

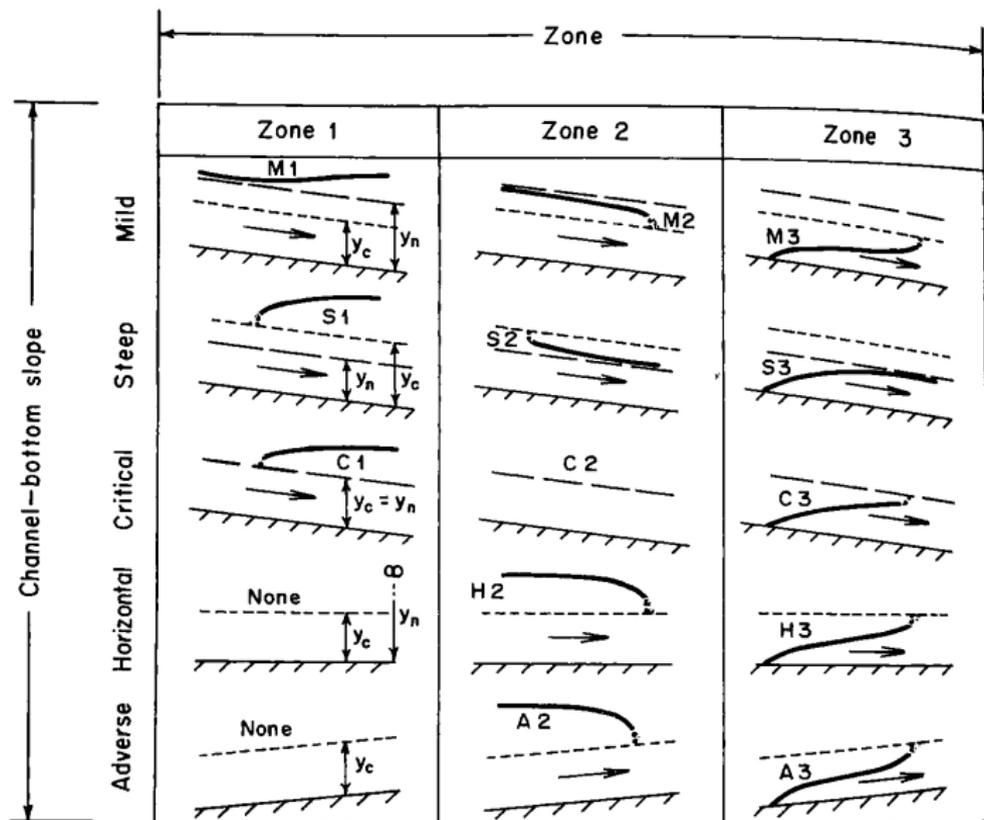
Aula 13. Cálculo do escoamento gradualmente variado. Exercícios

Hidráulica II

Maria M. Gamboa

1º Semestre de 2019. 11/06/2019

Curvas de remanso



Exemplo quantitativo

Em um canal retangular longo, com $I_0 = 2m/km$, $n = 0.015$ e largura $3m$ existe uma comporta plana vertical, com carga a montante de $1.0m$ e abertura de fundo 0.15

A jusante, afastado, há um vertedor retangular de parede fina com largura da soleira $2.8m$ e altura de $0.70m$.

Trace o perfil da linha d'água com toda a informação possível, fazendo o cálculo de seções de controle, alturas conjugadas ou alternadas (se aplica), etc.

Lembrando, com referência ao capítulo 12 do livro Hidráulica Basica, Porto:

- Comporta plana (eq. 12.55): $q = C_d b \sqrt{2gy}$ e (eq. 12.56)

$$C_d = 0.611 \left(\frac{y-b}{y+15b} \right)^0 .072$$

- vertedor retangular de parede fina com contrações laterais (eq. 12.78):
 $Q = 1.838(L - 0.2h)h^{3/2}$

Exemplo quantitativo

Em um canal retangular longo, com $I_0 = 2m/km$, $n = 0.015$ e largura $3m$ existe uma comporta plana vertical, com carga a montante de $1.0m$ e abertura de fundo 0.15

A jusante, afastado, há um vertedor retangular de parede fina com largura da soleira $2.8m$ e altura de $0.70m$.

Trace o perfil da linha d'água com toda a informação possível, fazendo o cálculo de seções de controle, alturas conjugadas ou alternadas (se aplica), etc.

Lembrando, com referência ao capítulo 12 do livro Hidráulica Basica, Porto:

- Comporta plana (eq. 12.55): $q = C_d b \sqrt{2gy}$ e (eq. 12.56)

$$C_d = 0.611 \left(\frac{y-b}{y+15b} \right)^0 .072$$

- vertedor retangular de parede fina com contrações laterais (eq. 12.78):
 $Q = 1.838(L - 0.2h)h^{3/2}$

Respostas livro: $y_1 = 0.183$, $y_2 = 0.308$, $M3$ e $M1$, $y_2 = 0.308m$ até 1.065

Calculo das curvas de remanso

Curvas de remanso têm influência nas obras hidráulicas. Há interesse em conhecê-las em detalhe para cada caso.

$$\frac{dy}{dx} = \frac{I_0 - I_f}{1 - Fr^2}$$

Calculo das curvas de remanso

Curvas de remanso têm influência nas obras hidráulicas. Há interesse em conhecê-las em detalhe para cada caso.

$$\frac{dy}{dx} = \frac{I_0 - I_f}{1 - Fr^2}$$

- Integração analítica: Só possível em alguns casos
- Métodos gráficos: Várias limitações
- Integração numérica:

Calculo das curvas de remanso

Curvas de remanso têm influência nas obras hidráulicas. Há interesse em conhecê-las em detalhe para cada caso.

$$\frac{dy}{dx} = \frac{I_0 - I_f}{1 - Fr^2}$$

- Integração analítica: Só possível em alguns casos
- Métodos gráficos: Várias limitações
- Integração numérica:
 - Método de passo direto (*Direct step method*)
 - Método de passo 'padrão' (*Standard step method*)

Cálculo do perfil em EGV

Considerando:

$$\frac{dE}{dx} = I_0 - I_f \quad ; \quad \frac{dE}{dy} = 1 - \frac{Q^2 B}{gA^3} = 1 - Fr^2$$

$$\frac{dy}{dx} = \frac{I_0 - I_f}{1 - Fr^2}$$

...

$$dx = \frac{dE}{I_0 - I_f} \quad \rightarrow \quad \Delta x = \frac{\Delta E}{I_0 - I_f}$$

$$\text{Entre seções 1 e 2: } x_2 - x_1 \approx \frac{E_2 - E_1}{I_0 - \bar{I}_f}$$

Cálculo do perfil em EGV

Considerando:

$$\frac{dE}{dx} = I_0 - I_f \quad ; \quad \frac{dE}{dy} = 1 - \frac{Q^2 B}{gA^3} = 1 - Fr^2$$

$$\frac{dy}{dx} = \frac{I_0 - I_f}{1 - Fr^2}$$

...

$$dx = \frac{dE}{I_0 - I_f} \quad \rightarrow \quad \Delta x = \frac{\Delta E}{I_0 - I_f}$$

$$\text{Entre seções 1 e 2: } x_2 - x_1 \approx \frac{E_2 - E_1}{I_0 - \bar{I}_f}$$

\bar{I}_f : Declividade média da linha de energia para o trecho.

Cálculo do perfil em EGV - Método passo direto

Resumo do método

- É conhecida a profundidade y_1 no ponto x_1 . Também E_1
Início: Extremo jusante se fluvial, montante se torrencial.

Cálculo do perfil em EGV - Método passo direto

Resumo do método

- É conhecida a profundidade y_1 no ponto x_1 . Também E_1
Início: Extremo jusante se fluvial, montante se torrencial.
- Objetivo: ponto x_2 onde acontece uma altura y_2 dada.

Cálculo do perfil em EGV - Método passo direto

Resumo do método

- É conhecida a profundidade y_1 no ponto x_1 . Também E_1
Início: Extremo jusante se fluvial, montante se torrencial.
- Objetivo: ponto x_2 onde acontece uma altura y_2 dada.
- Calcular:

Cálculo do perfil em EGV - Método passo direto

Resumo do método

- É conhecida a profundidade y_1 no ponto x_1 . Também E_1
Início: Extremo jusante se fluvial, montante se torrencial.
- Objetivo: ponto x_2 onde acontece uma altura y_2 dada.
- Calcular:
 - com y_2 , A_2 e E_2

Cálculo do perfil em EGV - Método passo direto

Resumo do método

- É conhecida a profundidade y_1 no ponto x_1 . Também E_1
Início: Extremo jusante se fluvial, montante se torrencial.
- Objetivo: ponto x_2 onde acontece uma altura y_2 dada.
- Calcular:
 - com y_2 , A_2 e E_2
 - ΔE

Cálculo do perfil em EGV - Método passo direto

Resumo do método

- É conhecida a profundidade y_1 no ponto x_1 . Também E_1
Início: Extremo jusante se fluvial, montante se torrencial.
- Objetivo: ponto x_2 onde acontece uma altura y_2 dada.
- Calcular:
 - com y_2 , A_2 e E_2
 - ΔE
 - \bar{y}

Cálculo do perfil em EGV - Método passo direto

Resumo do método

- É conhecida a profundidade y_1 no ponto x_1 . Também E_1
Início: Extremo jusante se fluvial, montante se torrencial.
- Objetivo: ponto x_2 onde acontece uma altura y_2 dada.
- Calcular:
 - com y_2, A_2 e E_2
 - ΔE
 - \bar{y}
 - com \bar{y} , na eq. resistência (Manning): \bar{I}_f

Cálculo do perfil em EGV - Método passo direto

Resumo do método

- É conhecida a profundidade y_1 no ponto x_1 . Também E_1
Início: Extremo jusante se fluvial, montante se torrencial.
- Objetivo: ponto x_2 onde acontece uma altura y_2 dada.
- Calcular:
 - com y_2, A_2 e E_2
 - ΔE
 - \bar{y}
 - com \bar{y} , na eq. resistência (Manning): \bar{I}_f
 - $I_0 - \bar{I}_f$

Cálculo do perfil em EGV - Método passo direto

Resumo do método

- É conhecida a profundidade y_1 no ponto x_1 . Também E_1
Início: Extremo jusante se fluvial, montante se torrencial.
- Objetivo: ponto x_2 onde acontece uma altura y_2 dada.
- Calcular:
 - com y_2, A_2 e E_2
 - ΔE
 - \bar{y}
 - com \bar{y} , na eq. resistência (Manning): \bar{I}_f
 - $I_0 - \bar{I}_f$
 - Δx e x_2

Em geral, $\Delta x > 0$ no torrencial, $\Delta x < 0$ no fluvial

Cálculo do perfil em EGV - Método passo direto

Resumo do método

- É conhecida a profundidade y_1 no ponto x_1 . Também E_1
Início: Extremo jusante se fluvial, montante se torrencial.
- Objetivo: ponto x_2 onde acontece uma altura y_2 dada.
- Calcular:
 - com y_2, A_2 e E_2
 - ΔE
 - \bar{y}
 - com \bar{y} , na eq. resistência (Manning): \bar{I}_f
 - $I_0 - \bar{I}_f$
 - Δx e x_2

Em geral, $\Delta x > 0$ no torrencial, $\Delta x < 0$ no fluvial
- Iterar para todas as alturas da curva.
 y cresce em curvas na região 1 e 3, y decresce curvas na região 2

Cálculo do perfil em EGV - Método passo direto

Desvantagens do método de passo direto

- Não permite o cálculo em uma seção específica
- Problemático em canais não prismáticos

Cálculo do perfil em EGV - Método passo direto

Desvantagens do método de passo direto

- Não permite o cálculo em uma seção específica
- Problemático em canais não prismáticos

Como alternativa: Método de passo 'padrão' (*Standard step method*)
Menos prático para cálculo 'manual', comumente implementado em ferramentas de cálculo.

Cálculo do perfil em EGV - Método passo 'standard'

- Também começando no ponto x_1 com profundidade y_1 e E_1
Início: Extremo jusante se fluvial, montante se torrencial.

Cálculo do perfil em EGV - Método passo 'standard'

- Também começando no ponto x_1 com profundidade y_1 e E_1
Início: Extremo jusante se fluvial, montante se torrencial.
- Objetivo: altura y_2 em um ponto x_2 dado.

Cálculo do perfil em EGV - Método passo 'standard'

- Também começando no ponto x_1 com profundidade y_1 e E_1
Início: Extremo jusante se fluvial, montante se torrencial.
- Objetivo: altura y_2 em um ponto x_2 dado.
- Calcular, para x_2 :

Cálculo do perfil em EGV - Método passo 'standard'

- Também começando no ponto x_1 com profundidade y_1 e E_1
Início: Extremo jusante se fluvial, montante se torrencial.
- Objetivo: altura y_2 em um ponto x_2 dado.
- Cálculo, para x_2 :
 - Estimar y_2 , e I_{f2}, E_2

Cálculo do perfil em EGV - Método passo 'standard'

- Também começando no ponto x_1 com profundidade y_1 e E_1
Início: Extremo jusante se fluvial, montante se torrencial.
- Objetivo: altura y_2 em um ponto x_2 dado.
- Calcular, para x_2 :
 - Estimar y_2 , e I_{f2}, E_2
 - Avaliar equilíbrio de energia e erro (Ver Chaudry)

$$F(y_2) = (E_2 - E_1) + (\Delta z) + (0.5I_{f2} + 0.5I_{f1})(x_2 - x_1) + error = 0$$

Cálculo do perfil em EGV - Método passo 'standard'

- Também começando no ponto x_1 com profundidade y_1 e E_1
Início: Extremo jusante se fluvial, montante se torrencial.
- Objetivo: altura y_2 em um ponto x_2 dado.
- Calcular, para x_2 :
 - Estimar y_2 , e I_{f2}, E_2
 - Avaliar equilíbrio de energia e erro (Ver Chaudry)

$$F(y_2) = (E_2 - E_1) + (\Delta z) + (0.5I_{f2} + 0.5I_{f1})(x_2 - x_1) + error = 0$$

- Estimar y_2 corrigido, seja por tentativa e erro, método de Newton, Método biseção, etc.

Cálculo do perfil em EGV - Método passo 'standard'

- Também começando no ponto x_1 com profundidade y_1 e E_1
Início: Extremo jusante se fluvial, montante se torrencial.
- Objetivo: altura y_2 em um ponto x_2 dado.
- Calcular, para x_2 :
 - Estimar y_2 , e I_{f2}, E_2
 - Avaliar equilíbrio de energia e erro (Ver Chaudry)

$$F(y_2) = (E_2 - E_1) + (\Delta z) + (0.5I_{f2} + 0.5I_{f1})(x_2 - x_1) + error = 0$$

- Estimar y_2 corrigido, seja por tentativa e erro, método de Newton, Método biseção, etc.
- Iterar até obter y_2 compatível para a seção x_2 (método selecionado)

Cálculo do perfil em EGV - Método passo 'standard'

- Também começando no ponto x_1 com profundidade y_1 e E_1
Início: Extremo jusante se fluvial, montante se torrencial.
- Objetivo: altura y_2 em um ponto x_2 dado.
- Calcular, para x_2 :
 - Estimar y_2 , e I_{f2}, E_2
 - Avaliar equilíbrio de energia e erro (Ver Chaudry)

$$F(y_2) = (E_2 - E_1) + (\Delta z) + (0.5I_{f2} + 0.5I_{f1})(x_2 - x_1) + error = 0$$

- Estimar y_2 corrigido, seja por tentativa e erro, método de Newton, Método biseção, etc.
 - Iterar até obter y_2 compatível para a seção x_2 (método selecionado)
- Repetir para todas as seções de interesse

Exercício

Um reservatório é controlado por uma comporta plana e vertical, com abertura de fundo igual a 0,40m e carga a montante igual a 3.28m. A água é descarregada em um trecho de canal com declividade de fundo 0.01m/m e coeficiente de rugosidade $n=0.020$. Este primeiro trecho é seguido por outro no qual a altura normal é 1.0m. Considerando canal e trechos longos, determine avazão unitária e o perfil da linha de água, com as alturas que podem ser conhecidas e as curvas de remanso.

Exercício

Um reservatório é controlado por uma comporta plana e vertical, com abertura de fundo igual a 0,40m e carga a montante igual a 3.28m. A água é descarregada em um trecho de canal com declividade de fundo 0.01m/m e coeficiente de rugosidade $n=0.020$. Este primeiro trecho é seguido por outro no qual a altura normal é 1.0m. Considerando canal e trechos longos, determine avazão unitária e o perfil da linha de água, com as alturas que podem ser conhecidas e as curvas de remanso. (ex 13.7 livro)