

ROBÓTICA E AUTOMAÇÃO

Raphael Barros Parreira

Questão 1

A figura 1 mostra a representação do manipulador Kinova Gen3 usando o método do Enfoque de Exponenciais. Os eixos de rotação estão na mesma direção e sentido dos eixos Z em cada origem.

A figura 2 mostra a validação do modelo de Cinemática Direta achado. As três configurações (A, B e C) podem ser vistas na tabela 2. A função usada para desenhar o manipulador é a *showarm()*, disponibilizada pelo professor no *Moodle* da Poli.

$$\begin{aligned}\vec{h}_1 &= \vec{z} & \vec{h}_2 &= \vec{x} & \vec{h}_3 &= \vec{z} & \vec{h}_4 &= \vec{x} & \vec{h}_5 &= \vec{z} & \vec{h}_6 &= \vec{x} & \vec{h}_7 &= \vec{z} \\ R_{01} &= e^{\vec{h}_1\theta_1} = e^{\hat{z}\theta_1} & R_{12} &= e^{\vec{h}_2\theta_2} = e^{\hat{x}\theta_2} & R_{23} &= e^{\vec{h}_3\theta_3} = e^{\hat{z}\theta_3} \\ R_{34} &= e^{\vec{h}_4\theta_4} = e^{\hat{x}\theta_4} & R_{45} &= e^{\vec{h}_5\theta_5} = e^{\hat{z}\theta_5} & R_{56} &= e^{\vec{h}_6\theta_6} = e^{\hat{x}\theta_6} & R_{67} &= e^{\vec{h}_7\theta_7} = e^{\hat{z}\theta_7} \\ \vec{p}_{01} &= l_0\vec{z}_0 & \vec{p}_{12} &= l_{1z}\vec{z}_1 - l_{1x}\vec{x}_1 & \vec{p}_{23} &= l_{2z}\vec{z}_2 - l_{2x}\vec{x}_2 & \vec{p}_{34} &= l_{3z}\vec{z}_3 - l_{3x}\vec{x}_3 \\ \vec{p}_{45} &= l_{4z}\vec{z}_4 - l_{4x}\vec{x}_4 & \vec{p}_{56} &= l_5\vec{z}_5 & \vec{p}_{67} &= l_6\vec{z}_6 & \vec{p}_{7e} &= l_7\vec{z}_7 \\ T_{0e} &= T_{01}T_{12}T_{23}T_{34}T_{45}T_{56}T_{67}T_{7e}\end{aligned}$$

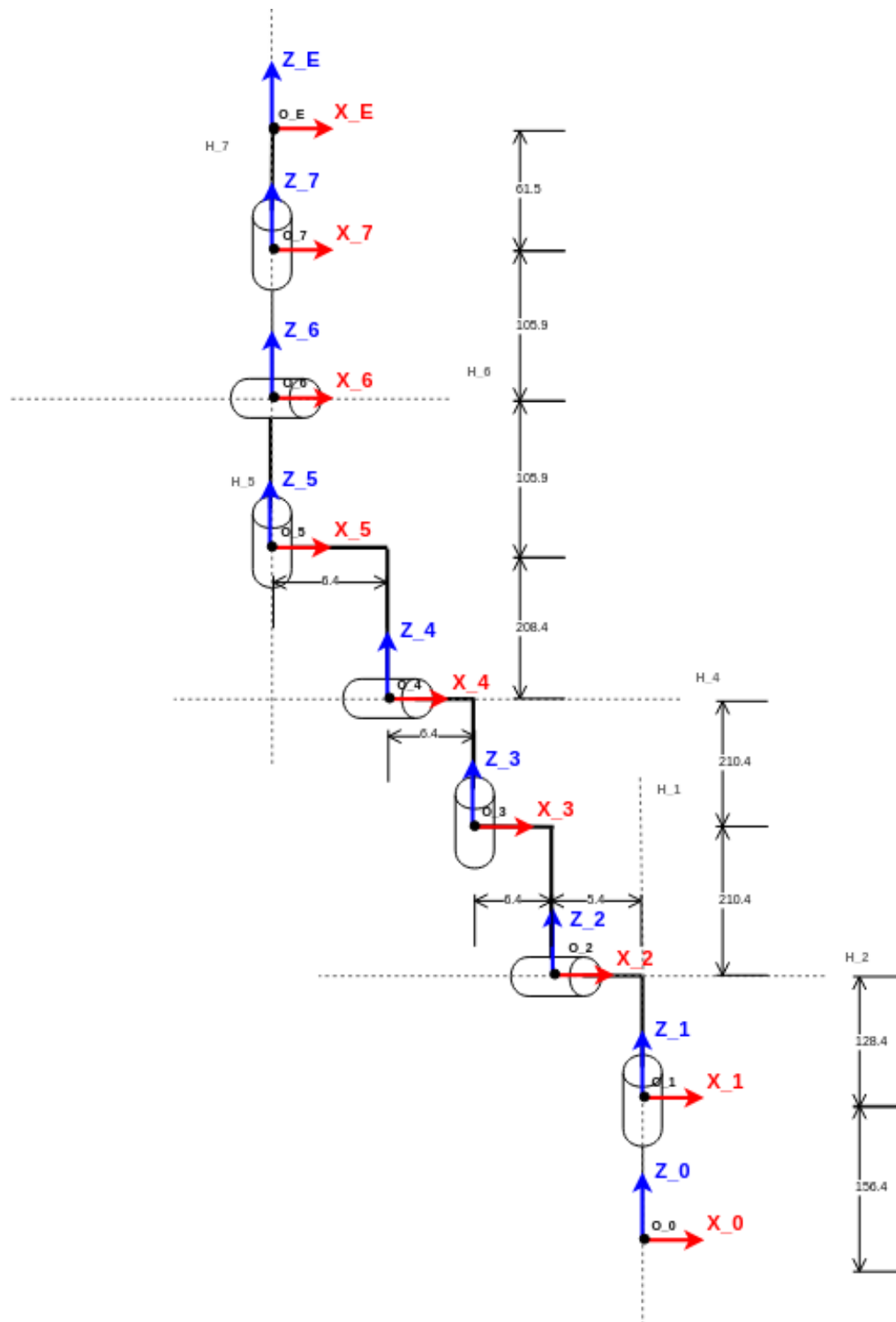
Table 1: Dimensões dos elos da representação do manipulador Kinova Gen3 (figura 1)

	l_0	l_{1x}	l_{1z}	l_{2x}	l_{2z}	l_{3x}	l_{3z}	l_{4x}	l_{4z}
Dimensão (m)	0.1564	0.1284	0.0054	0.2104	0.0054	0.2104	0.0064	0.2084	0.0064
				l_5	l_6	l_7			
				Dimensão (m)	0.1059	0.1059	0.0615		

Table 2: Configurações do manipulador Kinova Gen3

Configuração	A	B	C
θ_1	0	0	0
θ_2	0	$-\pi/2$	$-\pi/2$
θ_3	0	0	0
θ_4	0	0	$\pi/2$
θ_5	0	$\pi/2$	0
θ_6	0	$\pi/2$	0
θ_7	0	0	0

Figure 1: Representação do Enfoque de Exponências do Manipulador Kinova Gen3.



Questão 2

A figura 3 mostra a representação do Manipulador pelo método de Denavit-Hartenberg Standard. A tabela 3 exibe os parâmetros encontrados para o método.

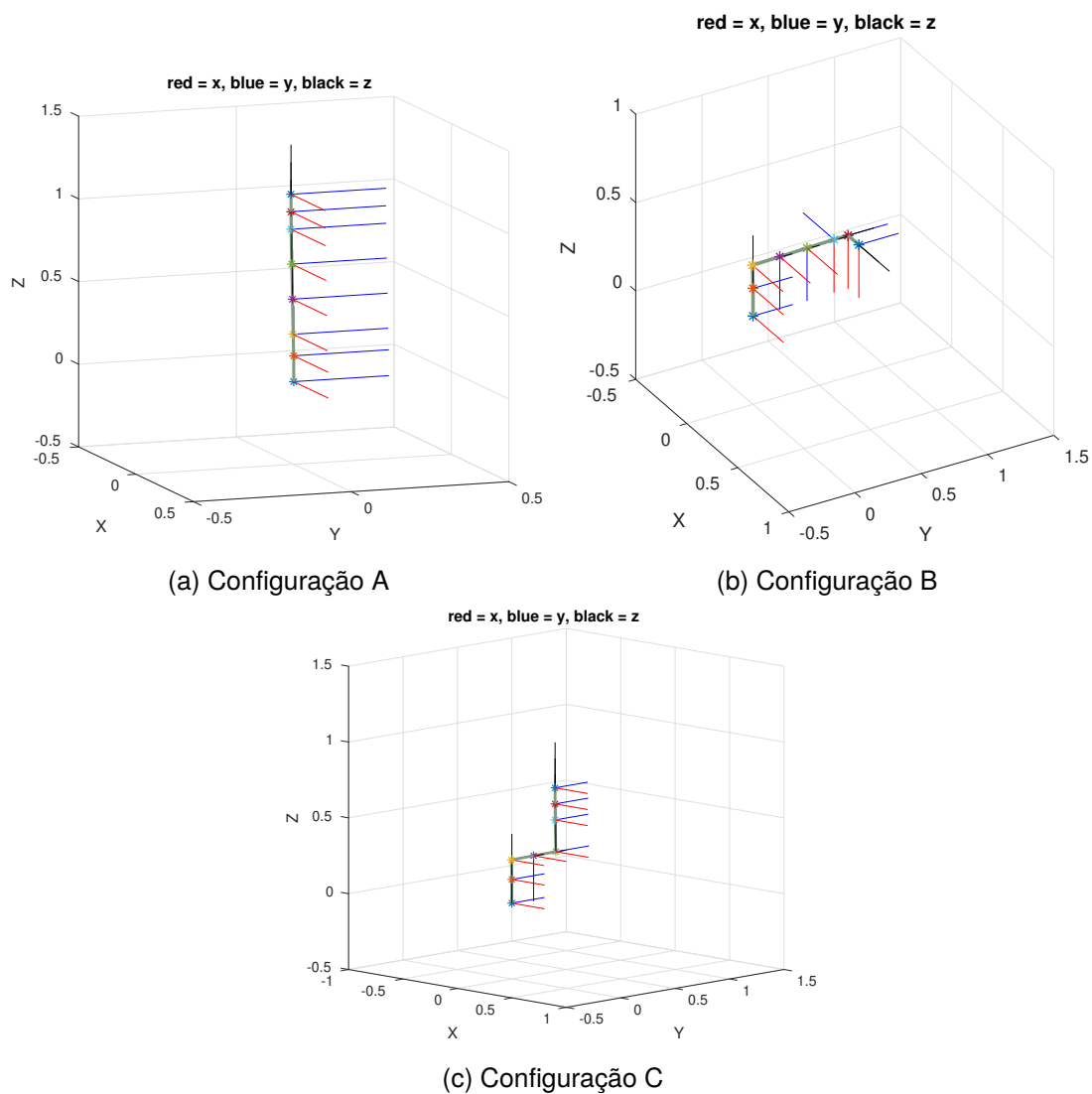


Figure 2: Representação do manipulador Kinova Gen3 no Enfoque de Exponenciais nas configurações A, B e C (tabela 2)

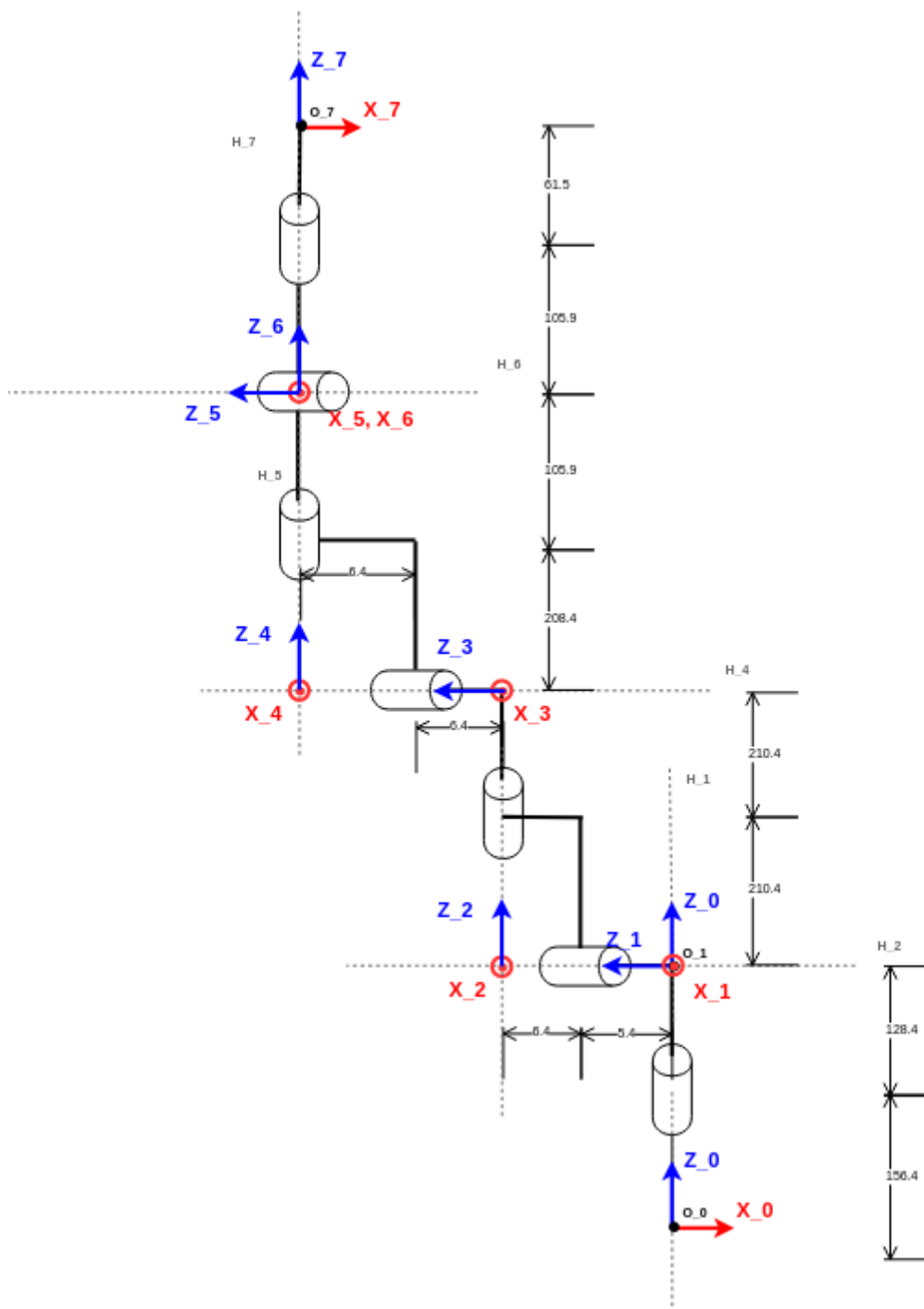
Table 3: Tabela Denavit Hartenberg Standard para o Manipulador

Elo i	θ_i	d_i	a_i	α_i	type	offset
1	θ_1	$l_0 + l_{1z}$	0	$\pi/2$	0	$-\pi/2$
2	θ_2	$l_{2x} + l_{3x}$	0	$-\pi/2$	0	0
3	θ_3	$l_{2z} + l_{3z}$	0	$\pi/2$	0	0
4	θ_4	$l_{3x} + l_{4x}$	0	$-\pi/2$	0	0
5	θ_5	$l_{4z} + l_5$	0	$\pi/2$	0	0
6	θ_6	0	0	$-\pi/2$	0	0
7	θ_7	$l_6 + l_7$	0	0	0	$\pi/2$

Questão 3

O item a da figura 4 exibe o modelo gerado pela classe SerialLink do Robot Toolbox. O manipulador se encontra na posição zero.

Figure 3: Representação do Denavit-Hartenberg Standard do Manipulador Kinova Gen3.



Questão 4

A figura 4 exibe as três configurações usadas presentes na tabela 2.

Questão 5

Para se fazer a Cinemática Inversa é necessário escolher uma posição p_{be} e uma orientação R_{Be} finais do manipulador, e uma configuração inicial do manipulador. A posição zero no manipulador é uma região de singularidade. Portanto, para que a função $ikine()$ convirja, é necessário

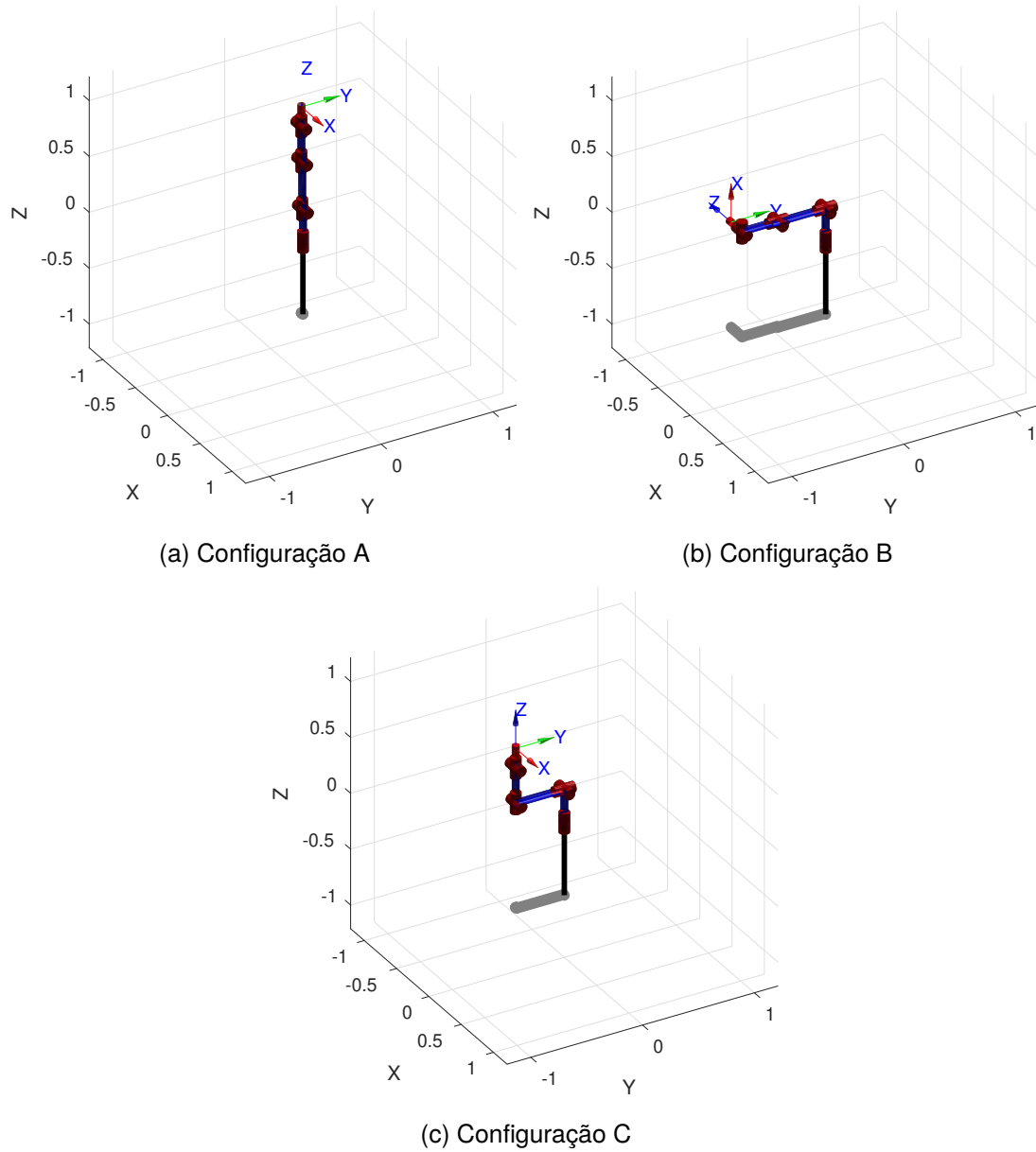


Figure 4: Representação do manipulador no Denavit Hartenberg Standard nas configurações A, B e C (tabela 2)

mudar a configuração inicial.

A tabela 4 exibe os ângulos das juntas escolhidos e os encontrados. A figura 5 mostra o manipulador com as duas configurações.

$$T_{be} = \begin{bmatrix} R_{be} & p_{be} \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$R_{be} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad p_{be} = \begin{bmatrix} 0.7 \\ 0 \\ 0.4 \end{bmatrix} \quad (2)$$

Table 4: Configuração inicial para a função ikine.

Juntas	θ_1	θ_2	θ_3	θ_4	θ_5	θ_6	θ_7
Inicial	0	$-\pi/2$	0	0	0	0	0
Resultante	1.1630	-0.8868	0.8339	-1.4722	0.2492	0.7224	0.7613

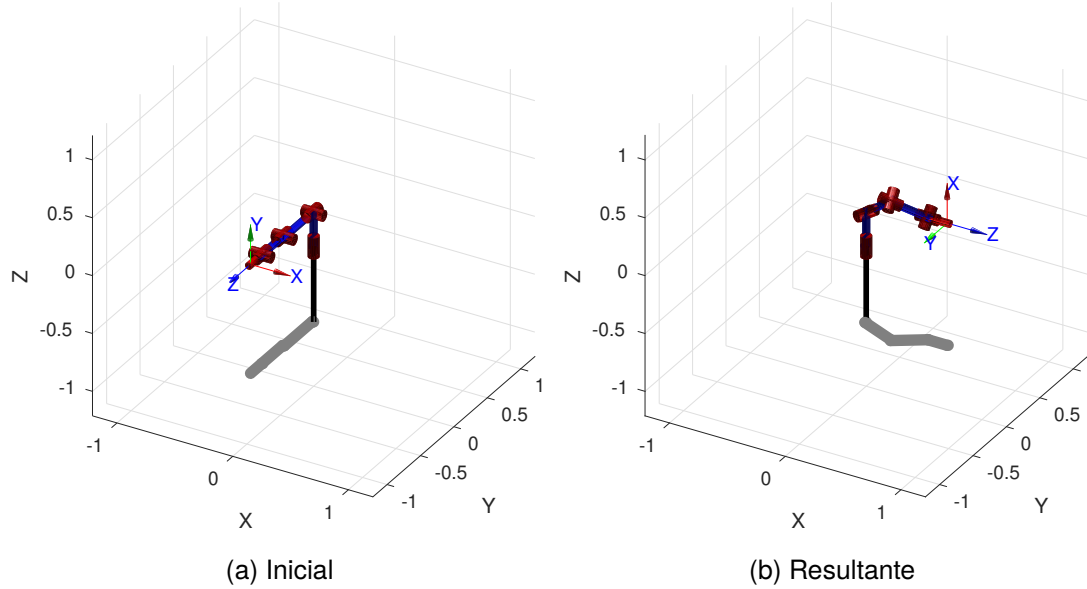


Figure 5: Representações do manipulador nas configurações inicial e na resultante. (tabela 4)

Questão 6

$$J_7 = \begin{bmatrix} \vec{h}_1 \times \vec{p}_{17} & \vec{h}_2 \times \vec{p}_{27} & \vec{h}_3 \times \vec{p}_{37} & \vec{h}_4 \times \vec{p}_{47} & \vec{h}_5 \times \vec{p}_{57} & \vec{h}_6 \times \vec{p}_{67} & \vec{h}_7 \times \vec{p}_{77} \\ \vec{h}_1 & \vec{h}_2 & \vec{h}_3 & \vec{h}_4 & \vec{h}_5 & \vec{h}_6 & \vec{h}_7 \end{bmatrix}$$

$$(J_7)_0 = \begin{bmatrix} (\vec{h}_1)_0 \times (\vec{p}_{17})_0 & (\vec{h}_2)_0 \times (\vec{p}_{27})_0 & (\vec{h}_3)_0 \times (\vec{p}_{37})_0 & (\vec{h}_4)_0 \times (\vec{p}_{47})_0 \\ (\vec{h}_1)_0 & (\vec{h}_2)_0 & (\vec{h}_3)_0 & (\vec{h}_4)_0 \\ (\vec{h}_5)_0 \times (\vec{p}_{57})_0 & (\vec{h}_6)_0 \times (\vec{p}_{67})_0 & (\vec{h}_7)_0 \times (\vec{p}_{77})_0 \\ (\vec{h}_5)_0 & (\vec{h}_6)_0 & (\vec{h}_7)_0 \end{bmatrix}$$

Os resultados do Jacobiano para cada uma das configurações da tabela 2 estão exibidos pela figura 6.

Questão 7

Para verificar os resultados obtidos pelas multiplicações da questão 6. Foi usada a função *SerialLink.jacob0*. Os resultados estão na figura 7.

As duas figuras mostram que os resultados obtidos não estão corretos.

Figure 6: Jacobianos achados para as Configurações A, B e C (tabela 2).

JA =

0	0	0	0	0	0	0
-0.0236	-0.8410	-0.0128	-0.4202	0	-0.1059	0
0	0	0	0	0	0	0
0	1.0000	0	1.0000	0	1.0000	0
0	0	0	0	0	0	0
1.0000	0	1.0000	0	1.0000	0	1.0000

JB =

-0.7351	0	0.0000	0	0.0000	0.0000	0
0.0823	-0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000	-0.1059	0
0	0.7351	-0.0931	0.3143	-0.1059	-0.0000	0
0	1.0000	0	1.0000	0	0.0000	1.0000
0	0	1.0000	0	1.0000	0.0000	0.0000
1.0000	0	0.0000	0	0.0000	-1.0000	0.0000

JC =

-0.4208	0	0.4202	0	0	0	0
-0.0236	-0.4202	-0.0000	-0.4202	0	-0.1059	0
0	0.4208	0.0128	0	0	0	0
0	1.0000	0	1.0000	0	1.0000	0
0	0	1.0000	0	0	0	0
1.0000	0	0.0000	0	1.0000	0	1.0000

Figure 7: Jacobianos gerados pela função *SerialLink.jacob0* para as Configurações A, B e C (tabela 2).

JAdh =

0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	0	-0.0000	0
-0.0246	0.9025	-0.0128	0.4817	0	0.1674	0
0	0	0	0	0	0	0
0	-1.0000	0	-1.0000	0	-1.0000	0
0	-0.0000	0	-0.0000	0	-0.0000	0
1.0000	0.0000	1.0000	0.0000	1.0000	0.0000	1.0000

>> JBdh

JBdh =

0.7351	0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	0
-0.1920	0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	0.1674	0
0.0000	0.7351	-0.1802	0.3143	-0.1674	-0.0000	0
0.0000	-1.0000	0.0000	-1.0000	0.0000	-0.0000	-1.0000
0	-0.0000	-1.0000	-0.0000	-1.0000	-0.0000	-0.0000
1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-1.0000	0.0000

>> JCdh

JCdh =

0.4208	-0.0000	-0.4817	-0.0000	0	-0.0000	0
-0.0246	0.4817	-0.0000	0.4817	0	0.1674	0
-0.0000	0.4208	-0.0128	0.0000	0	0.0000	0
0	-1.0000	0	-1.0000	0	-1.0000	0
-0.0000	-0.0000	-1.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000
1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	1.0000