

# FÓRMULA DE KUTTER

BENTO AFINI JÚNIOR (\*)

Na elaboração de projetos de redes coletoras de esgotos sanitários lançamos frequentemente mão de tabelas que nos permitem — de modo rápido e expedito — a determinação da velocidade de escoamento e da vazão, esta quase sempre com escoamento a meia secção.

Baseada na fórmula de Ganguillet-Kutter existem tabelas calculadas pelo Prof. José Meiches e Eng.<sup>a</sup> Ines R. Caruso, inclusive incorporadas às «Normas e Especificações para a Elaboração de Projetos de Esgotos Sanitários para a Área Metropolitana da Capital de São Paulo». Recentemente outras tabelas baseadas na mesma fórmula de Ganguillet-Kutter foram publicadas pela Probeco Engenharia Ltda. A elaboração destas tabelas teve o desenvolvimento de um programa de computação, processado por uma máquina IBM 1130.

Estamos hoje lançando novas tabelas para a determinação das velocidades e vazões de escoamento a meia secção, baseadas na fórmula de Kutter, para a qual o coeficiente de Chézy é:

$$C = \frac{100 \sqrt{R_H}}{(100n - 1) + \sqrt{R_H}}$$

onde para tubos de grés cerâmico  $n = 0,0130$ .

A partir do coeficiente de Chézy pudemos obter as velocidades e as vazões pelas duas fórmulas abaixo, a saber:

$$V = C \sqrt{R_H I}$$

$$Q = \frac{\pi D^2}{8} \cdot V$$

onde:

- V = velocidade de escoamento (m/s)
- I = declividade da tubulação assentada (m/m)
- $R_H$  = raio hidráulico da secção circular (m)
- C = coeficiente de Chézy
- Q = vazão de escoamento, a meia secção ( $m^3/s$ )
- D = diâmetro interno da tubulação (m)

As tabelas foram elaboradas tendo em vista os diâmetros comerciais existentes dos tubos de grés cerâmico e que vão desde 0,15 m (6") até 0,45 m (18"). Tubulações de diâmetros inferiores não são utilizadas na construção das redes urbanas de esgotos, mas tão somente nos ramais prediais, prevendo para estes ramais o diâmetro interno mínimo de 0,10 m (4"), conforme inclusive preconizam as Normas da A.B.N.T. (\*\*).

Fizemos também incluir uma tabela contendo as características técnicas principais dos tubos de grés cerâmico, a saber: diâmetro (metros

(\*) Engenheiro Encarregado de Setor Técnico. Chefe da (D.P.C. - 12) — Diretoria de Planejamento e Controle — SAEC — Assistente da Faculdade de Engenharia Industrial da PUCSP.

(\*\*) Também o artigo 12, do Decreto n.º 52.497, de 21/7/1970, publicado no D.O. em 25/7/1970 e retificação publicada em 31/7/1970 estabelece como de 0,10 m (4") o diâmetro mínimo do ramal de escoamento principal de toda habitação, inclusive provido de dispositivo de inspeção.

ou polegadas), comprimento (metros), peso (quilogramas) e preço por peça (Cr\$), bem como os custos de tributos (imposto sobre produtos industrializados) e fretes. Para o reajustamento de preços, fornecemos o índice de Preços da Coluna de Materiais, Conjuntura Econômica, referente a época em que tais preços eram vigentes, a saber: Dezembro de 1971.

No uso destas tabelas recomendamos que sejam impostas as condições limites de velocidades, ou seja:

Velocidade mínima = 0,60 m/s

Velocidade máxima = 4,50 m/s

Velocidades acima da máxima exigirão dispositivos ditos dissipadores de energia, além de problemas de abrasão das tubulações. Velocidades inferiores a mínima aqui recomendada po-

derão causar problemas de assoreamento da areia e sólidos.

Assim teríamos:

Diâmetro (m)	Declividade mínima (m/m)
0,15 (6")	0,0070
0,20 (8")	0,0050
0,25 (10")	0,0035
0,30 (12")	0,0025
0,38 (15")	0,0020
0,45 (18")	0,0018

Esperamos que as tabelas ora apresentadas, possam ser úteis aos colegas que militam na Engenharia Sanitária.

### MANILHAS DE GRES CERAMICO

Diâmetro		Comprimento (m)	Peso (kg)	Preço por peça (*) (Cr\$)
(m)	(")			
0,050	2"	0,60	4,00	1,13
0,075	3"	0,60	6,00	1,23
0,100	4"	0,60	8,00	1,34
		1,00	12,50	2,22
0,150	6"	1,00	24,00	5,81
		1,25	30,00	7,27
0,200	8"	1,50	51,00	14,96
0,250	10"	1,50	77,00	20,07
0,300	12"	1,50	96,00	25,64
0,380	15"	1,50	127,00	41,48
0,450	18"	1,50	181,00	62,59

(\*) Acréscimos: 8% de I.P.I. (Impostos sobre Produtos Industrializados)

Frete: Cr\$0,029/kg

Mogi Guaçu a São Paulo: 160 km

Índice de Preços

Dezembro de 1971 = 304

FÓRMULA DE KUTTER

$$C = \frac{100 \sqrt{R_H}}{(100 n - 1) + \sqrt{R_H}}$$

n = 0,0130  
(tubos de grês cerâmico)

D = 0,15 m (6")			D = 0,20 m (8")	
Declividade (m/m)	Velocidade (m/s)	Vazão(*) (m <sup>3</sup> /s)	Velocidade (m/s)	Vazão(*) (m <sup>3</sup> /s)
0,0010	0,2401	0,00212	0,3020	0,00474
0,0020	0,3397	0,00299	0,4273	0,00670
0,0030	0,4157	0,00367	0,5229	0,00820
0,0040	0,4803	0,00424	0,6041	0,00948
0,0050	0,5373	0,00474	0,6758	0,01061
0,0060	0,5882	0,00519	0,7399	0,01161
0,0070	0,6353	0,00560	0,7992	0,01254
0,0080	0,6794	0,00599	0,8546	0,01341
0,0090	0,7204	0,00636	0,9062	0,01422
0,0100	0,7600	0,00671	0,9560	0,01500
0,0110	0,7964	0,00703	1,0018	0,01572
0,0120	0,8322	0,00734	1,0468	0,01643
0,0130	0,8664	0,00765	1,0898	0,01710
0,0140	0,8990	0,00793	1,1309	0,01775
0,0150	0,9302	0,00821	1,1701	0,01837
0,0160	0,9606	0,00848	1,2083	0,01897
0,0170	0,9902	0,00874	1,2456	0,01955
0,0180	1,0191	0,00899	1,2819	0,02012
0,0190	1,0472	0,00924	1,3173	0,02068
0,0200	1,0746	0,00948	1,3517	0,02122
0,0210	1,1012	0,00972	1,3852	0,02174
0,0220	1,1270	0,00995	1,4177	0,02225
0,0230	1,1521	0,01017	1,4492	0,02275
0,0240	1,1772	0,01039	1,4808	0,02324
0,0250	1,2015	0,01060	1,5114	0,02372
0,0300	1,3163	0,01162	1,6557	0,02599
0,0350	1,4212	0,01254	1,7877	0,02806
0,0400	1,5200	0,01342	1,9120	0,03001
0,0450	1,6119	0,01423	2,0276	0,03183
0,0500	1,6993	0,01500	2,1376	0,03356
0,0550	1,7822	0,01573	2,2418	0,03519
0,0600	1,8612	0,01643	2,3412	0,03675
0,0650	1,9372	0,01710	2,4368	0,03825
0,0700	2,0102	0,01775	2,5286	0,03969
0,0750	2,0808	0,01837	2,6175	0,04109
0,0800	2,1492	0,01897	2,7035	0,04244
0,0850	2,2154	0,01956	2,7867	0,04375
0,0900	2,2800	0,02013	2,8680	0,04502
0,0950	2,3423	0,02068	2,9463	0,04625
0,1000	2,4031	0,02121	3,0228	0,04745
0,1500	2,9434	0,02599	3,7025	0,05812
0,2000	3,3987	0,03001	4,2752	0,06712

(\*) Escoamento a meia secção.

Tabela calculada pelo

Eng<sup>o</sup> BENTO AFINI JÚNIOR - 1970

**FÓRMULA DE KUTTER**

$$C = \frac{100 \sqrt{R_H}}{(100 n - 1) + \sqrt{R_H}}$$

n = 0,0130

(tubos de grês cerâmico)

D = 0,25 m (10")			D = 0,30 m (12")	
Declividade (m/m)	Velocidade (m/s)	Vazão(*) (m <sup>3</sup> /s)	Velocidade (m/s)	Vazão(*) (m <sup>3</sup> /s)
0,0010	0,3589	0,00879	0,4133	0,01458
0,0020	0,5077	0,01243	0,5846	0,02063
0,0030	0,6223	0,01522	0,7154	0,02525
0,0040	0,7179	0,01758	0,8266	0,02917
0,0050	0,8031	0,01967	0,9247	0,03264
0,0060	0,8792	0,02154	1,0123	0,03573
0,0070	0,9496	0,02326	1,0934	0,03859
0,0080	1,0155	0,02487	1,1693	0,04127
0,0090	1,0769	0,02638	1,2399	0,04376
0,0100	1,1360	0,02783	1,3080	0,04617
0,0110	1,1905	0,02916	1,3707	0,04838
0,0120	1,2439	0,03047	1,4322	0,05055
0,0130	1,2950	0,03172	1,4911	0,05263
0,0140	1,3438	0,03292	1,5473	0,05461
0,0150	1,3904	0,03406	1,6009	0,05651
0,0160	1,4359	0,03517	1,6533	0,05836
0,0170	1,4802	0,03626	1,7043	0,06016
0,0180	1,5233	0,03732	1,7540	0,06191
0,0190	1,5654	0,03835	1,8024	0,06362
0,0200	1,6063	0,03935	1,8495	0,06528
0,0210	1,6460	0,04032	1,8952	0,06690
0,0220	1,6846	0,04127	1,9397	0,06847
0,0230	1,7221	0,04219	1,9829	0,06999
0,0240	1,7596	0,04311	2,0260	0,07151
0,0250	1,7960	0,04400	2,0679	0,07299
0,0300	1,9675	0,04820	2,2654	0,07996
0,0350	2,1243	0,05204	2,4459	0,08634
0,0400	2,2720	0,05566	2,6160	0,09234
0,0450	2,4094	0,05903	2,7742	0,09792
0,0500	2,5400	0,06223	2,9246	0,10323
0,0550	2,6639	0,06526	3,0672	0,10827
0,0600	2,7820	0,06815	3,2032	0,11307
0,0650	2,8956	0,07094	3,3340	0,11769
0,0700	3,0047	0,07361	3,4596	0,12212
0,0750	3,1103	0,07620	3,5813	0,12641
0,0800	3,2126	0,07870	3,6990	0,13057
0,0850	3,3114	0,08112	3,8128	0,13459
0,0900	3,4080	0,08349	3,9240	0,13851
0,0950	3,5011	0,08577	4,0312	0,14230
0,1000	3,5920	0,08800	4,1358	0,14599
0,1500	4,3997	0,10779	5,0658	0,17882
0,2000	5,0801	0,12446	5,8493	0,20648

(\*) Escoamento a meia secção.

Tabela calculada pelo

Engº BENTO AFINI JÚNIOR - 1970.

**FÓRMULA DE KUTTER**

$$C = \frac{100 \sqrt{R_H}}{(100 n - 1) + \sqrt{R_H}} \quad n = 0,0130$$

(tubos de grês cerâmico)

D = 0,38 m (15")			D = 0,45 m (18")	
Declividade (m/m)	Velocidade (m/s)	Vazão(*) (m <sup>3</sup> /s)	Velocidade (m/s)	Vazão(*) (m <sup>3</sup> /s)
0,0005	0,3483	0,01973	0,3949	0,03130
0,0006	0,3811	0,02159	0,4321	0,03425
0,0007	0,4123	0,02336	0,4675	0,03706
0,0008	0,4404	0,02495	0,4994	0,03959
0,0009	0,4686	0,02655	0,5313	0,04212
0,0010	0,4935	0,02796	0,5596	0,04436
0,0020	0,6982	0,03956	0,7916	0,06275
0,0030	0,8544	0,04841	0,9687	0,07679
0,0040	0,9871	0,05593	1,1192	0,08873
0,0050	1,1043	0,06258	1,2520	0,09925
0,0060	1,2089	0,06850	1,3707	0,10866
0,0070	1,3058	0,07399	1,4805	0,11737
0,0080	1,3964	0,07913	1,5832	0,12551
0,0090	1,4807	0,08391	1,6789	0,13310
0,0100	1,5620	0,08851	1,7710	0,14040
0,0110	1,6369	0,09276	1,8560	0,14714
0,0120	1,7103	0,09692	1,9392	0,15373
0,0130	1,7806	0,10090	2,0189	0,16005
0,0140	1,8478	0,10471	2,0950	0,16609
0,0150	1,9118	0,10834	2,1677	0,17185
0,0160	1,9743	0,11188	2,2385	0,17746
0,0170	2,0352	0,11533	2,3076	0,18294
0,0180	2,0946	0,11870	2,3749	0,18828
0,0190	2,1524	0,12197	2,4404	0,19347
0,0200	2,2086	0,12516	2,5041	0,19852
0,0210	2,2633	0,12826	2,5661	0,20344
0,0220	2,3164	0,13127	2,6263	0,20821
0,0230	2,3679	0,13418	2,6848	0,21285
0,0240	2,4195	0,13711	2,7432	0,21748
0,0250	2,4695	0,13994	2,7999	0,22197
0,0300	2,7053	0,15330	3,0673	0,24317
0,0350	2,9209	0,16552	3,3117	0,26255
0,0400	3,1240	0,17703	3,5420	0,28080
0,0450	3,3130	0,18774	3,7562	0,29779
0,0500	3,4926	0,19792	3,9599	0,31394
0,0550	3,6628	0,20757	4,1529	0,32924
0,0600	3,8253	0,21677	4,3371	0,34384
0,0650	3,9815	0,22563	4,5142	0,35788
0,0700	4,1314	0,23412	4,6842	0,37136
0,0750	4,2767	0,24236	4,8489	0,38442
0,0800	4,4173	0,25032	5,0083	0,39705
0,0850	4,5532	0,25802	5,1624	0,40927
0,0900	4,6860	0,26555	5,3130	0,42121
0,0950	4,8140	0,27280	5,4582	0,43272
0,1000	4,9390	0,27989	5,5999	0,44396
0,1500	6,0496	0,34283	6,8590	0,54378
0,2000	6,9852	0,39585	7,9199	0,62788

(\*) Escoamento a meia secção

Tabela calculada pelo

Eng<sup>o</sup> BENTO AFINI JÚNIOR - 1970