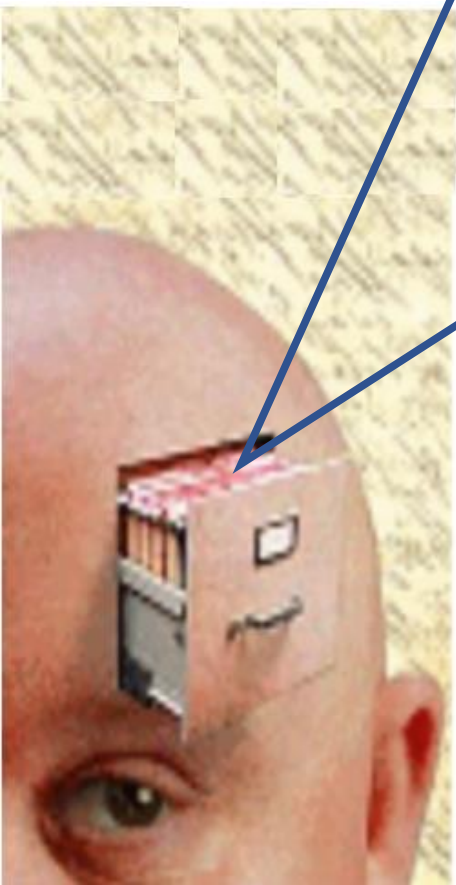


Como Carl Sagan afirma em seu livro – O mundo assombrado pelos demônios: a ciência vista como uma vela no escuro - “Os seres humanos podem ansiar pela certeza absoluta; podem aspirar a alcançá-la; podem fingir como fazem os partidários de certas religiões, que a atingiram. Mas a história da ciência – de longe o mais bem-sucedido conhecimento acessível aos humanos – ensina que o máximo que podemos esperar é um aperfeiçoamento sucessivo de nosso entendimento, um aprendizado por meio de nossos erros, uma abordagem assintótica do Universo, mas com a condição de que a certeza absoluta sempre nós escapará”.

Carl Sagan me motiva a procurar novos caminhos sempre, principalmente quando estou a planejar minhas aulas, que estão alicerçadas na pedagogia das perguntas!



REFAÇAM UTILIZANDO A FÓRMULA DE HANZEN WILLIAMS SUPONDO TUBULAÇÃO DE 10 ANOS E 20 ANOS. FAÇAM A COMPARAÇÃO DE RESULTADOS ATRAVÉS DO EXCEL.

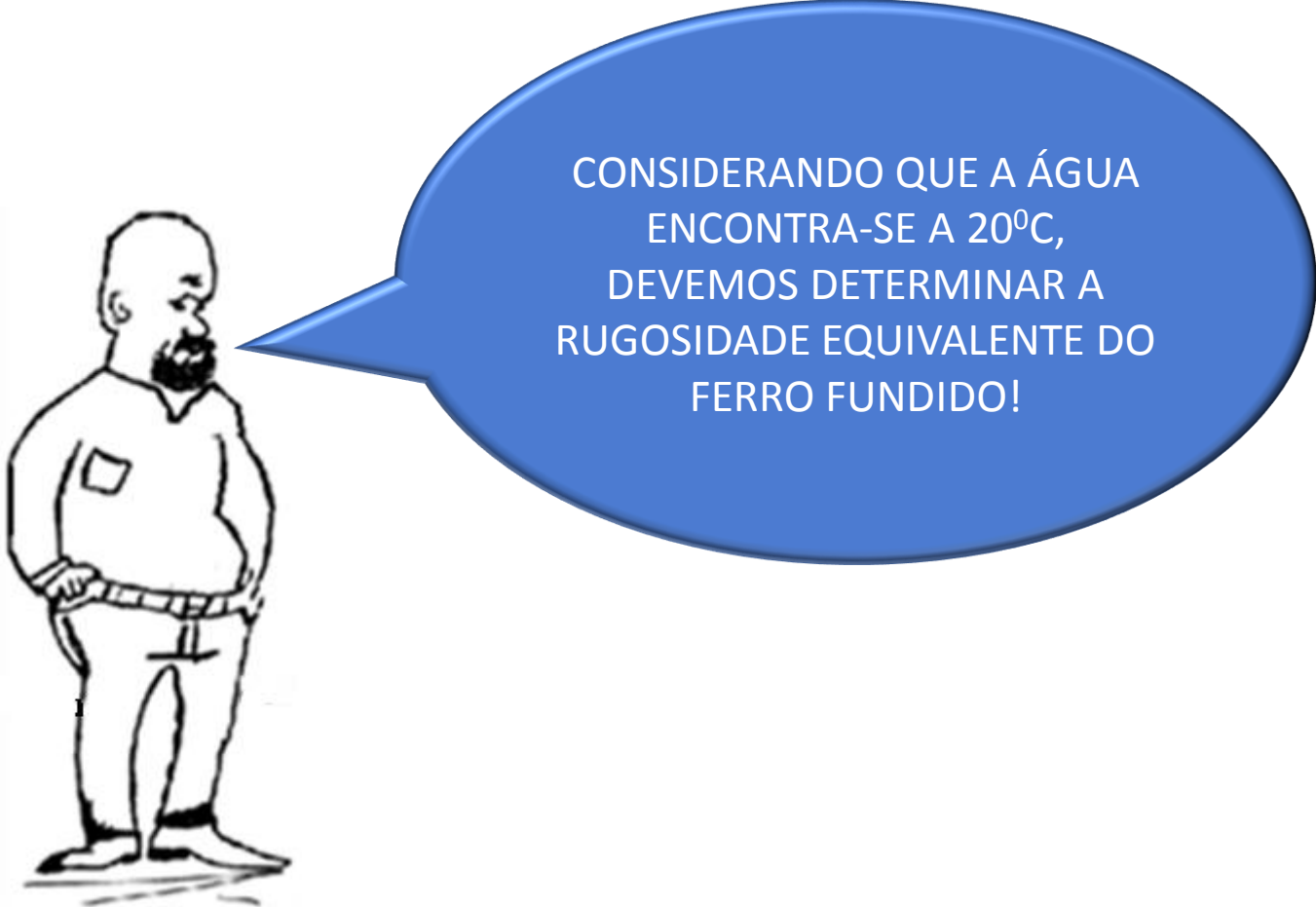
REFAÇAM O EXERCÍCIO, PORÉM NÃO CONSIDERANDO O f CONSTANTE, MAS VARIANDO COM A VAZÃO. O f DEVE SER OBTIDO PELA FÓRMULA DE CHURCHIL. O PONTO DE TRABALHO DEVE SER OBTIDO IGUALANDO AS EQUAÇÕES DAS LINHAS DE TENDÊNCIAS DA CURVA DO FABRICANTE COM A CURVA DA CCI, ISTO TRABALHANDO COM O EXCEL. COMPARE OS RESULTADOS. O endereço abaixo dá acesso a planilha para determinação do coeficiente de perda de carga distribuída (f) na página www.escoladavida.eng.br



http://www.escoladavida.eng.br/mecfluquimica/primeiro2008/determinação_dos_f.xls

Pela equação da energia aplicada da seção inicial a final foi obtida a equação da CCI:

$$H_s = 40 + 3501,3 \times f_{aB} \times Q^2 + 29629,24 \times f_{dB} \times Q^2$$

A cartoon illustration of a man with a beard and a speech bubble. The man is standing with his hands on his hips, looking towards the right. The speech bubble is blue and contains text in Portuguese.

CONSIDERANDO QUE A ÁGUA
ENCONTRA-SE A 20°C,
DEVEMOS DETERMINAR A
RUGOSIDADE EQUIVALENTE DO
FERRO FUNDIDO!

A cartoon illustration of a man with a speech bubble. The man is sitting at a desk, looking up with a question mark above his head. The speech bubble is grey and contains text in Portuguese.

AONDE
OBTER O SEU
VALOR?

ATRAVÉS DAS
PESQUISAS!



Valores adotados pelo projeto de norma da ABNT P-NB-591.

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

E AGORA?





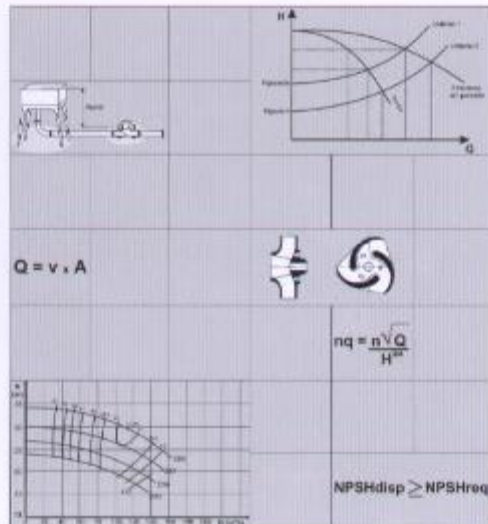
CONTINUAR A
PESQUISAR A
RUGOSIDADE
EQUIVALENTE
DO FERRO
FUNDIDO!

Alguns valores experimentais do coeficiente de Manning e da altura média da rugosidade ϵ em mm		
Canais artificiais revestidos	n	ϵ (mm)
vidro	$0,010 \pm 0,002$	0,3
latão	$0,011 \pm 0,002$	0,6
Aço, liso	$0,012 \pm 0,002$	1,0
Aço, pintado	$0,014 \pm 0,003$	2,4
Aço, rebitado	$0,015 \pm 0,002$	3,7
Ferro fundido	$0,013 \pm 0,003$	1,6
Concreto com acabamento	$0,012 \pm 0,002$	1,0
Concreto sem acabamento	$0,014 \pm 0,002$	2,4
Madeira aplainada	$0,012 \pm 0,002$	1,0
Tijolo de barro	$0,014 \pm 0,003$	2,4
Alvenaria	$0,015 \pm 0,002$	3,7
Asfalto	$0,016 \pm 0,003$	5,4
Metal corrugado	$0,022 \pm 0,005$	37

Tabela 1 – extraída do livro Mecânica dos Fluidos de Frank M. White – pg 463

MANUAL DE TREINAMENTO

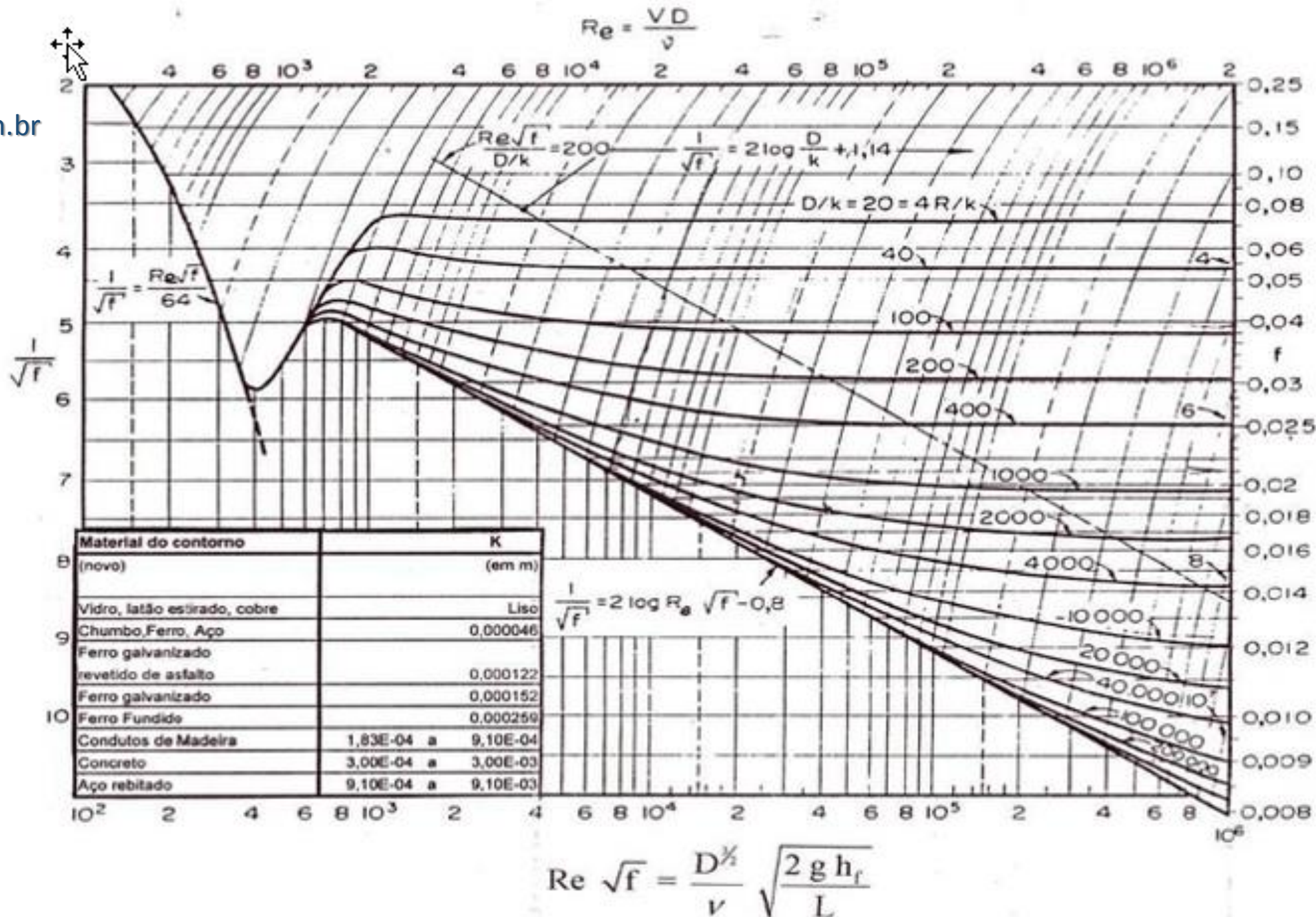
SELEÇÃO E APLICAÇÃO DE BOMBAS CENTRÍFUGAS



CENTRO DE TREINAMENTO DO PRODUTO

Rugosidades das paredes dos tubos

MATERIAL	k (m) - TUBOS NOVOS	k (m) - TUBOS VELHOS
Aço galvanizado	0,00015 - 0,00020	0,0046
Aço rebitado	0,0010 - 0,0030	0,0060
Aço revestido	0,0004	0,0005 - 0,0012
Aço soldado	0,00004 - 0,00006	0,0024
Chumbo	lisos	lisos
Cimento amianto	0,000013	-----
Cobre ou latão	lisos	lisos
Concreto bem acabado	0,0003 - 0,0010	-----
Concreto ordinário	0,0010 - 0,0020	-----
Ferro forjado	0,00004 - 0,00006	0,0024
Ferro fundido	0,00025 - 0,00050	0,0030 - 0,0050
Madeira com aduelas	0,0002 - 0,0010	-----
Manilhas cerâmicas	0,0006	0,0030
Vidro	lisos	lisos
Plástico	lisos	lisos



Valores da rugosidade absoluta equivalente

Material	$\epsilon(\text{mm})$ Rugosidade absoluta equivalente
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

Hidráulica HID 006 Prof. Benedito C....

SlidePlayer.com.br - 960 × 720 - Pesquisa por imagem

Material  (mm) Rugosidade absoluta equivalente Ferro fundido oxidado 1 a 1,5 Cimento

Visitar
página

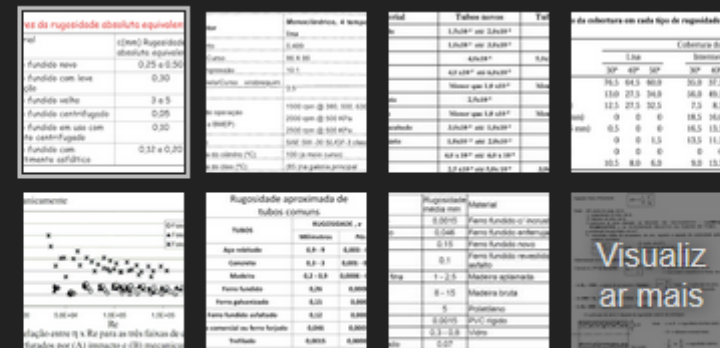
Visualizar
imagem

★ Salvar

Ver
imagens
salvas

Compartilhar

Imagens relacionadas:



The collage contains several documents related to hydraulic roughness. One document is titled 'Tabela de rugosidade absoluta equivalente' and lists values for materials like cast iron, steel, and concrete. Another document is titled 'Rugosidade aproximada de tubos comuns' and lists values for common pipes. A third document is titled 'Rugosidade absoluta equivalente' and lists values for various materials. A fourth document is titled 'Visualizar mais' and shows a graph of roughness vs. flow rate.

As imagens podem ter direitos autorais. - Enviar feedback

http://www.mspc.eng.br/fldetc/fluid_0550.shtml

Tabela de rugosidades | [Topo pág](#) | [Fim pág](#) |

Tabela 01: rugosidades médias absolutas de alguns materiais.

Material	Rugosidade média mm	Material	Rugosidade média mm
Aço laminado novo	0,0015	Ferro fundido c/ incrustação	1,5 - 3
Aço laminado usado	0,046	Ferro fundido enferrujado	1 - 1,5
Aço galvanizado	0,15	Ferro fundido novo	0,26 - 1
Aço soldado liso	0,1	Ferro fundido revestido c/ asfalto	0,12 - 0,26
Alvenaria de pedra fina	1 - 2,5	Madeira aplainada	0,2 - 0,9
Alvenaria de pedra grosseira	8 - 15	Madeira bruta	1 - 2,5
Alvenaria de tijolo	5	Polietileno	0,001
Cobre	0,0015	PVC rígido	0,005
Concreto alisado	0,3 - 0,8	Vidro	0,0015
Concreto centrifugado	0,07		

http://www.esalq.usp.br/departamentos/leb/disciplinas/Fernando/leb472/Aula_7/Perda_de_carga_Manuel%20Barral.pdf

Coefficientes para o cálculo de perdas de carga unitária em tubagens

1. Rugosidade absoluta equivalente

Material	ϵ (mm)		
Betão	inferior	superior	normal
Muito rugoso (de cofragens de madeira, com desgastes de erosão e juntas mal alinhadas)	0.6	3	1.5
Rugoso (marcas de cofragens visíveis)	0.4	0.6	0.5
Liso (de cofragens metálicas, novo ou quase novo, acabamento médio com juntas cuidadas)	0.06	0.18	0.1
Muito liso (novo, de cofragens metálicas de acabamento muito bom, com juntas cuidadas)	0.015	0.06	0.03
Aço laminado			
Novo	-	-	0.05
Enferrujado	0.15	0.3	0.2
Incrustado	2.4	12.2	7
Revestido de betume	-	-	0.042
Revestido de esmalte	0.01	0.3	0.06
Revestido de betão	0.05	0.15	0.1
Aço soldado			
Novo	0.03	0.1	0.08
enferrujado	-	-	0.4
Materiais lisos			
Latão, cobre, chumbo, vidro	0.04	0.01	0.007
Alumínio	0.0015	0.005	0.004
Fibrocimento	0.006	0.025	0.015
Ferro			
Forjado enferrujado	0.15	3	0.6
Galvanizado, forjado revestido	0.06	0.3	0.15
Fundido não revestido, novo	0.25	1	0.5
Fundido com corrosão	1	3	1.5
Madeira			
Vegetação excessiva nas paredes	0.3	3.5	3.2
Usada, em boas condições	0.12	0.3	0.2
Nova, construção de 1ª classe	0.03	0.12	0.07
Materiais extra lisos			
Plástico, PVC, vidro			0.001

Adaptado de:
 Lencastre, A. 1996. *Hidráulica Geral*.
 Quintela, A.C. 2000. *Hidráulica*. Fundação Calouste Gulbenkian. Lisboa

Material	Rugosidade absoluta ϵ (mm)	
Aço comercial novo	0,045	
Aço laminado novo	0,04 a	0,1
Aço soldado novo	0,05 a	0,1
Aço soldado limpo, usado	0,15	0,2
Aço soldado moderadamente oxidado	0,4	
Aço soldado revestido de cimento centrifugado	0,1	
Aço laminado revestido de asfalto	0,05	
Aço rebitado novo	1 a	3
Aço rebitado em uso	6	
Aço galvanizado, com costura	0,15	
Aço galvanizado, sem costura	0,06	
Ferro forjado	0,05	
Ferro fundido novo	0,25 a	0,5
Ferro fundido com leve oxidação	0,3	
Ferro fundido velho	3 a	5
Ferro fundido centrifugado	0,05	
Ferro fundido em uso com cimento centrifugado	0,1	
Ferro fundido com revestimento asfáltico	0,12	
Ferro fundido oxidado	1 a	1,5
Cimento amianto novo	0,025	
Concreto centrifugado novo	0,16	
Concreto armado liso, vários anos de uso	0,2 a	0,3
Concreto com acabamento normal	1 a	3
Concreto protendido Freyssinet	0,04	
Cobre, latão, aço revestido de epoxi, PVC, plásticos em geral, tubos extrudados	0,0015	

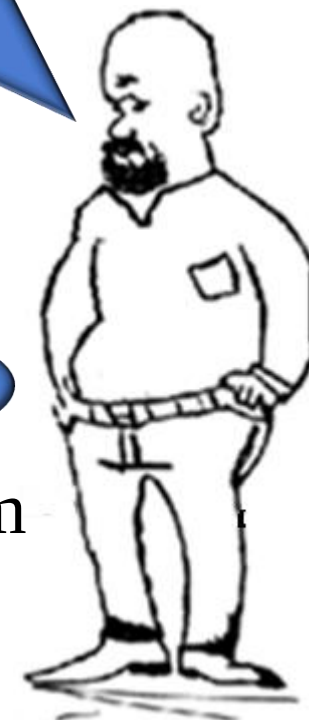
Natureza das paredes	Condições			
	Muito boa	Boa	Regular	Má
Alvenaria de pedra argamassada	0,017	0,020	0,025	0,030
Alvenaria de pedra aparelhada	0,013	0,014	0,015	0,017
Alvenaria de pedra seca	0,025	0,033	0,033	0,035
Alvenaria de tijolos	0,012	0,013	0,015*	0,017
Calhas metálicas lisas (semicirculares)	0,011	0,012	0,013	0,015
Canais abertos em rocha (irregular)	0,035	0,040	0,045	-
Canais c/ fundo em terra e talude c/ pedras	0,028	0,030	0,033	0,035
Canais c/ leito pedregoso e talude vegetado	0,025	0,030	0,035	0,040
Canais com revestimento de concreto	0,012	0,014*	0,016	0,018
Canais de terra (retilíneos e uniformes)	0,017	0,020	0,023	0,025
Canais dragados	0,025	0,028	0,030	0,033
Condutos de barro (drenagem)	0,011	0,012*	0,014*	0,017
Condutos de barro vitrificado (esgoto)	0,011	0,013*	0,015	0,017
Condutos de prancha de madeira aplainada	0,010	0,012*	0,013	0,014
Gabião	0,022	0,030	0,035	-
Superfícies de argamassa de cimento	0,011	0,012	0,013*	0,015
Superfícies de cimento alisado	0,010	0,011	0,012	0,013
Tubo de ferro fundido revestido c/ alcatrão	0,011	0,012*	0,013*	-
Tubo de ferro fundido sem revestimento	0,012	0,013	0,014	0,015
Tubos de bronze ou de vidro	0,009	0,010	0,011	0,013
Tubos de concreto	0,012	0,013	0,015	0,016
Tubos de ferro galvanizado	0,013	0,014	0,015	0,017
Córregos e rios Limpos, retilíneos e uniformes	0,025	0,028	0,030	0,033
Igual anterior porém c/ pedras e vegetação	0,030	0,033	0,035	0,040
Com meandros, bancos e poços, limpos	0,035	0,040	0,045	0,050
Margens espaiadas, pouca vegetação	0,050	0,060	0,070	0,080
Margens espaiadas, muita vegetação	0,075	0,100	0,125	0,150

Fonte: Porto (1998) e Cirilo et al. (2001)

TOMAR A DECISÃO E
COMEÇAR A
TRABALHAR!

Adotado

$$K_{FoFo} = 0,375\text{mm}$$



Ao colar o link dados para determinação do coeficiente de perda de carga distribuída (f), temos acesso a página a seguir:

The screenshot shows a Microsoft Excel spreadsheet titled "determinação_dos_f [Somente leitura] [Modo de Compatibilidade] - Excel". The interface is in Portuguese. The spreadsheet is organized into several sections:

- Properties of the transported fluid (propriedades do fluido transportado):** Located in rows 2-4, columns B-G. It includes fields for temperature (temp (°C)), viscosity (μ (kg/ms)), density (ρ (kg/m³)), pressure (Pv (Pa)), and velocity (v (m²/s)).
- Properties of the local (propriedades do local):** Located in rows 6-8, columns B-D. It includes fields for gravity (g =), atmospheric pressure (patm =), and units (m/s², Pa).
- Material properties (mat. tubo aço):** Located in rows 11-16, columns B-D. It includes fields for thickness (espessura), inner diameter (Dint (mm)), area (A (cm²)), thermal conductivity (K(m)), and thermal resistance (DH/k).
- Legend (Legenda):** A yellow box in column H (rows 3-10) explaining the color coding:
 - Blue: deve ser preenchida (must be filled)
 - Green: será calculada (will be calculated)
 - Orange: preenchimento opcional (optional filling)
 - Purple: copiado de outra planilha (copied from another spreadsheet)
- Flow rate (Q):** Located in row 18, column J. It includes fields for Q (m³/h), Q (m³/s), Q (L/s), and Q (L/min), with a note "deve transformar para m³/h" (must transform to m³/h).
- Table of Fluid Types and Velocities:** A table in rows 19-26, columns A-C, showing fluid types (Água, Bombas), velocities (Velocidade econômica (m/s)), and materials (Material da Tubulação).

FLUIDO (líquido)	Velocidade econômica (m/s)	Material da Tubulação
Água:		
- serviços gerais	0,9 a 2,5	aço
- rede industrial	0,9 a 2,2	aço
Bombas:		
- linha de sucção	0,9 a 2,2	aço

CONSIDERANDO A VAZÃO
MÍNIMA DE 430 m³/h



NA SUCÇÃO



NO RECALQUE

 $Q(\text{m}^3/\text{s})$ 

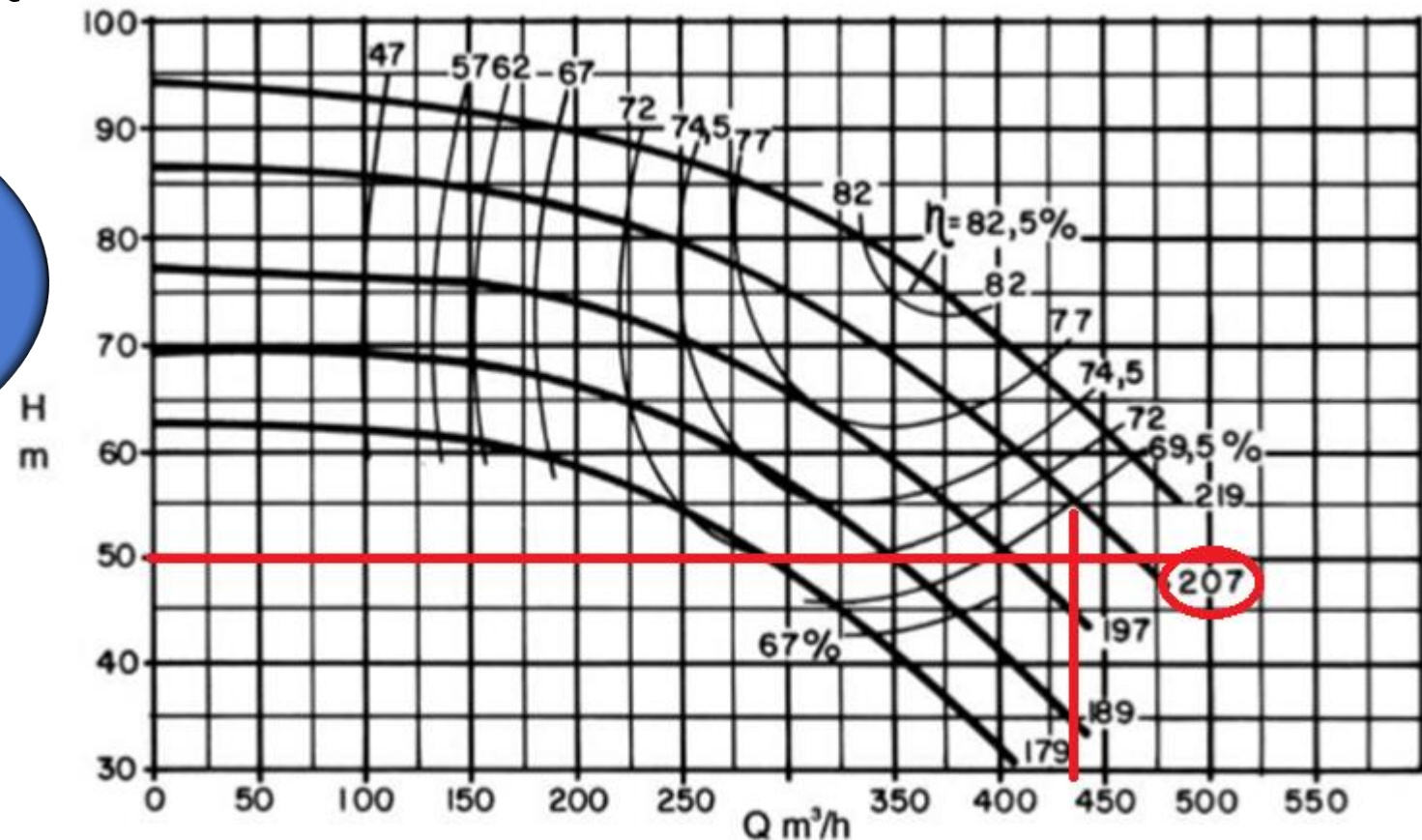
Escolha preliminar do rotor

$$H_s = 40 + 3501,3 \cdot [\text{determinação_dos_f.xls}] \text{comparação_f!} \$G\$4 \cdot (430/3600)^2 + 29629,24 \cdot [\text{determinação_dos_f.xls}] \text{comparação_f!} \$G\$4 \cdot (430/3600)^2$$

$$H_s = 40 + 3501,3 \times f_{aB} \times Q^2 + 29629,24 \times f_{dB} \times Q^2$$

$$\Rightarrow H_s \cong 50\text{m}$$

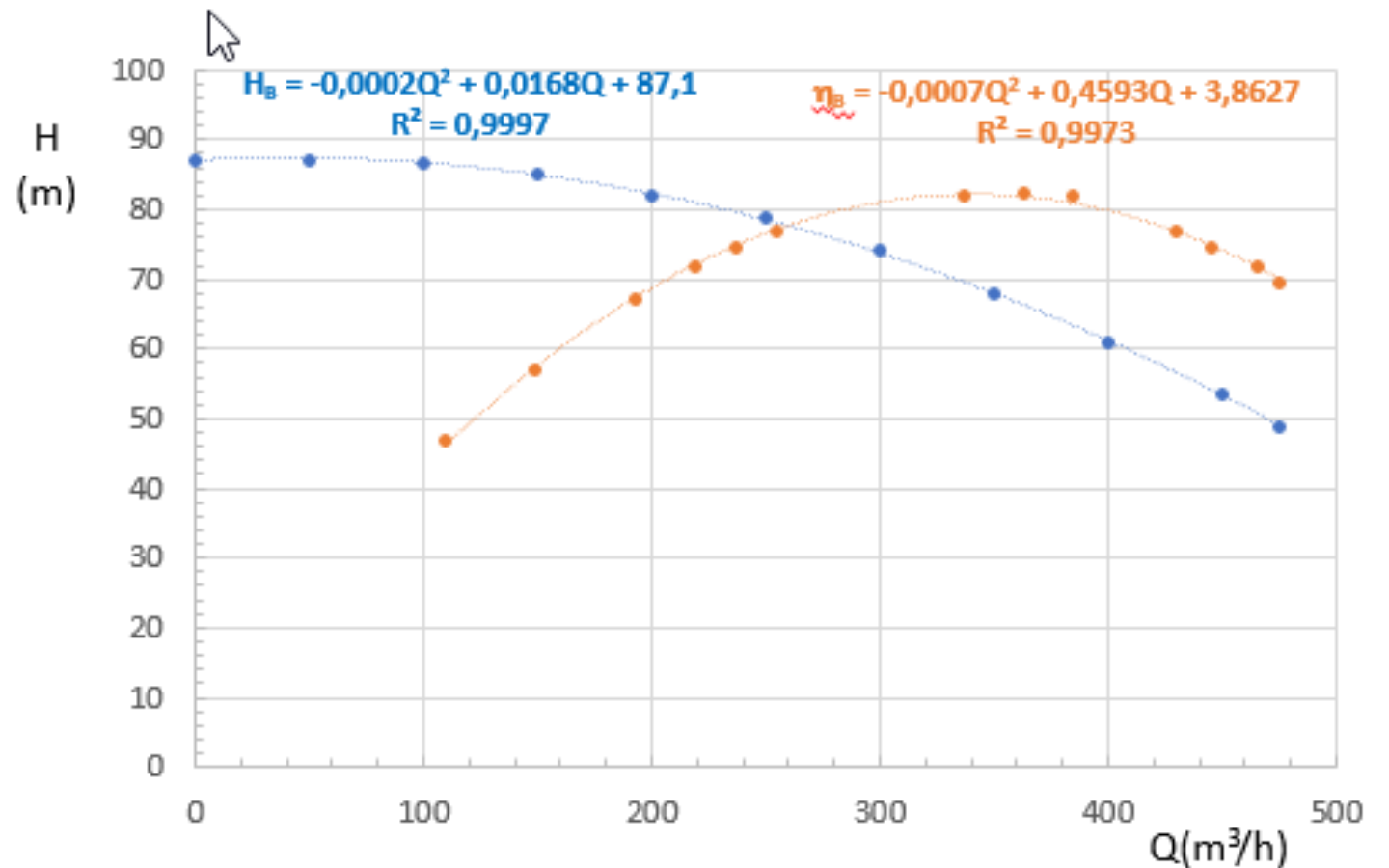
Determinado o diâmetro de rotor aproximado, passamos a ler os dados de suas curvas, os quais estão representados no próximo slide!



Bomba Tipo Pump Type Tipo de Bomba	KSB MEGANORM KSB MEGACHEM	Tamanho Size Tamaño	100-200
Oferta n° Project - No. Oferta - n°	Item n° Item - No. Pos - n°		

	
Velocidade Nominal Nom. Rotative Speed Velocidad Nominal	3500 rpm

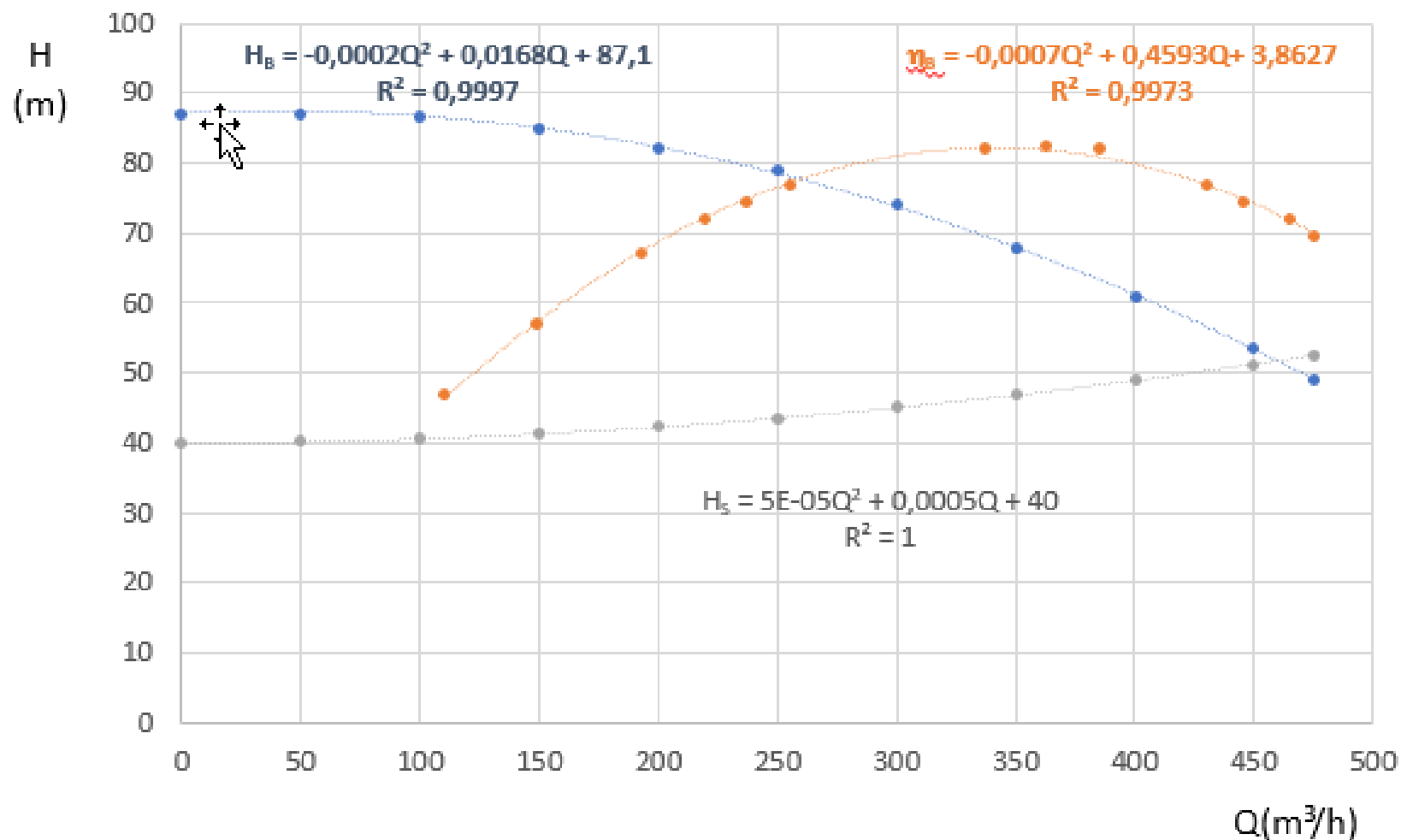
Q(m³/h)	H(m)	Q(m³/h)	hB (%)
0	87,1	110	47
50	86,9	149	57
100	86,7	193	67
150	85	219	72
200	82	237	74,5
250	79	255	77
300	74	337	82
350	68	363	82,5
400	61	385	82
450	53,5	430	77
475	49	445	74,5
		465	72
		475	69,5



CCI

Q(m³/h)	f _{suação}	f _{recalque}	H _s (m)
0	0	0	40
50	0,0244	0,0245	40,2
100	0,0227	0,0232	40,6
150	0,0221	0,0227	41,3
200	0,0217	0,0224	42,3
250	0,0215	0,0222	43,5
300	0,0214	0,0221	45,1
350	0,0212	0,0220	46,9
400	0,0211	0,0219	48,9
450	0,0211	0,0219	51,3
475	0,0210	0,0218	52,3

TRAÇANDO A CCI E VISUALIZANDO O PONTO DE TRABALHO



Determinando o ponto de trabalho no cruzamento da CCI com a CCB

$$-0,0002 \times Q^2 + 0,0168 \times Q + 87,1 = 5 \times 10^{-5} \times Q^2 + 0,0005 \times Q + 40$$

$$2,5 \times 10^{-4} \times Q^2 - 0,0163 \times Q - 47,1 = 0$$

$$Q_{\tau} = \frac{0,0163 + \sqrt{0,0163^2 + 4 \times 2,5 \times 10^{-4} \times 47,1}}{2 \times 2,5 \times 10^{-4}} \cong 467,9 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$H_s = 5 \times 10^{-5} \times 467,9^2 + 0,0005 \times 467,9 + 40 \Rightarrow H_s \cong 51,2 \text{m}$$

$$\eta_B = -0,0007 \times 467,9^2 + 0,4593 \times 467,9 + 3,8627 \Rightarrow \eta_B \cong 65,52\%$$

$$N_{B_{\tau}} = \frac{\gamma \times Q_{\tau} \times H_{B_{\tau}}}{\eta_{B_{\tau}}} \Rightarrow N_B = \frac{998,2 \times 9,8 \times \left(\frac{467,9}{3600} \right) \times 51,2}{0,6552}$$

$$N_{B_{\tau}} \cong 99355,2 \text{W} \approx 99,4 \text{kW}$$



Não desejo
o que vejo
não consigo viver
um desejo
mas sinto no peito
o beijo
que alenta
e atormenta
e me leva
sem rumo
sem caminho
ao meu destino.

Raimundo (Alemão) Ferreira Ignácio