

Terceira aula
Complemento de mecânica dos fluidos

21/8/2006 - v4



dúvidas

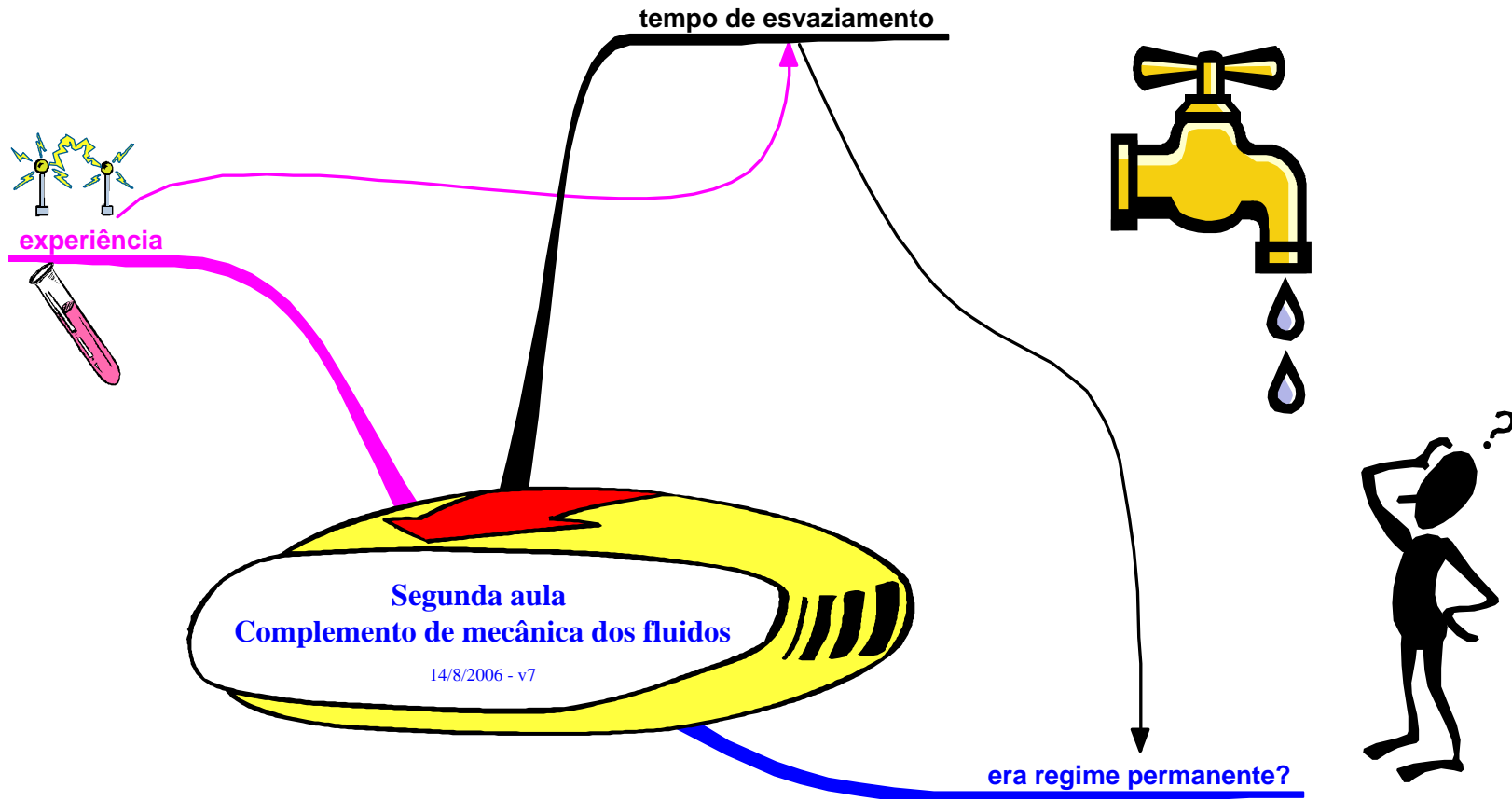
regime permanente

tempo não é variável

Mecânica dos fluidos
básica

21/8/2006 - v3

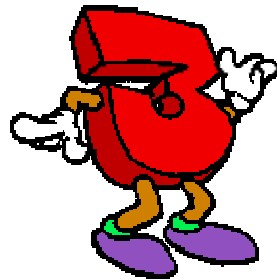
determinação do c_d



Sim para a determinação da vazão real e não para a determinação do tempo de esvaziamento, já que para esta situação o nível deixava de ser constante.

Portanto, se desejarmos calcular o tempo de esvaziamento para que ele seja comparado com o tempo experimental, deveremos analisar um escoamento em regime variado e saber escrever suas equações para esta nova situação.

Assim começa a nossa terceira
aula de complemento de
mecânica dos fluidos.



**Aula 3 de complemento
de mecânica dos fluidos**
21/8/2006 - v1



**análise do movimento
dos fluidos**

ponto a ponto (x,y,z)



método volume de controle



**tipos de análise em
mecânica dos fluidos**

análise do volume de controle

análise diferencial

análise dimensional ou experimental



**leis físicas básicas da
mecânica dos fluidos**

conservação de massa

segunda lei de Newton

quantidade de movimento angular

primeira lei da termodinâmica

segunda lei da termodinâmica



Análise do movimento dos fluidos

Descreve-se os detalhes do escoamento em cada ponto (x,y,z) do campo.

Quando acompanhamos o sistema com o decorrer do tempo, estaremos aplicando o **método lagrangeano**, o qual estudaria a variação das suas propriedades ao longo de uma dada trajetória.

O método anterior, quase sempre não é interessante para a mecânica dos fluidos, basta imaginar um escoamento através de uma bomba hidráulica, que se vê a dificuldade de se estudar variações de propriedades segunda trajetória de escoamento.

Na mecânica dos fluidos
recorremos ao **método
euleriano**, o qual estuda
através de um volume de
controle as propriedades dos
sistemas que passam em
instantes sucessivos.

Análises possíveis em
mecânica dos fluidos:



análise diferencial



pequena escala

análise dimensional



experimental

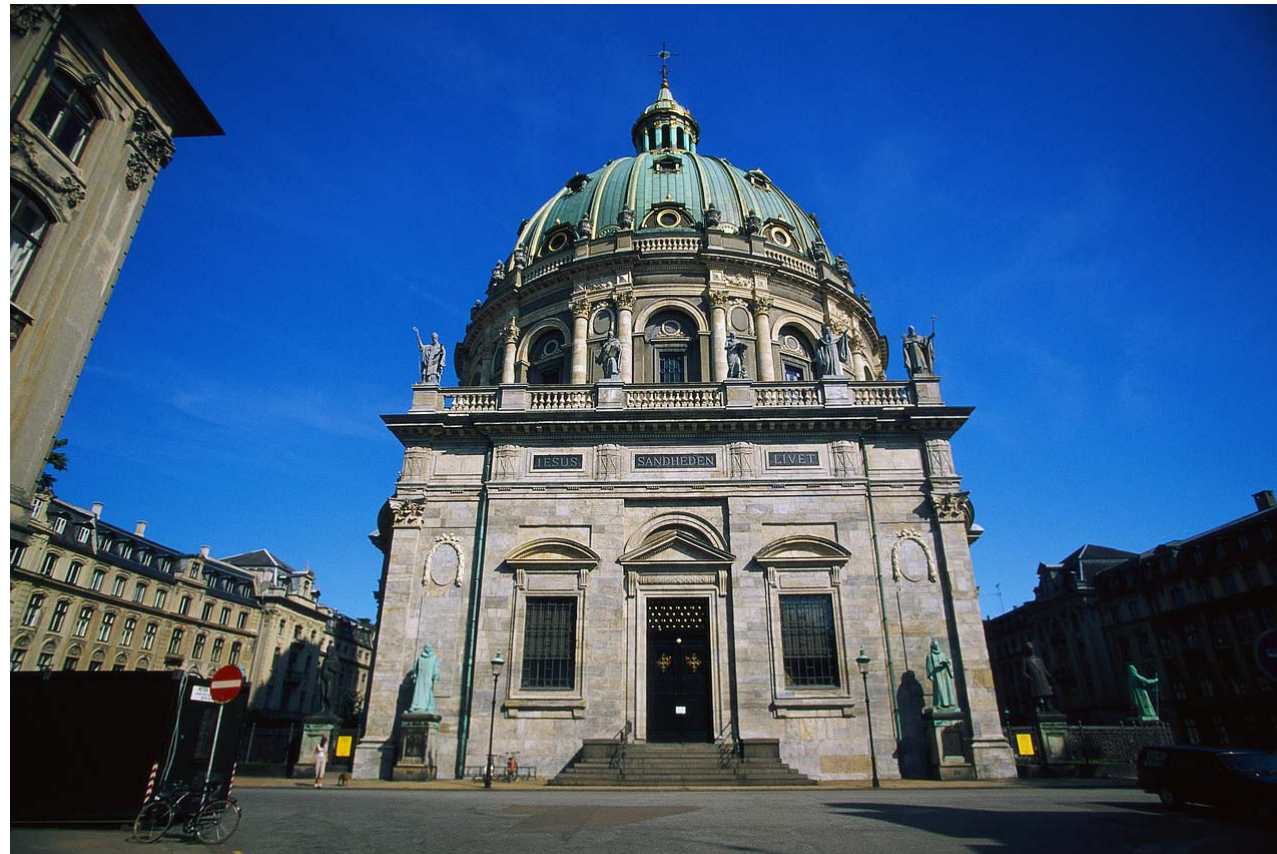
VC = volume de controle

análise através do VC



grande escala

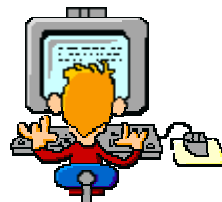
A análise diferencial iniciou-se com Euler e Lagrange no século XVIII.



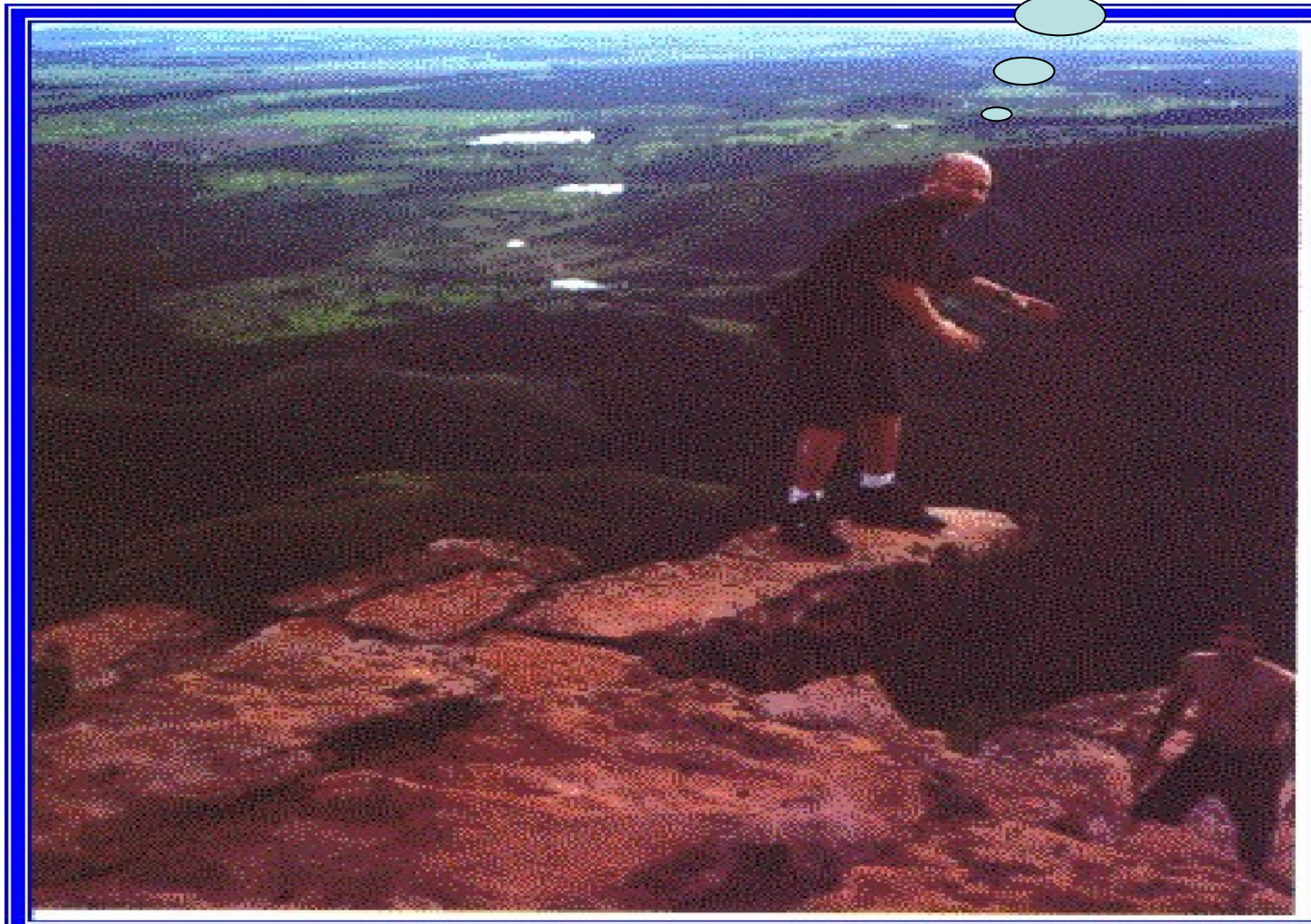
A análise dimensional por Lord Rayleigh no final do século XIX.



Já a análise através do volume de controle (vc), ainda que proposta por Euler, só se desenvolveu em bases rigorosas como ferramenta de análise na década de 1940, daí o fato de ser considerada a mais nova.

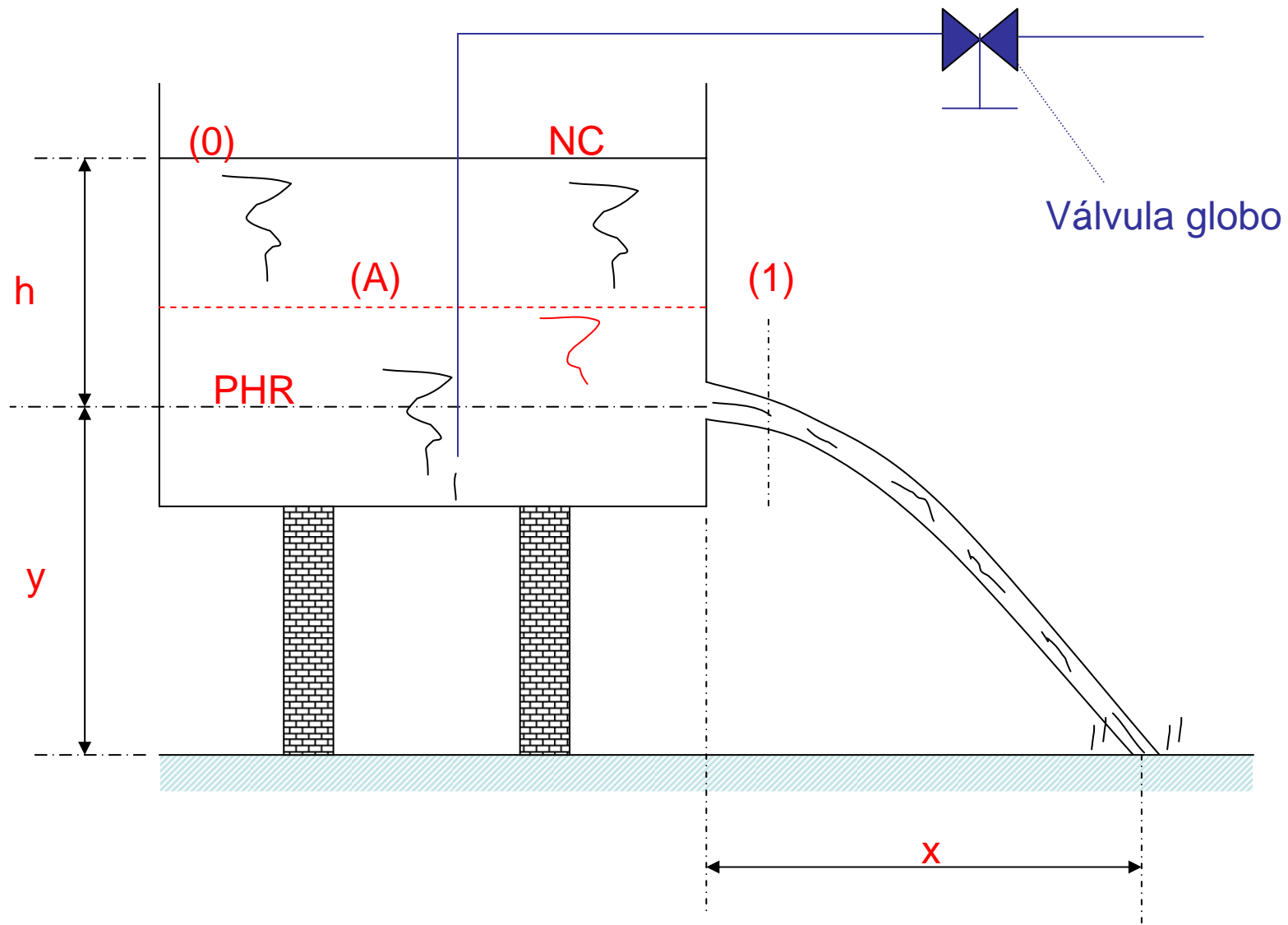


Infelizmente não
iniciamos com a
mais nova!



Iniciamos com a análise
dimensional

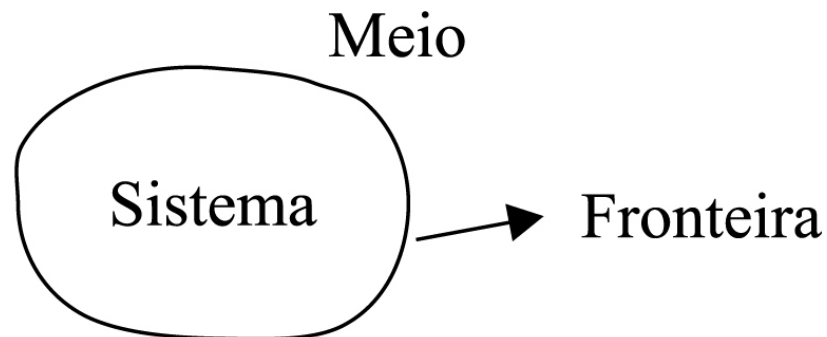
A análise dimensional, que é a análise experimental, foi feita na aula anterior na determinação dos C_d e do tempo gasto para o esvaziamento de um dado volume.



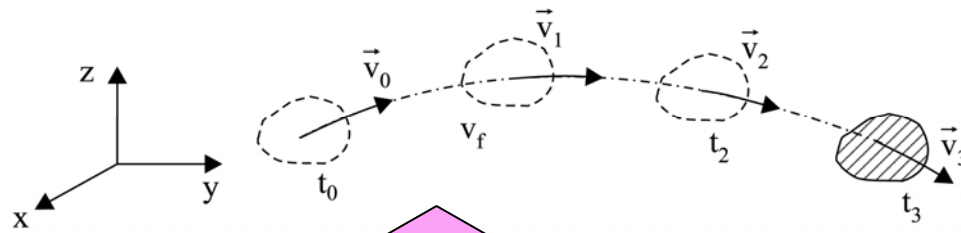
Para que fique claro a diferença entre a análise diferencial e a do volume de controle, evocaremos os conceitos de sistema, meio e volume de controle

Sistema é uma porção fixa e definida de matéria

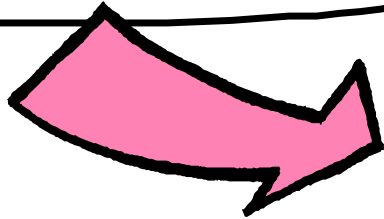
Meio é o resto do universo excluindo-se o sistema. O que separa o sistema do meio é denominado de fronteira.



Importante: pelo conceito anterior de sistema, trata-se de um sistema fechado, ou seja, aquele que só pode trocar energia com o meio.



São determinadas a cada instante ao longo de uma trajetória pelo método denominado lagrangeano



Grandezas associadas a um sistema
28/8/2006 - v2

velocidade

aceleração

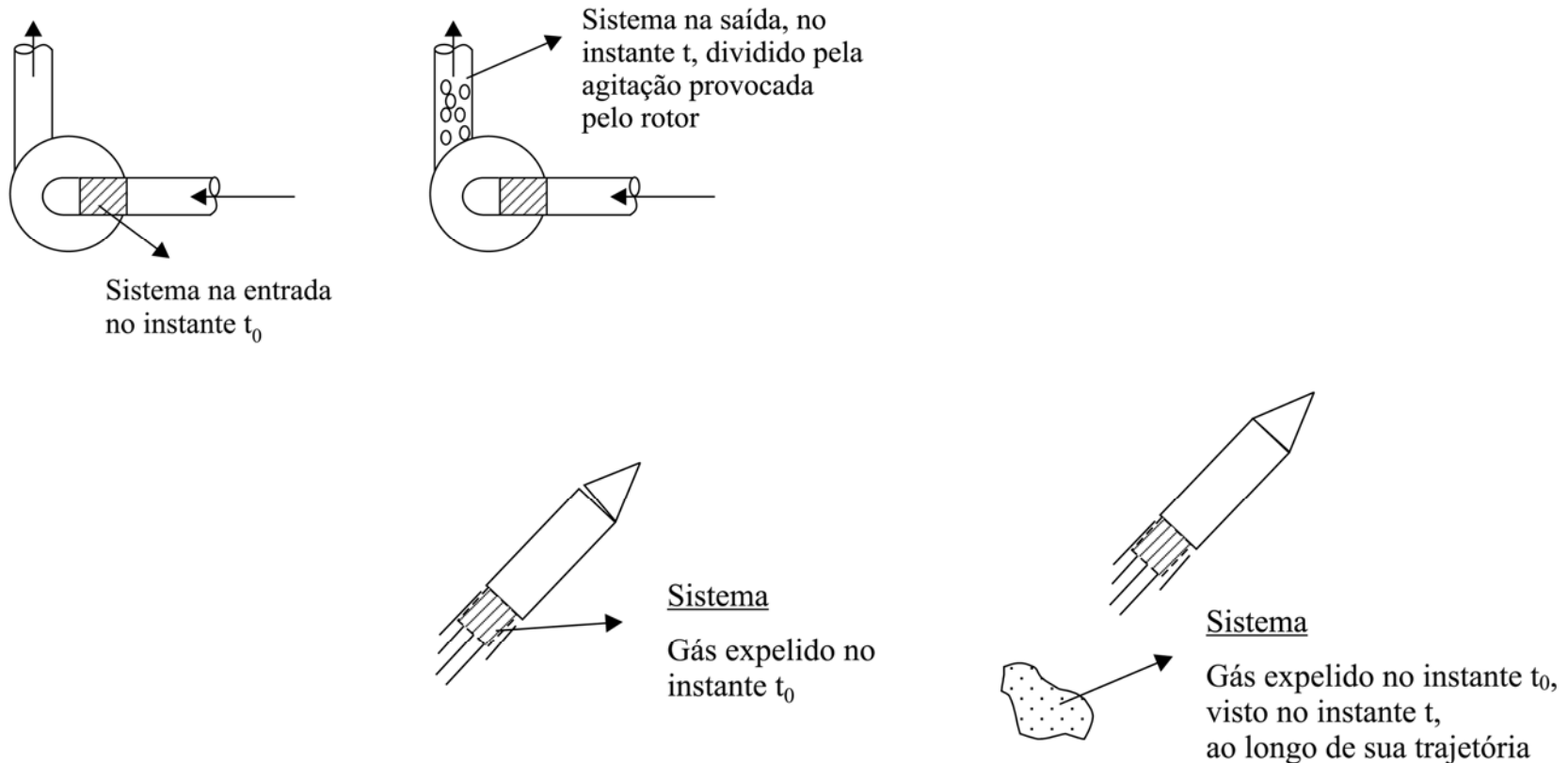
volume

energia

temperatura

...

O método lagrangeano nem sempre é adequado para os estudos de mecânica dos fluidos.



Portanto o método lagrangeano é mais adequado para os estudos de sólidos, os quais se mantêm coesos o que possibilita determinar as propriedades ao longo de uma trajetória ao longo do tempo.

No caso do fluido, considerando que o mesmo é contínuo, o observador poderá fixar a sua atenção numa região do espaço por onde o fluido estiver passando e, nela, determinar as propriedades da porção do fluido que estiver ocupando esta região.

É claro que se as informações obtidas naquela região não forem suficientes, o observador poderá dedicar a sua atenção em tantas outras regiões, quantas forem necessárias, ao longo do escoamento.

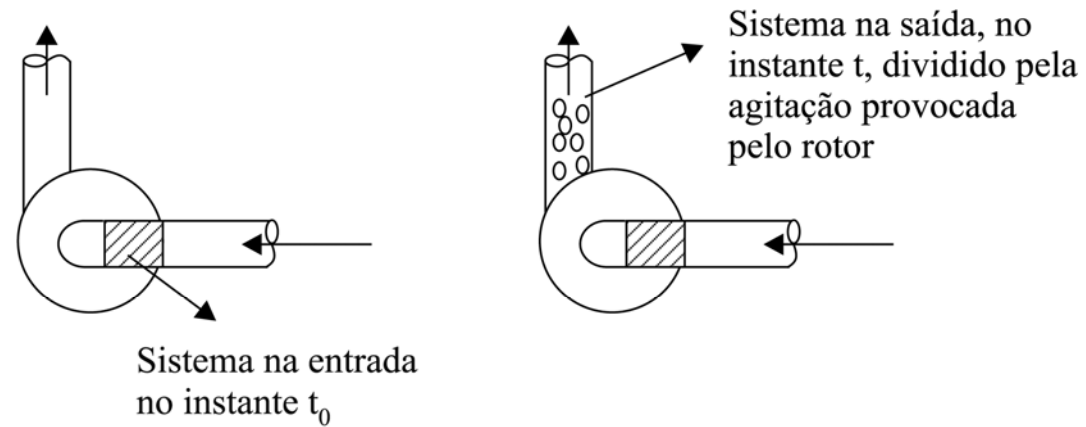
Essa região denomina-se volume de controle (vc) e a cada instante é ocupada por diferentes sistemas.

Portanto:

Volume de controle é uma região do espaço em que se fixa-se a atenção para o estudo das propriedades do fluido que passa por ela a cada instante. A fronteira do vc denomina-se de superfície de controle (sc).

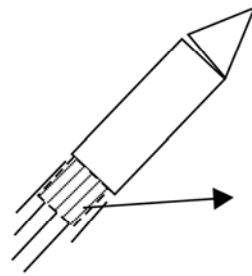
Volume de controle é um sistema aberto, o que implica dizer que permite a troca, tanto de energia como de massa.

No caso:

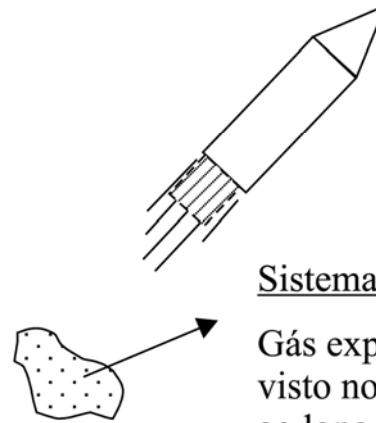


Quais seriam os vc ?

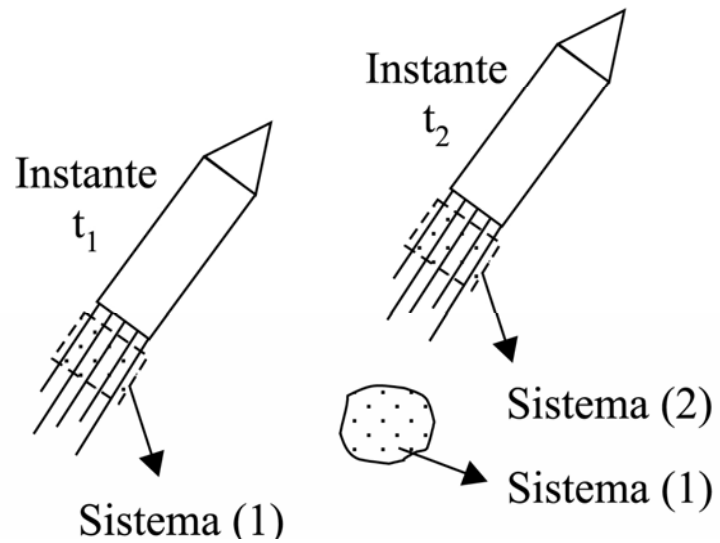
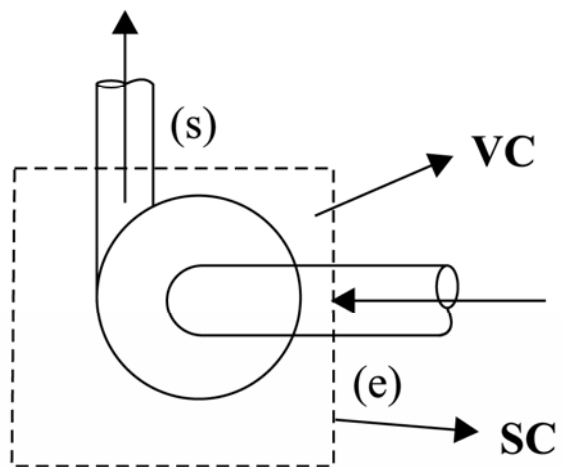
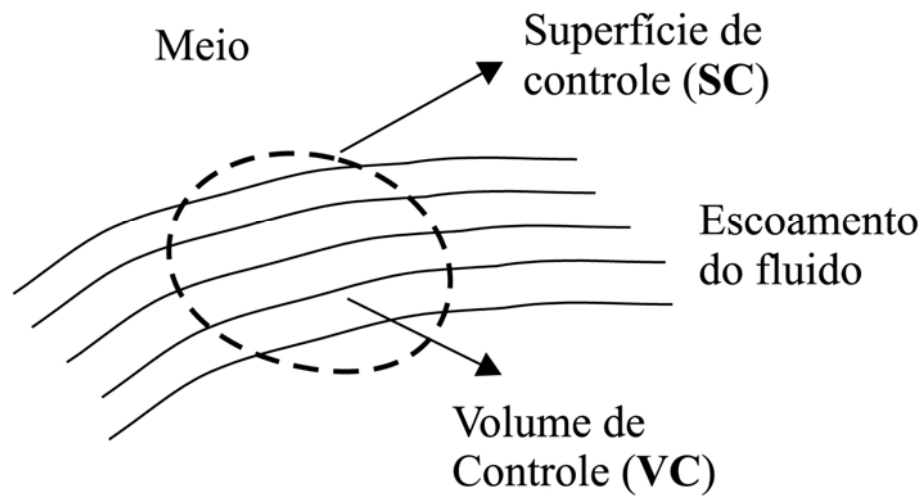
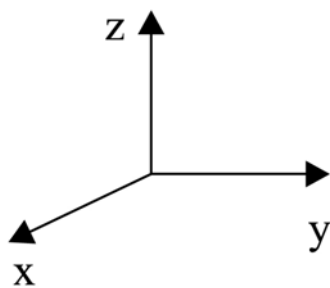
Seriam as seções de entrada (e) e saída (s) da bomba. Já no caso:



Sistema
Gás expelido no instante t_0



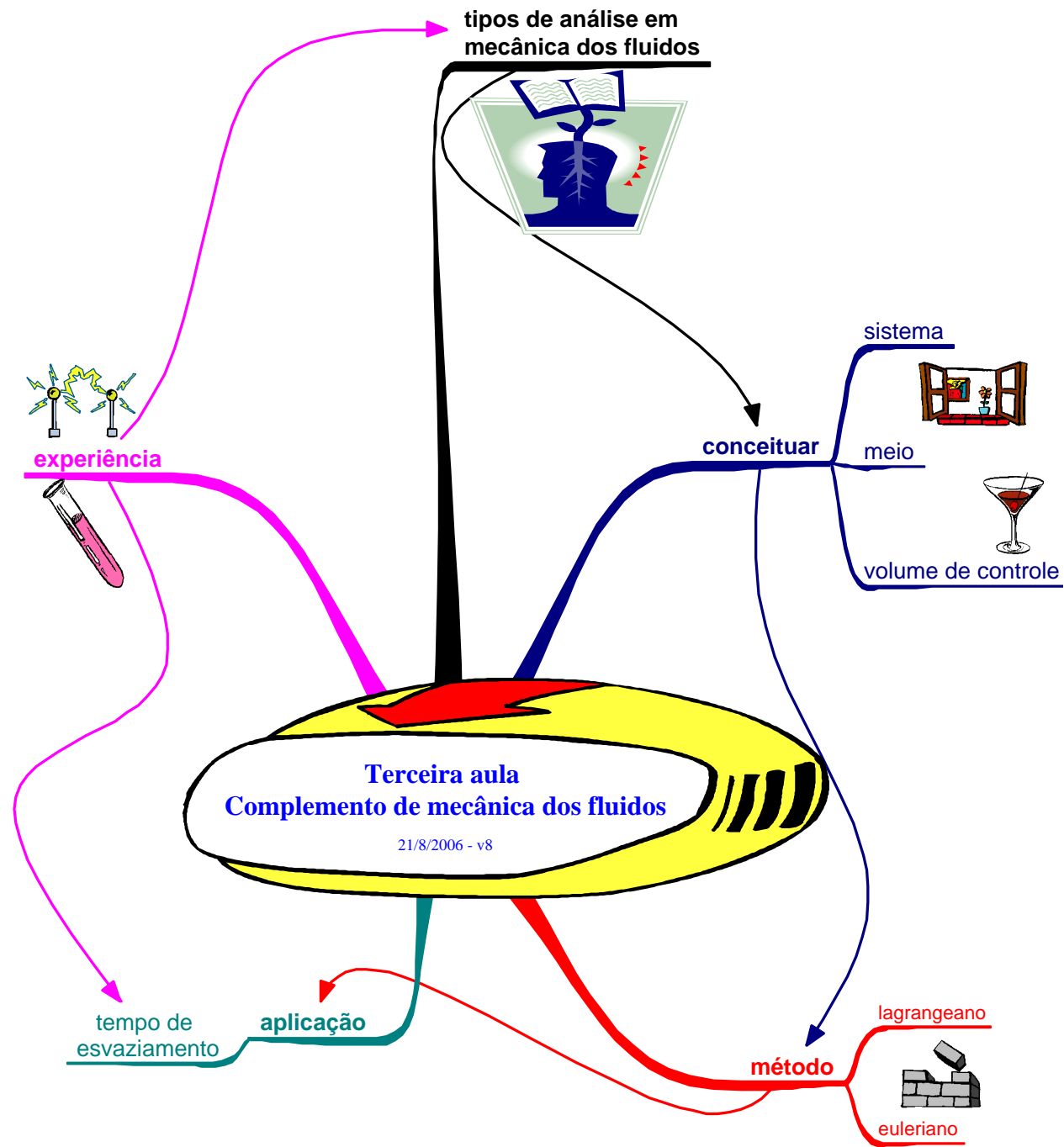
Sistema
Gás expelido no instante t_0 ,
visto no instante t ,
ao longo de sua trajetória



O vc seria fixado na saída do foguete, onde se estudariam as propriedades dos gases que influenciariam na propulsão do mesmo.

Esse método denomina-se euleriano e, no caso do estudo de fluidos, mostra-se mais adequado que o lagrangeano.

O que estudamos até agora?



Primeira reflexão.

Sintetize o método lagrangeano e euleriano e mencione as diferenças básicas dos mesmos.

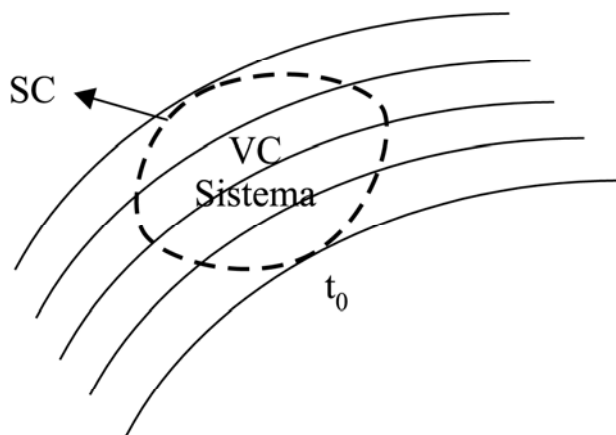
Quando acompanhamos o sistema com o decorrer do tempo, estaremos aplicando o **método lagrangeano**, o qual estudaria a variação das suas propriedades ao longo de uma dada trajetória.

Quando se fixa uma região e estuda-se os sistemas que por ela passam aplica-se o método euleriano.

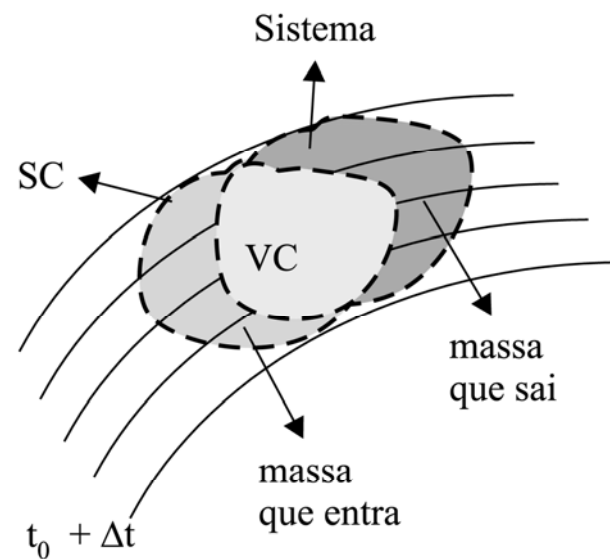
Conceito de vazão generalizada.

Vazão era o volume, massa ou peso que atravessava uma dada seção por unidade de tempo. Isto já era o método euleriano.

Exemplo:



(a)



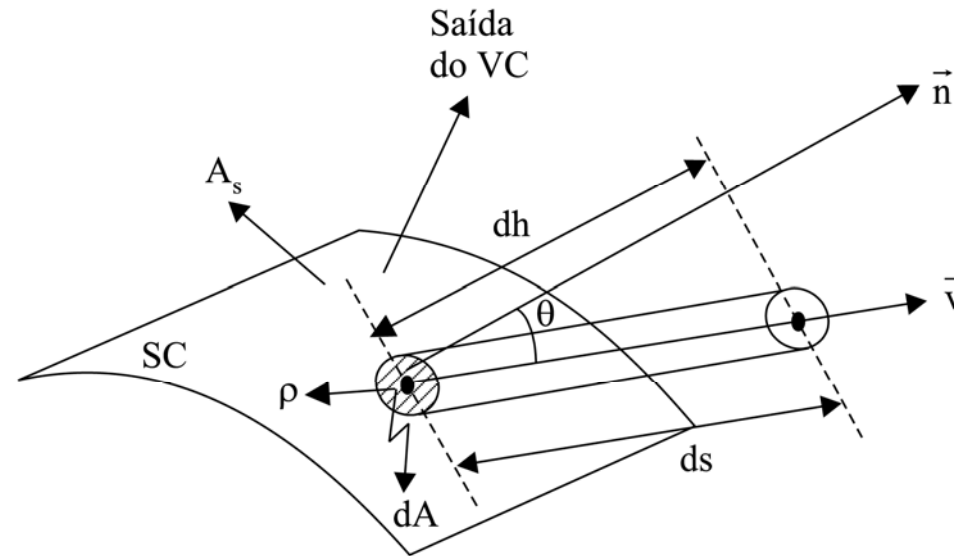
(b)

Pela figura anterior, observou-se que decorrido um intervalo de tempo o sistema deslocou-se ao longo de sua trajetória, saindo parcialmente do vc e atravessando a sc. Supondo o fluido como meio contínuo, o espaço liberado pelo sistema inicial passará a ser ocupado por um novo sistema.

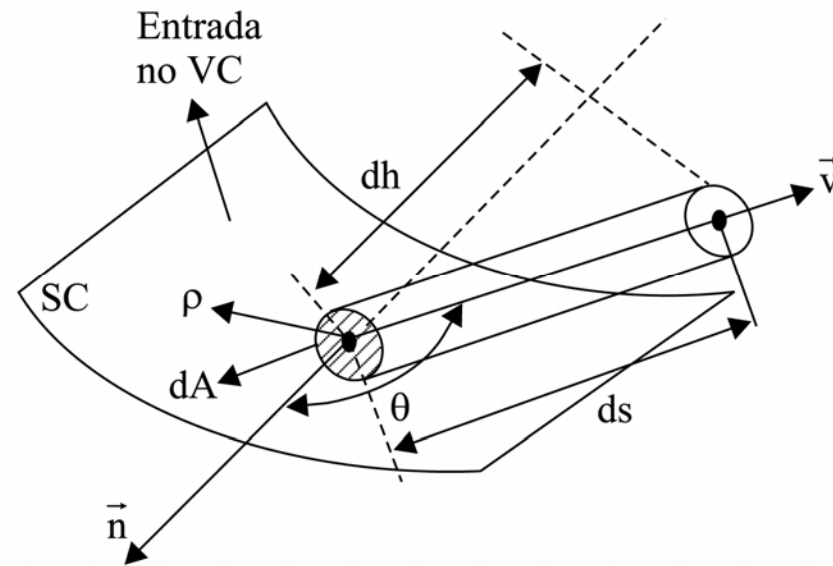
É nesta situação que se define vazão, vazão em massa e vazão em peso que atravessam uma seção da sc por unidade de tempo.

Quando se estudou isso em mecânica dos fluidos básica se admitiu que a massa específica era constante e que a velocidade era perpendicular a sc.

Agora se elimina todas as hipóteses.



$$Q_{ms} = \int_{SC_{saída}} \rho \vec{v} \times \vec{n} dA = \int_{SC_{saída}} \rho v \cos \theta dA$$



$$Q_{me} = \int_{SC_{entrada}} \rho \vec{v} \times \vec{n} dA = \int_{SC_{entrada}} \rho v \cos \theta dA$$

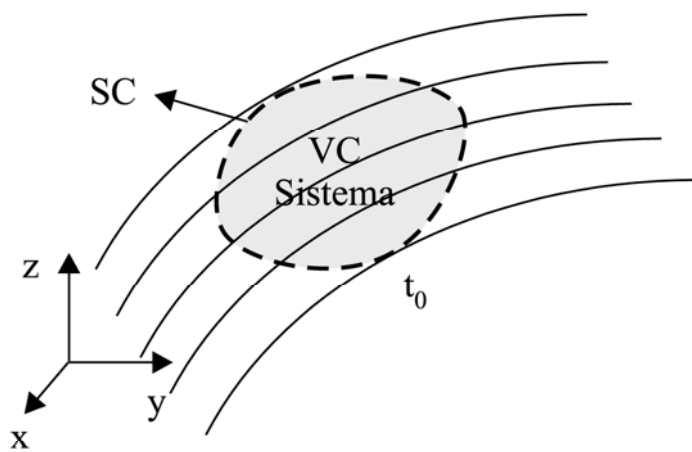
Não esquecer que, se a sc estiver em movimento, a velocidade v deverá ser substituída pela velocidade em relação à sc .

Observação: a passagem de fluido através da sc é denominada de fluxo do vetor velocidade.

Equação da continuidade na
forma integral para volume de
controle.

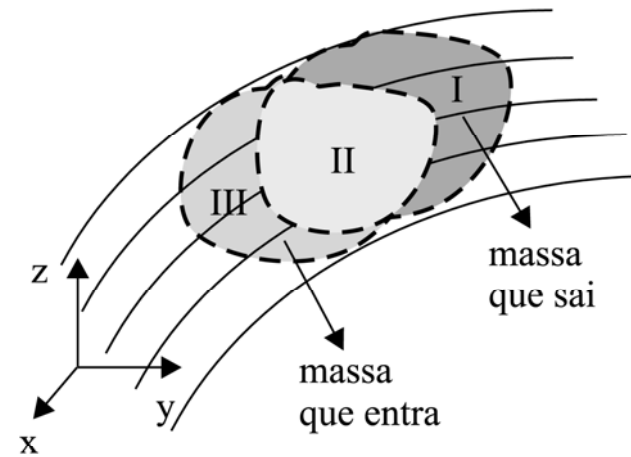
Lembre que:

$$\rho = \frac{dm}{dV} \therefore m_{\text{sistema}} = \int_{V_{\text{sist}}} \rho \times dv$$



Instante t_0

(a)



Instante $t_0 + \Delta t$

(b)

Pelo método lagrangeano pode-se afirmar que:

- região I = porção do sistema que desencontrou o VC
- região II = a porção do sistema que ainda coincide com VC
- região III = o novo sistema que ocupa no VC o espaço deixado pelo sistema inicial

Para t_0 :

$$m_{sist}(t_0) = m_{VC}(t_0)$$

Para $t_0 + \Delta t$:

$$m_{VC}(t_0 + \Delta t) = m_{II} + m_{III}$$

$$m_{II} = m_{sist}(t_0 + \Delta t) - m_I$$

$$\therefore m_{VC}(t_0 + \Delta t) = m_{sist}(t_0 + \Delta t) - m_I + m_{III}$$

Deseja-se calcular a variação
de massa contida no vc

$$m_{VC}(t_0 + \Delta t) - m_{VC}(t_0) = m_{sist}(t_0 + \Delta t) - m_I + m_{III} - m_{sist}(t_0)$$

Dividindo - se por Δt e calculando - se o limite para $\Delta t \rightarrow 0$,
resulta :

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{m_{sist}(t_0 + \Delta t) - m_{sist}(t_0)}{\Delta t} = \frac{dm_{sist}}{dt}$$

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{m_{VC}(t_0 + \Delta t) - m_{VC}(t_0)}{\Delta t} = \frac{\partial m_{sist}}{\partial t}$$

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{m_I}{\Delta t} = Q_{ms}$$

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{m_{III}}{\Delta t} = Q_{me}$$

Portanto:

$$\frac{dm_{sist}}{dt} = \frac{\partial m_{vc}}{\partial t} + Q_{ms} - Q_{me}$$

$$\frac{d}{dt} \int_{V_{sist}} \rho dV = \frac{\partial}{\partial t} \int_{VC} \rho dV + \int_{SC} \rho \vec{v} \times \vec{n} dA$$

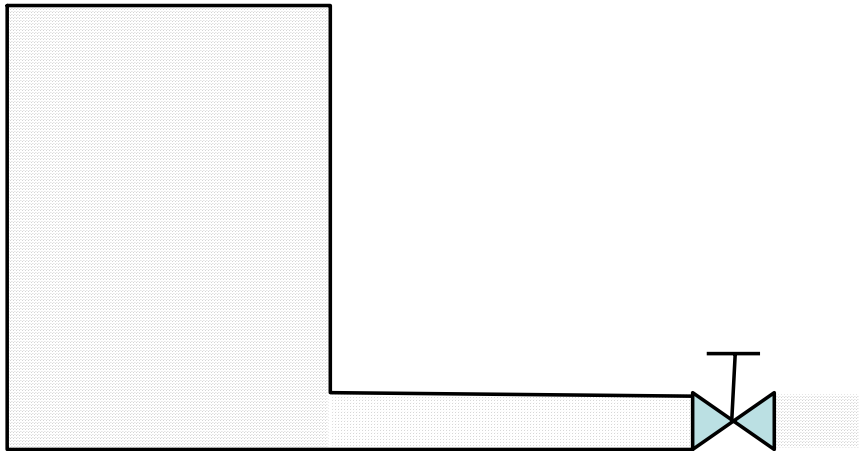
Como a massa do sistema é constante, tem-se que :

$$\frac{d}{dt} \int_{V_{sist}} \rho dV = 0, \text{ portanto :}$$

$$0 = \frac{\partial}{\partial t} \int_{VC} \rho dV + \int_{SC} \rho \vec{v} \times \vec{n} dA$$

Lembrar que se vc for deformável, isto é, se a sc estiver em movimento, o vetor velocidade corresponderá a velocidade relativa observada de um sistema de referência fixo no vc.

Exercício 10.1- livro prof. Brunetti



Dados:

$$V = 10\text{m}^3$$

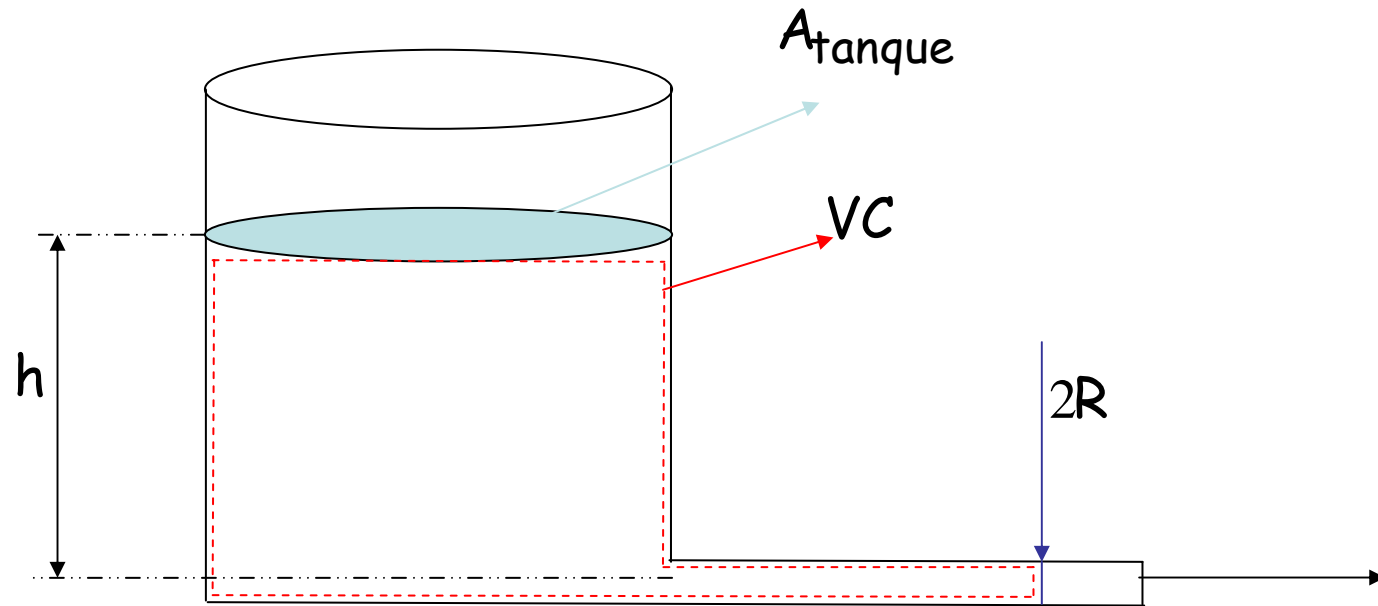
$$\rho_0 = 5 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$p_0 = 10 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} (\text{abs})$$

$$\alpha = 0,005\text{s}^{-2}$$

$$P_{\text{atm}_{\text{local}}} = 1 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Exercício 10.2 do livro do professor Brunetti



Exercício 10.3 do livro do professor Brunetti

Observação: acrescentar nos dados o diâmetro da agulha, que é igual a 0,61 mm

Extra

O reservatório a seguir se enche de água por meio de duas entradas unidimensionais. Ar é aprisionado no topo do reservatório. A altura da água é h .

A) Encontre uma expressão para a variação da altura de água (dh/dt).

B) Calcule dh/dt para $D_1=25$ mm; $D_2=75$ mm; $v_1=0,9$ m/s; $v_2=0,6$ m/s e área do reservatório igual a $0,18$ m², considerando a água a 20°C.

Área do reservatório: A_{res}

