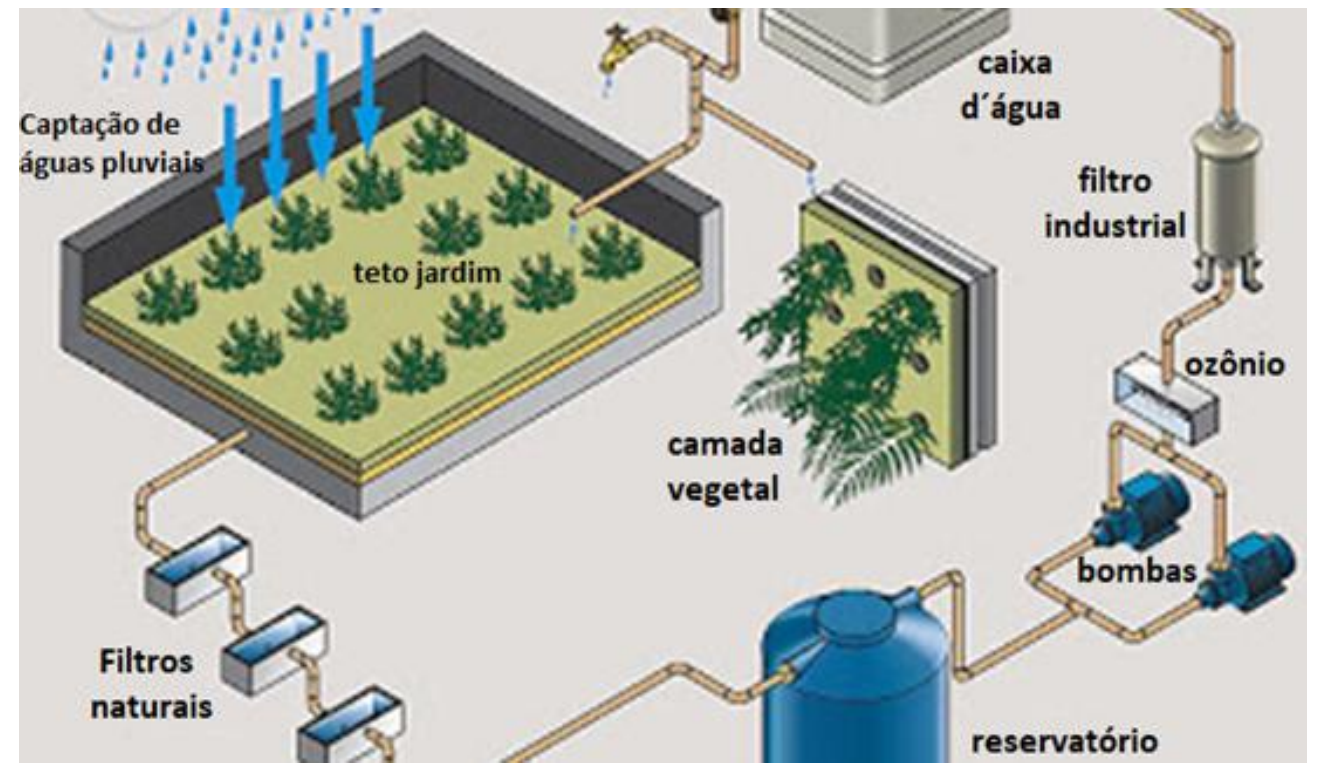




Seção circular

A mais usada em canais fechados.

Hidráulica Básica – aula 13

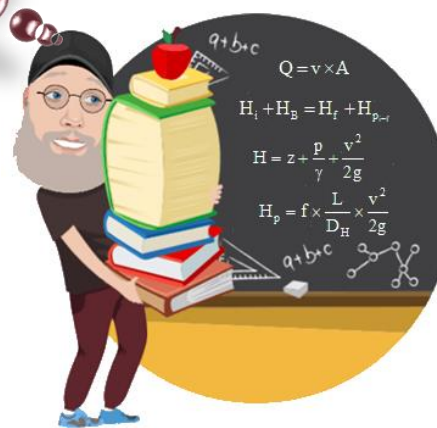


Consegue justificar?

Para dois canais com um mesmo material de fabricação (rugosidade), a mesma área molhada e igual declividade, quanto menor a extensão da seção transversal em contato com a água (perímetro molhado), maior será a velocidade média do escoamento e, em consequência, maior será também a vazão ou descarga. E essa vantagem, só a seção transversal de formato circular nos propicia.



O engenheiro precisa resolver problemas.





ROBERT MANNING

$n = cte; A = cte \text{ e } I_0 = cte$

$R_H = \frac{A}{\sigma} \Rightarrow \sigma \downarrow \Rightarrow R_H \uparrow \text{ e } \sigma_{\text{mínimo}} \text{ é obtido na seção circular}$

$R_H \uparrow \Rightarrow v \uparrow \text{ e } Q \uparrow$
c.q.d



ANTOINE DE CHÉZY



v

=

1

n

×

$R_H^{2/3}$

×

$\sqrt{I_0}$



$v = \sqrt{2gh}$

$P_{abs} = P + P_{atm}$

$H_i + H_B = H_f + H_{p_{i-f}}$

$H = z + \frac{p}{\gamma} + \frac{v^2}{2g}$

$v = \frac{\mu}{\rho}$

$N = \gamma \times Q \times H_B$



Curva do esquecimento

$\frac{P_{dinâmica}}{\gamma} = \frac{v^2}{2g}$



COM A PRÁTICA, DEDICAÇÃO E, ACIMA DE TUDO, PERSISTÊNCIA E MÉTODO, SOMOS CAPAZES DE APERFEIÇOAR NOSSA ATENÇÃO, NOSSA MEMÓRIA E NOSSA CAPACIDADE DE APRENDIZADO E AÍ TORNANDO-NOS MAIS INTELIGENTES QUE ÉRAMOS ANTES, PORTANTO, DEIXE DE LADO AS SUAS DESCULPAS E COMEÇA A SE DEDICAR!

$H = z + \frac{p}{\gamma} + \frac{v^2}{2g}$



v

=

C

×

$\sqrt{R_H}$

×

$\sqrt{I_0}$

VARIEDADE DE APLICAÇÕES

A facilidade de usarmos tubos comerciais, principalmente os de PVC rígidos por serem lisos, leves, resistentes, baratos e duráveis – para transportar água por gravidade (o que justifica o termo “canais”) no meio rural, enseja uma gama variada de aplicações: irrigação por tubos janelados, sifões rígidos para canais em concreto (ainda na irrigação por sulcos), alimentação de tanques de piscicultura e, até mesmo a construção de redes de esgotos sanitários, redes pluviais, bueiros, etc. ...

Vamos então estudar os elementos hidráulicos da seção circular do canal.





Tínhamos visto que:



Forma da seção	Área (A) (m ²)	Perímetro molhado (σ) (m)	Raio hidráulico (R_H) (m)	Largura do Topo (B) (m)
	$\frac{1}{8}(\theta - \text{sen } \theta).D^2$ $\theta = \text{RAD}$	$\frac{\theta.D}{2}$	$\frac{1}{4}\left(1 - \frac{\text{sen } \theta}{\theta}\right)D$	$\left(\text{sen } \frac{\theta}{2}\right).D$

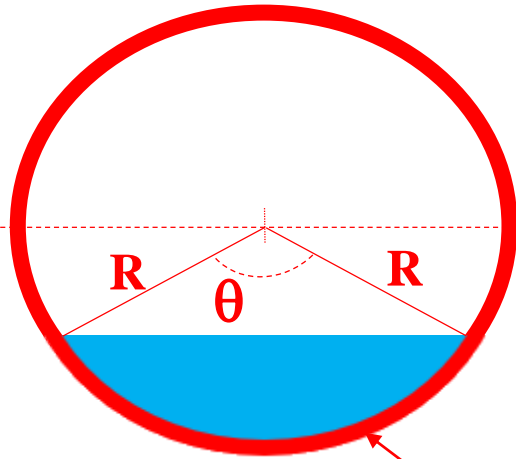
Não é tão complicado assim, como veremos a seguir!



Mas como engenheiro, temos que saber explicar como chegamos a elas!



1

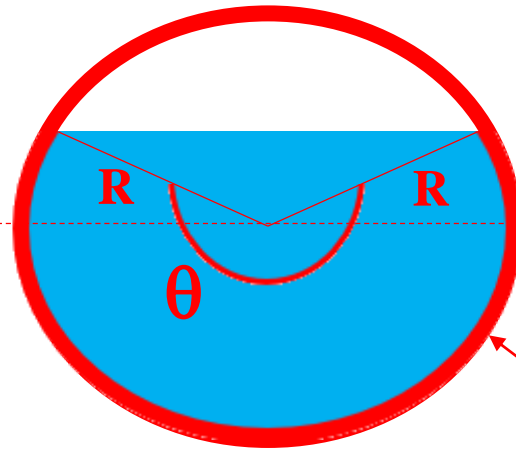


Lembrando que o perímetro molhado (σ) é obtido pelo contato do fluido com a parede sólida, para ambas situações, temos que o perímetro molhado é o comprimento do arco estabelecido pelo ângulo central θ .

Visualizando duas possibilidades para a seção:



$$\sigma = \theta \times R = \theta \times \frac{D}{2}$$

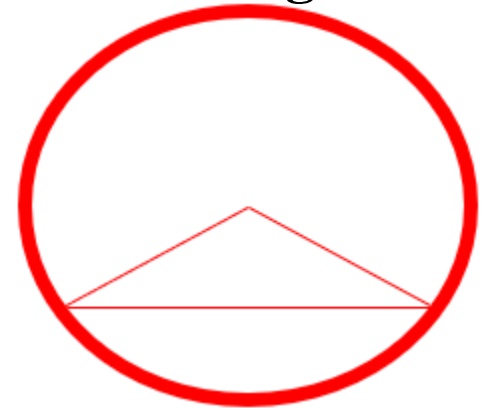
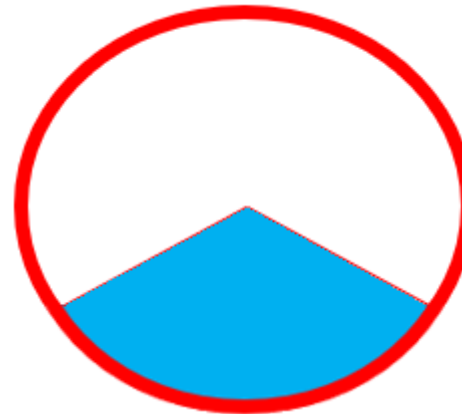


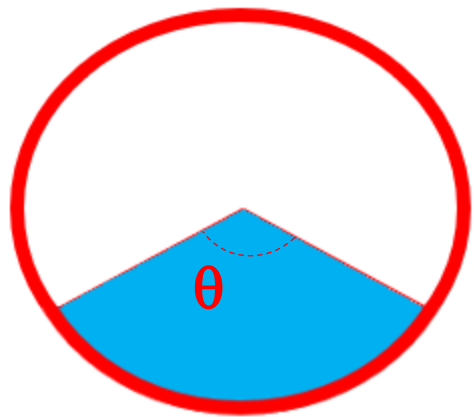
Vamos calcular a área molhada (A) para a possibilidade 1, onde temos:

$$A = A_{\text{setor}} - A_{\text{triangulo}}$$

θ em radiano

$$\sigma = \theta \times R = \theta \times \frac{D}{2}$$



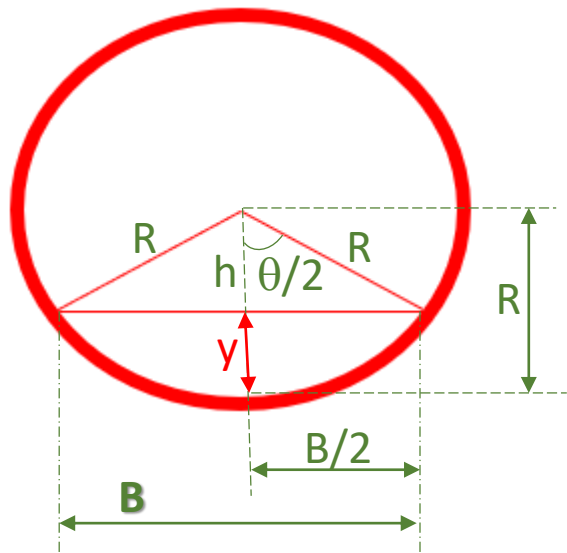


A área do setor é obtida por uma regra de três:

$$\begin{array}{l}
 2\pi \leftrightarrow \pi R^2 \\
 \theta \leftrightarrow A_{\text{setor}}
 \end{array}
 \longrightarrow
 A_{\text{setor}} = \frac{\theta \times \pi R^2}{2\pi} = \frac{\theta}{2} \times R^2 = \frac{\theta}{8} \times D^2$$

$\theta \rightarrow$ em radiano

A área do triângulo:



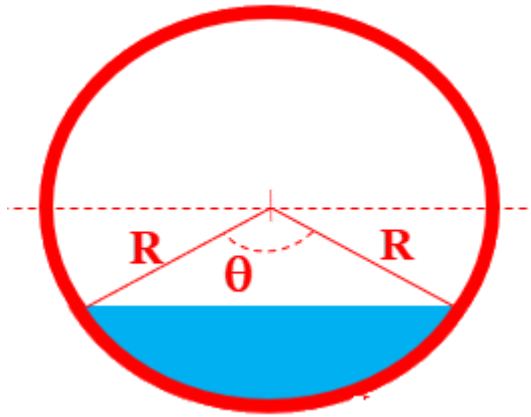
$$A_{\text{triângulo}} = \frac{1}{2} B \times h \longrightarrow A_{\text{triângulo}} = \frac{1}{2} \times \frac{D^2}{2} \times \text{sen}\left(\frac{\theta}{2}\right) \times \cos\left(\frac{\theta}{2}\right)$$

$$\text{sen}\left(\frac{\theta}{2}\right) = \frac{B/2}{R} \therefore B = 2R \text{sen}\left(\frac{\theta}{2}\right) = D \text{sen}\left(\frac{\theta}{2}\right)$$

$$\cos\left(\frac{\theta}{2}\right) = \frac{h}{R} \therefore h = R \cos\left(\frac{\theta}{2}\right) = \frac{D}{2} \cos\left(\frac{\theta}{2}\right)$$

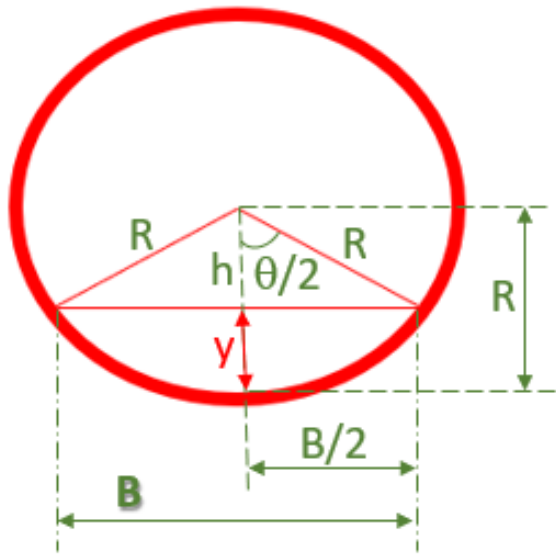
$$\text{sen}\left(\frac{\theta}{2}\right) \times \cos\left(\frac{\theta}{2}\right) = \frac{1}{2} \text{sen}\theta$$

$$A_{\text{triângulo}} = \frac{D^2}{8} \times \text{sen}\theta$$



$$A = A_{\text{setor}} - A_{\text{triangulo}} \quad \longrightarrow \quad A = \frac{\theta}{8} \times D^2 - \frac{D^2}{8} \times \text{sen}\theta$$

$$\therefore A = \frac{D^2}{8} (\theta - \text{sen}\theta)$$



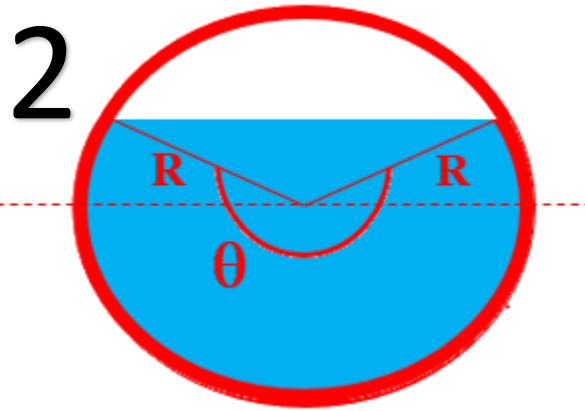
Podemos escrever que:

$$y = R - h = R - \frac{D}{2} \cos\left(\frac{\theta}{2}\right) = \frac{D}{2} \times \left[1 - \cos\left(\frac{\theta}{2}\right)\right]$$

$$\frac{2y}{D} = 1 - \cos\left(\frac{\theta}{2}\right)$$

$$\theta = 2 \times \arccos\left(1 - \frac{2y}{D}\right)$$

Problema 15 – Demonstre que as equações obtidas para a possibilidade 1, são válidas para a possibilidade 2.



$$\sigma = \theta \times R = \theta \times \frac{D}{2}$$

$$B = D \operatorname{sen} \left(\frac{\theta}{2} \right)$$

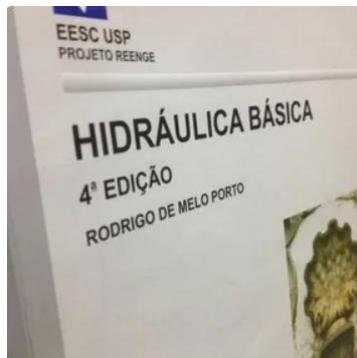
$$A = \frac{D^2}{8} (\theta - \operatorname{sen} \theta)$$

$$\frac{2y}{D} = 1 - \operatorname{cos} \left(\frac{\theta}{2} \right)$$

$$\theta = 2 \times \operatorname{arccos} \left(1 - \frac{2y}{D} \right)$$

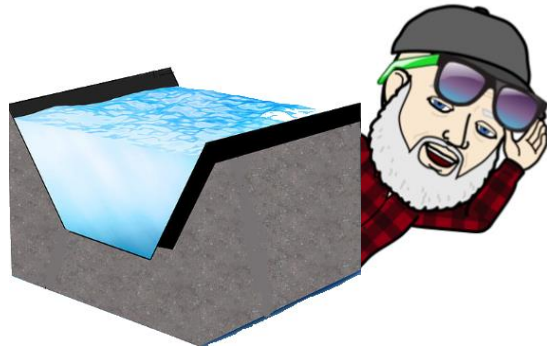
Problema 16 – Uma galeria de águas pluviais de 1,0 m de diâmetro, coeficiente de rugosidade de Manning $n = 0,013$ e declividade de fundo $I_0 = 2,5 \times 10^{-3}$ m/m transporta, em condições de regime permanente uniforme, uma vazão de $1,2 \text{ m}^3/\text{s}$.

- Determine a altura d'água e a velocidade média do escoamento.
- Qual seria a capacidade de vazão da galeria, se ela funcionasse na condição de máxima vazão?



Problema retirado do
livro de Hidráulica Básica
página 263





Método apresentado pelos professores Ariovaldo Nuvolari e Acácio Eiji Ito da Faculdade de Tecnologia de São Paulo (FATEC – SP)

A primeira solução está baseada no livro Manual de Hidráulica escrito por Azevedo Netto e outros.



Iniciamos calculando o parâmetro adimensional a seguir:

$$\frac{Q \times n}{D^{8/3} \times I_0^{1/2}}$$

$$\frac{Q \times n}{D^{8/3} \times I_0^{1/2}} = \frac{1,2 \times 0,013}{1^{8/3} \times 0,0025^{1/2}} \cong 0,312$$

Pela tabela 14.5, apresentada no próximo slide, temos:

$$0,82 \leftrightarrow 0,3118$$

$$\frac{y}{D} \leftrightarrow 0,312$$

$$0,83 \leftrightarrow 0,3151$$

$$\frac{0,83 - \frac{y}{D}}{0,83 - 0,82} = \frac{0,3151 - 0,312}{0,3151 - 0,3118}$$

$$\frac{0,83 - \frac{y}{D}}{0,01} = \frac{0,00310}{0,00330} \therefore \frac{y}{D} \cong 0,8206$$

$$y \cong 0,8206m$$

Tabela 14.5 – Escoamento em regime permanente uniforme
– Canais circulares –

y/D	Q · n/D ^{8/3} · I ^{1/2}	y/D	Q · n/D ^{8/3} · I ^{1/2}
0,01	0,0001	0,51	0,1611
0,02	0,0002	0,52	0,1665
0,03	0,0005	0,53	0,1718
0,04	0,0009	0,54	0,1772
0,05	0,0015	0,55	0,1825
0,06	0,0022	0,56	0,1879
0,07	0,0031	0,57	0,1933
0,08	0,0041	0,58	0,1987
0,09	0,0052	0,59	0,2040
0,10	0,0065	0,60	0,2094
0,11	0,0079	0,61	0,2147
0,12	0,0095	0,62	0,2200
0,13	0,0113	0,63	0,2253
0,14	0,0131	0,64	0,2305
0,15	0,0151	0,65	0,2357
0,16	0,0173	0,66	0,2409
0,17	0,0196	0,67	0,2460
0,18	0,0220	0,68	0,2510
0,19	0,0246	0,69	0,2560
0,20	0,0273	0,70	0,2609
0,21	0,0301	0,71	0,2658
0,22	0,0331	0,72	0,2705
0,23	0,0362	0,73	0,2752
0,24	0,0394	0,75	0,2797
0,25	0,0427	0,75	0,2842
0,26	0,0461	0,76	0,2885
0,27	0,0497	0,77	0,2928
0,28	0,0534	0,78	0,2969
0,29	0,0571	0,79	0,3008
0,30	0,0610	0,80	0,3046
0,31	0,0650	0,81	0,3083
0,32	0,0691	0,82	0,3118
0,33	0,0733	0,83	0,3151
0,34	0,0776	0,84	0,3182
0,35	0,0819	0,85	0,3211
0,36	0,0864	0,86	0,3238
0,37	0,0909	0,87	0,3263
0,38	0,0956	0,88	0,3285
0,39	0,1003	0,89	0,3305
0,40	0,1050	0,90	0,3322
0,41	0,1099	0,91	0,3335
0,42	0,1148	0,92	0,3345
0,43	0,1197	0,93	0,3351
0,44	0,1247	0,94	0,3352
0,45	0,1298	0,95	0,3349
0,46	0,1349	0,96	0,3339
0,47	0,1401	0,97	0,3321
0,48	0,1453	0,98	0,3293
0,49	0,1505	0,99	0,3247
0,50	0,1558	1,00	0,3116



$$\sigma = \theta \times R = \theta \times \frac{D}{2}$$

$$B = D \sin\left(\frac{\theta}{2}\right)$$

$$A = \frac{D^2}{8} (\theta - \text{sen}\theta)$$

$$\frac{2y}{D} = 1 - \cos\left(\frac{\theta}{2}\right)$$

$$\theta = 2 \times \arccos\left(1 - \frac{2y}{D}\right)$$

Tabela 14.6 – Escoamento em regime permanente uniforme
– Canais circulares –

y/D	Q · n/y ^{8/3} · I ^{1/2}	y/D	Q · n/y ^{8/3} · I ^{1/2}
0,01	10,1118	0,51	0,9705
0,02	7,1061	0,52	0,9529
0,03	5,7662	0,53	0,9339
0,04	4,9625	0,54	0,9162
0,05	4,4107	0,55	0,8989
0,06	4,0009	0,56	0,8820
0,07	3,6805	0,57	0,8654
0,08	3,4207	0,58	0,8491
0,09	3,2043	0,59	0,8332
0,10	3,0201	0,60	0,8176
0,11	2,8606	0,61	0,8022
0,12	2,7208	0,62	0,7872
0,13	2,5966	0,63	0,7724
0,14	2,4854	0,64	0,7579
0,15	2,3849	0,65	0,7436
0,16	2,2935	0,66	0,7295
0,17	2,2097	0,67	0,7156
0,18	2,1326	0,68	0,7019
0,19	2,0613	0,69	0,6884
0,20	1,9950	0,70	0,6751
0,21	1,9332	0,71	0,6620
0,22	1,8752	0,72	0,6490
0,23	1,8208	0,73	0,6360
0,24	1,7696	0,74	0,6244
0,25	1,7212	0,75	0,6120
0,26	1,6753	0,76	0,5998
0,27	1,6318	0,77	0,5878
0,28	1,5903	0,78	0,5758
0,29	1,5509	0,79	0,5640
0,30	1,5132	0,80	0,5523
0,31	1,4771	0,81	0,5407
0,32	1,4426	0,82	0,5293
0,33	1,4094	0,83	0,5179
0,34	1,3776	0,84	0,5066
0,35	1,3469	0,85	0,4953
0,36	1,3174	0,86	0,4842
0,37	1,2889	0,87	0,4731
0,38	1,2614	0,88	0,4620
0,39	1,2348	0,89	0,4509
0,40	1,2091	0,90	0,4399
0,41	1,1841	0,91	0,4289
0,42	1,1600	0,92	0,4178
0,43	1,1365	0,93	0,4066
0,44	1,1138	0,94	0,3954
0,45	1,0916	0,95	0,3840
0,46	1,0701	0,96	0,3723
0,47	1,0491	0,97	0,3602
0,48	1,0287	0,98	0,3475
0,49	1,0088	0,99	0,3335
0,50	0,9894	1,00	0,3116

Tabela 14.7 – Escoamento em regime permanente uniforme
– Canais circulares –

y/D	v · n/D ^{2/3} · I ^{1/2}	y/D	v · n/D ^{2/3} · I ^{1/2}
0,01	0,0353	0,51	0,4002
0,02	0,0559	0,52	0,4034
0,03	0,0730	0,53	0,4065
0,04	0,0881	0,54	0,4095
0,05	0,1019	0,55	0,4124
0,06	0,1147	0,56	0,4153
0,07	0,1267	0,57	0,4180
0,08	0,1381	0,58	0,4206
0,09	0,1489	0,59	0,4231
0,10	0,1592	0,60	0,4256
0,11	0,1691	0,61	0,4279
0,12	0,1786	0,62	0,4301
0,13	0,1877	0,63	0,4323
0,14	0,1965	0,64	0,4343
0,15	0,2051	0,65	0,4362
0,16	0,2133	0,66	0,4381
0,17	0,2214	0,67	0,4398
0,18	0,2291	0,68	0,4414
0,19	0,2367	0,69	0,4429
0,20	0,2441	0,70	0,4444
0,21	0,2512	0,71	0,4457
0,22	0,2582	0,72	0,4469
0,23	0,2650	0,73	0,4480
0,24	0,2716	0,74	0,4489
0,25	0,2780	0,75	0,4498
0,26	0,2843	0,76	0,4505
0,27	0,2905	0,77	0,4512
0,28	0,2965	0,78	0,4517
0,29	0,3023	0,79	0,4520
0,30	0,3080	0,80	0,4523
0,31	0,3135	0,81	0,4524
0,32	0,3190	0,82	0,4524
0,33	0,3243	0,83	0,4522
0,34	0,3295	0,84	0,4519
0,35	0,3345	0,85	0,4514
0,36	0,3394	0,86	0,4507
0,37	0,3443	0,87	0,4499
0,38	0,3490	0,88	0,4489
0,39	0,3535	0,89	0,4476
0,40	0,3580	0,90	0,4462
0,41	0,3624	0,91	0,4445
0,42	0,3666	0,92	0,4425
0,43	0,3708	0,93	0,4402
0,44	0,3748	0,94	0,4376
0,45	0,3787	0,95	0,4345
0,46	0,3825	0,96	0,4309
0,47	0,3863	0,97	0,4267
0,48	0,3899	0,98	0,4213
0,49	0,3934	0,99	0,4142
0,50	0,3968	1,00	0,3968



$$\sigma = \theta \times R = \theta \times \frac{D}{2}$$

$$B = D \operatorname{sen} \left(\frac{\theta}{2} \right)$$

$$A = \frac{D^2}{8} (\theta - \operatorname{sen} \theta)$$

$$\frac{2y}{D} = 1 - \cos \left(\frac{\theta}{2} \right)$$

$$\theta = 2 \times \arccos \left(1 - \frac{2y}{D} \right)$$

Tabela 14.8 – Escoamento em regime permanente uniforme
– Canais circulares –

y/D	v · n/y ^{2/3} · I ^{1/2}	y/D	v · n/y ^{2/3} · I ^{1/2}
0,01	0,7608	0,51	0,6260
0,02	0,7584	0,52	0,6238
0,03	0,7560	0,53	0,6207
0,04	0,7536	0,54	0,6176
0,05	0,7511	0,55	0,6144
0,06	0,7487	0,56	0,6112
0,07	0,7463	0,57	0,6080
0,08	0,7438	0,58	0,6048
0,09	0,7414	0,59	0,6015
0,10	0,7389	0,60	0,5982
0,11	0,7365	0,61	0,5949
0,12	0,7340	0,62	0,5916
0,13	0,7315	0,63	0,5882
0,14	0,7290	0,64	0,5848
0,15	0,7265	0,65	0,5814
0,16	0,7239	0,66	0,5779
0,17	0,7214	0,67	0,5744
0,18	0,7188	0,68	0,5709
0,19	0,7163	0,69	0,5673
0,20	0,7137	0,70	0,5637
0,21	0,7111	0,71	0,5600
0,22	0,7085	0,72	0,5563
0,23	0,7059	0,73	0,5525
0,24	0,7033	0,74	0,5487
0,25	0,7007	0,75	0,5449
0,26	0,6980	0,76	0,5410
0,27	0,6954	0,77	0,5371
0,28	0,6827	0,78	0,5330
0,29	0,6900	0,79	0,5290
0,30	0,6873	0,80	0,5248
0,31	0,6846	0,81	0,5206
0,32	0,6819	0,82	0,5164
0,33	0,6791	0,83	0,5120
0,34	0,6764	0,84	0,5076
0,35	0,6736	0,85	0,5030
0,36	0,6708	0,86	0,4984
0,37	0,6680	0,87	0,4936
0,38	0,6652	0,88	0,4888
0,39	0,6623	0,89	0,4838
0,40	0,6595	0,90	0,4786
0,41	0,6566	0,91	0,4733
0,42	0,6537	0,92	0,4678
0,43	0,6508	0,93	0,4620
0,44	0,6479	0,94	0,4560
0,45	0,6449	0,95	0,4496
0,46	0,6420	0,96	0,4428
0,47	0,6390	0,97	0,4354
0,48	0,6360	0,98	0,4271
0,49	0,6330	0,99	0,4170
0,50	0,6299	1,00	0,3968

Cálculo da velocidade média do escoamento: $v = \frac{1}{n} \times R_H^{2/3} \times I_0^{1/2}$

$$360^\circ \leftrightarrow 2\pi$$

$$\theta = 2 \times \arccos\left(1 - \frac{2 \times 0,8206}{1}\right) \Rightarrow \theta \cong 259,8^\circ \quad \longrightarrow \quad 259,8 \leftrightarrow x \therefore x = \frac{2\pi \times 259,8}{360}$$

$$x \cong 4,534 \text{radianos}$$

$$\sigma = \theta \times R = \theta \times \frac{D}{2} \quad \longrightarrow \quad \sigma = 4,534 \times \frac{1}{2} \cong 2,267 \text{m}$$

$$A = \frac{D^2}{8} (\theta - \text{sen}\theta) \quad \longrightarrow \quad A = \frac{1^2}{8} (4,534 - \text{sen}259,8) \cong 0,690 \text{m}^2$$

$$R_H = \frac{A}{\sigma} = \frac{0,69}{2,267} \cong 0,304 \text{m} \quad \longrightarrow \quad v = \frac{1}{0,013} \times 0,304^{2/3} \times 0,0025^{0,5} \therefore v \cong 1,74 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Uma outra maneira de resolver é pelo Excel e recorrendo ao teste de hipóteses denominado de atingir metas.

Resolução pelo Excel

https://youtu.be/1F_9LeX_QAA

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	Q	1,2	m ³ /s											
2	n	0,013	s/m ^{1/3}		$\theta = 2 \times \arcsin\left(1 - \frac{2y}{D}\right)$		$\sigma = \theta \times R = \theta \times \frac{D}{2}$							
3	lo	0,0025	m/m											
4	D	1	m											
5														
6	y chute	0,820	m		$A = \frac{D^2}{8}(\theta - \sin\theta)$		$v = \frac{1}{n} \times R_H^{2/3} \times I_0^{1/2}$							
7	y/D chute	0,819906												
8	teta chute	4,530102	radiano											
9	A chute	0,689192	m ²											
10	σ chute	2,265051	m											
11	RH chute	0,304272	m											
12	v chute	1,739942	m/s											
13	Q chute	1,199153	m ³ /s											
14														
15														

A velocidade média do escoamento já está calculada e é aproximadamente igual a 1,74 m/s

Para responder ao item c, devemos lembrar que:

$$v = \frac{1}{n} \times R_H^{2/3} \times I_0^{1/2} \rightarrow v = \frac{1}{n} \times \left[\frac{\frac{D^2}{8} \times (\theta - \sin\theta)}{\theta \times \frac{D}{2}} \right]^{2/3} \times I_0^{1/2}$$



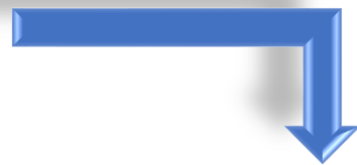
$$v = \frac{1}{n} \times \left[\frac{\frac{D^2}{8} \times (\theta - \text{sen}\theta)}{\theta \times \frac{D}{2}} \right]^{\frac{2}{3}} \times I_0^{1/2} \rightarrow v \cong \frac{1}{2,52 \times n} \times D^{2/3} \times I_0^{1/2} \times \left(1 - \frac{\text{sen}\theta}{\theta} \right)^{\frac{2}{3}}$$



$v = v_{\text{máx}}$ para $\theta = 257^\circ$ e isto ocorre para $y = 0,81 \times D$

$$Q = v \times A = \frac{1}{2,52 \times n} \times D^{2/3} \times I_0^{1/2} \times \left(1 - \frac{\text{sen}\theta}{\theta} \right)^{\frac{2}{3}} \times \frac{D^2}{8} \times (\theta - \text{sen}\theta)$$

$$Q = \frac{1}{20,16 \times n} \times D^{8/3} \times I_0^{1/2} \times \frac{(\theta - \text{sen}\theta)^{\frac{5}{3}}}{\theta^{2/3}}$$



$Q = Q_{\text{máx}}$ para $\theta = 302,5^\circ$ e isto ocorre para $y = 0,94 \times D$

Resolução pelo Excel



Q	1,2	m ³ /s
n	0,013	s/m ^{1/3}
lo	0,0025	m/m
D	1	m
y	0,94	m
y/D	0,94	
teta	5,293317	radiano
A	0,766159	m ²
σ	2,646659	m
RH	0,289482	m
v	1,68309	m/s
Q	1,290	m ³ /s

Resolução pelas equações

$$\theta = 2 \times \arccos \left(1 - \frac{2 \times 0,94}{1} \right) \Rightarrow \theta \cong 303,3^\circ$$

$$360^\circ \leftrightarrow 2\pi$$

$$303,3 \leftrightarrow x \therefore x = \frac{2\pi \times 303,3}{360} \rightarrow x \cong 5,294 \text{radianos}$$

$$\sigma = \theta \times R = \theta \times \frac{D}{2} \longrightarrow \sigma = 5,294 \times \frac{1}{2} \cong 2,647 \text{m}$$

$$A = \frac{D^2}{8} (\theta - \text{sen}\theta) \longrightarrow A = \frac{1^2}{8} (5,294 - \text{sen}303,3) \cong 0,766 \text{m}^2$$

$$R_H = \frac{A}{\sigma} = \frac{0,766}{2,647} \cong 0,289 \text{m}$$

$$Q = \frac{1}{0,013} \times 0,289^{2/3} \times 0,0025^{0,5} \times 0,766 \cong 1,29 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Problema 17 – Um canal fechado de seção circular com declividade de 0,5% transporta água a uma vazão de 20 L/s. Sabendo que se trata de manilhas cerâmicas ($n = 0,013$) e que têm diâmetro interno igual a 200 mm, pede-se:

- calcular a lâmina (y) d'água em seu interior;
- a classificação do escoamento segundo o número de Froude;
- a classificação do escoamento segundo o número de Reynolds. **Dados:** $\nu = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ e $g = 9,8 \text{ m/s}^2$

Problema 18 – Um bueiro circular de 80 cm de diâmetro interno conduz água por baixo de uma estrada com uma lâmina de 56 cm. Sabendo que a declividade do mesmo é de 1 por 1000 e que a rugosidade do concreto é $0,015 \text{ s/m}^{1/3}$, pede-se:

- a velocidade média do escoamento;
- a vazão do escoamento;
- a classificação do escoamento segundo o número de Froude;
- a classificação do escoamento segundo o número de Reynolds;
- responder: a vazão calculada no item b é a vazão máxima? Caso não seja, qual seria o seu valor?

Dados: $\nu = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ e $g = 9,8 \text{ m/s}^2$