

Curso Básico
de
Mecânica dos Fluidos
Unidade 6

Raimundo Ferreira Ignácio

Unidade 6 - Cálculo de Perda de Carga

Objetivos

1. Mencionar a variação da pressão estática em consequência da perda de carga
2. Definir linha de energia
3. Mencionar as limitações de experiência de Nikuradse
4. Mencionar a bibliografia básica para o estudo de tubulação industrial
5. Mostra a norma ANSI B 36-10 e B 36-19
6. Conceituar a rugosidade equivalente
7. Mostrar os principais valores para rugosidade equivalente
8. Mostrar a redução da vazão com o envelhecimento dos condutos metálicos
9. Classificar as perdas de carga
10. Definir a perda de carga distribuída
11. Definir linha piezométrica
12. Definir a perda de carga localizada ou singular
13. Mostrar o cálculo da perda de carga distribuída pela fórmula universal
14. Mostrar o cálculo da perda de carga localizada ou singular
15. Mostrar a determinação do coeficiente de perda de carga distribuída
16. Conceituar a rugosidade relativa equivalente
17. Mostrar uma das maneiras de determinarmos, a viscosidade cinemática dos fluidos
18. Mostrar a determinação do coeficiente de perda de carga singular
19. Definir comprimento equivalente
20. Mostrar os principais valores de comprimento equivalente

Sumário -

- 6.1 Introdução
- 6.2 Tubos industriais
- 6.3 Classificação das perdas de carga
- 6.4 Cálculo da perda de carga distribuída
- 6.5 Cálculo da perda de carga singular
- 6.6 Determinação do coeficiente de perda de carga distribuída
- 6.7 Utilização do diagrama de Moody - Rouse como medidor de vazão
- 6.8 Determinação do coeficiente de perda de carga singular
- 6.9 Comprimento equivalente
- 6.10 Exercícios

APÊNDICE → Fórmula de Hazen-Williams

Objetivos da primeira aula da unidade 6

Mencionar a importância do cálculo da perda de carga para uma instalação hidráulica.

Citar a norma da ABNT que é referência para este cálculo.

Sintetizar a história do cálculo das perdas

Dar a classificação das perdas.

Definir os tubos industriais e indicar bibliografia para o seu estudo.

Exemplificar as normas para tubos industriais.

Dar noção do envelhecimento dos tubos no transporte de água.

Exercícios – 6.1 a 6.8

6.1 Introdução

O cálculo da perda de carga em tubulações é fundamental para o estudo de uma instalação hidráulica, seja ela de bombeamento, seja ela por gravidade.

O trabalho apresentado tem como objetivo mostrar o cálculo da perda de carga de forma didática, porém respeitando as normas vigentes em nosso país, por isto adotou-se como base de estudo o projeto de norma da ABNT P-NB-591 de Junho de 1976.

Devemos ter em mente, que a perda de carga, ou seja a dissipação de energia por unidade de peso acarreta uma diminuição da pressão estática do escoamento, sendo que esta diminuição pode ser observada pela representação da Linha de Energia (L.E) do escoamento, que é o lugar geométrico que representa a carga total de cada seção do escoamento.

Para o estudo da perda de carga, inicialmente evocamos a experiência de Reynolds, onde foi obtida a classificação do escoamento incompressível em regime permanente, que segundo a ABNT é:

- Escoamento Laminar - $Re \leq 2000$
- Escoamento de Transição - $2000 < Re < 4000$
- Escoamento Turbulento - $Re \geq 4000$

Devemos salientar, que o estudo do escoamento de um fluido real, é até hoje um tanto que empírico, já que nem sempre o cálculo teórico corresponde aos resultados

observados na prática, fato este observado principalmente para números de Reynolds elevados.

A experiência de Reynolds não pode ser considerada a base para o estudo proposto, já que foi realizada em tubulação de vidro, o que implica dizer que nela não foi considerada a influência da rugosidade no escoamento, já que a tubulação de vidro é considerada uma tubulação lisa.

Foi Nikuradse, um hidráulico alemão, que com seus trabalhos publicados em 1933, propiciou a base de estudo da perda de carga por fricção, isto porque ele reproduzia artificialmente a rugosidade através de adesivos com grãos de areia padronizados.

As limitações da experiência de Nikuradse, podem ser resumidas da seguinte forma:

- a) não recorrer aos tubos industriais, mas aos tubos com rugosidade artificiais.
- b) só estudar as perdas por fricções em tubos de área de secção transversal constante, com comprimentos não desprezíveis sem obstruções e sem mudanças de direções.

No desenvolvimento desta unidade, mostraremos como foram eliminadas estas limitações.

6.2 Tubos Industriais

Devemos salientar que não é nosso objetivo nos deter em demasia neste tópico, mas simplesmente mencionar que os tubos industriais são aqueles encontrados no mercado à disposição do projetista. Para a sua escolha, devemos levar em conta:

- pressão e temperatura de trabalho;
- fluido a ser transportado;
- nível de tensões no material;
- natureza dos esforços mecânicos;
- diâmetro do tubo;
- sistema de ligações;
- custo do material;
- segurança;

- experiência prévia;
- facilidade de fabricação e montagem;
- velocidade do fluido;
- perdas de carga;
- facilidade de obtenção do material;
- tempo de vida previsto.

Uma boa fonte de consulta para este assunto é o livro Tubulações Industriais, escrito por Pedro C. Silva Telles e editado por Livros Técnicos e Científicos Editora S.A.

Considerando que os tubos de aço-carbono são uns dos mais difundidos em instalações industriais, vamos utilizá-los como exemplo de tubos industriais.

Os diâmetros comerciais de aço-carbono estão definidos pela norma americana ANSI B 36.10 e B 36.19.

Todos esses tubos são designados por um número chamado “Diâmetro Nominal” ou “Bitola Nominal”, onde o diâmetro nominal de $\frac{1}{8}$ até 12” não corresponde a nenhuma dimensão física dos tubos; de 14 até 36”, o diâmetro nominal coincide com o diâmetro externo dos tubos.

Para cada diâmetro nominal fabricam-se tubos com várias espessuras de parede, porém sempre com o mesmo diâmetro externo.

A seguir, fornecemos a tabela como exemplo de tubos de aço – dimensões normalizadas de acordo com as Normas ANSI B.36.10 (para tubos de aço-carbono e aços de baixa liga), e B.36.19 (para tubos de aços inoxidáveis).

Notas:

- 1 A norma ANSI B.36.19 só abrange tubos até o diâmetro nominal de 12”.
- 2 As designações “Std”, “XS” e “XXS” correspondem às espessuras denominadas “normal”, “extra-forte”, e “duplo extra-forte” da norma ANSI B.36.10. As designações 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 120 e 160 são “números de série” (schedule number) dessa mesma norma. As designações 5S, 10S, 40S e 80S são da norma ANSI B.36.19.
- 3 As espessuras em mm indicadas na tabela são os valores nominais; as espessuras mínimas correspondentes dependerão das tolerâncias de fabricação, que variam com o processo de fabricação do tubo. Para os tubos sem costura a tolerância usual é $\pm 12,5\%$ do valor nominal.

- 4 Nesta tabela estão omitidos alguns diâmetros e espessuras não usuais na prática. Para a tabela completa, contendo todos os diâmetros e espessuras, consulte as normas ANSI B 36.10 e B 36.19.
- 5 Os pesos indicados nesta tabela correspondem aos tubos de aço-carbono ou de aços de baixa liga. Os tubos de aços inoxidáveis ferríticos pesam cerca de 5% menos, e os de inoxidáveis austeníticos cerca de 2% mais.

Diâmetro nominal (pol) -- Diâmetro externo (mm)	Designação de espessura. (v. Nota 2)	Espessura de parede (mm) (v. Nota 3)	Diâmetro interno (mm)	Área da seção livre (cm ²)	Área da seção de metal (cm ²)	Superfície externa (m ² /m)	Peso aproximado (kg/m)		Momento de inércia (cm ⁴)	Momento resistente (cm ³)	Raio de giração (cm)
							Tubo vazio (Nota 5)	Conteúdo de água			
1/4 -- 13,7	10S Std, 40, 40S XS, 80, 80S	1,65 2,23 3,02	10,4 9,2 7,7	0,85 0,67 0,46	0,62 0,81 1,01	0,043	0,49 0,62 0,79	0,085 0,067 0,046	0,116 0,138 0,157	0,169 0,202 0,229	0,430 0,413 0,393
1/8 -- 17,1	10S Std, 40, 40S XS, 80, 80S	1,65 2,31 3,20	13,8 12,5 10,7	1,50 1,23 0,91	0,81 1,08 1,40	0,054	0,63 0,84 1,10	0,150 0,123 0,090	0,236 0,304 0,359	0,285 0,354 0,419	0,551 0,531 0,506
1/2 -- 21	Std, 40, 40S XS, 80, 80S 160 XXS	2,77 3,73 4,75 7,47	15,8 13,8 11,8 6,4	1,96 1,51 1,10 0,32	1,61 2,06 2,47 3,52	0,071	0,42 1,62 1,94 2,55	0,20 0,15 0,11 0,03	0,71 0,84 0,92 1,01	0,67 0,78 0,86 0,95	0,66 0,64 0,61 0,56
3/4 -- 27	Std, 40, 40S XS, 80, 80S 160 XXS	2,87 3,91 5,54 7,82	20,9 18,8 15,6 11,0	3,44 2,79 1,91 0,95	2,15 2,80 3,68 4,63	0,083	1,68 2,19 2,88 3,63	0,34 0,28 0,19 0,10	1,54 1,86 2,19 2,41	1,16 1,40 1,65 1,81	0,85 0,82 0,77 0,72
1 -- 33	Std, 40, 40S XS, 80, 80S 160 XXS	3,37 4,55 6,35 9,09	26,6 24,3 20,7 15,2	5,57 4,64 3,37 1,82	3,19 4,12 5,39 6,94	0,105	2,50 3,23 4,23 5,44	0,56 0,46 0,34 0,18	2,64 4,40 5,21 5,85	2,18 2,63 3,12 3,50	1,07 1,03 0,98 0,92
1 1/4 -- 42	Std, 40, 40S XS, 80, 80S 160 XXS	3,56 4,85 6,35 9,70	35 32,5 29,4 22,7	9,65 8,28 6,82 4,07	4,32 5,68 7,14 9,90	0,132	3,38 4,46 5,60 7,76	0,96 0,83 0,68 0,41	8,11 10,06 11,82 14,19	3,85 4,77 5,61 6,74	1,37 1,33 1,29 1,20
1 1/2 -- 48	Std, 40, 40S XS, 80, 80S 160 XXS	3,68 5,08 7,14 10,16	40,8 38,1 33,9 27,9	13,1 11,4 9,07 6,13	5,15 6,89 9,22 12,2	0,151	4,04 5,40 7,23 9,53	1,31 1,14 0,91 0,61	12,90 16,27 20,10 23,64	5,34 6,75 8,33 9,80	1,58 1,54 1,48 1,39
2 -- 60	Std, 40, 40S XS, 80, 80S 160 XXS	3,91 5,54 8,71 11,07	52,5 49,2 42,9 38,2	21,7 19,0 14,4 11,4	6,93 9,53 14,1 17,1	0,196	5,44 7,47 11,08 13,44	2,17 1,90 1,44 1,14	27,72 36,13 48,41 54,61	9,20 11,98 16,05 18,10	2,00 1,95 1,85 1,79
2 1/2 -- 73	Std, 40, 40S XS, 80, 80S 160 XXS	5,16 7,01 9,52 14,0	62,7 59,0 54,0 44,9	30,9 27,3 22,9 15,9	11,0 14,5 19,0 26,0	0,235	8,62 11,40 14,89 20,39	3,09 2,73 2,29 1,59	63,68 80,12 97,94 119,5	17,44 21,95 26,83 32,75	2,41 2,35 2,27 2,14
3 -- 89	10S Std, 40, 40S XS, 80, 80S 160 XXS	3,05 5,48 7,62 11,1 15,2	82,8 77,9 73,6 66,7 58,4	53,9 47,7 42,6 34,9 26,8	8,22 14,4 19,5 27,2 35,3	0,282	6,44 11,28 15,25 21,31 27,65	5,39 4,77 4,26 3,49 2,68	75,84 125,70 162,33 209,36 249,32	17,06 28,26 36,48 47,14 56,22	3,04 2,96 2,89 2,78 2,66

Diâmetro nominal (pol) -- Diâmetro externo (mm)	Designação de espessura. (v. Nota 2)	Espessura de parede (mm) (v. Nota 3)	Diâmetro interno (mm)	Área da seção livre (cm ²)	Área da seção de metal (cm ²)	Superfície externa (m ² /m)	Peso aproximado (kg/m)		Momento de inércia (cm ⁴)	Momento resistente (cm ³)	Raio de giração (cm)
							Tubo vazio (Nota 5)	Conteúdo de água			
4	10S	3,05	108,2	91,9	10,6	0,361	8,35	9,19	164,83	28,88	3,93
--	Std, 40, 40S	6,02	102,3	82,1	20,4		16,06	8,21	300,93	52,61	3,84
	XS, 80, 80S	8,56	97,2	74,2	28,4		22,29	7,42	399,99	69,99	3,75
	160	13,5	87,3	59,9	42,7		33,49	5,99	552,34	96,70	3,60
114	XXS	17,1	80,1	50,3	52,3		40,98	5,03	636,42	111,29	3,49
6	10S	3,40	161,4	204,5	17,6	0,535	13,82	20,45	599,37	71,30	5,83
--	Std, 40, 40S	7,11	154,0	186,4	36,0		28,23	18,64	1171,3	139,32	5,70
	XS, 80, 80S	10,97	146,3	168,2	54,2		42,51	16,82	1685,7	200,45	5,58
	120	14,3	139,7	153,4	69,0		54,15	15,34	2064,5	245,52	5,47
	160	18,2	131,8	136,4	86,0		67,41	13,64	2455,8	291,91	5,34
168	XXS	21,9	124,4	121,5	100,9		79,10	12,15	2759,6	328,29	5,23
8	10S	3,76	211,5	351,6	25,4	0,692	19,93	35,16	1473,4	134,56	7,62
--	Std, 40, 40S	8,18	202,7	322,6	54,2		42,48	32,26	3017,7	275,52	7,46
	60	10,3	198,4	309,1	67,6		53,03	30,91	3696,1	337,31	7,39
	XS, 80, 80S	12,7	193,7	294,8	82,3		64,56	29,48	4399,5	401,88	7,31
	120	18,2	182,6	261,9	115,1		90,22	26,19	5852,2	534,31	7,13
	XXS	22,2	174,6	239,4	137,4		107,8	23,94	6742,9	616,26	7,00
219	160	23,0	173,1	235,5	141,7		111,1	23,55	6905,3	631,02	6,98
10	5S	3,40	266,2	556,8	29,2	0,858	22,54	55,68	2651,4	194,22	9,53
--	10S	4,19	264,7	550,3	35,4		27,83	55,03	3200,8	234,38	9,50
	Std, 40, 40S	9,27	254,5	509,1	76,8		60,23	50,91	6692,9	490,06	9,32
	XS, 60, 80S	12,7	247,6	481,9	103,9		81,45	48,19	8824,1	645,77	9,22
	80	15,1	242,9	463,2	122,1		95,72	46,32	10193	747,38	9,14
	120	21,4	230,2	416,1	169,3		132,7	41,61	13486	988,32	8,94
273	160	28,6	215,9	365,8	219,4		172,1	36,58	16607	1217,8	8,71
12	5S	4,19	315,5	782,0	42,1	1,018	29,11	78,20	5377,7	332,23	11,30
--	10S	4,57	314,7	778,1	45,9		36,00	77,81	5848,0	361,07	11,28
	20	6,35	311,1	760,7	63,5		57,10	76,07	7987,5	493,34	11,23
	Std, 40S	9,52	304,8	729,6	94,1		73,74	72,96	11675	717,88	11,13
	40	10,3	303,2	722,0	101,5		79,65	72,20	12487	771,97	11,10
	XS, 80S	12,7	298,4	699,4	124,1		97,34	69,94	15067	929,31	11,00
	60	14,3	295,3	685,2	138,8		108,8	68,52	16691	1029,3	10,95
	80	17,4	288,9	655,5	168,0		131,7	65,55	19771	1221,1	10,85
324	120	25,4	273,0	585,8	238,1		186,7	58,58	26722	1650,5	10,59
14	10	6,35	342,9	923,3	69,7	1,118	54,62	92,33	10630	598,24	12,34
--	Std, 30	9,52	336,5	889,7	103,5		81,20	88,97	15525	873,59	12,24
	40	11,1	333,4	872,9	120,1		94,29	87,29	17856	1003,1	12,19
	XS	12,7	330,2	856,2	136,8		107,3	85,62	20145	1132,5	12,14
	60	15,1	325,5	832,3	161,2		126,3	83,23	23392	1316,1	12,04
	80	19,0	317,5	791,7	201,3		157,9	79,17	28595	1609,5	11,91
356	100	23,8	308,0	745,2	248,4		194,5	74,52	34339	1930,7	11,76
16	10	6,35	393,7	1217,5	79,8	1,277	62,57	121,7	15983	786,72	14,15
--	Std, 30	9,52	387,3	1178,1	118,8		93,12	117,8	23392	1152,2	14,05
	XS, 40	12,7	381,0	1140,1	157,1		123,2	114,0	30468	1499,7	13,92
	60	16,6	373,1	1093,0	203,9		159,9	109,3	38834	1911,1	13,79
	80	21,4	363,6	1038,1	258,7		203,0	103,8	48158	2370,0	13,64
406	100	26,2	354,0	984,6	312,9		245,3	98,46	56815	2796,1	13,46
18	10	6,35	444,5	1551,7	89,9	1,436	70,52	155,2	22851	999,79	15,95
--	Std	9,52	438,1	1507,8	133,9		105,0	150,8	33589	1468,5	15,82
	XS	12,7	431,8	1464,6	177,4		139,0	146,5	43829	1917,6	15,72
	40	14,3	428,6	1443,3	198,7		155,9	144,3	48782	2133,9	15,67
	60	19,0	419,1	1379,4	261,9		205,6	137,9	63059	2758,4	15,49
	80	23,8	409,6	1317,5	323,9		254,1	131,7	76337	3340,3	15,34
457	100	29,4	398,5	1247,2	394,8		309,4	124,7	90738	3969,7	15,16
20	10	6,35	495,3	1926,6	100,1	1,597	78,46	192,7	31509	1240,7	17,73
--	Std, 20	9,52	488,9	1877,5	149,2		116,9	187,7	46368	1825,8	17,63
	XS, 30	12,7	482,6	1829,1	197,4		154,9	182,9	60645	2388,0	17,53
	40	15,1	477,9	1793,6	233,5		182,9	179,4	70926	2792,9	17,42
	60	20,6	466,7	1711,1	315,5		247,6	171,1	93943	3699,2	17,25
	80	26,2	455,6	1630,4	396,1		310,8	163,0	115379	4543,3	17,07
508	100	32,5	442,9	1540,7	485,8		381,1	154,1	138188	5441,5	16,84

Diâmetro nominal (pol) -- Diâmetro externo (mm)	Designação de espessura. (v. Nota 2)	Espessura de parede (mm) (v. Nota 3)	Diâmetro interno (mm)	Área da seção livre (cm ²)	Área da seção de metal (cm ²)	Superfície externa (m ² /m)	Peso aproximado (kg/m)		Momento de inércia (cm ⁴)	Momento resistente (cm ³)	Raio de giração (cm)
							Tubo vazio (Nota 5)	Conteúdo de água			
24	10	6,35	596,9	2800,2	120,3	1,914	94,35	280,0	54776	1796,3	21,34
	Std, 20	9,52	590,5	2742,1	179,5		140,8	274,2	80873	2482,8	21,21
	XS	12,7	584,2	2677,6	238,1		186,7	267,8	106139	2653,5	21,11
	40	17,4	574,7	2593,7	324,5		254,7	259,4	142351	4674,4	20,96
	60	24,6	560,4	2464,6	451,6		354,3	246,5	193547	6359,3	20,70
610	80	30,9	547,7	2355,0	562,6	2,393	440,9	235,5	236002	7752,5	20,50
	100	38,9	531,8	2219,5	697,5		546,7	221,9	285118	9358,7	20,22
30	10	7,92	746,1	4374,4	187,7	2,393	147,2	437,4	133609	3507,5	26,67
--	20	12,7	736,6	4264,8	298,7		234,4	426,5	209779	3507,0	26,49
762	30	15,9	730,2	4187,3	371,6		291,8	418,7	258895	6801,8	26,39

Ao considerarmos os tubos industriais, temos que recorrer a rugosidade equivalente (K ou ϵ), que é a altura da rugosidade suposta uniformemente distribuída ao longo do tubo.

A rugosidade equivalente (K ou ϵ) é tabelada em função do material do tubo.

A seguir apresentamos alguns valores comumente usados para a rugosidade equivalente, onde a tabela 6.1 reproduz os valores encontrados em livros didáticos e a tabela 6.2 reproduz os valores adotados pelo projeto de norma da ABNT P-NB-591.

MATERIAL NOVO	K em mm
- plástico, vidro, latão estirado, cobre	liso
- chumbo, ferro, aço	0,048
- ferro galvanizado revestido de asfalto	0,122
- ferro galvanizado	0,152
- ferro fundido	0,259
- condutos de madeira	0,183 a 0,0091
- concreto	0,3 a 3
- aço rebitado	0,91 a 9,1

Tabela 6.1

Para a utilização da tabela 6.2, devemos ter em mente que:

- Para adutoras medindo menos de 1000m de comprimento, devemos considerar K como sendo 1,4 vez o valor encontrado na tabela 6.2 para tubos novos e acabamentos escolhidos.
- Para adutoras medindo mais de 1000m de comprimento, devemos considerar K como sendo 2,0 vezes o valor encontrado na tabela 6.2 para tubos novos e acabamentos escolhidos.

NOTA: Adutora → tubulação destinada a transportar água de um manancial para um dado reservatório.

RUGOSIDADE EQUIVALENTE K (em mm) PARA TUBOS

I - TUBO DE AÇO: JUNTAS SOLDADAS E INTERIOR CONTÍNUO	
I.1 - Grandes incrustações ou tuberculizações	2,4 a 12,0
I.2 - Tuberculização de 1 a 3 mm	0,9 a 2,4
I.3 - Pintura à brocha, com asfalto, esmalte ou betume em camada espessa	0,6
I.4 - Leve enferrujamento	0,25
I.5 - Revestimento obtido por imersão em asfalto quente	0,1
I.6 - Revestimento com argamassa de cimento obtida por centrifugação	0,1
I.7 - Tubo novo previamente alisado internamente e posteriormente revestido de esmalte, vinil ou epóxi obtido por centrifugação	0,06
II - TUBO DE CONCRETO	
II.1 - Acabamento bastante rugoso: executado com formas de madeira muito rugosa; concreto pobre com desgastes por erosão; juntas mal alinhadas	2,0
II.2 - Acabamento rugoso: marcas visíveis de formas	0,5
II.3 - Superfície interna alisada a desempenadeira; juntas bem feitas	0,3
II.4 - Superfície obtida por centrifugação	0,33
II.5 - Tubo de superfície lisa, executado com formas metálicas, acabamento médio com juntas bem cuidadas	0,12
II.6 - Tubo de superfície interna bastante lisa, executado com formas metálicas, acabamento esmerado, e juntas cuidadas	0,06
III - TUBO DE CIMENTO AMIANTO	
	0,1
IV - TUBO DE FERRO FUNDIDO (NOVO)	
IV.1 - Revestimento interno com argamassa de cimento e areia obtida por centrifugação com ou sem proteção de tinta a base de betume	0,1
IV.2 - Não revestido	0,15 a 0,6
IV.3 - Leve enferrujamento	0,30
V - TUBO DE PLÁSTICO	
	0,06
VI - TUBOS USADOS	
VI.1 - com camada de lodo inferior a 5,0 mm	0,6 a 3,0
VI.2 - Com incrustação de lodo ou de gorduras inferiores a 25 mm	6,0 a 30
VI.3 - Com material sólido arenoso depositado de forma irregular	60 a 300

Tabela 6.2

Pelas tabelas apresentadas anteriormente, podemos concluir que a rugosidade equivalente K depende dos seguintes fatores:

- materiais de que são feitos os tubos;
- processo de fabricação dos tubos;
- natureza do líquido que escoar no tubo;
- tempo de serviço do tubo.

O envelhecimento de tubos de concreto armado alisado internamente, de cimento amianto e de tubos de material plástico pode ser considerado desprezível para o projeto das tubulações.

Nos condutos metálicos, quando não for possível a limpeza periódica e se não forem pintados internamente com materiais anticorrosivos, haverá o envelhecimento da tubulação devido à corrosão, quer seja química ou eletrolítica, em consequência, ela torna-se mais rugosa. Nesta situação, para prever-se o envelhecimento a vazão deve ser multiplicada por um coeficiente de segurança, que pode ser deduzido do gráfico 6.1, que mostra a redução da vazão com o passar dos anos em função dos diferentes tipos de água, onde:

(y1) → casos extremos de águas pouco agressivas, pequenos nódulos.

(y2) → água filtrada não arejada e praticamente não corrosiva. leve incrustação geral.

(y3) → água de poços ou água dura com pequena ação corrosiva e onde as maiores incrustações com nódulos até cerca de 12mm de altura.

(y4) → água de regiões pantanosas com vestígios de ferro e com matéria orgânica, levemente ácida, onde as grandes incrustações são de até cerca de 25 mm de altura.

(y5) → água ácida de rochas graníticas, onde ocorrem incrustações excessivas e tuberculizações.

(y6) → água extremamente corrosiva ou em pequenos condutos para água doce levemente ácida.

(y7) → casos extremos de águas muito agressivas.

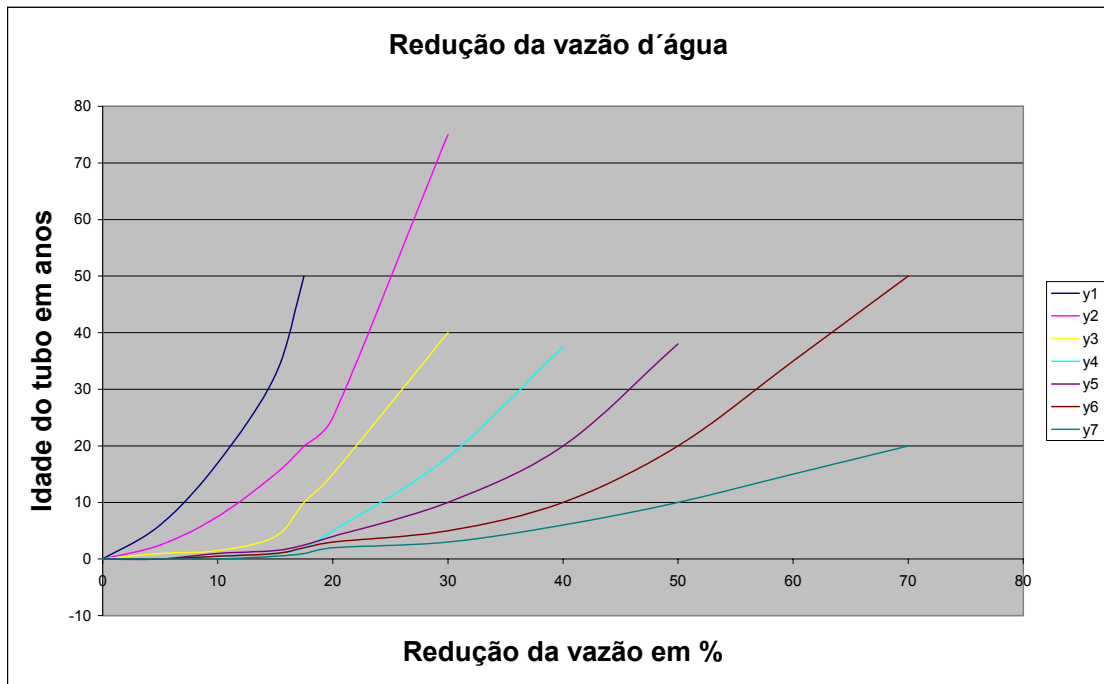


Gráfico 6.1

“A educação não pode se responsabilizar por todas as mudanças, porém não existem mudanças sem educação.” (Professor Paulo Freire)



Eu e meu neto...