OUTROS RIOS E OCEANOS

Comparação de Rios Brasileiros com Rios da América do Sul. Apresentamos as comparações entre os valores médios dos elementos maiores obtidos em nosso estudo com os valores médios de rios da América do Sul. Observa-se que as concentrações dos elementos dos rios estudados são mais baixas em sódio, potássio, cálcio, ferro e cloretos do que os demais rios do continente sul-americano. Concen-

trações mais altas do que a média dos valores para o restante do continente sul-americano foram obtidos para o magnésio, silício, carbonato, sulfato e nitrato. As concentrações médias dos constituintes das águas dos rios estudados e dos rios da América do Sul, estão apresentados na Tabela 10.

A quantidade total de material dissolvido é bastante semelhante, apesar de haver discrepância em dados isolados, o que em parte poderia ser explicado pela litologia pouco variada da área estudada. Os rios estudados possuem altas concentrações em silício e valores menores de cálcio em relação aos demais rios sul-americanos.

Comparação dos Elementos Traços dos Rios Estudados com os de outros Países e Oceanos. Na Tabela 11 comparamos a média das concentrações dos elementos traços dos

rios estudados com a média das concentrações de grandes rios dos Estados Unidos da América do Norte, da União Soviética, do Japão e dos Oceanos.

Os rios brasileiros estudados possuem valores médios maiores em alumínio, boro, vanádio, cobalto, titânio e cobre, sendo a média do níquel maior nos rios da União Soviética e a do

Ruegg (1969) também mostraram concentrações altas para titânio, vanádio e cobre.

Não se deve esquecer que os dados referentes aos rios estudados, tanto em elementos maiores e menores como em elementos traços são de uma área onde os rios drenam regiões de litologia com pouca variação, ou que as rochas predominantes desta região são os basal-

TABELA 5

CÁLCULO DA QUANTIDADE DE MATERIAL DISSOLVIDO
Rio Pardo - Posto Nº Pmt 1.F.

Área drenada km ²	Vazão m ³ /s Jan. 1971	Quant. de sais diss. mg/l	Quant. de mat. diss. p/seg. em gramas	Quant. de mat. diss. p/dia em ton.	Quant. de mat. diss. p/mês (Jan.) em ton.	Quant. de mat. diss. p/ano (aprox.) em ton.	Elementos
33.300	232	32,0	7.424	641	19.242	234.111	Total
		1,2	278	24	721	8.778	Na
		2,0	464	40	1.203	14.633	K
		3,2	742	64	1.924	23.411	Ca
		0,6	139	12	361	4.391	Mg
		8,4	1.949	168	5.052	61.466	Si
		0,4	92	8	241	2.927	Fe
		0,03	6	0,6	18	219	Al
		12,6	2.923	252	7.575	92.169	CO ₃
		2,6	603	52	1.564	19.024	SO ₄
		0,3	69	6	180	2.194	NO ₃
		0,26	60	5	156	1.902	B
		0,03	6	0,6	18	219	V
		0,0006	0,1	0,01	0,3	4	Ni
		0,03	6	0,6	18	219	Co
		0,08	18	1	48	587	Ti
		0,0005	0,1	0,01	0,3	3	Mn
0,06	13	1	36	439	Cu		

manganês nos rios dos Estados Unidos da América do Norte. Como se observa, existe um teor alto em boro, vanádio, titânio e cobre nos rios estudados, em relação aos outros países. O boro foi detectado em concentrações elevadas nos folhelhos da Formação Irati, por Amaral (1967). Os basaltos estudados e analisados por

tos, o que não é válido para as áreas drenadas pelos outros rios comparados.

Comparação entre a Quantidade de Material Dissolvido nos Rios Estudados com outros Rios. Finalmente comparamos o material dissolvido pelas águas nos rios analisados com

os do rio Amazonas, Paraíba, Congo e Mississipi. Na Tabela 12 apresentamos estas comparações.

CONCLUSÕES

Os resultados apresentados no presente trabalho permitem-nos tirar as seguintes conclusões, em relação à concentração dos elementos em solução:

Pode-se afirmar que as rochas e seu derivado, o solo, é um dos fatores principais que controla a qualidade e, em parte, a quantidade do material em solução transportado pelas águas dos rios.

Existe variação tanto da quantidade de material em solução como na concentração dos elementos com a mudança das estações. No verão as águas contém mais material em

solução do que no inverno, o que está em desacordo com os resultados de outros rios de regiões de climas diferentes do Brasil. O responsável por esta concentração maior é o silício, que aliás, é o único elemento que mostrou grande variação com as estações.

Os resultados mostram que a quantidade de material em solução é maior quando a vazão é máxima, contrariamente aos resultados de outros autores. O responsável por esse fato é o silício, o qual se encontra dissolvido em grandes porcentagens nas épocas de maior vazão (verão). O aumento da vazão mostra um aumento nas concentrações do silício, alumínio, ferro e carbonato e uma diminuição do sódio, cálcio e magnésio.

Sendo o pH mais ou menos constante nas águas dos rios, sua influência na concentração dos elementos é pequena. Aumentando o pH, a concentração do alumínio e sulfato au-

TABELA 6

CÁLCULO DA QUANTIDADE DE MATERIAL DISSOLVIDO
Rio Tietê - Posto 114 - 115 da C.E.S.P.

Área drenada km ²	Vazão m ³ /s Nov. 1970	Quant. de sais diss. mg/l	Quant. de mat. diss. p/seg. em gramas	Quant. de mat. diss. p/dia em ton.	Quant. de mat. diss. p/mês (Nov.) em ton.	Quant. de mat. diss. p/ano (aprox.) em ton.	Elementos
70.400	334	59,0	19.706	1.702	51.077	621.448	Total
		5,0	1.670	144	4.328	52.665	Na
		2,7	901	77	2.337	28.439	K
		6,4	2.137	184	5.540	67.411	Ca
		1,3	434	37	1.125	13.692	Mg
		7,5	2.505	216	6.492	78.997	Si
		1,2	400	34	1.038	12.639	Fe
		0,01	3	0,2	8	105	Al
		2,4	801	69	2.077	25.279	Cl
		26,0	8.368	749	22.508	265.822	CO ₃
		5,4	1.803	155	4.674	56.878	SO ₄
		0,7	233	20	606	7.373	NO ₃
		0,06	20	1	51	632	B
		0,012	4	0,3	10	126	Ni
		0,01	3	0,2	8	105	Mn
		0,04	13	1	34	421	Cu
0,0002	0,06	0,005	0,1	2	Co		

menta, enquanto que o cálcio e ferro diminuem.

Os nitratos não variam com a variação sazonal, vazão ou pH.

A comparação da média das concentrações das águas dos rios estudados com a média de rios do continente sul-americano, mostrou concordância para a quantidade total do mate-

TABELA 7

CÁLCULO DA QUANTIDADE DE MATERIAL DISSOLVIDO
Rio Paranapanema - Posto Nº Pp 2.F. da C.E.S.P.

Área drenada km ²	Vazão m ³ /s Nov. 1970	Quant. de sais diss. mg/1	Quant. de mat. diss. p/seg. em gramas	Quant. de mat. diss. p/dia em ton.	Quant. de mat. diss. p/mês (Nov.) em ton.	Quant. de mat. diss. p/ano (aprox.) em ton.	Elementos
83.200	537	51,0	28.998	2.365	75.150	914.325	Total
		3,2	1.718	148	4.440	54.020	Na
		1,0	537	46	1.392	16.936	K
		6,4	3.437	296	8.880	108.040	Ca
		1,9	1.020	88	2.643	32.157	Mg
		7,5	4.028	348	10.440	127.020	Si
		2,0	1.074	92	2.784	33.872	Fe
		0,27	145	12	375	4.563	Al
		24,4	13.102	1.132	33.973	458.193	CO ₃
		3,4	1.826	158	4.740	57.670	SO ₄
		0,3	161	13	417	5.074	NO ₃
		0,27	149	12	387	4.708	B
		0,02	14	1	37	456	V
		0,05	26	2	69	850	Ni
		0,06	32	3	83	1.014	Co
0,05	26	2	69	850	Ti		
0,02	14	1	37	456	Cu		

As águas estudadas podem ser classificadas de carbonatadas, sendo este um fato comum em rios de regiões de clima tropical e subtropical.

rial em solução e discrepância na média da concentração de vários elementos.

TABELA 10

COMPOSIÇÃO MÉDIA DOS RIOS ESTUDADOS COMPARADA COM A MÉDIA DOS RIOS DA AMÉRICA DO SUL (mg/1)

	Na	K	Ca	Mg	Si	Fe	Al	Cl	CO ₃	SO ₄	NO ₃	Total
Média dos rios estudados	2,0	1,4	3,4	1,9	7,2	0,72	0,86	2,1	18,4	7,4	1,25	46,43
Média dos rios da América do Sul	4,0	2,0	7,2	1,5	5,5	1,4	-	4,9	15,1	4,8	0,7	47,1

TABELA 11

COMPARAÇÃO DOS ELEMENTOS TRAÇOS (mg/l)

Elementos	Rios estudados	Rios dos U.S.A.	Rios da U.S.S.R.	Rios do Japão	Oceanos	
	média	média *	média **	média ***	****	
Al	0,86	0,238	—	0,36	—	—
B	0,32	0,010	0,0231	—	4,6	— 4,8
V	0,023	0,004	—	0,0010	0,0003	— 0,002
Ni	0,009	0,0100	0,075	—	0,0001	— 0,0005
Co	0,025	0,002	0,019	—	0,0001	
Ti	0,037	0,01	—	—	0,001	— 0,009
Mn	0,014	0,03	0,0242	—	0,0007	— 0,001
Cu	0,039	0,0053	0,0128	0,0014	0,001	— 0,01

* Durum, W.H. and Haffty, J. (1945)

** Konovalov, G.S. (1959) e Maliuga (1945)

*** Sugavara, K. (em Turekian, K.K. 1966)

**** Sverdrup, H.V., Johnson, M.W. and Fleming, R.H. (1942)

TABELA 12

COMPARAÇÃO DA QUANTIDADE DE MATERIAL DISSOLVIDO

Rios	Material em Solução 10 ⁶ ton/ano	km ² /ano ton.	Área drenada km ²
Amazonas (Bacia)	232 *	116	
Parafba	3,0 **		
Congo (Bacia)	98,5 ***	37	
Mississipi (Bacia)	118 ****	100	
Paraná-Jupiá (1964)	77,6	16,5	470.000
Tietê (1970)	6,2 (aprox.)	8,8	70.400
Sucuriú (1970)	2,6 "	11,1	23.850
Verde (1971)	1,2 "	5,9	21.800
Pardo (1971)	2,3 "	7,0	33.300
Parapanema (1970)	9,1 "	10,9	83.200

* Gibbs, R.J. (1967)

** Leinz, V. e Amaral, S.E. (1969)

*** Spronck, R. (1941)

**** Livingstone, D.A. (1963)

AGRADECIMENTOS

Formulamos ao Professor Doutor Viktor LEINZ os mais sinceros agradecimentos pela valiosa orientação proporcionada durante a realização deste trabalho. O Professor Doutor Darcy Pedro SVISERO colaborou na correção

e revisão dos textos.

Na realização das análises dos elementos maiores, recebemos ajuda valiosa do Dr. João Batista CAMPOS DE PAIVA, Diretor do Laboratório de Química do Departamento Nacional da Produção Mineral (Rio de Janeiro),

BIBLIOGRAFIA

- ALEKIN, O.A. and BRASHNIKOVA, L.V. — 1957 — *New data on the average composition of river water for the territory of the USSR Akad. Nauk SSSR Doklady*, V.114, 1062 — 1065 pp.
- AMARAL, S.E. — 1971 — *Geologia e Petrologia da Formação Irati (Permiano) no Estado de São Paulo* — Bol. IGA, nº 2, São Paulo, pg. 5—81.
- BACIA DO RIO DA PRATA — 1969 — Secretaria Geral da Organização dos Estados Americanos, Washington, D.C..
- BRAIDECH, M.M. and EMERY, F.R. — 1935 — *The spectrographic determination of minor chemical constituents in various water supplies in the United States*: Am. Water Works Assoc. Journ., V. 27, 557—580 pp.
- CLARKE, F.W. — 1924 — *The Data of Geochemistry*. United States Geol. Survey Bull. 770 — Washington Govern. Printing Press, 63 — 121 pp.
- COMISSÃO DE SOLOS — 1960 — *Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado de São Paulo*. Bol. Nº 12. Serviço Nacional de Pesquisas Agrônomicas.
- DAVIS, S.N. — 1964 — *Silica in streams and ground water* Am. Journ. Sci. V. 262, 870 — 891 pp..
- DURUM, W.H. and HAFFTY, J. — 1963 — *Implication of the minor element content of some major streams of the world*. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, V. 27, nº 1, 1—11 pp..
- GIBBS, R.J. — 1967 — *The Geochemistry of the Amazon River System: Part I. The Factors that control the salinity and the composition and concentration of the suspended solids*. Geol. Soc. of America Bull. V.78, nº 10, 1023—1232 pp..
- GOLDSCHMIDT, V.M. — 1958 — *Geochemistry*. Oxford. At the Clarendon Press, 730 pp..
- KLEINKOPF, M.D. — 1960 — *Spectrographic Determination of trace elements in lake waters of Northern Maine*. Bull. Geol. Soc. America 71, (7—9), 1231—1241 pp.
- KOBAYASHI, J. — 1960 — *A chemical study of the average quality and characteristics of river waters of Japan*. Ver. Ohara Inst. Landwirtschaft. Biol., V. 11 313 — 358 pp..
- KOŦOVALOV, G.S. — 1959 — *The transport of microelements by the most important rivers of the USSR Akad. Nauk SSSR Doklady*, V. 129, nº 4. 912—915 pp..
- KYLE, J.J. — 1897 — *La composición química de las aguas dela republica Argentina. I. Rios y Arroyos* An. Soc. Cient. Argentina, V. 43, 19 — 25 pp..
- LEINZ, V. — 1937 — *Estudos sobre a glaciação permocarbonífera do sul do Brasil*. Serv. Fom. da Prod. Min. D.N.P.M. Min. Agric. Bol. 21,47 pp..
- LEINZ, V. e AMARAL, S.E. — 1969 — *Geolo-*

- gia Geral*, Comp. Editora Nacional, 119–131 pp..
- LIVINGSTONE, D.A. – 1063 – *Data of Geochemistry, Chapter G. Chemical composition of rivers and lakes. Geol. Survey Professional Paper 440, G, G1 – 652 pp.*
- MALIUGA, D.P. – 1945 – *Content of copper, nickel, cobalt and other elements of the iron family in native waters: Akad. Sci. URSS, Comptes Rendus, 113–116 pp.*
- OKAMOTO, G., OKURA, T. and GOTO, K. – 1957 – *Properties of silica in water. Geochimica et Cosmochimica Acta, V. 12, 123–132 pp..*
- RUEGG, N.R. – 1969 – *Aspectos geoquímicos, mineralógicos e petrográficos de rochas basálticas da Bacia do Paraná. Tese de Doutorado.*
- SPRONCK, R. – 1941 – *Mesures hydrographiques effectuées dans la region divagante du Bief Maritime du Fleuve Congo: Brussels, Inst. Royale Colonial Belge Memoire 156 pp.*
- SVERDRUP, H.V., JOHNSON, M. W. and FLEMING, R.H. – 1942 – *The Oceans, Prentice Hall, New York.*
- SZIKSZAY, M. – 1969a – *Exame espectrográfico dos elementos maiores, menores e elementos traços nas águas do rio Tietê, Mineração e Metalurgia, V.L., nº 297, 133–137 pp.*
- SZIKSZAY, M. – 1969b – *Adaptação de Padrões espectrográficos para análise de minerais e rochas. Tese de mestrado.*
- TUREKIAN, K K. – 1966 – *Trace elements in sea water and other natural waters: Annual Report AEC Contract AT (30-1) - 2912, Publ. Yale 2912 - 12. 59 pp.*
- de VILLIERS, P.R. – 1962 – *The Chemical Composition of the Water of the Orange River at Biolsdrif, Cape Province. Annals of the Geol. Surv. V.1. 198–206 pp.*