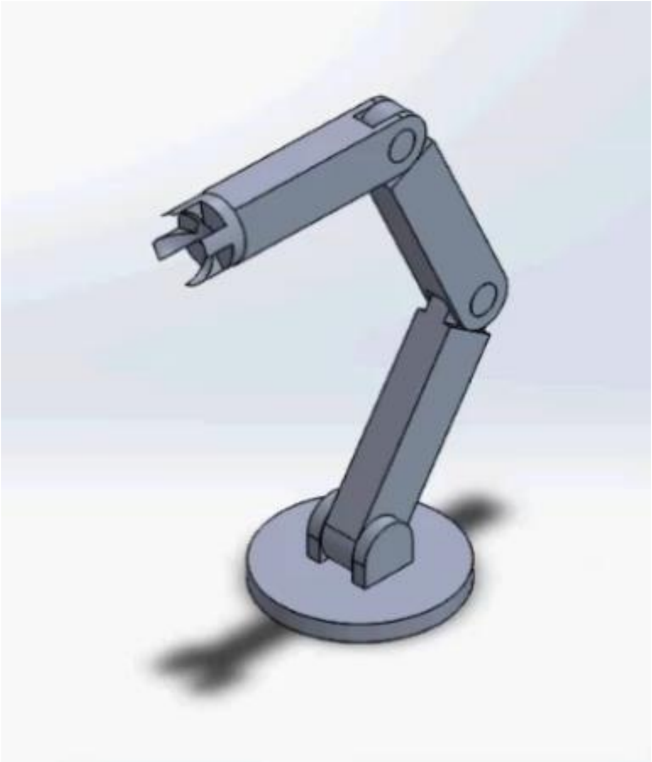
PTC 3441

Modelagem e Controle de Manipuladores Robóticos

Laboratório de Automação e Controle

Departamento de Engenharia de Telecomunicações e Controle

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

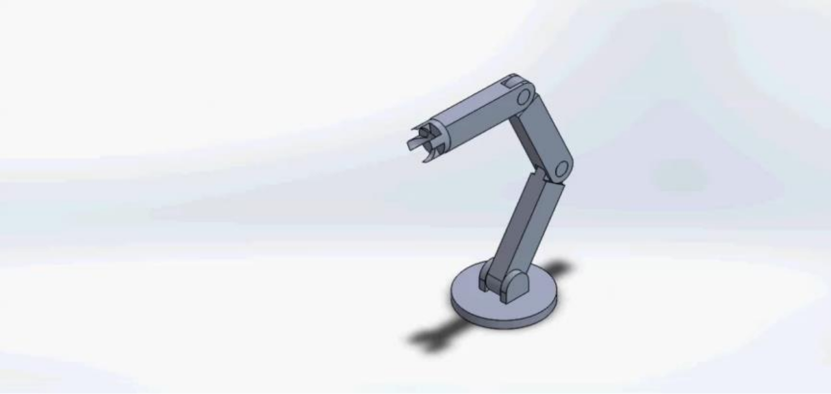


Lista de simulação do Cap. 2 – Descrições espaciais e transformações

Aula 4
1º semestre de 2024
Fábio Fialho

Trabalho de simulação

- Objetivo: simular a malha de controle de um manipulador planar de 3 gdl utilizando MATLAB

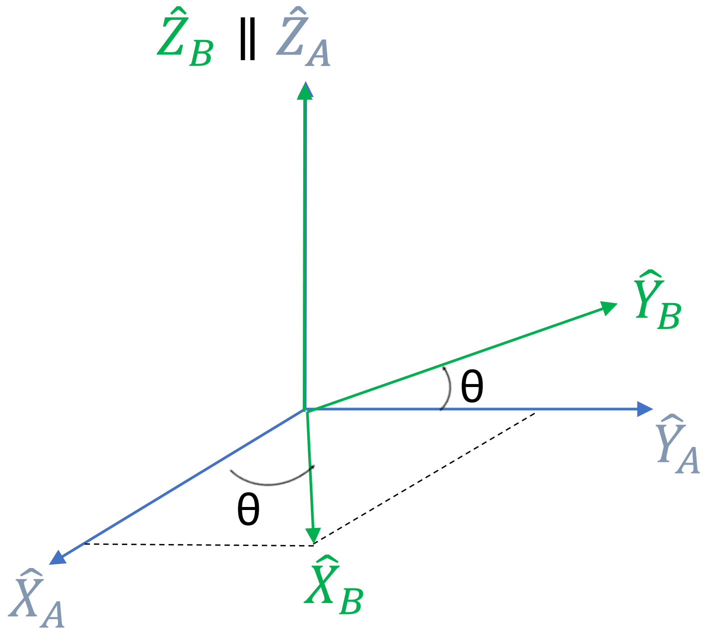


Assuntos explorados nessa lista em relação ao capítulo 2

- Posição
- Orientação
- Transformação homogênea
- Transformação inversa
- Transformações entre sistemas de coordenadas

Exercício 1: Orientação

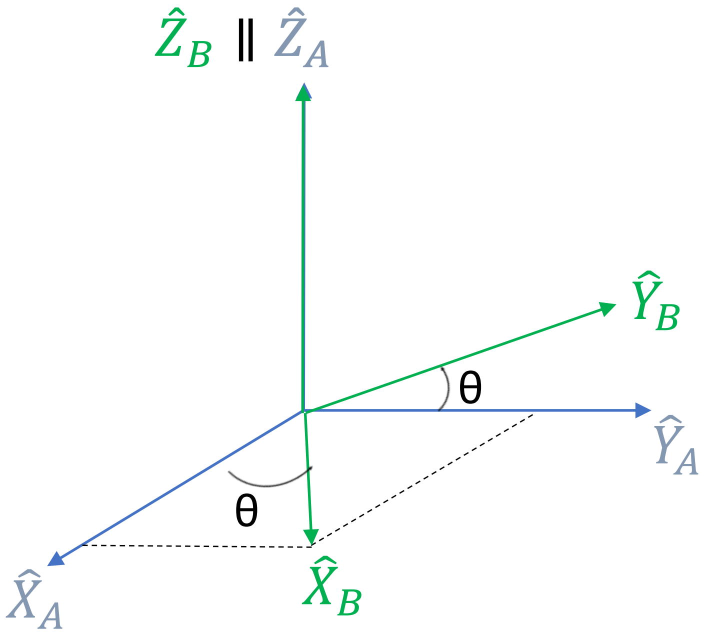
- Para fazer uma interface amigável com o usuário, desejamos descrever orientações no mundo planar através de um único ângulo, θ, ao invés de uma matriz de rotação 3x3.



$$ {}^{A}_{B}R = \begin{bmatrix} cos\theta & -sen\theta & 0 \\ sen\theta & cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} $$

Exercício 1: Orientação

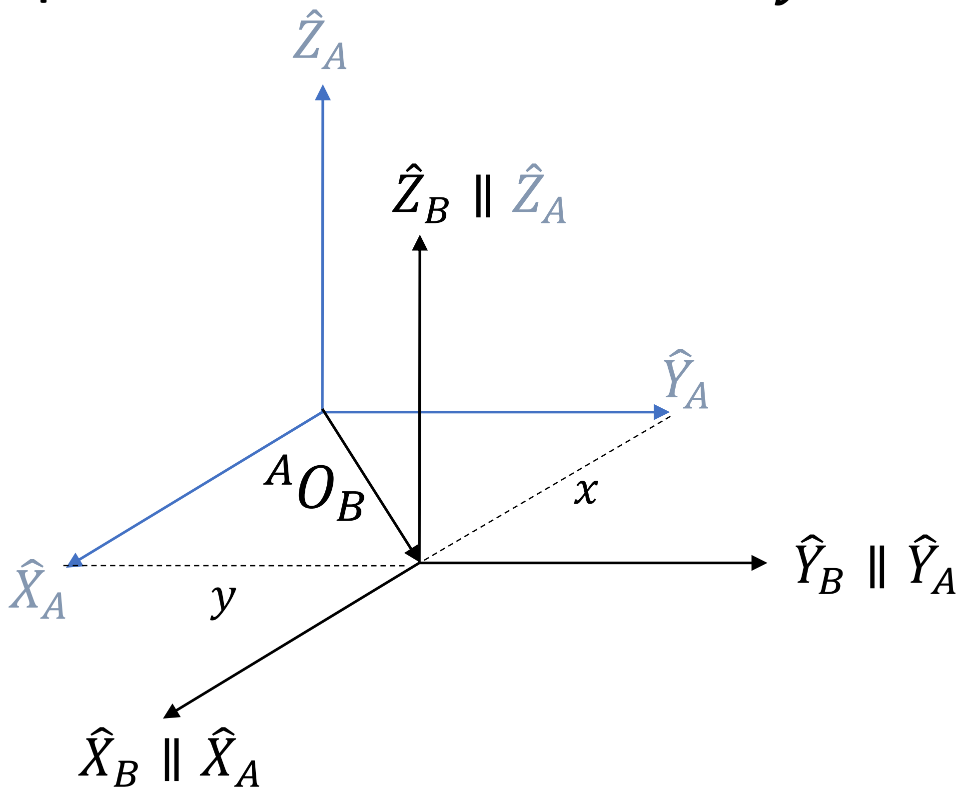
- O usuário sempre se comunicará em termos do ângulo θ.
- Mas internamente usaremos a forma de matrizes de rotação.



$$
{}^{A}_{B}R = \begin{bmatrix} cos\theta & -sen\theta & 0 \\ sen\theta & cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}
$$

Exercício 1: Posição

- Para a descrição do vetor posição de um sistema, o usuário especificará os valores x e y.

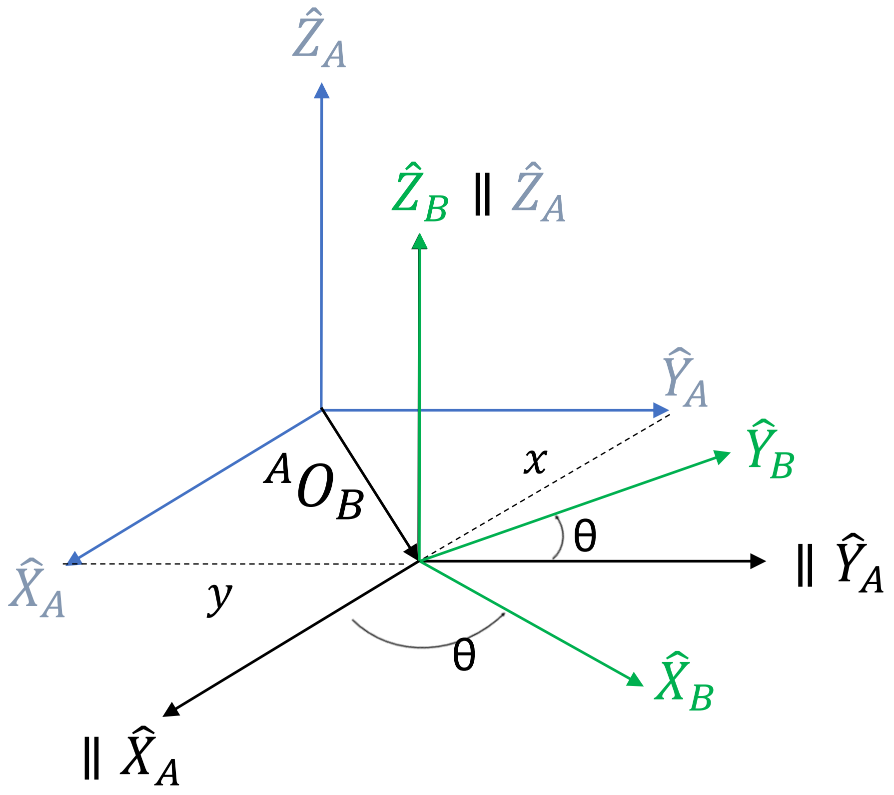


- Mas internamente desejamos utilizar um vetor posição ${}^A O_B$.

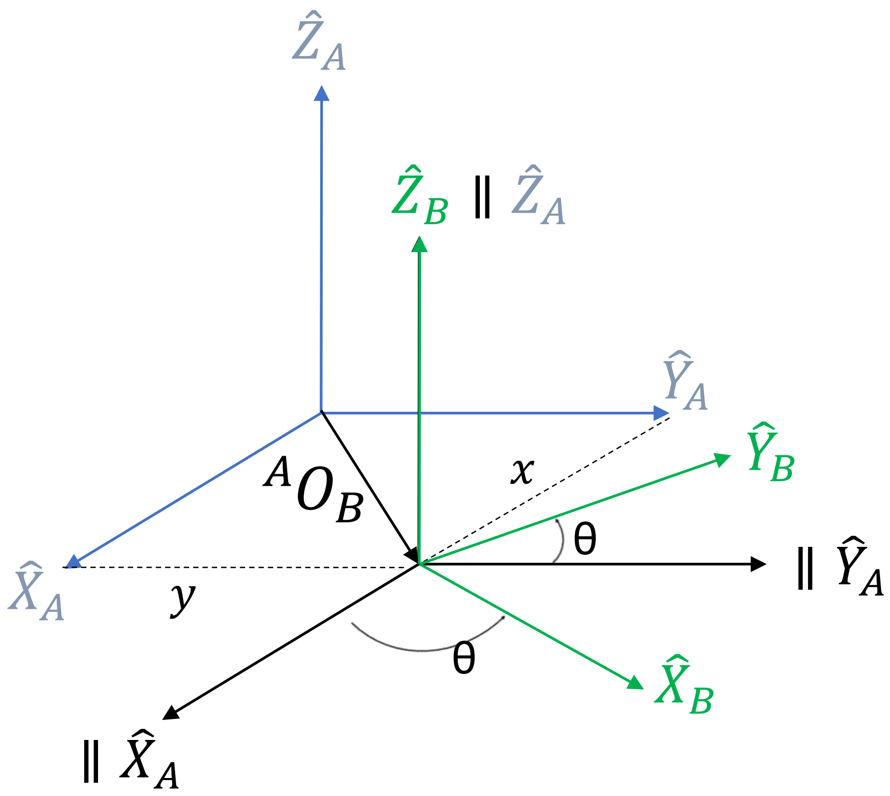
$$ {}^A O_B = \begin{bmatrix} x \\ y \\ 0 \end{bmatrix} $$

Exercício 1: Posição e Orientação

- Assim, permitiremos ao usuário especificar um sistema como um conjunto de três valores: (x, y, θ).



Exercício 1: Posição e Orientação



- Internamente, desejamos utilizar um vetor 3x1 e uma matriz de rotação 3x3.

$$^AO_B = \begin{bmatrix} x \\ y \\ 0 \end{bmatrix};$$

$$^A_BR = \begin{bmatrix} cos\theta & -sen\theta & 0 \\ sen\theta & cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

- Portanto, serão necessárias rotinas de conversão!

Exercício 1: Posição e Orientação

- Desenvolva uma função cuja definição em Matlab seja:

function [iform]=utoi(uform)

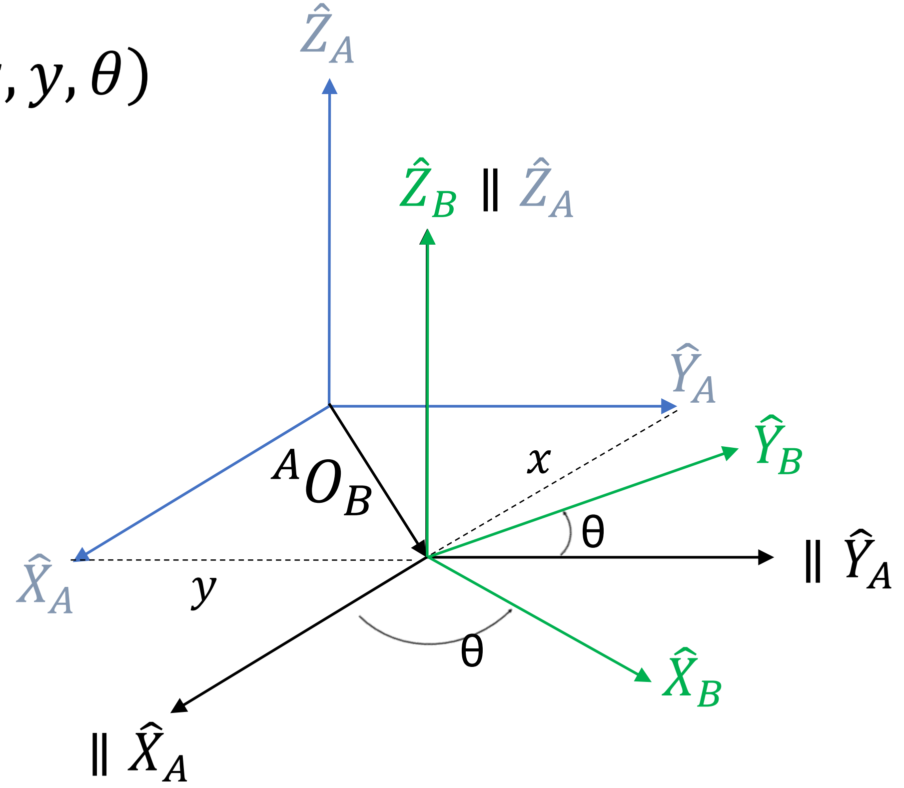
onde

- utoi vem do inglês e signica User form TO Internal form;
- iform (internal form) é uma matriz de transformação homogênea (4x4) de saída;
- e o argumento uform (user form) é um vetor [3x1] que corresponde a (x, y, θ), onde θ é dado em graus.

Exercício 1: Posição e Orientação

function [iform]=utoi(uform)

$$
{}^{A}_{B}T = \begin{bmatrix} cos\theta & -sen\theta & 0 & x \\ sen\theta & cos\theta & 0 & y \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}
\qquad (x, y, \theta)
$$

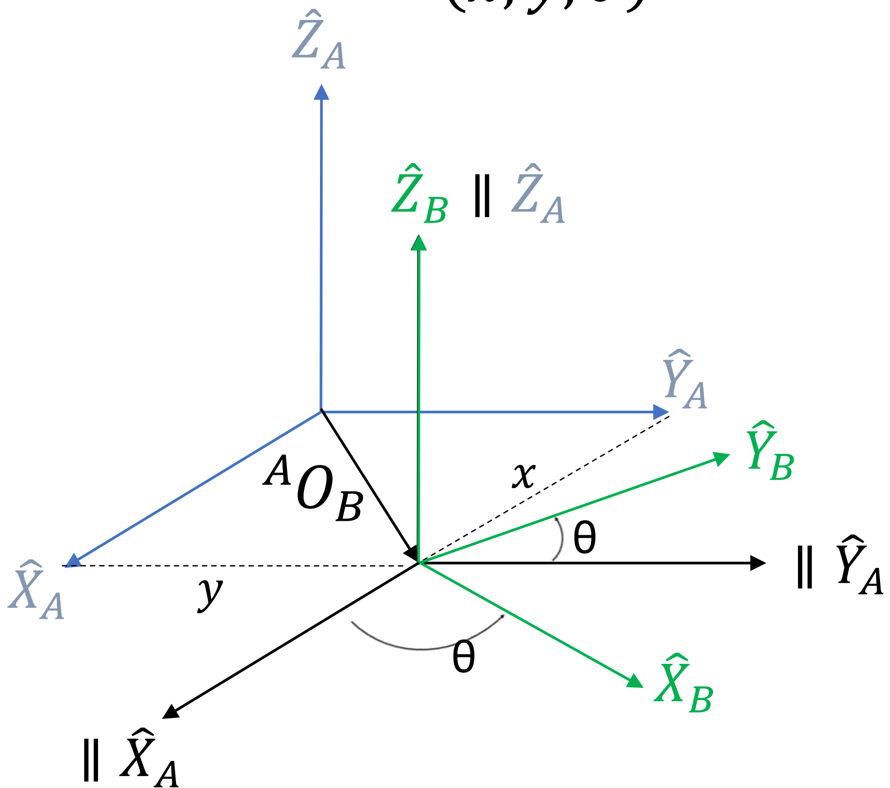


Solução

Exercício 1: Posição e Orientação

function [uform]=itou(iform)

(x, y, θ)



$$ {}^{A}_{B}T = \begin{bmatrix} cos\theta & -sen\theta & 0 & x \\ sen\theta & cos\theta & 0 & y \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} $$

Exercício 2: Transformação entre sistemas

- Escreva uma função para multiplicar duas transformações entre si. Use a seguinte definição de função:

function [crela]=tmult(brela,crelb)

$$ {}^{A}_{C}T = {}^{A}_{B}T \cdot {}^{B}_{C}T $$

Exercício 3: Transformação inversa

- Escreva uma função para inverter uma transformação. Use a seguinte definição de função:

function [arelb]=tinvert(brela)

$${}^{B}_{A}T = {}^{A}_{B}T^{-1} \Rightarrow {}^{B}_{A}T = \begin{bmatrix} {}^{A}_{B}R^{T} & -{}^{A}_{B}R^{T}.{}^{A}O_{B} \\ \mathrm{O} & 1 \end{bmatrix}$$

Sabemos que ${}^{A}_{B}T = \begin{bmatrix} cos\theta & -sen\theta & 0 & x \\ sen\theta & cos\theta & 0 & y \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$, assim é imediato obter ${}^{B}_{A}T$

Exercício 4: Transformações entre sistemas

- As seguintes definições de sistema são dadas:

$$ {}^{U}_{A}T = [x \quad y \quad \theta] = [11 \quad -1 \quad 30], $$
$$ {}^{B}_{A}T = [x \quad y \quad \theta] = [0 \quad 7 \quad 45], $$
$$ {}^{C}_{U}T = [x \quad y \quad \theta] = [-3 \quad -3 \quad -30]. $$

- Desenhe um diagrama desses sistemas em 2D que qualitativamente mostre sua disposição.
- Escreva um programa que chame TMULT e TINVERT tantas vezes quanto for necessário para resolver ${}^{B}_{C}T$.