

**“SE AS ABELHAS DESAPARECEREM
DA FACE DA TERRA, A HUMANIDADE
TERÁ APENAS MAIS QUATRO ANOS
DE EXISTÊNCIA. SEM ABELHAS NÃO
HÁ POLINIZAÇÃO, NÃO HÁ ANIMAIS,
SEM ANIMAIS, NÃO HAVERÁ RAÇA
HUMANA.”**



Dimensionamento de condutos livres (canais)

Também denominada de fórmula de Manning que é válida para o escoamento hidraulicamente rugoso

PROBLEMAS
A RESOLVER!

$$v = \frac{1}{n} \times R_H^{2/3} \times I_0^{1/2}$$

$$Q = \frac{1}{n} \times R_H^{2/3} \times I_0^{1/2} \times A$$

$$\frac{n \times Q}{\sqrt{I_0}} = R_H^{2/3} \times A$$

E devem ser bem resolvidos para evitar isto.

Vamos iniciar aplicando a equação de Chézy com coeficiente de Manning

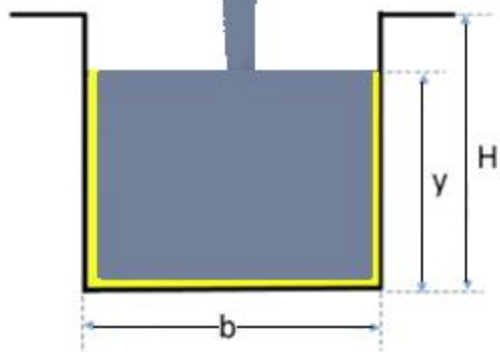




**PROBLEMA
HIDRAULICAMENTE
INDETERMINADO**

Dados n , A e R_H há infinitas vazões Q que satisfazem a equação de movimento, ficando Q associada a I_0 .

$$Q = \frac{1}{n} \times R_H^{2/3} \times I_0^{1/2} \times A$$



PROBLEMA HIDRAULICAMENTE DETERMINADO: neste caso, com os dados, a equação do movimento e a equação da continuidade, obtém-se a solução.

1. Dados n , A , R_H e I_0 calcula-se Q

2. Dados n , A , R_H e Q calcula-se I_0

3. Dados n , Q , e I_0 calcula-se A e R_H

mais trabalhoso

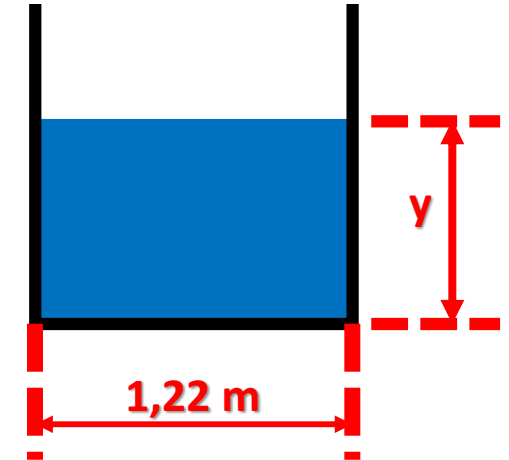


**TIPOS DE PROBLEMAS
A ENFRENTAR**

Resolução do problema 7: A água deve ser transportada em um canal retangular de concreto sem acabamento com uma largura da parte inferior de 1,22 m com uma vazão de 1,45 m³/s. O terreno é tal que o fundo do canal cai 0,61 m a cada 304,8 m. Determine a profundidade do canal (y).



Sabendo-se que os canais uniformes e escoamentos uniformes não existem na prática, as soluções são sempre aproximadas, não se justificando estender os cálculos além de 3 algarismos significativos.



$$Q = \frac{1}{n} \times R_H^{2/3} \times I_0^{1/2} \times A$$

$$A = 1,22 \times y \rightarrow [m^2]$$

$$I_0 = \frac{0,61}{304,8} \rightarrow \left[\frac{m}{m} \right]$$

$$n \Rightarrow [n] = \frac{s}{m^{1/3}}$$

$$\epsilon = K \Rightarrow [K] = mm$$

Concreto sem acabamento	0,014 ± 0,002	2,4
-------------------------	---------------	-----

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

$$\sigma = 1,22 + 2y \rightarrow [m]$$

$$R_H = \frac{1,22 \times y}{1,22 + 2y} \rightarrow [m]$$

Tabela 8.5 Valores do coeficiente de rugosidade da fórmula de Manning.

Natureza das Paredes	Condições			
	Muito Boas	Boas	Regulares	Más
Tubos de ferro fundido sem revestimento.....	0,012	0,013	0,014	0,015
Idem, com revestimento de alcatrão.....	0,011	0,012*	0,013*	---
Tubos de ferro galvanizado.....	0,013	0,014	0,015	0,017
Tubos de bronze ou de vidro.....	0,009	0,010	0,011	0,013
Condutos de barro vitrificado, de esgotos.....	0,011	0,013*	0,015	0,017
Condutos de barro, de drenagem.....	0,011	0,012*	0,014*	0,017
Alvenaria de tijolos com argamassa de cimento: condutos de esgoto, de tijolos.....	0,012	0,013	0,015*	0,017
Superfícies de cimento alisado.....	0,010	0,011	0,012	0,013
Superfícies de argamassa de cimento.....	0,011	0,012	0,013*	0,015
Tubos de concreto.....	0,012	0,013	0,015	0,016
Condutos e aduelas de madeira.....	0,010	0,011	0,012	0,013
Calhas de prancha de madeira aplainada.....	0,010	0,012*	0,013	0,014
Idem, não aplainada.....	0,011	0,013*	0,014	0,015
Idem, com pranchões.....	0,012	0,015*	0,016	0,017
Canais com revestimento de concreto.....	0,012	0,014*	0,016	0,018
Alvenaria de pedra argamassa.....	0,017	0,020	0,025	0,030
Alvenaria de pedra seca.....	0,025	0,033	0,033	0,035
Alvenaria de pedra aparelhada.....	0,013	0,014	0,015	0,017
Calhas metálicas lisas (semicirculares).....	0,011	0,012	0,013	0,015
Idem, corrugadas.....	0,023	0,025	0,028	0,030
Canais de terra, retílineos e uniformes.....	0,017	0,020	0,023	0,025
Canais abertos em rocha, lisos e uniformes.....	0,025	0,030	0,033*	0,035
Canais abertos em rocha, irregulares, ou de paredes de pedra irregulares e mal-arrumadas.....	0,035	0,040	0,045	---
Canais dragados.....	0,025	0,028	0,030	0,033
Canais curvilíneos e lamosos.....	0,023	0,025*	0,028	0,030
Canais com leito pedregoso e vegetação aos taludes.....	0,025	0,030	0,035*	0,040
Canais com fundo de terra e taludes empedrados.....	0,028	0,030	0,033	0,035
ARROIOS E RIOS				
1. Limpos, retílineos e uniformes.....	0,025	0,028	0,030	0,033
2. Como em 1, porém com vegetação e pedras.....	0,030	0,033	0,035	0,040
3. Com meandros, bancos e poços pouco profundos, limpos.....	0,035	0,040	0,045	0,050
4. Como em 3, águas baixas, declividade fraca.....	0,040	0,045	0,050	0,055
5. Como em 3, com vegetação e pedras.....	0,033	0,035	0,040	0,045
6. Como em 4, com pedras.....	0,045	0,050	0,055	0,060
7. Com margens espriadas, pouca vegetação.....	0,050	0,060	0,070	0,080
8. Com margens espriadas, muita vegetação.....	0,075	0,100	0,125	0,150

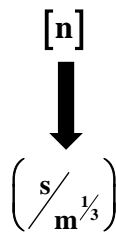
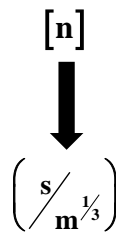


Tabela 8.6 Valores de n. (extraído de Bandini: Hidráulica, vol.1)

Nº	Natureza das Paredes	n
01	Canais de chapas com rebites embutidos, juntas perfeitas e águas limpas. Tubos de cimento e de fundição em perfeitas condições....	0,011
02	Canais de cimento muito liso, de dimensões limitadas, de madeira aplainada e lixada, em ambos os casos; trechos retílineos compridos e curvas de grande raio e água limpa. Tubos de fundição usados.....	0,012
03	Canais de reboco de cimento liso, porém com curvas de raio limitado e águas não completamente limpas; construídos com madeira lisa, mas com curvas de raio moderado.....	0,013
04	Canais com reboco de cimento não completamente liso; de madeira como no nº 2, porém com traçado tortuoso e curvas de pequeno raio e juntas imperfeitas.....	0,014
05	Canais com paredes de cimento não completamente lisas, com curvas estreitas e águas com detritos; construídos de madeira não aplainada de chapas rebitadas.....	0,015
06	Canais com reboco de cimento não muito alisado e pequenos depósitos no fundo; revestidos por madeira não aplainada; de alvenaria construída com esmero; de terra, sem vegetação.....	0,016
07	Canais com reboco de cimento incompleto, juntas irregulares, andamento tortuoso e depósitos no fundo; de alvenaria revestindo taludes não bem perfilados.....	0,017
08	Canais com reboco de cimento rugoso, depósitos no fundo, musgo nas paredes e traçado tortuoso.....	0,018
09	Canais de alvenaria em más condições de manutenção e fundo com barro, ou de alvenaria de pedregulhos; de terra, bem construídos, sem vegetação e com curvas de grande raio.....	0,020
10	Canais de chapas rebitadas e juntas irregulares; de terra, bem construídos com pequenos depósitos no fundo e vegetação rasteira nos taludes.....	0,022
11	Canais de terra, com vegetação rasteira no fundo e nos taludes.....	0,025
12	Canais de terra, com vegetação normal, fundo com cascalhos ou irregular por causa de erosões; revestidos com pedregulhos e vegetação.....	0,030
13	Álveos naturais, cobertos de cascalhos e vegetação.....	0,035
14	Álveos naturais, andamento tortuoso.....	0,040



* Valores aconselhados para projetos.

Solução proposta pelo professor Azevedo Netto



$$\frac{n \times Q}{I_0^{1/2}} = R_H^{2/3} \times A \rightarrow$$

$$\frac{0,014 \times 1,45}{\sqrt{\frac{0,61}{304,8}}} = \left(\frac{1,22y}{1,22 + 2y} \right)^{2/3} \times 1,22y$$

Calculamos

$$\frac{n \times Q}{\sqrt{I_0}}$$

$$R_H(y) = \frac{A(y)}{\sigma(y)}$$

Organizamos a tabela:

y(m)	$\sigma(y)$ (m)	A(y) (m ²)	R _H (m)	R _H ^{2/3} (m ^{2/3})	AR _H ^{2/3} (m ^{2/3})

Atribuimos valor a y

calculamos

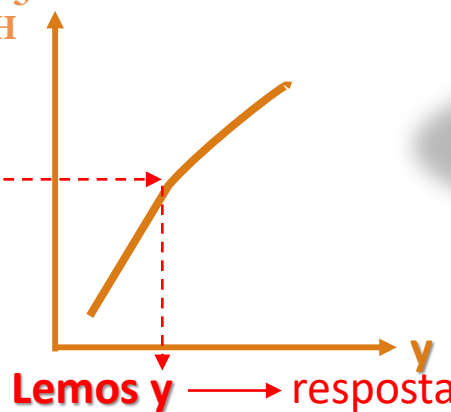
Construímos o gráfico:



marcamos

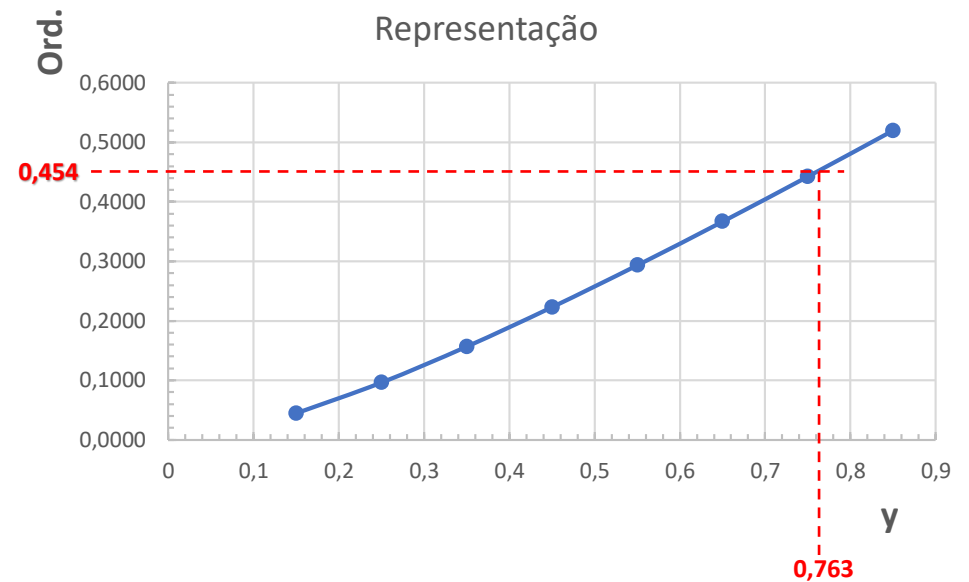
$$\frac{n \times Q}{\sqrt{I_0}}$$

$$AR_H^{2/3}$$



Lemos y → resposta

y(m)	$\sigma(y)$ (m)	A(y) (m ²)	R _H (m)	$R_H^{2/3}$ (m ^{2/3})	$AR_H^{2/3}$ (m ^{2/3})
0,15	1,52	0,183	0,120	0,244	0,0446
0,25	1,72	0,305	0,177	0,316	0,0963
0,35	1,92	0,427	0,222	0,367	0,1567
0,45	2,12	0,549	0,259	0,406	0,2230
0,55	2,32	0,671	0,289	0,437	0,2935
0,65	2,52	0,793	0,315	0,463	0,3669
0,75	2,72	0,915	0,336	0,484	0,4426
0,85	2,92	1,037	0,355	0,501	0,5200



$$\frac{nQ}{\sqrt{I_0}} = \frac{0,014 \times 1,45}{\sqrt{\frac{0,61}{304,8}}} \cong \boxed{0,454}$$

marcamos na ordenada e lemos y aproximadamente igual a **0,763 m**

RESPOSTA

Hoje, podemos recorrer a um suplemento do Excel e resolver esta equação muito mais rapidamente.



$$1,45 = \frac{1}{0,014} \times \left(\frac{1,22y}{1,22 + 2y} \right) \times \sqrt{\frac{0,61}{304,8}} \times 1,22y$$

Salvamento Automático Pasta1 - Excel Raimundo Ferreira Ignacio

Arquivo **Página Inicial** Inserir Desenhar Layout da Página Fórmulas Dados Revisão Exibir Desenvolvedor utilidade Ajuda Acrobat Pesquisar Compartilhar Comentários

Colar Área de Transferência Fonte Alinhamento Número Estilos Células Edição

Calibri 11 A⁺ A⁻ Quebrar Texto Automaticamente Geral Formatação Condicional Formatar como Tabela Estilos de Célula Inserir Excluir Formatar AutoSoma Preencher Limpar Classificar e Filtrar Localizar e Selecionar

A1

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
1																							
2																							
3																							
4																							
5																							
6																							
7																							
8																							
9																							
10																							
11																							
12																							
13																							
14																							
15																							
16																							
17																							
18																							
19																							
20																							
21																							
22																							
23																							
24																							
25																							
26																							
27																							
28																							
29																							


Planilha1

Pronto

100%

22:01 16/05/2019

Digite aqui para pesquisar



Clicamos em "Arquivo"

Informações



🏠 Página Inicial

📄 Novo

📁 Abrir

Informações

Salvar

Salvar como

Salvar como Adobe PDF

Imprimir

Compartilhar

Exportar

Publicar

Fechar

Conta

Comentários

Opções

Proteger Pasta de Trabalho ▾

Proteger Pasta de Trabalho

Controle que tipos de alterações as pessoas podem fazer nesta pasta de trabalho.

Verificar Se Há Problemas ▾

Inspecionar Pasta de Trabalho

Antes de publicar este arquivo, saiba que ele contém:

- Nome do autor e caminho absoluto

Gerenciar Pasta de Trabalho ▾

Gerenciar Pasta de Trabalho

📁 Não existem alterações não salvas.

Opções de Exibição do Navegador

Opções de Exibição do Navegador

Controle o que os usuários podem ver quando esta pasta de trabalho é exibida na Web.

Propriedades ▾

Tamanho: Ainda não salvo
 Título: Adicionar um título
 Marcas: Adicionar marca
 Categorias: Adicionar categoria

Datas Relacionadas

Última Modificação: Hoje, 21:59
 Criada em: Hoje, 21:59
 Última Impressão

Pessoas Relacionadas

Autor: Raimundo F Ignacio
 Adicionar um autor
 Última Modificação por: Ainda não salvo

Mostrar Todas as Propriedades

Clicamos em "Opções"



Salvamento Automático Pasta1 - Excel Raimundo Ferreira Ignacio

Arquivo **Página Inicial** Inserir Desenhar Layout da Página Fórmulas Dados Revisão Exibir Desenvolvedor utilidade Ajuda Acrobat Pesquisar Compartilhar Comentários

Calibri 11

Área de Transferência Fonte

A1

A B C D

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29

Planilha1

Pronto

100%

22:11 16/05/2019

Digite aqui para pesquisar

Opções do Excel

Geral

- Otimizar para obter melhor aparência
- Otimizar para compatibilidade (é necessário reiniciar o aplicativo)
- Mostrar Minibarra de Ferramentas após seleção
- Mostrar opções de Análise Rápida na seleção
- Habilitar Visualização Dinâmica
- Recolher automaticamente a faixa de opções

Estilo de dica de tela: Mostrar descrições de recursos em dicas de tela

Ao criar novas pastas de trabalho

Usar esta fonte como padrão: Fonte do Corpo

Tamanho da fonte: 11

Modo de exibição padrão de novas planilhas: Exibição Normal

Incluir este número de planilhas: 1

Personalizar a cópia do Microsoft Office

Nome de usuário: Raimundo F Ignacio

Sempre usar estes valores independentemente da entrada no Office.

Plano de Fundo do Office: Nuvens

Tema do Office: Cinza Escuro

Configurações de Privacidade

Suas configurações de privacidade foram movidas.


Configurações de Privacidade

Recursos do LinkedIn

Use recursos do LinkedIn no Office para permanecer conectado com sua rede profissional e manter-se atualizado no seu setor.

OK Cancelar

Clicamos em "Suplementos"



Salvamento Automático Pasta1 - Excel Raimundo Ferreira Ignacio

Arquivo Página Inicial Inserir Desenhar Layout da Página Fórmulas Dados Revisão Exibir Desenvolvedor utilidade Ajuda Acrobat Pesquisar Compartilhar Comentários

Opções do Excel

Exiba e gerencie Suplementos do Microsoft Office.


Suplementos

Nome	Local	Tipo
Suplementos de Aplicativo Ativos		
Acrobat PDFMaker Office COM Addin	C:\...Maker\Office\PDFMOfficeAddin.dll	Suplemento COM
Solver	C:\...16\Library\SOLVER\SOLVER.XLAM	Suplemento do Excel
Suplementos de Aplicativo Inativos		
Data (XML)	C:\...rosoft Shared\Smart Tag\MOFLD.LL	Ação
Euro Currency Tools	C:\...Office16\Library\EUROTOOL.XLAM	Suplemento do Excel
Ferramentas de Análise	C:\...16\Library\Analysis\ANALYS32.XLL	Suplemento do Excel
Ferramentas de Análise - VBA	C:\...Library\Analysis\ATPVBAEN.XLAM	Suplemento do Excel
Microsoft Actions Pane 3		Pacote de Expansão para XML
Microsoft Data Streamer for Excel	C:\...ataStreamerforExcel.vsto\dstolocal	Suplemento COM
Microsoft Power Map for Excel	C:\...el Add-in\EXCELPLUGINSHELL.DLL	Suplemento COM
Microsoft Power Pivot for Excel	C:\...-in\PowerPivotExcelClientAddi	
Suplementos Relacionados a Documento <i>Sem Suplementos Relacionados a Documento</i>		
Suplementos de Aplicativo Desabilitados		
Suplemento:	Acrobat PDFMaker Office COM Addin	
Editor:	Adobe Inc.	
Compatibilidade:	Nenhuma informação de compatibilidade disponível	
Local:	C:\Program Files (x86)\Adobe\Acrobat DC\PDFMaker\Office\PDFMOfficeAddin.dll	
Descrição:	Acrobat PDFMaker Office COM Addin	

Gerenciar: Suplementos do Excel Ir...

OK Cancelar

Verifique se o "Solver" está ativo, se não estiver o ativo.



Salvamento Automático Pasta1 - Excel Raimundo Ferreira Ignácio

Arquivo **Página Inicial** Inserir Desenhar Layout da Página Fórmulas Dados Revisão Exibir Desenvolvedor utilidade Ajuda Acrobat Pesquisar Compartilhar Comentários

Colar Quebrar Texto Automaticamente Geral Formatação Condicional Formatar como Tabela Estilos de Célula Inserir Excluir Formatar AutoSoma Preencher Limpar Classificar e Filtrar Localizar e Selecionar

Fonte Alinhamento Número Estilos Células Edição

A1

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
1																							
2																							
3																							
4																							
5																							
6																							
7																							
8																							
9																							
10																							
11																							
12																							
13																							
14																							
15																							
16																							
17																							
18																							
19																							
20																							
21																							
22																							
23																							
24																							
25																							
26																							
27																							
28																							
29																							


Planilha1

Pronto

100%

16/05/2019 22:24

PTB



Clique em Dados

Salvamento Automático Pasta1 - Excel Raimundo Ferreira Ignácio

Arquivo Página Inicial Inserir Desenhar Layout da Página Fórmulas **Dados** Revisão Exibir Desenvolvedor utilidade Ajuda Acrobat Pesquisar Compartilhar Comentários

Obter Dados De Text/CSV Da Web Da Tabela/Intervalo Fontes Recentes Conexões Existentes Consultas e Conexões Propriedades Editar Links Atualizar Tudo Classificar Filtro Limpar Reaplicar Avançado Ferramentas de Dados Texto para Colunas Teste de Hipóteses Planilha de Previsão Agrupar Desagrupar Subtotal Solver

A1


	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
1																							
2																							
3																							
4																							
5																							
6																							
7																							
8																							
9																							
10																							
11																							
12																							
13																							
14																							
15																							
16																							
17																							
18																							
19																							
20																							
21																							
22																							
23																							
24																							
25																							
26																							
27																							
28																							
29																							

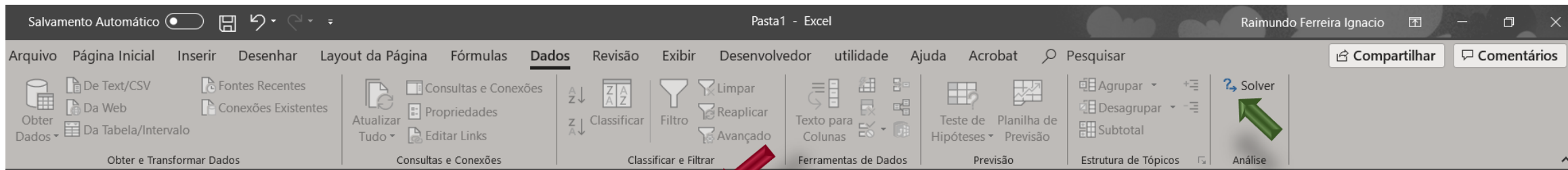
Planilha1

Pronto

100%

Veja na parte superior direita o "Solver"





MÉDIA $=1,45-(1/0,014)*((1,22*A3/(2*A3+1,22))^(2/3))*((0,61/304,8)^{0,5})*1,22*A3$

1	Exemplo
2	y equação
3	=1,45-

Atribua um valor a y e clique em "Solver"



Escreva a equação na célula B3, onde y é representado por A3



Reescreva a equação e iguale a zero



$$1,45 - \frac{1}{0,014} \times \left(\frac{1,22y}{1,22 + 2y} \right)^{2/3} \times \sqrt{\frac{0,61}{304,8}} \times 1,22y = 0$$

Salvamento Automático Pasta1 - Excel Raimundo Ferreira Ignacio

Arquivo Página Inicial Inserir Desenhar Layout da Página Fórmulas **Dados** Revisão Exibir Desenvolvedor utilidade Ajuda Acrobat Pesquisar Compartilhar Comentários

Obter Dados De Text/CSV De Web Da Tabela/Intervalo Fontes Recentes Conexões Existentes Consultas e Conexões Propriedades Editar Links Atualizar Tudo Consultas e Conexões Classificar Filtro Limpar Reaplicar Avançado Ferramentas de Dados Texto para Colunas Teste de Hipóteses Planilha de Previsão Agrupar Desagrupar Subtotal Solver Estrutura de Tópicos Análise

1	Exemplo		
2	y	equação	
3	0,1	1,374095	

Parâmetros do Solver

Definir Objetivo:

Para: Máx. MÍN. Valor de:

Alterando Células Variáveis:


Sujeito às Restrições:

Tornar Variáveis Irrestritas Não Negativas

Selecionar um Método de Solução:

Método de Solução
Selecione o mecanismo GRG Não Linear para Problemas do Solver suaves e não lineares. Selecione o mecanismo LP Simplex para Problemas do Solver lineares. Selecione o mecanismo Evolutionary para problemas do Solver não suaves.

Surge o quadro ao lado.



B3 =1,45-(1/0,014)*((1,22*A3/(2*A3+1,22))^(2/3))*((0,61/304,8)^0,5)*1,22*A3

1	Exemplo
2	y equação
3	0,1 1,374095

Parâmetros do Solver

Definir Objetivo:

Para: Máx. Mín. Valor de:

Alterando Células Variáveis:

Sujeito às Restrições:


Tornar Variáveis Irrestritas Não Negativas

Selecionar um Método de Solução: Opções

Método de Solução
Selecione o mecanismo GRG Não Linear para Problemas do Solver suaves e não lineares. Selecione o mecanismo LP Simplex para Problemas do Solver lineares. Selecione o mecanismo Evolutionary para problemas do Solver não suaves.

Ajuda Resolver Fechar

Como o objetivo é resolver a equação, selecione a célula B3.
Selecione o valor de: 0



A3 | =1,45-(1/0,014)*((1,22*A3/(2*A3+1,22))^(2/3))*((0,61/304,8)^0,5)*1,22*A3

Exemplo
y equação
0,1 1,374095

Parâmetros do Solver

Definir Objetivo:

Para: Máx. MÍN. Valor de:

Alterando Células Variáveis:

Sujeito a restrições:

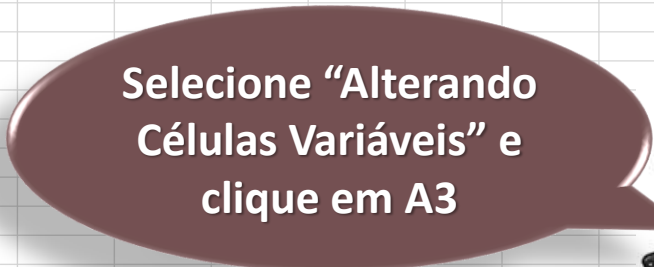
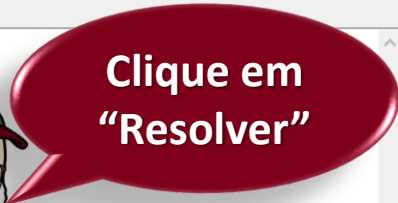
- Adicionar
- Alterar
- Excluir
- Redefinir Tudo
- Carregar/Salvar

Tornar Variáveis Irrestritas Não Negativas

Selecionar um Método de Solução:

Método de Solução

Selecione o mecanismo GRG Não Linear para Problemas do Solver suaves e não lineares. Selecione o mecanismo LP Simplex para Problemas do Solver lineares. Selecione o mecanismo Evolutionary para problemas do Solver não suaves.



Salvamento Automático solver - Excel Raimundo Ferreira Ignacio

Arquivo Página Inicial Inserir Desenhar Layout da Página Fórmulas **Dados** Revisão Exibir Desenvolvedor utilidade Ajuda Acrobat Pesquisar Compartilhar Comentários

Obter Dados De Text/CSV Fontes Recentes Consultas e Conexões Atualizar Tudo Propriedades Editar Links Obter e Transformar Dados Consultas e Conexões Classificar e Filtrar Filtro Limpar Reaplicar Avançado Ferramentas de Dados Texto para Colunas Teste de Hipóteses Planilha de Previsão Agrupar Desagrupar Subtotal Estrutura de Tópicos Análise

B3 $=1,45-(1/0,014)*((1,22*A3/(2*A3+1,22))^(2/3))*((0,61/304,8)^{0,5})*1,22*A3$

Exemplo	
y	equação
0,764581	1,58E-07

Resultados do Solver

O Solver encontrou uma solução. Todas as Restrições e condições de adequação foram satisfeitas.

Relatórios
 Resposta
 Sensibilidade

Na célula B3 surge o erro cometido nesta resposta

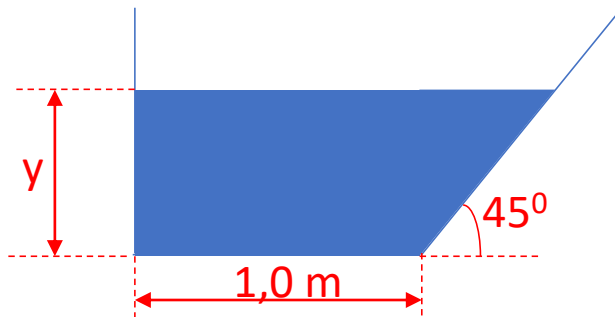
Vamos aplicar mais a equação de Manning, iniciamos resolvendo os problemas 6 e 8 da aula anterior.

Surge a resposta na célula A3

Planilha1 Planilha2

Pronto Digite aqui para pesquisar POR 23:39 16/05/2019

Problema 9 – Calcular a altura d'água y em um canal, cuja seção transversal tem a forma representada a seguir. A vazão é $0,2 \text{ m}^3/\text{s}$. A declividade longitudinal é $0,0004$. O coeficiente de rugosidade n da fórmula de Manning é igual a $0,013$ (superfície com argamassa de cimento).



Resposta: $y \cong 0,328\text{m}$

INSTRUÇÕES TÉCNICAS PARA ELABORAÇÃO DE ESTUDOS HIDROLÓGICOS E DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DE SISTEMAS DE DRENAGEM URBANA

(Aprovada pela Portaria O/SUB – RIO-ÁGUAS “N” nº. 004/2010)



PREFEITURA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO
SECRETARIA MUNICIPAL DE OBRAS
SUBSECRETARIA DE GESTÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS - RIO-ÁGUAS

O coeficiente de rugosidade equivalente (n_e) deverá ser calculado conforme da seguinte maneira:

onde:

n_e = coeficiente de rugosidade equivalente;
 σ_i = perímetro molhado cujo coeficiente de Manning é n_i ;
 n_i = coeficiente de Manning cujo perímetro é σ_i .

Coeficiente de rugosidade para seções compostas



$$n_e = \frac{\left(\sum \sigma_i \times n_i^{3/2} \right)^{2/3}}{\left(\sum \sigma_i \right)^{2/3}}$$

**PREFEITURA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO
SECRETARIA MUNICIPAL DE OBRAS
SUBSECRETARIA DE GESTÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS - RIO-ÁGUAS**

Galerias fechadas

Canais revestidos

Revestimento do canal	Mínimo	Máximo	Valor usual
Concreto	0,013	0,016	0,015
Gabião manta	0,022	0,027	0,027
Gabião caixa	0,026	0,029	0,029
VSL	0,015	0,017	0,017
Rip-rap	0,035	0,040	0,040
Pedra argamassada	0,025	0,040	0,028
Grama	0,150	0,410	0,240

$$n \Rightarrow [n] = \frac{s}{m^{1/3}}$$

Tipo de conduto	Mínimo	Máximo	Valor usual
Alvenaria de Tijolos	0,014	0,017	0,015
Tubos de concreto armado	0,011	0,015	0,013
Galeria celular de concreto – pré-moldada	0,012	0,014	0,013
Galeria celular de concreto – forma de madeira	0,015	0,017	0,015
Galeria celular de concreto – forma metálica	0,012	0,014	0,013
Tubos de ferro fundido	0,011	0,015	0,011
Tubos de aço	0,009	0,011	0,011
Tubos corrugados de metal			
68x13mm	0,019	0,021	0,021
76x25mm	0,021	0,025	0,025
152x51mm	0,024	0,028	0,028
Tubos corrugados polietileno	0,018	0,025	0,025
Tubos de PVC	0,009	0,011	0,011

**PREFEITURA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO
SECRETARIA MUNICIPAL DE OBRAS
SUBSECRETARIA DE GESTÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS - RIO-ÁGUAS**

Cursos d'água naturais

Escoamento superficial direto

Tipo de superfície	n
Sarjeta de concreto	0,016
Asfalto liso	0,013
Asfalto áspero	0,016
Pavimento de concreto liso	0,013
Pavimento de concreto áspero	0,015

$$n \Rightarrow [n] = \frac{s}{m^{1/3}}$$

Curso d'água	Mínimo	Máximo	Valor usual
Seção regular	0,030	0,070	0,045
Fundo de cascalho, seixos e poucos matacões	0,040	0,050	0,040
Fundo de seixos com matacões	0,050	0,070	0,050
Seção irregular com poços	0,040	0,100	0,070

Canais escavados não revestidos

Tipo de canal	Mínimo	Máximo	Valor usual
Terra, limpo, fundo regular	0,028	0,033	0,030
Terra com capim nos taludes	0,035	0,060	0,045
Sem manutenção	0,050	0,140	0,070

Existem situações em diversos tipos de canais artificiais e, sobretudo, em cursos d'água naturais onde as seções são compostas, onde a ponderação pelo perímetro molhado pode levar a resultados imprecisos, nestes casos recorre-se ao coeficiente equivalente obtido pela ponderação com a área molhada, vide equação a seguir.

$$n_e = \frac{\sum_{i=1}^n n_i \times A_i}{A}$$

Onde:

n_e = coeficiente de rugosidade equivalente

A_i = área molhada associada à superfície i

n_i = coeficiente de rugosidade associado à superfície i

**Coeficiente
equivalente obtido
pela ponderação com
a área molhada**

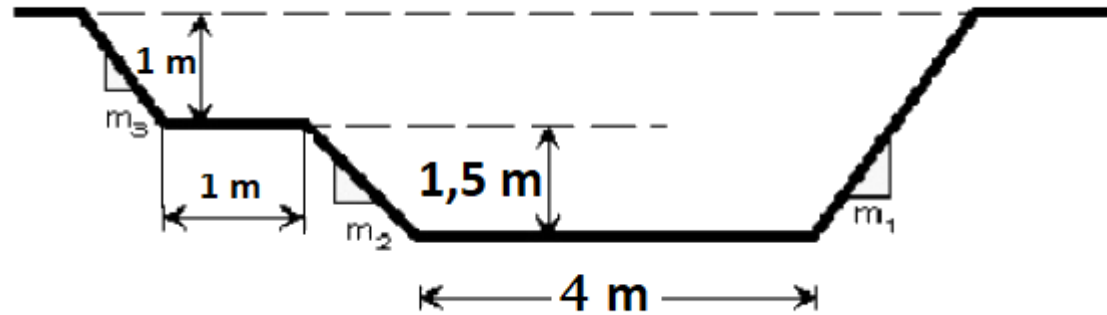


**Vamos aprender
fazendo!**



Problema 10 - Calcular o coeficiente de rugosidade equivalente (ou global), bem como a máxima vazão transportada, para o córrego de seção composta com taludes em concreto projetado ($n=0,020$) e fundo em solo natural, sem revestimento, ($n=0,023$). Sabe-se que quando ocorre uma chuva intensa, a vazão máxima atinge a altura de lâmina d'água de 2,5 m.
 Dados: $m_1=m_2=0,5$ e $m_3=0,7$ e $I_0=0,0004\text{m/m}$.

INCLINAÇÃO DO TALUDE: 1VmH



Iniciamos com a determinação dos comprimentos dos taludes e para isso consideramos os triângulos (1), (2) e (3):

$\text{tag}\alpha = \frac{1}{0,7}$
 $\frac{1}{x} = \frac{1}{0,7} \therefore x = 0,7\text{m}$
 $h_1 = \sqrt{1^2 + 0,7^2} \cong 1,221\text{m}$

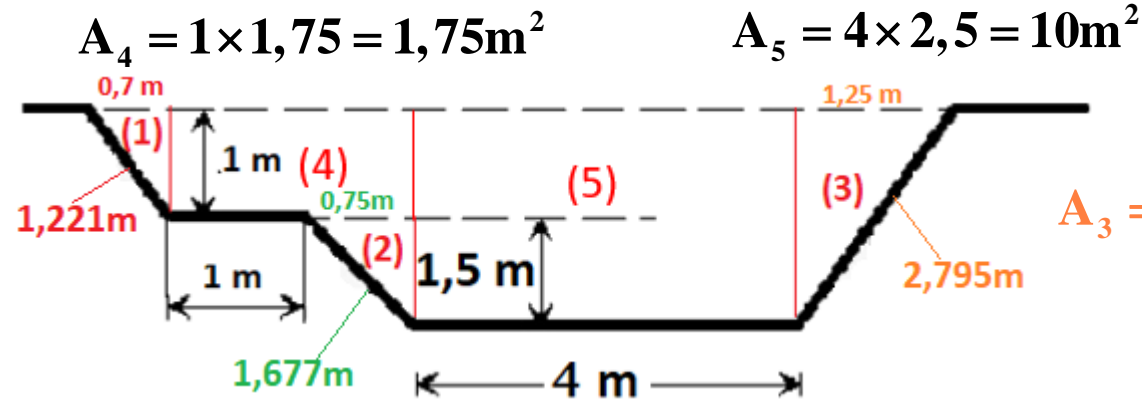
$\text{tag}\alpha = \frac{1}{0,5}$
 $\frac{1,5}{x} = \frac{1}{0,5} \therefore x = 0,75\text{m}$
 $h_2 = \sqrt{1,5^2 + 0,75^2} \cong 1,677\text{m}$

$\text{tag}\alpha = \frac{1}{0,5}$
 $\frac{2,5}{x} = \frac{1}{0,5} \therefore x = 1,25\text{m}$
 $h_3 = \sqrt{2,5^2 + 1,25^2} \cong 2,795\text{m}$

Em seguida a determinação das áreas A_1, A_2, A_3, A_4 e A_5

$$A_1 = \frac{0,7 \times 1}{2} = 0,35 \text{m}^2$$

$$A_2 = \frac{0,75 \times 1,5}{2} = 0,5625 \text{m}^2$$



$$A_4 = 1 \times 1,75 = 1,75 \text{m}^2$$

$$A_5 = 4 \times 2,5 = 10 \text{m}^2$$

$$A_3 = \frac{1,25 \times 2,5}{2} = 1,5625 \text{m}^2$$

Partimos para a determinação da rugosidade equivalente (ou global) para o canal de seção composta $n_e = \frac{\sum_{i=1}^n n_i \times A_i}{A}$

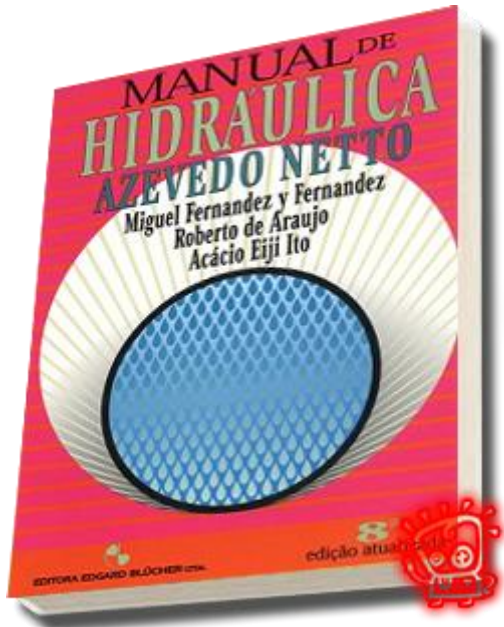
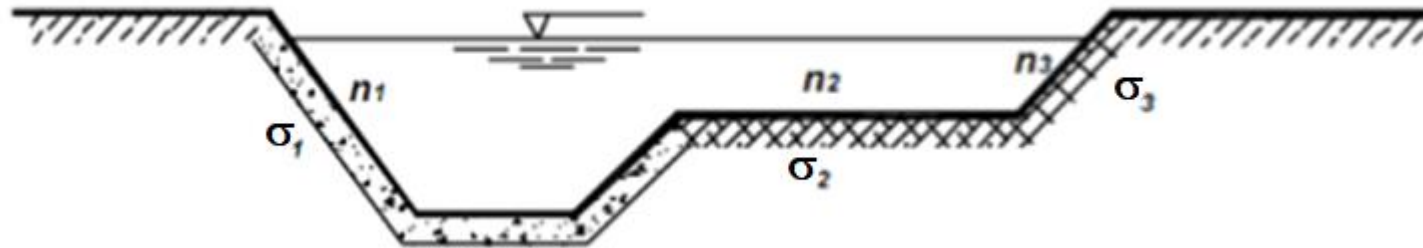
$$n_e = \frac{0,020 \times 0,35 + 0,020 \times 0,5625 + 0,020 \times 1,5625 + 0,020 \times 1,75 + 0,023 \times 10}{0,35 + 0,5625 + 1,5625 + 1,75 + 10} = \frac{0,3145}{14,225} \cong 0,0221 \frac{\text{s}}{\text{m}^{1/3}}$$

Agora é determinar do perímetro molhado e o raio hidráulico $\sigma = 1,221 + 1 + 1,677 + 4 + 2,795 = 10,693 \text{m}$

$$R_H = \frac{A}{\sigma} = \frac{14,225}{10,693} \cong 1,33 \text{m} \longrightarrow \text{Fórmula de Manning possibilita determinar a vazão máxima:}$$

$$Q_{\text{máx}} = \frac{1}{0,0221} \times 1,33^{2/3} \times 0,0004^{1/2} \times 14,225 \cong 15,569 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Forcheimer propõe uma outra maneira para calcular a rugosidade equivalente (ou efetiva ou global)



Página 407

$$n_e = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \sigma_i \times n_i^2}{\sum_{i=1}^n \sigma_i}}$$

Outra maneira de calcular a rugosidade equivalente.



Problema 11 – Refaça o problema 10 calculando a rugosidade equivalente pela recomendação a seguir:



INSTRUÇÕES TÉCNICAS PARA ELABORAÇÃO DE ESTUDOS HIDROLÓGICOS E DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DE SISTEMAS DE DRENAGEM URBANA

(Aprovada pela Portaria O/SUB – RIO-ÁGUAS “N” nº. 004/2010)

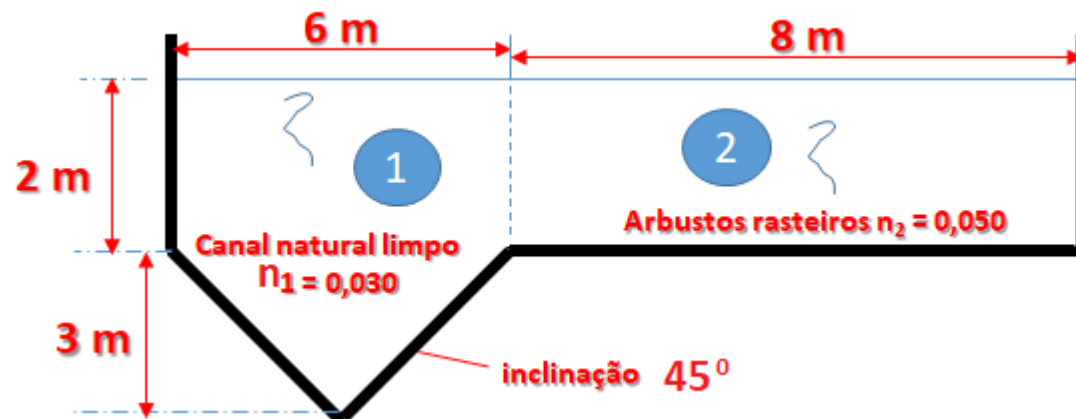


Respostas:

$$n_e = 0,0212 \rightarrow Q_{\text{máx}} \cong 16,271 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

PREFEITURA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO
SECRETARIA MUNICIPAL DE OBRAS
SUBSECRETARIA DE GESTÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS - RIO-ÁGUAS

Problema 12 - A água escoa em um canal cuja inclinação é de 0,003 e cuja seção transversal é mostrada pela figura abaixo. As dimensões dos coeficientes de Manning para as subseções diferentes também são dadas na figura. Determine a vazão através do canal e o coeficiente de Manning efetivo, ou equivalente, para o canal.



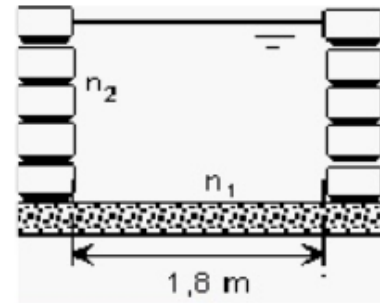
Respostas:

$$n_e = \frac{\sum_{i=1}^n n_i \times A_i}{A} \rightarrow n_e = 0,03865 \rightarrow Q \cong 77,76 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$n_e = \frac{\left(\sum \sigma_i \times n_i^{3/2} \right)^{2/3}}{\left(\sum \sigma_i \right)^{2/3}} \rightarrow n_e = 0,04039 \rightarrow Q \cong 74,409 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

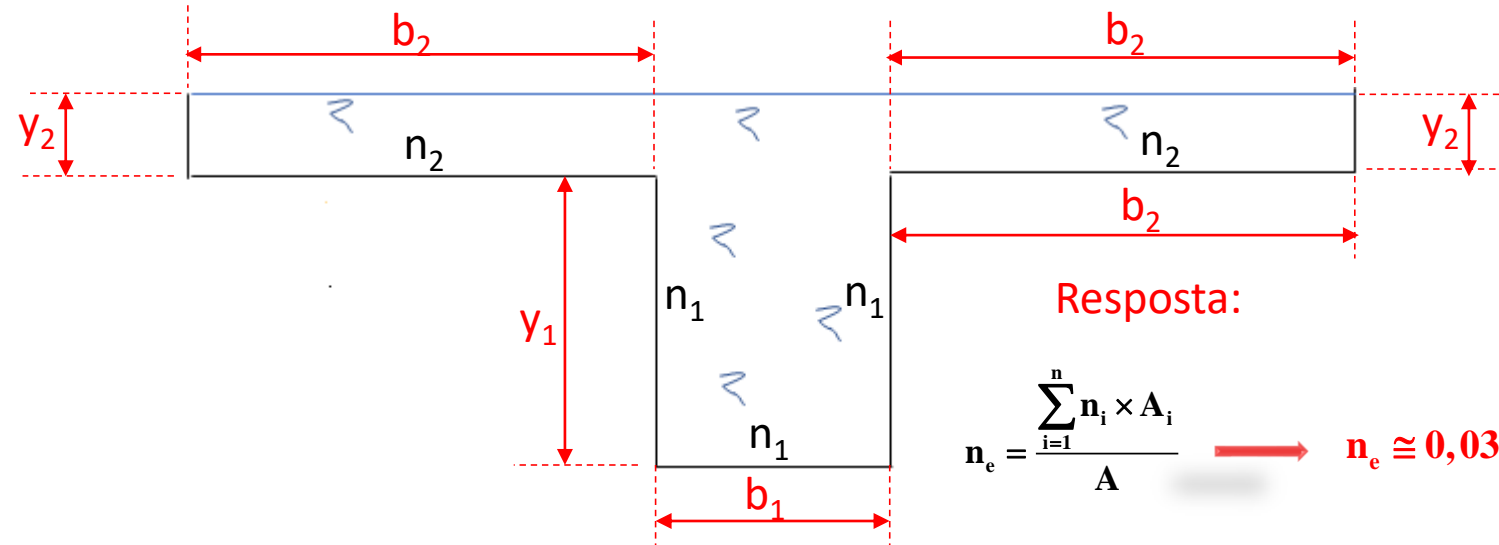
$$n_e = \sqrt[3]{\frac{\sum_{i=1}^n \sigma_i \times n_i^2}{\sum_{i=1}^n \sigma_i}} \rightarrow n_e = 0,041 \rightarrow Q \cong 73,302 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Problema 13 - Calcular o coeficiente de rugosidade global, bem como a máxima vazão transportada, para o córrego Proença, em Campinas sendo que sua seção transversal é constituída parcialmente com gabião ($n_2 = 0,030$) e o fundo revestido em concreto sem acabamento ($n_1 = 0,017$). Sabe-se que o córrego quando sua vazão é máxima atinge a altura de lâmina de água de 1,6 m.



Respostas: $n_e = 0,026 \rightarrow Q \cong 0,69 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$

Problema 14 – Em período de cheia, um canal natural às vezes consiste em uma calha profunda principal mais duas calhas de cheia. Se o canal tem a mesma inclinação e supondo que $y_1 = 6,10$ m; $y_2 = 1,52$ m; $b_1 = 12,20$ m; $b_2 = 30,50$ m; $n_1 = 0,020$; $n_2 = 0,040$; com uma declividade de 0,0002. Calcule a vazão em m^3/s .



Resposta:

$$n_e = \frac{\sum_{i=1}^n n_i \times A_i}{A} \rightarrow n_e \cong 0,03 \rightarrow Q \cong 143,54 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$