

# **SEM0501**

## **Dinâmica Aplicada às Máquinas**

---

Aula #2: Movimento retilíneo

**Prof. Dr. Thiago Boaventura**  
[tboaventura@usp.br](mailto:tboaventura@usp.br)

São Carlos, 08/08/18

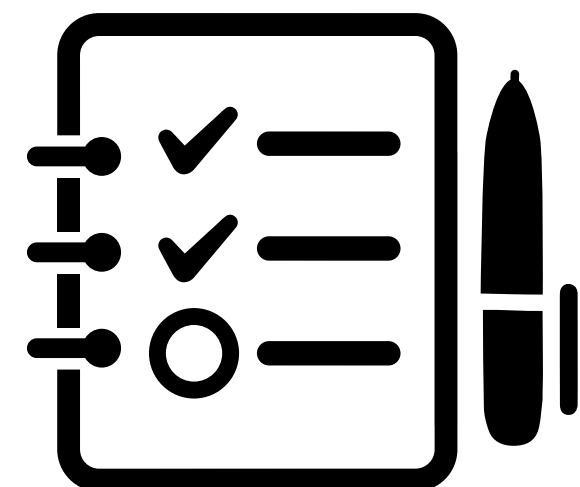




Na aula  
passada...

EESC • USP

# Avaliação



2 Provas: 60% da nota final

$$N_{\text{provas}} = 0.4N_{P1} + 0.6N_{P2}$$



Participação: 40% da nota final

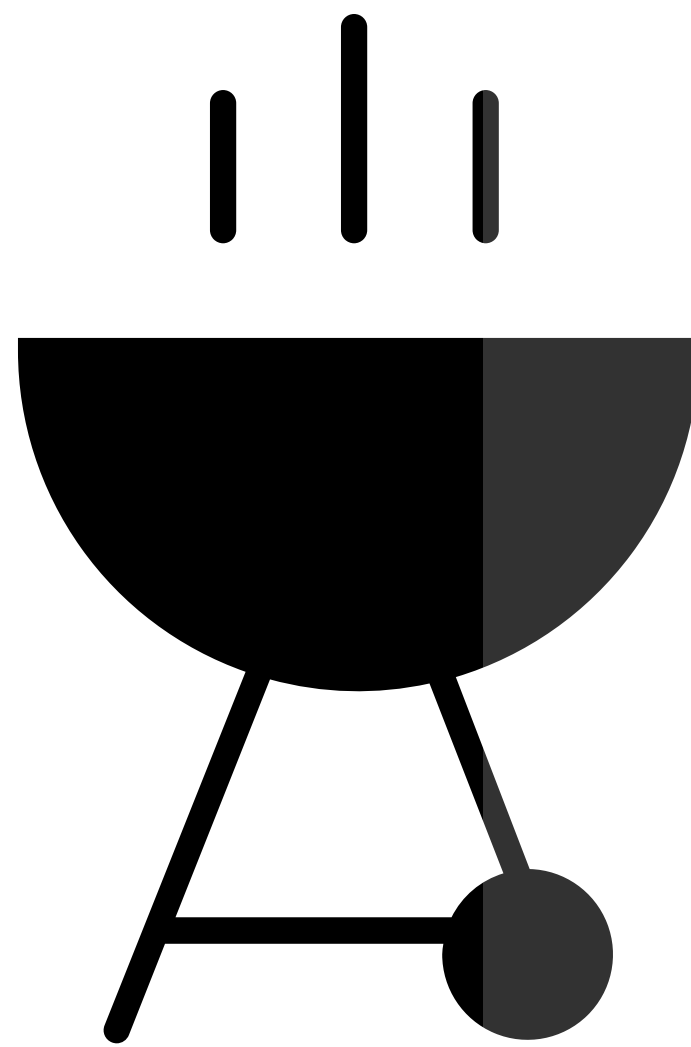
$$N_{\text{part}} = 0.5N_{\text{exer}} + 0.5N_{\text{proj}}$$

$$N = 0.6N_{\text{provas}} + 0.4N_{\text{part}}$$



# Motivação extra

*if*  $N \geq 9.0$  {



$BBQ = true;$

}

07/12/2018

Entrada: pão com alho, lingüicinha; Principal: contra-filé, copa lombo, maminha ao alho, picanha, arroz, feijão tropeiro, mandioca



# Programa e calendário

## Cinemática de um ponto material em 2D

#1	01/08/2018	Apresentação e introdução
—	06/08/2018	Não haverá aula - Luto Prof. Hélio Navarro
#2	08/08/2018	Movimento retilíneo: movimento contínuo e irregular
—	13/08/2018	Não haverá aula - Semana da Produção
—	15/08/2018	Não haverá aula - Semana da Produção
#3	20/08/2018	Movimento curvilíneo geral e componentes cartesianos
#4	22/08/2018	Movimento curvilíneo: componentes normal, tangencial, e cilíndricos
—	27/08/2018	Não haverá aula - Professor ausente
—	29/08/2018	Não haverá aula - Professor ausente
—	03/09/2018	Feriado – Semana da Pátria
—	05/09/2018	Feriado – Semana da Pátria
#5	10/09/2018	Movimento relativo: cabos, roldanas, sistemas em translação

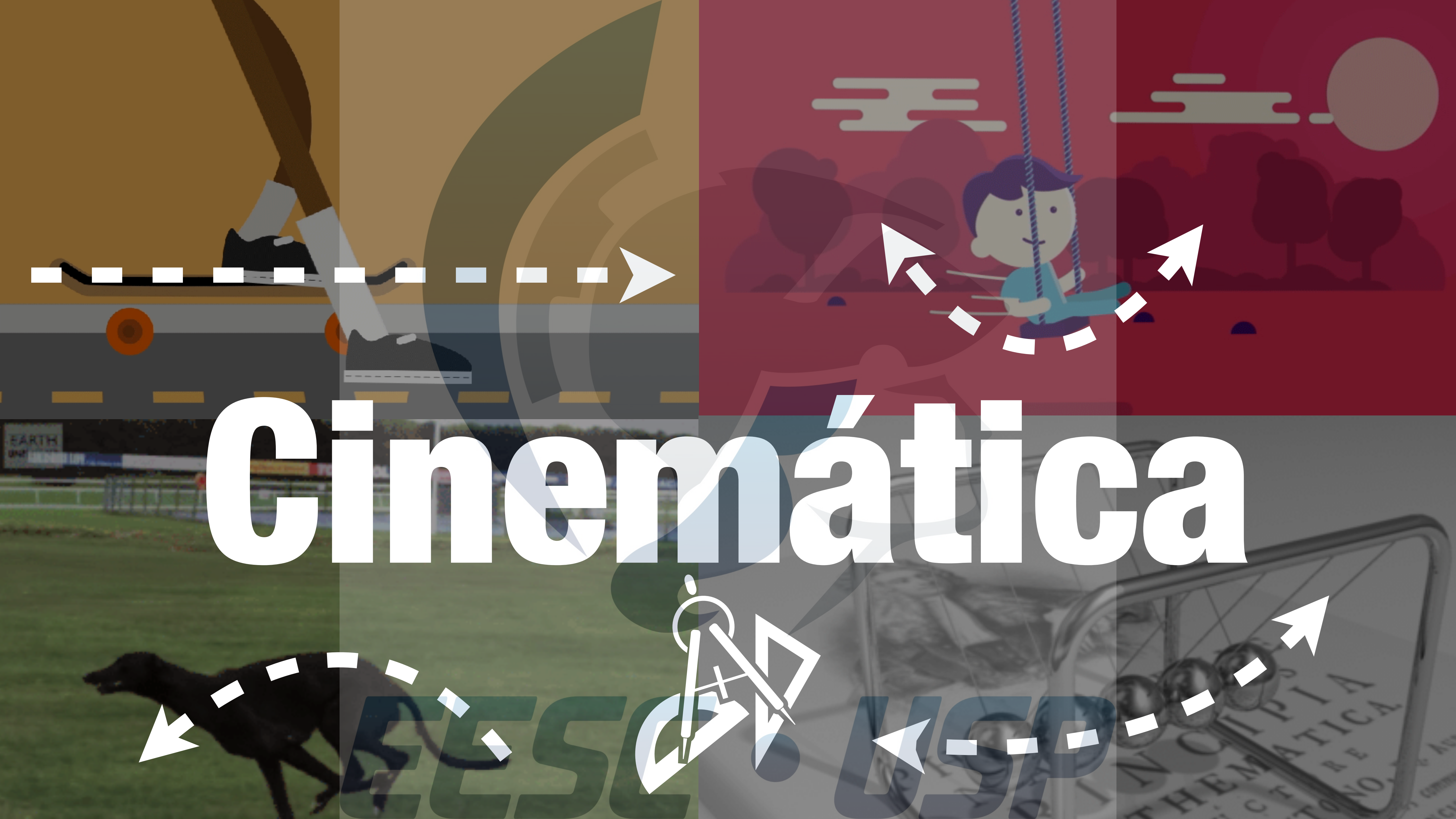


# Cinematática



FEESC

USP



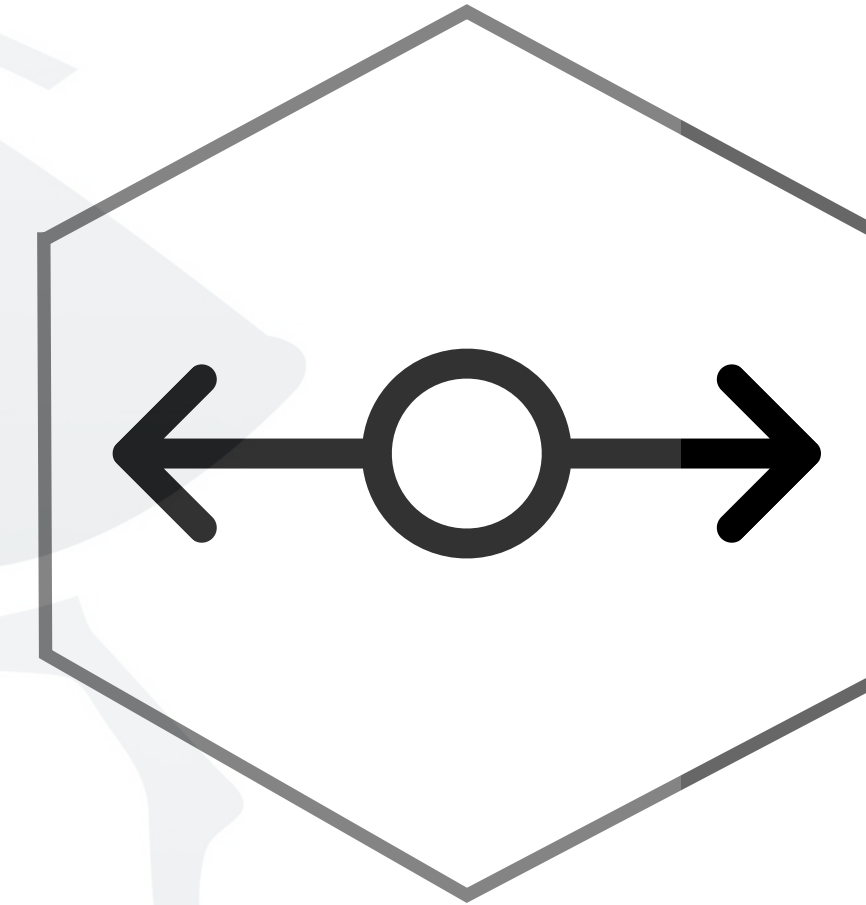


# Objetivos da aula

---

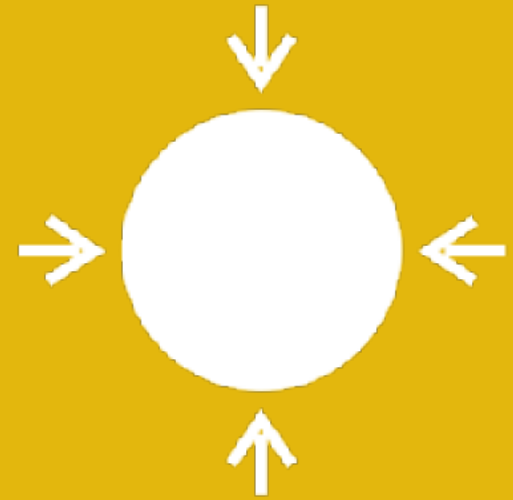


Introduzir os conceitos de **posição, deslocamento, velocidade e aceleração.**



Estudar o movimento de uma partícula ao longo de uma **linha reta** e representar este movimento **graficamente.**

# Conteúdo



- Conceitos básicos
- Procedimento para análise
- Exemplo

Movimento  
contínuo



- Gráficos s-t, v-t, a-t
- Gráficos v-s, a-s
- Exemplos

Movimento  
irregular

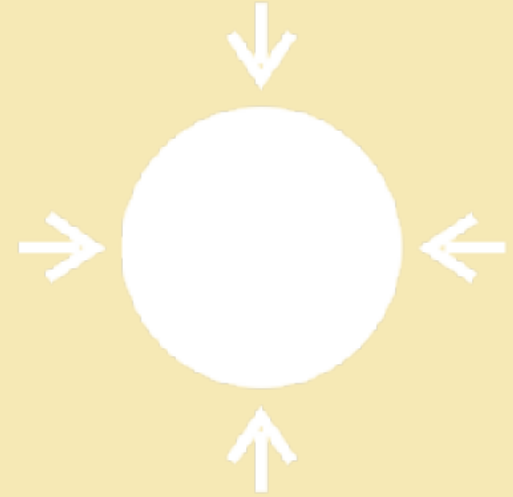


- “Take-home messages”
- Próxima aula...

Conclusão



# Conteúdo



- Conceitos básicos
- Procedimento para análise
- Exemplo

Movimento  
contínuo

Movimento  
irregular

Conclusão



# Lembretes!

Movimento  
contínuo

Movimento  
irregular

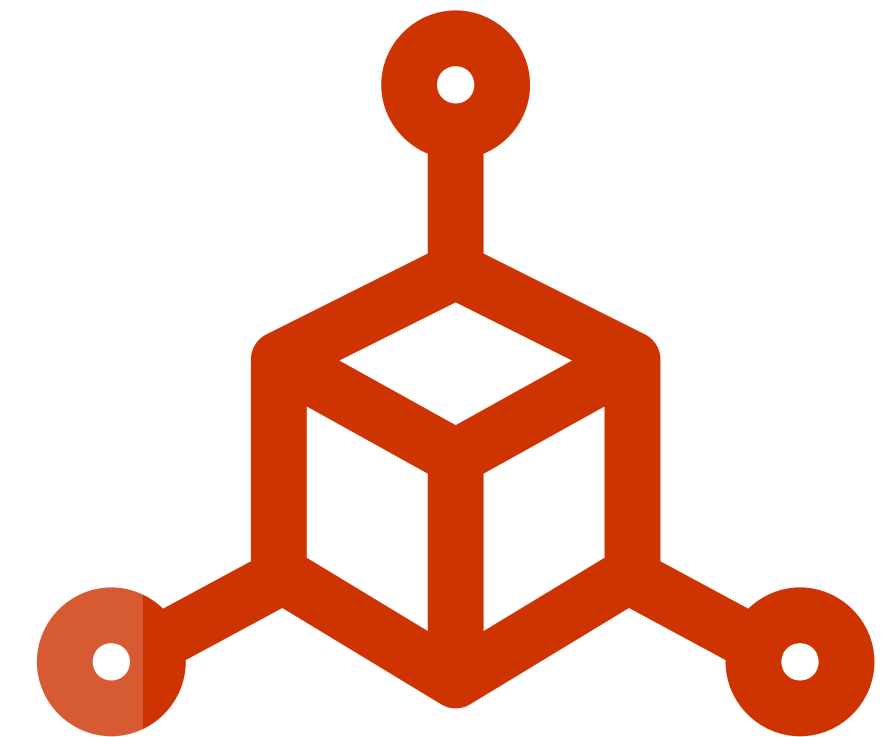
Conclusão



possui **massa**



**Partícula**  
(ponto material)



forma e dimensão  
**desprezíveis**

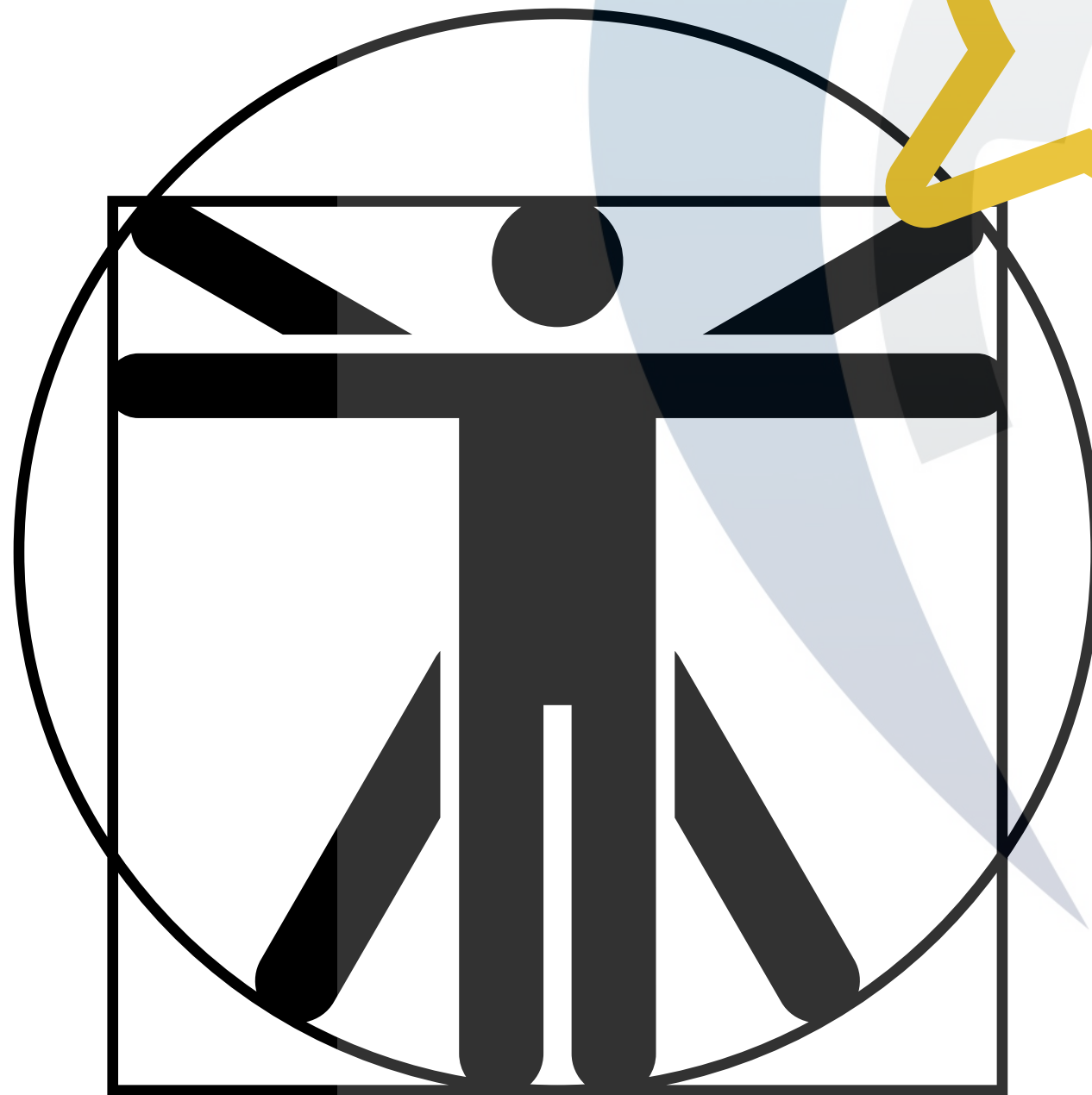


# Lembretes!

Movimento  
contínuo

Movimento  
irregular

Conclusão



2D!

Somente no  
**PLANO**



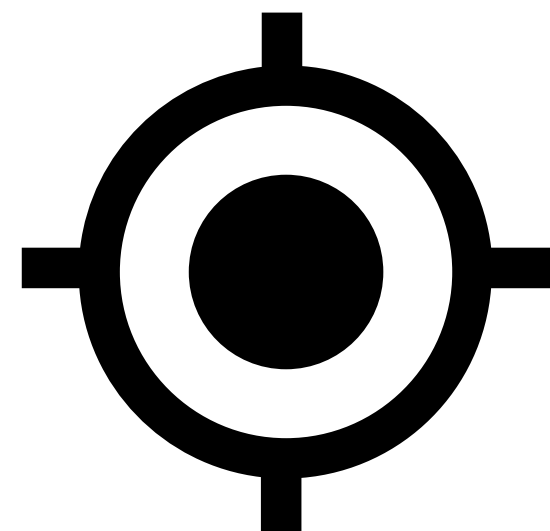
# Lembretes!

Movimento  
contínuo

Cinemática retilínea



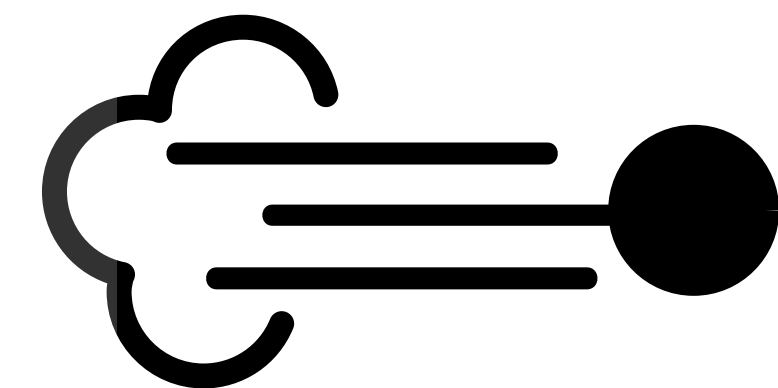
Movimento  
irregular



**Posição**



**Velocidade**



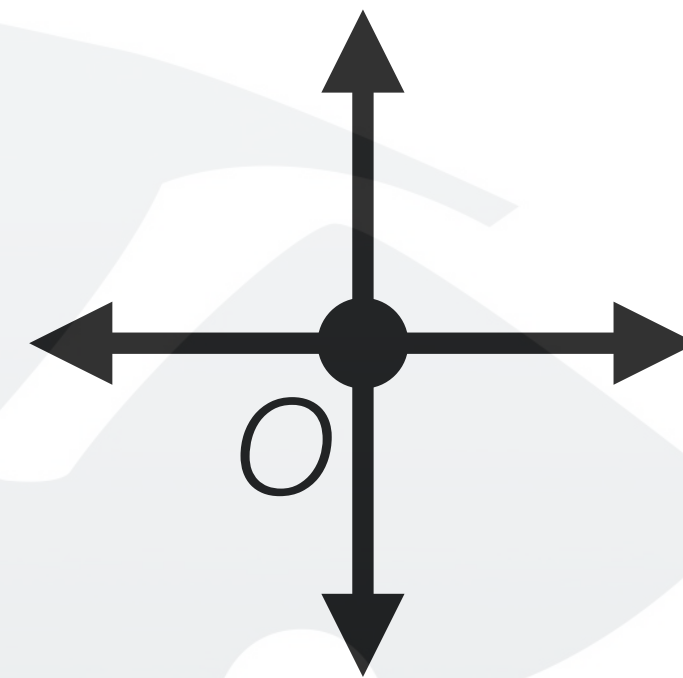
**Aceleração**

Conclusão



# Posição

**vetor**



sistema de  
coordenadas



Posição

Movimento  
contínuo

Movimento  
irregular

Conclusão



# Deslocamento

Movimento  
contínuo

Movimento  
irregular

Conclusão



**vetor** 

$$\Delta s = s' - s$$

Deslocamento

distância percorrida:  
comprimento total da trajetória

**escalar**



# Velocidade

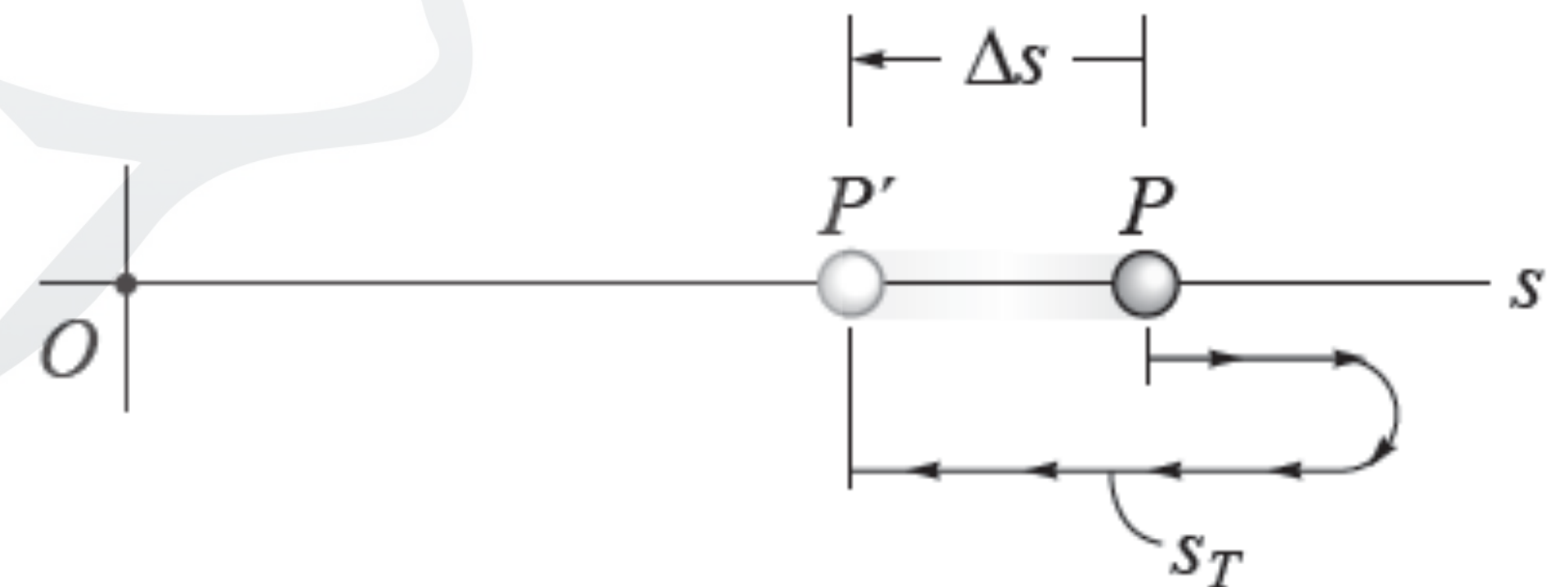
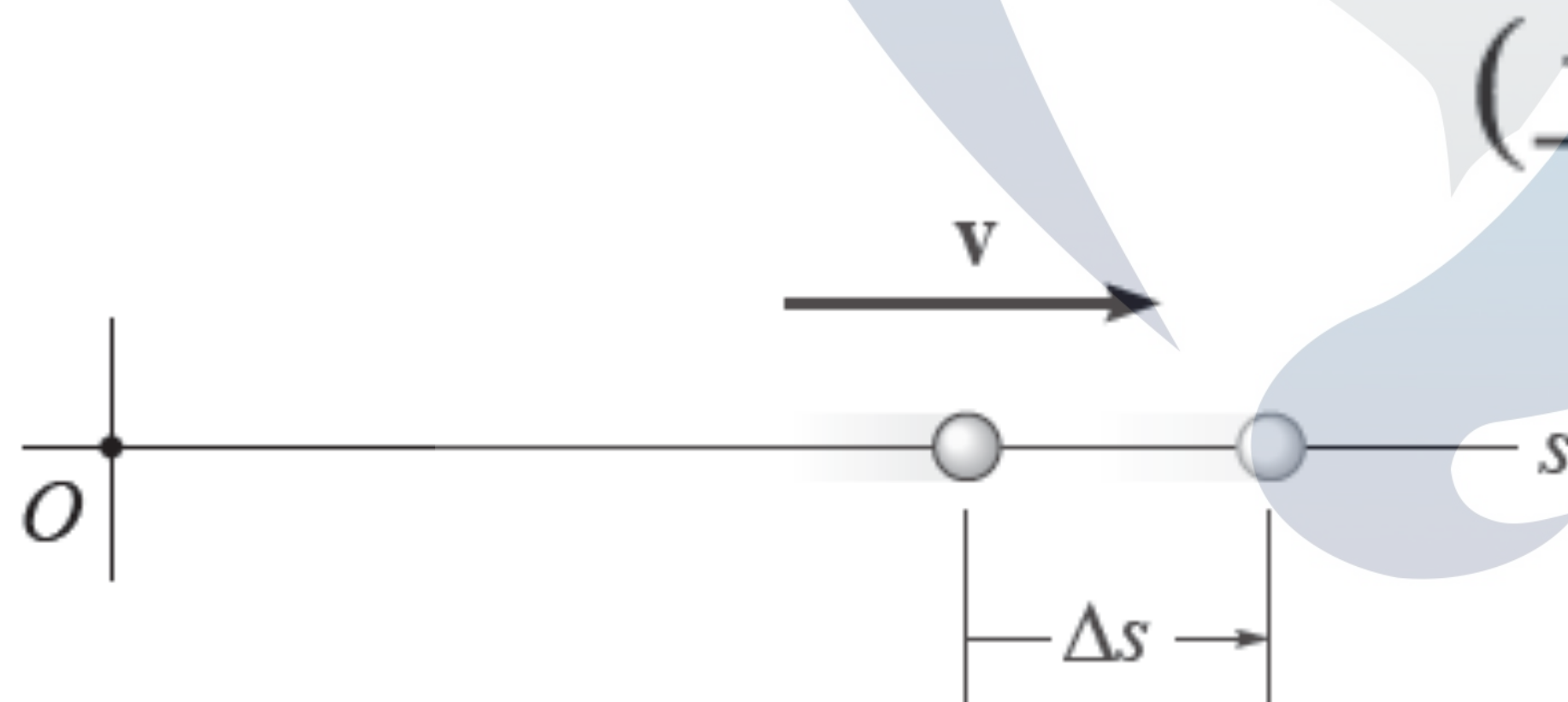
**v**etores

**escalar**

$$v_{med} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

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

$$(v_{sp})_{med} = \frac{s_T}{\Delta t}$$



Velocidade

Velocidade média e  
Velocidade escalar média

Movimento  
contínuo

Movimento  
irregular

Conclusão



# Aceleração

$$a_{med} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$a = \frac{dv}{dt} \quad (\pm \rightarrow)$$



Aceleração

Desaceleração

Movimento  
contínuo

Movimento  
irregular

Conclusão



# Aceleração

relação diferencial  
importante:

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

$$a = \frac{dv}{dt}$$

$(\pm \rightarrow)$   $a \, ds = v \, dv$

Movimento  
contínuo

Movimento  
irregular

Conclusão



# Aceleração constante

se  $a = a_c \dots$

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

$$a = \frac{dv}{dt}$$

$$a \, ds = v \, dv$$

... podem ser  
integradas!

Movimento  
contínuo

Movimento  
irregular

Conclusão

# Velocidade como uma função do tempo

Movimento  
contínuo

Movimento  
irregular

Conclusão

$$v = v_0 + a_c t$$

Aceleração constante

$$s = s_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a_c t^2$$

Aceleração constante

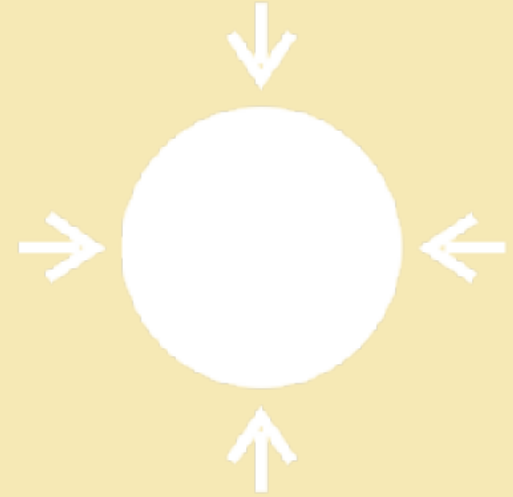
$$\left( \begin{array}{c} + \\ \rightarrow \end{array} \right)$$

$$v^2 = v_0^2 + 2a_c (s - s_0)$$

Aceleração constante



# Conteúdo



- Conceitos básicos
- **Procedimento para análise**
- Exemplo

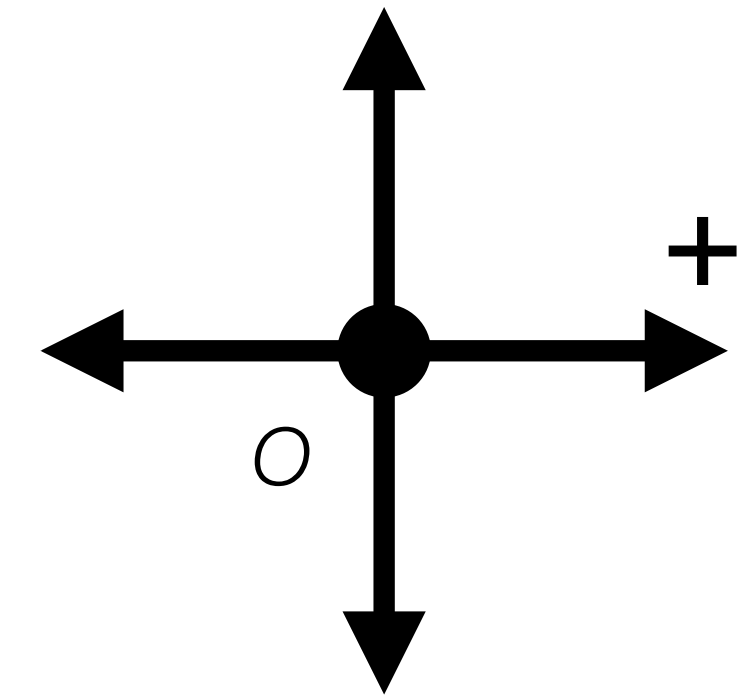
Movimento  
contínuo

Movimento  
irregular

Conclusão

# Procedimento para análise

## Sistema de coordenadas



**1.** Estabeleça uma **coordenada** de posição  **$s$**  ao longo da trajetória e especifique sua **origem** fixa e **direção** positiva.

**2.** Visto que o movimento é ao longo de uma linha reta, as quantidades vetoriais de **posição**, **velocidade** e **aceleração** podem ser representadas como grandezas escalares algébricas. Para trabalho analítico, o sentido de  **$s$** ,  **$v$**  e  **$a$**  é, então, definido por seus **sinais algébricos**.

**3.** O sentido **positivo** para cada um desses escalares pode ser indicado por uma **seta** mostrada ao lado de cada equação cinemática na forma que ela é aplicada.



Movimento  
contínuo

Movimento  
irregular

Conclusão



# Procedimento para análise

## Equações cinemáticas

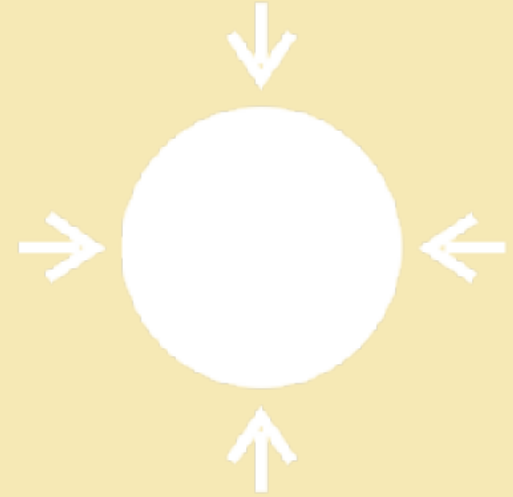
1. Sempre que uma **integração** for feita, é importante que a **posição** e a **velocidade** sejam conhecidas em dado instante de tempo a fim de se avaliar ou a constante de integração, se uma integral indefinida for usada, ou os limites de integração, se for usada uma integral definida.
2. Lembre-se de que as equações vistas anteriormente têm uso **limitado**. Essas equações podem ser aplicadas somente quando a **aceleração é constante** e as condições iniciais são  **$s = s_0$**  e  **$v = v_0$**  quando  **$t = 0$** .

Movimento  
contínuo

Movimento  
irregular

Conclusão

# Conteúdo



- ─ Conceitos básicos
- ─ Procedimento para análise
- ─ Exemplo

Movimento  
contínuo

Movimento  
irregular

Conclusão

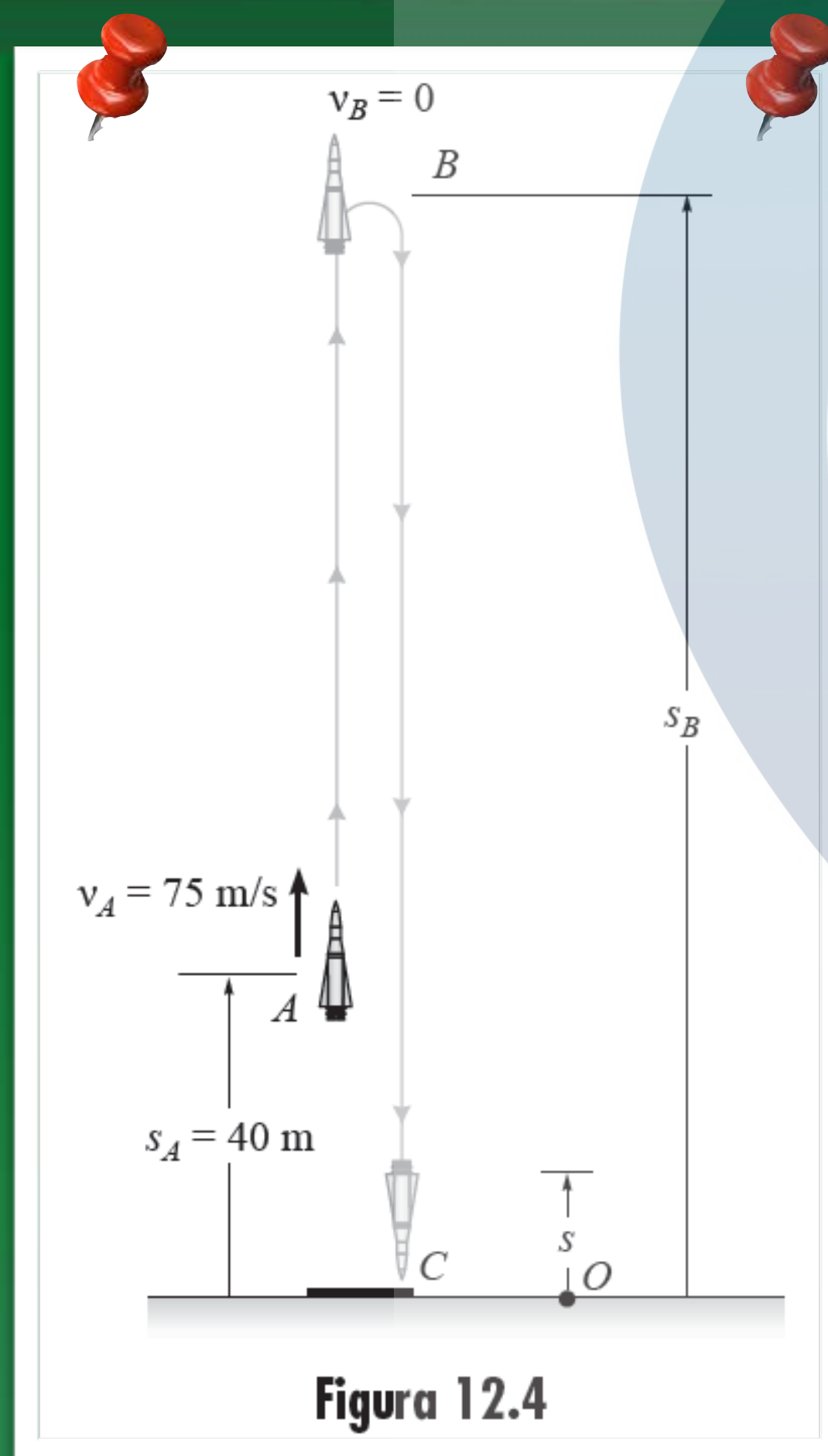


# Exemplo 12.3

Movimento  
contínuo

Movimento  
irregular

Conclusão



$$v_a = 75 \text{ m/s}$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$s_a = 40 \text{ m}$$

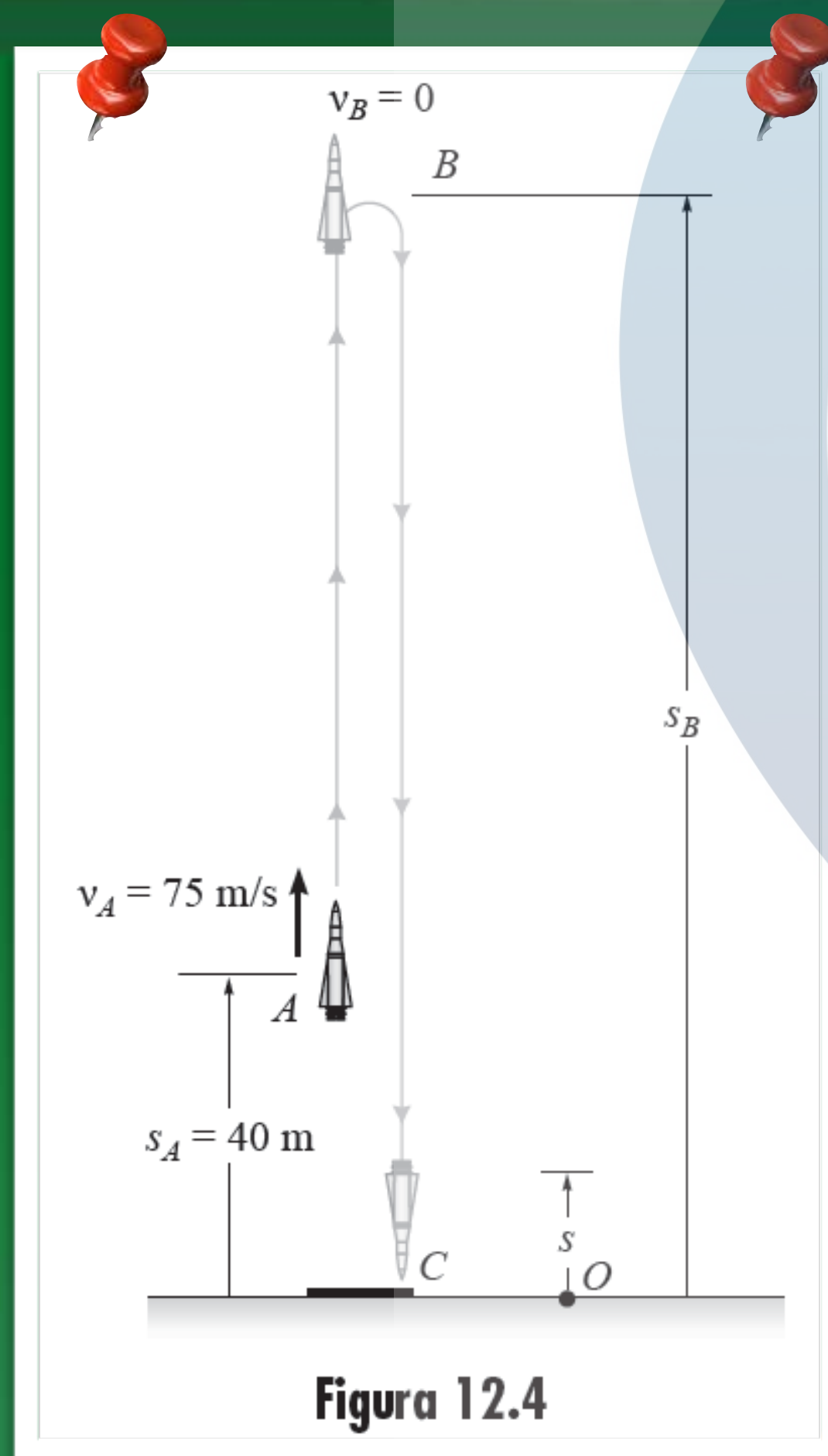
$$s_B? \quad v_C?$$

# Exemplo 12.3 - Resposta

Movimento  
contínuo

Movimento  
irregular

Conclusão



$$s_B = 327 \text{ m}$$

$$v_C = -80,1 \text{ m/s}$$



# Conteúdo

Movimento  
contínuo



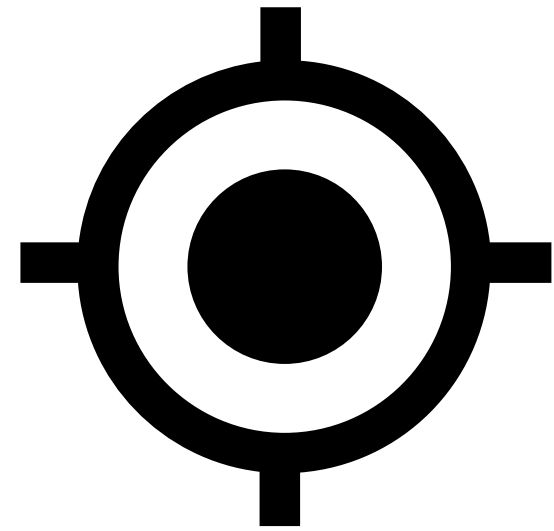
- Gráficos s-t, v-t, a-t
- Gráficos v-s, a-s
- Exemplos

Movimento  
irregular

Conclusão

# Movimento irregular

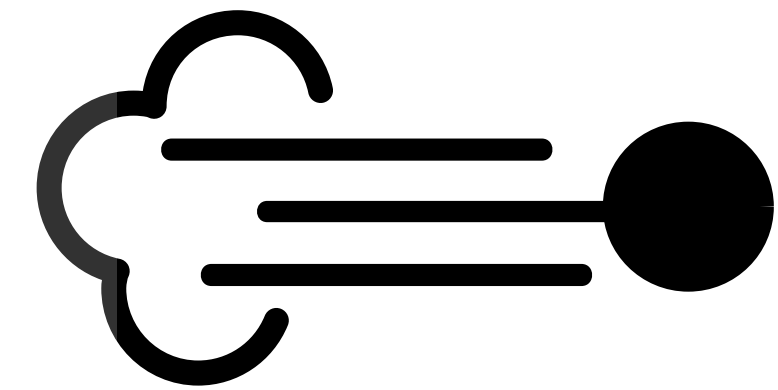
Movimento  
contínuo



**Posição**



**Velocidade**



**Aceleração**

Movimento  
irregular

Não podem ser descritas  
somente com **1** função!

Conclusão

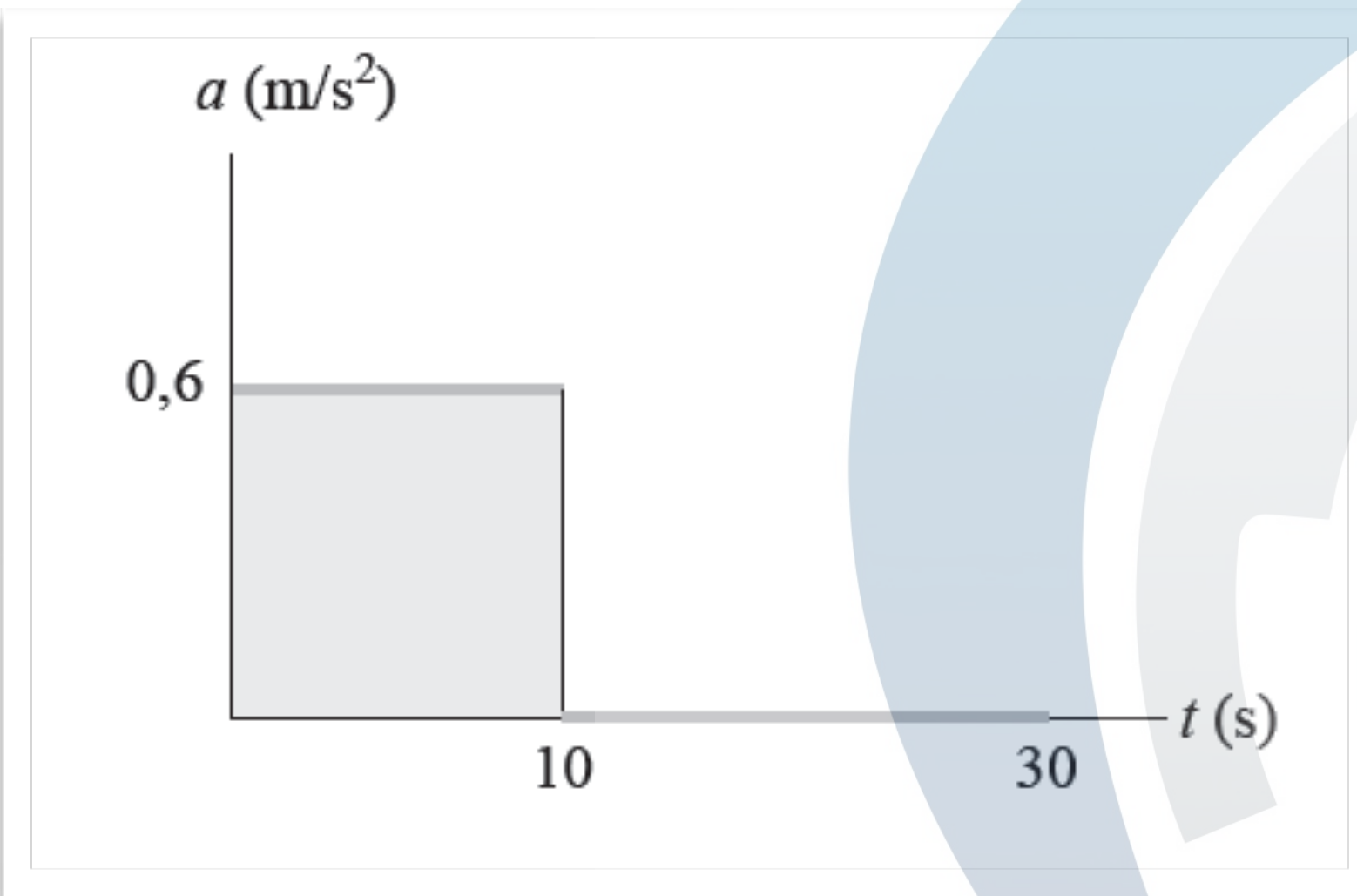


# Movimento irregular

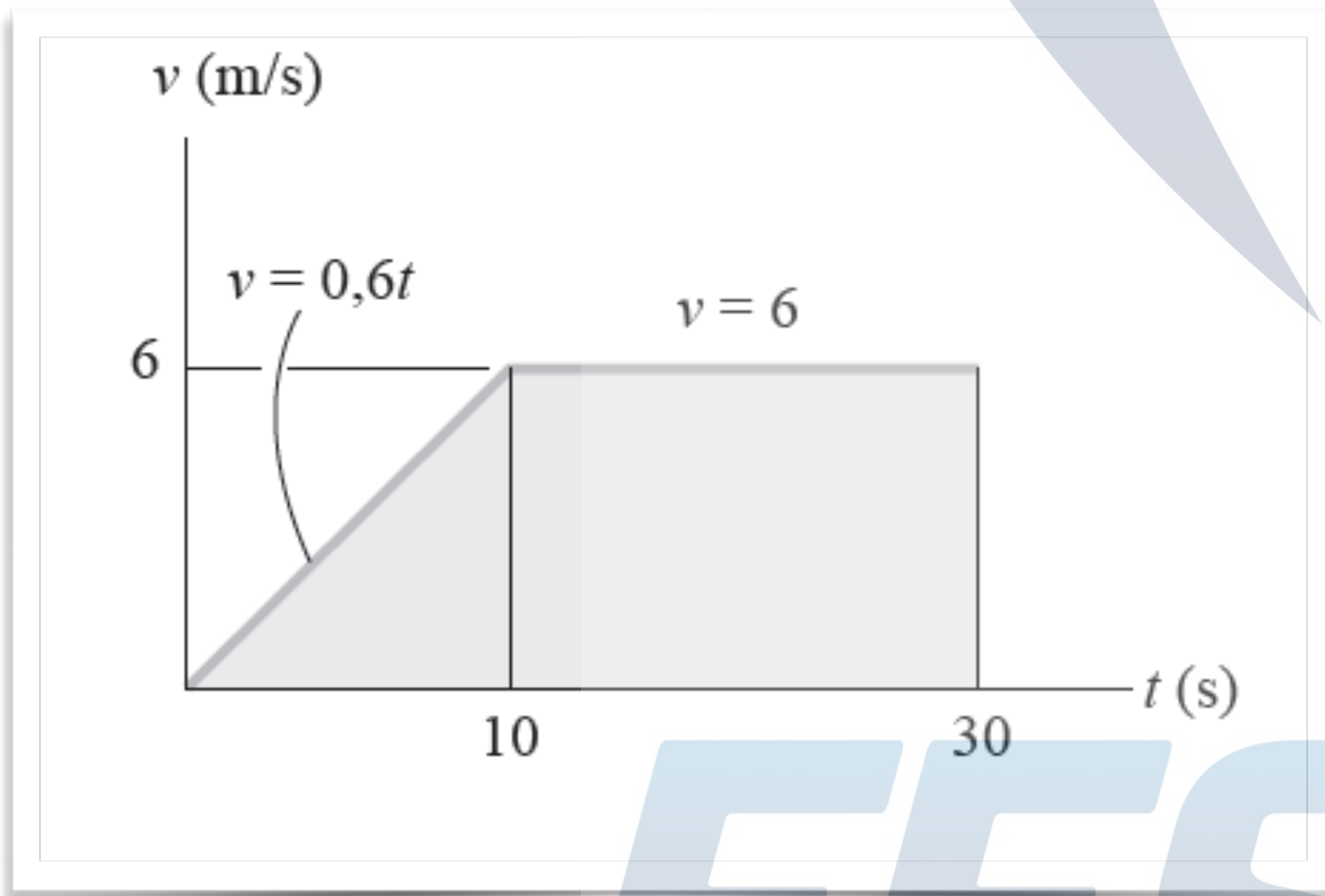
Movimento  
contínuo

Movimento  
irregular

Conclusão



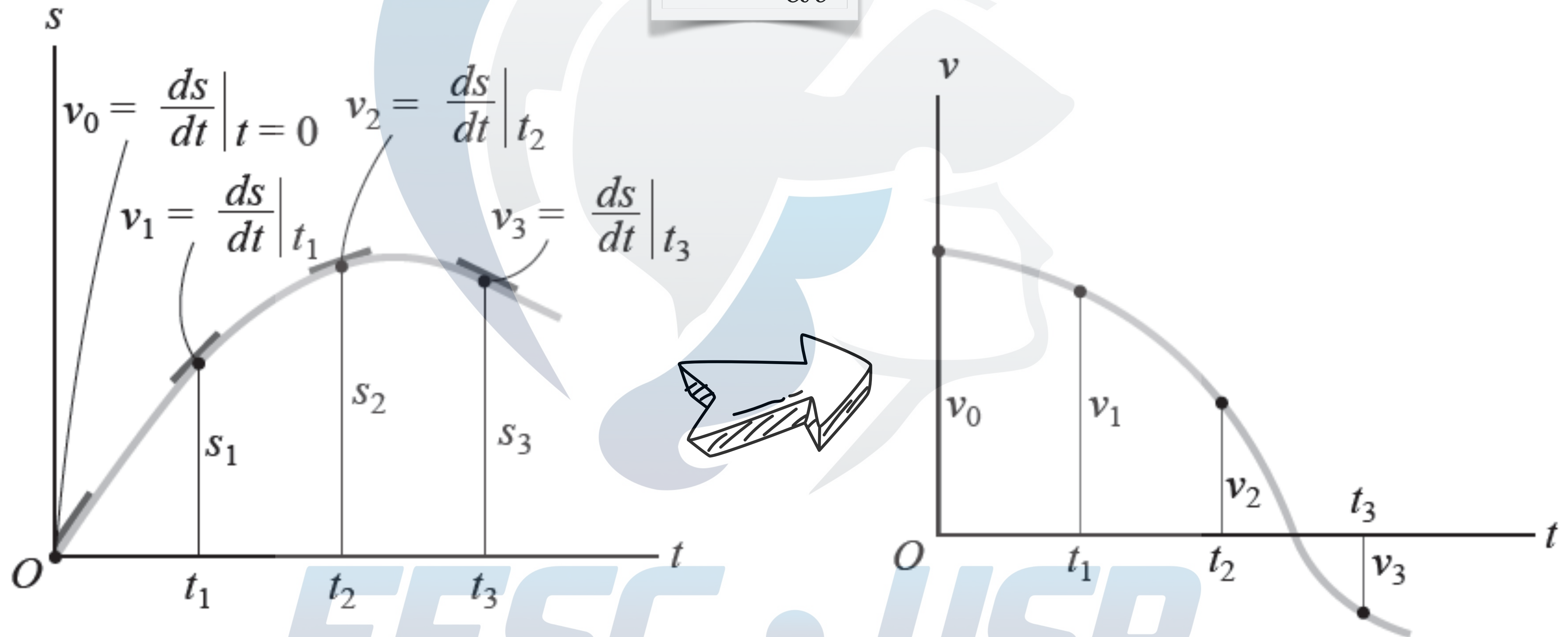
$$a(t) = \begin{cases} 0.6, & \text{if } 0 \leq t \leq 10. \\ 0, & \text{if } 10 < t \leq 30. \end{cases}$$



$$v(t) = \begin{cases} 0.6t, & \text{if } 0 \leq t \leq 10. \\ 6, & \text{if } 10 < t \leq 30. \end{cases}$$

# Gráficos s-t, v-t e a-t

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



Movimento  
contínuo

Movimento  
irregular

Conclusão



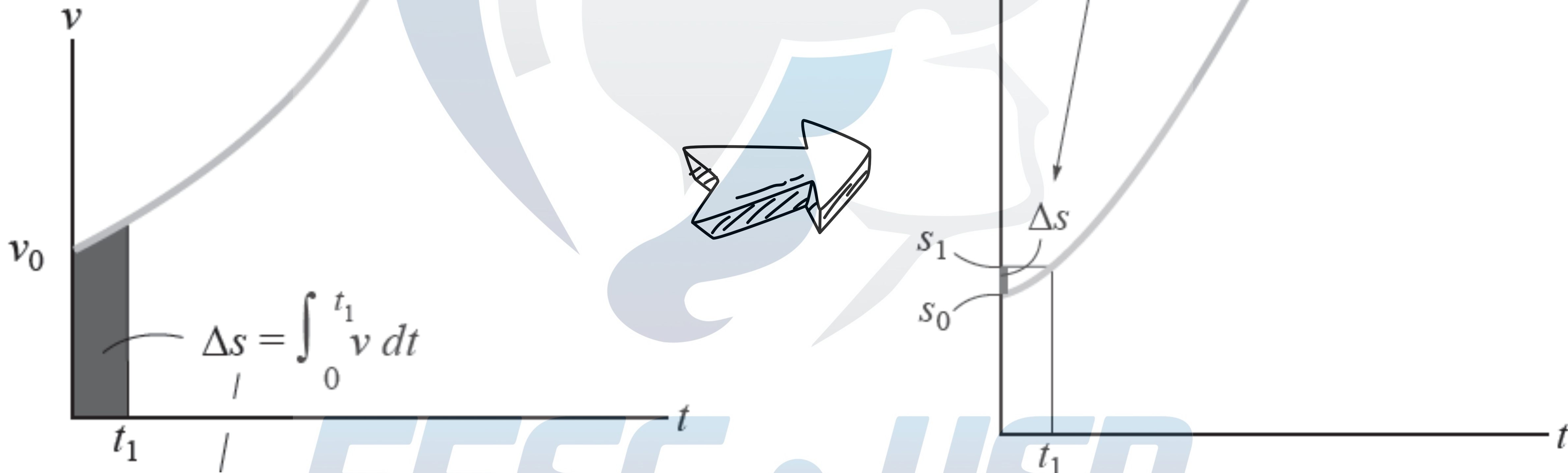
# Gráficos s-t, v-t e a-t

Movimento  
contínuo

Movimento  
irregular

Conclusão

$$\Delta s = \int v \, dt$$



# Gráficos s-t, v-t e a-t

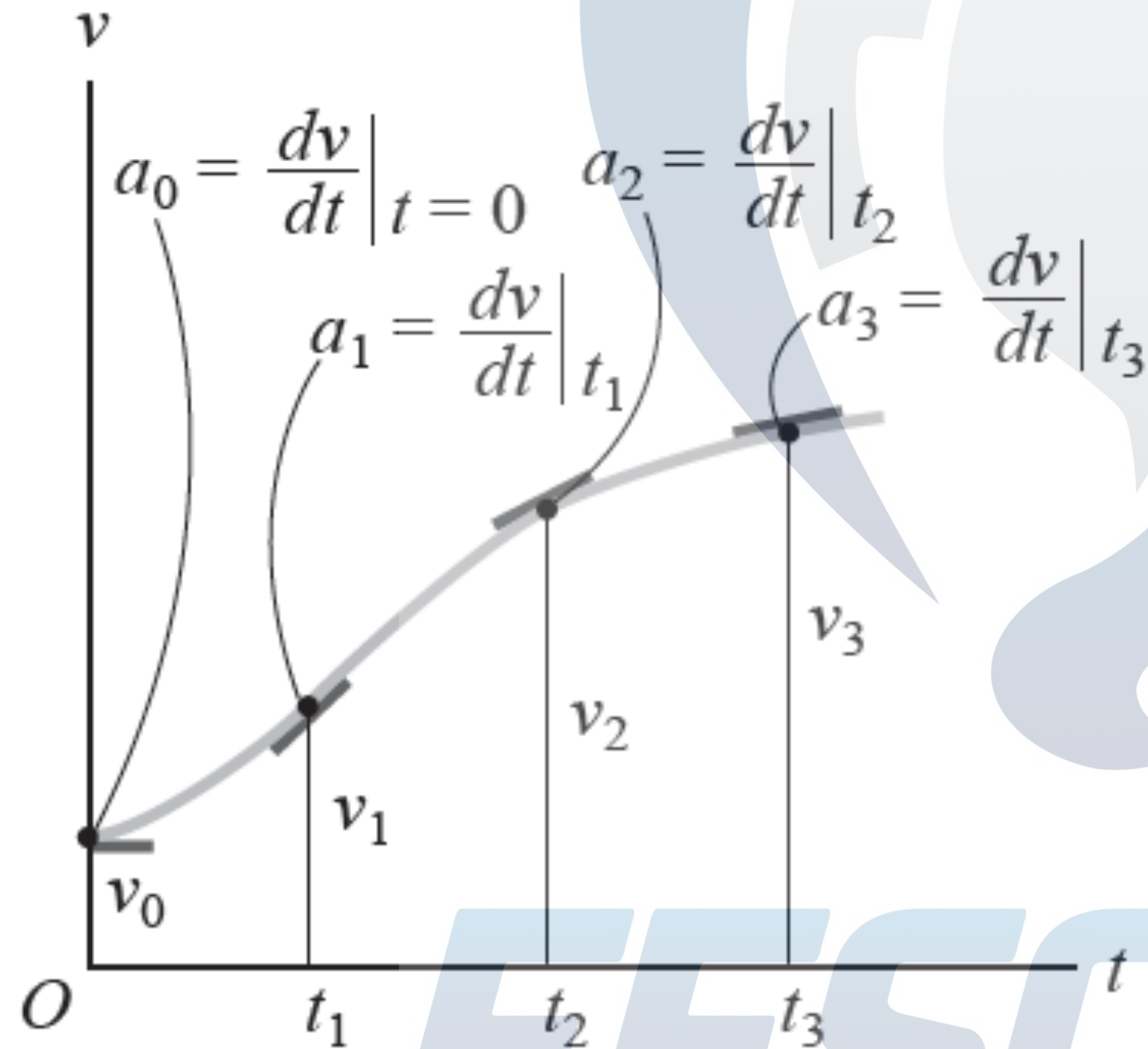
Movimento  
contínuo

Movimento  
irregular

Conclusão

$$a = \frac{dv}{dt}$$

$$\Delta v = \int a \, dt$$





# Conteúdo

Movimento  
contínuo



- Gráficos s-t, v-t, a-t
- Gráficos v-s, a-s
- Exemplos

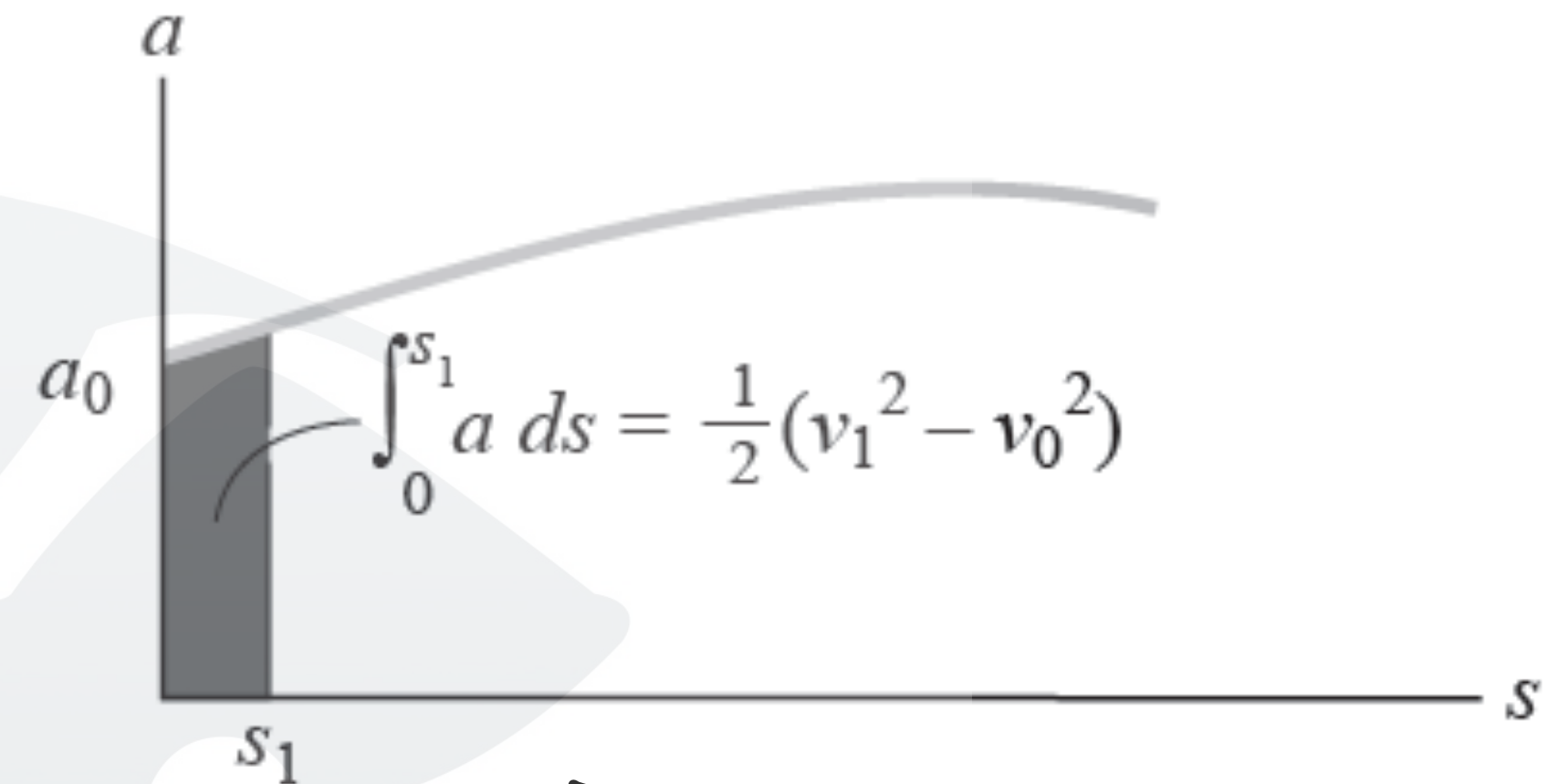
Movimento  
irregular

Conclusão

# Gráficos v-s e a-s

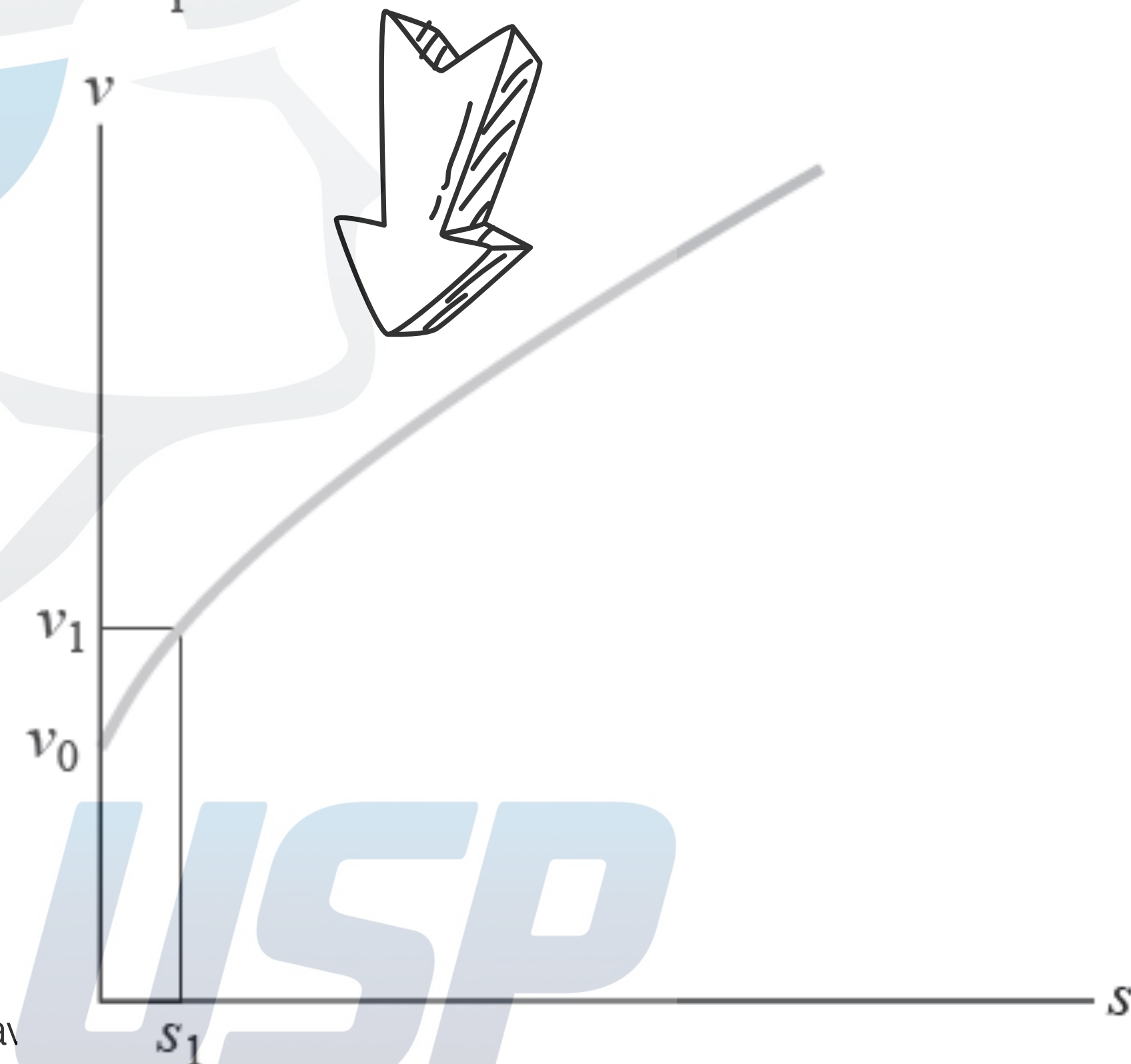
Movimento  
contínuo

$$a \, ds = v \, dv$$



Movimento  
irregular

$$\frac{v_1^2 - v_0^2}{2} = \int_{s_0}^{s_1} a(s) \, ds$$



Conclusão

$$v_1 = \sqrt{2 \int_{s_0}^{s_1} a(s) \, ds + v_0^2}$$

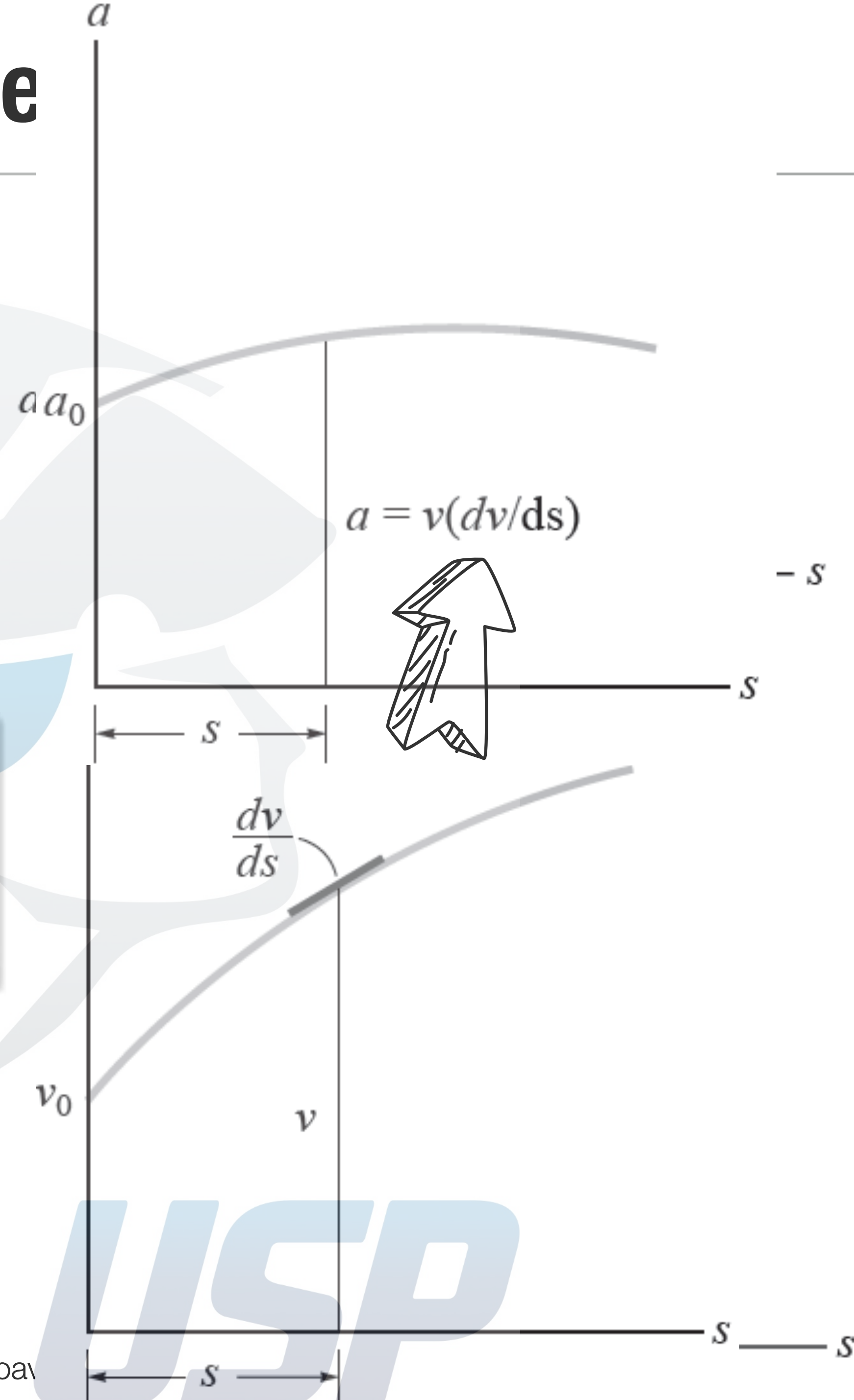


# Gráficos v-s e

$$a \, ds = v \, dv$$

$$a = v \left( \frac{dv}{ds} \right)$$

aceleração = velocidade vezes inclinação do gráfico v-s



Movimento  
contínuo

Movimento  
irregular

Conclusão

# Conteúdo

Movimento  
contínuo



- Gráficos s-t, v-t, a-t
- Gráficos v-s, a-s
- Exemplos

Movimento  
irregular

Conclusão

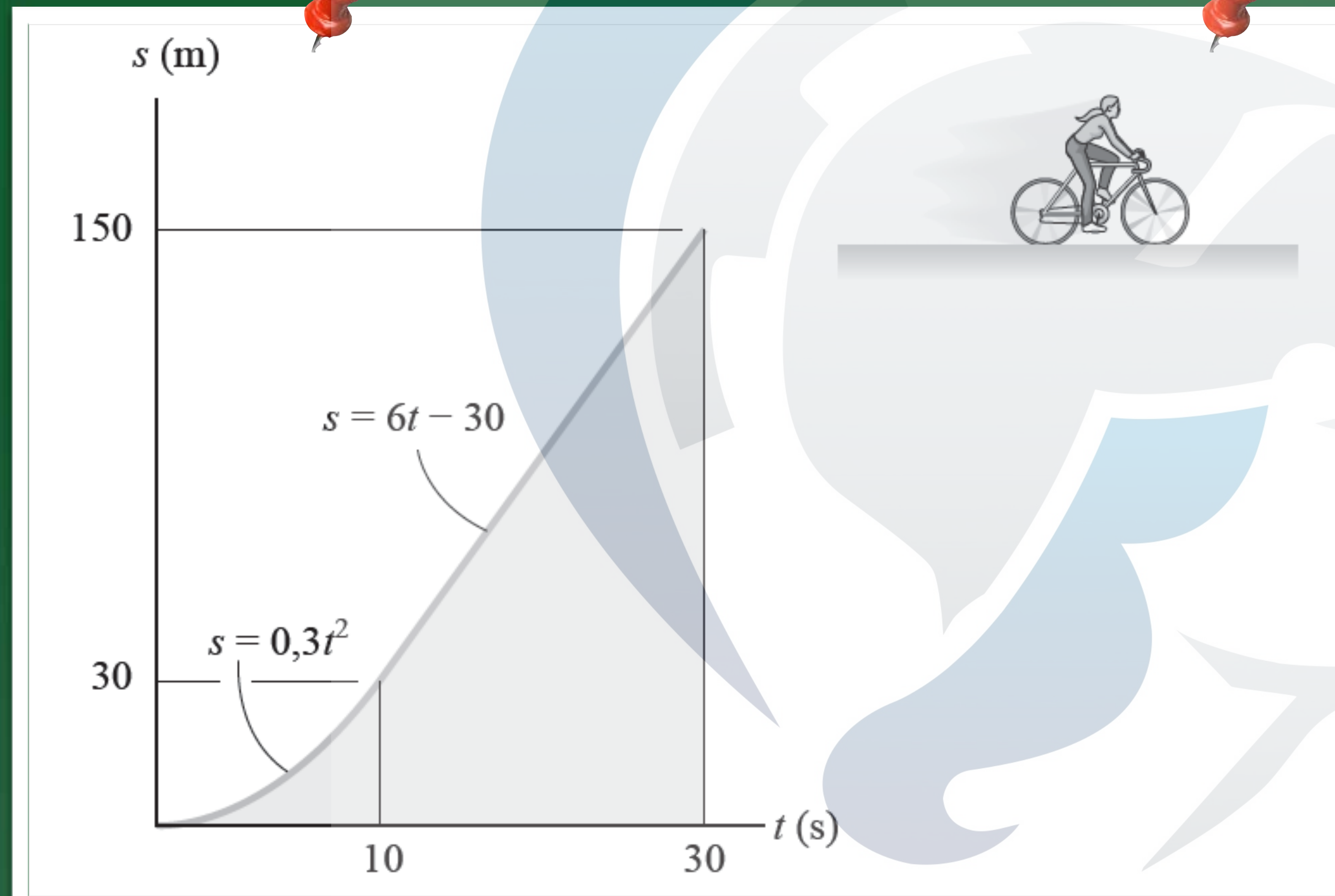


# Exemplo 12.6

Movimento  
contínuo

Movimento  
irregular

Conclusão



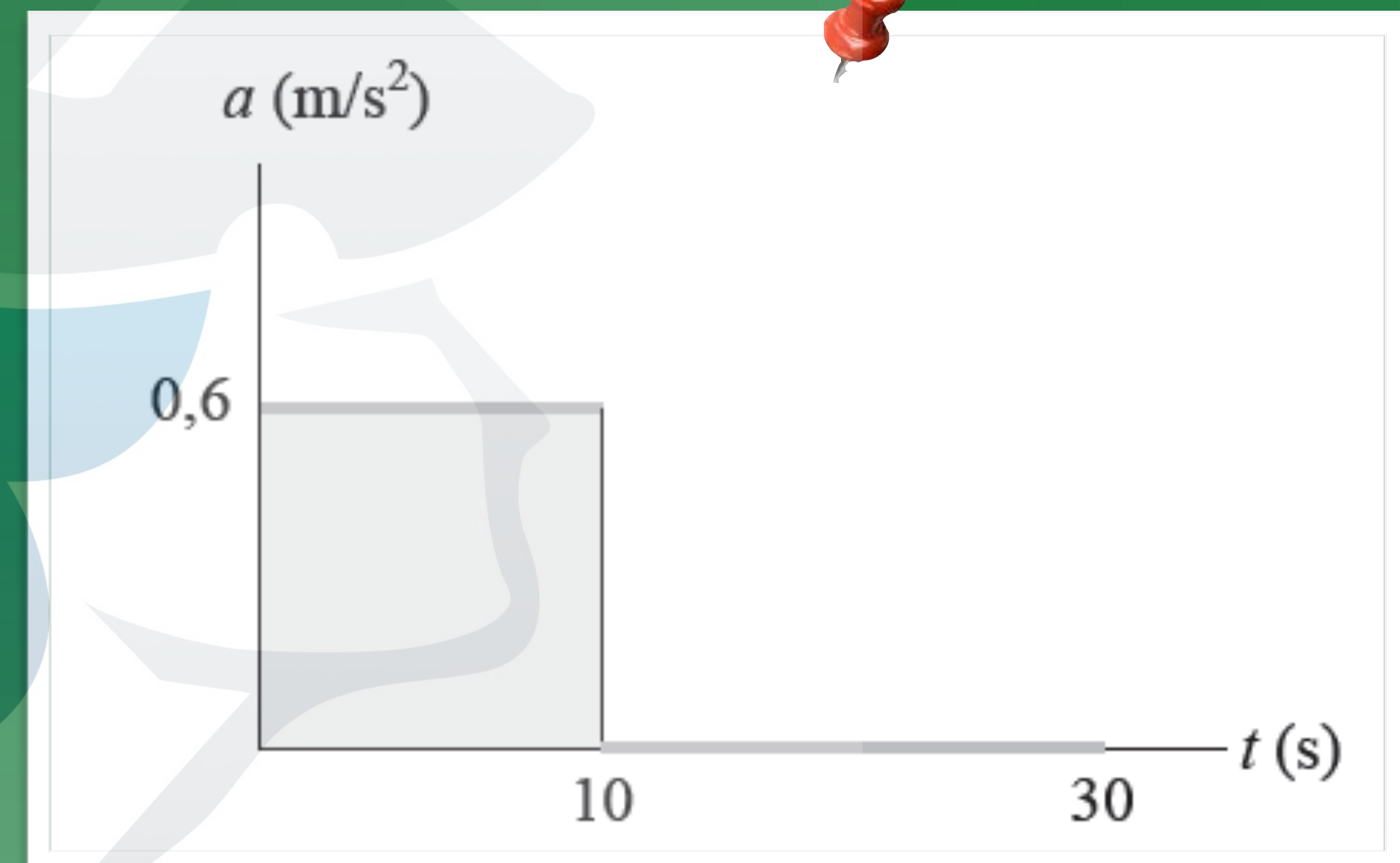
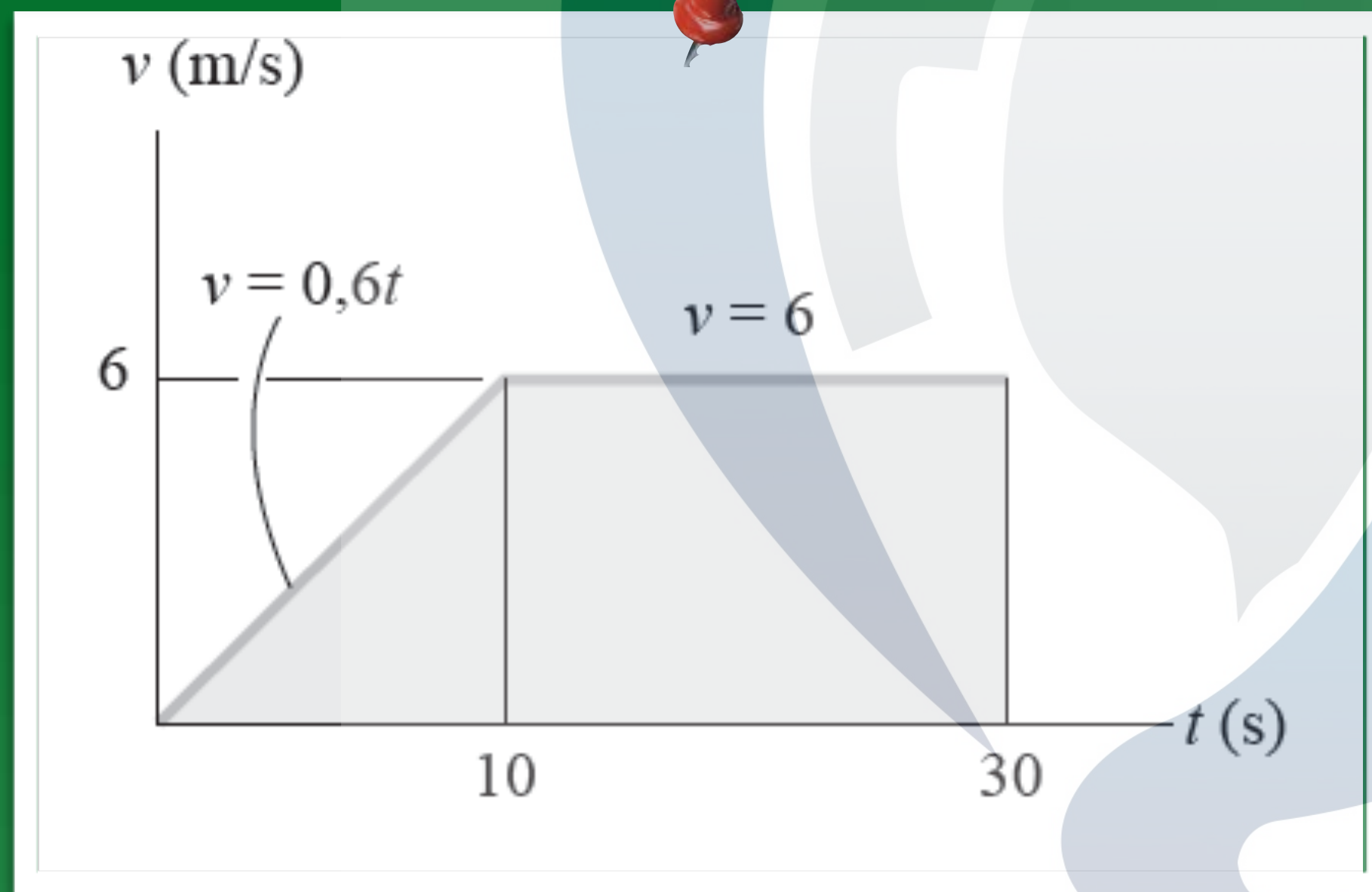
Construa os  
gráficos  $v-t$   
e  $a-t$  para  
 $0 \leq t \leq 30$  s

# Exemplo 12.6 - Resposta

Movimento  
contínuo

Movimento  
irregular

Conclusão





# Conteúdo

Movimento  
contínuo

Movimento  
irregular

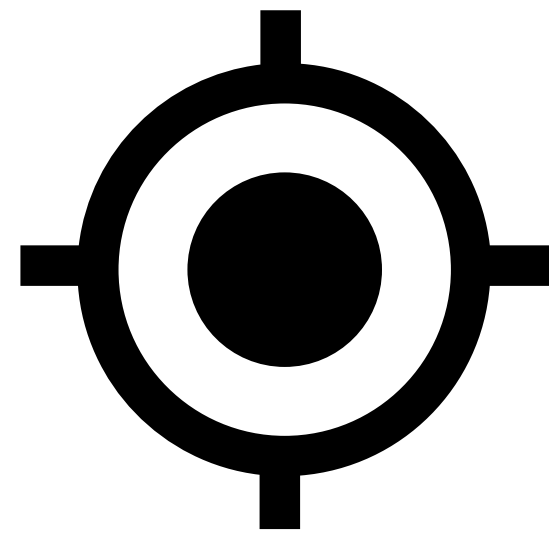


- “Take-home messages”
- Próxima aula...

Conclusão

# “Take-home messages”

Movimento  
contínuo

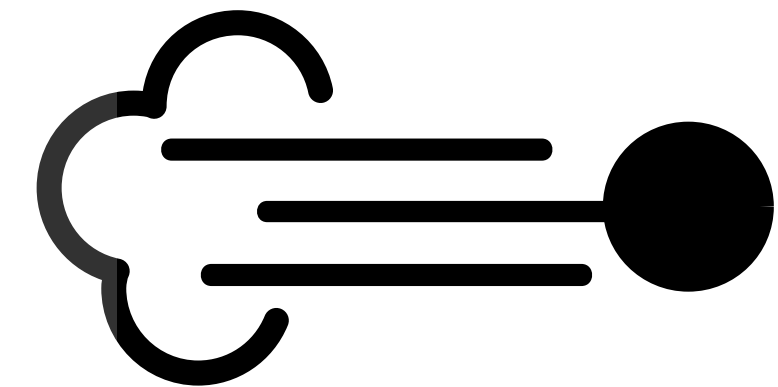


**Posição**

Movimento  
irregular



**Velocidade**



**Aceleração  
constante**

$$v = v_0 + a_c t$$

Aceleração constante

$dv$

$\frac{dv}{dt}$

$$v^2 = v_0^2 + 2a_c (s - s_0)$$

Aceleração constante

$$s = s_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a_c t^2$$

Aceleração constante

**Conclusão**



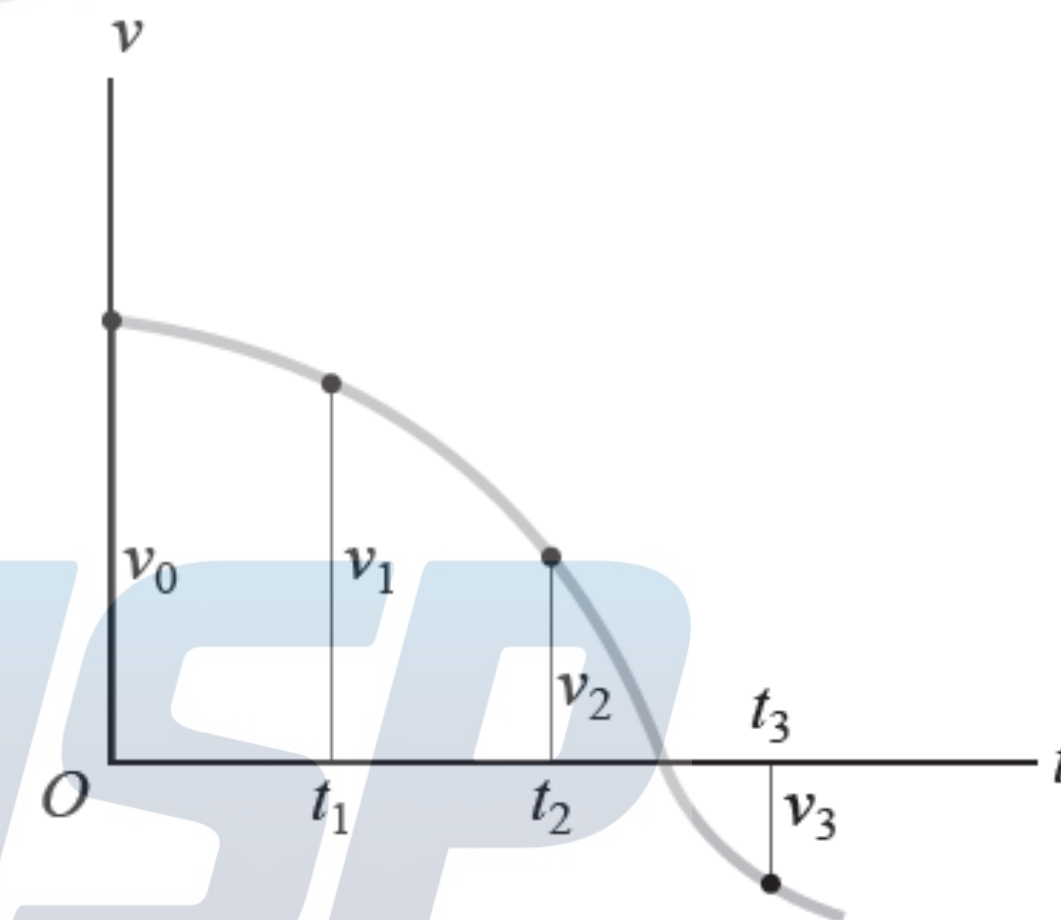
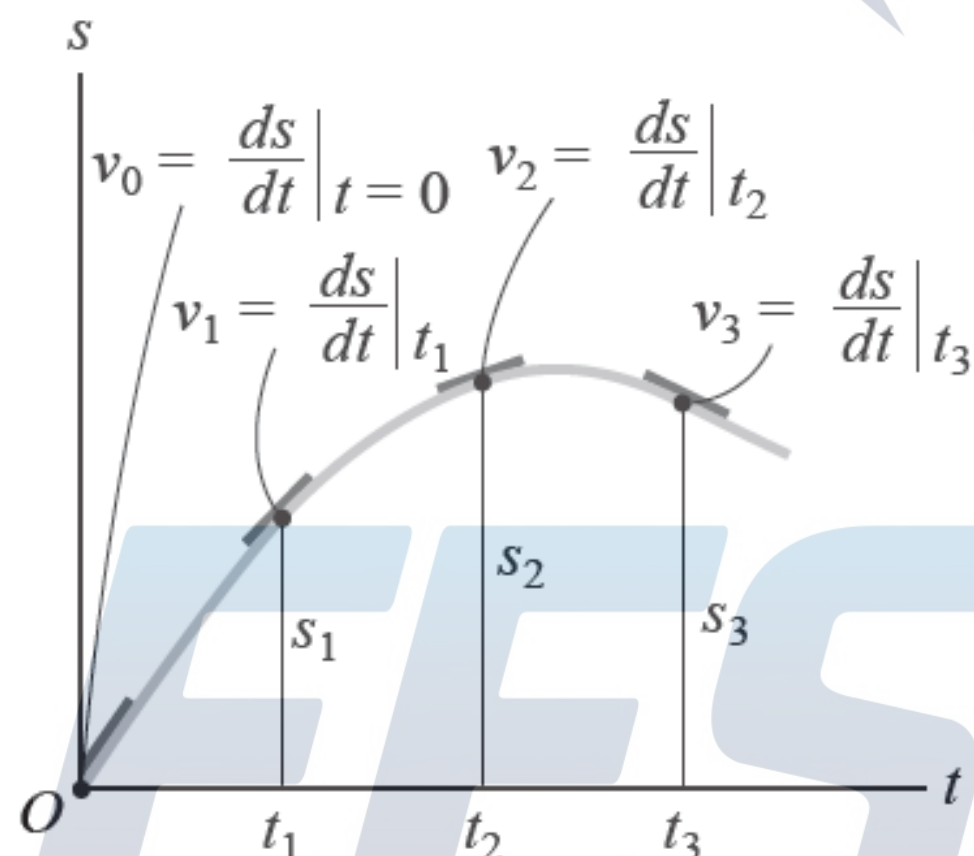
# “Take-home messages”

## movimento irregular

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

$$a = \frac{dv}{dt}$$

$$a \, ds = v \, dv$$



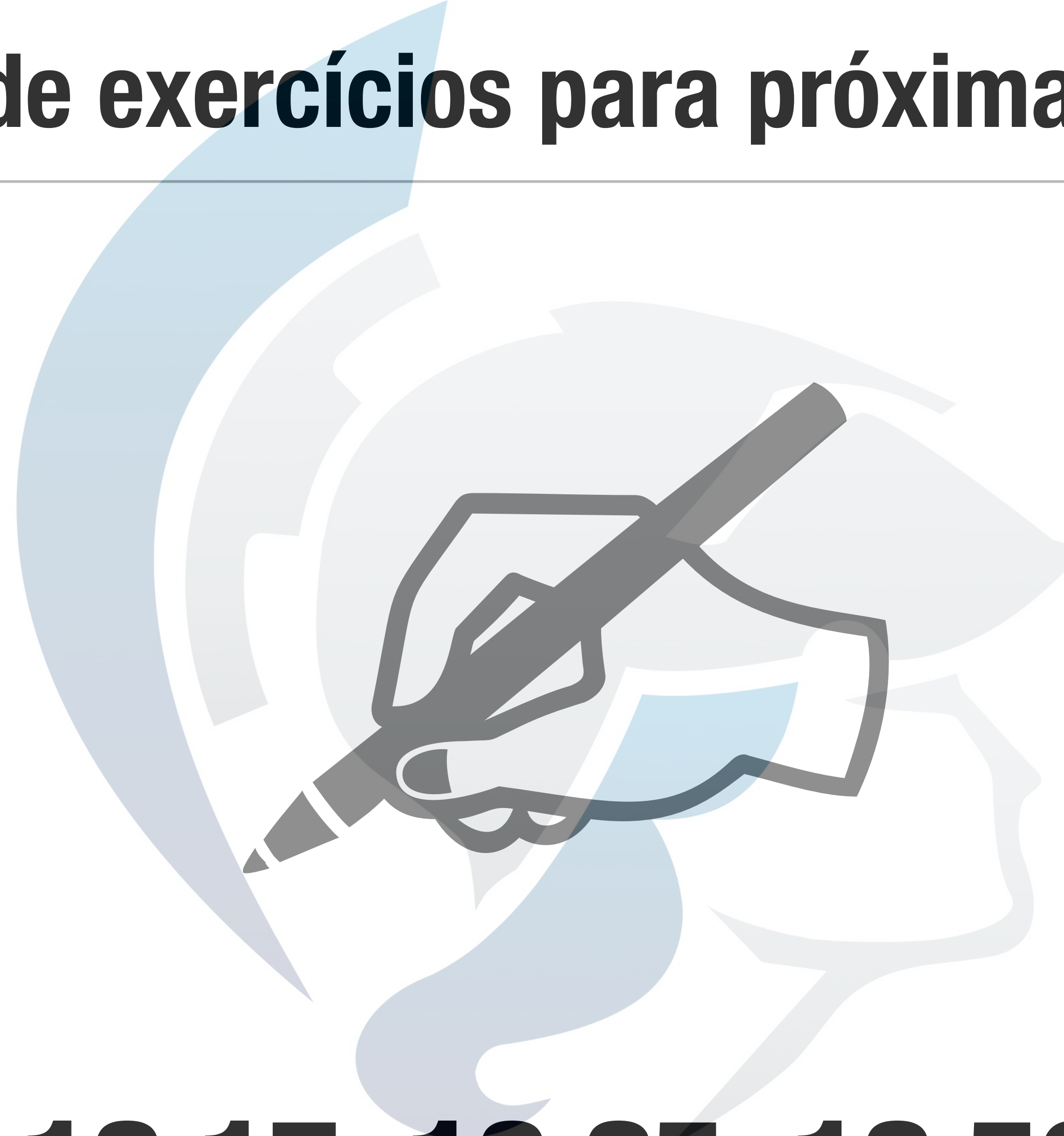
Movimento  
contínuo

Movimento  
irregular

Conclusão

# Lista de exercícios para próxima aula...

---



**12.10, 12.17, 12.25, 12.59, 12.70**

**EESC • USP**





*That's all Folks!*

**EEESC • USP**