Dentro de um contêiner de metal, máquina produz água potável a partir do vapor do ar. O sistema usa 100% de energia re[illegible]ecebeu prêmio de US$ 1,5 bilhão

Engenhar é desafiador

e

apaixonante!


VENHA PARA ESSE MUNDO ATRAVÉS DE UMA FORMAÇÃO RESPONSÁVEL E SUTENTÁVEL.

01/05/2019

PORTAL TRATAMENTO DE ÁGUA 20 ANOS 1999-2019

NOTÍCIAS

ENVIAR NOTÍCIA

# Máquina imita nuvem e transforma ar em água potável com energia limpa

Publicado em 26/04/2019 às 11:42:33
Categoria(s): Tecnologia,
Tags: Água Potável, energia limpa,

**Mas existem aqueles que não acham importante estudar a água!**

## Dentro de um contêiner de metal, máquina produz água potável a partir do vapor do ar. O sistema usa 100% de energia renovável e recebeu prêmio de US$ 1,5 bilhão

A organização internacional Water Abundance XPrize procurava um projeto que tivesse a capacidade de gerar pelo menos 2 mil litros de água diariamente a um custo máximo de US$ 0,02 por litro e que, ainda por cima, usasse energia 100% renovável.

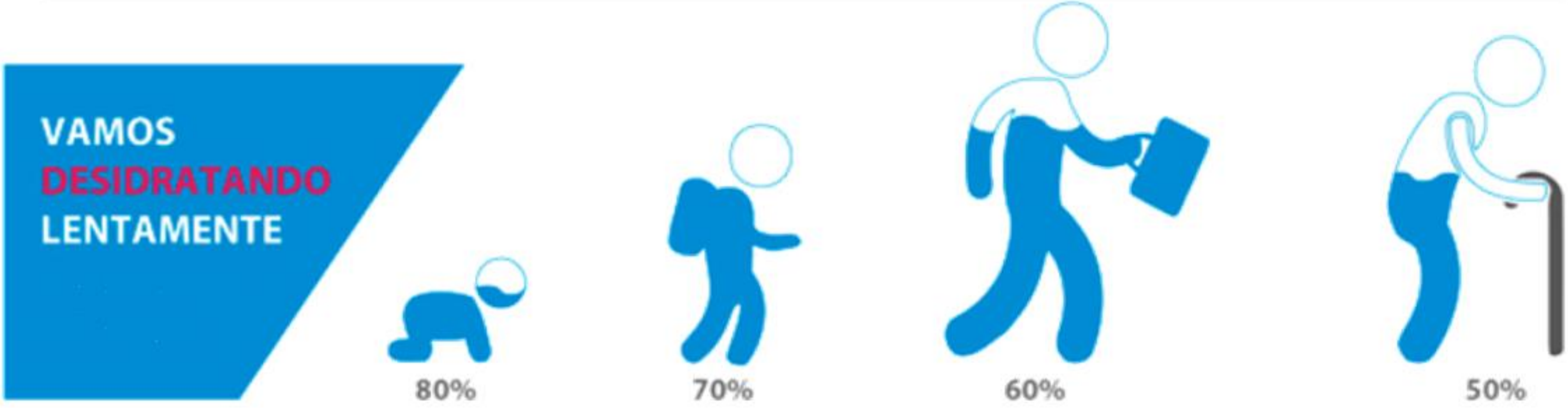
Dentro dos contêineres, as máquinas desenvolvidas pela Skywater simulam o funcionamento das nuvens. O mecanismo comprime o ar e, assim, condensa o vapor de água da atmosfera; deste processo, formam-se gotículas de água potável que são armazenadas em um tanque – e este pode ser conectado a uma torneira.

"A fonte mais abundante de água doce é a atmosfera da Terra. Quando a umidade atmosférica se condensa, cai como chuva. A Skywater replica esse processo natural de condensação ao simular o ponto de orvalho, o que permite que ela faça água continuamente, mesmo em condições de baixa umidade", resume a empresa, em comunicado.

De acordo com David Hertz, um dos líderes da companhia, há cerca de "37,5 milhões de bilhões de litros de água" na atmosfera e que isto é uma quantidade de água doce maior do que a soma de todos os rios da Terra. Por isso, afirma Hertz, isto garante a possibilidade de produzir milhões de galões de água todos os dias.

https://www.tratamentodeagua.com.br/ar-agua-potavel/?utm_source=Newsletter&utm_medium=RD_abril12&utm_campaign=RD_abril2&utm_term=%C3%A1gua%20pot%C3%A1vel&utm_content=%C3%A1gua%20pot%C3%A1vel

# Certamente não sabem que água é vida

DEVEM ACHAR QUE ISTO NÃO ESTÁ TAMBÉM LIGADO A ENGENHARIA

CONHECIMENTO É UMA FORMA DE CRIAR A CONSCIENTIZAÇÃO DA NOSSA RESPONSABILIDADE DE PRESERVAÇÃO


Trecho do rio Tietê na região de São Paulo

Em viagem a Sales, a 440 quilômetros da capital, Sandra Mogami clicou o filho Diego, de 5 anos, nadando nas águas cristalinas do Rio Tietê

DEVEMOS DECIDIR O QUE DESEJAMOS VER E SER NO NOSSO AMANHÃ


Introdução aos estudos dos condutos livres.

Escoamento se dá com pressão diferente da pressão atmosférica.

CONDUTO FORÇADO

CONDUTO LIVRE OU CANAL

CONDUTO LIVRE OU CANAL

Pressão constante e igual a pressão atmosférica

Exemplos de condutos

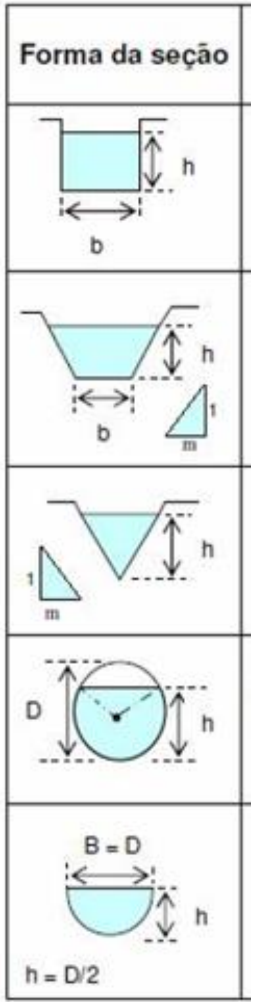

Mais alguns exemplos ...

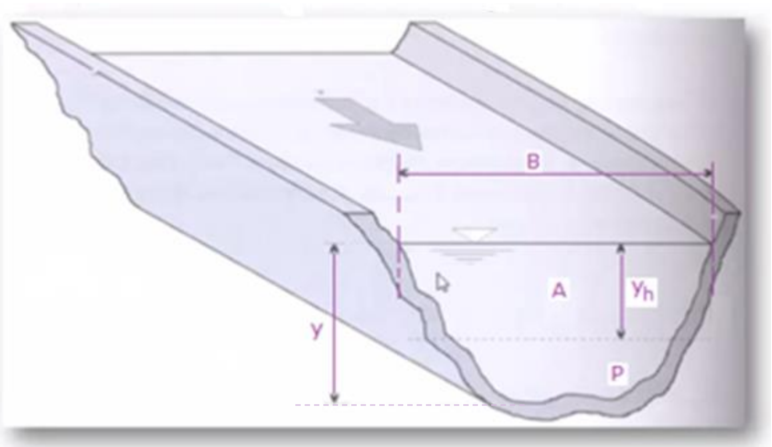
projetos da engenharia


Conduto forçado

Conduto livre

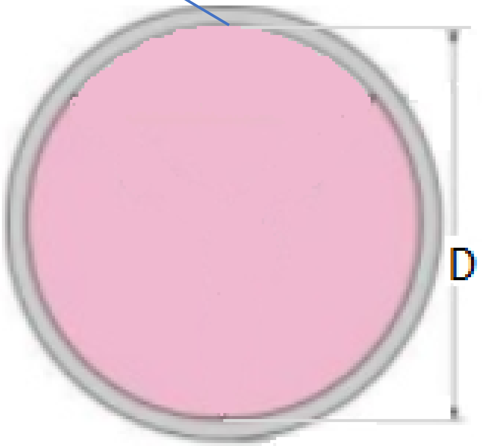
# 1. Conceito de conduto livre



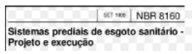

**Canal ou conduto livre é aquele que apresenta uma superfície livre onde atua a pressão atmosférica.**

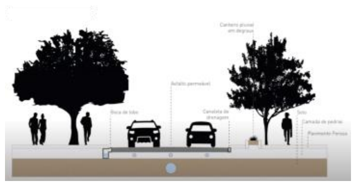
Situação limite, mas onde atua a pressão atmosférica

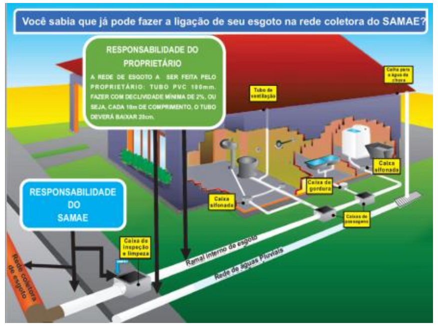


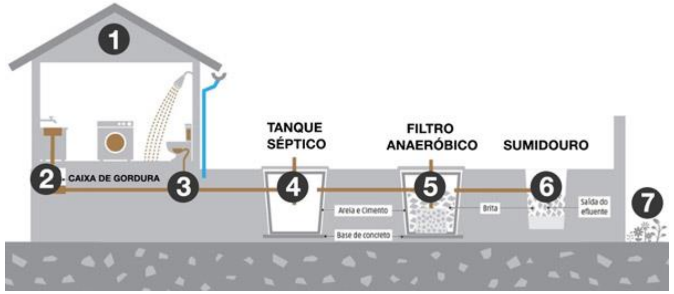

Conduto fechado de seção plena

# Devemos conhecer os parâmetros


NBR 8160
Sistemas prediais de esgoto sanitário - Projeto e execução






## e como equacionar estes e outros sistemas

A compreensão, a interpretação e o dimensionamento de condutos livres são importantes nos aspectos econômicos, ecológico e social em atividades do desenvolvimento: drenagem, irrigação, contenção e previsão de cheias, diagnóstico e estudo de impacto ambiental, modelagem, navegação, transporte e tratamento de esgoto, proteções, entre outras.




**Precisamos valorizar a formação sustentável!**

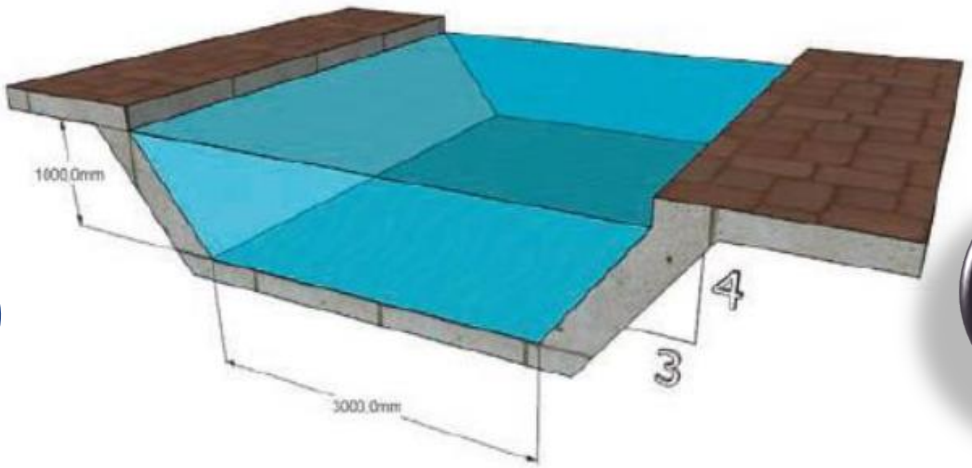
# 2. Definição de raio hidráulico

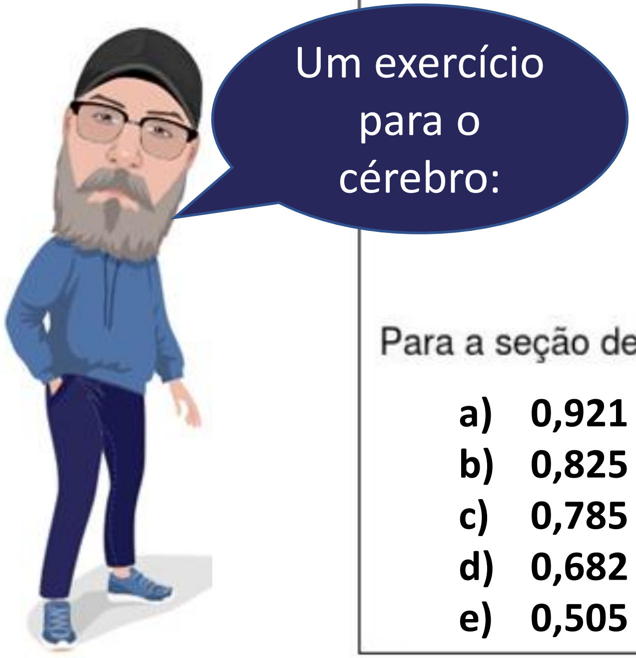

$$R_H = \frac{\text{área da seção molhada}}{\text{perímetro molhado}} = \frac{A}{\sigma}$$


$$D_H = 4 \times R_H = 4 \times \frac{A}{\sigma}$$

## PROBLEMA 1

O raio hidráulico é um parâmetro importante no dimensionamento de canais, tubos, dutos e outros componentes das obras hidráulicas. Ele é igual à razão entre a área da seção transversal molhada e o perímetro molhado.



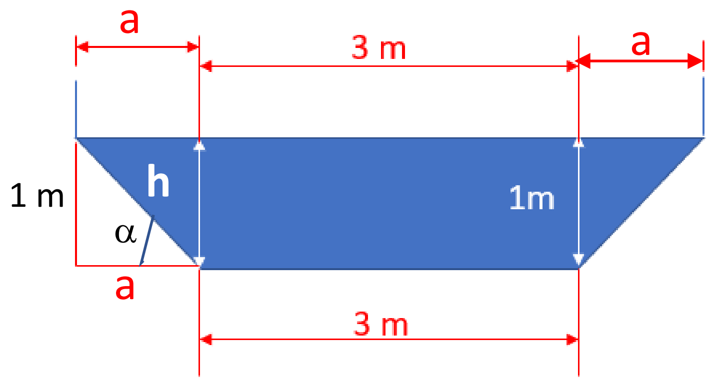



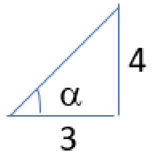


Para a seção de canal trapezoidal ilustrada na figura acima, qual é o valor do raio hidráulico?

a) **0,921 m**
b) **0,825 m**
c) **0,785 m**
d) **0,682 m**
e) **0,505 m**

# Solução




$$tg\alpha = \frac{4}{3}$$

$$tg\alpha = \frac{4}{3} = \frac{1}{a} \Rightarrow a = \frac{3}{4} = 0{,}75m$$

$$h^2 = 1^2 + 0{,}75^2 \rightarrow h = 1{,}25m$$

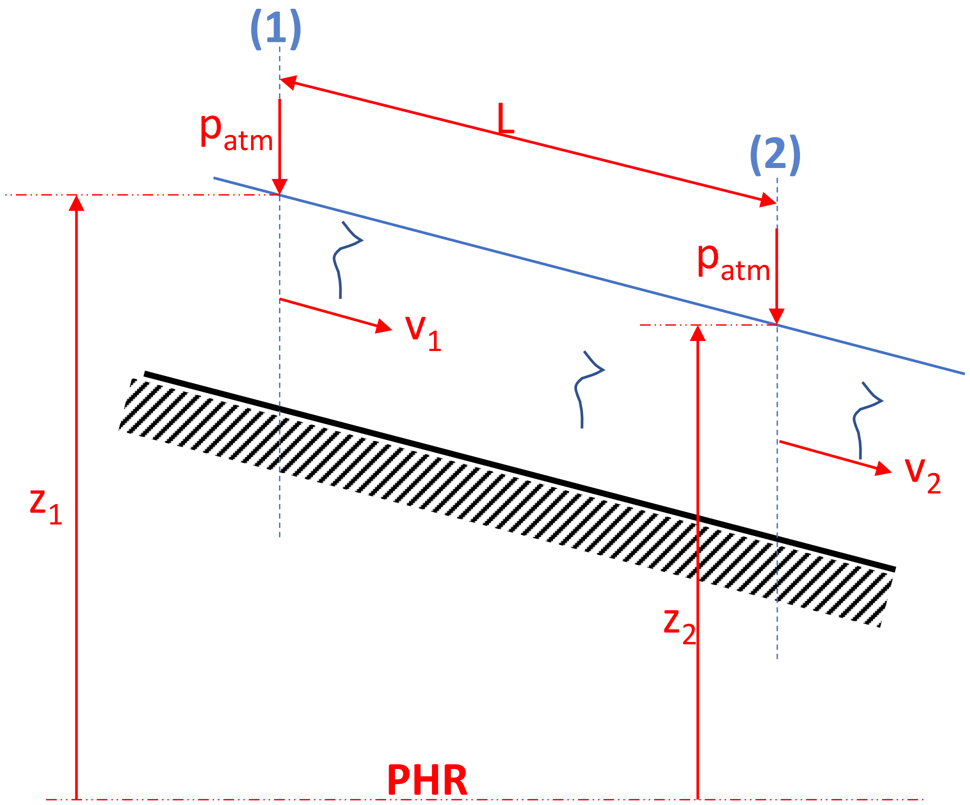
$$A = \frac{b+B}{2} \times h \Rightarrow A = \frac{3+4{,}5}{2} \times 1 = 3{,}75m^2$$

$$\sigma = 1{,}25 + 3 + 1{,}25 = 5{,}5m$$

$$\boxed{R_H = \frac{3{,}75}{5{,}5} \cong 0{,}682m}$$

Resposta d

# 3. Declividade

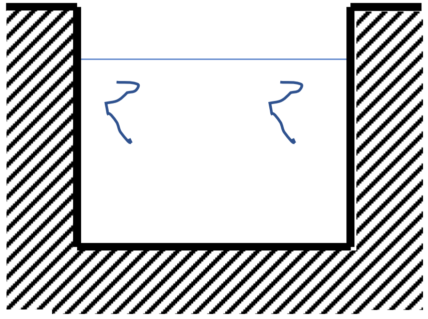



**escala efetiva**

$$p_1 = p_2 = p_{atm} = 0$$

**regime permanente**

**Q=cte** $\Rightarrow$ **A=cte** $\therefore v_1 = v_2$



Seção transversal constante

**Equação da energia**

$$H_1 = H_2 + H_{p_{1-2}}$$

$$z_1 + \cancel{\frac{p_1}{\gamma}} + \cancel{\frac{v_1^2}{2g}} = z_2 + \cancel{\frac{p_2}{\gamma}} + \cancel{\frac{v_2^2}{2g}} + H_{p_{1-2}}$$

$$\therefore z_1 = z_2 + H_{p_{1-2}} \Rightarrow H_{p_{1-2}} = z_1 - z_2$$

**Dividindo ambos os membros por L, resulta:**

$$\boxed{\frac{H_{p_{1-2}}}{L} = \frac{z_1 - z_2}{L} = \text{i ou I}}$$ $\Rightarrow$ **Declividade do trecho**

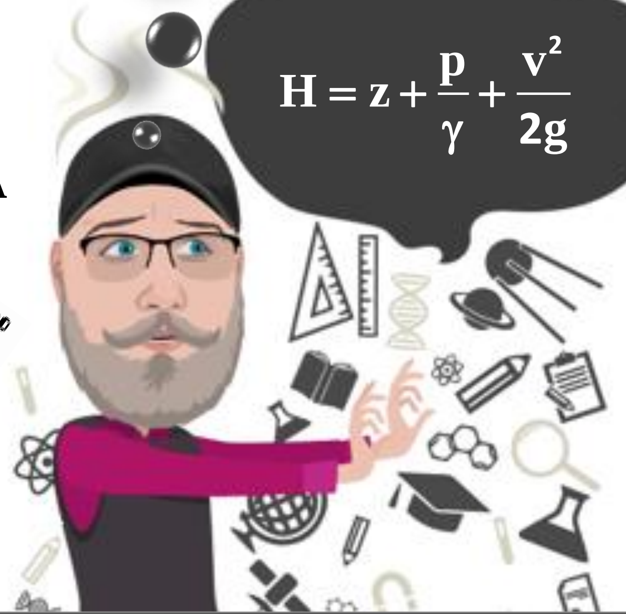
# 4. Velocidade

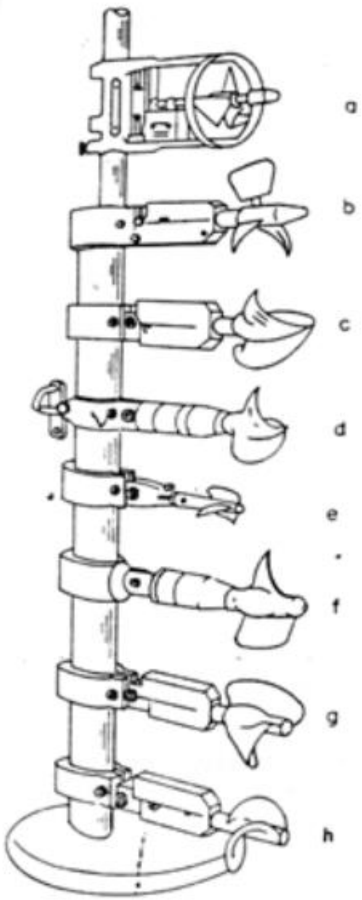
Como determinamos a velocidade e a velocidade média em canais?

$$H = z + \frac{p}{\gamma} + \frac{v^2}{2g}$$

$$Q = v \times A$$

$$H_p = h_f = f \times \frac{L}{D_H} \times \frac{v^2}{2g}$$






Uma dos aparelhos mais usados para a determinação da velocidade é o molinete.

$$v = k \times n + a$$

**v - velocidade do ponto**

**k - constante do aparelho**

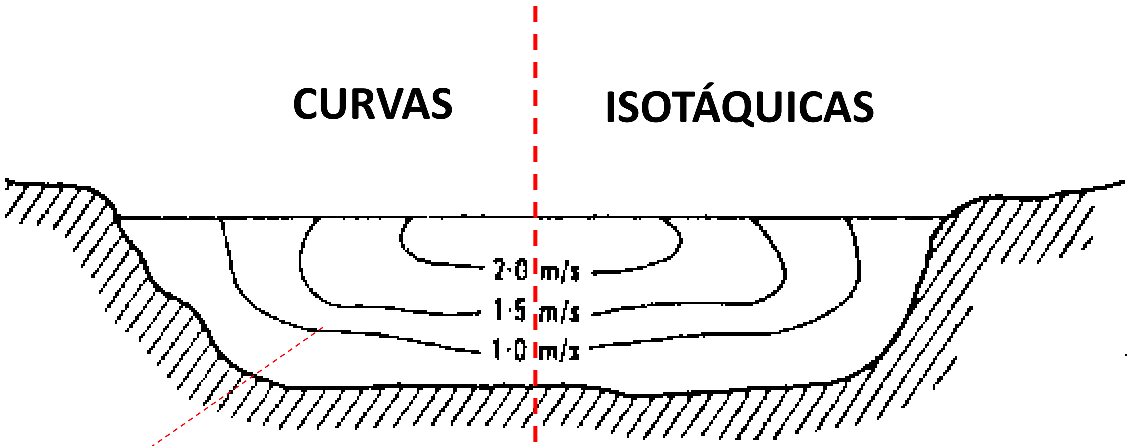
**n - rotações por segundo**

**a - perdas do aparelho**

**TODOS OS CÁLCULOS SÃO FEITOS COM A VELOCIDADE MÉDIA**

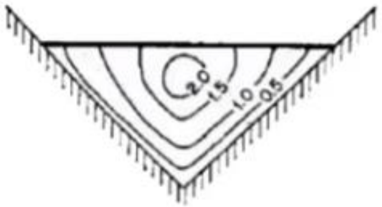
## Determinação da velocidade média


**CURVAS ISOTÁQUICAS**



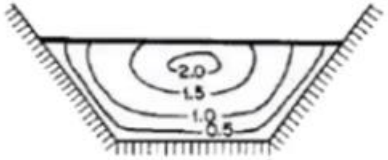

TODOS OS PONTOS DA CURVA TÊM A MESMA VELOCIDADE

EXEMPLO O EIXO CENTRAL DO CANAL

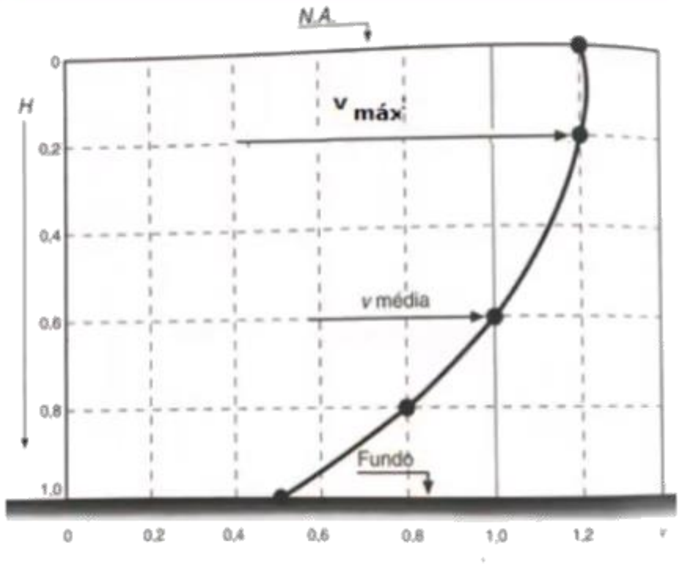



Canal triangular

## CONSTATAÇÕES



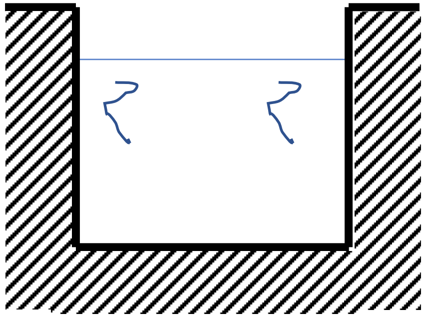

Canal trapezoidal



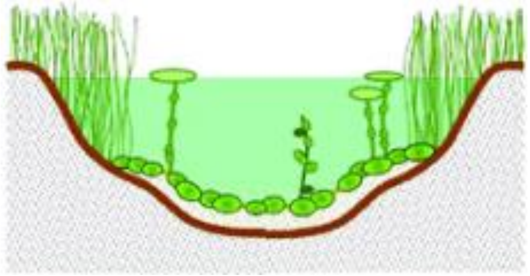

1. A velocidade máxima não ocorre na superfície, ocorre de 0,05H a 0,25H
2. Molinete posicionado a 0,6 de H $\quad \mathbf{v_{média}} = \mathbf{v} \cong \mathbf{v_{0,6H}}$
3. Molinete posicionado a 0,2 e 0,8 de H $\quad \mathbf{v_{média}} = \mathbf{v} \cong \dfrac{\mathbf{v_{0,2H}} + \mathbf{v_{0,8H}}}{\mathbf{2}}$
4. Molinete posicionado a 0,2, 0,6 e 0,8 de H $\quad \mathbf{v_{média}} = \mathbf{v} \cong \dfrac{\mathbf{v_{0,2H}} + \mathbf{2} \times \mathbf{v_{0,6H}} + \mathbf{v_{0,8H}}}{\mathbf{4}}$

# 5. Síntese dos parâmetros utilizados no equacionamento de canais

No equacionamento de condutos livres (ou canais), geralmente utilizamos os seguintes parâmetros:



Seção transversal constante



**Q - vazão**

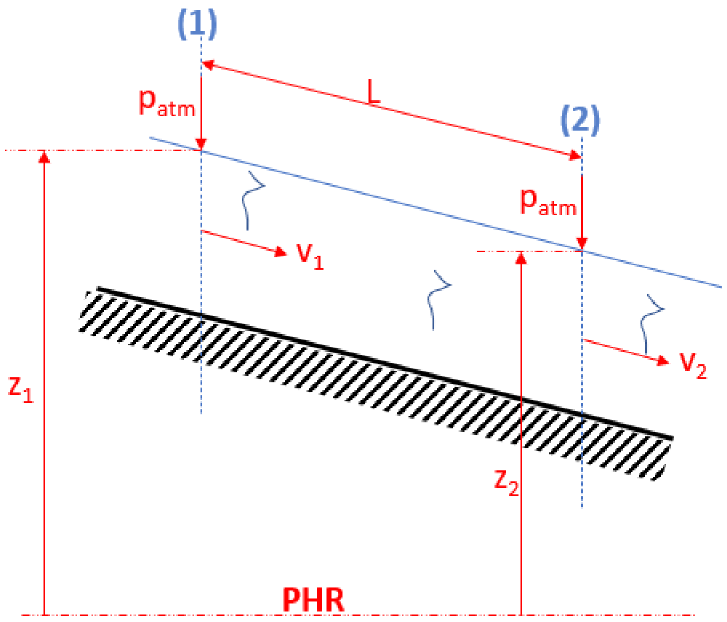
**v – velocidade média**

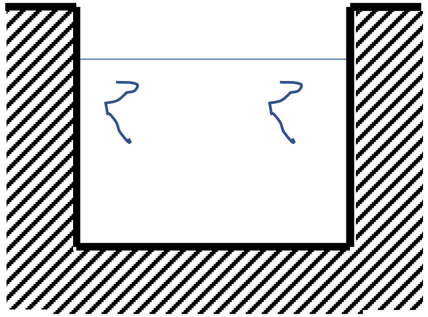
**$R_H$ – raio hidráulico**

**I – declividade**

**Coeficiente de rugosidade**

# 6. Reescrevendo os cálculos dos escoamentos livres



Seção transversal constante

EQUAÇÃO DA CONTINUIDADE $$Q = v \times A$$

EQUAÇÃO UNITÁRIA DA PERDA DE CARGA

$$H_p = h_f = f \times \frac{L}{D_H} \times \frac{v^2}{2g} \text{ e } D_H = 4 \times R_H$$

$$\boxed{\frac{h_f}{L} = J} = f \times \frac{1}{4 \times R_H} \times \frac{v^2}{2g} = f \times \frac{v^2}{8gR_H}$$

I = declividade

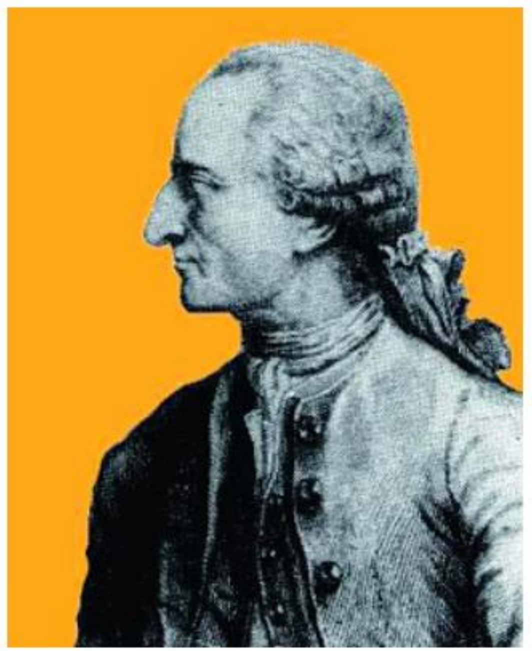
$$I = f \times \frac{v^2}{8gR_H} \Rightarrow v^2 = \frac{8 \times g}{f} \times R_H \times I \therefore v = \sqrt{\frac{8 \times g}{f}} \times \sqrt{R_H \times I}$$


**1775**

$$v = \sqrt{\frac{8 \times g}{f}} \times \sqrt{R_H \times I} \rightarrow C = \sqrt{\frac{8 \times g}{f}}$$

**C = coeficiente de Chézy**

$$v = C \times \sqrt{R_H \times I}$$



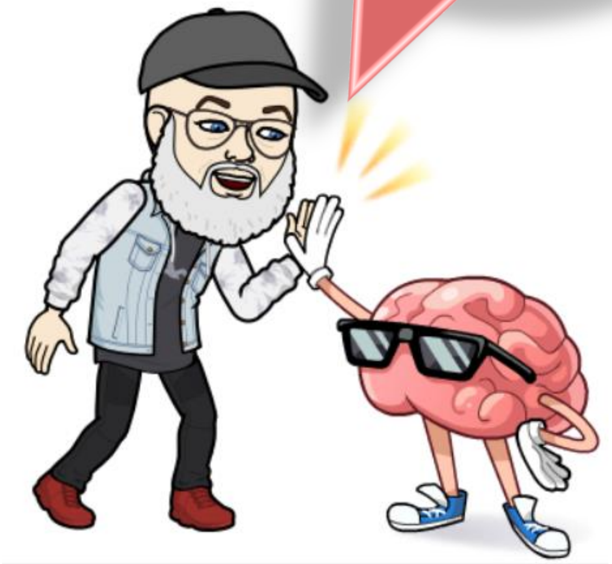
Antoine Chezy

# Utilizando o seu conceito

$$C = \sqrt{\frac{8 \times g}{f}}$$

**O f SERÁ CONSIDERADO NA REGIÃO DO HIDRÁULICAMENTE RUGOSA**

Observe que na região do hidraulicamente rugoso o “f” fica constante com a variação do Reynolds, isto demonstra que ele não depende da vazão.



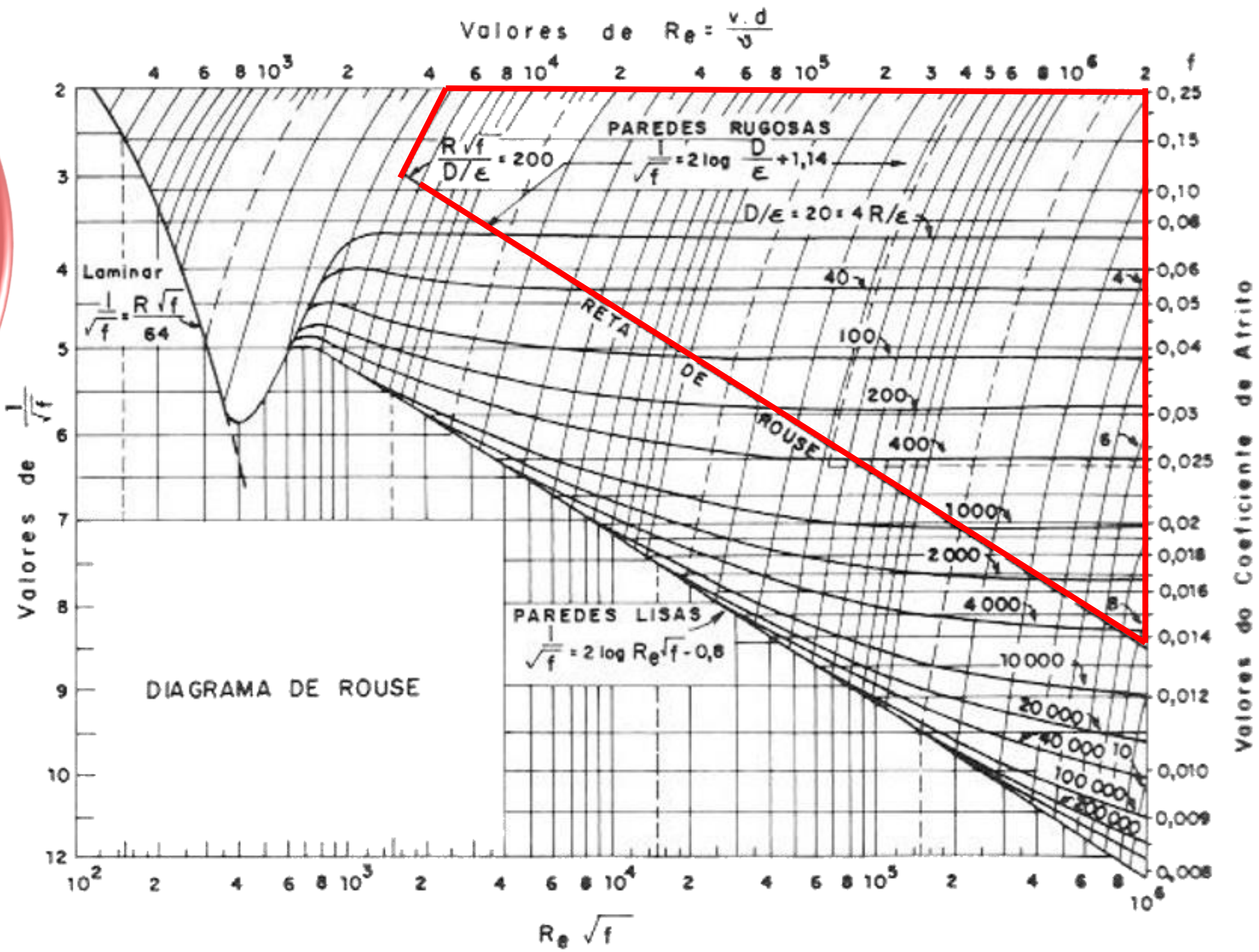



Diagrama de Rouse. Fonte: Macintyre

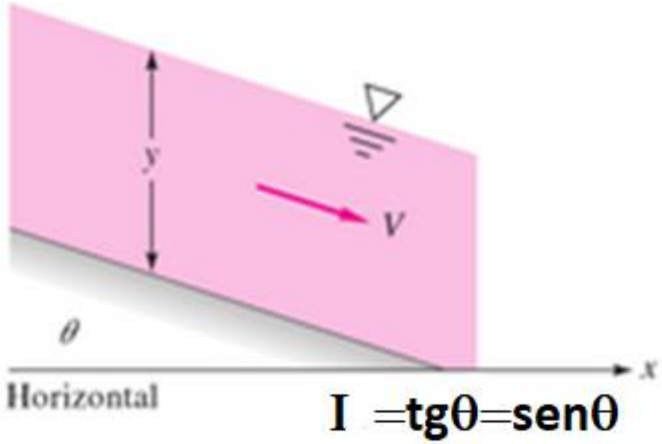
# Sintetizando

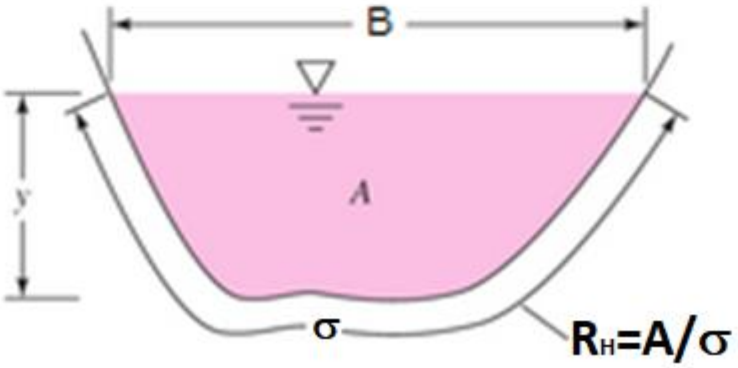
Para os cálculos em canais, devemos saber obter a velocidade média do escoamento e para isto, podemos recorrer inicialmente a fórmula de Chézy.

$$\mathbf{v = C \times \sqrt{R_H \times I}}$$

$$\mathbf{I = tg\theta \approx sen\theta}$$

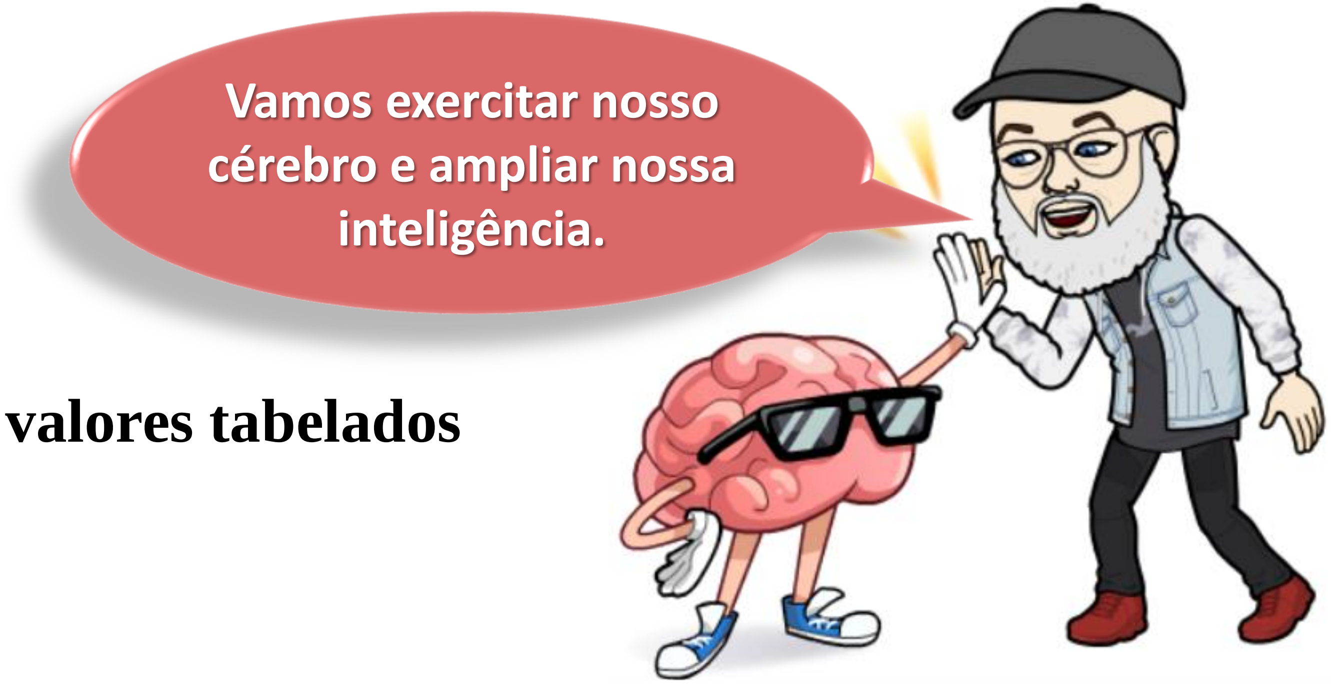
$$\mathbf{C = \sqrt{\frac{8 \times g}{f}}}$$




Os cálculos de escoamentos uniformes são diretos, se as geometrias forem simples. Os resultados são independentes da densidade e da viscosidade da água porque o escoamento é hidraulicamente rugoso e originado pela gravidade.

## Como os canais típicos são grandes e rugosos, usa-se em geral, a região do escoamento turbulento hidraulicamente rugoso, onde:



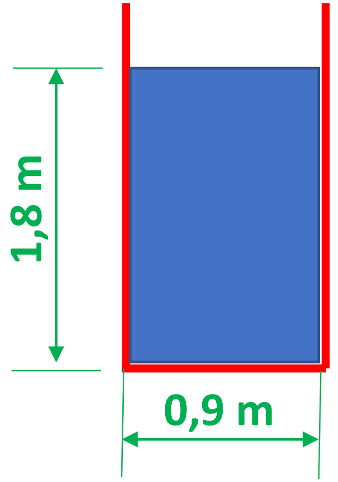

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2\log\frac{D_H}{K} + 1{,}14$$

**$K$ ou $\varepsilon$ $\rightarrow$ rugosidade equivalente valores tabelados**

**Problema 2 : Um canal reto e retangular tem 0,9 m de largura e 1,8 m de profundidade e está com uma declividade de $2^0$. O coeficiente de atrito (coeficiente de perda de carga distribuída) é 0,022. Estime a vazão para o escoamento uniforme em metros cúbicos por segundo. Estime a rugosidade equivalente e classifique o escoamento através dos números de Reynolds. Dado: viscosidade d'água igual a $10^{-6}$ m²/s.**

Respostas: Q = 10,85 m³/s; K = 2,28 mm; Re = $9{,}65 \cdot 10^6$ (turbulento)

# Solução




DADOS:

$I = 2^0$

$f = 0{,}022$

$A = 1{,}8 \times 0{,}9 = 1{,}62 m^2$

$\sigma = 1{,}8 + 0{,}9 + 1{,}8 = 4{,}5 m$

$R_H = \frac{A}{\sigma} = \frac{1{,}62}{4{,}5} = 0{,}36 m$

$v = C \times \sqrt{R_H \times I} \Rightarrow \frac{m}{s} = [C] \times m^{1/2}$

$[C] = \frac{m^{1/2}}{s}$

$C = \sqrt{\frac{8 \times g}{f}} = \sqrt{\frac{8 \times 9{,}8}{0{,}022}} \cong 59{,}7 \frac{m^{1/2}}{s}$

$\therefore v = 59{,}7 \times \sqrt{0{,}36 \times tg2^0} \cong 6{,}7 \frac{m}{s}$

$Q = v \times A = 6{,}7 \times 1{,}62 \cong 10{,}85 \frac{m^3}{s}$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \log \frac{D_H}{K} + 1{,}14 \Rightarrow \frac{1}{\sqrt{0{,}022}} = 2 \times \log \frac{4 \times 0{,}36}{K} + 1{,}14 \therefore 2{,}800999312 = \log \frac{1{,}44}{K}$$

$$10^{2{,}800999312} = \frac{1{,}44}{K} \therefore k \cong 0{,}00228 m = 2{,}28 mm \quad Re = \frac{v \times D_H}{\nu} = \frac{6{,}7 \times 1{,}44}{10^{-6}} \cong 9{,}65 \times 10^6 \therefore turbulento$$

# FÓRMULA DE MANNING (1890)

Manning através da análise de resultados experimentais obtidos por ele e outros pesquisadores, chegou a relação empírica:

$$C = \frac{R_H^{1/6}}{n}$$

Ao considerá-la na equação de Chézy, resulta:

$$v = C \times \sqrt{R_H} \times \sqrt{I} = \frac{1}{n} \times R_H^{\frac{1}{6}+\frac{1}{2}} \times \sqrt{I}$$

$$v = \frac{1}{n} \times R_H^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{I} \quad \text{ou} \quad \boxed{\frac{n \times Q}{\sqrt{I}} = A \times R_H^{\frac{2}{3}}}$$

COEFICIENTE DE MANNING

Esta equação será a base de cálculo para problemas de escoamentos livres.

# Sintetizando

**Fórmula de Chézy com o coeficiente de Manning : em testes com canais reais, o engenheiro irlandês Robert Manning descobriu que o coeficiente de Chézy C aumentava aproximadamente com a raiz sexta do tamanho do canal. Ele propôs a fórmula no SI:**

$$C = \sqrt{\frac{8 \times g}{f}} = \frac{\sqrt[6]{R_H}}{n} \Rightarrow v = \frac{a}{n} \times \sqrt[3]{R_H^2} \times \sqrt{I}$$

$$Q = v \times A \Rightarrow Q = \frac{a}{n} \times \sqrt[3]{R_H^2} \times \sqrt{I} \times A$$

**A CONSTANTE “a” DAS EQUAÇÕES AO LADO É UM FATOR DE CONVERSÃO NO SI a = 1 $m^{1/3}/s$ E NO SISTEMA INGLÊS COMO 1 m = 3,2808 ft, TEMOS UM NOVO VALOR PARA A CONSTANTE a, QUE SERIA a = 1,4859 $ft^{1/3}/s$**

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

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

| Alguns valores experimentais do coeficiente de Manning e da altura média da rugosidade $\varepsilon$ em mm | | |
|---|---|---|
| Canais artificiais revestidos | n $\left( s/m^{1/3} \right)$ | $\varepsilon$ (mm) |
| Pedra argamassa | 0,025 ± 0,005 | 80 |
| Canais escavados em terra: | | |
| limpos | 0,022 ± 0,004 | 37 |
| com cascalho | 0,025 ± 0,005 | 80 |
| Com vegetação rasteira | 0,030 ± 0,005 | 240 |
| pedregosos | 0,035 ± 0,010 | 500 |
| Canais naturais: | | |
| Limpos e retos | 0,030 ± 0,005 | 240 |
| Lentos, com partes profundas | 0,040 ± 0,010 | 900 |
| Rios principais | 0,035 ± 0,010 | 500 |

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

| Alguns valores experimentais do coeficiente de Manning e da altura média da rugosidade $\varepsilon$ em mm em 1869, Manning em 1889 | | |
|---|---|---|
| Canais artificiais revestidos | n $\left( s/m^{1/3} \right)$ | $\varepsilon$ (mm) |
| Planícies de inundação: | | |
| Pastagens, terras cultivadas | 0,035 ± 0,010 | 500 |
| Cerrados leve | 0,05 ± 0,02 | 2000 |
| Cerrado denso | 0,075 ± 0,025 | 5000 |
| árvores | 0,15 ± 0,05 | ? |

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

**Durante o século XIX e XX, um grande esforço da pesquisa em hidráulica foi dedicado à correlação do coeficiente de Chézy com a rugosidade, o formato e a declividade de vários canais abertos. Apareceram correlações devidas a Ganguillet e Kutter em 1869, Manning em 1890, Bazin em 1897 e Powel em 1950, sendo que até hoje a mais popular é a de Manning.**

# Páginas 273 e 274 do livro Hidráulica Básica – 4ª edição escrito por Rodrigo de Melo Porto

**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 | --- |
| 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 espraiadas, pouca vegetação | 0,050 | 0,060 | 0,070 | 0,080 |
| 8. Com margens espraiadas, muita vegetação | 0,075 | 0,100 | 0,125 | 0,150 |

* Valores aconselhados para projetos.

[n]

$$\left(\frac{s}{m^{1/3}}\right)$$

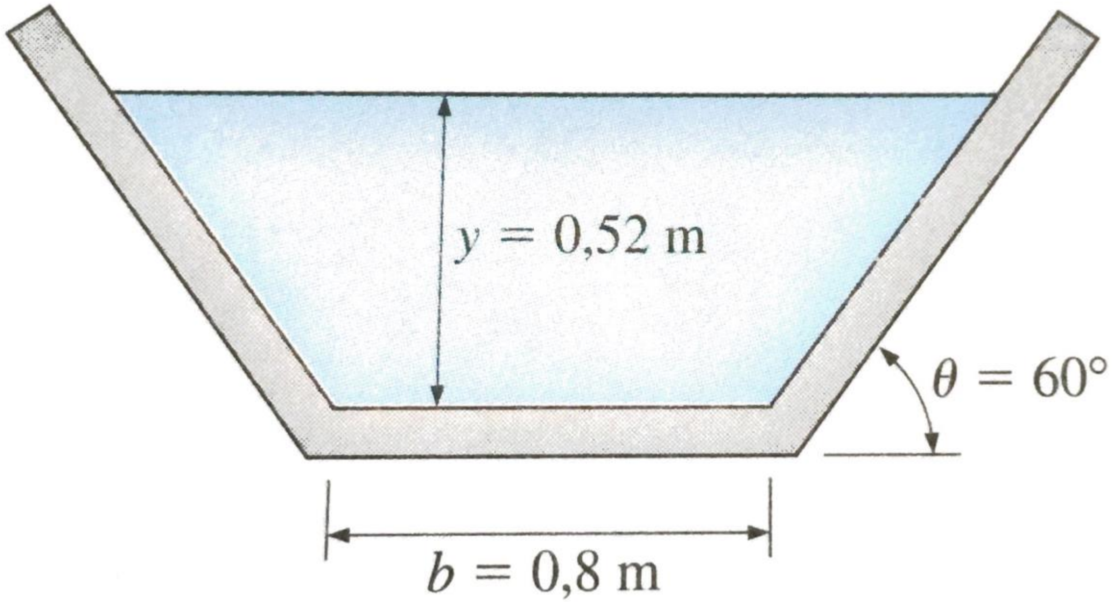
**Tabela 8.6** Valores de n. (extraído de Bandini: *Hidráulica*, vol. 1).

| 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 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 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 |


[n]

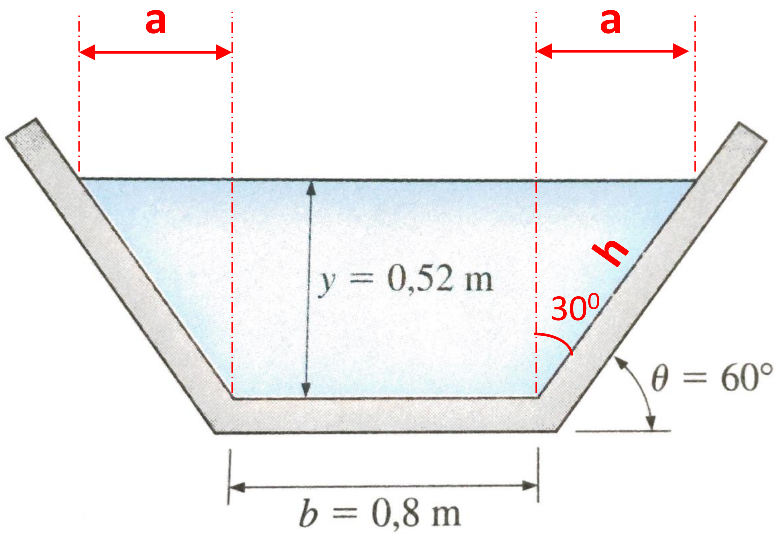
$$\left(\frac{s}{m^{1/3}}\right)$$

**Problema 3:** A água escoa em um canal escavado na terra coberto de vegetação rasteira com seção transversal trapezoidal e largura de fundo de 0,8 m, ângulo trapezoidal de $60^0$ e ângulo de inclinação do fundo de $0,3^0$, como mostra a figura a seguir. Se a profundidade do escoamento medida for de 0,52 m, determine a vazão da água através do canal. Classifique o escoamento através do número de Reynolds. Refaça o problema considerando que o ângulo do fundo foi alterado para $1^0$ e mantidas as outras dimensões?. Dado: viscosidade d'água igual a $10^{-6}$ m²/s




Respostas: $\mathbf{Q \cong 0,721 \frac{m^3}{s}; Re \cong 1,44 \times 10^6 \Rightarrow turbulento}$

# Solução




$$tg30^0 = \frac{a}{0,52} \therefore a \cong 0,300m$$

$$\text{Pitágoras} \rightarrow h^2 = 0,52^2 + 0,3^2 \therefore h = \sqrt{0,36053333} \cong 0,600m$$

$$A = \frac{B+b}{2} \times h = \frac{1,4+0,8}{2} \times 0,52 \cong 0,572m^2$$

$$\sigma = 0,6 + 0,8 + 0,6 = 2m$$

$$R_H = \frac{A}{\sigma} = \frac{0,572}{2} = 0,286m$$

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

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

| Nº | Natureza das Paredes | n |
|---|---|---|
| 11 | Canais de terra, com vegetação rasteira no fundo e nos taludes...... | 0,025 |


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

$$v = \frac{1}{0,025} \times 0,286^{2/3} \times \sqrt{tg0,3^0} \cong 1,26\,\frac{m}{s}$$

$$Q = v \times A = 1,26 \times 0,572 \cong 0,721\,\frac{m^3}{s}$$

$$Re = \frac{v \times D_H}{\nu} = \frac{1,26 \times 4 \times 0,286}{10^{-6}} \cong 1,44 \times 10^6 \;\therefore\; \text{turbulento}$$

**Problema 4:** Refaça o problema 3 considerando que o ângulo do fundo foi alterado para $1^0$ e mantidas as outras dimensões?.

**Problema 5:** 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 $m^3/s$. O terreno é tal que o fundo do canal caí 0,61 m a cada 304,8 m. Determine a profundidade do canal (y).

**Resposta: a profundidade é aproximadamente 0,679 m**

**Problema 6:** Qual seria sua resposta se a queda do fundo fosse de apenas 0,305 m para 152,4 m?