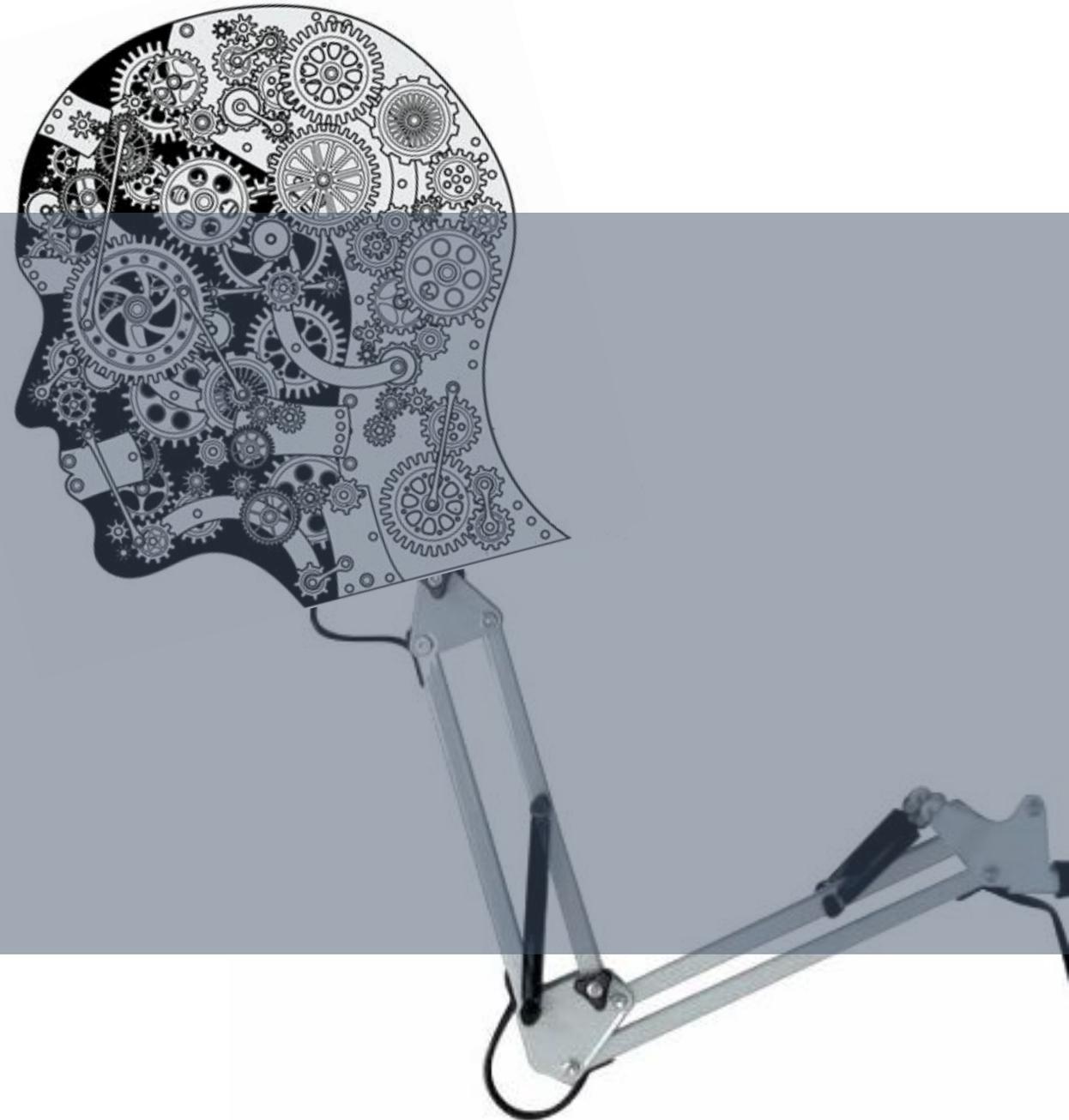


SEM 104 - Mecanismos

Prof. Rodrigo Nicoletti

AULA 2 - Fundamentos



Por que estudar Mecanismos?

ANÁLISE
CINEMÁTICA

movimento sem
forças

ANÁLISE
ESTÁTICA E
DINÂMICA

forças estáticas
e dinâmicas

ANÁLISE DE
TENSÕES

tensões e
deformações

PROJETO

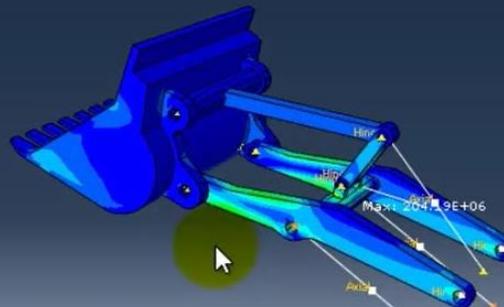
dimensionamento
dos componentes



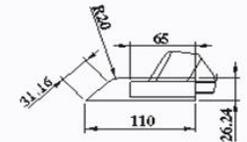
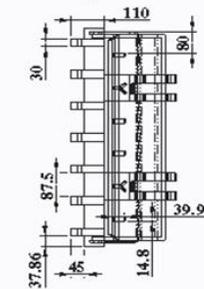
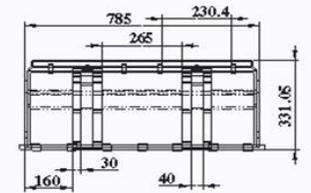
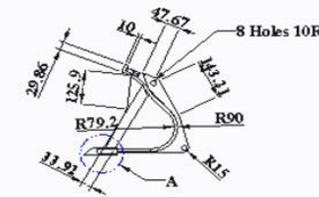
S, Mises
(Avg: 75%)

204.19E+06
147.82E+06
135.50E+06
123.18E+06
110.86E+06
98.55E+06
86.23E+06
73.91E+06
61.59E+06
49.27E+06
36.96E+06
24.64E+06
12.32E+06
724.21E+00

Max: 204.19E+06
Elem: BULL_ARM-1.1292
Node: 58



ODB: Job-1.odb Abaqus/Standard 3DEXPERIENCE R2016x Sat Nov 05 13:58:42 Korea Standard Time 2016
Step: Step-1
Increment: 30; Step Time = 0.3000



Detail-A
Excavator bucket

O que é um Mecanismo?

Máquina

Sistema de elementos e mecanismos montados para executar uma determinada função (atividade)

Mecanismo

Conjunto de peças conectadas por juntas, onde o movimento de umas das peças encadeia o movimento das demais.

Objetivo: obter um movimento de saída desejado a partir de um movimento de entrada conhecido.

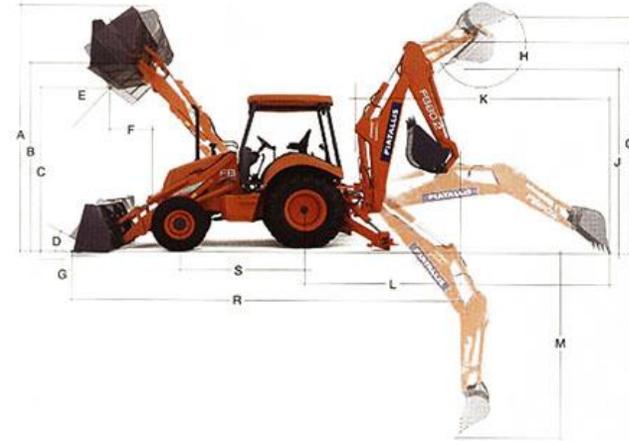
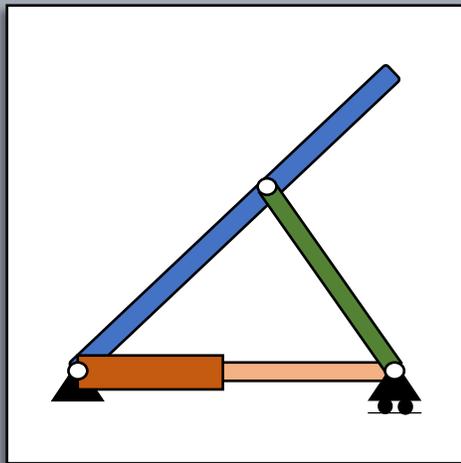
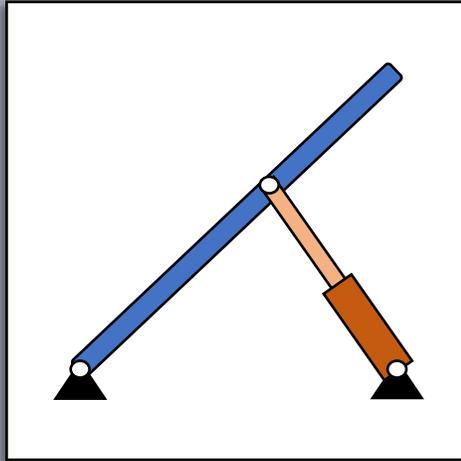
Bicicleta = máquina



Tipos de Mecanismos

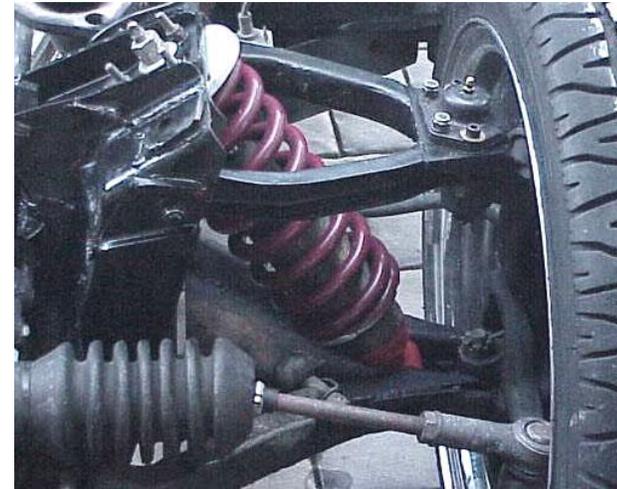
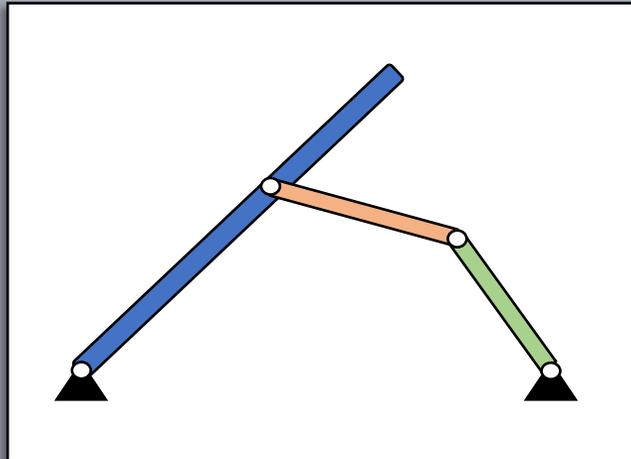
Tipos de Mecanismos

3 Barras



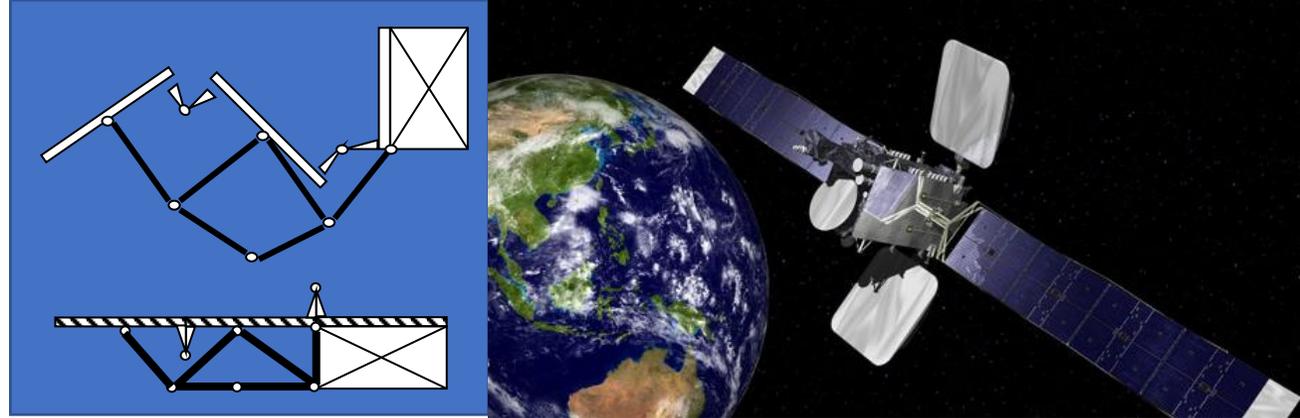
Tipos de Mecanismos

4 Barras



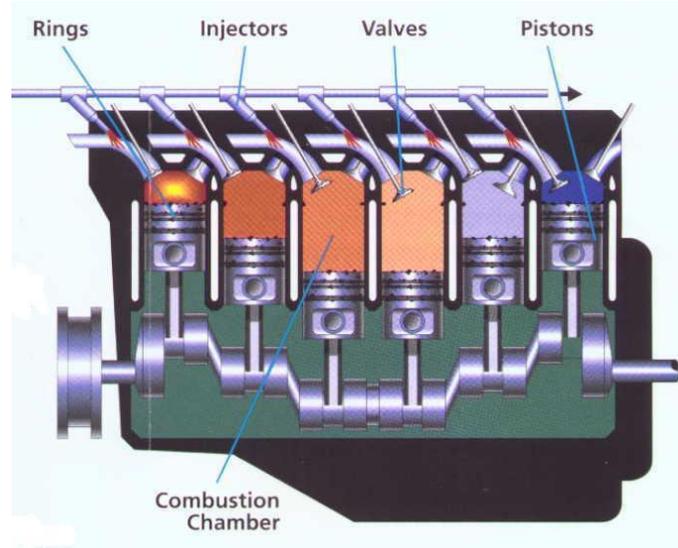
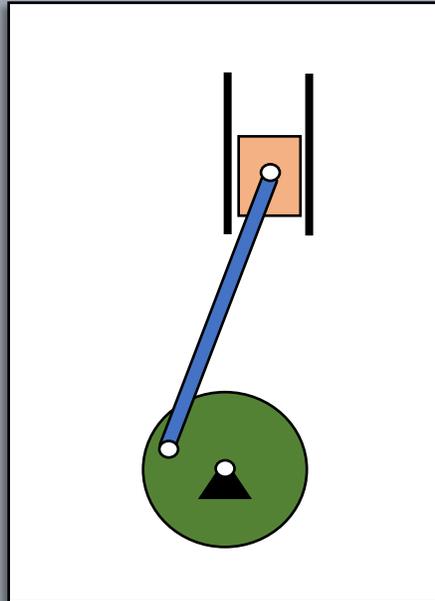
Tipos de Mecanismos

n Barras



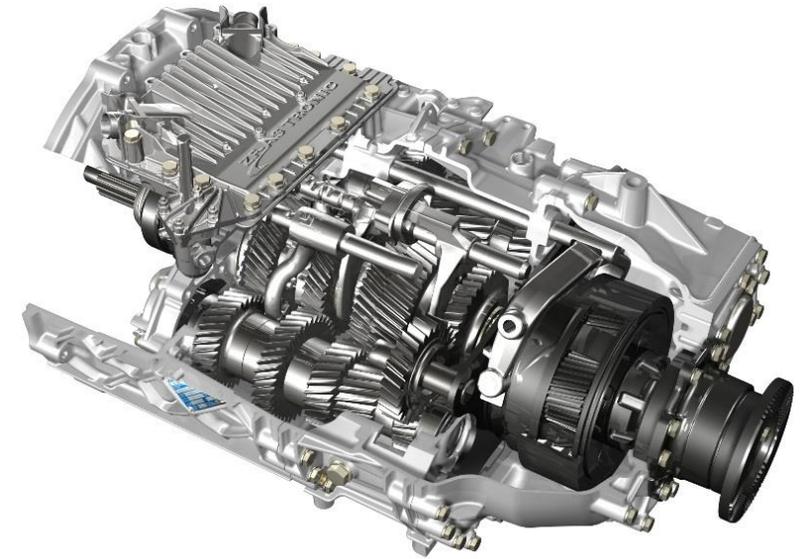
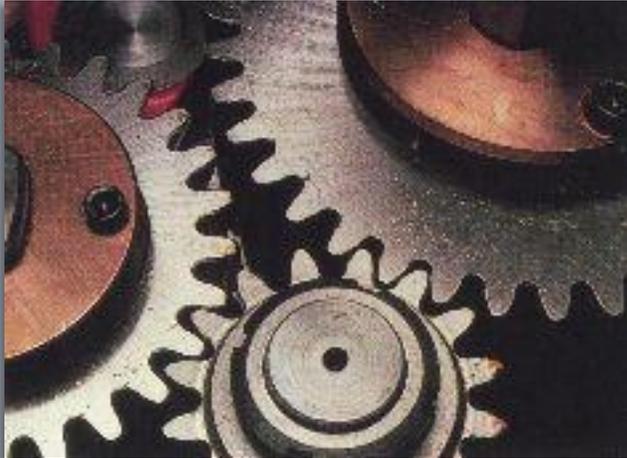
Tipos de Mecanismos

Biela-Manivela



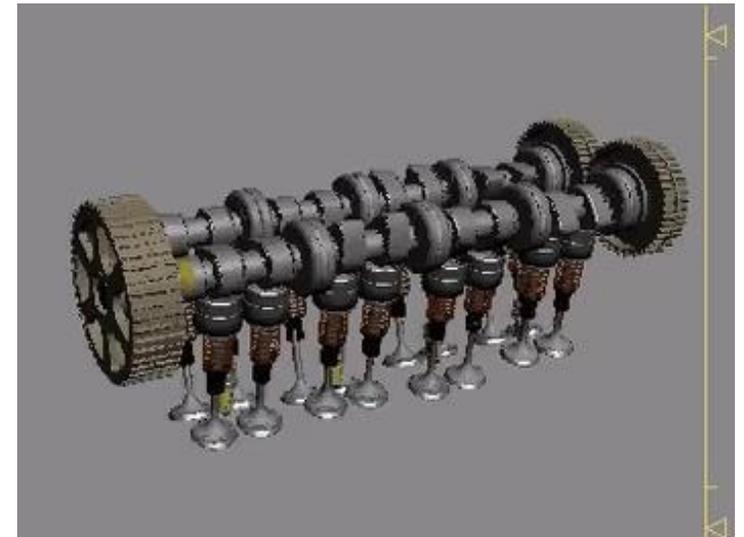
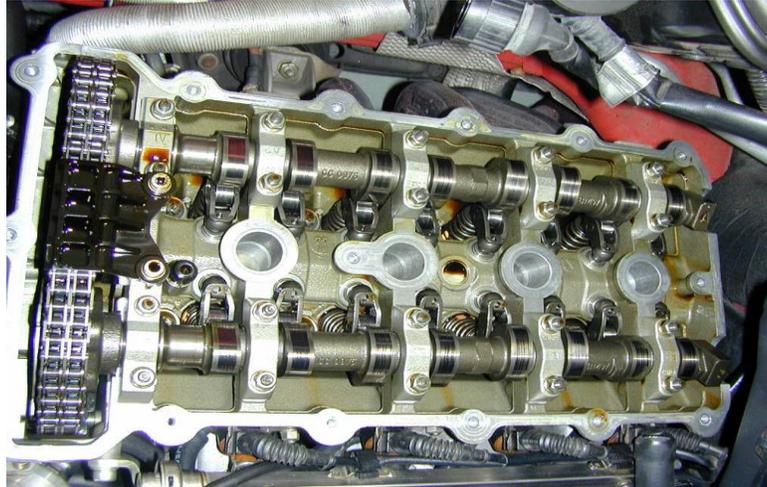
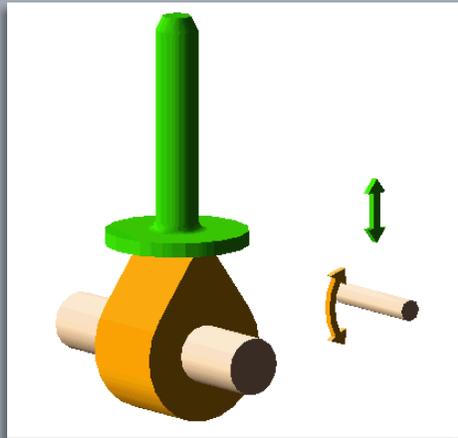
Tipos de Mecanismos

Engrenagens



Tipos de Mecanismos

Cames



Análise X Síntese

Dado um mecanismo:

Análise

- Dimensões conhecidas
- Movimento ou trajetória desconhecida

Responde a questão:
Qual é o movimento
deste mecanismo?

Síntese

- Movimento ou trajetória conhecida
- Dimensões desconhecidas

Responde a questão:
Qual é o mecanismo que
faz este movimento?

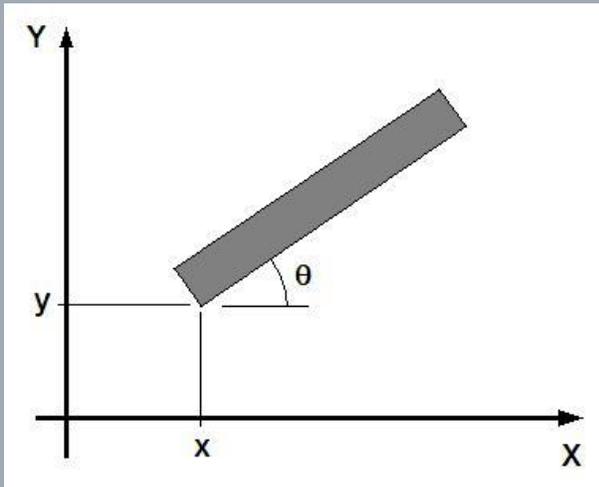
Fundamentos de Cinemática de Mecanismos

Graus de Liberdade

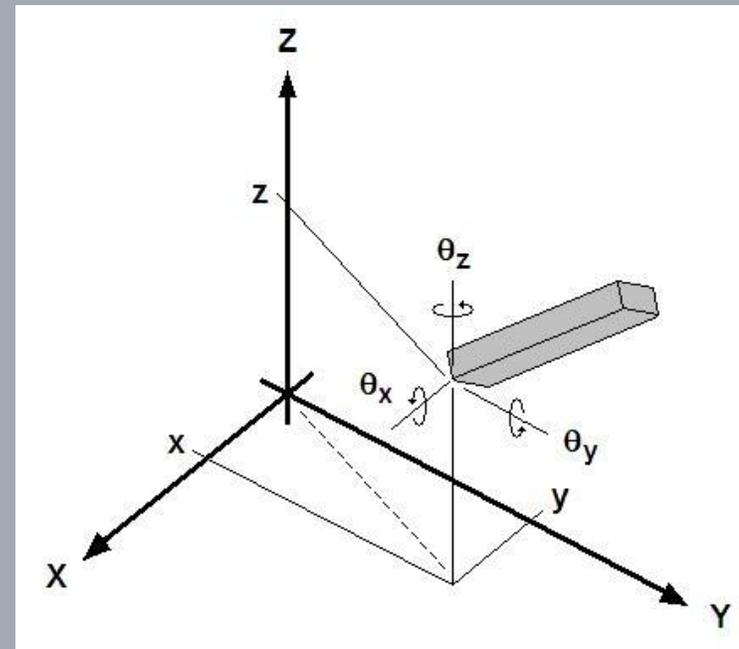
Graus de Liberdade:
(Mobilidade)

Número de parâmetros necessários para definir a posição de qualquer instante de tempo.

Número de Atuadores



Plano: 3 GDLs (x, y, θ)

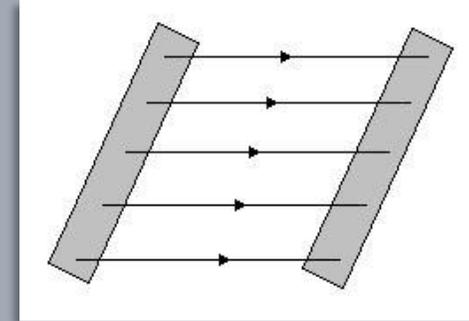


Espaço: 6 GDLs ($x, y, z, \theta_x, \theta_y, \theta_z$)

Tipos de Movimento

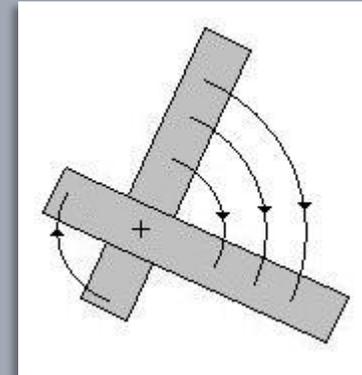
Translação Pura

Todos os pontos do corpo descrevem trajetórias paralelas



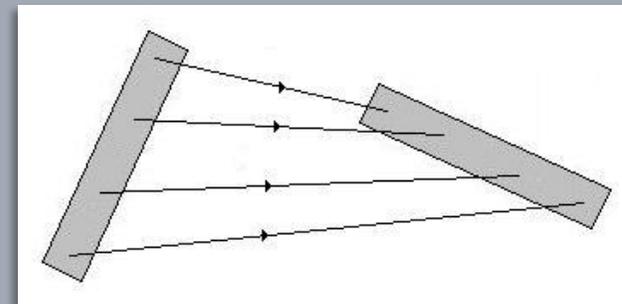
Rotação Pura

Um ponto do corpo permanece parado (centro de rotação) enquanto os demais pontos descrevem trajetórias circulares em relação a este ponto parado



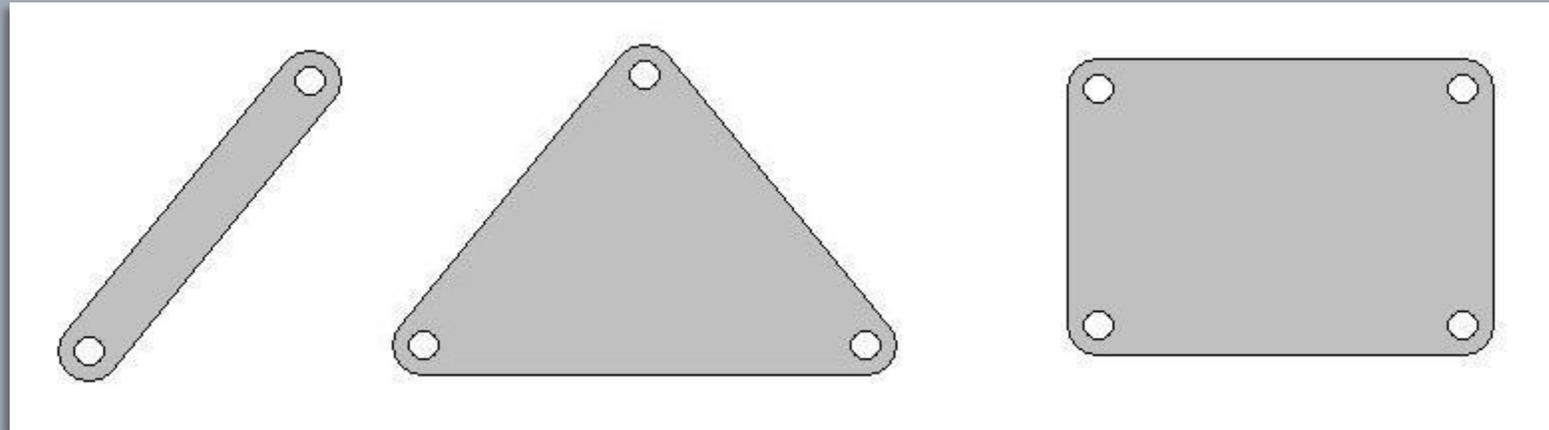
Movimento Conjugado

Combinação simultânea dos movimentos de translação e rotação



Componentes Básicos: LINKS

Corpos considerados rígidos, com no mínimo dois nós por onde poderão se conectar a outros “links”

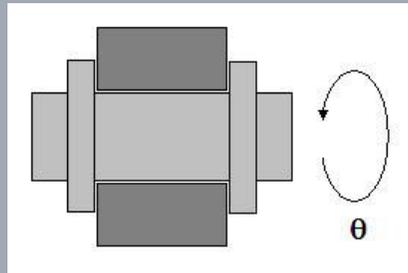


Componentes Básicos: JUNTAS

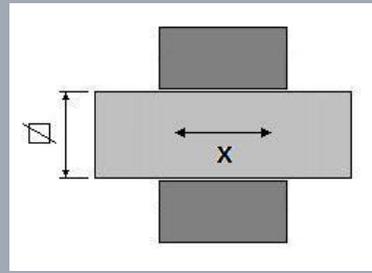
Conexão entre dois ou mais “links” (através dos nós) que permite movimento relativo entre os links conectados

Juntas Básicas

1 GDL

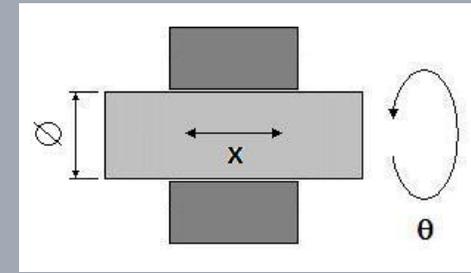


Pino



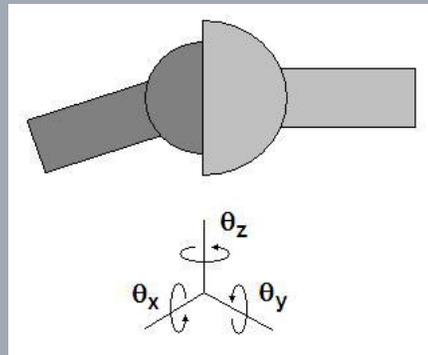
Prismática

2 GDLs

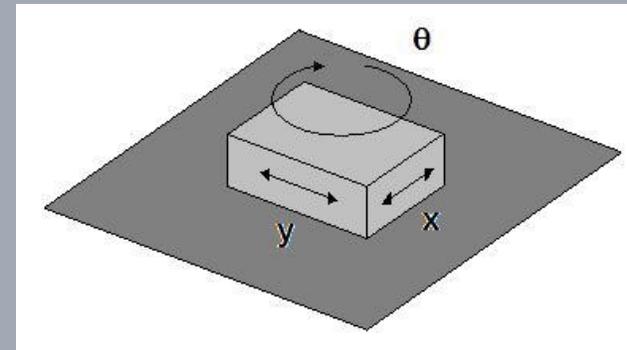


Cilíndrica

3 GDLs



Esférica



Planar

Número de GDLs do Mecanismo

Equação de Gruebler

$$M = 3L - 2J - 3G$$

L = número de links
J = número de juntas
G = número de links fixos

$$\Rightarrow M = 3(L - 1) - 2J \quad \text{pois } G = 1 \text{ sempre !}$$

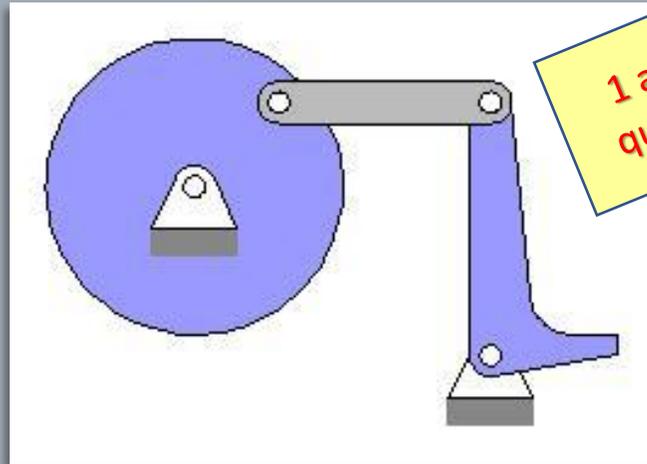
Modificação de Kutzbach

$$M = 3(L - 1) - 2J_1 - J_2$$

L = número de links
J₁ = número de juntas de 1 GDL (pino, prismática)
J₂ = número de meia-juntas (contato)

Obs: juntas múltiplas contam o número de links conectados menos um, e entram na categoria J₁.

Número de GDLs do Mecanismo



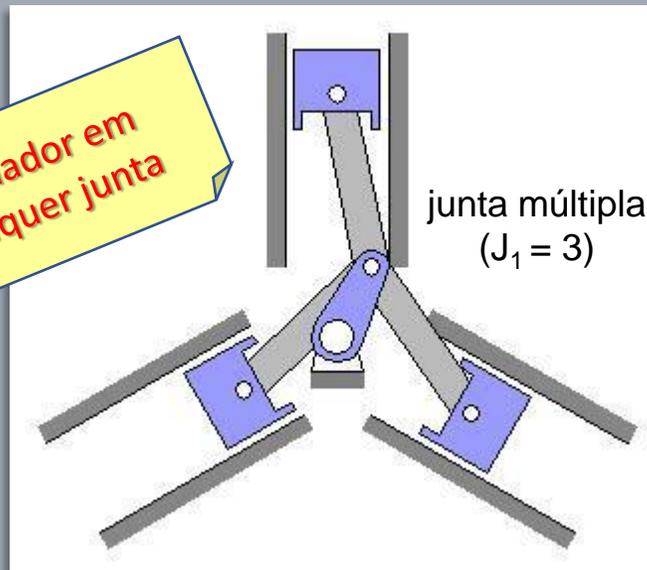
1 atuador em qualquer junta

$$L = 4$$

$$J_1 = 4$$

$$J_2 = 0$$

$$M = 1 \text{ GDL}$$



1 atuador em qualquer junta

junta múltipla
($J_1 = 3$)

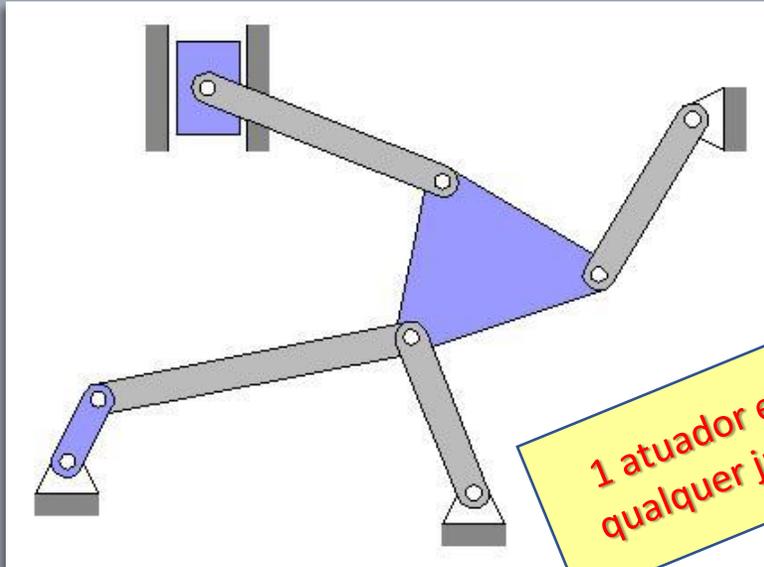
$$L = 8$$

$$J_1 = 10$$

$$J_2 = 0$$

$$M = 1 \text{ GDL}$$

Número de GDLs do Mecanismo



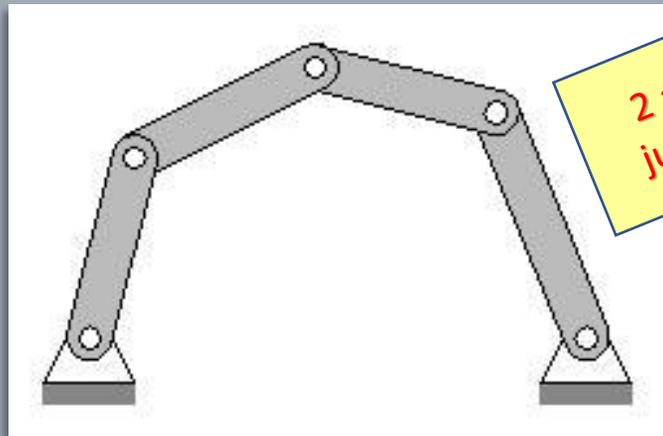
1 atuador em qualquer junta

$$L = 8$$

$$J_1 = 10$$

$$J_2 = 0$$

$$M = 1 \text{ GDL}$$



2 atuadores em juntas quaisquer

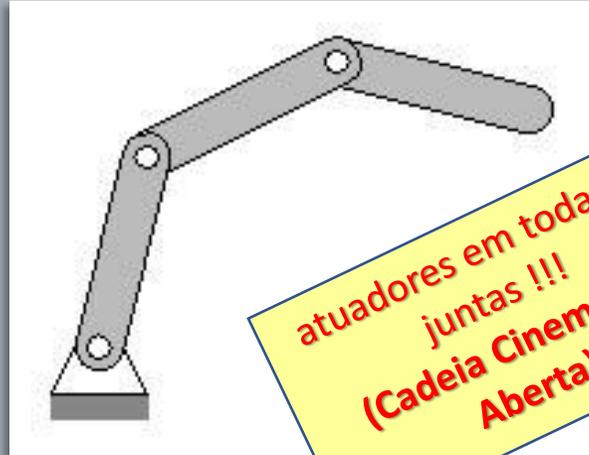
$$L = 5$$

$$J_1 = 5$$

$$J_2 = 0$$

$$M = 2 \text{ GDL}$$

Número de GDLs do Mecanismo



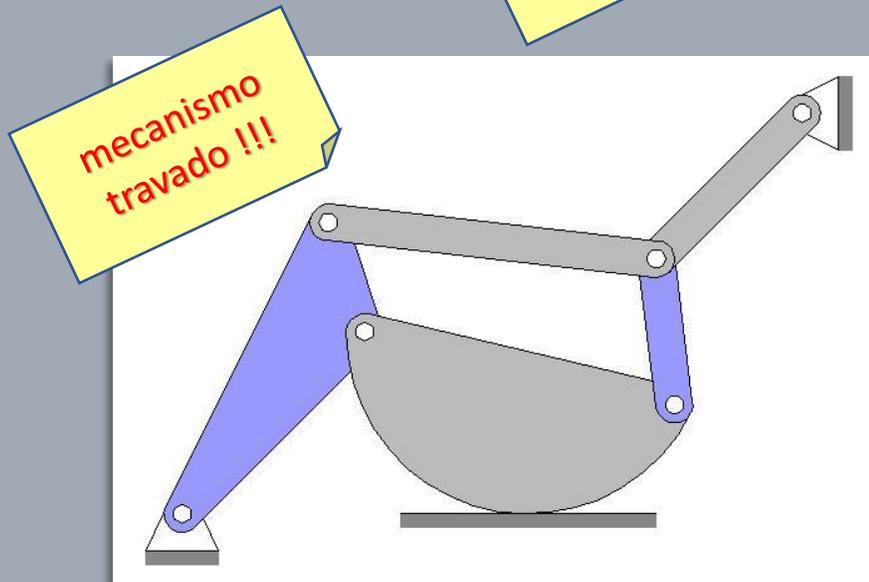
atuadores em todas as juntas !!!
(Cadeia Cinemática Aberta)

$$L = 4$$

$$J_1 = 3$$

$$J_2 = 0$$

$$M = 3 \text{ GDL}$$



mecanismo travado !!!

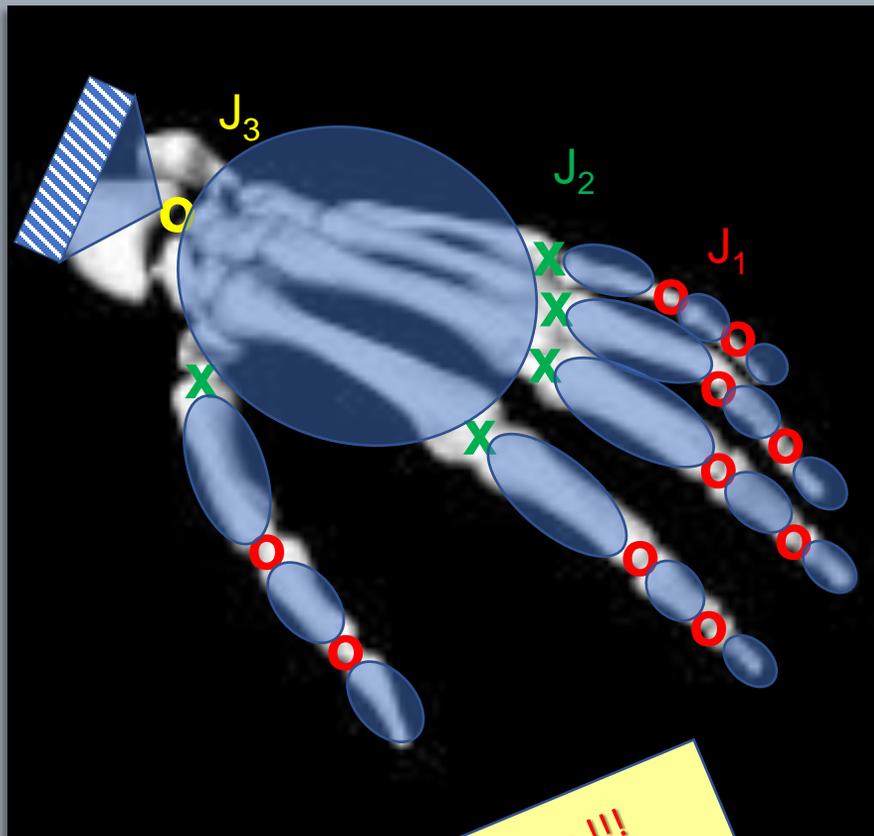
$$L = 6$$

$$J_1 = 7$$

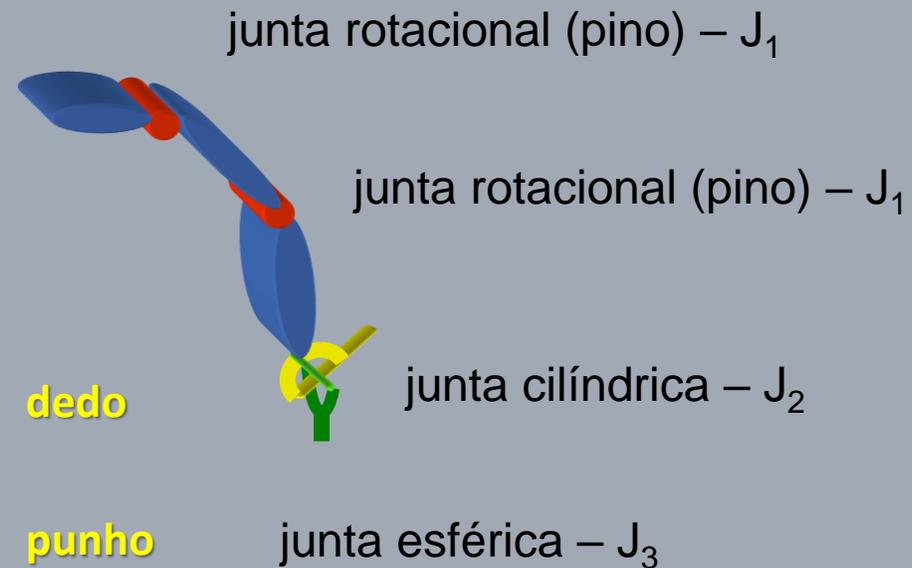
$$J_2 = 1$$

$$M = 0 \text{ GDL}$$

Número de GDLs do Mecanismo

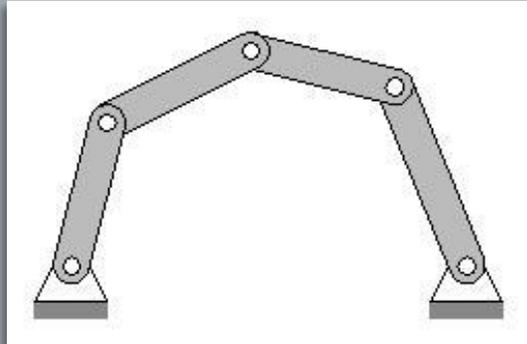


**23 atuadores !!!
(Cadeia Cinemática Aberta)**



$$\left. \begin{array}{l} L = 17 \\ J_1 = 10 \\ J_2 = 5 \\ J_3 = 1 \end{array} \right\} M = 23 \text{ GDLs !!!}$$

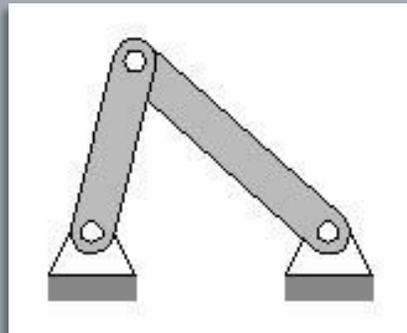
Mecanismos X Estruturas



$M > 0$



MECANISMO

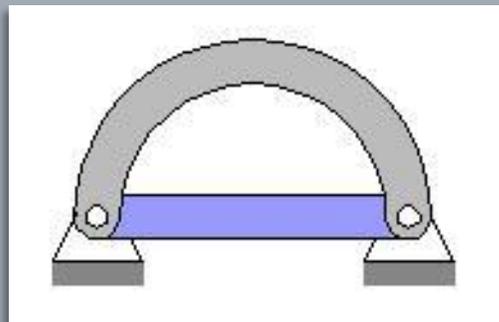


$M = 0$



ESTRUTURA

(sistema estaticamente determinado)

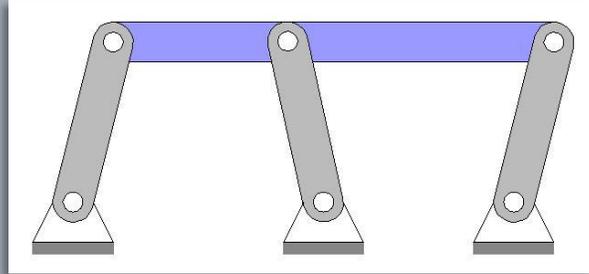


$M < 0$



ESTRUTURA HIPERESTÁTICA

Paradoxos

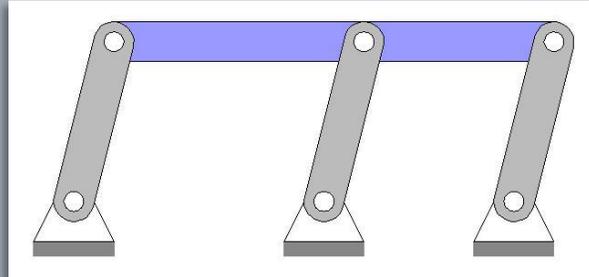


$$L = 5$$

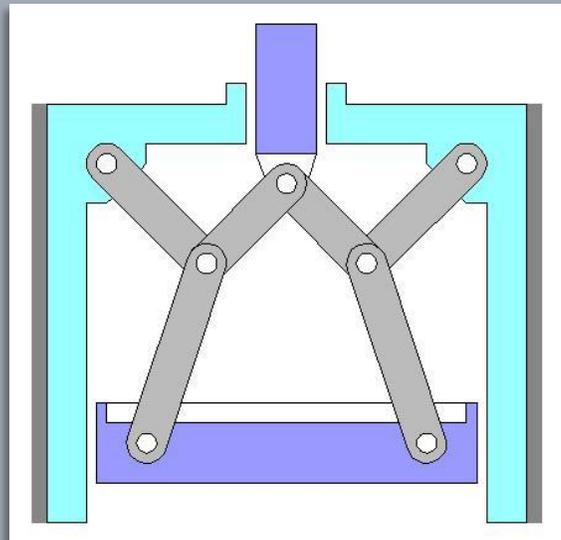
$$J_1 = 6$$

$$J_2 = 0$$

$$M = 0 \text{ GDL}$$



$$M = 0 \text{ GDL !!!!}$$



$$L = 9$$

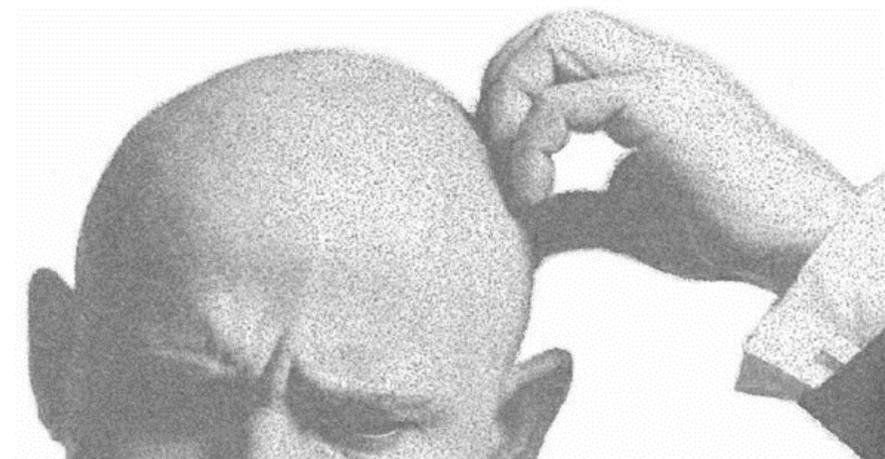
$$J_1 = 12$$

$$J_2 = 0$$

$$M = 0 \text{ GDL !!!!}$$

Dúvidas ???

Utilize o FÓRUM no eDisciplinas !
edisciplinas.usp.br



Tarefa

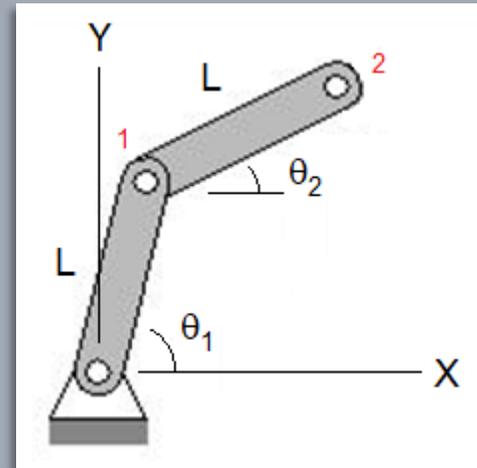
Utilize o Matlab/Octave para determinar a trajetória da ponta do robô (ponto 2), sabendo que a rotação dos motores nas juntas é dada por:

$$\theta_1 = \sin(2\pi t)$$

$$\theta_2 = \cos(2\pi t)$$

Considere $L = 0,2 \text{ m}$ e $0 \leq t \leq 1 \text{ s}$.

DICA: encontre as equações que definem as coordenadas do ponto 2 antes de ir para o Matlab/Octave



Robôs são mecanismos com
CADEIA CINEMÁTICA ABERTA
(no. de links = no. de atuadores)