

SEM0501

Dinâmica Aplicada às Máquinas

Aula #5 — Movimento relativo: cabos,
roldanas, sistemas em translação

Laboratório de Controle de Robótica Avançada

Prof. Dr. Thiago Boaventura

tboaventura@usp.br

São Carlos, 14/08/19

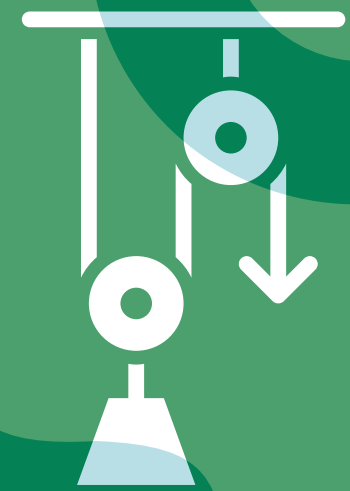


Conteúdo



- Componentes normal e tangencial
- Componentes polar e cilíndrica

Revisão



- Movimento absoluto
- Movimento relativo
- Exemplo

Movimento de
duas partículas



- “Take-home messages”
- Próxima aula...

Conclusão

Conteúdo

- Componentes normal e tangencial

- Componentes polar e cilíndrica

Revisão

ARC Lab

Laboratório de Controle de Robótica Avancada

Movimento de
duas partículas

Conclusão

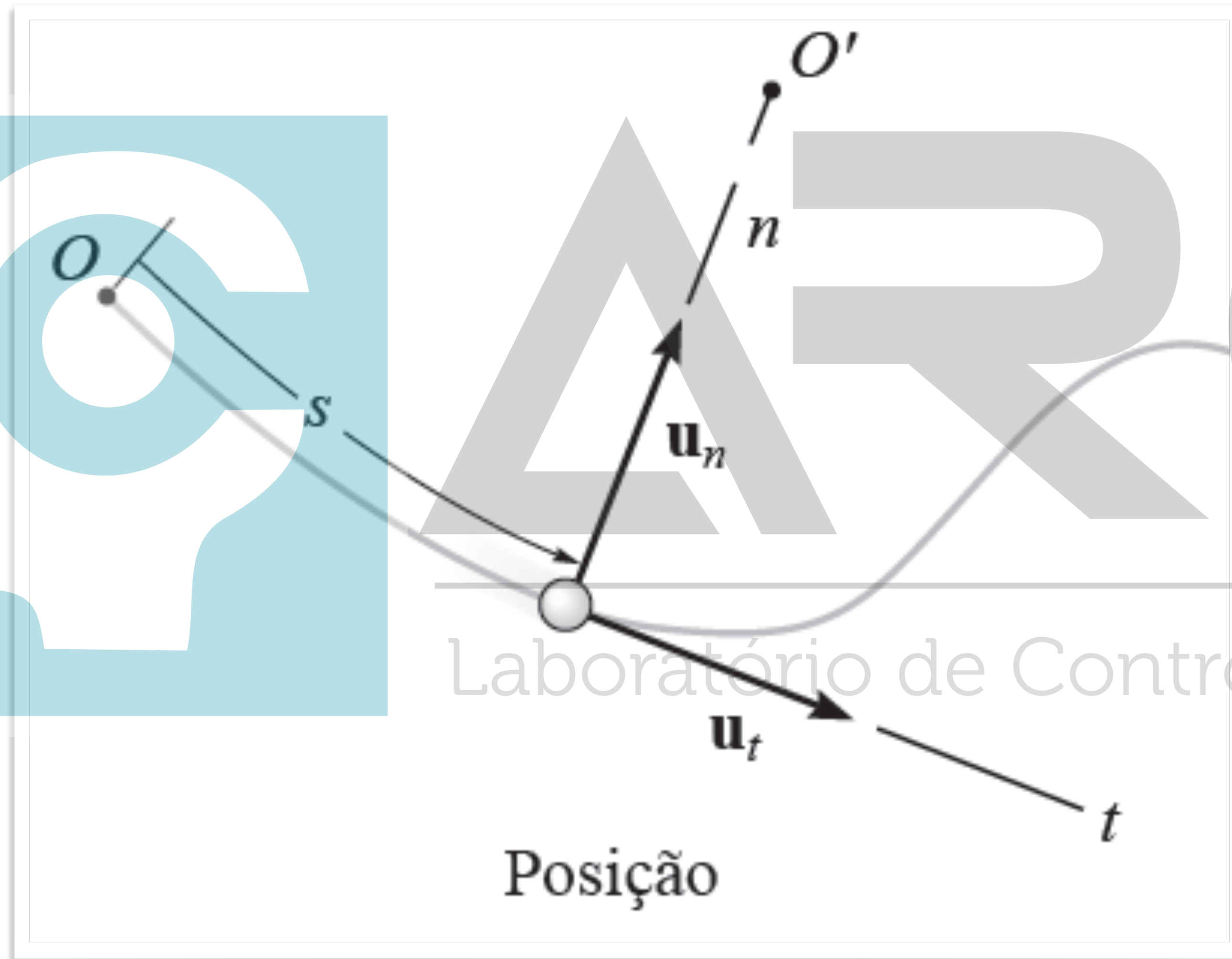
Coordenadas $n \times t$



Revisão

Movimento de
duas partículas

Conclusão



trajetória
conhecida

origem na
partícula

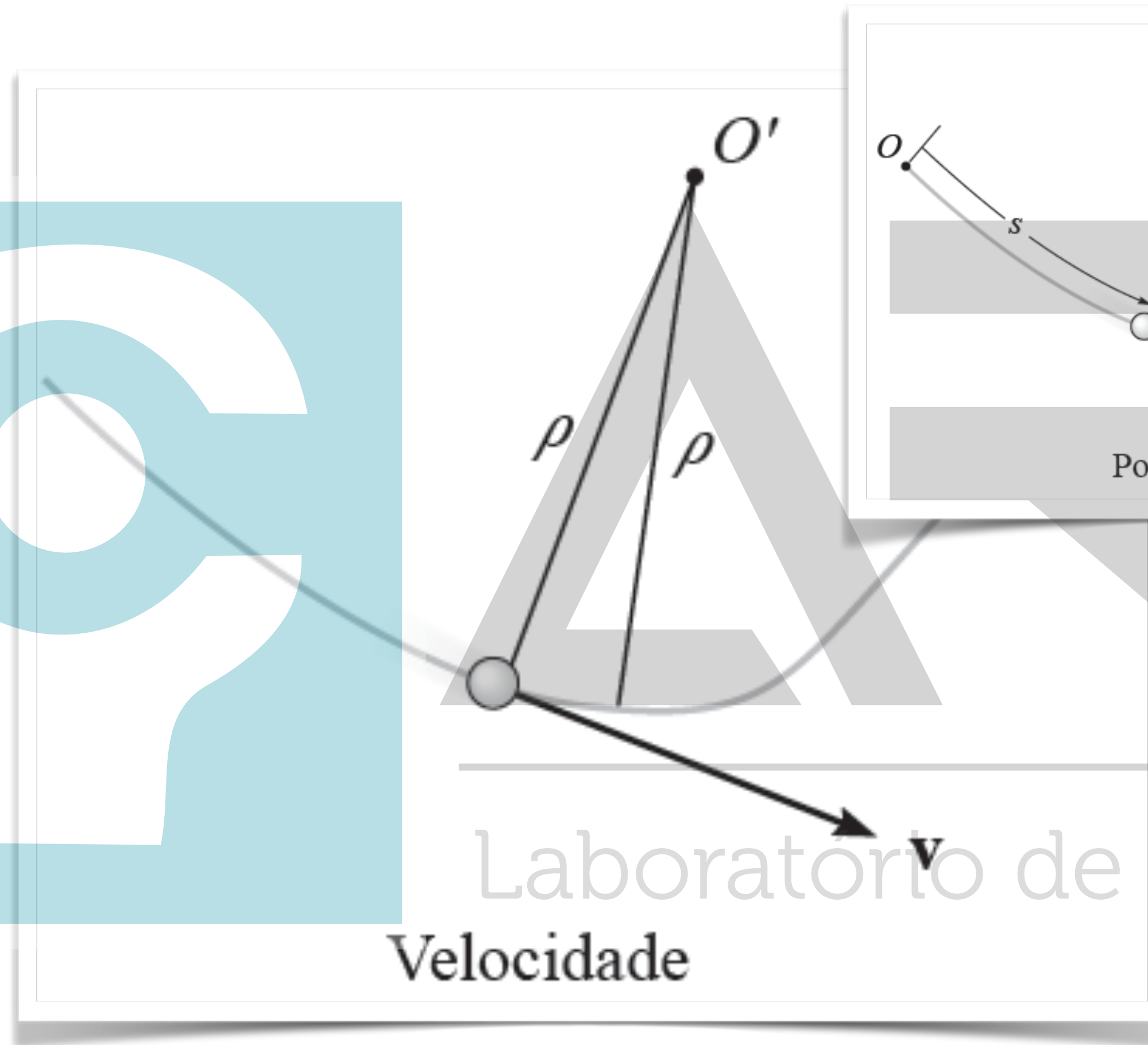
Velocidade



Revisão

Movimento de
duas partículas

Conclusão



$$\mathbf{v} = v \mathbf{u}_t$$

Laboratório de Controle de Robótica Avançada

$$v = \frac{ds}{dt} = \dot{s}$$

Direção sempre tangente à trajetória

Aceleração — Casos particulates

$$\mathbf{a} = a_t \mathbf{u}_t + a_n \mathbf{u}_n$$

$$a_t = \dot{v}$$

$$a_n = \frac{v^2}{\rho}$$

Movimento retilíneo: $a = a_t = \dot{v}$
 $\rho = \infty$

Laboratório de Controle de Robótica Avancada

Componente **tangencial** da aceleração representa a taxa de variação temporal na **intensidade** da velocidade

Revisão

Movimento de
duas partículas

Conclusão

Aceleração — Casos particulates

$$\mathbf{a} = a_t \mathbf{u}_t + a_n \mathbf{u}_n$$

$$a_t = \dot{v}$$

$$a_n = \frac{v^2}{\rho}$$

Velocidade escalar constante: $a = a_n = \frac{v^2}{\rho}$
 $\dot{v} = 0$

Componente **normal** da aceleração representa a taxa de variação temporal na **direção** da velocidade

aceleração centrípeta

Revisão

Movimento de
duas partículas

Conclusão

Conteúdo

- Componentes normal e tangencial
- Componentes polar e cilíndrica

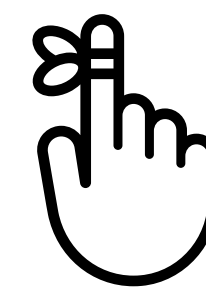
Revisão

Movimento de
duas partículas

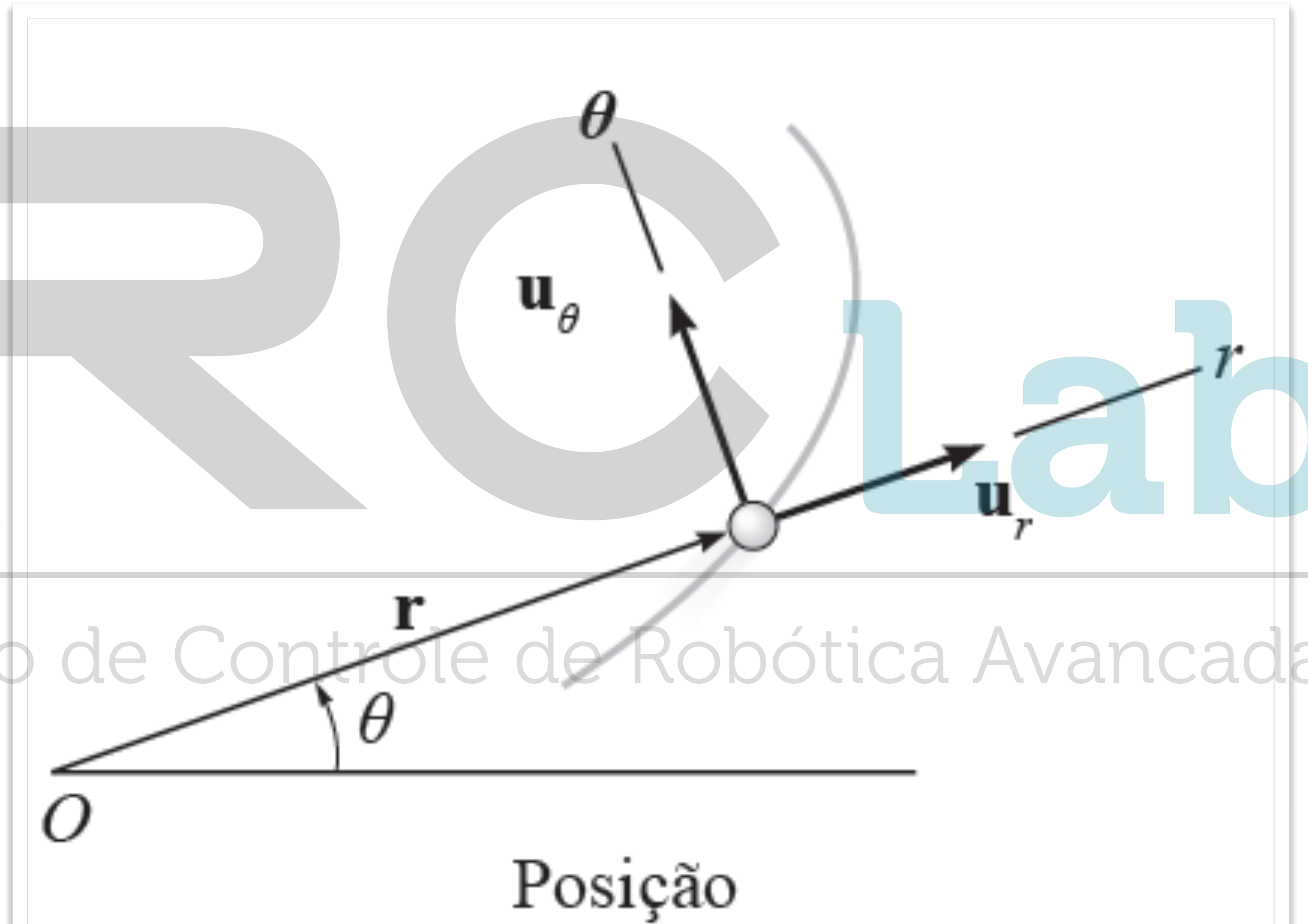
Conclusão

ARC Lab

Laboratório de Controle de Robótica Avancada

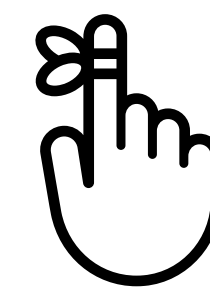


$$\mathbf{r} = r \mathbf{u}_r$$



Laboratório de Controle de Robótica Avancada

Velocidade

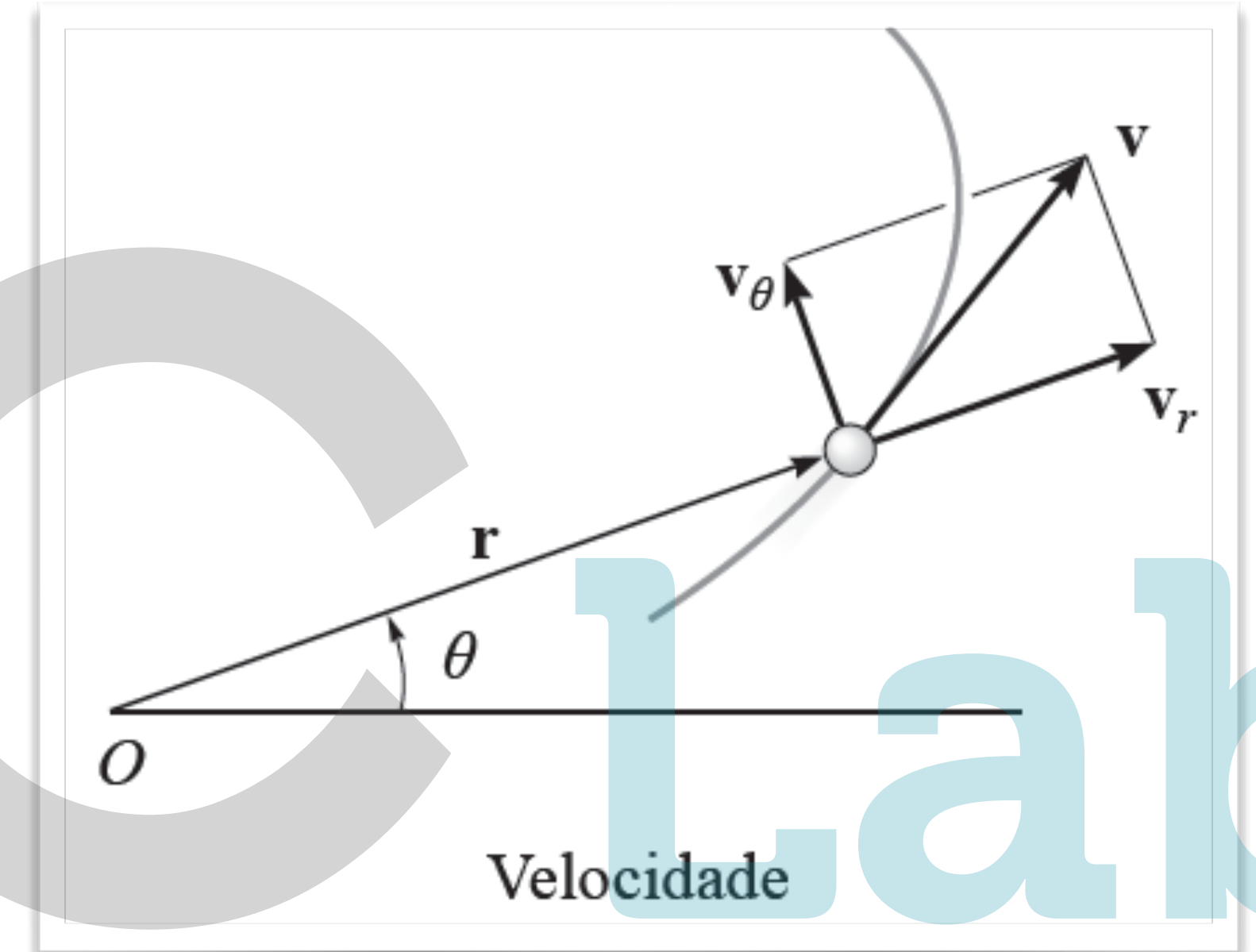


Revisão

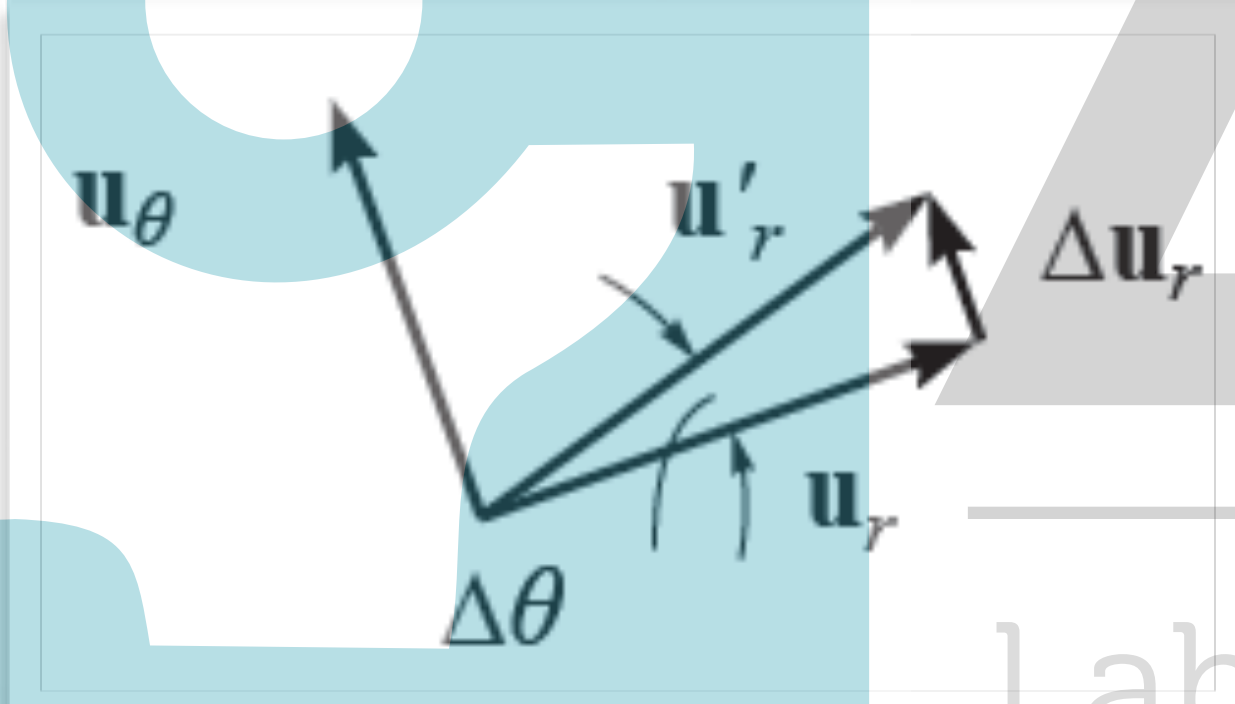
$$\mathbf{r} = r \mathbf{u}_r$$

$$\mathbf{v} = \dot{\mathbf{r}} = \dot{r} \mathbf{u}_r + r \dot{\mathbf{u}}_r$$

$$\dot{\mathbf{u}}_r = \dot{\theta} \mathbf{u}_\theta$$



Movimento de
duas partículas



Conclusão

$$\mathbf{v} = v_r \mathbf{u}_r + v_\theta \mathbf{u}_\theta$$

$$\begin{cases} v_r = \dot{r} \\ v_\theta = r \dot{\theta} \end{cases}$$

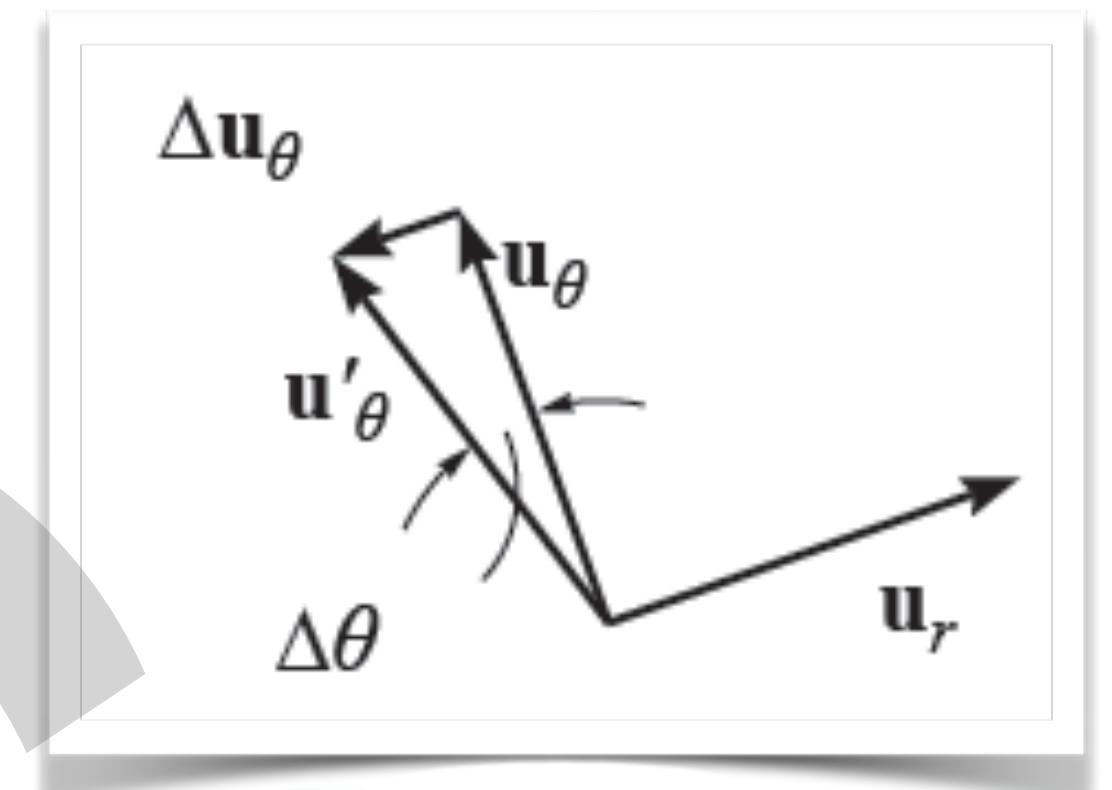
Laboratório de Controle de Robótica Avançada

Aceleração

Revisão

$$\mathbf{a} = \dot{\mathbf{v}}$$

$$\mathbf{v} = v_r \mathbf{u}_r + v_\theta \mathbf{u}_\theta$$



$$\mathbf{a} = \dot{\mathbf{v}} = \dot{v}_r \mathbf{u}_r + v_r \dot{\mathbf{u}}_r + \dot{v}_\theta \mathbf{u}_\theta + v_\theta \dot{\mathbf{u}}_\theta$$

$$v_r = \dot{r}$$

$$v_\theta = r\dot{\theta}$$

$$\dot{\mathbf{u}}_r = \dot{\theta} \mathbf{u}_\theta$$

$$\dot{\mathbf{u}}_\theta = -\dot{\theta} \mathbf{u}_r$$

Laboratório de Controle de Robótica Avancada

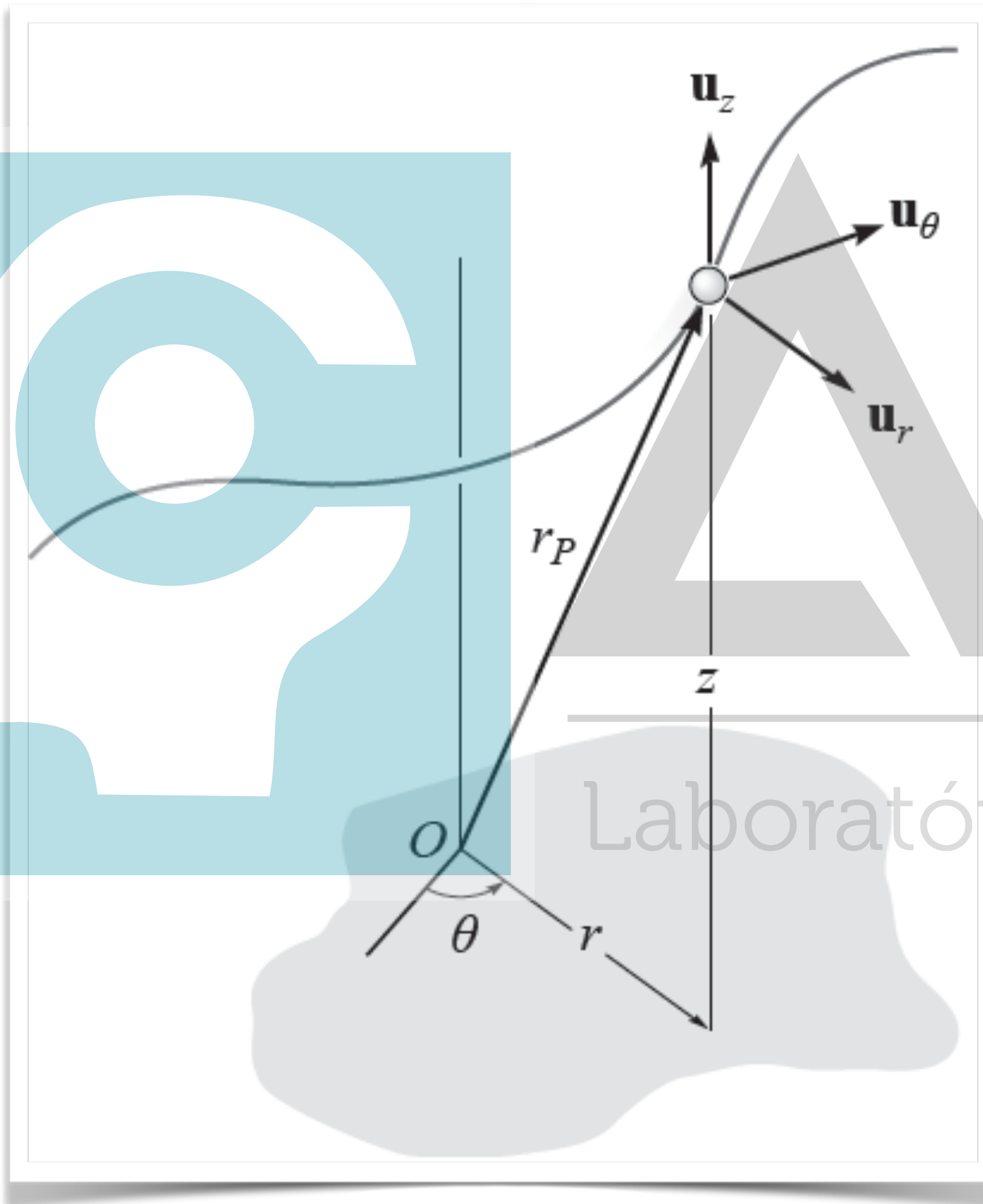
$$\mathbf{a} = a_r \mathbf{u}_r + a_\theta \mathbf{u}_\theta \quad \left\{ \begin{array}{l} a_r = \ddot{r} - r\dot{\theta}^2 \\ a_\theta = r\ddot{\theta} + 2\dot{r}\dot{\theta} \end{array} \right.$$

Coordenadas cilíndricas

Revisão

Movimento de
duas partículas

Conclusão



Nova coordenada: **z**

$$\dot{u}_z = 0$$

$$\mathbf{r}_P = r\mathbf{u}_r + z\mathbf{u}_z$$

$$\mathbf{v} = \dot{r}\mathbf{u}_r + r\dot{\theta}\mathbf{u}_\theta + \dot{z}\mathbf{u}_z$$

$$\mathbf{a} = (\ddot{r} - r\dot{\theta}^2)\mathbf{u}_r + (r\ddot{\theta} + 2\dot{r}\dot{\theta})\mathbf{u}_\theta + \ddot{z}\mathbf{u}_z$$

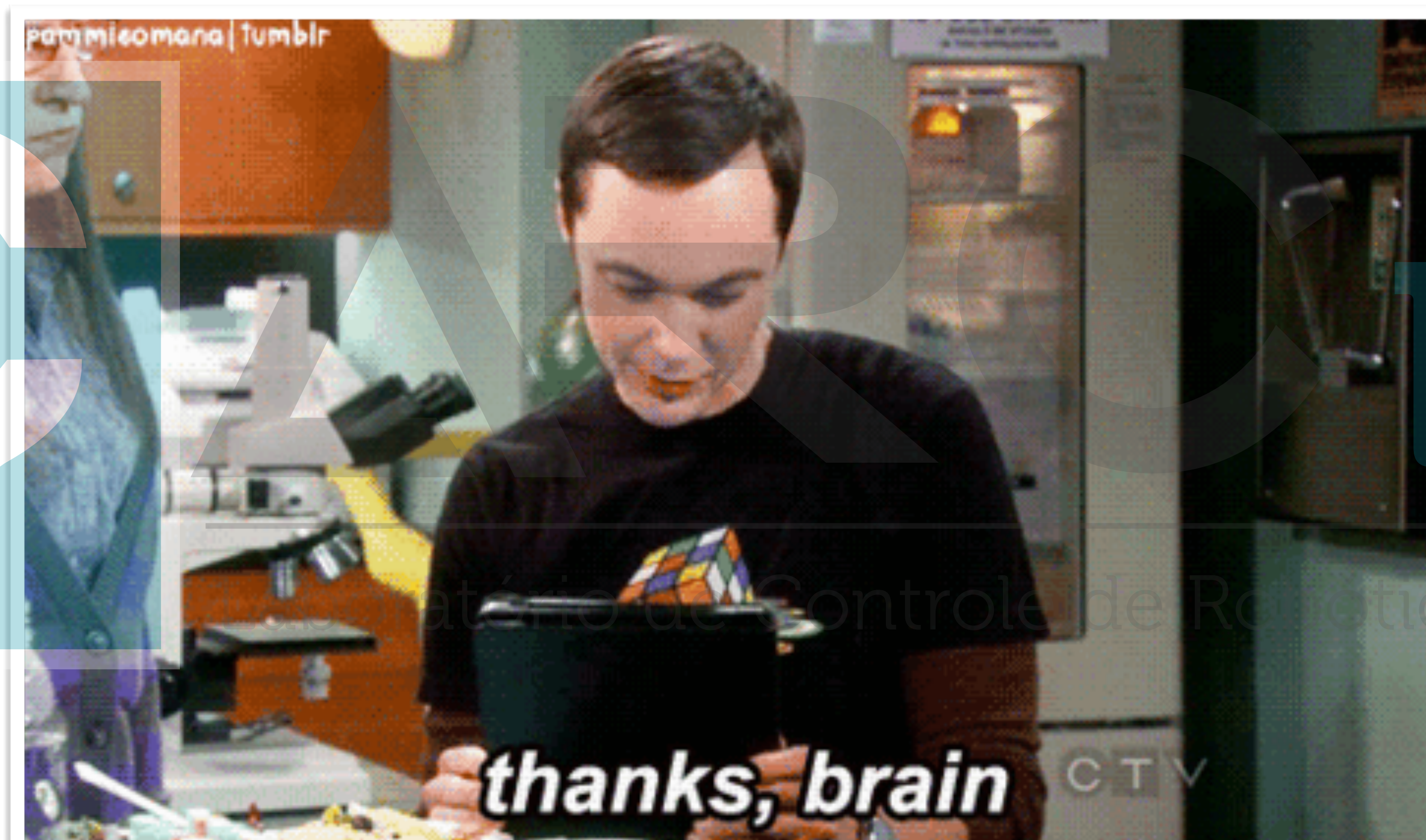
Dúvidas?

Lab

Laboratório de Controle de Robótica Avancada

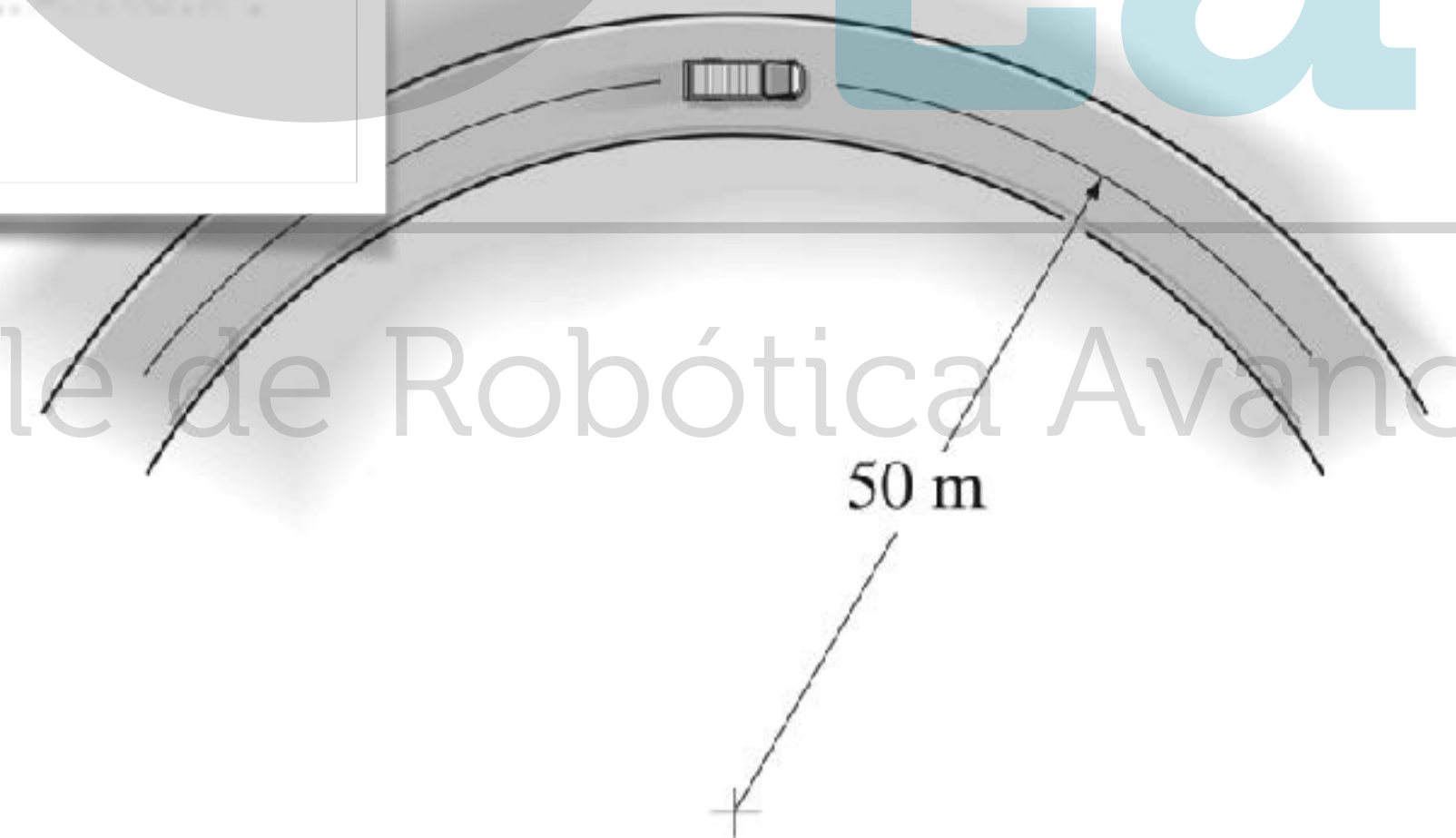


Exercício valendo nota!



Exercício valendo nota!

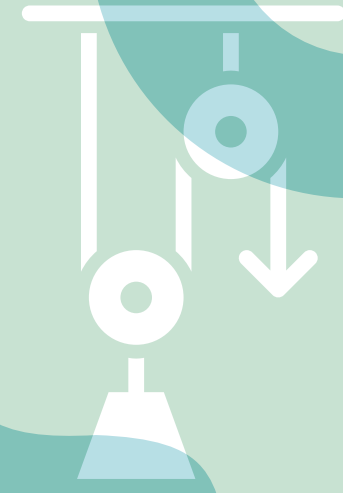
*12.140. Um caminhão move-se com uma velocidade escalar de 4 m/s ao longo de uma estrada circular que tem um raio de 50 m. Por curta distância a partir de $s = 0$, sua velocidade escalar é, então, aumentada na razão de $a_t = (0,05s)$ m/s², onde s é dado em metros. Determine sua velocidade escalar e a intensidade da sua aceleração no instante em que ele tenha se movido $s = 10$ m.



Laboratório de Controle de Robótica Avançada

Conteúdo

Revisão



- **Movimento absoluto**
- Movimento relativo
- Exemplo

Movimento de
duas partículas

Conclusão

Polias

Revisão

Movimento de
duas partículas

Conclusão



Laboratório de Óptica Avançada

Movimento de duas partículas

Revisão

Movimento de
duas partículas

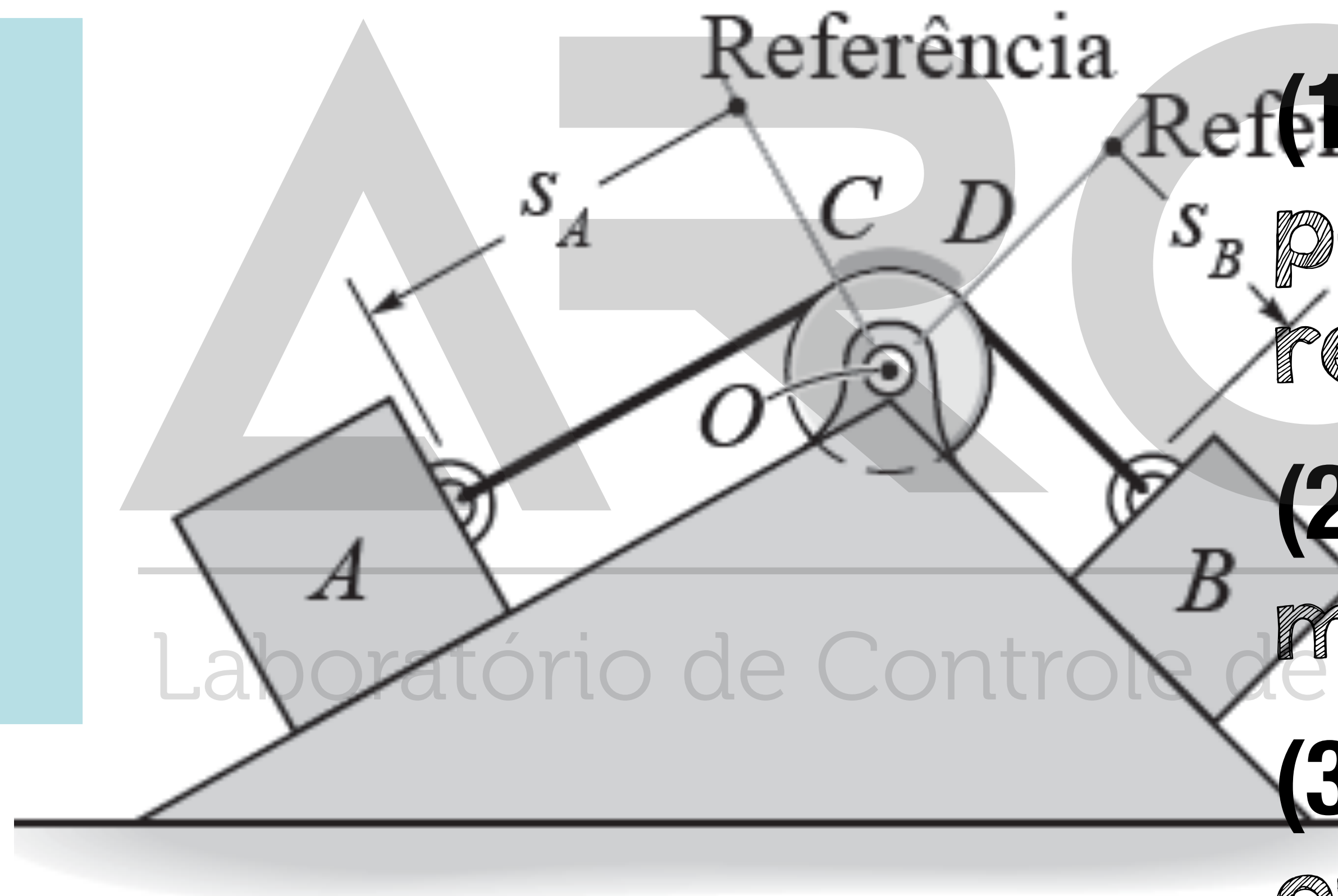
Conclusão

Eixos coordenados:

(1) Origem em ponto fixo (ou de referência)

(2) Na direção do movimento

(3) Positivo da origem para partícula

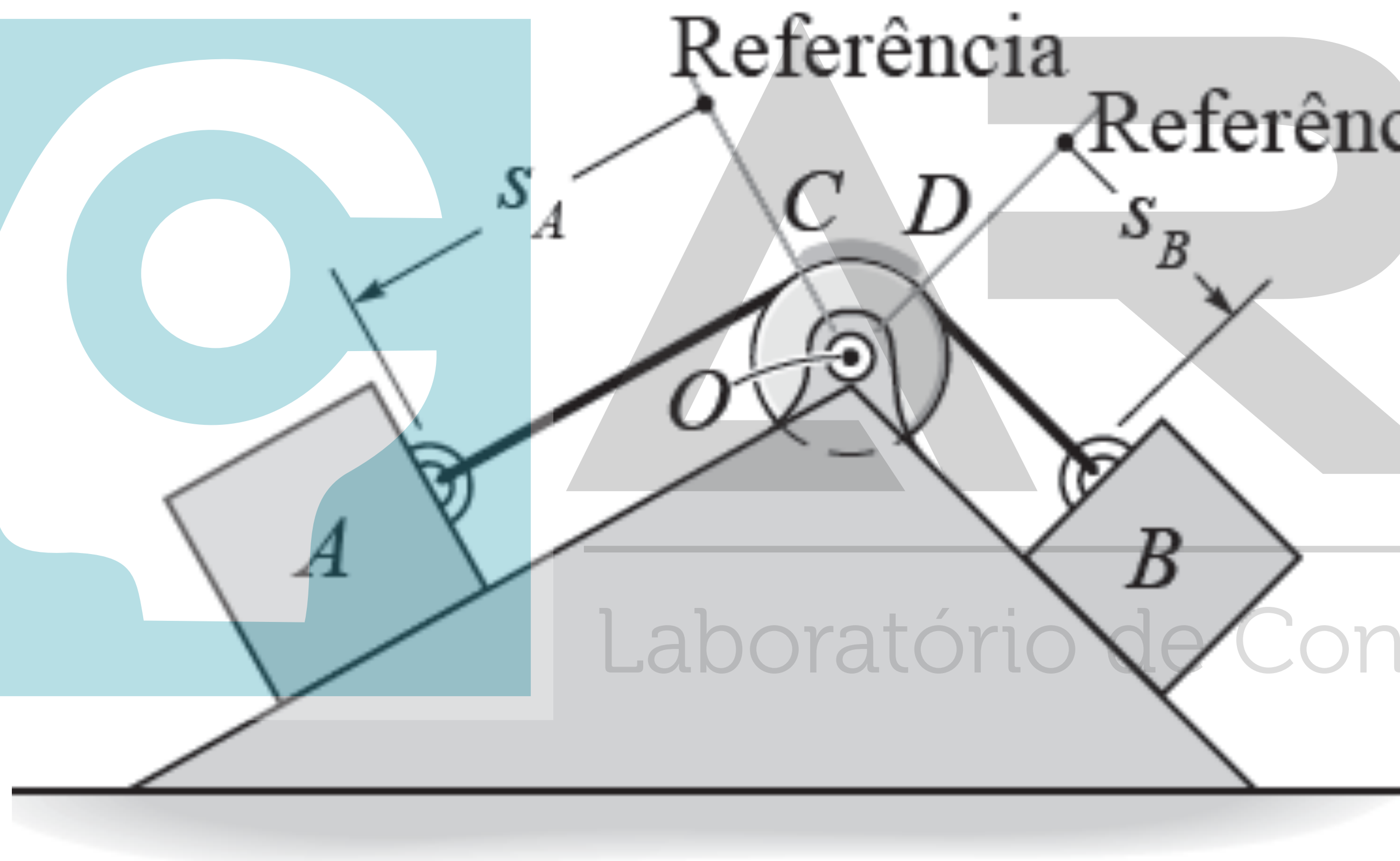


Movimento de duas partículas

Revisão

Movimento de
duas partículas

Conclusão



$$s_A + l_{CD} + s_B = l_T$$

$$\frac{ds_A}{dt} + \frac{ds_B}{dt} = 0$$

$$v_A = -v_B$$

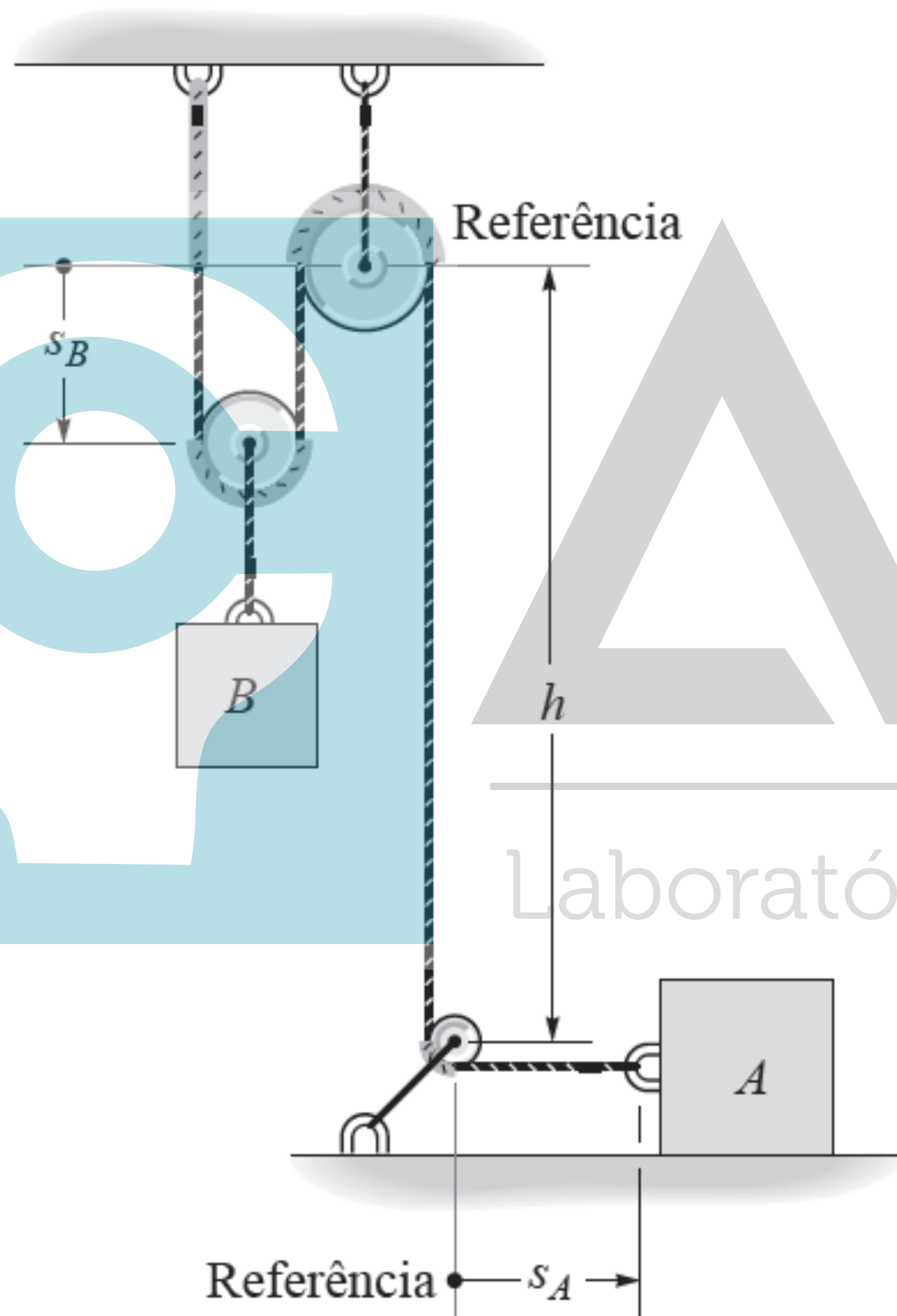
$$a_A = -a_B$$

Movimento de duas partículas

Revisão

Movimento de
duas partículas

Conclusão



Comprimento da corda:

$$2s_B + h + s_A = l$$

$$v_A = -2v_B$$

$$a_A = -2a_B$$

Laboratório de Controle de Robótica Avançada

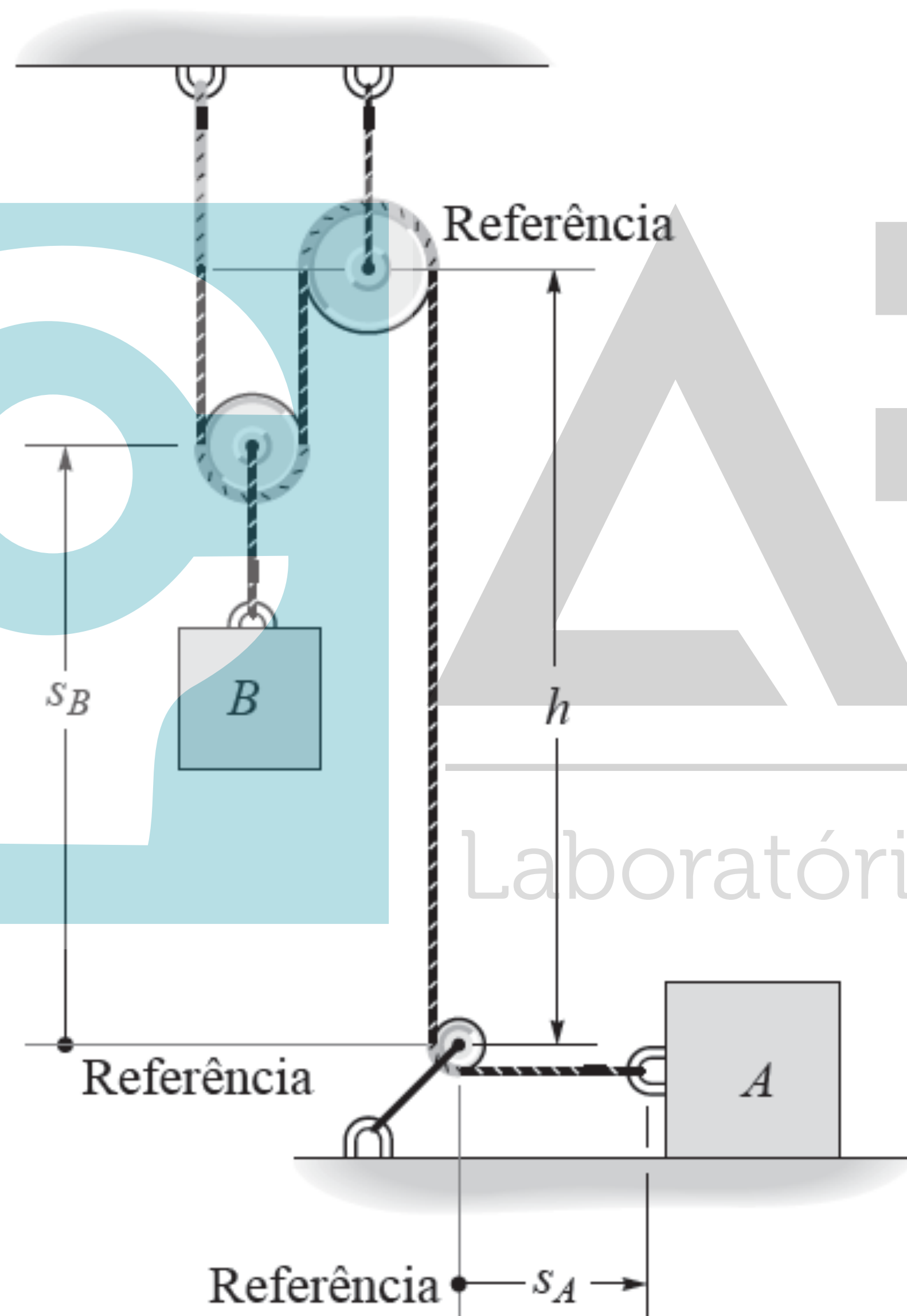
Movimento de duas partículas

Comprimento da corda:

$$2(h - s_B) + h + s_A = l$$

$$v_A = 2v_B$$

$$a_A = 2a_B$$



Revisão

Movimento de
duas partículas

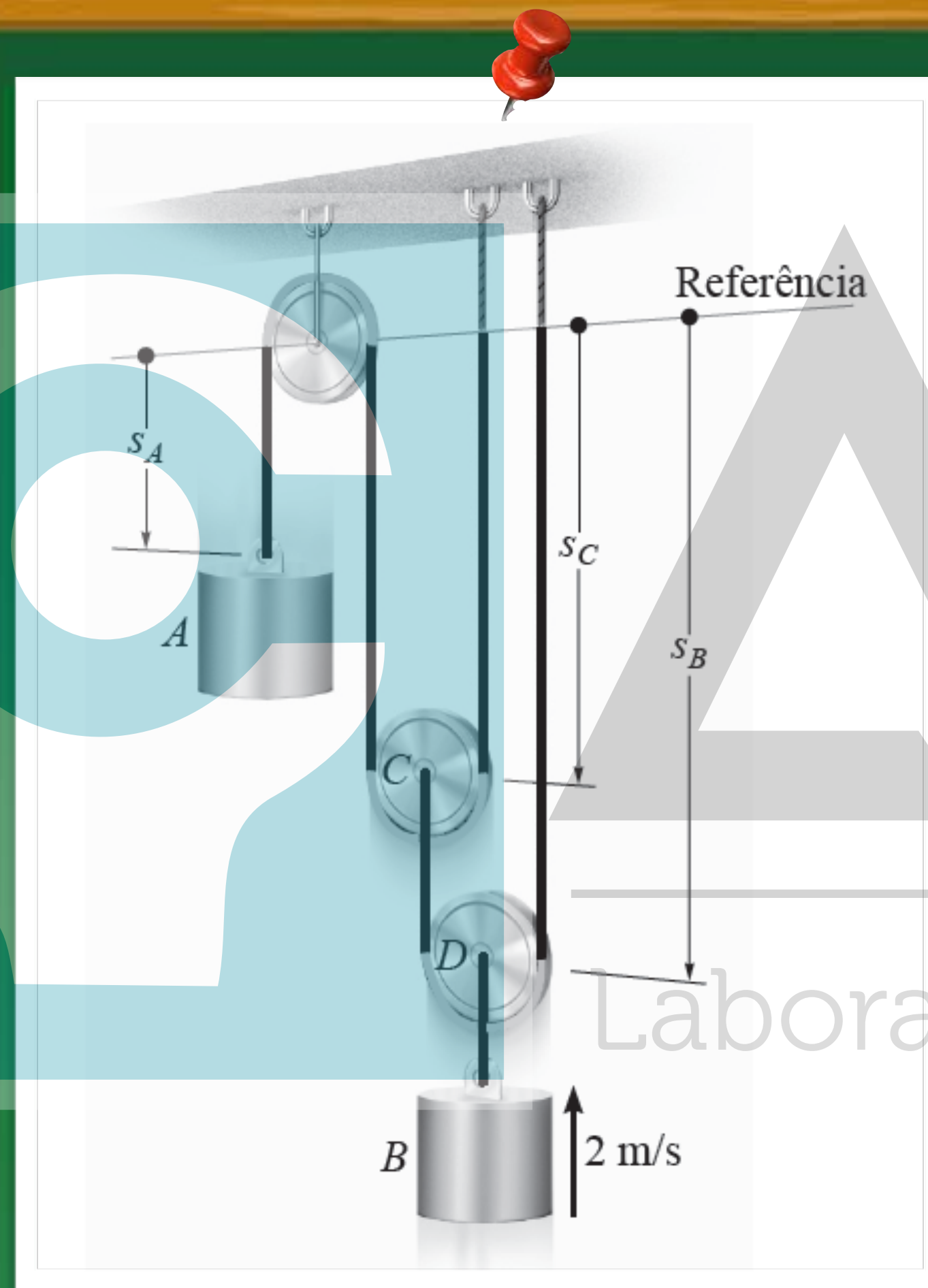
Conclusão

Exemplo 12.22

Revisão

Movimento de
duas partículas

Conclusão



$$v_B = 2 \text{ m/s}$$

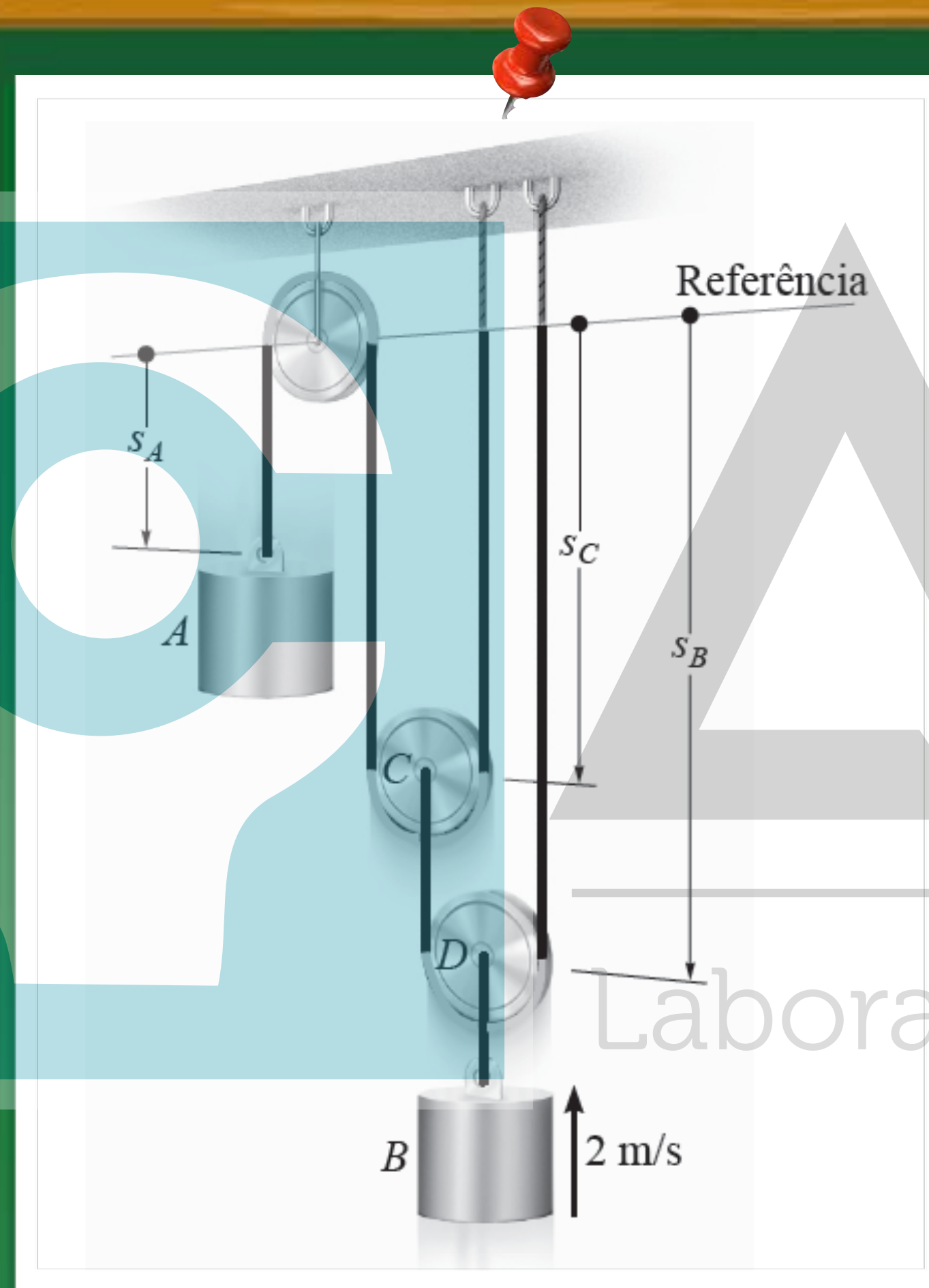
$$v_A?$$

Exemplo 12.22

Revisão

Movimento de
duas partículas

Conclusão



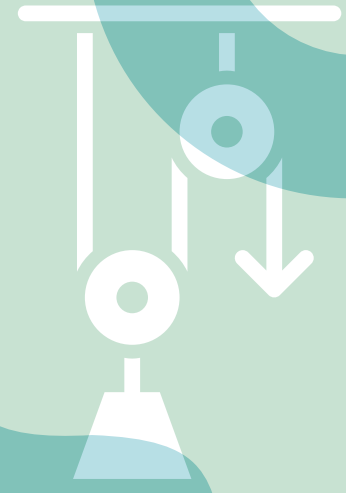
$$v_A = 8 \text{ m/s}^2$$



Laboratório de Controle de Robótica Avançada

Conteúdo

Revisão



- Movimento absoluto
- **Movimento relativo**
- Exemplo

Movimento de
duas partículas

Conclusão

Laboratório de Controle de Robótica Avançada

WTF?!

Revisão

Movimento de
duas partículas

Conclusão



Eixos em translação

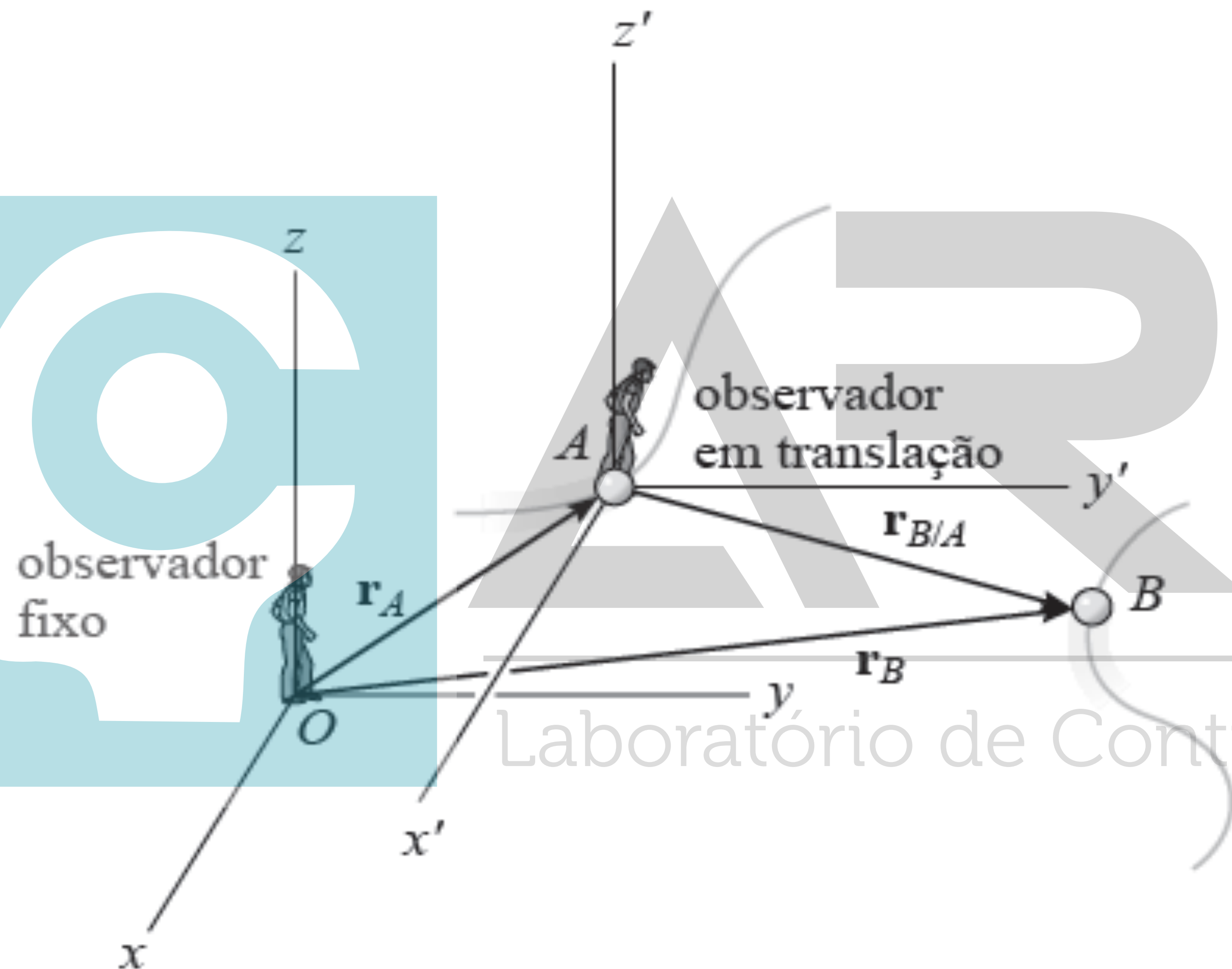
Posição absoluta:

$\mathbf{r}_A, \mathbf{r}_B$

Posição relativa:

$\mathbf{r}_{B/A}$

$$\mathbf{r}_A + \mathbf{r}_{B/A} = \mathbf{r}_B$$



Revisão

Movimento de
duas partículas

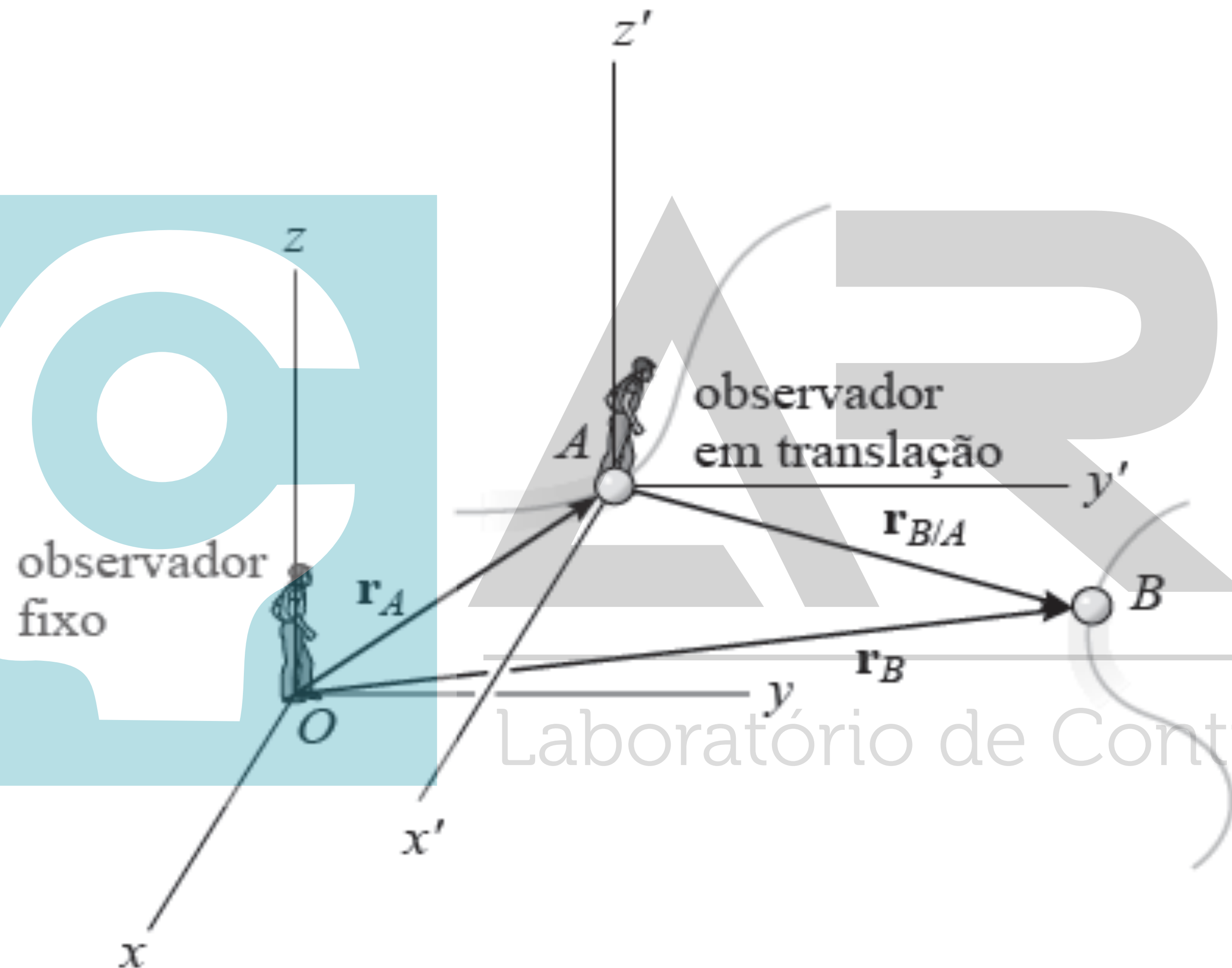
Conclusão

Eixos em translação

Revisão

Movimento de
duas partículas

Conclusão



$$\mathbf{r}_A + \mathbf{r}_{B/A} = \mathbf{r}_B$$

$$\mathbf{v}_A = \frac{d\mathbf{r}_A}{dt}$$

$$\mathbf{v}_B = \frac{d\mathbf{r}_B}{dt}$$

$$\mathbf{v}_{B/A} = \frac{d\mathbf{r}_{B/A}}{dt}$$

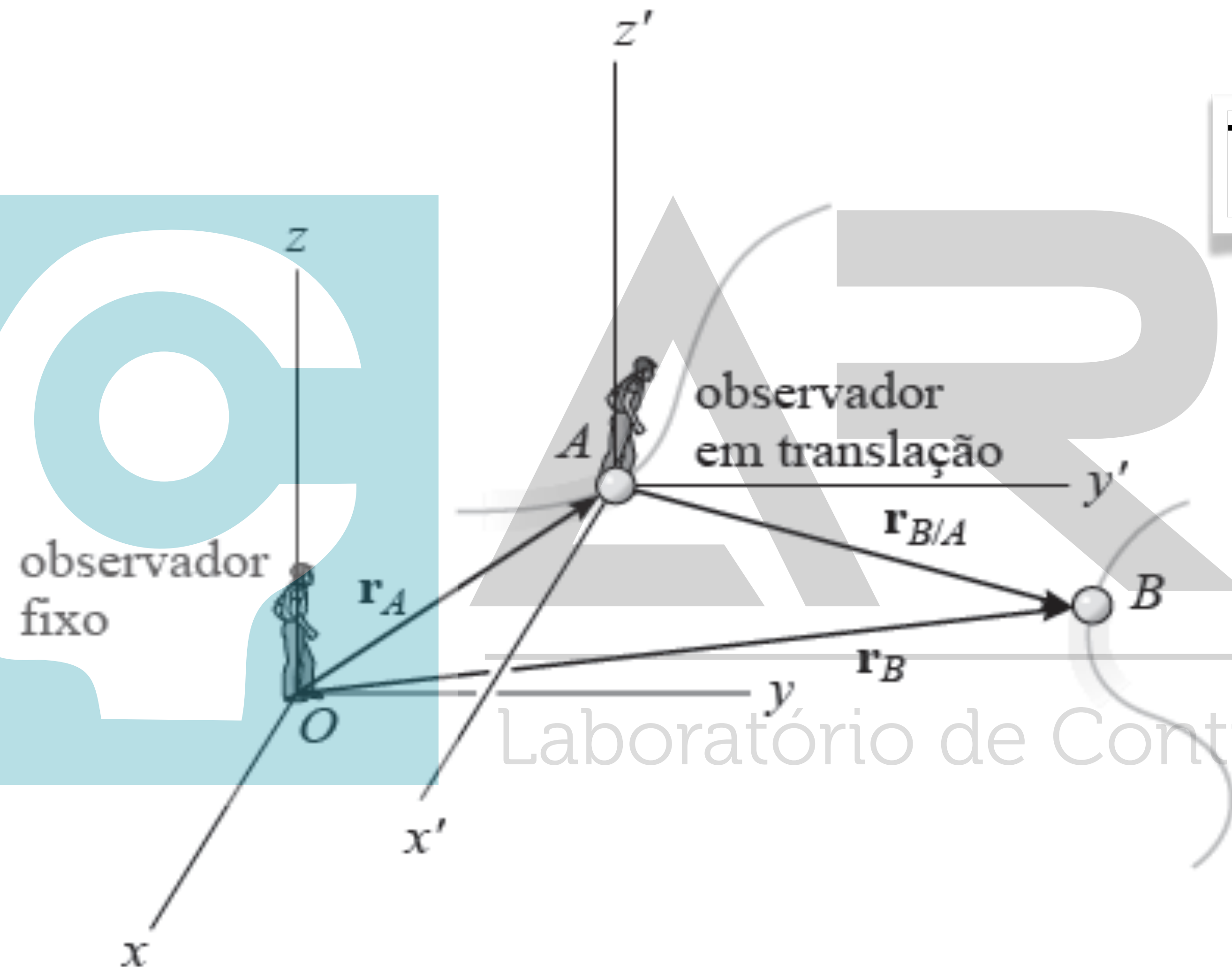
$$\mathbf{v}_A + \mathbf{v}_{B/A} = \mathbf{v}_B$$

Eixos em translação

Revisão

Movimento de
duas partículas

Conclusão



$$\mathbf{v}_A + \mathbf{v}_{B/A} = \mathbf{v}_B$$

$$\mathbf{a}_A + \mathbf{a}_{B/A} = \mathbf{a}_B$$

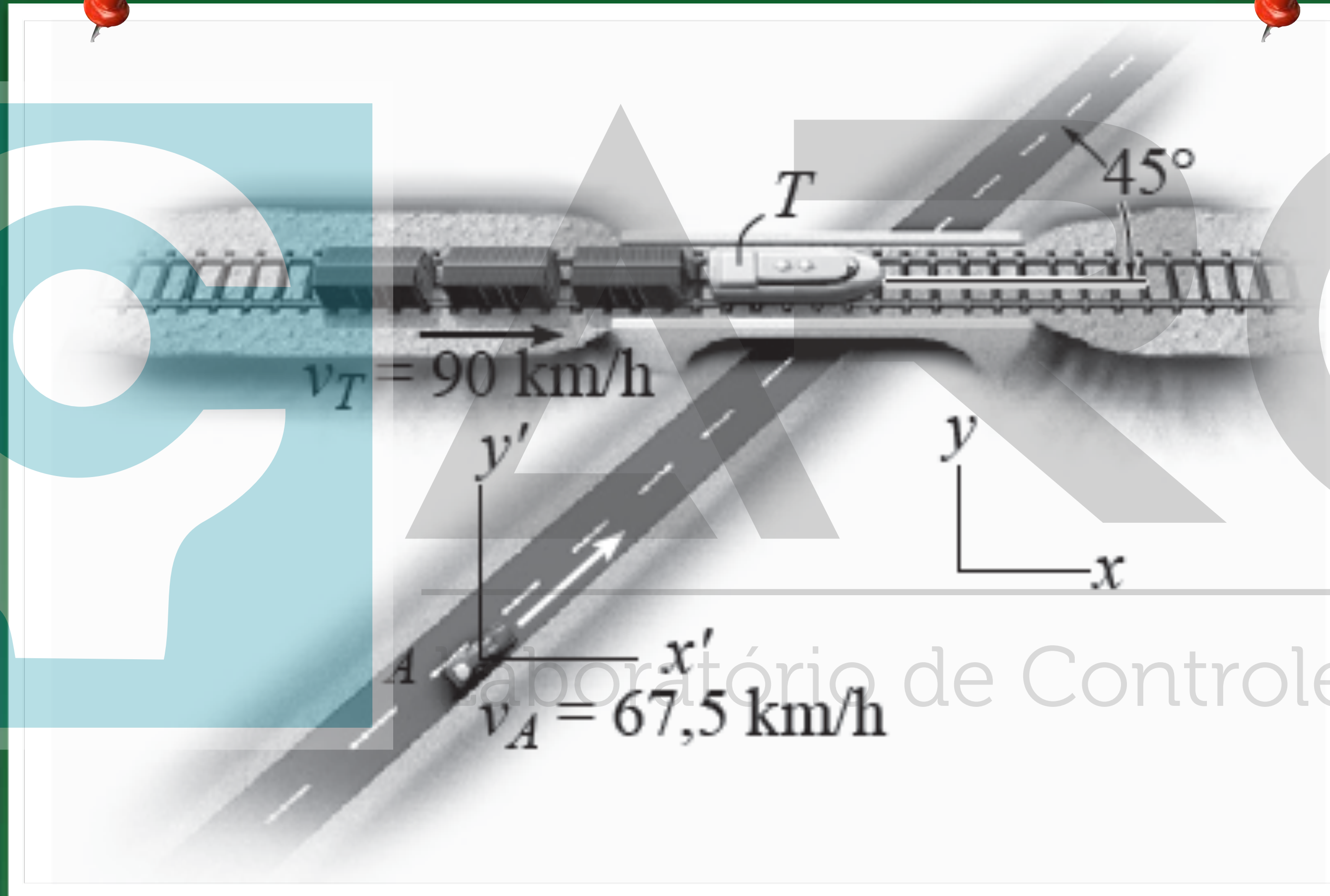
Laboratório de Controle de Robótica Avancada

Exemplo 12.25

Revisão

Movimento de
duas partículas

Conclusão



$v_{T/A}?$

Conteúdo

Revisão

Movimento de
duas partículas

ARC Lab

Laboratório de Controle de Robótica Avancada



- “Take-home messages”
- Próxima aula...

Conclusão

“Take-home messages”

Revisão

Movimento de
duas partículas

Conclusão



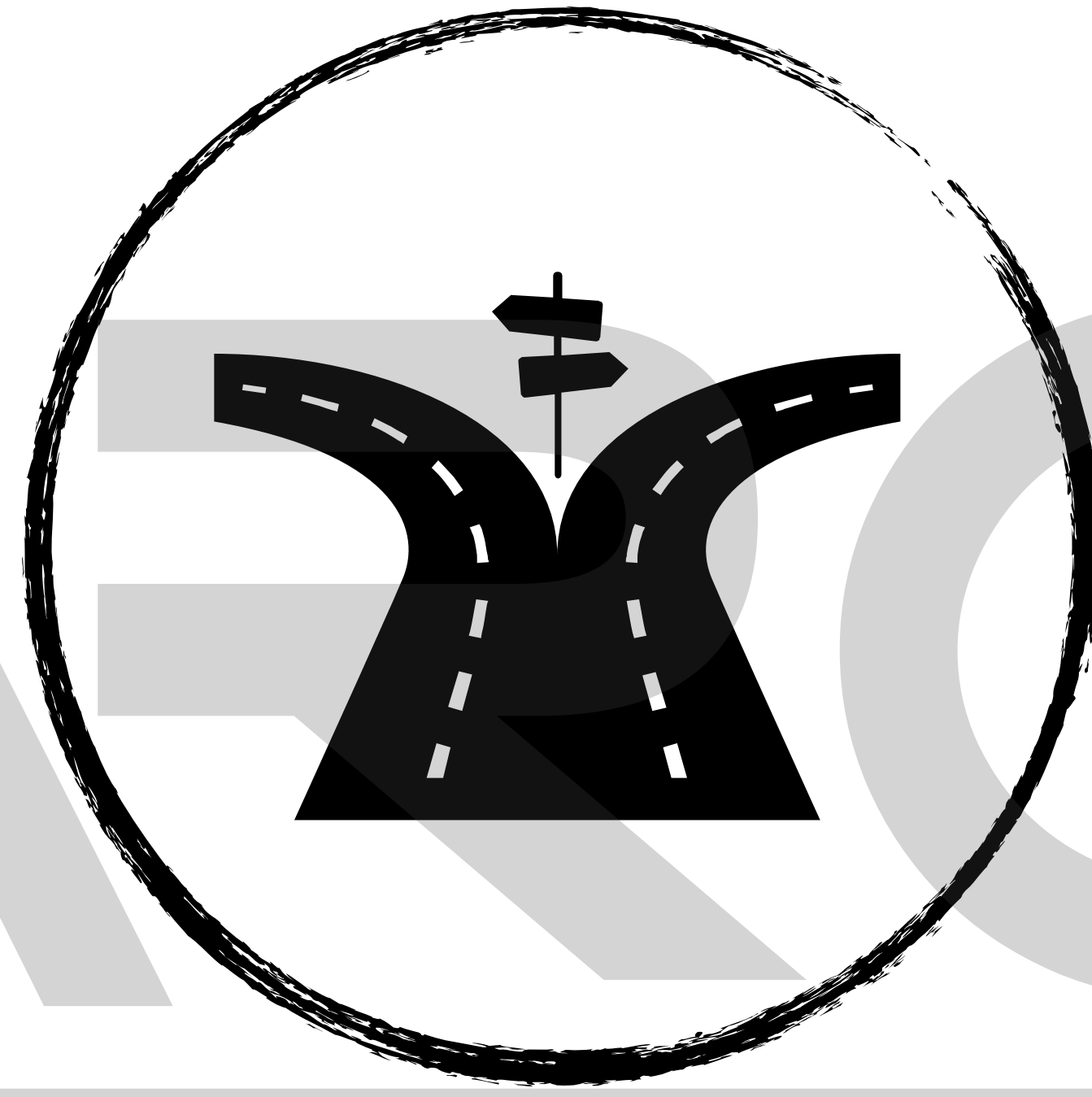
Utiliza-se geometria e/ou trigonometria para relacionar as coordenadas das duas partículas

“Take-home messages”

Revisão

Movimento de
duas partículas

Conclusão



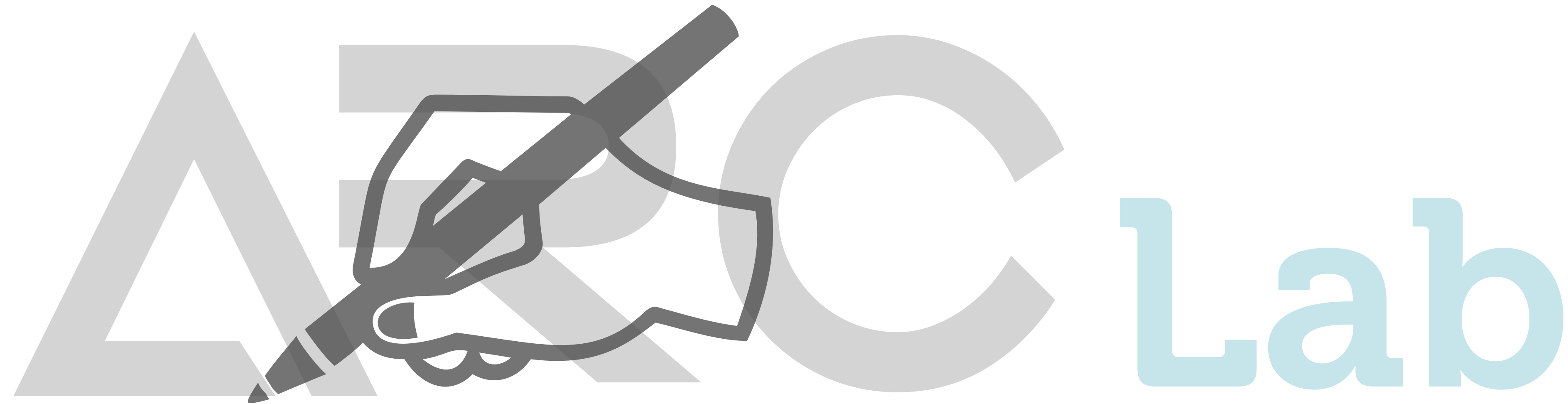
Eixos de translação pode ser utilizados para
descrever um **movimento relativo**,
produzindo equações escalares em **x, y, z** .

Lista de exercícios para próxima aula...

Introdução

Movimento
Curvilíneo

Conclusão



Laboratório de Controle de Robótica Avancada

12.195, 12.202, 12.208, 12.231



That's all Folks!

Laboratorio de Controle de Robótica Avancada