

ENGENHARIA DE BIODISSISTEMAS – FZEA / USP

ZEB1027 FENÔMENOS DE TRANSPORTE

TTR → PRINCÍPIO DE CONSERVAÇÃO DE QDM

- TTR PERMANENTE SEÇÕES UNIFORMES → QDM-LINEAR
- FORÇAS ATUANDO SOBRE O VOLUME DE CONTROLE
- TTR-QDM: EQUAÇÃO VETORIAL → DECOMPOSIÇÃO



EQUAÇÕES EM COORDENADAS CARTESIANAS



TTR → conservação de QDM-linear

TTR:
$$\frac{d\Phi_{MC}}{dt} = \frac{\partial}{\partial t} \int_{VC} \phi \rho dV + \oint_{SC} \phi \rho \vec{v} \cdot d\vec{A} \left\} \begin{array}{l} \Sigma(\cdot) \\ \text{saídas} \end{array} - \begin{array}{l} \Sigma(\cdot) \\ \text{entradas} \end{array}$$

Regime permanente

Seções uniformes

$$\frac{d\Phi_{MC}}{dt} = \sum_{\text{saídas}} \phi \rho v A - \sum_{\text{entradas}} \phi \rho v A \Rightarrow \rho v A = \dot{m}$$

- QDM-linear
$$\begin{cases} \Phi = m \vec{v} & \Leftrightarrow & \phi = \vec{v} \\ \frac{d(m \vec{v})}{dt} = \vec{F}_{\text{resultante}} & (2^{\text{a}} \text{ Lei de Newton}) \end{cases}$$

$$\therefore \vec{F}_{\text{resultante}} = \sum_{\text{saídas}} \dot{m} \vec{v} - \sum_{\text{entradas}} \dot{m} \vec{v}$$



Forças sobre o volume de controle

$$\vec{F}_{\text{resultante}} = \vec{F}_{\text{campo}} + \vec{F}_{\text{contato}}$$



Forças de campo

(forças de corpo)

Sem necessidade de contato entre corpos



Gravitacional (peso)

Eletromagnética

Forças de contato

(forças de superfície)

Há necessidade de contato entre corpos



Normal (sustentação)

Atrito (viscosidade)

TTR-QDM → equação vetorial

- TTR-QDM: equações em coordenadas cartesianas

$$\vec{F} = F_x \hat{i} + F_y \hat{j} + F_z \hat{k} \quad , \quad \vec{v} = v_x \hat{i} + v_y \hat{j} + v_z \hat{k}$$



$$F_{\text{campo},x} + F_{\text{contato},x} = \sum_{\text{saídas}} \dot{m}v_x - \sum_{\text{entradas}} \dot{m}v_x$$

$$F_{\text{campo},y} + F_{\text{contato},y} = \sum_{\text{saídas}} \dot{m}v_y - \sum_{\text{entradas}} \dot{m}v_y$$

$$F_{\text{campo},z} + F_{\text{contato},z} = \sum_{\text{saídas}} \dot{m}v_z - \sum_{\text{entradas}} \dot{m}v_z$$

