

Hidráulica dos Conduitos Livres

SHS 410 – Aulas #07 e #08

8. Canais – Escoamento Permanente e Uniforme

9. Observações sobre projeto e Construção de Canais

Prof. Rodrigo de Melo Porto – T1

rodrigo@sc.usp.br

Prof. Jamil A. A. Anache – T2

jamil.anache@usp.br



SHS 410 - Escola de Engenharia de São Carlos - Engenharia Civil

Problema 8.8

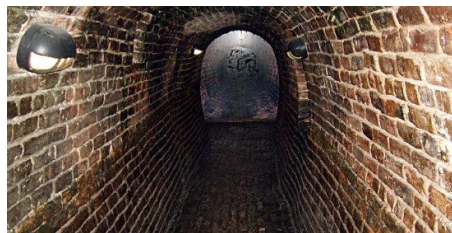
- Desafio para casa!
- Conferir

Conteúdo

1. Seções especiais
2. Exercícios
3. Observações sobre projeto e construção de canais
4. Seções compostas
5. Exercícios

3 de 31

1. Seções especiais



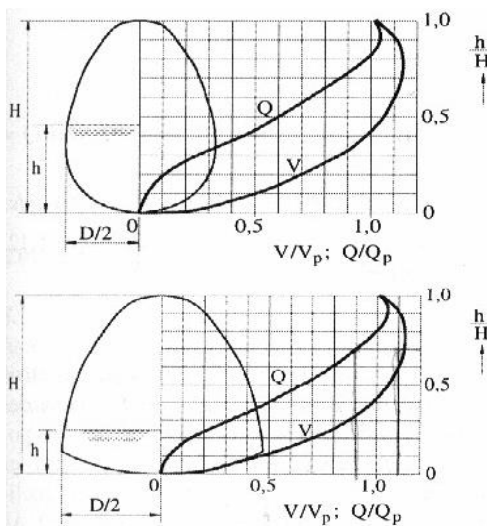
4 de 31

1. Seções especiais

- Obras de grande porte
 - Interceptores e emissários de esgotos
 - Galerias de drenagem sob aterros rodoviários
- Mantém velocidade e ajudam a não acumular sedimentos de fundo e materiais
- Coberturas planas: só alteram o escoamento quando a lâmina d'água entra em contato com a laje
- Abóbadas: a forma geométrica da cobertura pode alterar as condições de escoamento
- Vantagens estruturais e construtivas
 - Arco reduz armadura e espessura
 - Fácil montagem
- Dimensionamento hidráulico
 - Gráficos adimensionais – Lencastre

5 de 31

1. Seções especiais



OVAL NORMAL INVERTIDO

Valores para a seção plena:

$$D = 0,667 H$$

$$H = 1,5 D$$

$$A_p = 1,149 D^2 = 0,511 H^2$$

$$P_p = 3,965 D = 2,643 H$$

$$R_{hp} = 0,289 D = 0,193 H$$

CAPACETE

Valores para a seção plena:

$$D = 0,88 H$$

$$H = 1,13 D$$

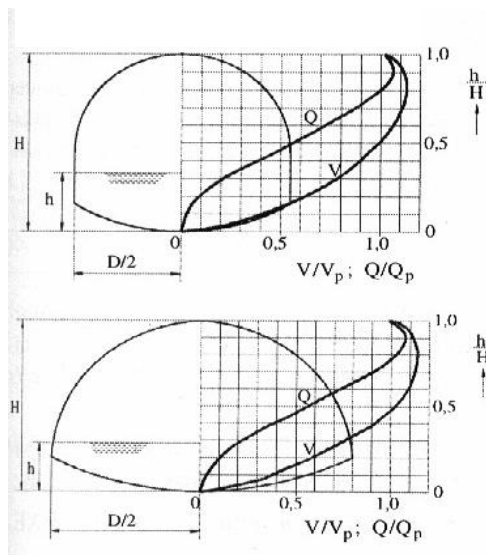
$$A_p = 0,847 D^2 = 0,656 H^2$$

$$P_p = 3,441 D = 3,028 H$$

$$R_{hp} = 0,246 D = 0,216 H$$

6 de 31

1. Seções especiais



ARCO DE CÍRCULO

ALTO

Valores para a seção plena:

$$D = 1,13 H$$

$$H = 0,88 D$$

$$A_p = 0,734 D^2 = 0,937 H^2$$

$$P_p = 3,118 D = 3,523 H$$

$$R_{hp} = 0,235 D = 0,267 H$$

ARCO DE CÍRCULO BAIXO

Valores para a seção plena:

$$D = 1,58 H$$

$$H = 0,63 D$$

$$A_p = 0,484 D^2 = 1,208 H^2$$

$$P_p = 2,618 D = 4,136 H$$

$$R_{hp} = 0,185 D = 0,292 H$$

7 de 31

2. Exercícios

8 de 31

Problema 8.9

Um emissário de esgoto, de concreto em condições regulares, cuja seção tem forma de arco de círculo baixo com altura $H = 1,25$ m, transporta uma vazão de $1,70$ m³/s. Sendo a declividade de fundo $I_o = 0,001$ m/m determine a lâmina d'água e a velocidade média.

9 de 31

Problema 8.15

Determine o 'diâmetro' D e a altura interna da seção H de um interceptor de esgoto com seção oval normal invertida, de concreto em más condições, para transportar uma vazão de $2,70$ m³/s com lâmina d'água igual a $h = 0,60$ H . Declividade de fundo do canal $I_o = 0,001 \frac{m}{m}$. Calcule a tensão média de cisalhamento no fundo da galeria.

10 de 31

Problema 8.1

Um canal de drenagem, em terra com vegetação rasteira nos taludes e fundo, com taludes 2,5H:1V, declividade de fundo $I_o = 30 \text{ cm/km}$, foi dimensionado para uma determinada vazão de projeto Q_o , tendo-se chegado a uma seção com largura de fundo $b = 1,75 \text{ m}$ e altura de água $y_o = 1,40 \text{ m}$.

- Qual vazão de projeto?
- A seção encontrada é de mínimo perímetro molhado?
- Se o projeto deve ser refeito para uma vazão $Q_1 = 6,0 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$ e a seção é retangular, em concreto, qual será a altura de água para uma largura de fundo igual ao dobro da anterior?

11 de 31

Problema 8.12

12 de 31

Conteúdo disponível no



Obrigado!

jamil.anache@usp.br

SHS-EESC-USP

Sala 8217

Fone: (16) 3373 9530

13 de 31

Hidráulica dos Condutos Livres SHS 410 – Aulas #07 e #08

8. Canais – escoamento Permanente e Uniforme

9. Observações sobre projeto e Construção de Canais

Prof. Rodrigo de Melo Porto – T1

rodrigo@sc.usp.br

Prof. Jamil A. A. Anache – T2

jamil.anache@usp.br



Conteúdo

1. Seções especiais
2. Exercícios
- 3. Observações sobre projeto e construção de canais**
- 4. Seções compostas**
- 5. Exercícios**

15 de 31

3. Observações: Projeto e Construção

1. Retificação, alargamento e canalização

Jusante -> Montante



16 de 31

3. Observações: Projeto e Construção

2. A rugosidade aumenta com o tempo (envelhecimento)

Causas: Desgastes, mau uso, má manutenção

Solução: Dimensionamento com n de manning 10 a 15% mais altos (rugosidade de projeto)



17 de 31

3. Observações: Projeto e Construção

3. Canais abertos ou fechados, deixar uma folga ou revanche. Eventos extremos: **Hidrologia 2**

20 a 30% de y_0

Cuidado com curvas!



18 de 31

SHS 410 - Escola de Engenharia de São Carlos - Engenharia Civil

3. Observações: Projeto e Construção

4. Evitar grandes profundidades (na faixa de 4 m para canais urbanos)

Elevado custo de escavação

Segurança



19 de 31

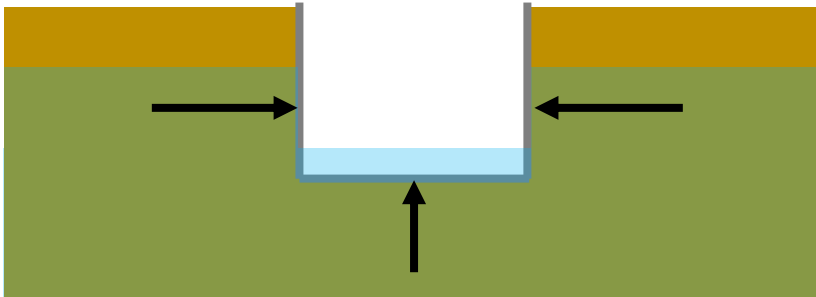
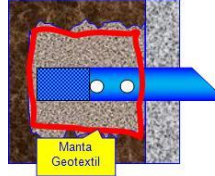
SHS 410 - Escola de Engenharia de São Carlos - Engenharia Civil



20 de 31

3. Observações: Projeto e Construção

- 5. Canais de concreto ou de baixa permeabilidade
- Drenos nas paredes e fundos
- Juntas de dilatação



21 de 31

3. Observações: Projeto e Construção

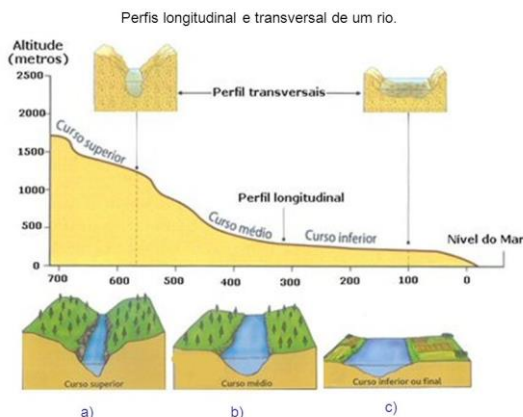
- 6. Cuidado no corte de meandros e conseqüente aumento da declividade do canal. Maior velocidade pode causar erosão do fundo e aumento na descarga sólida.



22 de 31

3. Observações: Projeto e Construção

6. Cuidado no corte de meandros e consequente aumento da declividade do canal. Maior velocidade pode causar erosão do fundo e aumento na descarga sólida.



Diminui o tempo de concentração

23 de 31

3. Observações: Projeto e Construção

7. Velocidade média compatível com o revestimento:
 Velocidades muito pequenas: prejudicar qualidade da água
 Velocidades muito altas: prejudicar estabilidade das paredes



24 de 31

3. Observações: Projeto e Construção

7. Velocidade média compatível com o revestimento:

Material das paredes do canal	Velocidade média (m/s)
Areia muito fina	0,23 a 0,30
Areia solta média	0,30 a 0,46
Areia grossa	0,46 a 0,61
Terreno arenoso comum	0,61 a 0,76
Terreno silte-argiloso	0,76 a 0,84
Terreno de aluvião	0,84 a 0,91
Terreno argilo-compacto	0,91 a 1,14
Terreno argiloso duro	1,14 a 1,22
Solo cascalhado	1,22 a 1,52
Cascalho grosso, pedregulho, piçarra	1,52 a 1,83
Rochas sedimentares moles-xistos	1,83 a 2,44
Alvenaria	2,44 a 3,05
Rochas compactas	3,05 a 4,00
Concreto	4,00 a 6,00

25 de 31

3. Observações: Projeto e Construção

8. Estabilidade dos taludes de acordo com a natureza das paredes

Natureza das paredes	$Z = \cotg \alpha$
Canais em terra em geral, sem revestimento	2,5 a 5,0
Canais em saibro, terra porosa	2,0
Cascalho roliço	1,75
Terra compacta, sem revestimento	1,50
Terra muito compacta, paredes rochosas	1,25
Rochas estratificadas, alvenaria de pedra bruta	0,5
Rochas compactas, alvenaria acabada, em concreto	0,0

26 de 31

4. Seções compostas

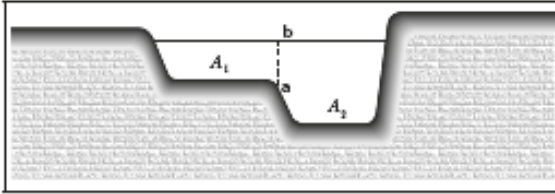


Figura A-14.4.5.1-a – Canais siameses.

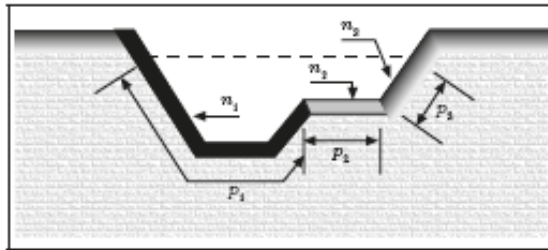
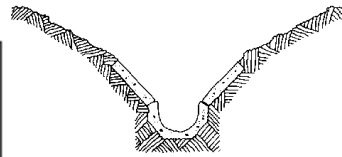


Figura A-14.4.5.2-a – Canais siameses com diferentes graus de rugosidade.



4. Seções compostas



4. Seções compostas

$$\bullet n_e = \left[\sum_{i=1}^N \frac{P_i n_i^{\frac{3}{2}}}{P} \right]^{2/3}$$

$$\bullet n_e = \left[\sum_{i=1}^N \frac{P_i n_i^2}{P} \right]^{1/2}$$

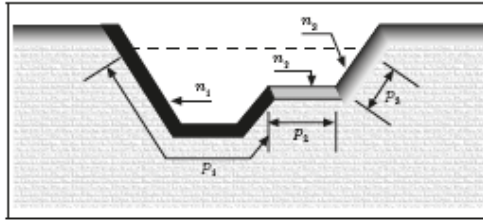


Figura A-14.4.5.2-a – Canais siameses com diferentes graus de rugosidade.

29 de 31

5. Exercícios

- 9.3, 9.5, 9.7 (H.B.)

30 de 31

Conteúdo disponível no



Obrigado!

jamil.anache@usp.br

SHS-EESC-USP

Sala 8217

Fone: (16) 3373 9530

31 de 31

n de Manning

Nº	Natureza das Paredes	n
01	Canais de chapas com rebites embudidos, 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 retilíneos 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 rebatidas.....	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 rebatidas 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

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	---
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, retilíneos 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, retilíneos 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

* Valores aconselhados para projetos.