Servo sistema para perturbação controlada do equilíbrio postural

Dissertação de Mestrado

João Filipe Torres Valente

Universidade de Aveiro – Departamento de Engenharia Mecânica

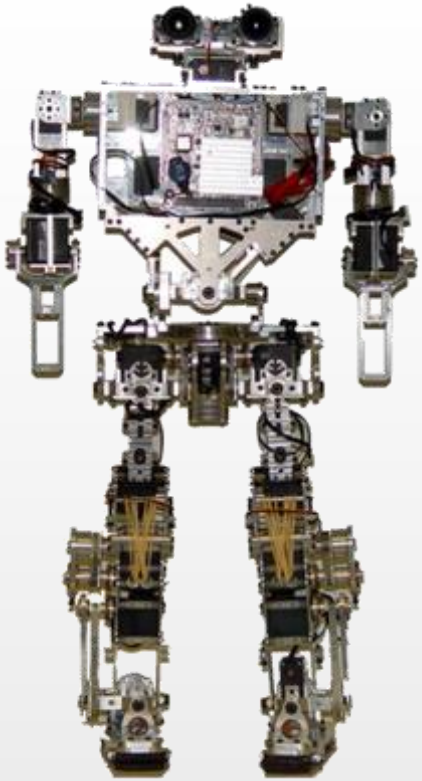
Orientador – Prof. Dr. Vítor Manuel Ferreira dos Santos

Coorientador – Prof. Dr. António José Monteiro Amaro

Junho 2016

universidade de aveiro

Contexto e Motivação



Testar PHUA

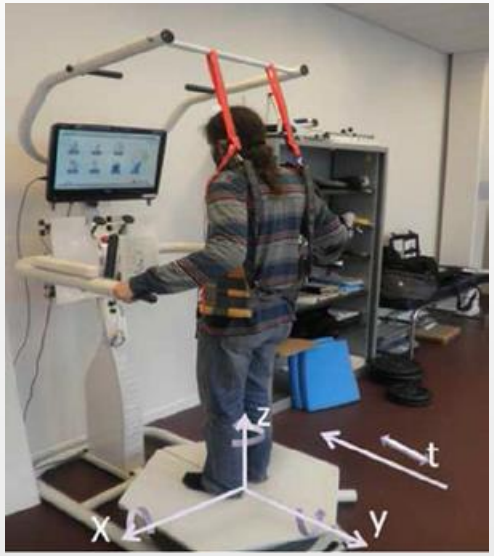
Diagnóstico, Reabilitação

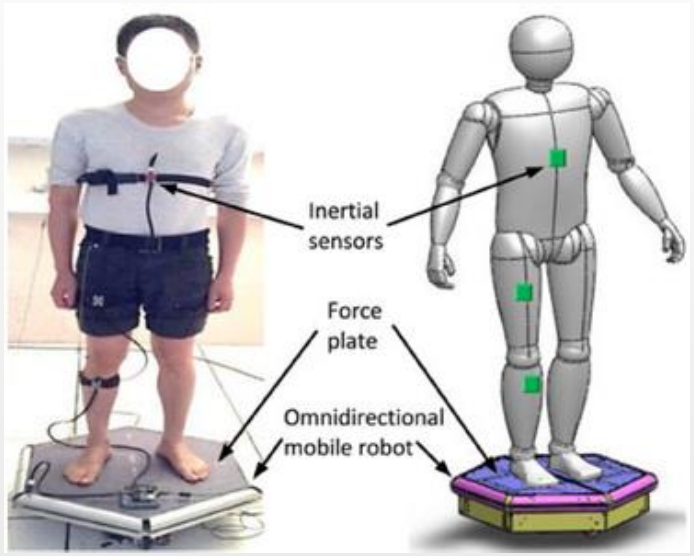
Recolha de Informação

- Sistemas de teste do equilíbrio
  - Estáticos
  - Dinâmicos

Recolha de Informação

- Estimulo aplicado sob o pé



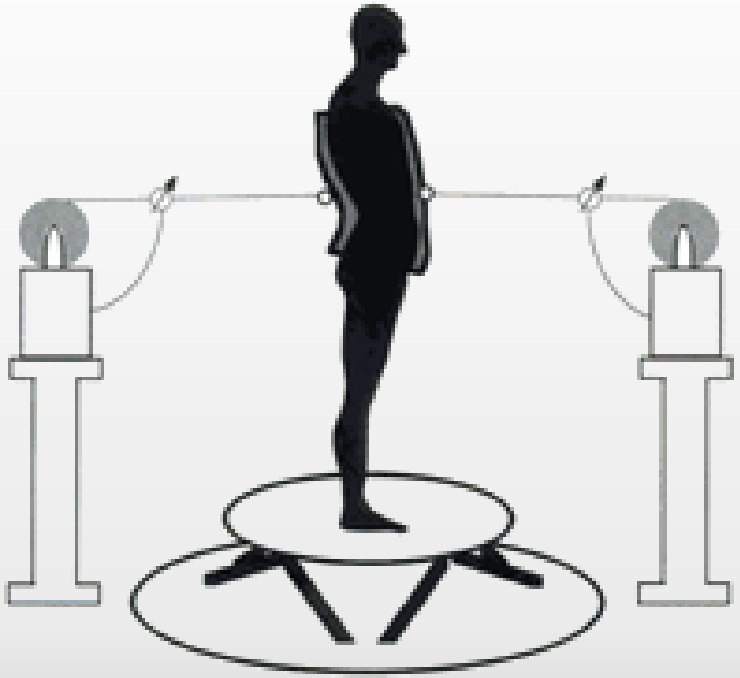


Recolha de Informação

- Força de tração

Recolha de Informação

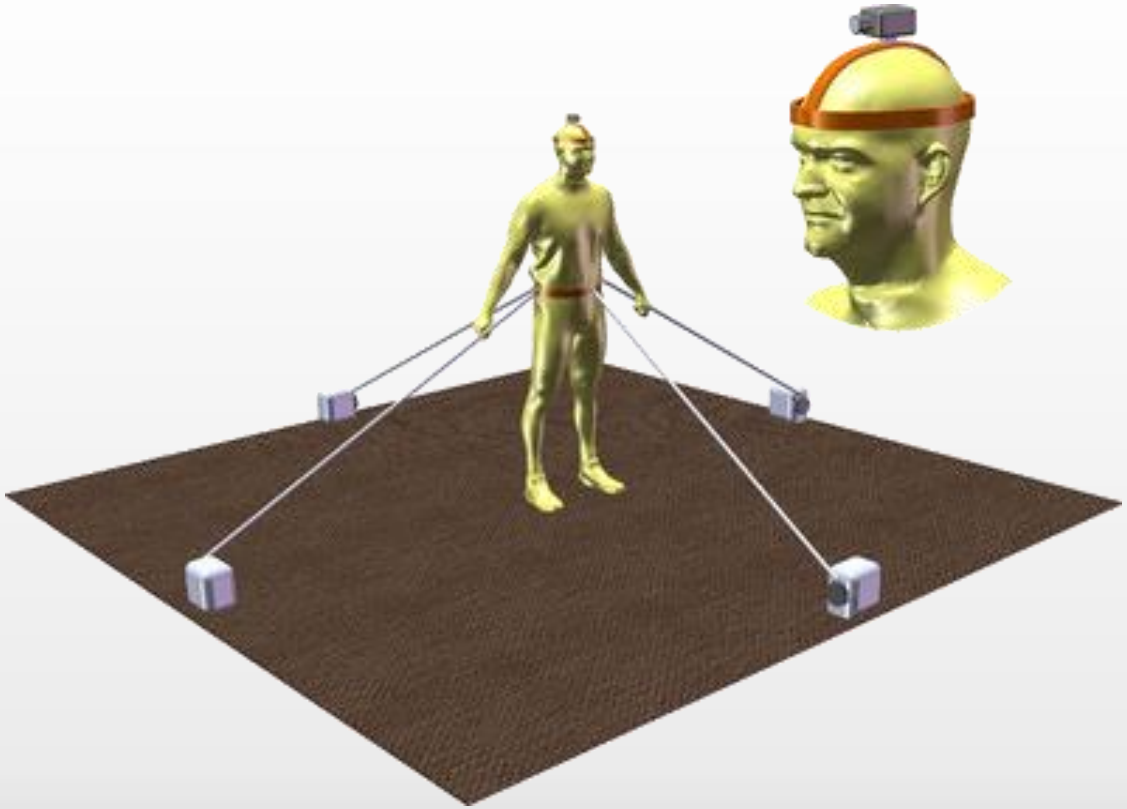
- Estimulo aplicado sob o pé e Força de tração



Descrição do Problema

- Aplicar perturbação de equilíbrio
  - Repetível
  - Automática
  - Mesurável
  - Segura

Preview da Solução



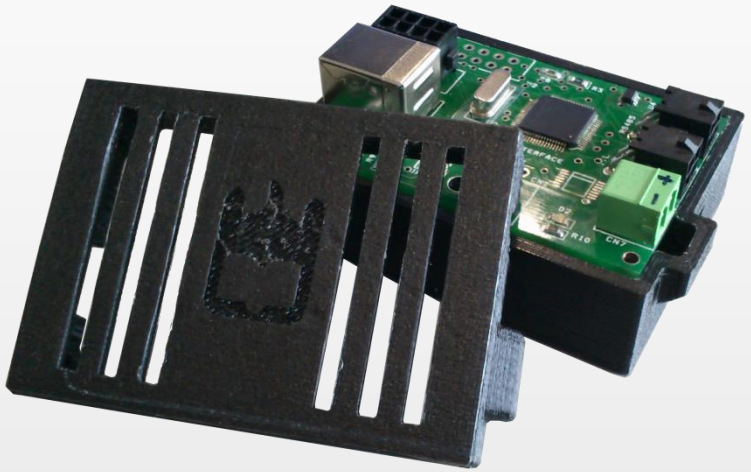
Objectivos

- Desenvolver um mecanismo para testar o conceito.
- Desenvolver e aplicar estímulos no sistema mecânico para avaliar a consistência do conceito.

Servomotor

- RX-64

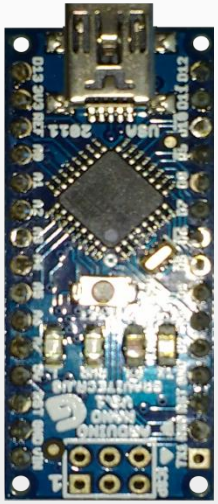
- Deti Dynamixel Interface

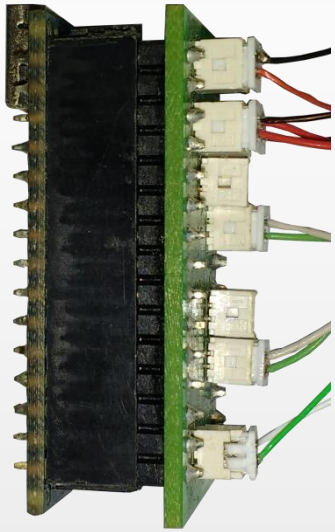


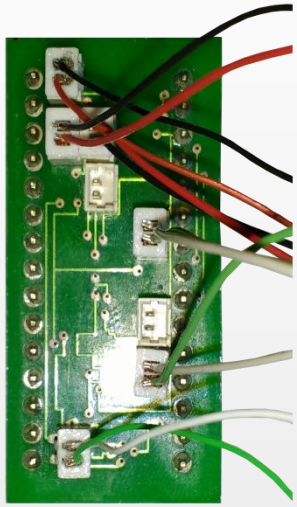
Sensor de força

- Célula de carga

- Unidade leitura de força

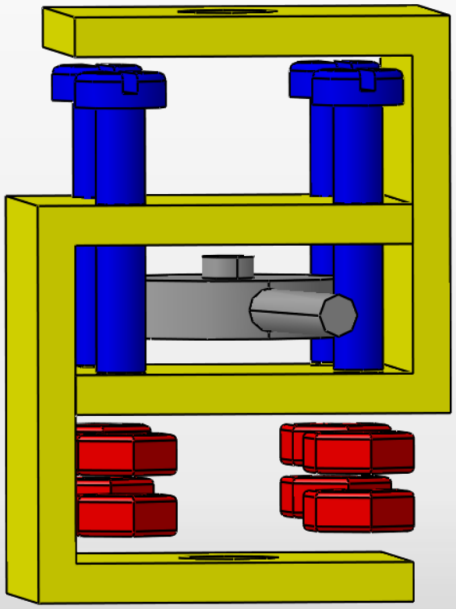


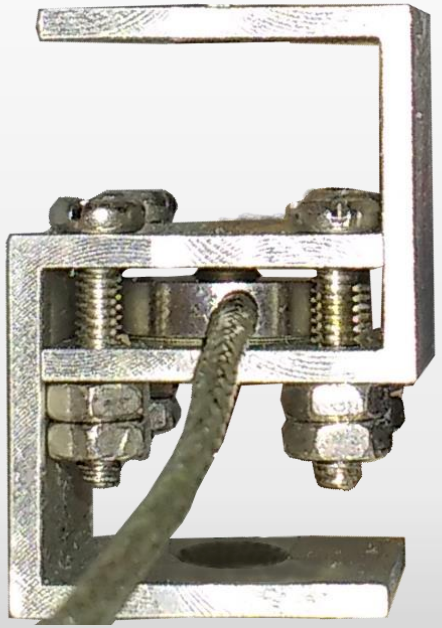




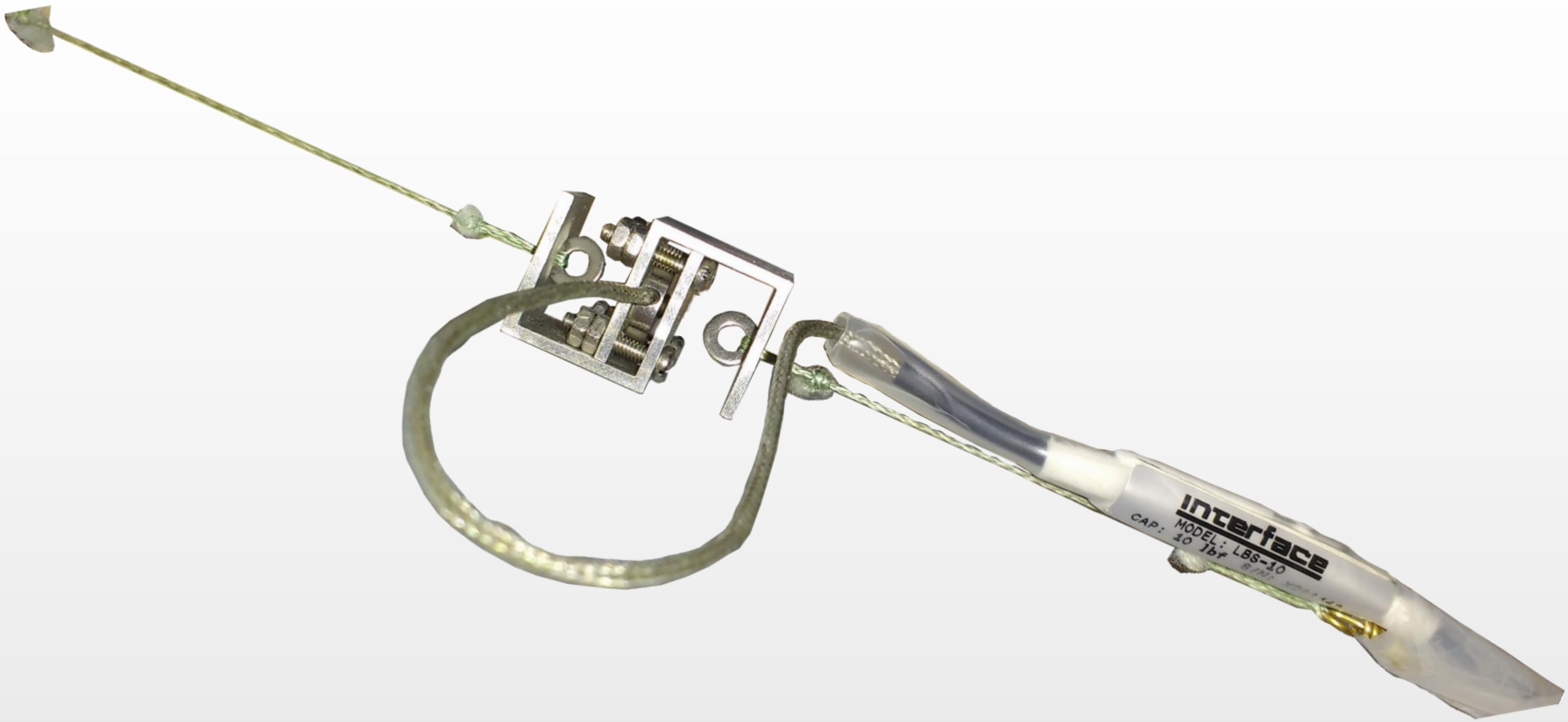
Sensor de força

- Adaptação célula de carga para sensor de força de tração





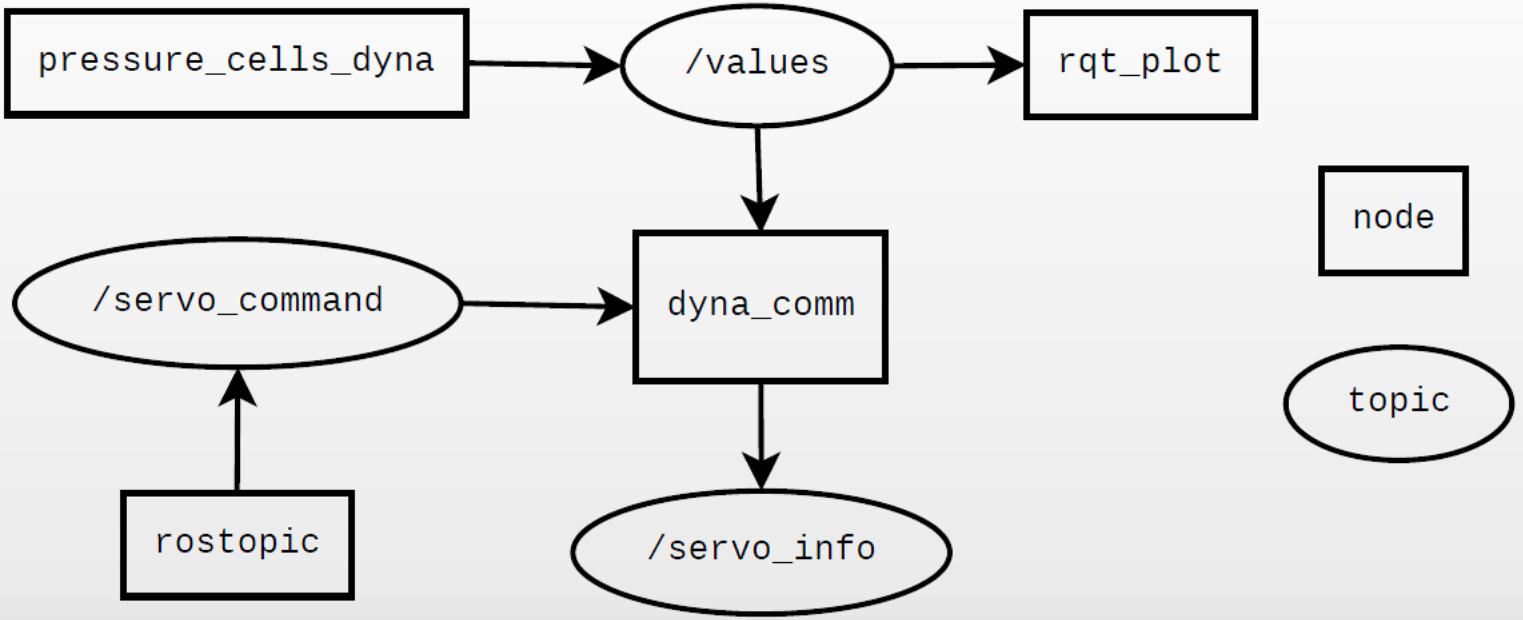
Sensor de força



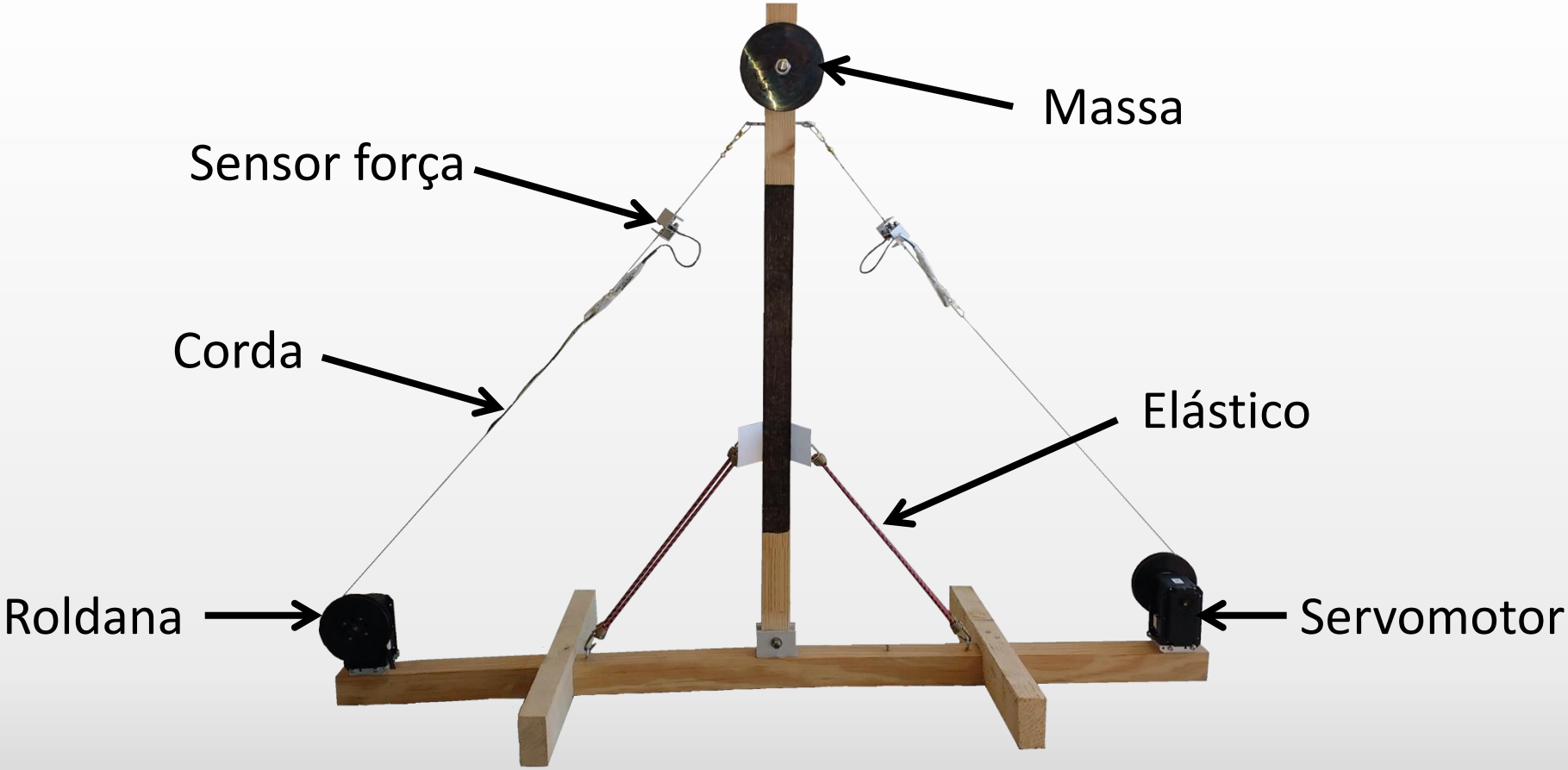
Software

- Robot Operating System

ROS



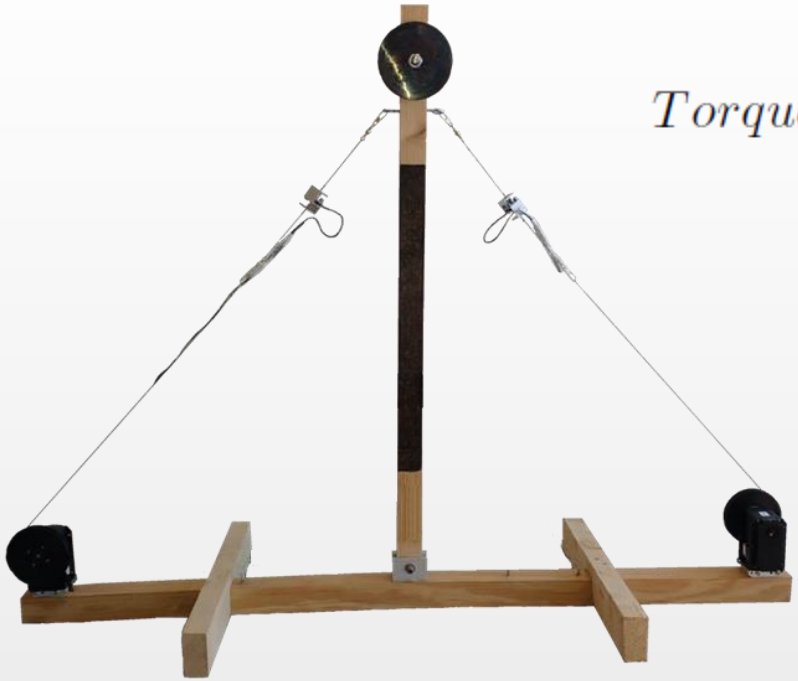
Experiências com um Pêndulo Invertido



Experiências com um Pêndulo Invertido

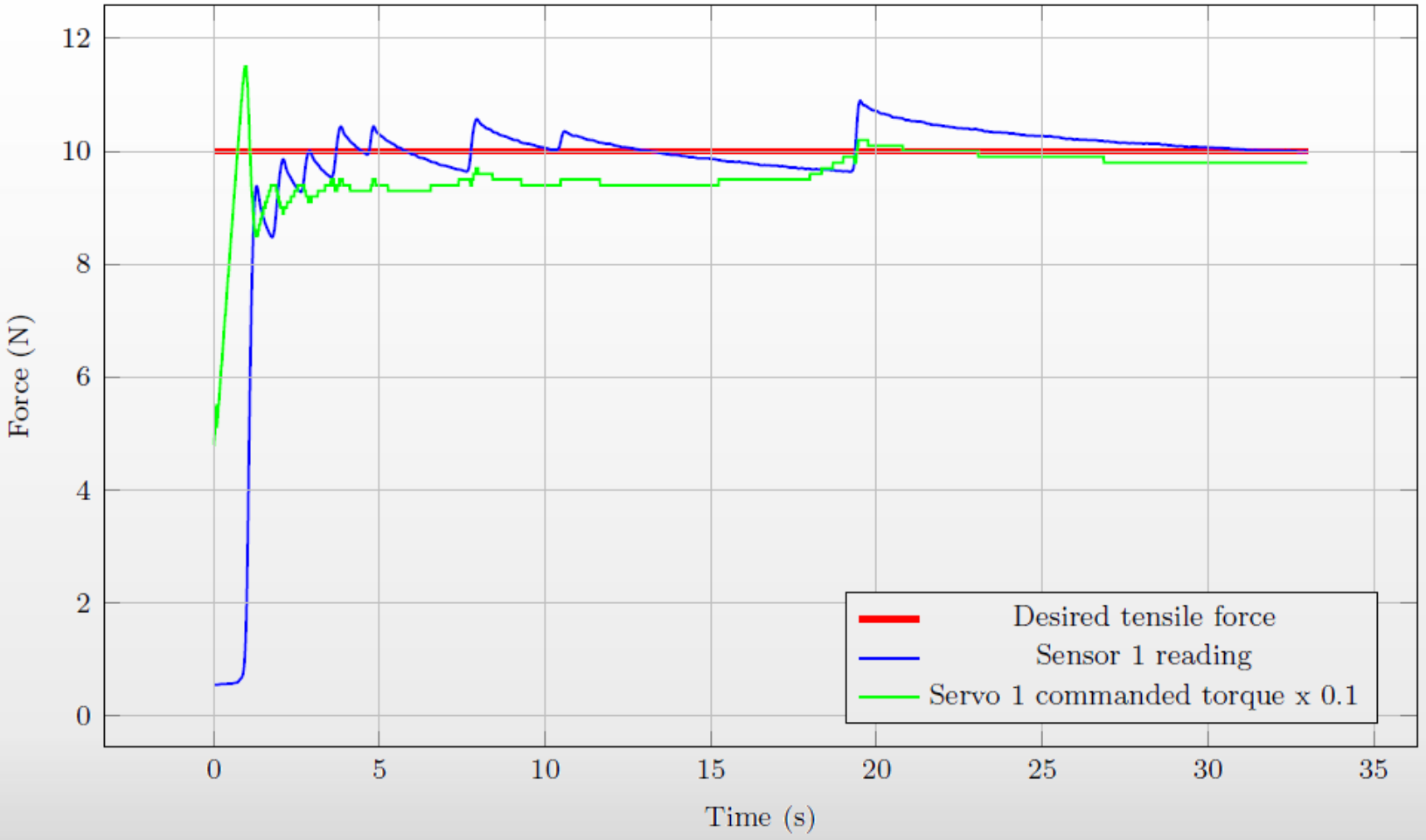
$$Torque(n) = K_P.(Tension_{limit} - Sensor(n)) + K_I.\sum_{i=0}^{n}(Tension_{limit} - Sensor(n_i))$$

Experiências com um Pêndulo Invertido



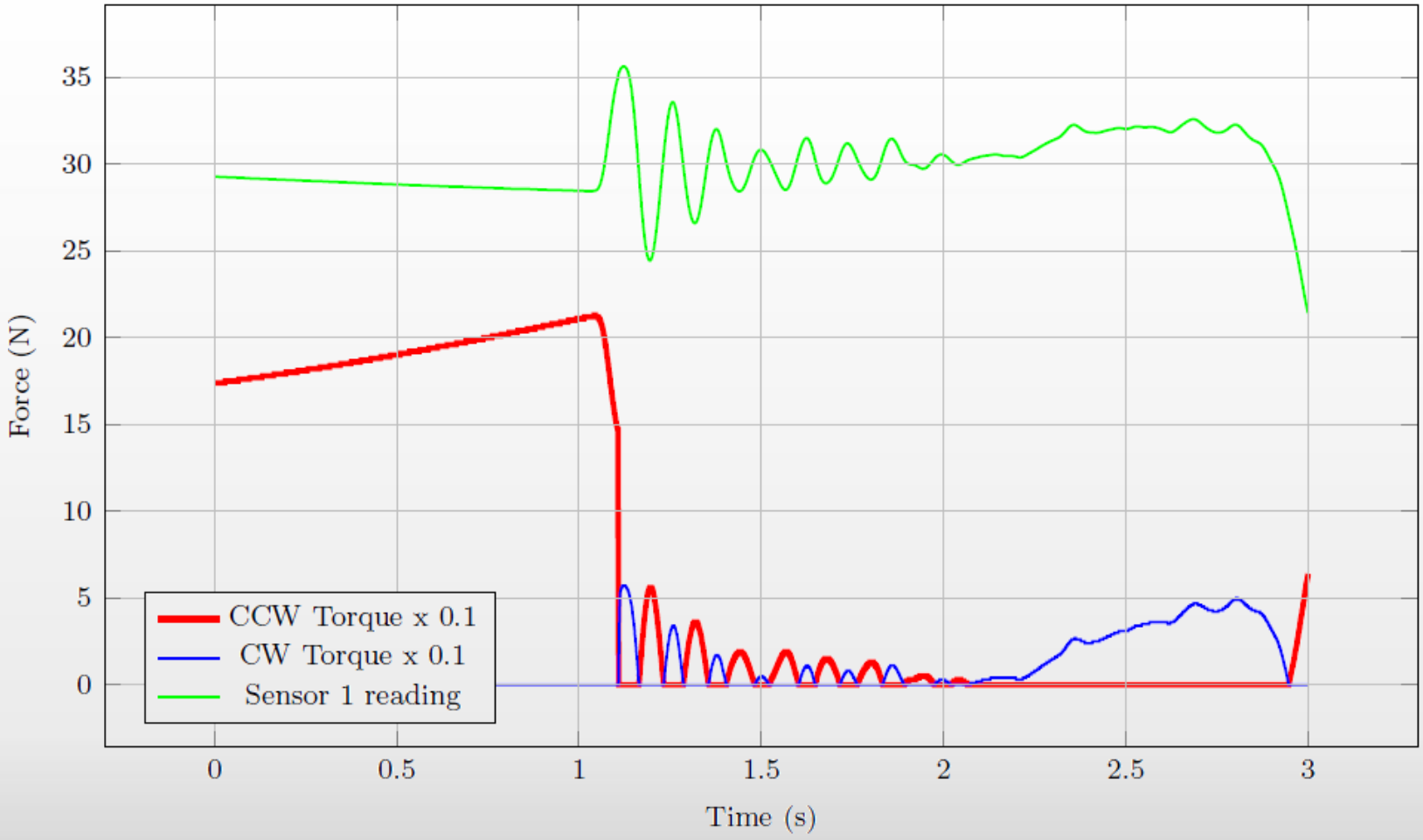
$$Torque(n) = K_{P1}.(Tension_{limit} - Sensor(n)) + K_{P2}.(Sensor(n) - Sensor_{opposite}(n)) + K_I.\sum_{i=0}^{n_i}(Tension_{limit} - Sensor(n_i))$$

Experiências com um Pêndulo Invertido



(a) Servo 1 side.

Experiências com um Pêndulo Invertido

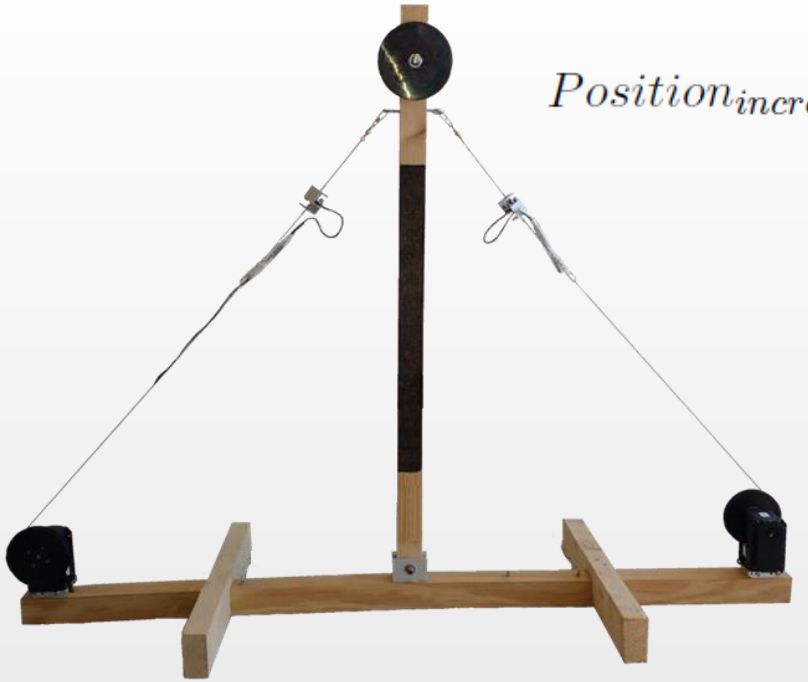


(a) Servo 1 side.

Experiências com um Pêndulo Invertido

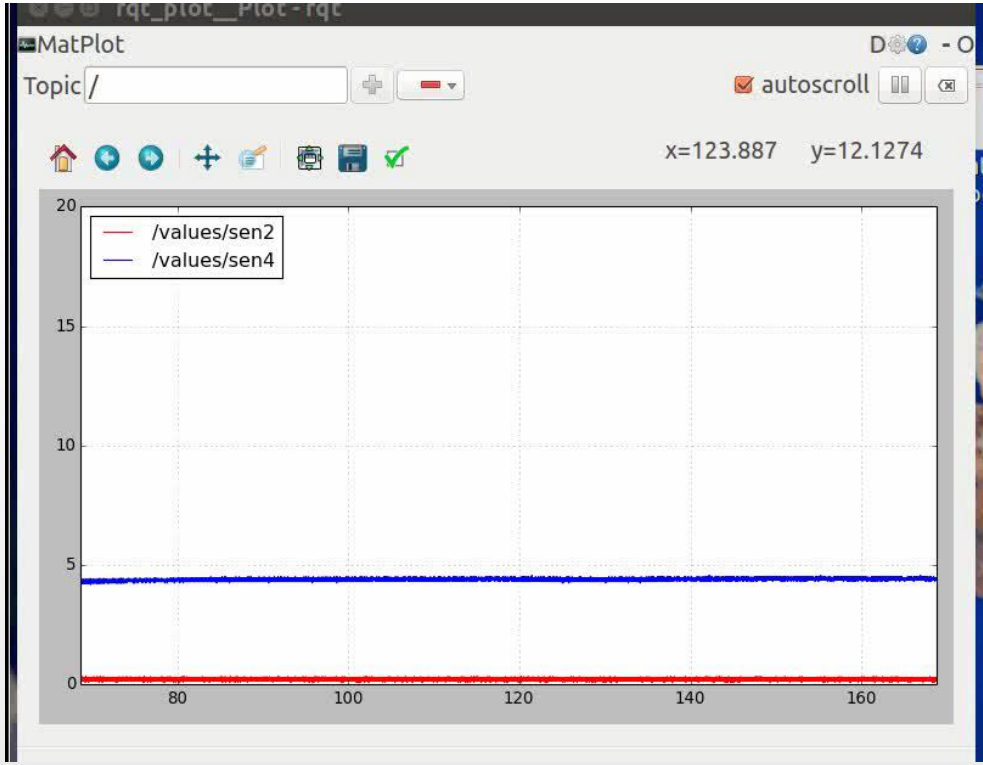
- Mais Binário
- Melhor Resolução
- Mais Modos de Controlo

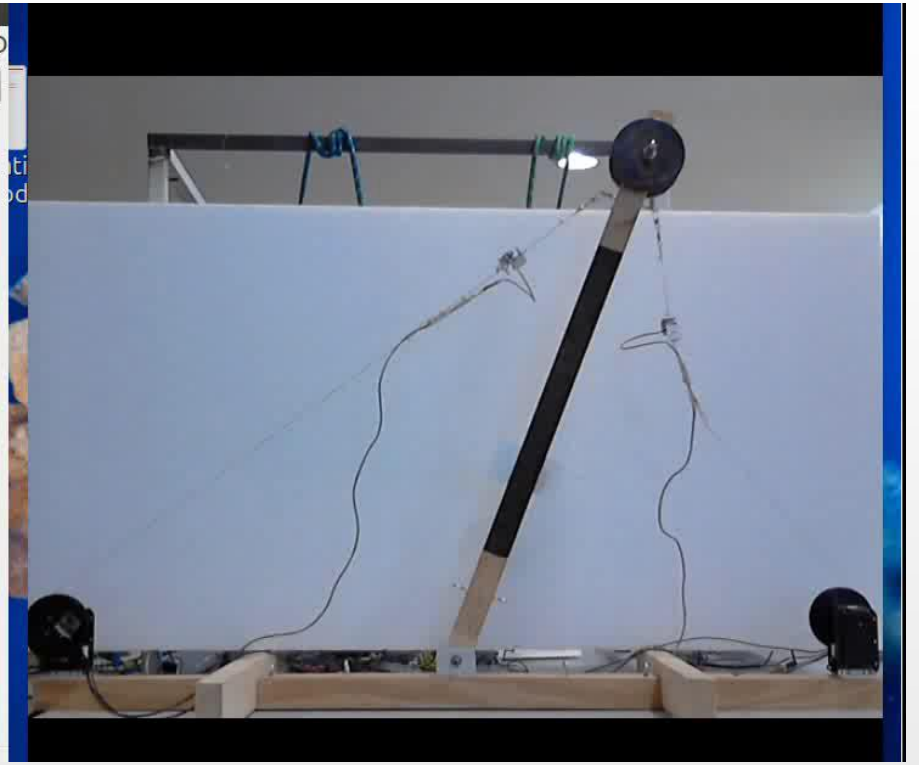
Experiências com um Pêndulo Invertido



$$Position_{increment}(n) = K_{P1}.(Tension_{limit} - Sensor(n)) + K_{P2}.(Sensor(n) - Sensor_{opposite}(n)) + K_I.\sum_{i=0}^{n}(Tension_{limit} - Sensor(n_i))$$

Experiências com um Pêndulo Invertido



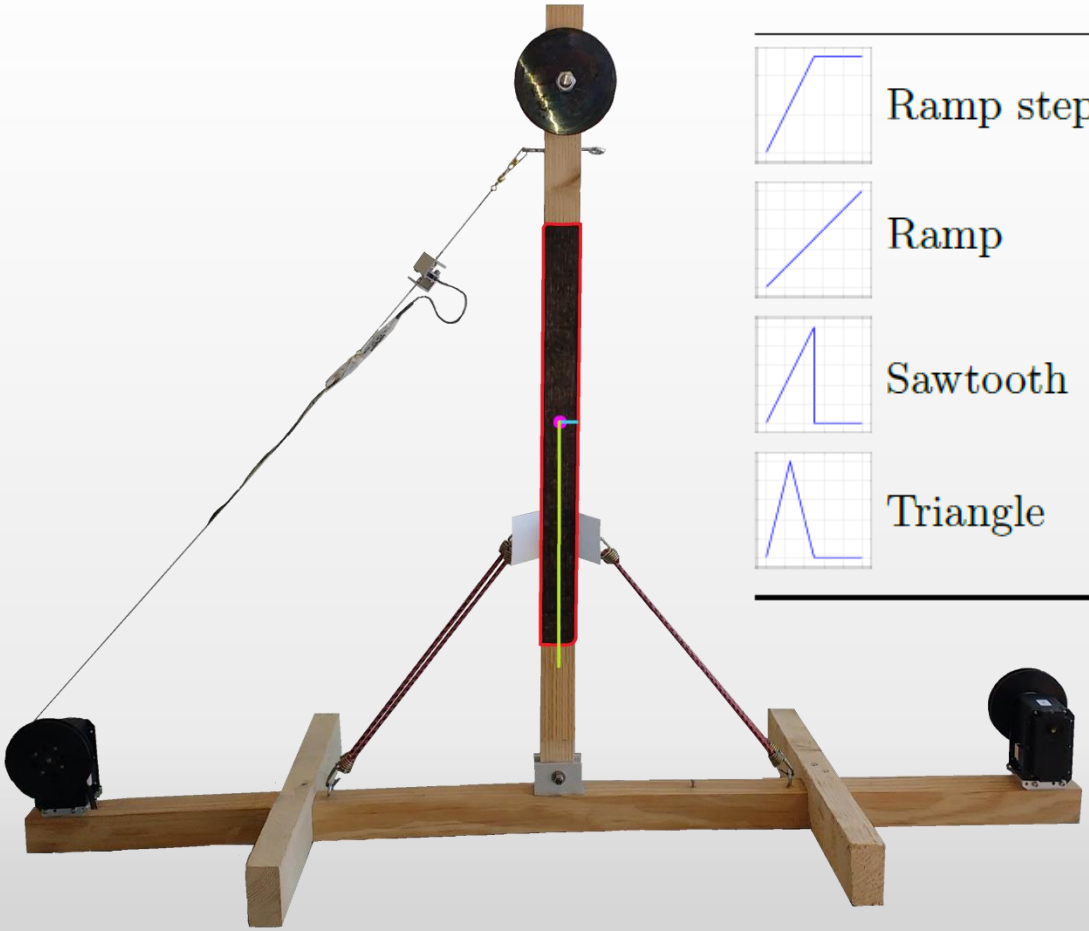


Aplicação de Estímulos

Visão

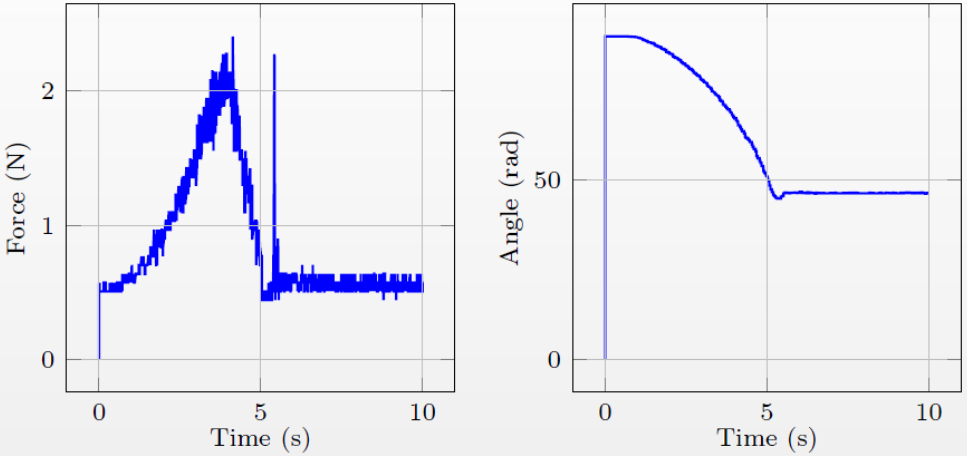
1. Binarizar
2. Encontrar Contornos
3. Área dos contornos
4. Desenhar contornos
5. Obter orientação
6. Publicar orientação

Aplicação de Estímulos



	Position commands	Velocity commands	Torque commands
Ramp step	×5	×5	×5
Ramp	×5	×5	×5
Sawtooth	×5	×5	×5
Triangle	×5	×5	×5

Aplicação de Estímulos



(a) Tensile Force. (b) Angle of the pendulum.

Figure: Ramp step with torque control.

Table: Correlation of the results produced by different stimuli, controlling servo torque.

	$\overline{r}$		r_σ	
	Force	Angle	Force	Angle
Ramp step	0.9435	0.9538	0.0214	0.0396
Ramp	0.9411	0.9737	0.0303	0.0298
Sawtooth	0.3289	0.9201	0.0673	0.0845
Triangle	0.8238	0.6961	0.0634	0.3843

Aplicação de Estímulos

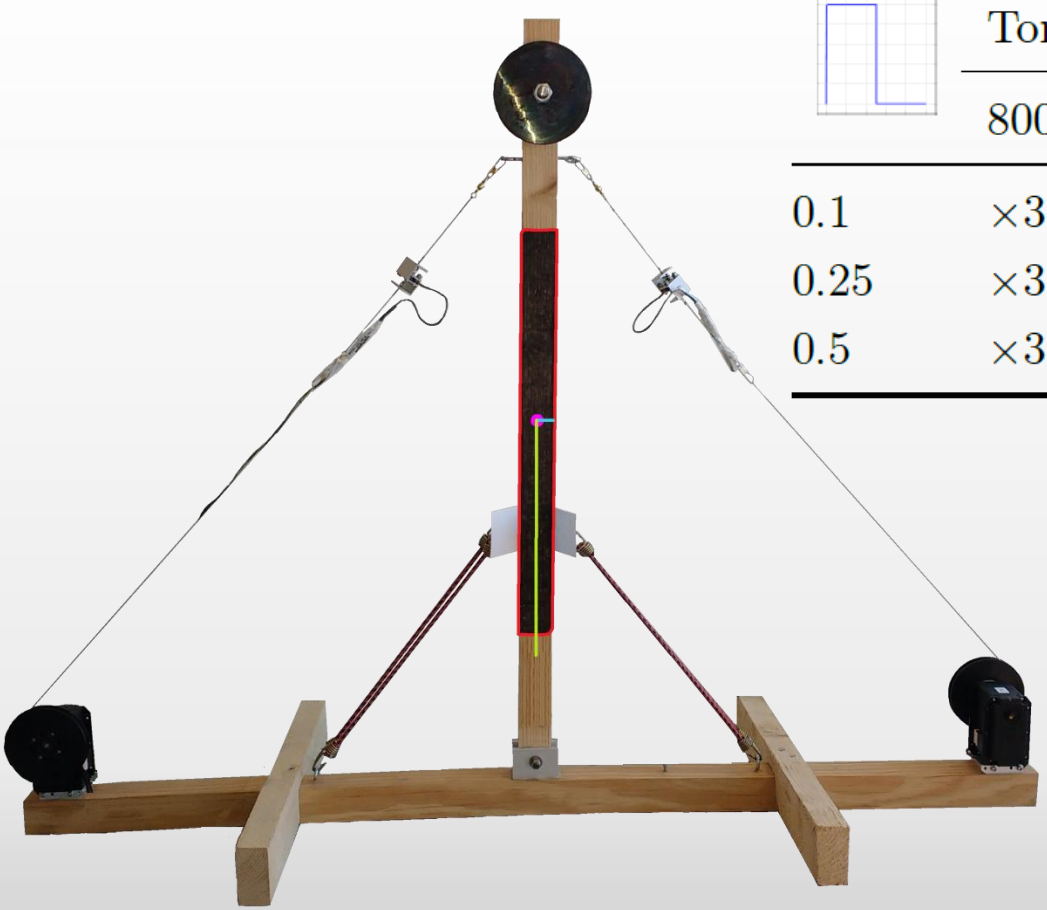
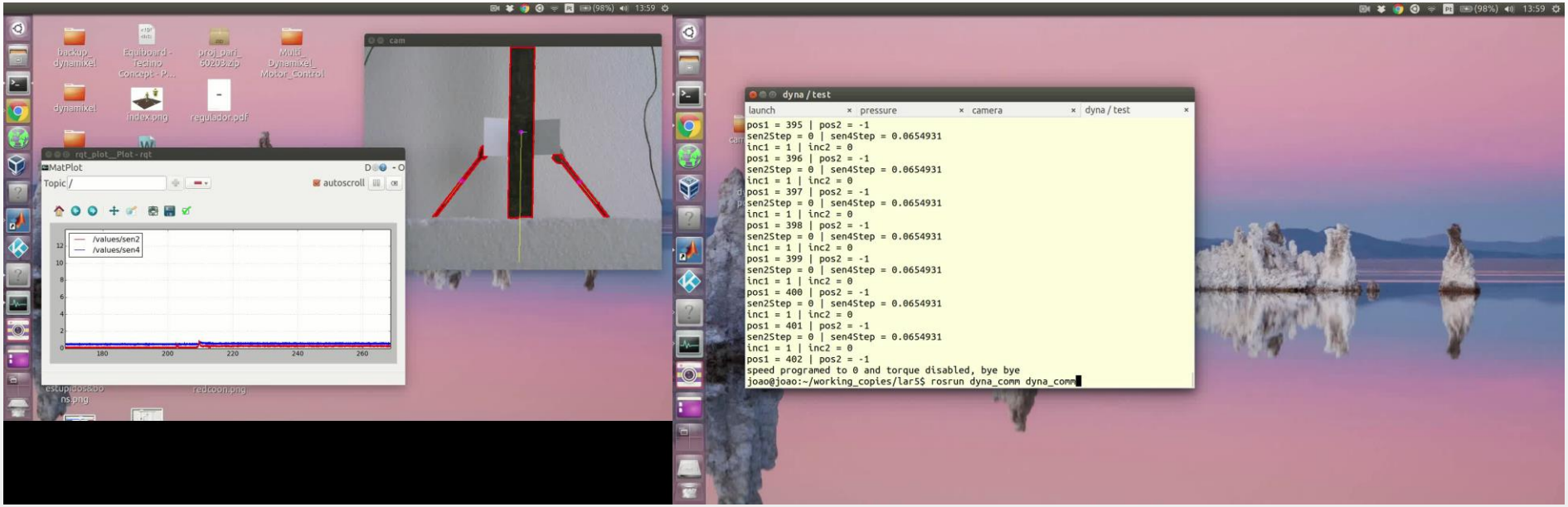


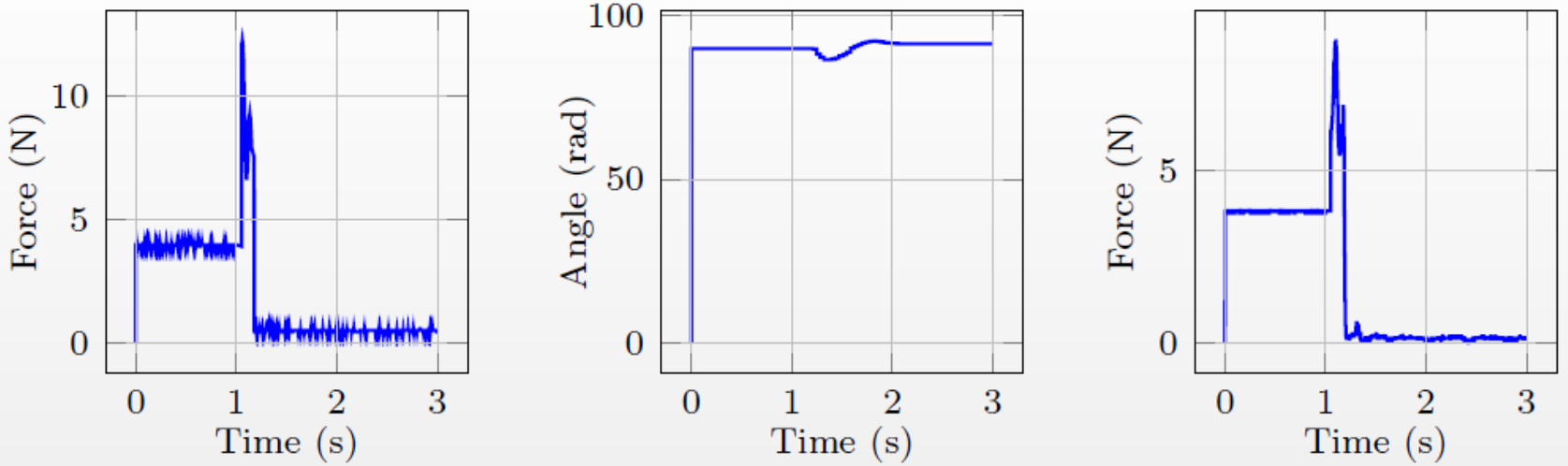
Table: Procedure plan for the second trials.

	Torque commands			Velocity commands		
	800	900	1023	800	900	1023
0.1	×3	×3	×3	×3	×3	×3
0.25	×3	×3	×3	×3	×3	×3
0.5	×3	×3	×3	×3	×3	×3

Aplicação de Estímulos



Aplicação de Estímulos



(a) Tensile Force 1, actuating cable. (b) Angle of the pendulum. (c) Tensile Force 2, passive cable.

Figure: Pulse with 800 torque and 0.1 s duration.

Aplicação de Estímulos

Table: Correlation of the results produced by pulse stimuli with different durations, controlling servo torque.

		$\overline{r}$			r_σ		
Torque	Time (s)	Force 1	Angle	Force 2	Force 1	Angle	Force 2
800	0.1	0.9984	0.9947	0.9986	0.0008	0.0021	0.0002
	0.25	0.9926	0.9642	0.9930	0.0046	0.0438	0.0055
	0.5	0.9956	0.9975	0.9972	0.0007	0.0008	0.0004
900	0.1	0.9947	0.9965	0.9954	0.0017	0.0015	0.0030
	0.25	0.9842	0.9957	0.9903	0.0115	0.0005	0.0072
	0.5	0.9825	0.9943	0.9968	0.0092	0.0032	0.0017
1023	0.1	0.9924	0.9974	0.9943	0.0035	0.0012	0.0040
	0.25	0.9932	0.9958	0.9940	0.0045	0.0012	0.0045
	0.5	0.9929	0.9970	0.9940	0.0042	0.0006	0.0044

Conclusões

- Hardware e software desenvolvido e implementado
  - Mecanismo tração compressão
  - Controlo servomotores
  - Visão
  - Aquisição e tratamento de dados
- Mecanismo para testar o conceito foi desenvolvido
- Foram aplicados estímulos que demonstraram a consistência do conceito

Trabalho Futuro

- Influência das condições iniciais
- Simular e equacionar o sistema
- Testar mais estímulos
- Modo de controlo dos servos ou outros motores
- Considerar tornar o sistema mais lento
- Criar uma interface gráfica para controlar e monitorar o sistema
- Criar uma estrutura física para aplicar estímulos utilizando quatro servos

Servo sistema para perturbação controlada do equilíbrio postural

Dissertação de Mestrado

João Filipe Torres Valente

Universidade de Aveiro – Departamento de Engenharia Mecânica

Orientador – Prof. Dr. Vítor Manuel Ferreira dos Santos

Coorientador – Prof. Dr. António José Monteiro Amaro

Junho 2016