



Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"

LEB0140 – Física

Prof. Jarbas H. de Miranda e-mail: [jhmirand@usp.br](mailto:jhmirand@usp.br)

---

ESALQ

USP

# Aula

**23/05/2024**

**Prof. Jarbas**



Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"

LEB0140 – Física

Prof. Jarbas H. de Miranda e-mail: jhmirand@usp.br

# Hidrodinâmica

## 4.1. Introdução

Estuda o comportamento de fluidos (líquidos e gases) em movimento.

### LAVADOR HIDRODINÂMICO (Hortaliças)





Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"

LEB0140 – Física

Prof. Jarbas H. de Miranda e-mail: jhmirand@usp.br

## 4.1. Introdução

Estuda o comportamento de fluidos (líquidos e gases) em movimento.

Aplicação: ingredientes na indústria de doces, leite condensado, base lácteas, soro em pó, achocolatados, mistura lácteas, etc.

**Yogurt Fermentation Tank**





Esse movimento pode ocorrer de maneira que a velocidade do fluido possa **variar ou permanecer constante** (nesse caso, em cada ponto cada partícula do fluido tem a mesma velocidade, denominado regime estacionário ou permanente).

**Líquido ideal:**

- **Incompressível (mantém o mesmo volume)**
- **Não viscoso (Viscosidade) (água e mel)**

## **REVISÃO DE UNIDADES (Pressão, Energia, Massa específica e Peso específico)**

**Unidade de Viscosidade: 1 poise = 1 g/(cm·s) = 0,1 Pa·s**

**1 cp = 10<sup>-3</sup> Pa.s**

**O centipoise é a unidade de medida mais utilizada.**

**A água tem uma viscosidade de 1,0020 cP a 20 °C e 0,891 cP a 25° C.**



**Viscosidade:** é a propriedade física que caracteriza a resistência de um fluido ao escoamento. Ou seja, quanto maior a viscosidade, menor será a velocidade com que o fluido se movimenta.

$$\text{Viscosidade} = \frac{\text{Energia}}{\text{Área} \cdot \text{velocidade}}$$

1 poise = 1 g/(cm·s) = 0,1 Pa·s  
 1 Pa =  $\rho \cdot g \cdot h = M L^{-3} \cdot L T^{-2} \cdot L = M L^{-1} T^{-2}$

Tabela 2 - Valores médios de condutividade elétrica, pH, acidez, índice de formol, cinzas, proteína e viscosidade determinados em méis produzidos por *Apis mellifera*, no período de fevereiro a outubro de 2005, em fragmento de cerrado no município de Itirapina-SP.

Mês de coleta	Condutividade elétrica (µS)	pH	Acidez (meq kg <sup>-1</sup> )	Índice de formol (mL kg <sup>-1</sup> )	Cinzas (%)	Proteína (%)	Viscosidade (mPa.s)
02	1095,7	4,3	33,3	9,3	0,54	0,59	1070,0
03	1428,3	4,6	28,3	9,3	0,72	0,57	2683,3
04	1851,3	4,9	23,3	9,0	1,02	0,98	2636,7
05	1744,3	4,9	24,7	11,7	0,85	0,66	3536,7
06	1220,0	4,7	37,0	15,3	0,71	0,81	3550,0
07	1334,7	4,3	47,0	16,7	0,57	0,74	1123,3
08	547,0	4,3	24,3	7,0	0,20	0,58	2863,3
09	283,7	4,0	15,1	8,4	0,06	1,00	4546,7
10	227,3	3,8	17,8	6,0	0,04	0,13	2766,7
Média	1081,4	4,4	27,9	10,3	0,52	0,67	2753,0
Desvio padrão	679,0	0,4	9,9	3,6	0,35	0,25	1117,2
Normas (BRASIL, 2000)	---	---	Máx. 50,0	---	Máx. 0,60	---	---

mPa.s  
 (milipascal = 10<sup>-3</sup>)  
 1 cP = 1 mPa  
 A água tem uma viscosidade de 1,0020 cP



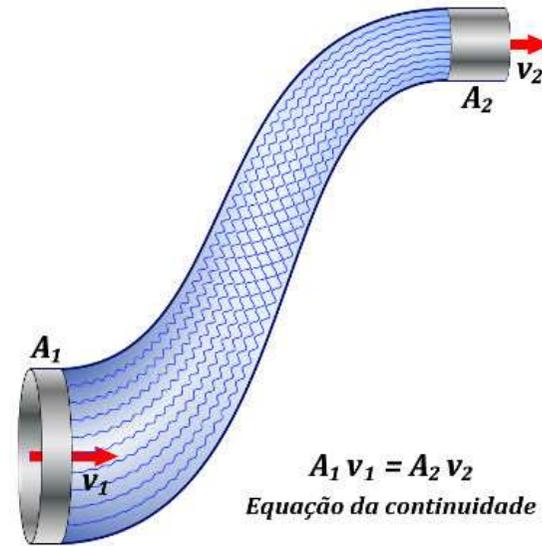
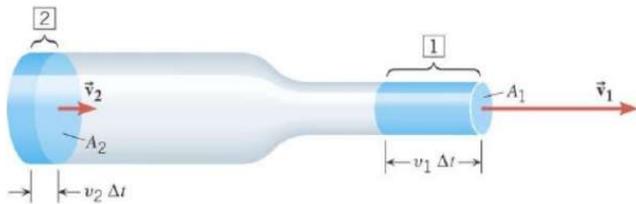
## 4.2. Vazão (Q), Equação da Continuidade e Teorema de Bernoulli

\* Vazão (Q):



$$Q = \frac{\text{Volume}}{\text{tempo}}$$

\* Equação da Continuidade:





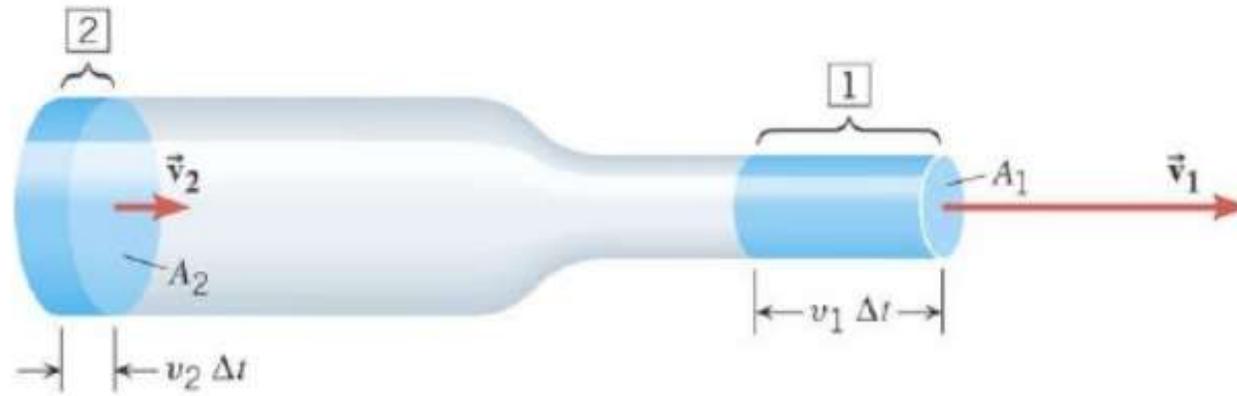
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"

LEB0140 – Física

Prof. Jarbas H. de Miranda e-mail: jhmirand@usp.br

ESALQ

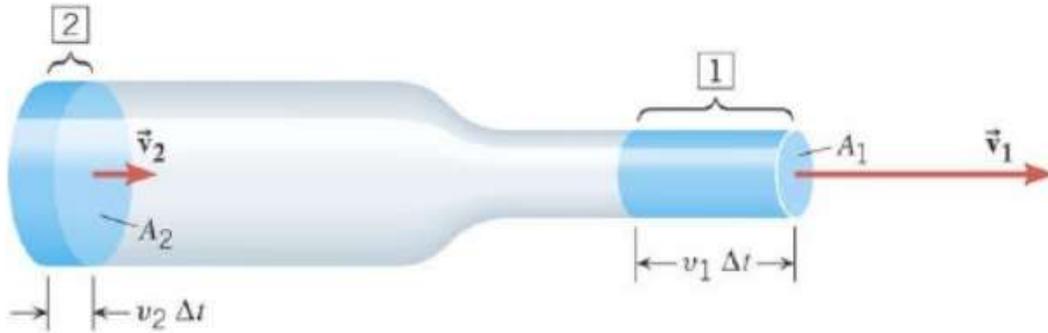
USP





## 4.2. Vazão (Q), Equação da Continuidade e Teorema de Bernoulli

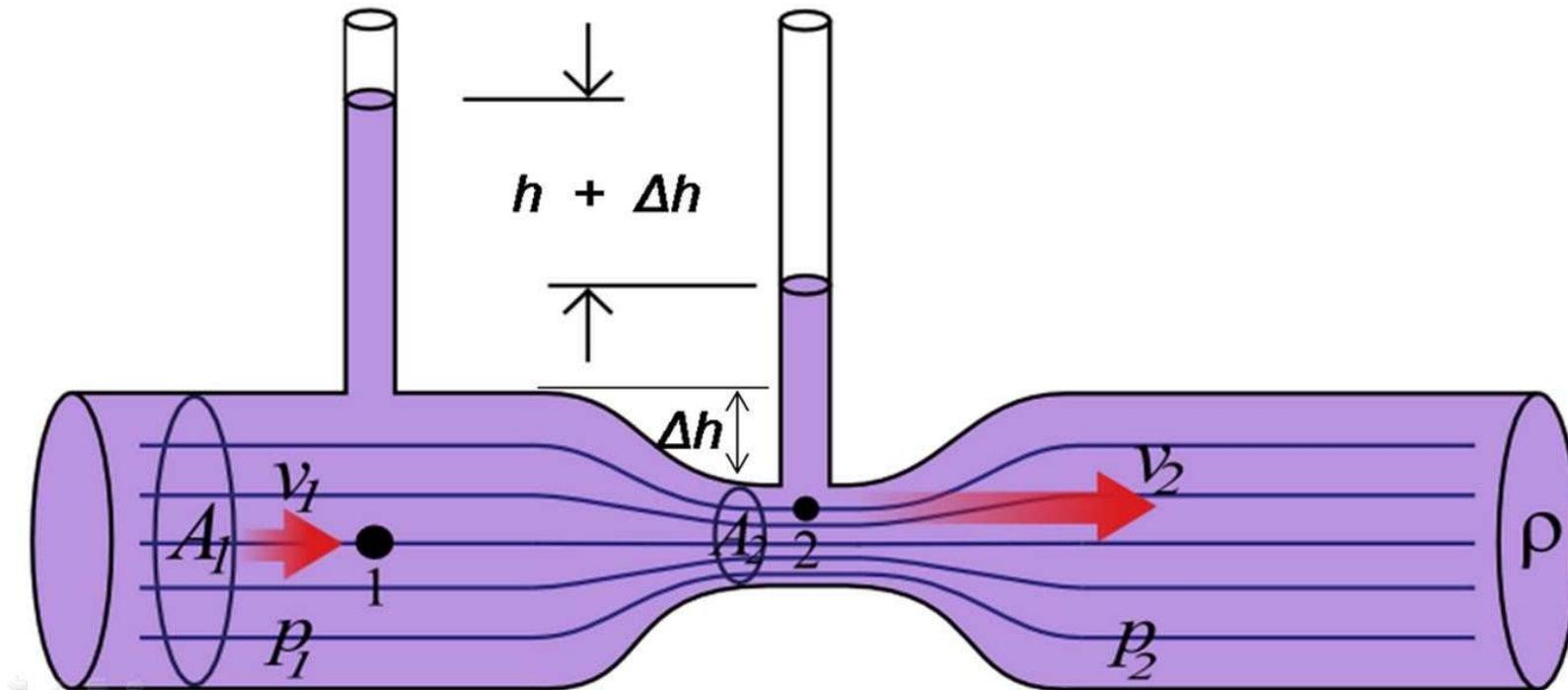
### \* Equação da Continuidade:



$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2 \cdot g} + Z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2 \cdot g} + Z_2$$



# TEOREMA DE BERNOULLI





Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"

LEB0140 – Física

Prof. Jarbas H. de Miranda e-mail: [jhmirand@usp.br](mailto:jhmirand@usp.br)

---

ESALQ

USP

# Aula

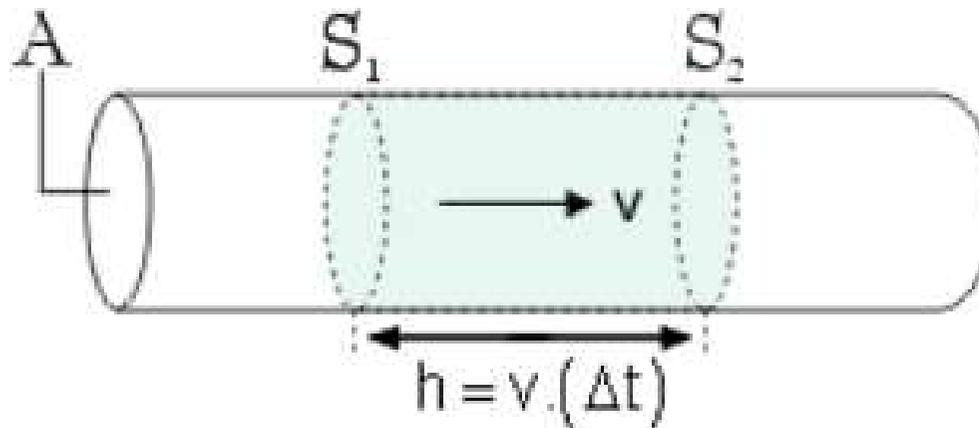
## Exercícios Hidrodinâmica

23/05/2024

Prof. Jarbas



1) Pela seção reta de um cano passam 720 litros de mel a cada minuto. Calcule a vazão do fluido no cano, em  $\text{L s}^{-1}$ ,  $\text{cm}^3 \text{s}^{-1}$  e  $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ .



**Resposta:  $12 \text{ L s}^{-1}$  ,  $12.000 \text{ cm}^3 \text{ s}^{-1}$  e  $0,012 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$**



2) Qual será o volume de leite por segundo, que passa em uma tubulação com diâmetro de 20 cm, com velocidade de  $10 \text{ m s}^{-1}$ ?

Calcule nas seguintes unidades:  $\text{L s}^{-1}$ ,  $\text{cm}^3 \text{ s}^{-1}$  e  $\text{m}^3 \text{ s}^{-1}$ .

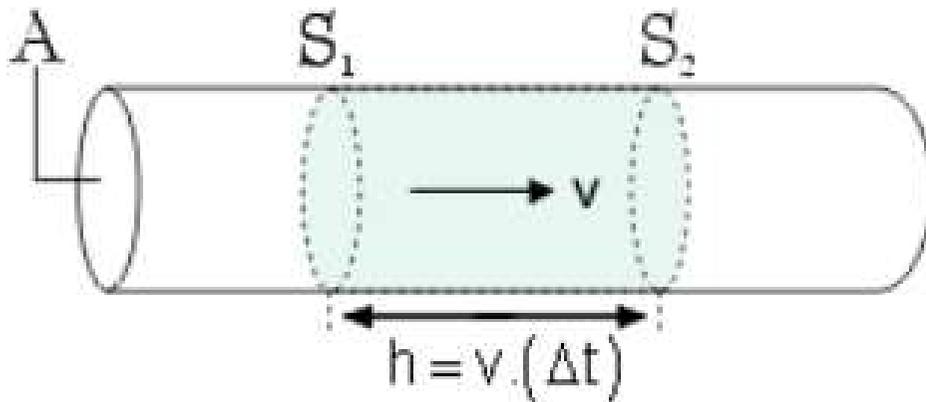
$$S = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \quad Q = S \cdot V$$

**Resposta:  $0,314 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  ou  $314 \text{ L s}^{-1}$ ,  $314 \cdot 10^3 \text{ cm}^3 \text{ s}^{-1}$**



3) Por um cano de seção reta de diâmetro de 2,25 cm passa um determinado fluido com velocidade de  $300 \text{ mm s}^{-1}$ .

Calcule a vazão, em  $\text{L min}^{-1}$ , desse líquido pelo cano.

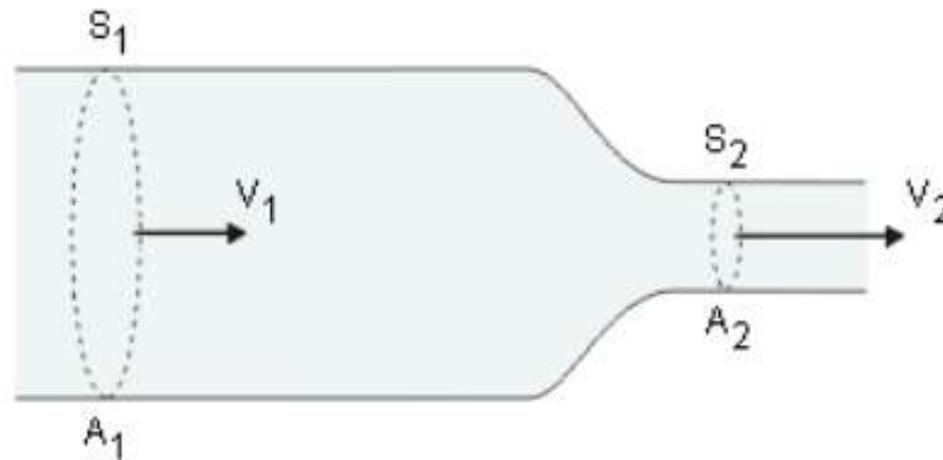


$$Q = S \cdot v = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot v$$

**Resposta:  $7,1569 \text{ L min}^{-1}$**



4) Um líquido passa por uma tubulação, representado pela figura abaixo, sendo o diâmetro da seção 1 de 9 cm e o diâmetro da seção 2 de 4 cm. O líquido passa por  $S_1$  com uma velocidade de  $5,0 \text{ cm s}^{-1}$ . Calcule a velocidade, em  $\text{m s}^{-1}$ , ao passar por  $S_2$ .



$$Q_1 = Q_2$$

**Resposta:  $0,2531 \text{ m s}^{-1}$**



5) Uma tubulação possui um diâmetro de 20 cm e transporta leite com uma velocidade de  $10 \text{ m s}^{-1}$ . Determine:

a) Qual a vazão em  $\text{L s}^{-1}$ ? **Resposta: 314,159  $\text{L s}^{-1}$**

b) Qual a velocidade em outro ponto da tubulação cujo diâmetro é de 10 cm? **Resposta: 40  $\text{m s}^{-1}$**



Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"

LEB0140 – Física

Prof. Jarbas H. de Miranda e-mail: jhmirand@usp.br

## EXERCÍCIOS HIDRODINÂMICA

6) Um reservatório de leite possui as seguintes dimensões:

1,5m de diâmetro e 1,5 m de altura.

Para esvaziá-lo em um período de 30 minutos qual será o diâmetro da torneira para que a velocidade de saída se mantenha em  $0,2 \text{ m s}^{-1}$

(1 polegada = 0,0254 m)

**Resposta:  $\phi = 9,6824 \cdot 10^{-2} \text{ m}$  ou 3,81 polegadas  $\approx$  4 polegadas**





7) Um tanque cilíndrico com grande diâmetro está cheio com água até à altura de 0,30 m.

Um furo circular de 3 cm é feito na base do tanque e permite a saída de água.

Pergunta-se: Qual a vazão na saída do tubo em L min<sup>-1</sup>?

**Resposta:  $Q = 0,001715 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  ou  $102,89 \text{ L min}^{-1}$**

$$V_2 = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

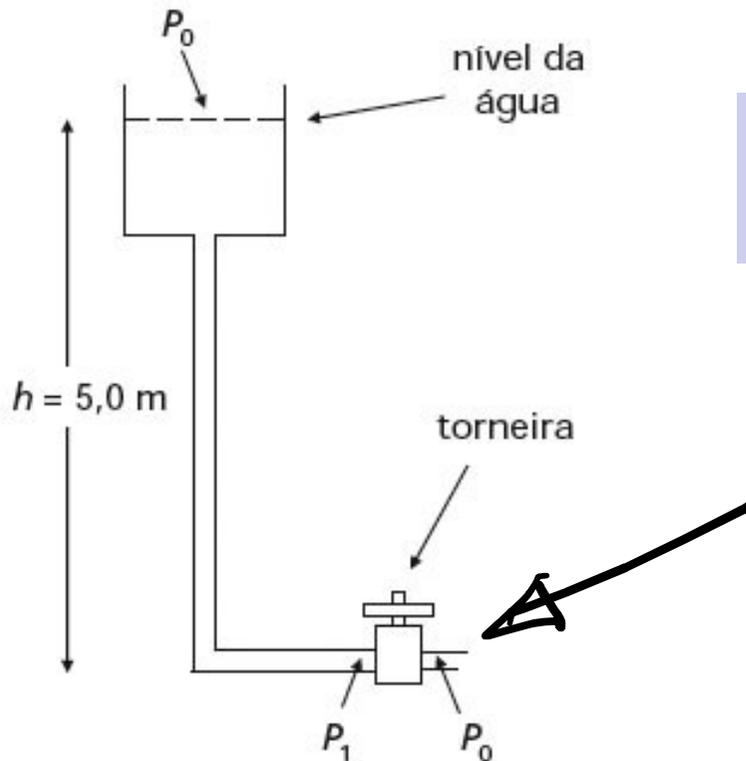




8) Calcule quantos  $L_{\text{água}} \text{ h}^{-1}$  são despejados pela torneira abaixo, sabendo-se que a pressão é de  $0,5 \text{ kgf cm}^{-2}$ .

Considere o diâmetro da torneira de 2 cm e o valor de  $g = 9,81 \text{ m s}^{-2}$ .

( $S = \text{Área}$ ,  $H = \text{pressão}$ , em m ou mca) ( $1 \text{ kgf/cm}^2 = 1 \text{ atm} = \underline{10,33 \text{ mca}}$ ).



$$Q = S \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H}$$

$$1 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} = 10,33 \text{ mca}$$

$$\begin{aligned} 1 \text{ kgf/cm}^2 &= 10,33 \text{ mca} \\ 0,5 \text{ kgf/cm}^2 &= x \text{ mca} \\ x &= 5,165 \text{ mca} \end{aligned}$$

Resposta: **11.385,10 L h<sup>-1</sup>**



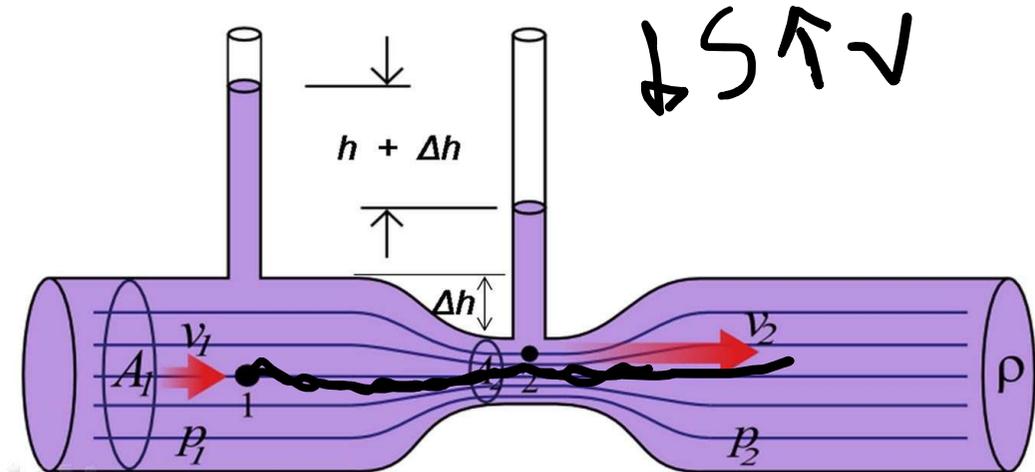
9) Se  $V_1 = 2,5 \text{ m s}^{-1}$  e  $P_1 = 2,6 \cdot 10^5 \text{ Pa}$  em uma tubulação com diâmetro de 10 cm, conduzindo um certo fluido com massa específica de  $900 \text{ kg m}^{-3}$ , qual será o valor de  $V_2$  e a pressão no ponto 2 ( $P_2$ ), cujo diâmetro passa a ser de 4 cm, conforme o esquema abaixo ( $g = 9,81 \text{ m s}^{-2}$ ):

**Resposta:  $V_2 = 15,625 \text{ m s}^{-1}$  e  $P_2 = 152.949,21 \text{ Pa}$**

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{(V_1)^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{(V_2)^2}{2g} + Z_2$$

(3) (3) (3)  
 $S_1 \cdot V_1 = S_2 \cdot V_2$

### TEOREMA DE BERNOULLI





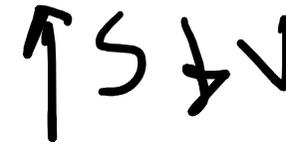
10) Um líquido de densidade de  $950 \text{ kg m}^{-3}$  flui por um tubo horizontal, cujas áreas valem  $3,25 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$  ( $S_1$ ) e  $1,3 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$  ( $S_2$ ).

Sabendo-se que a diferença de pressão entre as duas regiões é de 6000 Pa.

Determine:

a) Qual a velocidade no tubo na seção 2 em  $\text{m s}^{-1}$ ?

**Resposta:  $V_1 = 3,6707 \text{ m s}^{-1}$      $V_2 = 0,9177 \text{ m s}^{-1}$**



b) Qual a quantidade de massa que fluirá pelo tubo a cada segundo?

**Resposta: 11,3331 kg**

$$a) V_1 = \frac{S_2 V_2}{S_1}$$

$$\frac{\text{Volume}}{\text{tempo}} = S_2 \cdot V_2$$

$$b) \rho = \frac{\text{massa}}{\text{Volume}}$$

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{(V_1)^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{(V_2)^2}{2g} + Z_2$$