

Valores Máximos das Vazões Médias Diárias Durante as Enchentes na Bacia do Rio Tietê

Maximum Values of the Average Daily Floods of the Tietê River Drainage Basin

ALFREDO BANDINI

Professor Catedrático da Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo. Professor da Faculdade de Engenharia Industrial da P.U.C. de São Paulo. Consultor Técnico do Departamento de Águas e Energia Elétrica da S.V.O.P. de São Paulo.

ANGELO R. CUOMO

Assistente da Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo e da Faculdade de Engenharia Industrial da P.U.C. de São Paulo.

1 — As enchentes que se verificam em uma bacia hidrográfica constituem eventos críticos, que podem ser produzidos por fatores de diferente natureza, quais sejam: remansos devidos a obstruções naturais ou artificiais dos álveos, degelos, chuvas de forte intensidade.

É, por sinal, esta última causa, responsável pelas enchentes do rio TIETÊ.

Se consideramos um determinado posto fluviométrico, o diagrama *local* do evento (FIGURA N.º 1) pode ser assemelhado a uma curva em forma de onda, que consubstancia a função:

1 — The floods that occur in a fluvial basin, constitute a critical event which can be caused by factors of the most different nature, such as backwater due to natural or artificial obstacles in the channels, thaw, heavy rains.

The last of the above mentioned is the cause of the floods of the TIETÊ river.

If we consider one fluvial spot, the local diagram of the event may be assimilated to a wave like curve representing the function:

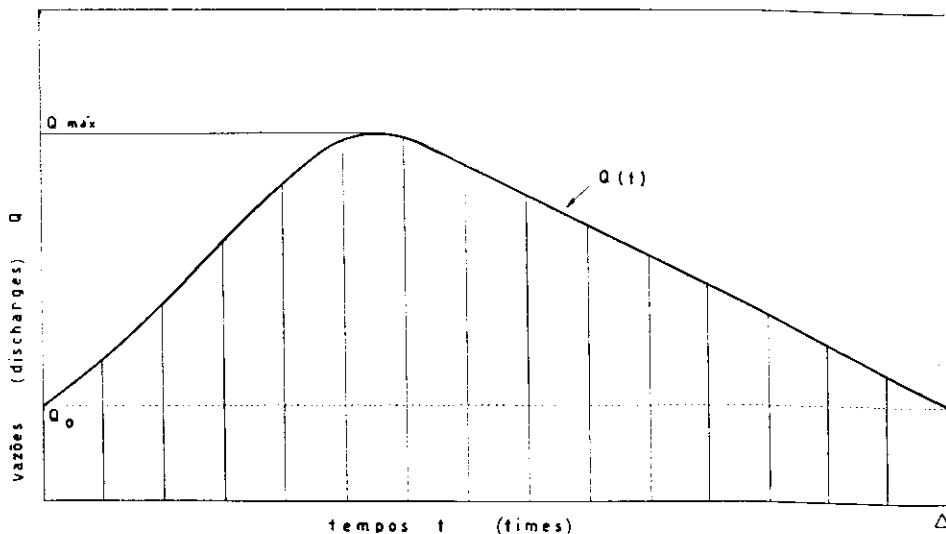


FIG. 1

$$Q = Q(t) \quad (1)$$

isto é, a variação das vazões Q em função do tempo t . Os elementos característicos que definem o evento são, portanto, a vazão máxima atingida Q_M , o intervalo de tempo Δ durante o qual as descargas permanecem superiores a um certo valor limite inferior Q_0 e o volume:

$$V(\Delta) = \int_0^{\Delta} Q(t) dt \quad (2)$$

a ser relacionado, a paridade de outros elementos, com a forma da onda.

No presente trabalho, consideramos apenas um dos três elementos referidos, isto é, a máxima vazão Q_M . E, uma vez que os dados utilizados se identificam com as vazões médias de cada dia, a vazão Q_M coincide com a máxima média diária.

Um estudo baseado sobre valores Q' instantâneos, torna-se possível exclusivamente quando se disponha dos diagramas de linigrafos; por outra parte, se as áreas de drenagem que alimentam uma secção fluviométrica são muito extensas (como no caso em tela), as relações:

$$\frac{Q'_M}{Q_M} = K$$

se aproximam sensivelmente da unidade.

2 — Com as limitações postas no parágrafo precedente, o problema que pretendemos resolver, pode ser formulado da maneira seguinte: utilizando-se n dados de observações diréctas, determinar, através de processos matemáticos, orientados por critérios estatísticos, equações que relacionem a intensidade do evento com a sua *frequência*, isto é, o número de vezes que o próprio evento se verifica, sobre n valores da série considerada.

O conceito de frequência se identifica, portanto, com aquêle de probabilidade, sendo lícito extrapolar, aplicando-se criteriosamente as fórmulas obtidas, para valores:

$$n' > n$$

Entre os diferentes métodos propostos para o tratamento do assunto, (GUMBEL, HAZEN, FOSTER, SILVA LEME, FULLER, BEARD, etc), considerando os numerosos dados disponíveis para a bacia do rio TIETÊ, preferimos aquêle adotado por FULLER [II] para os cursos de água dos Estados Unidos, ope-

i. é, the variation of the discharges Q in function of the time t . The characteristic elements which define the event are of course, the maximum attained flow, Q_M , the time interval during which discharges remain above a certain lower limit Q_0 and the volume:

to be related at par of other elements, with the form of the wave.

In this paper, we consider only one of the three mentioned elements: maximum flow Q_M . Since we chose average daily values, then Q_M will be the maximum daily average.

A study based on instantaneous values Q' is only possible when we have hydrometrical diagrams; besides, if drainage areas which feed a fluviometrical section are sufficiently large (as in our case), the relations:

are very near to unity.

2 — With the limitations fixed in the precedent paragraph, we can formulate the problem in the following manner: using n observed values and employing mathematical proceedings based on statistical criterion, relations between event intensity and its *frequency* (how many times is the event verified over n values of the considered series) are to be determined.

Therefore the frequency conceit identifies itself with that of probability, being allowed to extrapolate the obtained formulae, for values:

Among the proposed methods for treating the subject (GUMBEL, HAZEN, FOSTER, SILVA LEME, FULLER, BEARD, etc), taking in consideration the numerous data we have for the TIETÊ basin, we choose that adopted by FULLER [II] for the U.S.A. rivers, operating on 1672 discharge val-

rando sôbre 1672 valores de vazões, distribuídas entre diversas estações linimétricas.

3 — EXPOSIÇÃO DO METODO

a) — Consideremos uma séire n de grandezas:

$$r_1, r_2, \dots, r_n$$

classificadas em ordem decrescente e formemos as médias progressivas:

$$\bar{r}_i = \frac{1}{i} \sum_{1}^i r_i \quad (3)$$

isto é, os valores que têm a maior probabilidade de ocorrer i vêzes sôbre n . Fazendo-se coincidir os números i com *unidades* de tempo, por exemplo, *anos*, diremos que \bar{r}_i é o valor mais provável i anos sôbre n , ou melhor, cada:

$$T = \frac{n}{i} \text{ anos} \quad (4)$$

As funções do tipo:

$$\bar{r}_i = f(T) \quad (5)$$

uma vez equacionadas baseando sôbre períodos de suficiente extensão, são susceptíveis de extrapolação, no campo probabilístico, para ciclos mais significativos.

No caso em aprêço, identificamos os valores r_i com as relações:

$$r_i = \frac{Q_i}{\bar{Q}} \quad (6)$$

onde Q_i representa a máxima vazão diária verificada no ano *iésimo* em um demédia dos Q_i , relativos ao período de p terminado posto fluviométrico e \bar{Q} a anos considerados, isto é:

$$\bar{Q} = \frac{1}{p} \sum_{1}^p Q_i \quad (7)$$

De acôrdo com o critério adotado, os r_i são grandezas adimensionais. Oferece-se, portanto, a possibilidade de formar uma única séire, utilizando dados relativos a mais postos fluviométricos e considerando, sob o ponto de vista es-

ues, among several fluviometrical stations.

3 — PROCEEDING

a) — Let us consider a serie of n values

ranged in decreasing order and calculate the progressive averages:

that is to say, the most probable values i over n times. When numbers i concord with time unities, for exemple *years*, we will say that \bar{r}_i is the most probable value i over n years, or better every:

The equations of the

type, calculated for sufficiently long periods, may be used to extrapolate in the probabilistical field, for more expressive cycles.

In our case, we identify the values r_i with the relations:

where Q_i represents the maximum daily flow, verified in a determined fluvial spot during the *i*th year and \bar{Q} the average of the Q_i relative to the period of p years considered, that is to say:

According to the adopted criterion, r_i are adimensional greatnesses. Therefore we have the possibility to form a single series, taking data relative to more fluvial sections and considering under a statistical point of vue every r_i as

tatístico, cada r_i como *independente*, isto é, representando um evento diferente.

Assim, por exemplo, se dispuzermos dos dados relativos às estações linimétricas (I, II, III, ...) tendo respectivamente ($n_I, n_{II}, n_{III}, \dots$) anos de observações, poderemos formar uma série única de Q_p , logo de r_i , classificando:

$$n_I + n_{II} + n_{III} + \dots = n$$

valores, correspondentes ao período de n anos estatísticos.

A função (5) pode ser representada por uma equação do tipo:

$$\bar{r}_i = a + b \cdot \lg T \tag{9}$$

que tem estrutura análoga às equações que consubstanciam os eventos meteorológicos (chuvas) críticos e onde a e b são constantes a determinar-se.

É fácil de se verificar que:

$$a = 1$$

Com efeito (4), para $i = n$, resulta:

$$\begin{aligned} T &= 1 \\ \lg T &= 0 \end{aligned}$$

Logo:

$$a = \bar{r}_n \tag{10}$$

Por outra parte, considerando os n valores de vazões, distribuídas nos postos fluviométricos: I, II, III, ..., em virtude das (6) e (3) teremos:

$$\sum_1^{n_j} r_i = \sum_1^{n_j} \frac{Q_i}{\bar{Q}_j} = n_j \quad (j = I, II, III, \dots) \tag{11}$$

Por consequência, levando em conta as (3) e (8):

$$a = \bar{r}_n = \frac{1}{n} \left[\sum_1^{n_I} r_i + \sum_1^{n_{II}} r_i + \dots \right] = \frac{n_I + n_{II} + \dots}{n} = 1 \tag{10'}$$

b) -- Indiquemos, agora, por:

$$\Omega_I, \Omega_{II}, \Omega_{III}, \dots$$

as áreas de drenagem que alimentam os postos fluviométricos I, II, III, ... Operando no plano logarítmico, é possível relacionar os valores (12), com as respectivas vazões médias:

independent and representing a different event.

So, for example, if we have data relative to fluvial spots (I, II, III, ...), having respectively ($n_I, n_{II}, n_{III}, \dots$) observation years, we can from one series of Q_i , consequently of r_i , ranging:

values which correspond to the n statistical years period.

Function (5) may be represented by an equation of the type:

which has the same structure as the critical meteorological events equations and where a and b are constants to be determined.

It is easy to verify that:

Indeed for $i = n$ results:

Therefore:

Besides on considering n flows values distributed in the fluviometrical spots: I, II, III, we will have by virtue of (6), (3):

Consequently, bearing in mind (3) and (8):

b) -- Le us indicate by:

the drainage basins, which feed the fluvial stations I, II, III, ... Plotting on a logarithmical chart, we can relate the values (12) to the respective average discharges:

$$\bar{Q}_I, \bar{Q}_{II}, \bar{Q}_{III},$$

definidas pela (7), por retas envoltórias de equação:

$$\lg \bar{Q} = \lg c + m \lg \Omega \tag{13}$$

Dai:

$$\bar{Q} = c \Omega^m = f(\Omega) \tag{14}$$

c) — As (6), (3) e (9) poderão ser substituídas, respectivamente, pelas expressões:

defined by (7), by means of straight envelope lines having as equation:

c) — The equations (6), (3) and (9) will be substituted respectively by the expressions:

$$r_i = \frac{Q_i}{f(\Omega)} \tag{6'}$$

$$\bar{r}_i = \frac{1}{i} \sum_1^i \frac{Q_i}{f(\Omega)} \tag{3'}$$

$$\frac{1}{i} \sum_1^i \frac{Q_i}{f(\Omega)} = a + b \lg T \dots \dots \tag{9'}$$

A (9') é válida para qualquer secção fluviométrica da bacia. Portanto, aplicando-a para uma secção genérica poderemos escrever:

Equation (9') is valid for any fluvial section whatsoever of the basin. Therefore, applying it for a generical section, we can write:

$$\frac{1}{i} \sum_1^i \frac{Q_i}{f(\Omega)} = \frac{1}{f(\Omega)} \frac{\sum_1^i Q_i}{i} = \frac{\bar{Q}_i}{f(\Omega)} \tag{3''}$$

Substituindo na (9') e recordando a 14), teremos definitivamente:

On substituting into (9') and remembering (14), we have definitively:

$$\bar{Q}_i = c \Omega^m (a + b \lg T) \tag{15}$$

equivalente à equação (9) e que dá directamente, na secção linimétrica alimentada pela bacia hidrográfica da área Ω , a máxima vazão diária mais provável i vêzes sobre n , ou melhor, cada T anos (6).

equivalent to the equation (9) and giving directly, in the fluvial section, fedded by the drainage area Ω , the maximum daily flow most probable i over n times, or even better, every T years.

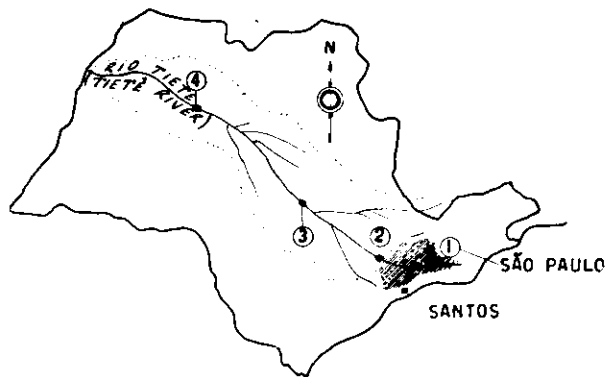
O cálculo numérico fornece $a = 1$; contudo, quando os pontos referidos no plano cartesiano ($\log T$; \bar{r}_i) não são muito numerosos, a declividade mais conveniente da reta envoltória pode ser responsável por valores de a um pouco diferentes da unidade.

Numerical calculations give $a = 1$; however, the most convenient slope of the envelope straight line may give values of a somewhat different from the unity, when the plotted points ($\log T$; $\log \bar{r}_i$) are not very numerous.

4) — Para o rio TIETÊ, lançamos mãos dos 4 postos fluviométricos de: BAIRRO DO LIMÃO, RASGÃO, BAR-

4) — For the TIETÊ river, we chose 4 fluvial spots: BAIRRO DO LIMÃO, RASGÃO, BARRA BONITA and POR-

FIG. 2



ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS
(FLUVIOMETRIC OBSERVATION SPOTS)

- 1 - BAIRRO DO LIMÃO
- 2 - RASGÃO
- 3 - BARRA BONITA
- 4 - AVANHANDAVA

TABELA N.º 1
(TABLE N. 1)

RIO	POSTOS	ÁREA DE DRENAGEM (km ²)	PERÍODO DAS OBSERVAÇÕES	Nº DE ANOS
TIETÊ	Bairro do Limão	2.556	1914 - 1942	29
TIETÊ	Rasgão	5.810	1927 - 1950	24
TIETÊ	Barra Bonita	32.330	1931 - 1952	22
TIETÊ	Porto de Cima (Avanhandava)	59.300	1929 - 1946	18

River Sections Drainage area Observation Period Number of years

TABELA N.º 2
(TABLE N. 2)

Postos fluviométricos Fluvial sections	\bar{Q} m ³ /seg.	log. \bar{Q}	Ω (km ²)	log. Ω
Bairro do Limão	148,4	2,17143	2556	3,40756
Rasgão	268,5	2,42894	5810	3,76418
Barra Bonita	1219,2	3,08607	32330	4,50961
Avanhandava	1697,0	3,22968	59300	4,77305

TABELA N.º 3

(TABLE N. 3)

Máximas vazões diárias (Q) em (m³/seg) ocorridas nos diversos postos fluviométricos para cada ano

e médias (Q̄).

Maximum daily discharges (m³/s) of every year and averages (Q̄).

ANOS	RIO TIETÊ EM :			
	B. DO LIMÃO	RASGÃO	BARRA BONITA	PORTO DE CIMA
1914	110,00			
1915	81,00			
1916	147,00			
1917	119,00			
1918	78,00			
1919	195,00			
1920	92,00			
1921	145,00			
1922	235,00			
1923	270,00			
1924	127,00			
1925	89,80			
1926	222,40			
1927	144,60	308,00		
1928	135,80	308,70		
1929	356,10	748,60		1.754,00
1930	250,60	424,80		2.290,00
1931	218,60	377,90	2.323,00	3.627,00
1932	120,60	209,10	1.237,00	1.703,00
1933	86,10	177,30	883,00	1.400,00
1934	185,60	307,50	1.822,00	2.290,00
1935	125,00	228,60	1.128,00	1.559,00
1936	115,60	185,40	985,00	1.553,00
1937	120,60	223,00	1.380,00	1.811,00
1938	112,20	187,30	830,00	1.169,00
1939	102,80	173,00	1.071,00	1.415,00
1940	148,40	347,60	1.712,00	2.806,00
1941	80,90	128,40	806,00	1.053,00
1942	89,60	197,80	887,00	1.410,00
1943		156,60	823,00	1.299,00
1944		233,20	834,00	1.263,00
1945		193,50	897,00	1.290,00
1946		175,80	1.135,00	1.536,00
1947		303,90	1.648,00	2.307,00
1948		344,70	1.362,00	1.648,00
1949		282,30	1.226,00	1.217,00
1950		219,30	1.614,00	1.802,00
1951			1.460,00	2.449,00
1952			959,00	1.350,00
1953				968,00
1954				1.164,00
Q̄	148,42 m ³ /s	268,45 m ³ /s	1.219,18 m ³ /s	1.697,00 m ³ /s

RA BONITA e PORTO DE CIMA (AVANHANDAVA), cuja localização é indicada na FIGURA N.º 2 e cujos elementos característicos estão reunidos na TABELA N.º 1.

Na TABELA N. 2 figuram os pares de valores correspondentes $\log \Omega$, $\log \bar{Q}$; resulta (FIGURA N.º 3):

$$\log \bar{Q} = - 0,659 + 0,83 \log \Omega$$

E, sendo:

$$\frac{1}{\text{antilog. } 0,659} = 0,22$$

obtemos:

$$\bar{Q} = 0,22 \Omega^{0,83} \quad (16)$$

TABELA N.º 4
(TABLE N. 4)

Nº	VALORES (r_1) CLASSIFICADOS EM ORDEM DECRESCENTE Values (r_1) ranged in decreasing order			
	B. DO LINÃO	RASGÃO	BARRA BONITA	AVANHANDAVA
1	2,3993	2,7886	1,9054	2,1373
2	1,8192	1,5824	1,4944	1,6535
3	1,6885	1,4077	1,4042	1,6885
4	1,5833	1,2948	1,3517	1,3595
5	1,4985	1,2840	1,3238	1,3494
6	1,4728	1,1499	1,1975	1,3494
7	1,3138	1,1473	1,1319	1,0672
8	1,2505	1,1455	1,1171	1,0619
9	0,9999	1,1321	1,0146	1,0336
10	0,9904	1,0516	0,9310	1,0035
11	0,9770	0,8687	0,9252	0,9711
12	0,9743	0,8516	0,8785	0,9187
13	0,9150	0,8307	0,8415	0,9151
14	0,8557	0,8188	0,8079	0,9051
15	0,8422	0,7789	0,7866	0,8338
16	0,8126	0,7368	0,7357	0,8309
17	0,8126	0,7208	0,7275	0,8250
18	0,8018	0,6977	0,7243	0,7955
19	0,7789	0,6906	0,6841	0,7655
20	0,7560	0,6605	0,6808	0,7602
21	0,7411	0,6549	0,6750	0,7443
22	0,6926	0,6444	0,6611	0,7171
23	0,6199	0,5833		0,6889
24	0,6050	0,4783		0,6859
25	0,6037			0,6205
26	0,5801			0,5704
27	0,5457			
28	0,5451			
29	0,5255			

TO DE CIMA (AVANHANDAVA), whose situation we indicate in FIGURE N. 2 and whose characteristic elements are collected in the TABLE N.1.

In the TABLE N. 2, the pairs of correspondent values $\log \Omega$, $\log \bar{Q}$ are reported; it results:

For being:

we obtain:

TABELA N.º 5

(Table N. 5)

Nº de ord.	r_i	\bar{r}_i	T	log T
1	2,789	2,789	101,00	2,00432
2	2,399	2,594	50,50	1,70329
3	2,137	2,442	33,67	1,52724
4	1,905	2,308	25,25	1,40226
5	1,819	2,210	20,20	1,30535
6	1,688	2,123	16,83	1,22608
7	1,653	2,056	14,43	1,15927
8	1,583	1,997	12,62	1,10140
9	1,582	1,951	11,22	1,04999
10	1,498	1,906	10,10	1,00432
11	1,494	1,868	9,18	0,96294
12	1,473	1,835	8,42	0,92516
13	1,443	1,805	7,77	0,89037
14	1,408	1,777	7,21	0,85818
15	1,404	1,752	6,73	0,82821
16	1,359	1,727	6,31	0,80024
17	1,352	1,705	5,94	0,77386
18	1,349	1,686	5,61	0,74904
19	1,349	1,668	5,32	0,72558
20	1,324	1,651	5,05	0,70329
21	1,314	1,635	4,81	0,68214
22	1,295	1,619	4,59	0,66191
23	1,284	1,605	4,39	0,64256
24	1,250	1,590	4,21	0,62408
25	1,197	1,574	4,04	0,60638
26	1,150	1,558	3,88	0,58939
27	1,147	1,543	3,74	0,57299
28	1,145	1,528	3,61	0,55715
29	1,132	1,515	3,48	0,54195
30	1,132	1,502	3,37	0,52724
31	1,117	1,490	3,26	0,51295
32	1,067	1,476	3,16	0,49914
33	1,062	1,464	3,06	0,48586
34	1,051	1,452	2,97	0,47290
35	1,034	1,440	2,88	0,46030
36	1,014	1,428	2,80	0,44809
37	1,003	1,416	2,73	0,43616
38	1,000	1,406	2,66	0,42455
39	0,990	1,395	2,59	0,41330
40	0,977	1,384	2,52	0,40226
41	0,974	1,374	2,46	0,39146
42	0,971	1,365	2,40	0,38112
43	0,931	1,355	2,35	0,37088
44	0,925	1,345	2,29	0,36078
45	0,919	1,335	2,24	0,35102
46	0,915	1,326	2,20	0,34163
47	0,915	1,318	2,15	0,33224
48	0,905	1,309	2,10	0,32305
49	0,878	1,300	2,06	0,31408
50	0,869	1,292	2,02	0,30535
51	0,856	1,283	1,98	0,29667

Nº de ord.	r_i	\bar{r}_i	T	log T
52	0,852	1,275	1,94	0,28825
53	0,842	1,267	1,91	0,28012
54	0,841	1,259	1,87	0,27184
55	0,834	1,251	1,84	0,26387
56	0,831	1,243	1,80	0,25624
57	0,831	1,236	1,77	0,24846
58	0,825	1,229	1,74	0,24080
59	0,819	1,222	1,71	0,23350
60	0,812	1,215	1,68	0,22608
61	0,813	1,209	1,66	0,21906
62	0,808	1,202	1,63	0,21192
63	0,802	1,196	1,60	0,20493
64	0,795	1,190	1,58	0,19811
65	0,787	1,183	1,55	0,19145
66	0,779	1,177	1,53	0,18469
67	0,779	1,171	1,51	0,17811
68	0,765	1,165	1,48	0,17173
69	0,760	1,160	1,46	0,16554
70	0,756	1,154	1,44	0,15927
71	0,744	1,148	1,42	0,15320
72	0,741	1,142	1,40	0,14706
73	0,737	1,137	1,38	0,14114
74	0,736	1,131	1,36	0,13513
75	0,727	1,126	1,35	0,12937
76	0,724	1,121	1,33	0,12352
77	0,721	1,116	1,31	0,11793
78	0,717	1,110	1,29	0,11227
79	0,698	1,105	1,28	0,10653
80	0,692	1,100	1,26	0,10140
81	0,690	1,095	1,25	0,09587
82	0,689	1,090	1,23	0,09061
83	0,686	1,085	1,22	0,08529
84	0,684	1,080	1,20	0,07990
85	0,681	1,076	1,19	0,07482
86	0,675	1,071	1,17	0,06969
87	0,661	1,066	1,16	0,06483
88	0,660	1,062	1,15	0,05994
89	0,655	1,057	1,13	0,05500
90	0,644	1,053	1,12	0,04999
91	0,620	1,048	1,11	0,04532
92	0,620	1,043	1,10	0,04060
93	0,605	1,038	1,09	0,03582
94	0,604	1,034	1,07	0,03100
95	0,583	1,029	1,06	0,02653
96	0,580	1,024	1,05	0,02202
97	0,570	1,020	1,04	0,01745
98	0,546	1,015	1,03	0,01326
99	0,545	1,010	1,02	0,00860
100	0,525	1,005	1,01	0,00432
101	0,478	1,000	1,00	0,00000

* Ordering number

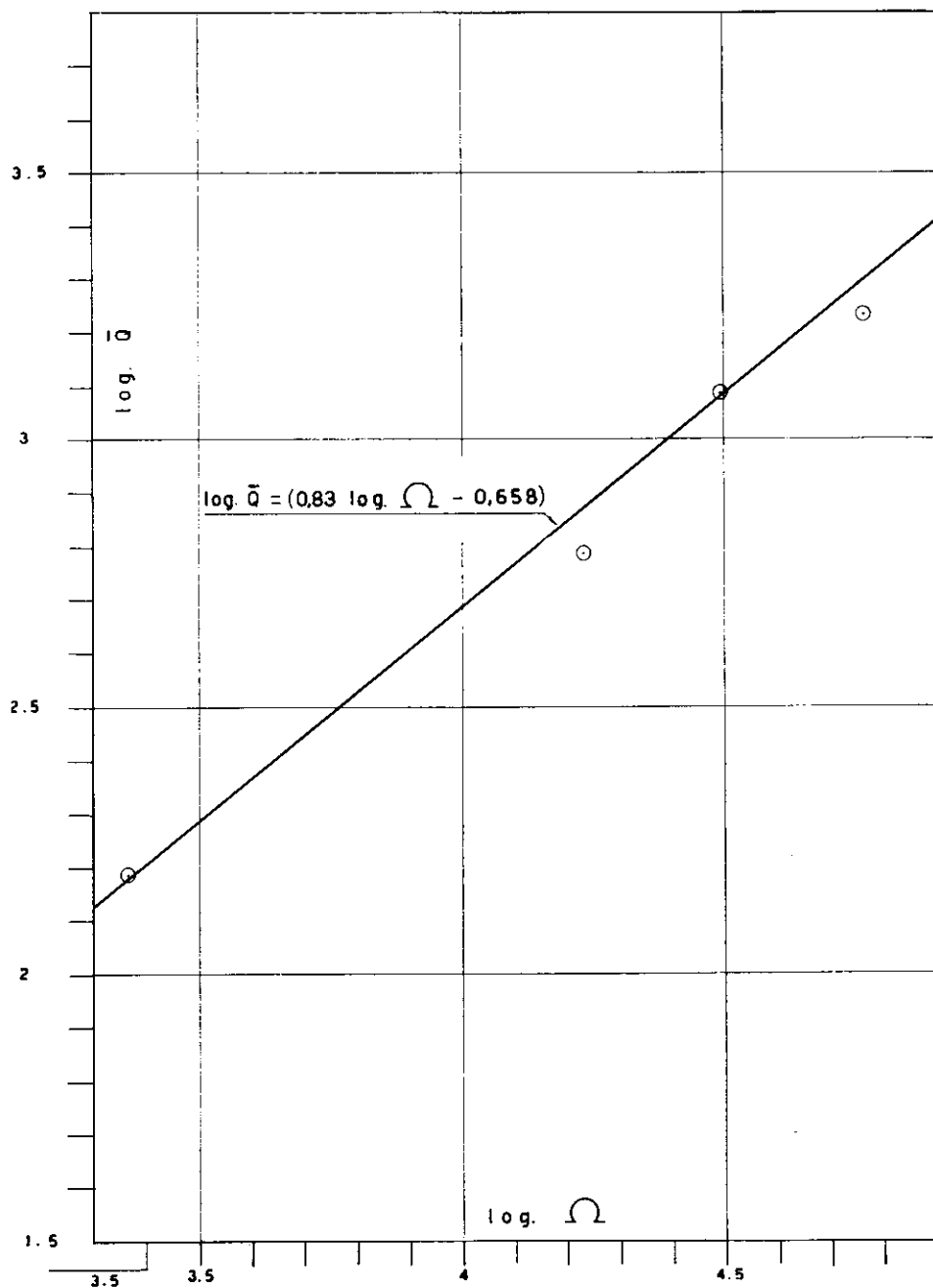
Na TABELA N.º 3, referem-se as máximas vazões diárias de cada ano e para cada posto fluviométrico, com as respectivas médias.

A TABELA N.º 4 refere os valores r_i , dados pela (6) e classificados em ordem decrescente para cada um dos postos fluviométricos.

We report, in TABLE N. 3. the maximum daily discharges of every year and for every fluvial spot, with the respective averages.

TABLE N. 4 reports the values r_i given by (6) and ranged in decreasing order, for each fluvial station.

FIG. 3



A TABELA N.º 5 sintetiza: os valores r_i , formando uma única série de:

TABLE N. 5 summarizes: the values r_i , forming one serie of:

$$(29 + 24 + 22 + 26) = 101 \text{ valores (values)}$$

classificados em ordem decrescente;

classified into decreasing order;

os valores \bar{r}_i , calculados pela (3);

the values \bar{r}_i , calculated by (3);

os valores correspondentes de T e $\log T$, determinados pela (4) e para $n = 101$.

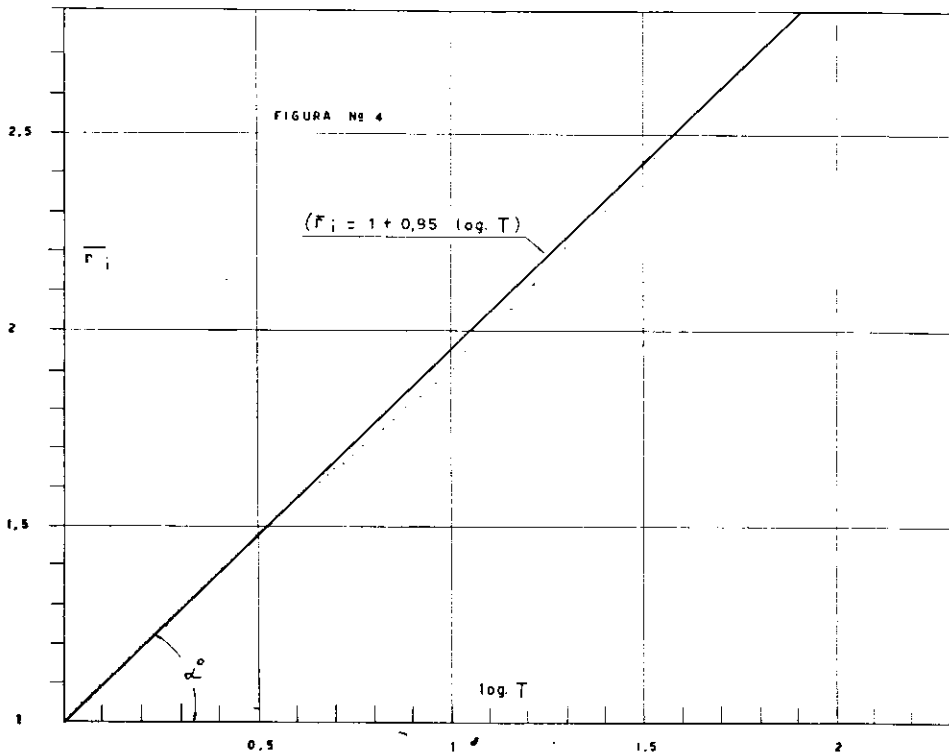
the corresponding values of T and $\log T$ determined by (4) and for $n=101$.

Os pontos de coordenadas $(\bar{r}_i; \log T)$ permitiram objetivar, no plano cartesiano da FIGURA N.º 4, a reta envoltória, de equação:

The points with coordinates $(\bar{r}_i; \log T)$ allowed to individuate, in the Cartesian plane of FIG. N. 4, the envelope straight line, having as equation:

$$\bar{r}_i = 1 + 0,95 \log T \quad (17)$$

FIG. 4



Assim, pois, considerando as (16) e (17) a (15) torna-se (escrevendo $\bar{Q}_i = Q$):

Thus, if we consider (16) and (17), equation (15) becomes (writing $\bar{Q}_i=Q$):

$$Q = 0,22 (1 + 0,95 \log T) \cdot \Omega^{0,83} \quad (18)$$

Equação esta, válida para secções fluviométricas alimentadas por áreas de drenagem ($\Omega \geq 2655 \text{ km}^2$), até a barra do rio TIETÉ no rio PARANÁ.

This equation is worth for fluviometrical sections fed by drainage areas $\Omega \geq 2655 \text{ km}^2$, such as the confluence of TIETÉ and PARANÁ rivers.

Cabe-nos, agora, uma consideração.

It is necessary to remember the following consideration.

Os 101 valores de Q_i examinados foram considerados independentes, isto é, ca-

The examined 101 values Q_i were considered as independent, that is to

da um representando uma condição hidrológica, um ano estatístico diferente.

Na realidade, porém os 101 anos estatísticos T estão agrupados em 29 anos reais T_r , tendo-se uma relação:

$$K = \frac{101}{29} = 3,48 \approx 3,5 \quad (19)$$

É muito difícil de se estabelecer um fator de correção para levar em conta a referida circunstância; na atualidade, não possuímos elementos para indicar uma orientação racional sobre o particular.

Querendo adotar um critério prudente, como aliás é razoável para esta categoria de problemas, poderíamos sugerir que na (18) se introduza o valor:

$$T = K.T_r = 3,5.T_r$$

A TABELA N.º 6 consubstancia valores característicos de máximas vazões diárias Q_M calculadas pela (18) recorrendo a (19).

say, everyone representing one hydrological condition, one different statistical year.

But practically 101 statistical years T belong to a period T_r of 29 real years; we have a relation:

It is very hard to fix a corrective factor, in order to set the reported circumstance; actually we have no elements to indicate a rational orientation upon the matter.

If we wish to follow a prudent criterion, as otherwise it is right for such a problem — we could suggest the introduction of the value:

into equation (18).

TABLE N. 6 collects characteristical values of maximum daily discharges (Q_M) which by (18) and bearing in mind (19) were calculated.

TABELA N.º 6
(TABLE N. 6)

T_r (anos) (years)	T (anos est.) (statistical years)	log T	$1 + 0,95 \log T$	Q_M (m ³ /seg)			
				BAIRRO DO LIMÃO	RASGÃO	BARRA BONITA	AVANHANDAVA
100	400	2,60206	3,472	515	932	4233	5892
500	2000	3,30103	4,236	614	1110	5043	7019
1000	4000	3,60206	4,422	656	1187	5391	7504

5 — Em precedente estudo [III] feito para a bacia do rio TIETÊ, a montante do posto do BAIRRO DO LIMÃO, isto é, para a parte da área de drenagem não considerada no presente estudo, BANDINI obteve:

$$Q = 0,286 (1,025 + 0,966 \log T) \Omega^{0,7945} \quad (20)$$

válida, para $(100 \leq \Omega \leq 2655 \text{ km}^2)$ e resultando $K = 2,5$.

As (18) e (20) fornecem a paridade de Ω e T valores pouco diferentes.

5 — In precedent study [III] over the TIETÊ river basin upstream BAIRRO DO LIMÃO spot, that is to say, the side of drainage area not considered in this memory, BANDINI obtained:

valid for $(100 \leq \Omega \leq 2655 \text{ km}^2)$ and resulting $K = 2,5$.

Formulae (18) and (19) give little different results, at par of Ω and T .

Para áreas ($\Omega < 100 \text{ Km}^2$), o próprio BANDINI obteve:

For areas ($\Omega < 100 \text{ Km}^2$), the same BANDINI obtained:

$$Q = (1,035 + 0,567 \log T) \cdot \bar{Q} \quad (21)$$

sendo $K = 2,4$ e \bar{Q} a média das vazões médias diárias no posto considerado; não foi possível obter uma relação entre \bar{Q} e o valor correspondente Ω da área de drenagem.

being $K = 2,4$ and \bar{Q} the average of daily discharges in considered spot; it was not possible to get a relation between \bar{Q} and the drainage area correspondent value Ω .

As fórmulas (18), (20) e (21) permitem calcular as vazões máximas diárias, em qualquer posto da bacia inteira do rio TIETÊ.

Formulae (18), (20), (21) allow to calculate maximum daily flow at any point of TIETÊ river drainage basin.

Bibliografia mencionada na presente memória (References)

- [I] — W. E. FULLER — Transactions of American Society of Civil Engineers. Vol. 77 — 1914.
- [II] — A. BANDINI — Refôrço do Abastecimento de Água Potável de São Paulo, utilizando Recursos do Alto Tietê — Revista DAE — N.º 39 — Dezembro de 1960.