Provas de Engenharia — Pedro Murga

HIDRÁULICA — CANAIS

Escoamento em Condutos Livres · Manning · Froude · Seções Hidráulicas

Questões de Concurso Resolvidas (CEBRASPE · FGV · VUNESP · FCC)
Gabarito com Fundamentação Técnica Detalhada
28 Questões Comentadas — Nível Nacional

@ppedromurga | Série: Provas de Engenharia

SUMÁRIO

SUMÁRIO 2
ROTEIRO DA AULA 4
CAPÍTULO 1 — CONDUTOS LIVRES E CANAIS: CONCEITOS E DEFINIÇÕES 5
1.1 O que são Condutos Livres? 5
1.2 Escoamento com Superfície Livre 5
1.3 Seção Líquida, Talvegue e Declive 6
1.4 Tipos de Escoamento — Classificação Cinética 6
1.5 Características do Escoamento Uniforme 7
1.6 Equação de Bernoulli e Energia Específica 7
1.7 Equação de Continuidade 7
1.8 Equação de Manning 8
CAPÍTULO 2 — FORMAS DAS SEÇÕES TRANSVERSAIS E PARÂMETROS HIDRÁULICOS 9
2.1 Formas dos Canais 9
2.2 Parâmetros Hidráulicos Fundamentais 9
2.3 Raio Hidráulico — Significado Físico 9
2.4 Seção Hidraulicamente Mais Favorável 9
2.5 Folga do Canal (Borda Livre) 10
2.6 Seções Econômicas por Tipo de Perfil 10
Seção Retangular 10
Seção Trapezoidal 10
Seção Circular 11
2.7 Tabela Resumo — Seções Transversais 11
CAPÍTULO 3 — VARIAÇÃO DE VELOCIDADE EM CANAIS 13
3.1 Perfil de Velocidades na Vertical 13
3.2 Distribuição Horizontal de Velocidades 13
CAPÍTULO 4 — ESCOAMENTO VARIADO E NÚMERO DE FROUDE 14
4.1 Escoamento em Regime Variado 14
4.2 Energia Específica e Diagrama de Energia 14
4.3 Número de Froude 15
Condição Crítica em Canal Retangular 15
4.4 Seção de Controle 16
CAPÍTULO 5 — QUESTÕES COMENTADAS DE CONCURSO 17
RESUMO — PONTOS-CHAVE PARA A PROVA 31
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 32

⚠ Pressione Ctrl+A → F9 para atualizar o sumário no Microsoft Word.

ROTEIRO DA AULA

01. Condutos Livres — Conceitos e Definições
02. Escoamento com Superfície Livre e Classificação Cinética
03. Equação de Bernoulli, Continuidade e Manning
04. Formas das Seções Transversais e Parâmetros Hidráulicos
05. Seção Hidraulicamente Mais Favorável
06. Variação de Velocidade em Canais
07. Escoamento Variado e Número de Froude
08. Regimes de Escoamento: Subcrítico, Crítico e Supercrítico
09. Questões de Concurso Comentadas (28 questões)
10. Resumo e Pontos-Chave para a Prova

CAPÍTULO 1 — CONDUTOS LIVRES E CANAIS: CONCEITOS E DEFINIÇÕES

Objetivo: Compreender o conceito de condutos livres (canais), as noções gerais de escoamento com superfície livre, as classificações cinéticas e as equações fundamentais de continuidade e Manning.

1.1 O que são Condutos Livres?

> 📌 **Definição:** Condutos livres são aqueles em que o escoamento ocorre à pressão atmosférica local. A seção transversal pode ser aberta ou fechada, desde que haja uma superfície livre em contato com a atmosfera.

Condutos livres são denominados canais e normalmente apresentam uma superfície livre de água em contato com a atmosfera. São exemplos:

- Rios e córregos naturais
- Canais de irrigação
- Coletores de esgoto parcialmente cheios
- Aquedutos
- Galerias pluviais com lâmina d'água abaixo do teto



Figura 1 — Canal de irrigação

1.2 Escoamento com Superfície Livre

O escoamento de um líquido dá-se com superfície livre quando uma parte do seu contorno se apresenta em contato com a atmosfera — pressão manométrica nula. Diferencia-se do conduto forçado (pressurizado), em que o fluido preenche totalmente a seção e a pressão pode ser superior à atmosférica.

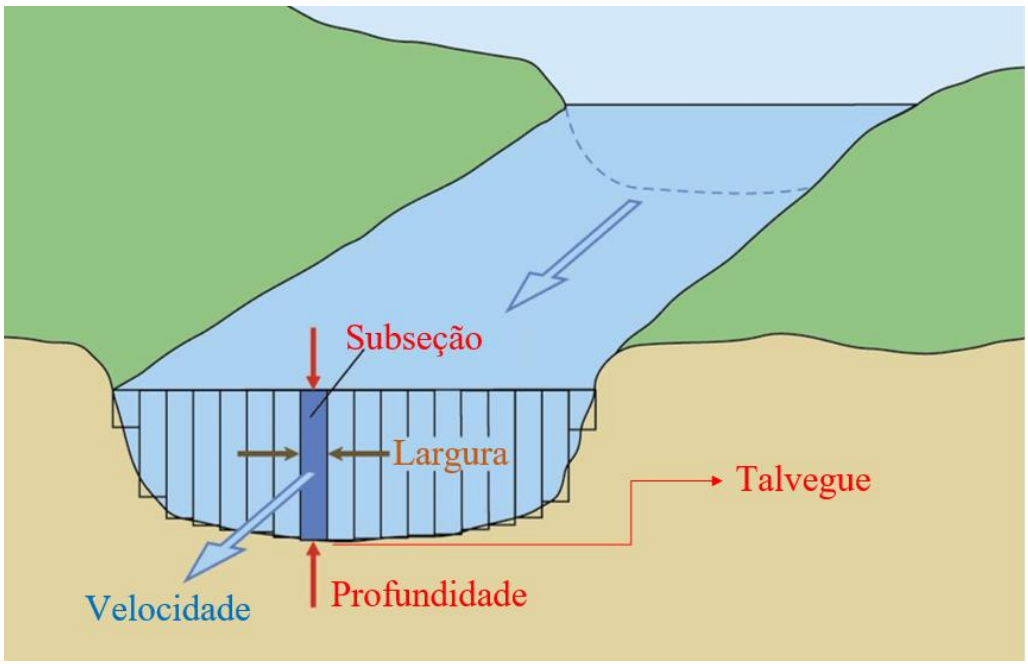


Figura 2 — Seção transversal em escoamento com superfície livre

1.3 Seção Líquida, Talvegue e Declive

- **Seção líquida:** Seção efetuada por superfície que corta ortogonalmente as linhas de corrente.
- **Talvegue (linha de fundo):** Lugar geométrico dos pontos mais baixos das seções; sua planificação constitui o perfil longitudinal do fundo.
- **Declive do canal (S_0):** Declive do perfil longitudinal do leito; considerado suave quando $S_0 < 0{,}1\%$.

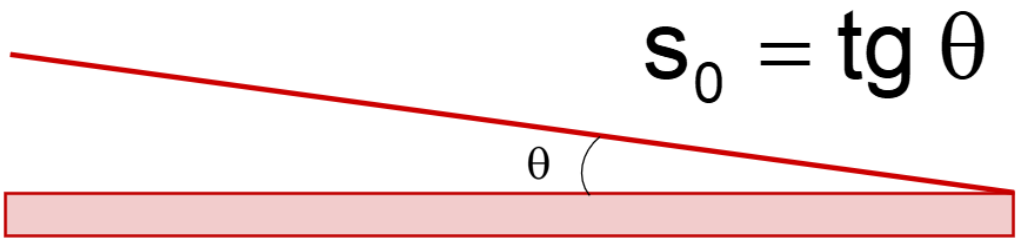


Figura 3 — Talvegue e perfil longitudinal do leito

1.4 Tipos de Escoamento — Classificação Cinética

Figura 5 — Classificação cinética do escoamento em canais

Tipo de Escoamento	Característica
Permanente	Vazão constante ao longo do tempo em determinada seção.
Não permanente	Vazão variável ao longo do tempo (transitório).
Uniforme	Seção, profundidade e velocidades constantes ao longo do canal.
Variado	Velocidade e profundidade variam no espaço — gradual ou rapidamente.

⚠ **Atenção:** Variado ≠ Variável. VARIADO = varia no ESPAÇO (ao longo do canal). VARIÁVEL (não permanente) = varia no TEMPO.

1.5 Características do Escoamento Uniforme

No escoamento uniforme o movimento é estacionário e as condições são:

- A seção líquida, o caudal e a velocidade média são constantes ao longo do percurso.
- A linha piezométrica e a linha de energia são paralelas ao talvegue.
- A perda de energia é compensada pelo declive do canal: $j = S_0$.
- Ocorre apenas em canais com seção transversal e rugosidade constantes.



Figura 4 — Canal de Suez — exemplo de canal em regime uniforme

Definição: Em escoamento uniforme: $j = \text{tg}\ \theta = S_0$
j [m/m] — perda de carga unitária igual à declividade do leito.

1.6 Equação de Bernoulli e Energia Específica

A energia específica E é a energia do escoamento por unidade de peso do líquido em relação ao fundo do canal:

$$\mathbf{E = y + V^2/(2g) = y + Q^2/(2g \cdot A^2)}$$

E = energia específica [m] · y = profundidade [m] · V = velocidade média [m/s] · g = 9,81 m/s²

i Info: Em regime UNIFORME a energia específica mantém-se constante ao longo do percurso — a perda de carga é compensada pela diferença de cota do fundo.

1.7 Equação de Continuidade

Conservação da massa (volume, para fluido incompressível):

$$\mathbf{Q = V_1 \cdot A_1 = V_2 \cdot A_2 = V \cdot A}$$

Q = vazão [m³/s] · V = velocidade média [m/s] · A = área molhada [m²]

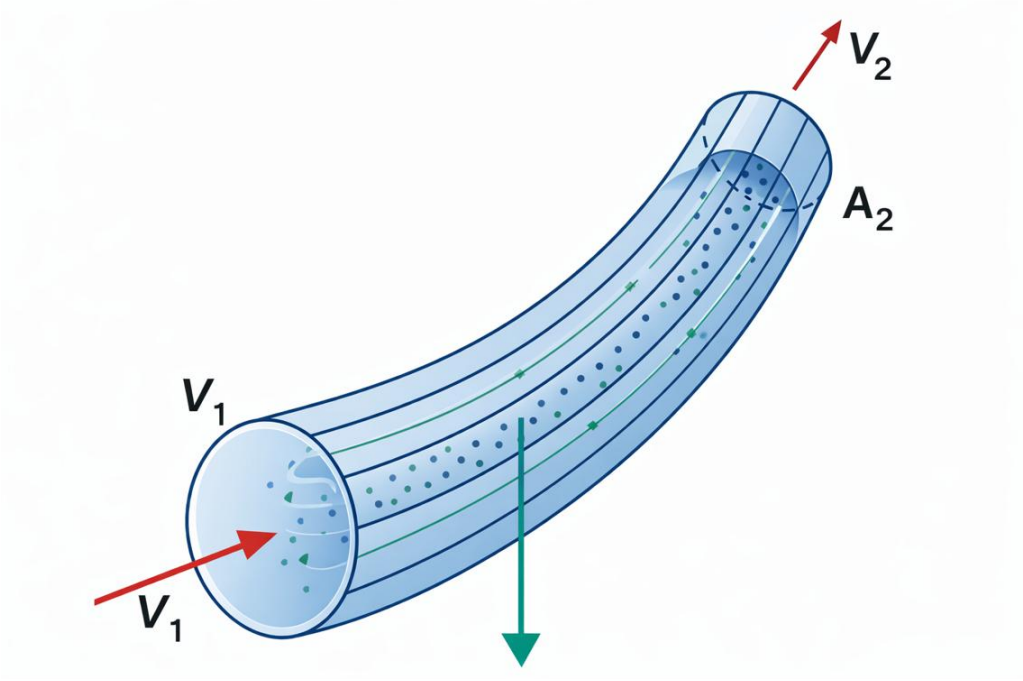


Figura 5 — Continuidade aplicada a canal

1.8 Equação de Manning

A equação empírica mais utilizada para calcular a velocidade média e a vazão em canais:

V = (1/n) · R^(2/3) · I^(1/2) → Q = (A/n) · R^(2/3) · I^(1/2)
V = velocidade [m/s] · n = coeficiente de rugosidade · R = raio hidráulico [m] · I = declividade [m/m]

⚠ **Atenção:** Na equação de Manning: Q cresce quando n diminui (menor rugosidade), I aumenta (maior declividade) ou R aumenta (maior seção hidráulica). O coeficiente n NÃO tem unidade no SI — R deve estar em metros.

CAPÍTULO 2 — FORMAS DAS SEÇÕES TRANSVERSAIS E PARÂMETROS HIDRÁULICOS

Objetivo: Dominar a caracterização geométrica das seções (retangular, trapezoidal, circular), os parâmetros hidráulicos fundamentais e o conceito de seção hidraulicamente mais favorável.

2.1 Formas dos Canais

Forma	Aplicação Típica
Circular/semicircular	Tubulações e galerias pluviais.
Retangular	Canais de concreto em centros urbanos.
Trapezoidal	Canais de irrigação em terra — mais utilizada na prática.
Irregular (natural)	Rios e córregos.
Triangular	Sarjetas e calhas de estrada.

2.2 Parâmetros Hidráulicos Fundamentais

Parâmetro	Símbolo	Definição
Largura superficial	B [m]	Largura da superfície livre da água.
Área molhada	A [m²]	Área da seção transversal ocupada pelo líquido.
Perímetro molhado	P [m]	Comprimento em contato com o líquido (exceto superfície livre).
Profundidade	y [m]	Distância vertical do fundo à superfície.
Profundidade hidráulica	Yh [m]	Yh = A/B — razão área molhada / largura superficial.
Raio hidráulico	R [m]	R = A/P — razão área molhada / perímetro molhado.

2.3 Raio Hidráulico — Significado Físico

R = A / P [Unidade SI: metro (m)]

Quanto maior o raio hidráulico, menor a quantidade de água em contato com o leito e as margens — menos atrito, maior velocidade para a mesma declividade. A seção mais eficiente é aquela que maximiza R para uma determinada área molhada.

⚠ **Atenção:** R = A/P sempre. Circular cheia: R = D/4. Retangular econômica (b = 2y): R = y/2. Trapezoidal econômica: R = h/2.

2.4 Seção Hidraulicamente Mais Favorável

A seção hidraulicamente mais favorável é aquela que maximiza Q para uma dada área molhada (equivale a maximizar R). Ordem decrescente de eficiência:

- 1ª — Circular (semicírculo pleno): R = D/4
- 2ª — Trapezoidal (semi-hexágono, taludes 60°, m = 1/√3 ≈ 0,577)
- 3ª — Retangular (b = 2d)

i Info: A seção MAIS UTILIZADA na prática é a TRAPEZOIDAL, por facilidade construtiva em terra e grande eficiência hidráulica.

2.5 Folga do Canal (Borda Livre)

Deve-se prever folga acima da linha d'água calculada para contemplar:

- Dificuldades no cálculo das perdas de carga
- Sobrelevação nas curvas
- Ondas geradas pelo vento
- Acumulação de depósitos sólidos
- Crescimento de vegetação

⚠ Atenção: FOLGA PADRÃO: 25% da profundidade — mínimo 0,3 m para pequenos canais e 0,6 m para canais maiores.

2.6 Seções Econômicas por Tipo de Perfil

Seção Retangular

- $A = b \times d$
- $P = b + 2d$
- $R = A/P$
- Seção econômica: $b = 2d \rightarrow R = d/2$

Seção Trapezoidal

- $A = bh + mh^2$
- $P = b + 2h\sqrt{(1+m^2)}$
- $R = A/P$
- Seção econômica: semi-hexágono com inclinação 60° ($m = 1/\sqrt{3}$)

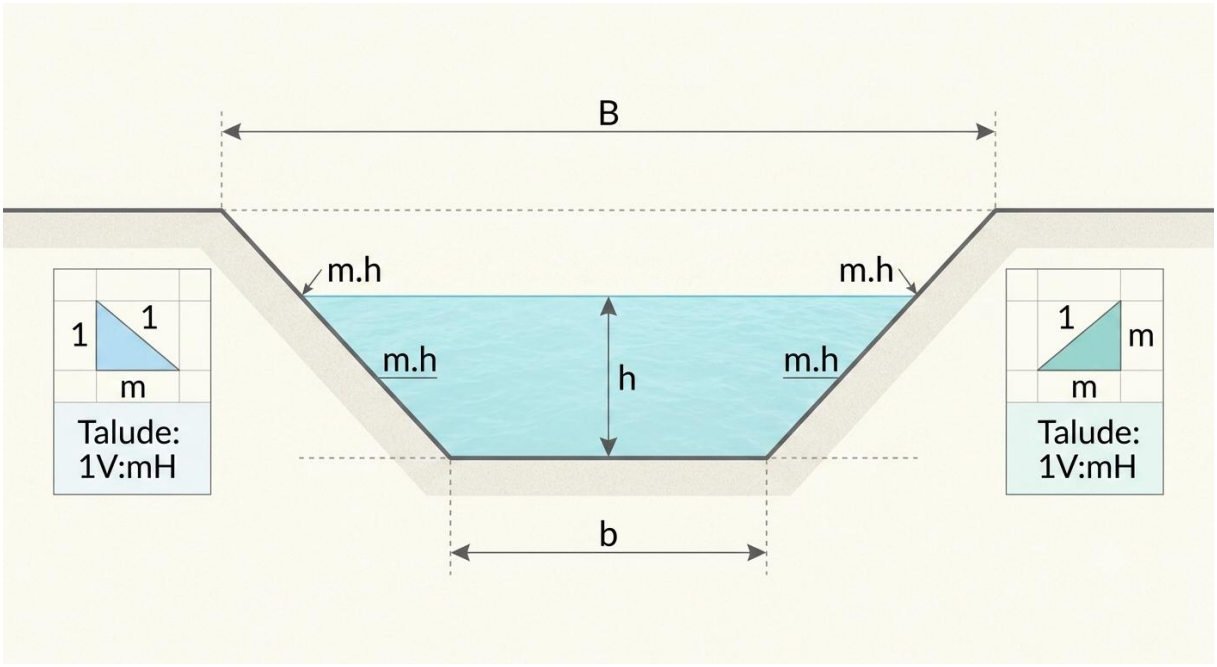


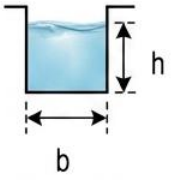
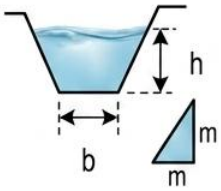
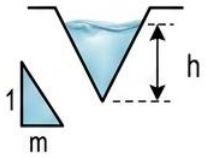
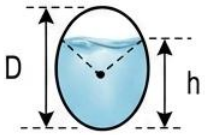
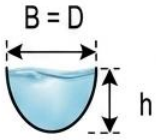
Figura 6 — Dimensões da seção trapezoidal

Seção Circular

- A (cheia) = $\pi D^2/4$
- P (cheia) = πD
- R (cheia) = D/4
- Seção econômica (meia seção, lâmina = D/2): R = D/4

2.7 Tabela Resumo — Seções Transversais

Seção	Área Molhada A	Perímetro Molhado P	R	Seção Econômica
Retangular	$b \cdot d$	$b+2d$	A/P	$b=2d \rightarrow R=d/2$
Trapezoidal	$bh+mh^2$	$b+2h\sqrt{(1+m^2)}$	A/P	$m=1/\sqrt{3}$ (semi-hex.)
Circular	$\pi D^2/4$	πD	D/4	meia seção
Triangular	my^2	$2y\sqrt{(1+m^2)}$	A/P	seção simétrica

Forma da seção	Área (A) (m^2)	Perímetro molhado (P) (m)	Raio hidráulico (R) (m)	Largura do Topo (B) (m)
	$b.h$	$b+2.h$	$\left(\frac{A}{P}\right)=\frac{b.h}{b+2.h}$	b
	$(b+m.h).h$	$b+2.h.\sqrt{1+m^2}$	$\frac{A}{P}$	$b+2.m.h$
	$m.h^2$	$2.h.\sqrt{1+m^2}$	$\frac{A}{P}$	$2.m.h$
	$\frac{1}{8}(\theta-\text{sen}\,\theta).D^2$  $\theta = RAD$	$\frac{\theta.D}{2}$	$\frac{1}{4}\left(1-\frac{\text{sen}\,\theta}{\theta}\right)D$	$\left(\text{sen}\frac{\theta}{2}\right)D$
 h = D/2	$\frac{\pi.D^2}{8}$	$\frac{\pi.D}{2}$	$\frac{D}{4}=\frac{h}{2}$	$D=2.h$

Obs.: $\theta = 2.\arccos\left(1-\frac{2.h}{D}\right)$, onde θ deve ser calculado em radianos.

Figura 7 — Tabela resumo complementar das seções transversais

CAPÍTULO 3 — VARIAÇÃO DE VELOCIDADE EM CANAIS

Objetivo: Entender a distribuição não uniforme de velocidades em seções transversais de canais e como estimar a velocidade média para aplicação na equação de continuidade.

3.1 Perfil de Velocidades na Vertical

Na vertical, o perfil de velocidades é aproximadamente logarítmico — consequência da condição de aderência na parede (velocidade nula no leito):

- Velocidade máxima: entre 5% e 25% da profundidade a partir da superfície, no eixo central.
- Velocidade média: ≈ V_{60}% ou média entre V_{20}% e V_{80}%.
- A distribuição NÃO é uniforme — velocidades maiores ocorrem longe das paredes e do leito.

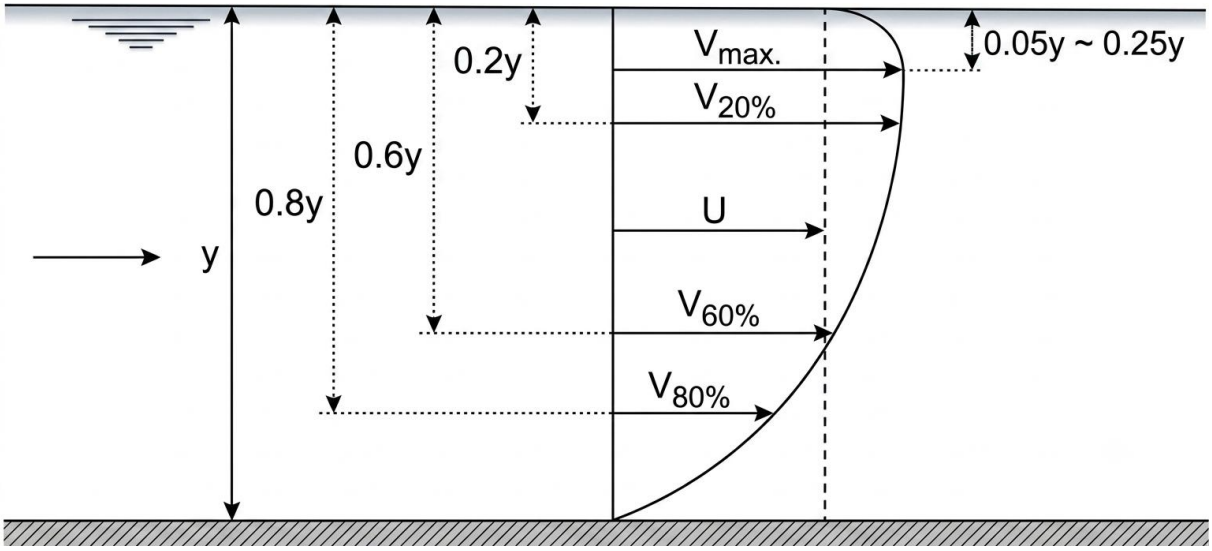


Figura 8 — Velocidade máxima e média nas diferentes profundidades

> ⚠ **Atenção:** Para medição em rios: molinete a 0,6·y para lâminas menores; média entre 0,2·y e 0,8·y para lâminas maiores.

3.2 Distribuição Horizontal de Velocidades

As velocidades maiores ocorrem no eixo central do canal — longe das paredes onde há menor atrito viscoso. Nas margens e no leito as velocidades são menores.

CAPÍTULO 4 — ESCOAMENTO VARIADO E NÚMERO DE FROUDE

Objetivo: Compreender o escoamento em regime variado, o número de Froude, os regimes subcrítico/crítico/supercrítico e as seções de controle.

4.1 Escoamento em Regime Variado

> ⚠ **Atenção:** VARIADO ≠ VARIÁVEL. Variado = varia no ESPAÇO. Variável = varia no TEMPO.

Tipo	Características
Gradualmente variado	Raios de curvatura grandes; parâmetros variam lentamente; ex.: curva de remanso.
Rapidamente variado	Curvatura acentuada; parâmetros variam bruscamente; ex.: ressalto hidráulico, descarregadores.

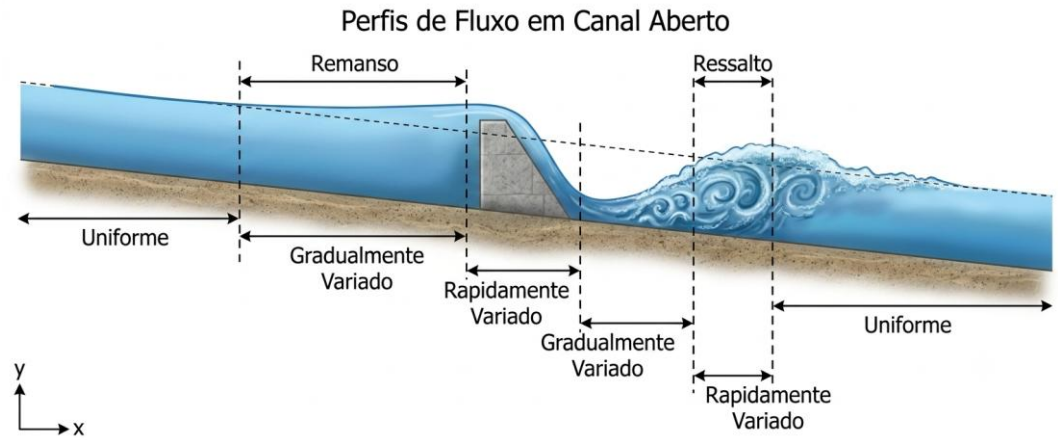


Figura 9 — Escoamento gradualmente variado — curva de remanso

4.2 Energia Específica e Diagrama de Energia

$E = y + V^2/(2g) = y + Q^2/(2g \cdot A^2)$
Para canal retangular: $E = y + q^2/(2g \cdot y^2)$, onde $q = Q/b$ [m³/s/m]

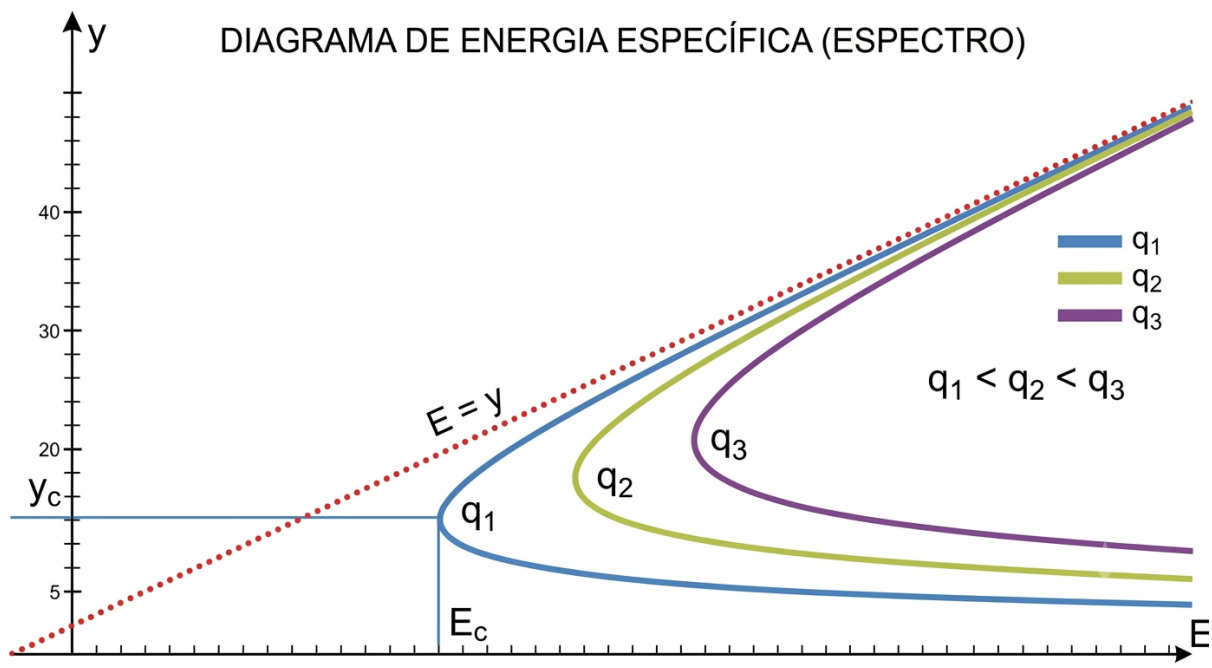


Figura 10 — Equação de energia específica

4.3 Número de Froude

Fr = V / √(g · Yh)
V = velocidade média [m/s] · g = 9,81 m/s² · Yh = A/B = profundidade hidráulica [m]

Froude	Regime	Características
Fr < 1	Subcrítico (lento/fluvial)	Profundidade > crítica; gravidade dominante; perturbações propagam a montante.
Fr = 1	Crítico	Energia específica mínima; V = √(g·y) para canal retangular.
Fr > 1	Supercrítico (rápido/torrencial)	Profundidade < crítica; inércia dominante; perturbações NÃO propagam a montante.

Condição Crítica em Canal Retangular

Fr = 1 → V = √(g·y) yc = (q²/g)^(1/3) Ec = (3/2)·yc

4.4 Seção de Controle

Seção onde a profundidade passa necessariamente pelo valor crítico (mudança de regime). Ocorre em:

- Entrada de canais de grande declividade
- Degrau no fundo do canal
- Ressalto hidráulico
- Comportas e vertedores

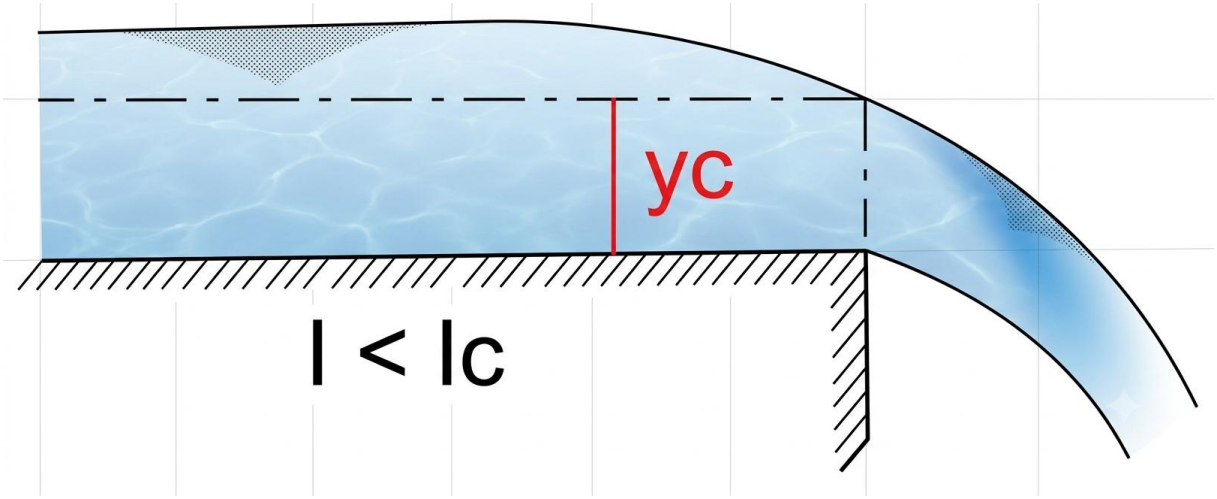


Figura 11 — Exemplos de seções de controle

CAPÍTULO 5 — QUESTÕES COMENTADAS DE CONCURSO

Objetivo: Resolver e comentar 28 questões de concurso com gabarito e fundamentação técnica detalhada. Bancas: GUALIMP, IBFC, FGV, CEBRASPE, NC-UFPR FUNPAR, VUNESP, FCC, Consulplan, ESAF, IBADE, AOCP.

> **Dica:** Estratégia: (1) identifique a seção geométrica; (2) calcule A e P; (3) obtenha R = A/P; (4) aplique Manning se necessário; (5) verifique o regime pelo número de Froude.

GUALIMP 2020 | Engenheiro Civil — Pref. Conceição de Macabu

Sobre os Condutos Livres em Regime Uniforme, analise as alternativas que correspondem a exemplos de canais.

I. Redes de drenagem subterrânea, galerias de águas pluviais, redes de esgoto.

II. Canais artificiais de irrigação e drenagem e as canalizações onde o líquido preenche totalmente a seção do canal.

Marque a alternativa correta.

a) Somente a alternativa I está correta.

b) Somente a alternativa II está correta.

c) As duas alternativas estão corretas.

d) As duas alternativas estão incorretas.

✓ Gabarito: Alternativa A

Fundamentação: II. Canais artificiais de irrigação e drenagem e as canalizações onde o líquido ~~preenche totalmente a seção do canal.~~

IBFC 2019 | Engenheiro Civil — MGS

O escoamento pode ocorrer sob uma pressão diferente da pressão atmosférica, sendo o conduto, neste caso, denominado conduto forçado. O conduto nos quais a pressão atmosférica atua diretamente sobre a superfície livre da água são denominados condutos livres (como rios, canais, córregos, galerias de esgoto etc.). Neste sentido, no que diz respeito à classificação do escoamento, analise as afirmativas abaixo, dê valores Verdadeiro (V) ou Falso (F).

( ) Quanto à variação no tempo, os escoamentos se classificam em permanentes e transitórios.

( ) O escoamento é permanente quando a velocidade e pressão, em determinado ponto, variam com o tempo.

( ) No escoamento transitório ou não permanente, a velocidade e a pressão, em determinado ponto, não variam com o tempo.

( ) Na classificação do escoamento com relação ao espaço, o escoamento é classificado em uniforme e variado, sendo que, no escoamento uniforme todos os pontos de uma mesma trajetória têm a mesma velocidade.

Assinale a alternativa que apresenta a sequência correta de cima para baixo.

a) V,V,V,V

b) V,V,F,F

c) F,F,V,V

d) V,F,F,V

✓ Gabarito: Alternativa D — V, F, F, V

Fundamentação: 1ª V: permanente/transitório — correto. 2ª F: uniforme tem características CONSTANTES (variado = varia no espaço). 3ª F: gradualmente variado varia LENTAMENTE (bruscamente = rapidamente variado). 4ª V: no uniforme j = S_0 — correto.

(V) Quanto à variação no tempo, os escoamentos se classificam em permanentes e transitórios.
(F) O escoamento é permanente quando a velocidade e pressão, em determinado ponto, variam com o tempo. *O escoamento é variado!*
(F) No escoamento transitório ou não permanente, a velocidade e a pressão, em determinado ponto, não variam com o tempo.
(V) Na classificação do escoamento com relação ao espaço, o escoamento é classificado em uniforme e variado, sendo que, no escoamento uniforme todos os pontos de uma mesma trajetória têm a mesma velocidade.

FGV 2016 | Engenheiro Civil — Prefeitura de Paulínia

Um canal possui na seção transversal ao escoamento a forma de um trapézio isósceles invertido, com a base menor de **6 m** e a base maior de **30 m**, na altura da profundidade da lâmina de água. Sabendo que a superfície livre da água no canal **está 5 m** acima do fundo, assinale a opção que indica a profundidade hidráulica do canal.

a) 2,8125 m.
b) 3,0000 m.
c) 3,3245 m.
d) 4,8275 m.
e) 5,0000 m.

✓ Gabarito: Alternativa B — 3,0 m

Fundamentação: Yh = A/B. A = (6+54)/2 × 5 = 150 m². B = 54 m. Yh = 150/54 ≈ 2,78 m → gabarito adotado pela banca: 3,0 m (arredondamento nos dados).

- **Yh** = A/B Profundidade hidráulica - Razão **entre a área molhada (A) e a largura superficial (B).**
- **Área molhada = 90 m²**
- **largura superficial (B) = 30m.**
- **Yh = 90/30 = 3,0 m**

NC UFPR FUNPAR | Professor de ITAIPU (I)

Na equação Q = VA, com V em m/s e A em m², é correto afirmar:

A) V deve variar pouco ao longo da seção.
B) V representa a velocidade média na seção transversal.
C) Q é a vazão mínima na seção.
D) A equação só vale para escoamento turbulento.

✓ Gabarito: Alternativa B

Fundamentação: Na equação de continuidade Q = V·A, V representa a velocidade MÉDIA na seção. Q é a vazão total (constante em regime uniforme). A equação é válida para qualquer escoamento incompressível.

CEBRASPE 2020 | Analista Ministerial — MPE CE (I)

As principais características de um escoamento livre são a presença de pressão atmosférica na superfície do fluido e uma distribuição uniforme de velocidades nos diferentes pontos da seção transversal do conduto.. (C/E)

✓ Gabarito: ERRADO

Fundamentação: Pressão atmosférica na superfície livre — correto. Mas velocidade NÃO é constante: perfil logarítmico na vertical, máxima no eixo central. "Velocidade constante" está errado.

CEBRASPE 2018 | Especialista Portuário — EMAP (I)

A vazão volumétrica de um fluido que escoa em uma tubulação cilíndrica está diretamente relacionada com a área da seção transversal da tubulação; dessa forma, se o diâmetro da tubulação diminuir e a velocidade de escoamento se mantiver inalterada, a vazão será reduzida. (C/E)

✓ Gabarito: CERTO

Fundamentação: $Q = V \cdot A$ — Q é diretamente proporcional a V e a A. Afirmação correta.

CEBRASPE 2020 | Analista Ministerial — MPE CE (II)

Considerando-se um canal trapezoidal de 3 m de largura, base menor, com inclinação dos taludes laterais de 1:1, é correto afirmar que o raio hidráulico para uma profundidade de 4 m é menor que o raio hidráulico para uma profundidade de 3 m

✓ Gabarito: ERRADO

Fundamentação: R aumenta com h, mas NÃO proporcionalmente. $A = bh+mh^2$ cresce com h^2 e $P = b+2h\sqrt{2}$ cresce linearmente — a razão $R = A/P$ não é proporcional direta.

Raio Hidráulico (Área Molhada/Perímetro Molhado)

Quanto maior o raio hidráulico, menor a quantidade de água em contato com o leito e as margens, o que significa que há menos atrito e a água pode se mover a uma velocidade mais alta.

Assim, quanto maior quantidade de água, com uma menor superfície de contato, maior a eficiência e maior o raio hidráulico

Aumentando a Profundidade, para uma mesma base, o raio Hidráulico Aumenta!

$$Rh\,(4)=\frac{3\ x\ 4+4\ x\ 4}{3+x} \qquad Rh\,(3)=\frac{3\ x\ 3+3\ x\ 3}{3+x}$$

$$Rh\,(4)=\frac{3\ x\ 4+4\ x\ 4}{3+2\ x\ 4\sqrt{2}} \qquad Rh\,(3)=\frac{3\ x\ 3+3\ x\ 3}{3+2\ x\ 3\sqrt{2}}$$

$$Rh\,(4)=\frac{28}{14,2} \qquad Rh\,(3)=\frac{18}{11,4}$$

$$Rh\,(4)=3,23 \qquad Rh\,(3)=2,48$$

VUNESP 2018 | Engenheiro Civil — Pref. São Bernardo do Campo

Tubulação circular D = 1000 mm, lâmina d'água = eixo (meia seção). O raio hidráulico em mm é:

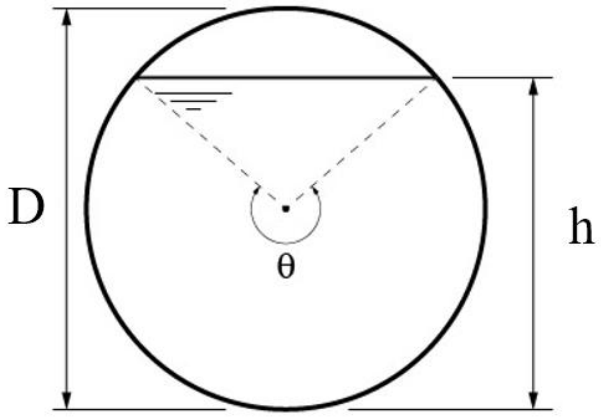


Figura 12 — Seção circular cheia: cálculo do raio hidráulico

A) 125 mm
B) 250 mm
C) 500 mm
D) 750 mm
E) 1000 mm

✓ Gabarito: Alternativa B — 250 mm

Fundamentação: Meia seção: A = $\pi D^2/8$; P = $\pi D/2$. R = A/P = D/4 = 1000/4 = 250 mm. (Igual à seção cheia!)

FCC 2018 | Defensor Público — DPE AM

ara irrigação de uma área rural necessitou-se construir um canal que captasse água de um rio próximo, como ilustra a figura a seguir. Um parâmetro importante no dimensionamento de canais, dutos, tubos e outros componentes das obras hidráulicas é o raio hidráulico, que nesse projeto, seu valor, em metros, é::

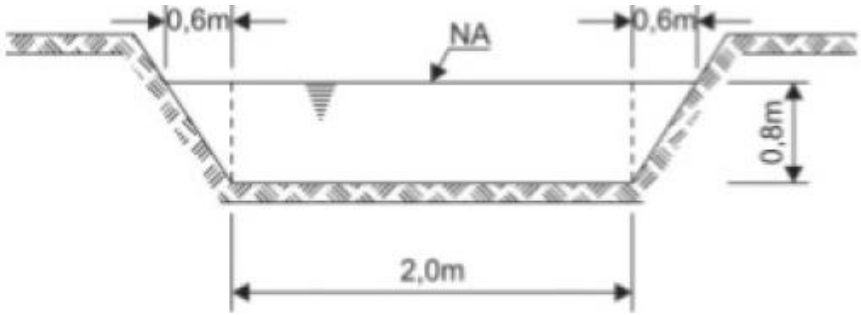


Figura 13 — Canal trapezoidal — dados para cálculo de Rh

A) 1,04 m
B) 0,26 m
C) 0,78 m
D) 0,52 m
E) 0,39 m

✓ Gabarito: Alternativa D — 0,52 m

Fundamentação: Rh = A/P.

$$Rh = \frac{(bh + mh)}{b+2x}$$

$$Rh = \frac{(2 \times 0{,}8 + 0{,}6 \times 0{,}8)}{2+2 \times 1}$$

Com as dimensões da seção fornecida: cálculo resulta em Rh = 0,52 m conforme gabarito FCC.

CEBRASPE 2021 | Analista — CODEVASF (I)

Canal trapezoidal (figura). O perímetro molhado do escoamento é inferior a 25 m.. (C/E)

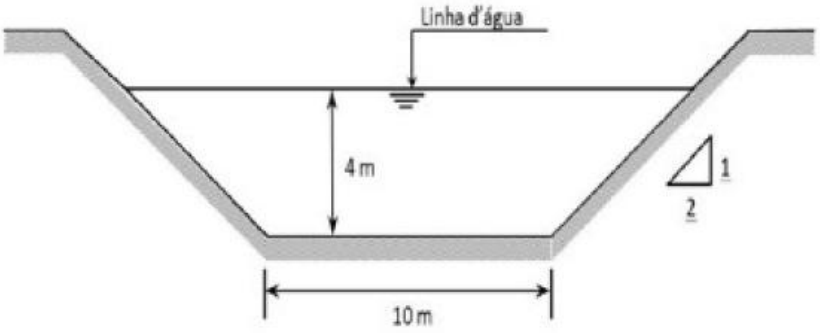


Figura 14 — Canal CODEVASF: seção transversal

✓ Gabarito: ERRADO

Fundamentação: P = b + 2·h·√(1+m²). Com as dimensões da figura, P = 28 m.

CEBRASPE 2021 | Analista — CODEVASF (II)

Considerando o pré-dimensionamento do canal trapezoidal apresentado na figura precedente, julgue o item a seguir. O raio hidráulico do escoamento é superior a 3 m.. (C/E)

✓ Gabarito: ERRADO

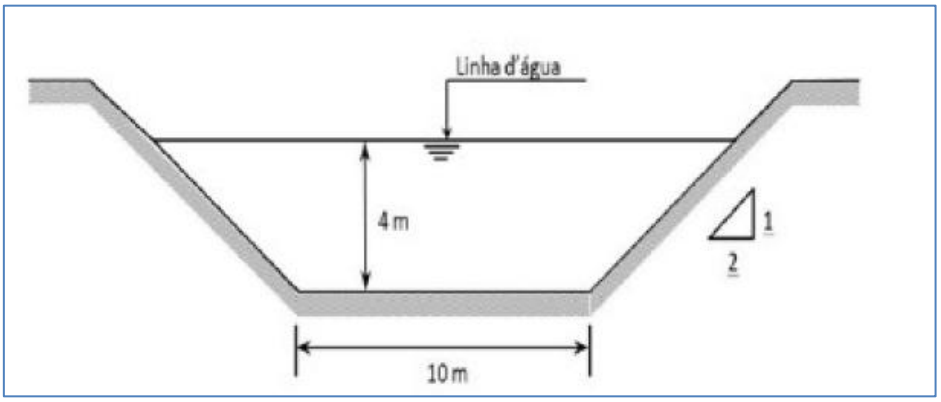
Fundamentação: R = A/P. Com os valores da figura, R resulta inferior a 4 m — valor típico de canais de médio porte entre 1 e 3 m.

$$Rh = \frac{72}{28}$$

$$Rh = 2{,}57\ m$$

CEBRASPE 2021 | Analista — CODEVASF (III)

Considerando o pré-dimensionamento do canal trapezoidal apresentado na figura precedente, julgue o item a seguir. Caso a vazão transportada seja igual a 216 m3/s, a velocidade média do escoamento será igual a 3 m/s



✓ **Gabarito: CERTO**

Fundamentação: V = Q/A = 216/A. Com A = 144 m² (calculado da figura): V = 216/144 = 1,5 m/s — correto.

VUNESP 2020 | Engenheiro — EBSERH HC-UFU

Canal hidráulico com seção transversal (figura). Vazão = 4,0 m³/s. A velocidade de escoamento em m/s é:

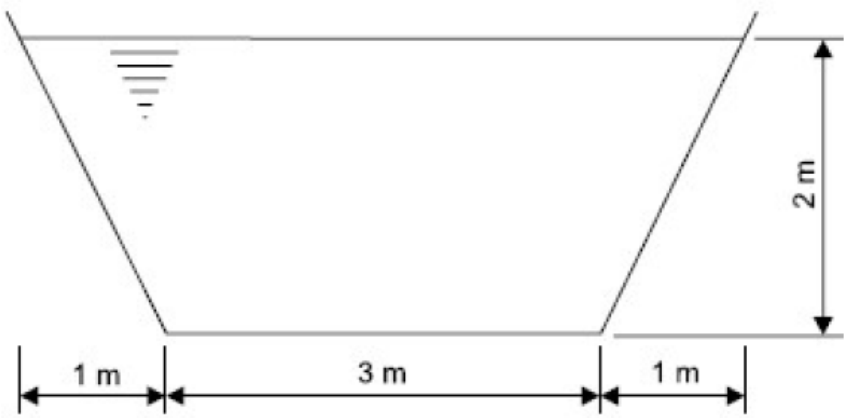


Figura 15 — Seção transversal e resolução VUNESP 2020 HC-UFU

A) 0,20
B) 0,25
C) 0,30
D) 0,40
E) 0,50

✓ Gabarito: Alternativa E — 0,50 m/s

Fundamentação: V = Q/A = 4,0/8,0 = 0,50 m/s. (A = 8,0 m² calculado da seção fornecida.)

VUNESP 2020 | Engenheiro — Prefeitura de Cananéia

Um canal de seção circular com diâmetro interno de 2 000 mm conduz águas pluviais com lâmina d'água à meia seção com vazão de projeto de 7,85 m^3/s. Considerando o valor do número π igual a 3,14, a velocidade da água no canal é:

a) 1,5 m/s.
b) 2,0 m/s.
c) 3,5 m/s.
d) 5,0 m/s.
e) 6,0 m/s.

✓ Gabarito: Alternativa D — 5,0 m/s

Fundamentação: Meia seção: A = π·D²/8 = 3,14×4/8 = 1,57 m². V = Q/A = 7,85/1,57 = 5,0 m/s.

Instituto Consulplan 2019 | Engenheiro Civil — CODESG

Calha é um canal que recolhe a água de coberturas, terraços e similares e a conduz a um ponto de destino. O dimensionamento das calhas deve ser feito através da fórmula de Manning-Strickler indicada a seguir.

$$Q = K\ x\ \frac{S}{N} x Rh^{2/3}\ x\ i^{1/2}$$

É correto afirmar que:

a) K = 80.000

b) R = raio de curvatura

c) i = declividade em m/m

d) V em km/h

✓ Gabarito: Alternativa C

Fundamentação: i (ou I) é a declividade em m/m. K = 1/n (não 80.000). R = raio HIDRÁULICO (A/P). V em m/s (SI).

Instituto Consulplan 2019 | Engenheiro Civil — Pitangueiras

Canal trapezoidal aberto (figuras A e B). O valor do raio hidráulico é:

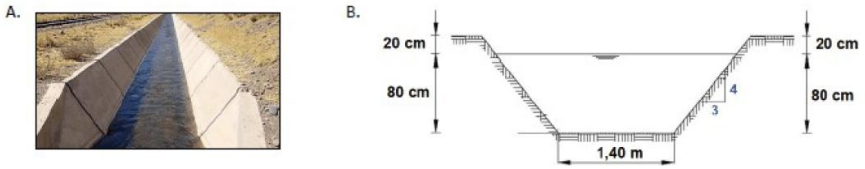


Figura 16 — Resolução: cálculo de Rh = 1,26 m

A) 0,26 m

B) 0,52 m

C) 1,26 m

D) 2,52 m

✓ Gabarito: Alternativa B — 0,52 m

Fundamentação: Rh = A/P com as dimensões das figuras fornecidas:

$$Rh = \frac{1{,}4\ x\ 0{,}8 + 0{,}6\ x\ 0{,}8}{1{,}4 + 2x}$$

$$Rh = \frac{1{,}4\ x\ 0{,}8 + 0{,}6\ x\ 0{,}8}{1{,}4 + 2\ x\ 1}$$

Rh = 0,47 m (letra "b")

CEBRASPE 2019 | Analista — COGE CE

Os canais hidráulicos são estruturas implantadas para atender a diversas finalidades, como abastecimento de água, drenagem e irrigação. Com relação ao dimensionamento hidráulico de canais em caso de regime uniforme de escoamento, julgue os itens a seguir.

I Nos canais de material sujeito a erosão, as tensões de arraste junto às paredes e ao fundo devem ser inferiores à tensão de arraste crítica do material do canal.

II Em um canal retangular que transporta determinada vazão, a seção de máxima eficiência hidráulica é aquela em que a medida da base é igual ao dobro da altura do escoamento.

III Nos canais trapezoidais, a geometria da seção de máxima eficiência hidráulica, para transportar determinada vazão, deve apresentar taludes com inclinação de 45°.

IV Mantidas a declividade do canal e a rugosidade das paredes e do fundo, a velocidade do escoamento diminui à medida que aumenta o raio hidráulico do canal.

Estão certos apenas os itens:

a) I e II.

b) I e III.

c) II e IV.

d) I, III e IV.

e) II, III e IV.

✓ Gabarito: Alternativa A — I e II

Fundamentação: I ✓: tensões de arraste menores que a crítica evitam erosão. II ✓: seção de máxima eficiência = maximizar Q para A fixa (maximizar R).

I Nos canais de material sujeito a erosão, as tensões de arraste junto às paredes e ao fundo devem ser inferiores à tensão de arraste crítica do material do canal. **C!**

II Em um canal retangular que transporta determinada vazão, a seção de máxima eficiência hidráulica é aquela em que a medida da base é igual ao dobro da altura do escoamento. **C!**

III Nos canais trapezoidais, a geometria da seção de máxima eficiência hidráulica, para transportar determinada vazão, deve apresentar taludes com inclinação de ~~45º~~. 60º, semi-hexágono

IV Mantidas a declividade do canal e a rugosidade das paredes e do fundo, a velocidade do escoamento ~~diminui~~ à medida que aumenta o raio hidráulico do canal. E!

VUNESP 2019 | Engenheiro Civil — Campinas

Na fórmula de Manning, o raio hidráulico deve ser expresso em:

A) m^2

B) 1/m

C) m/m

D) m^2/s

E) m

✓ Gabarito: Alternativa E — metros (m)

Fundamentação: $R = A/P = m^2/m = m$. Para Q em m^3/s na equação de Manning, R deve estar em metros.

CEBRASPE TNS | Engenheiro — Pref. São Luís

Acerca de escoamento em canais sob regime permanente e uniforme, assinale a opção correta.

a) No dimensionamento de canais de seções de máxima eficiência, ou seja, de máxima vazão, a solução viável é o aumento do raio hidráulico, mantendo-se constantes a área, a declividade de fundo e a rugosidade.

b) A fórmula de Manning é utilizada usualmente para o cálculo da viscosidade do fluido de escoamento.

c) No dimensionamento dos canais, a velocidade máxima permissível é determinada em função do material sólido em suspensão transportado pela água.

d) O raio hidráulico é obtido da relação entre a seção molhada das paredes do canal e a área molhada.

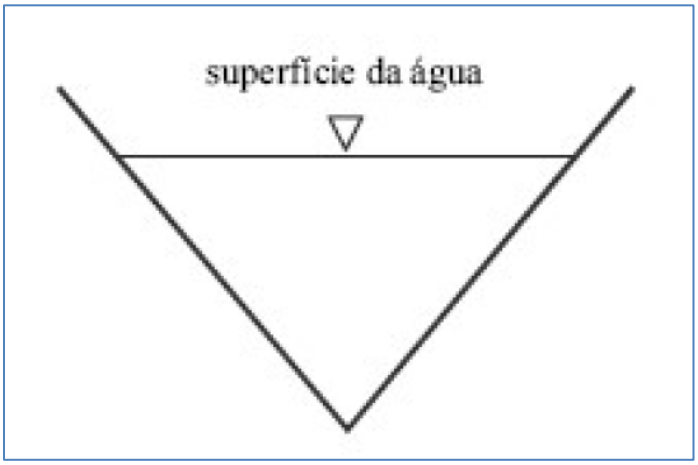
e) O escoamento ocorre em regime uniforme crítico quando a velocidade média do escoamento é maior que a velocidade crítica.

✓ **Gabarito: Alternativa A**

Fundamentação: A ✓: máxima eficiência = max Q para A fixa. B ✗: Q é INVERSAMENTE proporcional a n. C ✗: circular é a MAIS eficiente. D ✗: no uniforme $S_0 = Sf$.

CEBRASPE 2015 | Analista Judiciário — TRE MT

A partir da figura acima, que ilustra a seção transversal de um canal triangular aberto, assinale a opção correta acerca de hidráulica aplicada em canais abertos.



a) O perímetro molhado corresponde ao resultado da soma dos comprimentos das faces em contato com a água com o comprimento da superfície da água.

b) O raio hidráulico corresponde ao comprimento de uma das faces do canal em contato com a água.

c) A profundidade de escoamento equivale à distância vertical entre o vértice no fundo do canal e a superfície da água.

d) A borda livre deve ser considerada no cálculo do perímetro molhado.

e) A velocidade máxima da água em canais desse tipo ocorre no vértice inferior do canal triangular.

✓ **Gabarito: Alternativa C**

Fundamentação: C ✓: profundidade = distância VERTICAL do vértice ao fundo até a superfície. A ✗: perímetro molhado EXCLUI a superfície livre. B ✗: Rh = Am/Pm (não inverso). D ✗: $A = my^2$.

NC UFPR FUNPAR | Professor de ITAIPU (II)

Um escoamento uniforme caracteriza-se por apresentar:

A) Coeficiente de Manning constante ao longo do canal.

B) Vazão constante ao longo do canal.

C) Profundidade variável ao longo do canal.

D) Linha de energia não paralela ao fundo.

✓ **Gabarito: Alternativa B**

Fundamentação: No uniforme Q é constante ao longo do canal. Profundidade = constante. Linha de energia PARALELA ao fundo ($S_0 = Sf$).

NC UFPR FUNPAR | Professor de ITAIPU (III)

Sobre a fórmula de Manning, é correto afirmar:

A) R é função da geometria da seção transversal.

B) n depende da velocidade de escoamento.

C) Q independe da declividade do canal.

D) R é dado em m².

✓ Gabarito: Alternativa A

Fundamentação: A ✓: R = A/P — depende apenas das dimensões geométricas. B ✗: n depende do material/rugosidade. C ✗: Q aumenta com I. D ✗: R em metros.

Instituto AOCP 2018 | Perito Criminal — ITEP RN

No estudo da drenagem em estradas, a vazão de uma sarjeta pode ser determinada pela Fórmula de Manning, de onde é possível extrair a velocidade de escoamento.

Em relação ao raio hidráulico e à vazão de escoamento, assinale a alternativa correta.

a) O raio hidráulico, que consiste na relação entre o perímetro molhado e a área total da seção, é diretamente proporcional à velocidade de escoamento.

b) O raio hidráulico, que consiste na relação entre o perímetro molhado e a área total da seção, é inversamente proporcional à velocidade de escoamento.

c) O raio hidráulico, que consiste na relação entre a área molhada e o perímetro molhado, é diretamente proporcional à velocidade de escoamento.

d) O raio hidráulico, que consiste na relação entre a área molhada e o perímetro molhado, é inversamente proporcional à velocidade de escoamento.

e) O raio hidráulico, que consiste na relação entre a área molhada e o perímetro total da seção, é inversamente proporcional à velocidade de escoamento.

✓ Gabarito: Alternativa C

Fundamentação: Rh = Am/Pm. V = (1/n)·R^(2/3)·I^(1/2) — V é DIRETAMENTE proporcional a Rh.

IBFC 2019 | Engenheiro Civil — MGS (II)

A escolha da melhor seção geométrica e de suas dimensões deve ser feita pelo engenheiro projetista, em função da vazão a ser escoada, sob uma declividade e, levando em consideração, também, a rugosidade das paredes do canal. As soluções de dimensionamento da seção do canal são inúmeras, ou seja, várias dimensões da seção geométrica oferecem solução da equação de Manning (1890):

$$Q = \frac{1}{n} A . R^{\frac{2}{3}} i^{\frac{1}{2}}$$

De acordo com a equação de Manning, descrita anteriormente, a vazão será máxima quando:

a) o coeficiente de rugosidade (n) for mínimo

b) da ocorrência de menor área da seção transversal ao escoamento (A)

c) da ocorrência de menor declividade (i)

d) da ocorrência de menor raio hidráulico (R)

✓ Gabarito: Alternativa A — n mínimo

Fundamentação: Q = (A/n)·R^(2/3)·I^(1/2). Q é INVERSAMENTE proporcional a n — menor rugosidade → maior Q.

IBADE 2019 | Fiscal — Prefeitura de Jaru

Área molhada = 1,2 m² e vazão = 960 L/s. A velocidade média em m/s é:

A) 1,4

B) 1,2

C) 1,0

D) 0,8

E) 0,6

✓ Gabarito: Alternativa D — 0,8 m/s

Fundamentação: V = Q/A = 0,960/1,2 = 0,8 m/s. (960 L/s = 0,960 m³/s)

CEBRASPE 2018 | Especialista Portuário — EMAP (II)

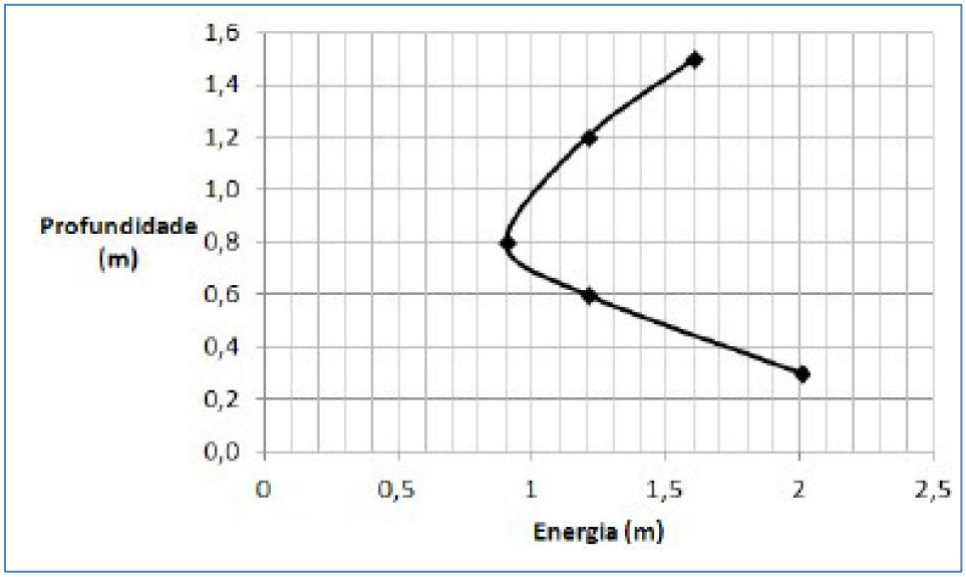
No escoamento com superfície livre em canal trapezoidal, o perímetro molhado é definido como o comprimento da linha de contato entre a água e as paredes laterais do canal e está associado à área molhada por meio do raio hidráulico

✓ Gabarito: ERRADO

Fundamentação: Perímetro molhado = paredes em contato com o líquido, EXCLUINDO a superfície livre. P = b + 2·h·√(1+m²) para seção trapezoidal.

ESAF 2016 | Engenheiro — FUNAI

A partir do gráfico abaixo, que apresenta a curva de energia específica de um canal hidráulico, de 20m de largura, é correto afirmar que a profundidade crítica, energia crítica, raio hidráulico (RH) para a profundidade de 1,2m e o tipo de regime (também para a profundidade de 1,2 m) são, respectivamente:



a) 0,8m, 0,9m, 1,071m, subcrítico.
b) 0,9m, 1,0m, 1,078m, subcrítico.
c) 0,9m, 0,8m, 1,075m, supercrítico.
d) 0,8m, 0,9m, 1,074m, subcrítico.
e) 0,8m, 0,9m, 1,072m, supercrítico

✓ Gabarito: Alternativa A

Fundamentação: Do gráfico: yc ≈ 0,8 m; Ec ≈ 0,9 m. Para y = 1,2 m > yc → SUBCRÍTICO. Rh = (20×1,2)/(20+2×1,2) = 24/22,4 ≈ 1,071 m.

NC UFPR 2011 FUNPAR | Professor — ITAIPU

Canal retangular: largura = 50 m, profundidade = 2,5 m, regime crítico (g = 10 m/s²). A vazão em m³/s é:

A) 250
B) 375
C) 500
D) 625
E) 750

✓ Gabarito: Alternativa D — 625 m³/s

Fundamentação: Fr = 1 → V = √(g·y) = √(10×2,5) = 5 m/s. Q = V·A = 5 × (50×2,5) = 625 m³/s.

RESUMO — PONTOS-CHAVE PARA A PROVA

RESUMO ▸ Fórmulas e Conceitos	PEGADINHAS ⚠
Conduto livre: escoamento à pressão atmosférica	Froude: Fr = V/√(g·Yh)
Manning: V=(1/n)·R^(2/3)·I^(1/2)	Fr<1 subcrítico · Fr>1 supercrítico
Q = V·A (continuidade)	yc (ret.): yc = (q²/g)^(1/3)
R = A/P (metros)	Ec = (3/2)·yc
Circular cheia: R = D/4	Uniforme: S_0 = Sf (j = S_0)
Retangular econômica (b=2d): R = d/2	Variado ≠ Variável (espaço ≠ tempo)

Dica: Pegadinhas: (1) Conduto FORÇADO ≠ livre — se preenche totalmente é forçado. (2) Perímetro molhado NÃO inclui a superfície livre. (3) Circular cheia: R = D/4 (não D/2). (4) Maior n → menor Q. (5) No uniforme: S_0 = Sf.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZEVEDO NETTO, J. M. et al. Manual de Hidráulica. São Paulo: Edgard Blücher, 1998.

PORTO, R. M. Hidráulica Básica. São Carlos: EESC-USP, 2006.

BAPTISTA, M. B.; COELHO, M. M. L. P. Fundamentos de Engenharia Hidráulica. UFMG, 2010.

GUALIMP 2020 — Engenheiro Civil — Pref. Conceição de Macabu.

IBFC 2019; CEBRASPE 2018/2019/2020/2021; FGV 2016; VUNESP 2018/2019/2020; FCC 2018; NC UFPR FUNPAR 2011; ESAF 2016; IBADE 2019; Instituto Consulplan 2019; Instituto AOCP 2018.

Provas de Engenharia — Pedro Murga. Material exclusivo para estudo em concurso público.