Hidráulica 1 – SHS0409
HIDRÁULICA DOS CONDUTOS FORÇADOS

APLICAÇÃO DE CONCEITOS

(AULA 5)

CONTEÚDO AULA 5

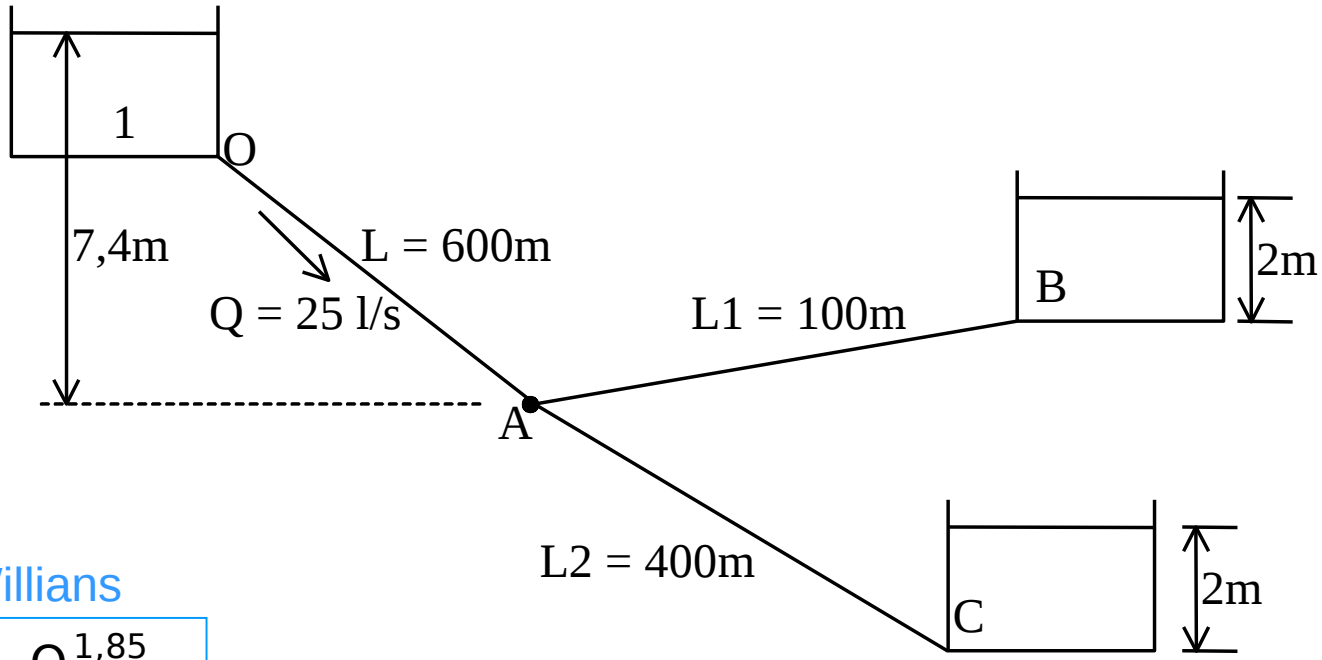
Aplicação de conceitos

- Lista 2 (Exercício 1)
- Livro (Ex. 1.1; 2.36 e 2.19)

Aplicação

Exercício (Lista 2 – Ex. 1):

O reservatório (1) abastece os reservatórios B e C com uma vazão de 25 L/s. No ponto A existe uma bifurcação com duas tubulações horizontais de diâmetros iguais a 6” e comprimentos iguais a 100 m e 400 m. As alturas d’água nos reservatórios B e C são iguais a 2 m. Com os dados da figura, determinar as vazões nas tubulações AB e AC, bem como o diâmetro da tubulação OA. Dado: Eq. de Hazen-Williams. $Q = 0{,}2785\ CD^{2{,}63}\ J^{0{,}54}$ Todas as tubulações com C = 90



Hazzen-Willians

$$J = 10{,}65\frac{Q^{1{,}85}}{C^{1{,}85}D^{4{,}87}}$$

Eq. 2.45 (livro)

Tabela: Valores do Coeficiente de Rugosidade C para a fórmula de HAZEN-WILLIAMS

Aço corrugado (chapa ondulada)	C = 60	Aço com juntas lock-bar, tubos novos	130
Aço com juntas lock-bar, em serviço	90	Aço galvanizado	125
Aço rebitado, tubos novos	110	Aço rebitado, em uso	85
Aço soldado, tubos novos	130	Aço soldado, em uso	90
Aço soldado com revestimento especial	130	Cobre	130
Concreto, bom acabamento	130	Concreto, acabamento comum	120
Ferro fundido, novos	130	Ferro fundido, após 15-20 anos de uso	100
Ferro fundido, usados	90	Ferro fundido revestido de cimento	130
Madeiras em aduelas	120	Tubos extrudados, P.V.C.	150

Fonte: Porto (1998), adaptado de Azevedo Neto (1973)

Exercício 1.10 - Livro Porto (1998)

Quando a água escoa em uma tubulação horizontal de 100 mm de diâmetro, a tensão de cisalhamento sobre a parede é 16 N/m². Determine a perda de carga unitária na tubulação e a velocidade de atrito.

Fórmulas: tensão de cisalhamento e velocidade de atrito

$$\tau_0 = \gamma R_h J$$

Eq. 1.25 (livro)

$$u_* = \sqrt{\frac{\tau_0}{\rho}} \quad \Rightarrow \quad \frac{u_*}{V} = \sqrt{\frac{f}{8}}$$

Eq. 1.28 (livro)

(Aula 1) Resumo das propriedades físicas da água
SI de unidades

Temperatura	Massa Específica	Peso Específico	Pressão de Vapor	Módulo de Elasticidade Volumétrico	Viscosidade Dinâmica	Viscosidade Cinemática
T °C	ρ kg/m^3	γ N/m^3	P_v^{abs} Pa	K 10^7 Pa	μ 10^{-3} kg/m.s	ν 10^{-6}m^2/s
0	999,9	9805	611	204	1,79	1,79
5	1000,0	9806	873	206	1,52	1,52
10	999,7	9803	1266	211	1,31	1,31
15	999,1	9798	1707	214	1,14	1,14
20	998,2	9789	2335	220	1,01	1,01
25	997,1	9779	3169	222	0,89	0,90
30	995,7	9767	4238	223	0,80	0,80
35	994,1	9752	5621	224	0,72	0,73
40	992,2	9737	7377	227	0,66	0,66
45	990,2	9720	9584	229	0,60	0,61
50	988,1	9697	12331	230	0,55	0,56
55	985,7	9679	15745	231	0,51	0,51
60	983,2	9658	19924	228	0,47	0,48
65	980,6	9635	25015	226	0,44	0,44
70	977,8	9600	31166	225	0,41	0,42
75	974,9	9589	38563	223	0,38	0,39
80	971,8	9557	47372	221	0,36	0,37
85	968,6	9529	57820	217	0,34	0,35
90	965,3	9499	70132	216	0,32	0,33
95	961,9	9469	84552	211	0,30	0,31
100	958,4	9438	101357	207	0,28	0,30

Exercício 2.36 - Livro Porto (1998)

Determine o valor da vazão Q_B, e a carga de pressão no ponto B, sabendo que o reservatório 1 abastece o reservatório 2 e que as perdas de carga unitárias nas duas tubulações são iguais. Material: aço soldado revestido com cimento centrifugado. Despreza as perdas localizadas e as cargas cinéticas.

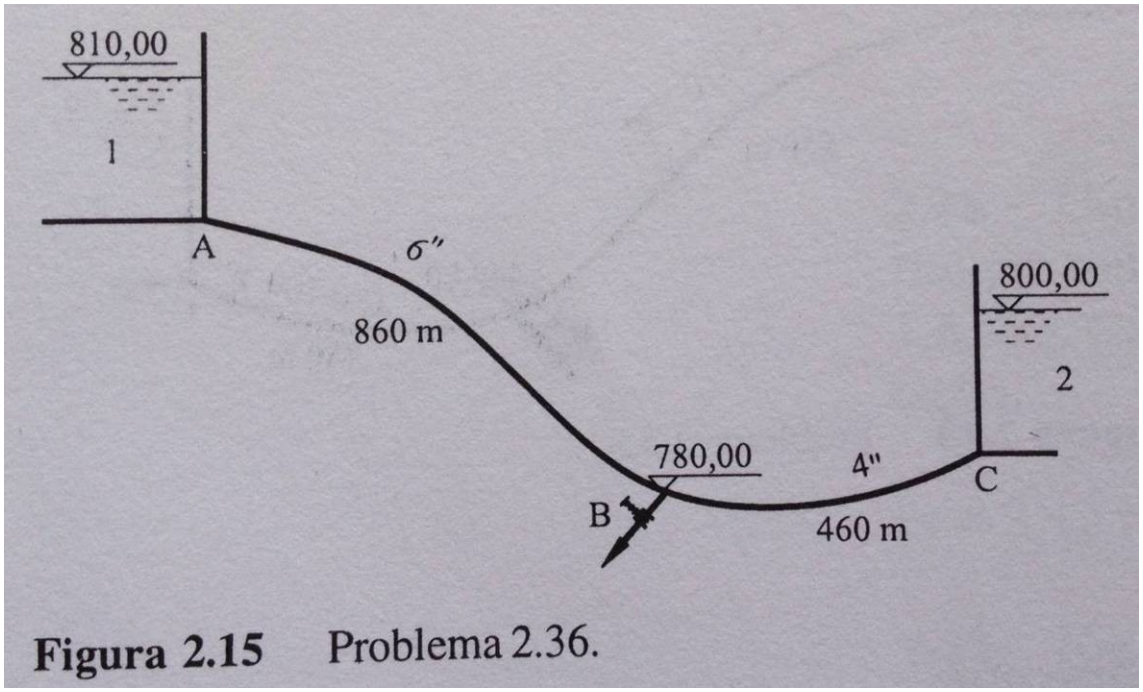


Figura 2.15 Problema 2.36.

Tabela A2 ou Eq. geral

Fórmula Universal – *Darcy-Weisbach*

$$\Delta h = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

Eq. 1.20 (livro)

Tabela: Valores da rugosidade absoluta equivalente (ε)

MATERIAL	ε (mm) Rugosidade Absoluta Equivalente
Aço comercial novo	0,045
Aço laminado novo	0,04 a 0,10
Aço soldado novo	0,05 a 0,10
Aço soldado limpo, usado	0,15 a 0,20
Aço soldado moderadamente oxidado	0,4
Aço soldado revestido de cimento centrifugado	0,10
Aço laminado revestido de asfalto	0,05
Aço rebitado novo	1 a 3
Aço rebitado em uso	6
Aço galvanizado, com costura	0,15 a 0,20
Aço galvanizado, sem costura	0,06 a 0,15
Ferro forjado	0,05
Ferro fundido novo	0,25 a 0,50
Ferro fundido com leve oxidação	0,30
Ferro fundido velho	3 a 5
Ferro fundido centrifugado	0,05
Ferro fundido em uso com cimento centrifugado	0,10
Ferro fundido com revestimento asfáltico	0,12 a 0,20
Ferro fundido oxidado	1 a 1,5
Cimento amianto novo	0,025
Concreto centrifugado novo	0,16
Concreto armado liso, vários anos de uso	0,20 a 0,30
Concreto com acabamento normal	1 a 3
Concreto protendido Freyssinet	0,04
Cobre, latão, aço revestido de epóxi, PVC, plásticos em geral, tubos extrudados	0,0015 a 0,010

Fonte: Porto, R.M. (1998) – pág. 49

APÊNDICE – TABELA A2

Fonte: Porto, R. M. (1998)

PERDA DE CARGA UNITÁRIA – J(m/100m)

Diâmetro (mm) ▶ 150

VEL		ε (mm)													VAZÃO
(m/s)	Rey	0,0015	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	(L/s)
0,3	45000	0,065	0,069	0,072	0,075	0,078	0,080	0,083	0,087	0,091	0,095	0,099	0,102	0,105	5,30
0,4	60000	0,109	0,116	0,123	0,129	0,134	0,139	0,143	0,152	0,159	0,166	0,172	0,178	0,184	7,07
0,5	75000	0,162	0,175	0,186	0,196	0,205	0,213	0,220	0,233	0,245	0,256	0,267	0,276	0,285	8,84
0,6	90000	0,224	0,245	0,262	0,277	0,290	0,302	0,313	0,332	0,350	0,366	0,381	0,395	0,408	10,60
0,7	105000	0,296	0,326	0,350	0,371	0,389	0,406	0,421	0,449	0,473	0,495	0,516	0,535	0,553	12,37
0,8	120000	0,376	0,417	0,451	0,479	0,504	0,526	0,546	0,582	0,615	0,644	0,671	0,696	0,720	14,14
0,9	135000	0,465	0,520	0,564	0,600	0,632	0,661	0,687	0,733	0,775	0,812	0,846	0,878	0,909	15,90
1	150000	0,562	0,633	0,689	0,735	0,775	0,811	0,844	0,902	0,953	0,999	1,042	1,082	1,119	17,67
1,1	165000	0,668	0,758	0,827	0,884	0,933	0,977	1,016	1,087	1,150	1,206	1,258	1,306	1,352	19,44
1,2	180000	0,781	0,892	0,977	1,046	1,105	1,157	1,205	1,290	1,365	1,432	1,494	1,552	1,606	21,21
1,3	195000	0,903	1,038	1,139	1,221	1,291	1,353	1,410	1,510	1,598	1,678	1,751	1,818	1,882	22,97
1,4	210000	1,033	1,194	1,314	1,410	1,492	1,565	1,631	1,747	1,850	1,942	2,027	2,106	2,180	24,74
1,5	225000	1,170	1,361	1,500	1,612	1,707	1,791	1,867	2,002	2,120	2,227	2,324	2,415	2,500	26,51
1,6	240000	1,316	1,539	1,699	1,828	1,937	2,033	2,120	2,274	2,409	2,530	2,642	2,745	2,842	28,27
1,7	255000	1,469	1,727	1,911	2,057	2,181	2,290	2,389	2,563	2,716	2,853	2,979	3,096	3,206	30,04
1,8	270000	1,629	1,925	2,134	2,299	2,439	2,563	2,674	2,870	3,041	3,196	3,337	3,469	3,592	31,81
1,9	285000	1,797	2,135	2,370	2,555	2,712	2,850	2,974	3,193	3,385	3,557	3,715	3,862	3,999	33,58
2	300000	1,973	2,354	2,618	2,825	3,000	3,153	3,291	3,534	3,747	3,939	4,114	4,276	4,429	35,34
2,1	315000	2,156	2,585	2,878	3,108	3,301	3,471	3,624	3,893	4,128	4,339	4,532	4,712	4,880	37,11
2,2	330000	2,347	2,826	3,150	3,404	3,617	3,804	3,972	4,268	4,527	4,759	4,971	5,168	5,353	38,88
2,3	345000	2,545	3,077	3,435	3,713	3,948	4,153	4,337	4,661	4,944	5,198	5,430	5,646	5,848	40,64
2,4	360000	2,750	3,339	3,731	4,037	4,293	4,516	4,717	5,071	5,380	5,657	5,910	6,145	6,365	42,41
2,5	375000	2,963	3,611	4,040	4,373	4,652	4,895	5,114	5,498	5,834	6,134	6,410	6,665	6,904	44,18
2,6	390000	3,182	3,894	4,362	4,723	5,025	5,290	5,526	5,943	6,306	6,632	6,930	7,206	7,465	45,95
2,7	405000	3,409	4,188	4,695	5,086	5,413	5,699	5,955	6,405	6,797	7,148	7,470	7,768	8,047	47,71
2,8	420000	3,644	4,492	5,040	5,463	5,816	6,124	6,399	6,884	7,306	7,684	8,030	8,351	8,652	49,48
2,9	435000	3,885	4,806	5,398	5,853	6,233	6,563	6,860	7,380	7,833	8,240	8,611	8,956	9,278	51,25
3	450000	4,133	5,131	5,768	6,257	6,664	7,019	7,336	7,894	8,379	8,814	9,212	9,581	9,926	53,01
3,1	465000	4,389	5,467	6,150	6,674	7,109	7,489	7,829	8,425	8,943	9,408	9,834	10,228	10,597	54,78
3,2	480000	4,651	5,813	6,545	7,104	7,569	7,974	8,337	8,973	9,526	10,022	10,475	10,895	11,289	56,55
3,3	495000	4,920	6,169	6,951	7,548	8,044	8,475	8,861	9,538	10,127	10,655	11,137	11,584	12,002	58,32
3,4	510000	5,197	6,536	7,370	8,005	8,532	8,991	9,401	10,121	10,746	11,307	11,819	12,294	12,738	60,08
3,5	525000	5,480	6,914	7,801	8,475	9,035	9,522	9,958	10,720	11,384	11,978	12,521	13,025	13,496	61,85

Q=18,65L/s

APÊNDICE – TABELA A2

Fonte: Porto, R. M. (1998)

VEL	PERDA DE CARGA UNITÁRIA – J(m/100m) ε (mm)														Diâmetro (mm) → 100
(m/s)	Rey	0,0015	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	VAZÃO (L/s)
0,3	30000	0,108	0,114	0,120	0,125	0,130	0,135	0,139	0,147	0,155	0,162	0,168	0,174	0,180	2,36
0,4	40000	0,179	0,192	0,204	0,214	0,224	0,233	0,241	0,256	0,269	0,282	0,294	0,305	0,315	3,14
0,5	50000	0,266	0,289	0,309	0,326	0,342	0,356	0,369	0,393	0,415	0,435	0,454	0,471	0,488	3,93
0,6	60000	0,368	0,404	0,434	0,460	0,484	0,505	0,525	0,560	0,592	0,621	0,649	0,674	0,698	4,71
0,7	70000	0,484	0,537	0,580	0,617	0,650	0,680	0,707	0,756	0,800	0,841	0,878	0,913	0,946	5,50
0,8	80000	0,615	0,687	0,747	0,797	0,840	0,880	0,916	0,981	1,040	1,093	1,142	1,188	1,231	6,28
0,9	90000	0,759	0,856	0,933	0,998	1,055	1,106	1,152	1,236	1,310	1,378	1,440	1,498	1,554	7,07
1	100000	0,917	1,042	1,141	1,222	1,293	1,357	1,415	1,519	1,611	1,695	1,773	1,845	1,914	7,85
1,1	110000	1,088	1,246	1,368	1,469	1,556	1,634	1,705	1,832	1,944	2,046	2,140	2,228	2,311	8,64
1,2	120000	1,272	1,468	1,616	1,738	1,843	1,936	2,021	2,173	2,308	2,429	2,542	2,647	2,746	9,42
1,3	130000	1,469	1,707	1,884	2,029	2,153	2,264	2,365	2,544	2,702	2,846	2,978	3,102	3,218	10,21
1,4	140000	1,679	1,963	2,173	2,343	2,488	2,617	2,735	2,944	3,128	3,295	3,449	3,592	3,728	11,00
1,5	150000	1,902	2,237	2,482	2,678	2,847	2,996	3,132	3,372	3,585	3,777	3,954	4,119	4,275	11,78
1,6	160000	2,137	2,528	2,810	3,037	3,230	3,401	3,555	3,830	4,073	4,292	4,494	4,682	4,859	12,57
1,7	170000	2,385	2,837	3,160	3,417	3,637	3,830	4,006	4,317	4,592	4,840	5,068	5,281	5,481	13,35
1,8	180000	2,644	3,163	3,529	3,820	4,067	4,286	4,483	4,833	5,142	5,420	5,676	5,915	6,140	14,14
1,9	190000	2,916	3,506	3,918	4,245	4,522	4,766	4,987	5,378	5,723	6,033	6,319	6,586	6,837	14,92
2	200000	3,200	3,867	4,328	4,692	5,001	5,273	5,518	5,953	6,335	6,680	6,997	7,293	7,571	15,71
2,1	210000	3,496	4,245	4,758	5,162	5,504	5,804	6,076	6,556	6,978	7,359	7,709	8,035	8,342	16,49
2,2	220000	3,804	4,640	5,208	5,654	6,030	6,361	6,660	7,188	7,652	8,071	8,455	8,814	9,151	17,28
2,3	230000	4,124	5,052	5,678	6,168	6,581	6,944	7,271	7,850	8,357	8,815	9,236	9,628	9,997	18,06
2,4	240000	4,455	5,482	6,168	6,704	7,156	7,552	7,909	8,540	9,093	9,593	10,052	10,479	10,881	18,85
2,5	250000	4,798	5,929	6,679	7,263	7,754	8,186	8,574	9,259	9,861	10,403	10,901	11,365	11,802	19,63
2,6	260000	5,153	6,393	7,210	7,844	8,377	8,844	9,265	10,008	10,659	11,246	11,786	12,288	12,760	20,42
2,7	270000	5,519	6,875	7,760	8,447	9,024	9,529	9,983	10,785	11,489	12,122	12,704	13,246	13,756	21,21
2,8	280000	5,896	7,373	8,331	9,072	9,694	10,239	10,728	11,592	12,349	13,031	13,658	14,241	14,789	21,99
2,9	290000	6,286	7,889	8,922	9,720	10,389	10,974	11,500	12,428	13,240	13,973	14,645	15,271	15,859	22,78
3	300000	6,686	8,422	9,534	10,390	11,107	11,735	12,298	13,292	14,163	14,947	15,667	16,337	16,967	23,56
3,1	310000	7,098	8,973	10,165	11,082	11,850	12,521	13,124	14,186	15,116	15,954	16,724	17,440	18,113	24,35
3,2	320000	7,521	9,540	10,816	11,797	12,616	13,332	13,976	15,109	16,101	16,995	17,815	18,578	19,295	25,13
3,3	330000	7,955	10,125	11,488	12,533	13,406	14,169	14,854	16,061	17,117	18,067	18,940	19,752	20,515	25,92
3,4	340000	8,400	10,727	12,180	13,292	14,221	15,032	15,760	17,042	18,163	19,173	20,100	20,962	21,773	26,70
3,5	350000	8,857	11,346	12,891	14,073	15,059	15,920	16,692	18,052	19,241	20,312	21,294	22,208	23,067	27,49

Q=6,36L/s

Exercício 2.19 - Livro Porto (1998)

Determine a perda de carga em um conduto retangular de seção 0,50mx0,20m, de aço comercial novo, ε = 0,045mm, com 620 m de comprimento, transportando 110L/s de água. Viscosidade cinemática da água $\upsilon = 10^{-16}$ m²/s.

Fórmula explícita (Swamee-Jain, 1976)

$$f = \frac{0,25}{\left[\log\left(\frac{\varepsilon}{3,7D} + \frac{5,74}{Re^{0,9}}\right)\right]^2}$$

Eq. 2.37 (livro)

$10^{-6} \leq \varepsilon/D \leq 10^{-2}$ e $5 \cdot 10^3 \leq Re \leq 10^8$

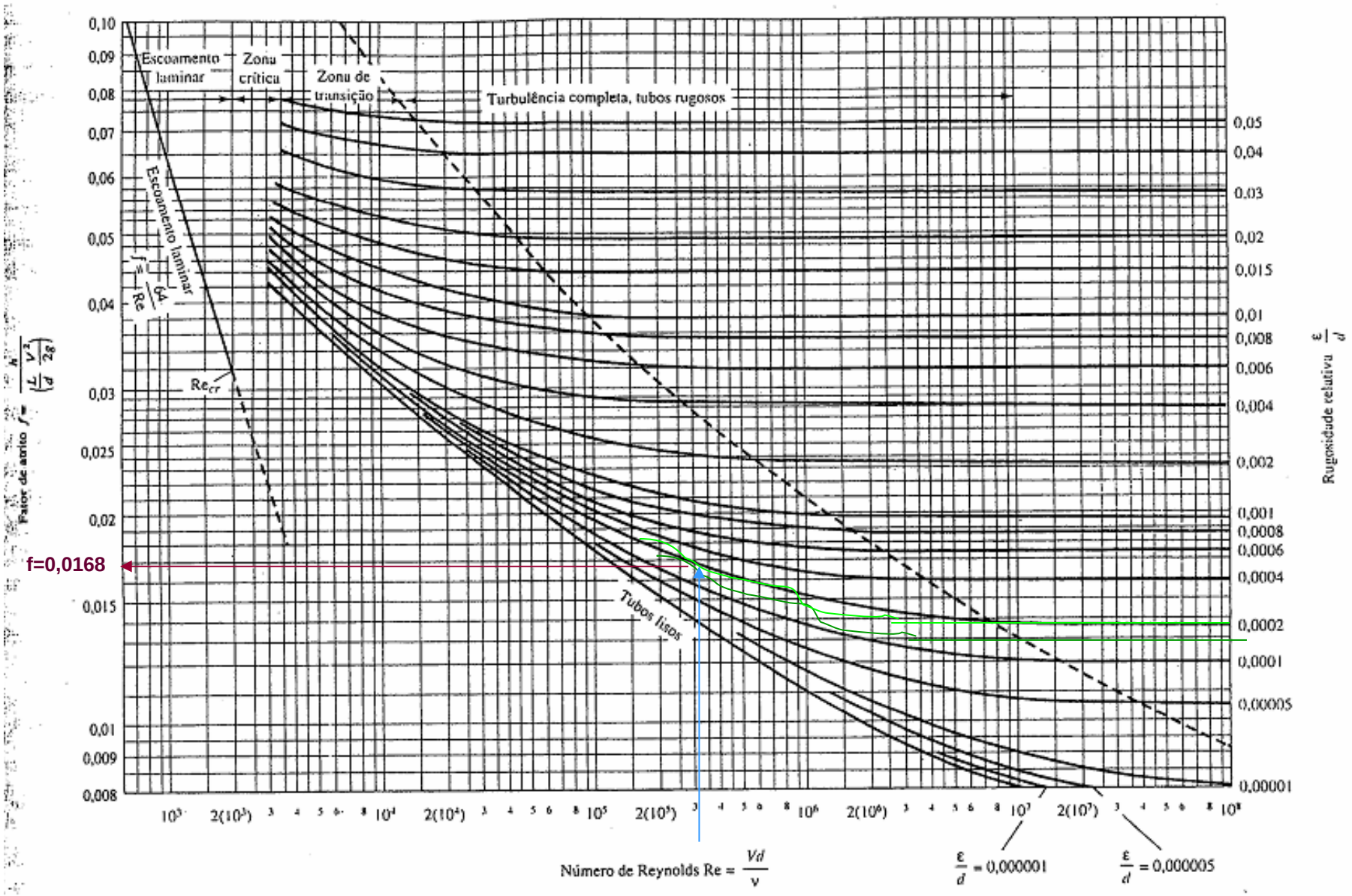
Fórmula geral (Swamee)

$$f = \left\{\left(\frac{64}{Re}\right)^8 + 9,5\left[\ln\left(\frac{\varepsilon}{3,7D} + \frac{5,74}{Re^{0,9}}\right) - \left(\frac{2500}{Re}\right)^6\right]^{-16}\right\}^{0,125}$$

Eq. 2.41 (livro)

ou Diagrama de Moody

Diagrama de Moody



- Desafio (Aula 5)

Livro Porto (1998)

- Exercícios: 2.1; 2.7 e 2.23

- Obrigada!