

Desenvolvimento de Ferramentas de Ensino para Teleoperação Háptica de um Robô Humanóide

Apresentação da dissertação de mestrado de Eng. Mecânica

Orientação científica: Prof. Dr. Vítor Manuel Ferreira dos Santos

Prof. Dr. Filipe Miguel Teixeira Pereira da Silva

Estrutura da Apresentação

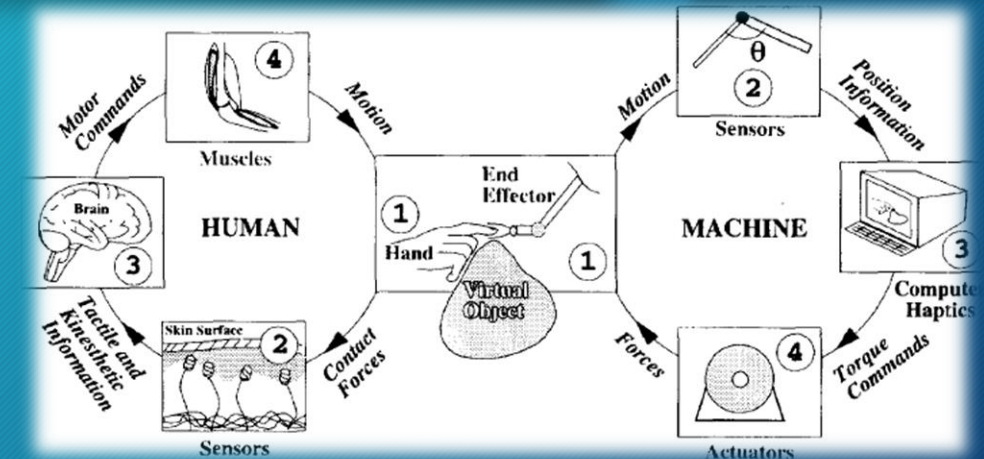
2

- Introdução
- Objetivos
- Setup Experimental
- Interface de Treino do Utilizador
 - Abordagem para o modo IK
 - Abordagem para o modo Torque
- Experiências & Resultados
- Conclusões

Introdução

3

Introdução a Haptics



- O que é *Haptics*?
- Teleoperação com interação háptica.
- *Haptic Guidance*.

Projeto Humanóide da Universidade de Aveiro-PHUA

5

O objetivo principal do PHUA é o desenvolvimento e integração de componentes de hardware e software numa plataforma humanóide funcional para a realização de estudos sobre tarefas de equilíbrio e locomoção.

- A plataforma tem por objetivo uma interação de ensino cinestésica, em que o utilizador usa um ou dois dispositivos hápticos para interagir com a plataforma, demonstrando o movimento específico e recebendo feedback sobre a dinâmica do sistema.

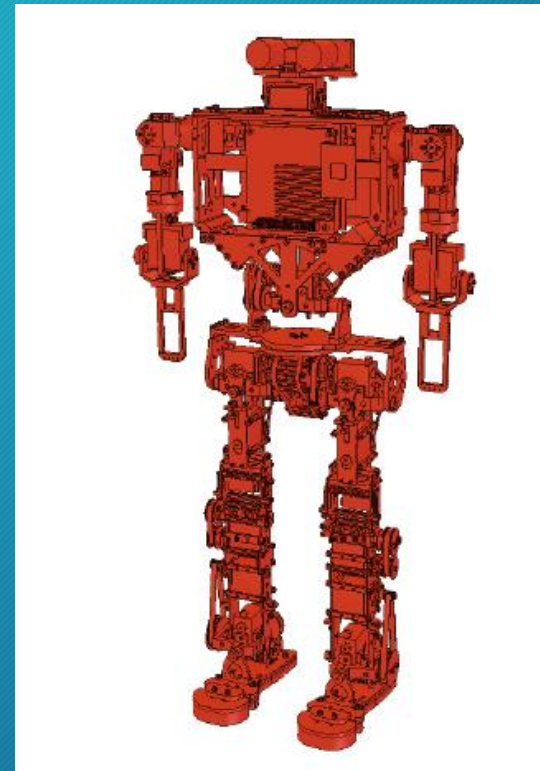
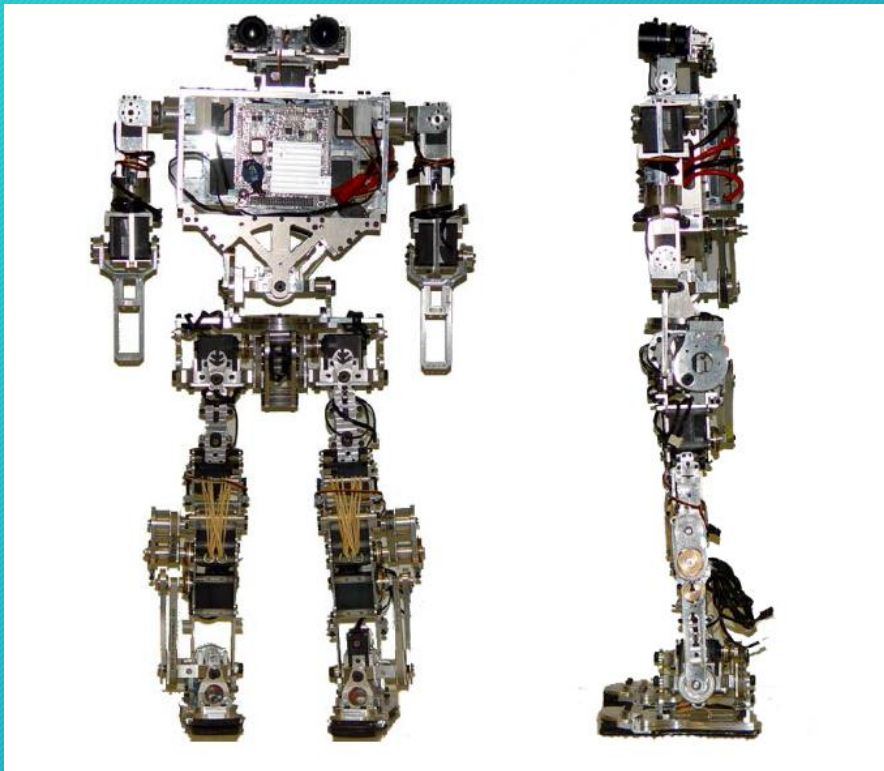
Projeto Humanóide da Universidade de Aveiro-PHUA

6

- Modelo Antropométrico
- 27 graus de liberdade (25 ativos, 2 passivos)
- Sistema de atuação híbrida
- Sensores de força
- Sistema de visão artificial
- Sensores inerciais

Projeto Humanóide da Universidade de Aveiro-PHUA

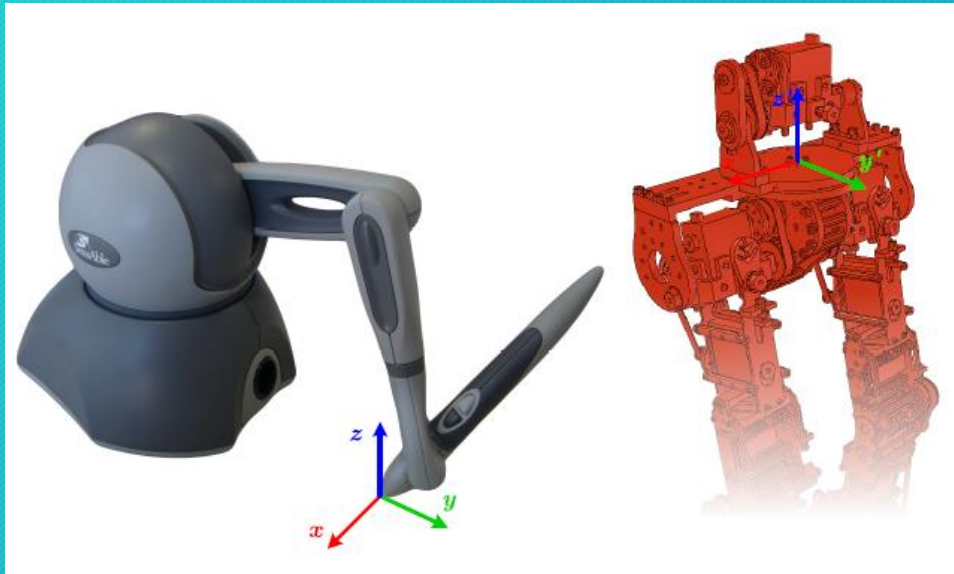
7



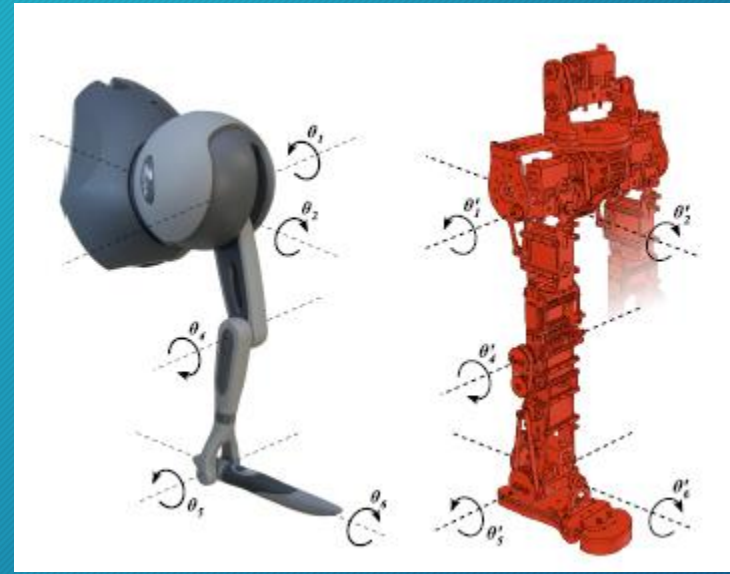
Projeto Humanóide da Universidade de Aveiro-PHUA

8

Inverse Kinetics Control (IK mode)

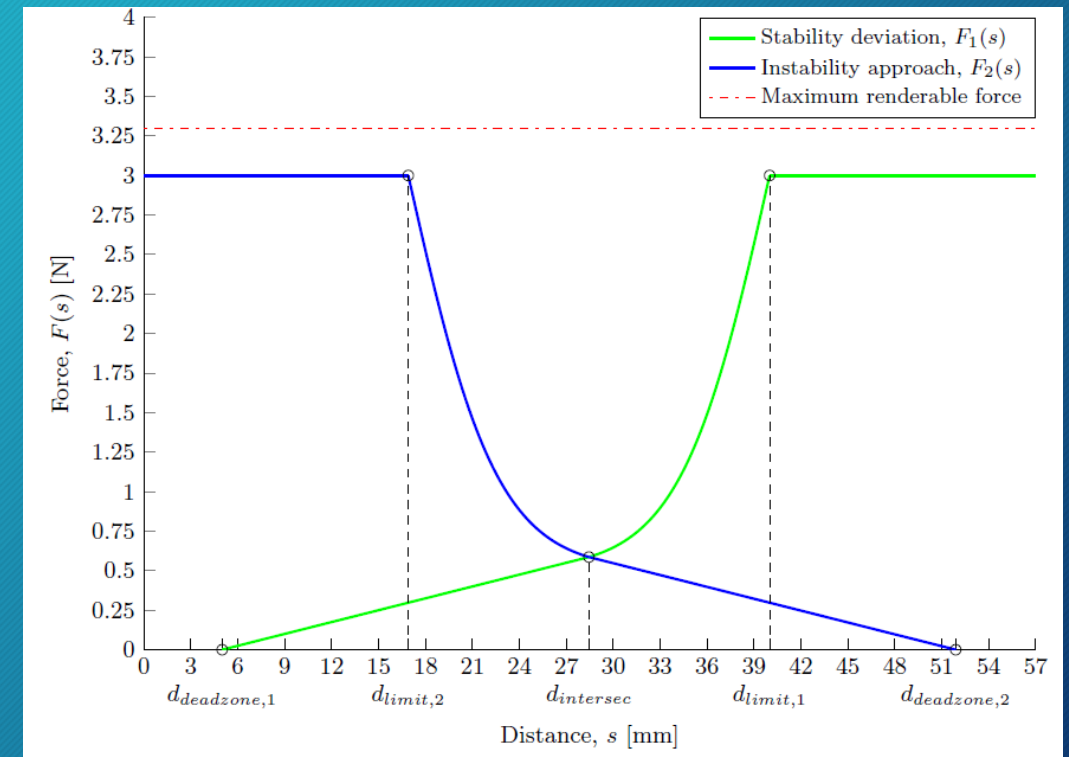


Joint-by-joint Control (Torque mode)



Geração de força de feedback

- Distância do CoP ao ponto de estabilidade do robô
- Distância do CoP aos limites da base de suporte do robô
- Força vectorial aplicada no *end-effector* do dispositivo háptico



- Teleoperação do modelo V-REP com um dispositivo háptico
- Análise dos parâmetros fundamentais para a reprodução de manobras
- Desenvolvimento, implementação e avaliação de uma interface de treino
- Estender os objetivos anteriores para uma configuração de dois dispositivos hápticos
- Teleoperação do modelo V-REP na tarefa de equilíbrio numa só perna

Setup Experimental

11

Setup Experimental

12

Haptic Device PHANToM Omni

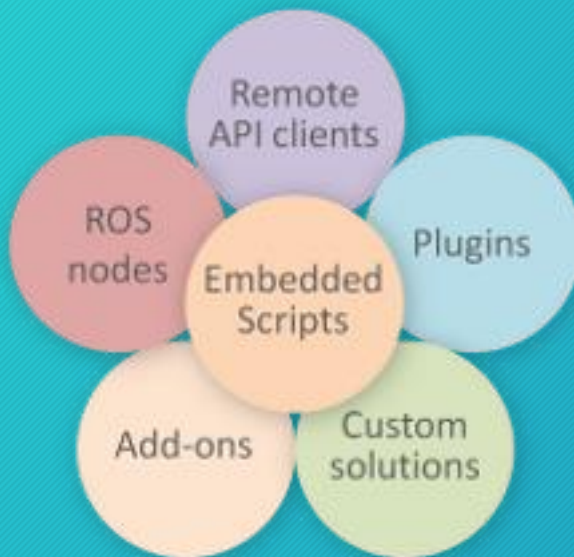
- 6 juntas de revolução
- 2 botões para personalização de comandos
- Ativação de torque nas 3 primeiras juntas
- Força máxima vectorial 0.75 lbf/3.3 N
- IEEE 1394 *FireWire*



Experimental Setup

13

- Virtual Robot Experimentation Platform (V-REP)



Setup Experimental

14

Robotics Operating system-ROS:

- Setup do Hardware

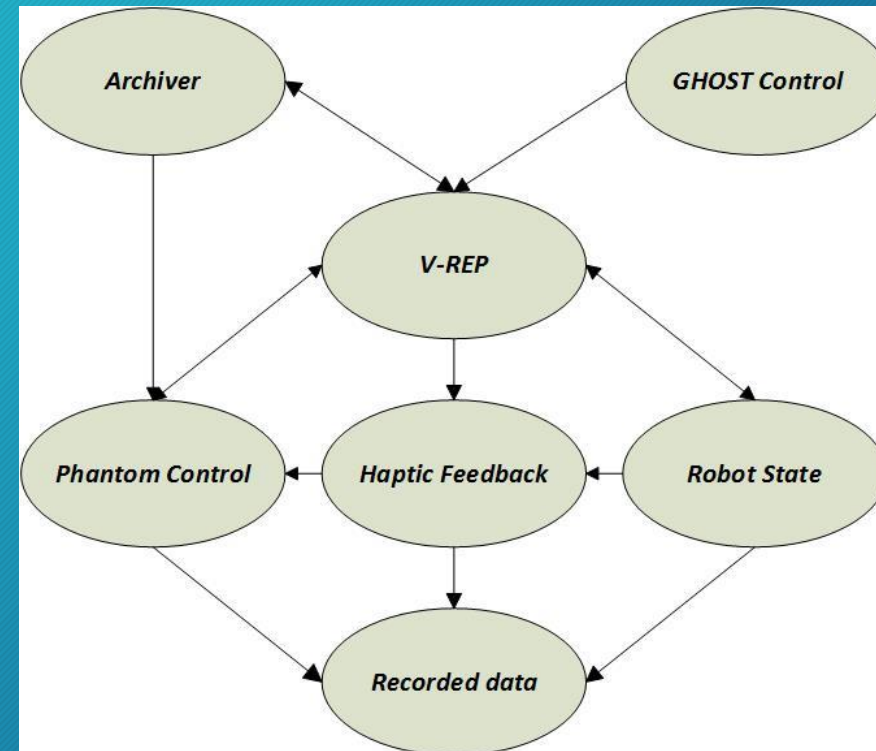


Experimental Setup

15

Robotics Operating system-ROS:

- Interação entre módulos



Interface de Treino do Utilizador

16

Interface de Treino do Utilizador

17

Problemas do modo de control IK

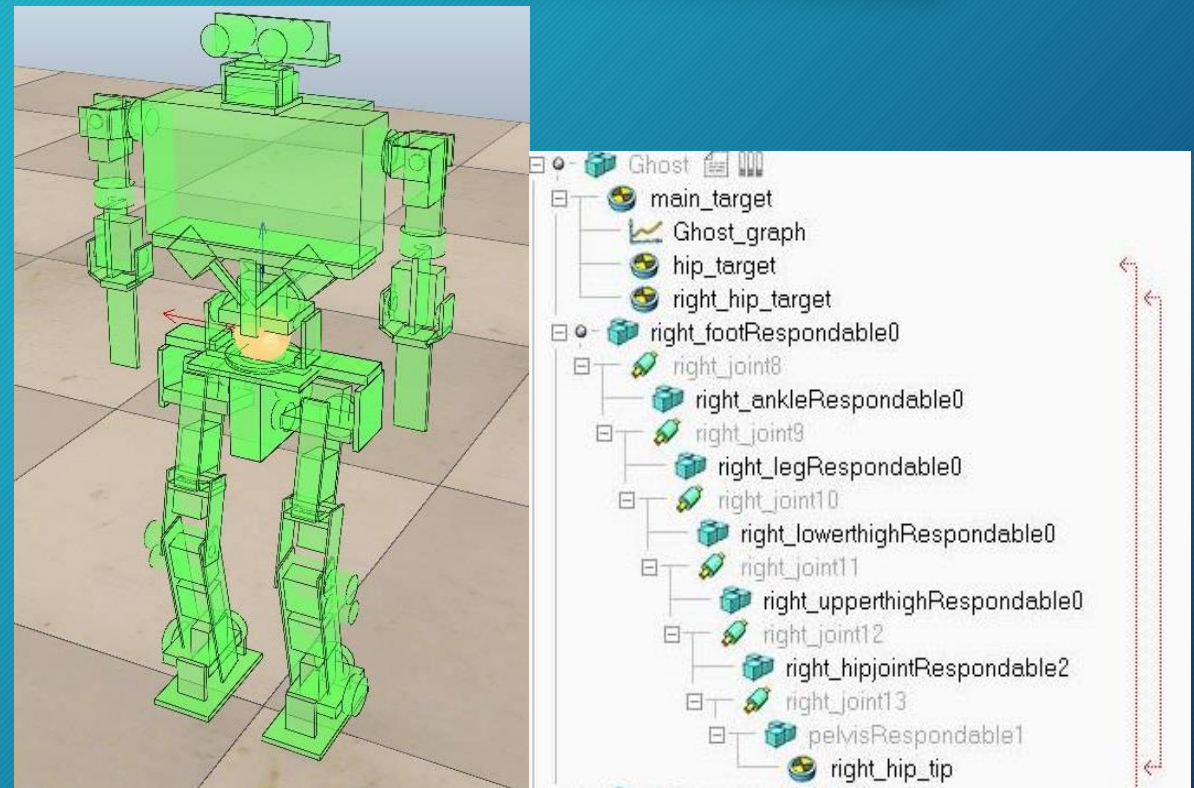
- Limites do espaço de trabalho não claros.
- Geração de muita inércia.
- Difícil perceção da força de feedback

Interface de Treino do Utilizador

18

Interface de treino do modo IK

- Ferramenta de orientação visual - GHOST
 - Não apresenta propriedades dinâmicas
 - Reconstrução da hierarquia dos objetos
 - Movimento autónomo através de *scripts*
 - Cor verde transparente

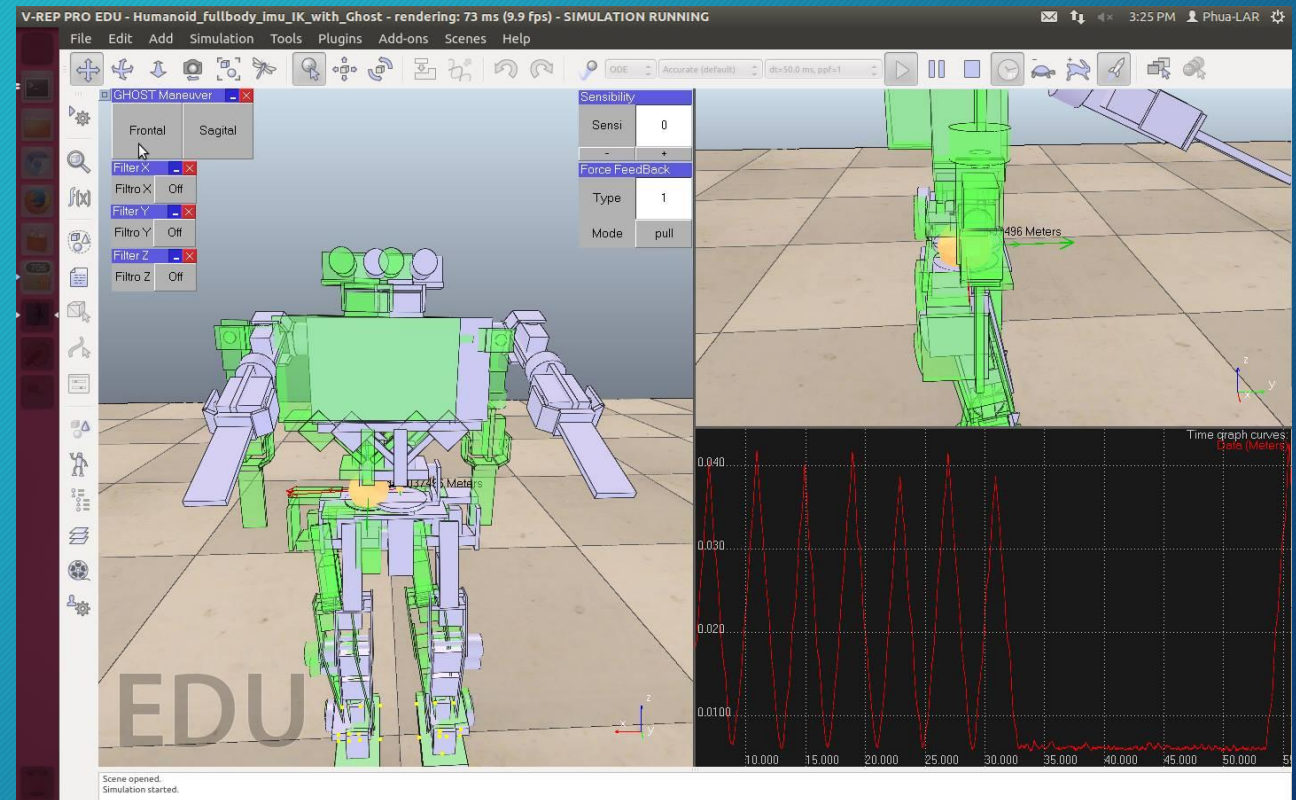


Interface de Treino do Utilizador

19

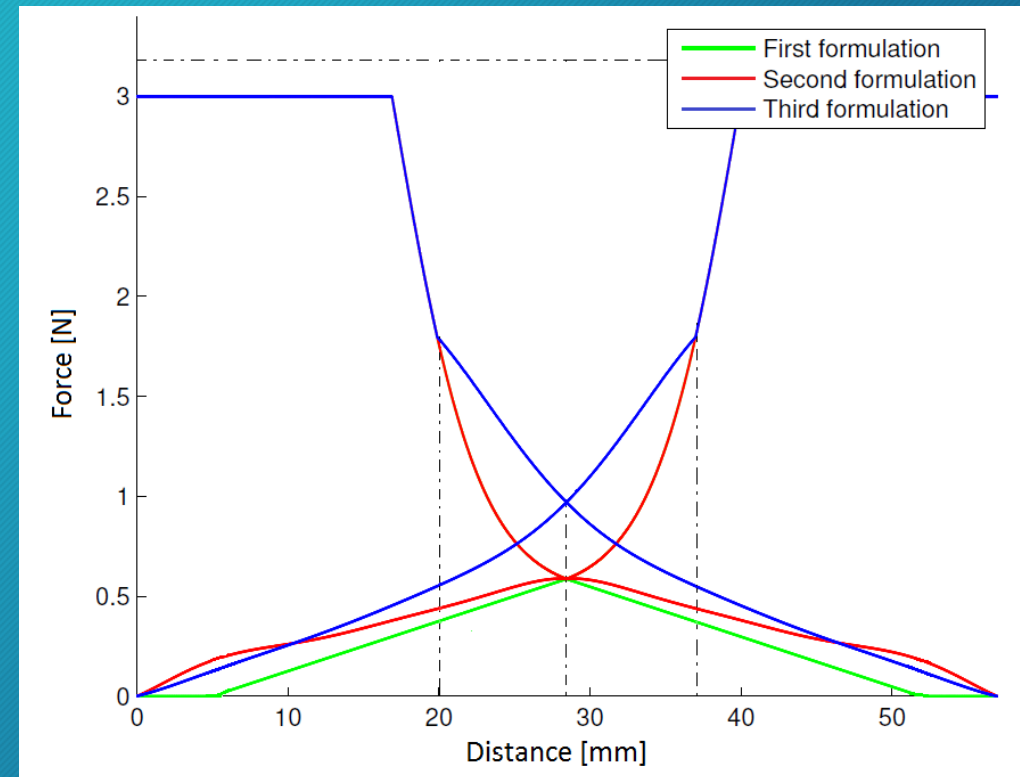
Interface de treino do modo IK

- Interface Interativa
 - Display com múltiplas janelas
 - Implementação de UIs
 - Personalização efetuada online



Interface de treino do modo IK

- Formulação de força
 - Configuração com múltiplas escolhas
 - Seleção online através de UI dedicado
 - Quatro distintas formulações
 - Escolha de direção do vector força



Problemas do modo de control Torque

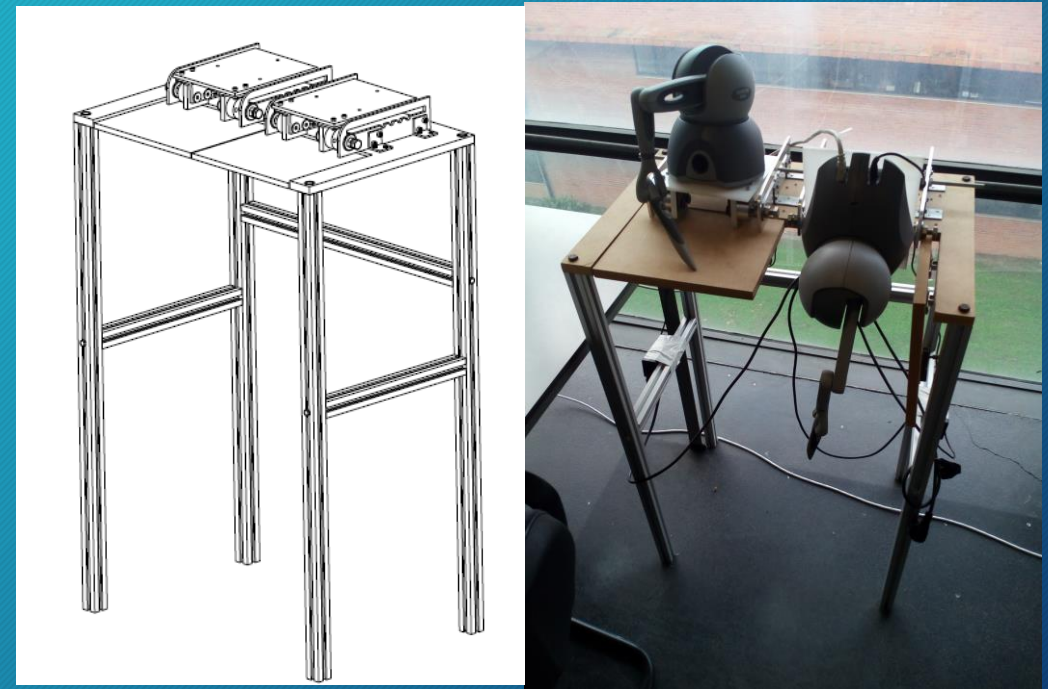
- Posição não intuitiva do dispositivo háptico.
- Difícil sincronismo da configuração inicial entre o dispositivo e o modelo virtual
- Tronco do modelo rígido.
- Formulação de força não aplicável à configuração de controlo.

Interface de Treino do Utilizador

22

Interface de treino do modo Torque

- Haptic Interaction Workstation
 - Fácil transição entre configurações
 - Construção ergonómica
 - Mobilidade



Interface de treino do modo Torque

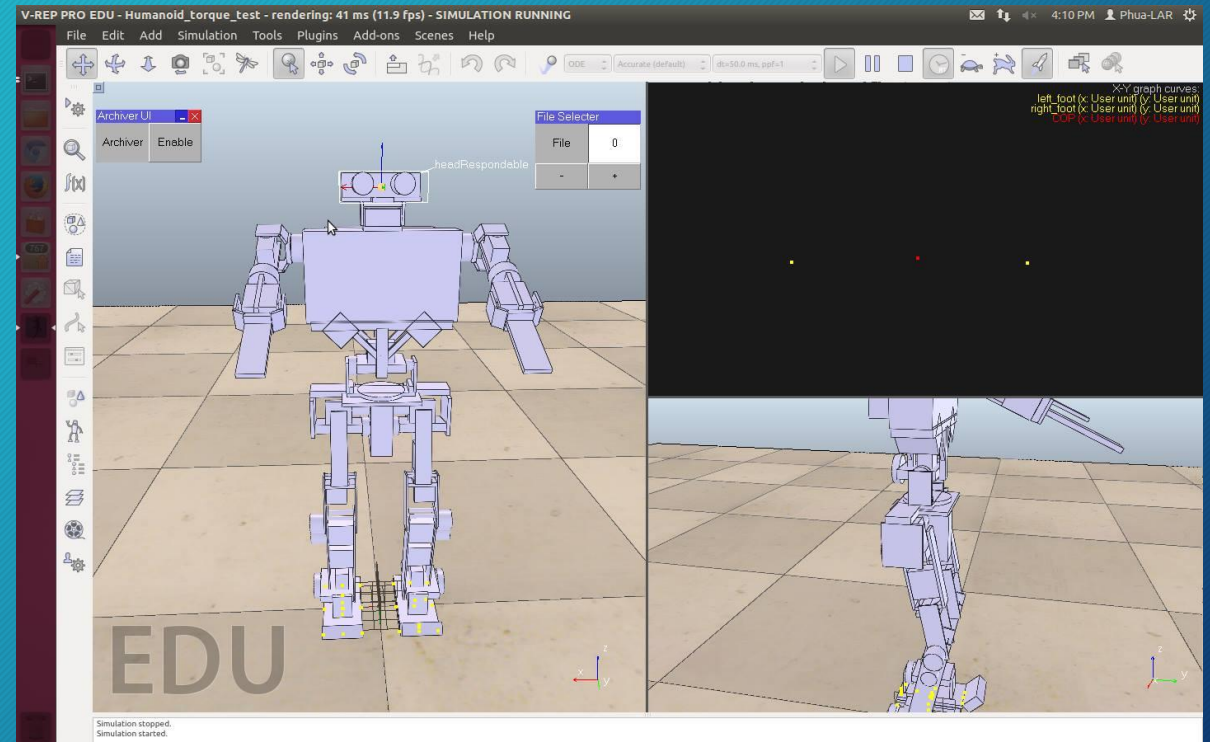
- Ferramenta de orientação háptica
 - Desativação do control sobre o modelo com reprodução automática de manobras arquivadas de anteriores utilizadores.
 - Aplicação de torque no dispositivo de forma a movimentá-lo ao longo das configurações necessárias para a reprodução da manobra arquivada.

Interface de Treino do Utilizador

24

Interface de treino do modo Torque

- Interface Interativa
 - Display com múltiplas janelas
 - Implementação de UIs
 - Personalização efetuada online

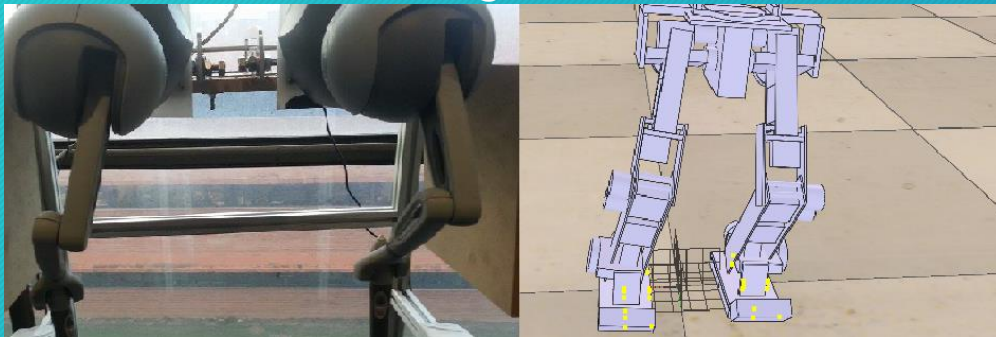


User Trainer Interface

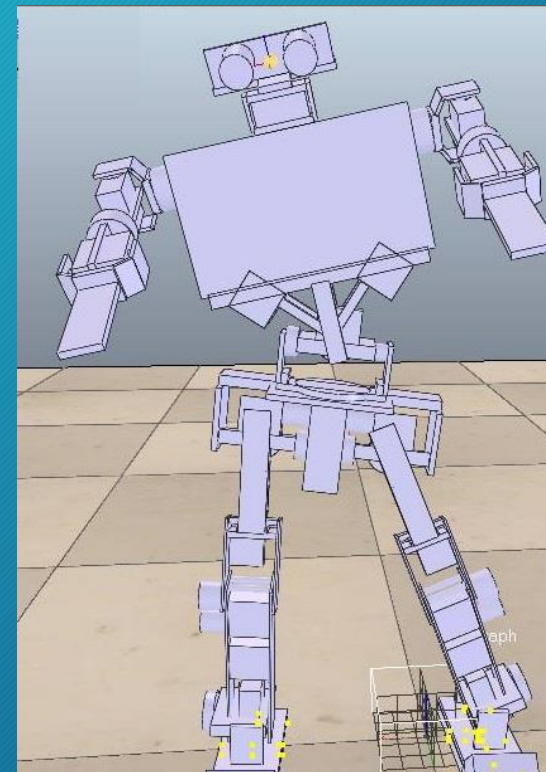
25

Interface de treino do modo Torque

- Ferramentas de suporte para o utilizador
- Joint Configuration Finder



- Assisted Torque Configuration

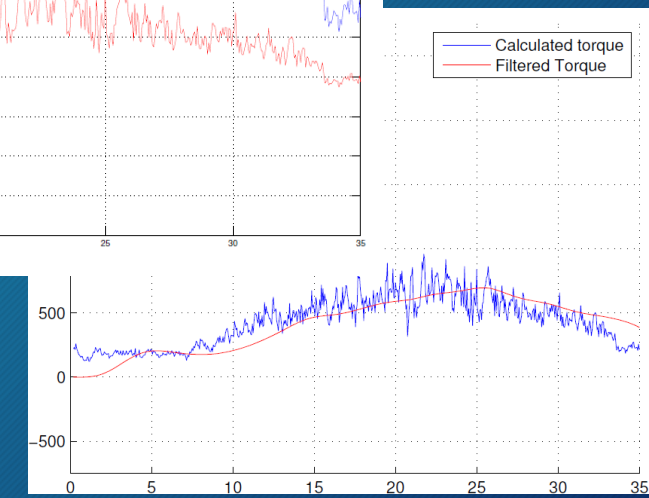
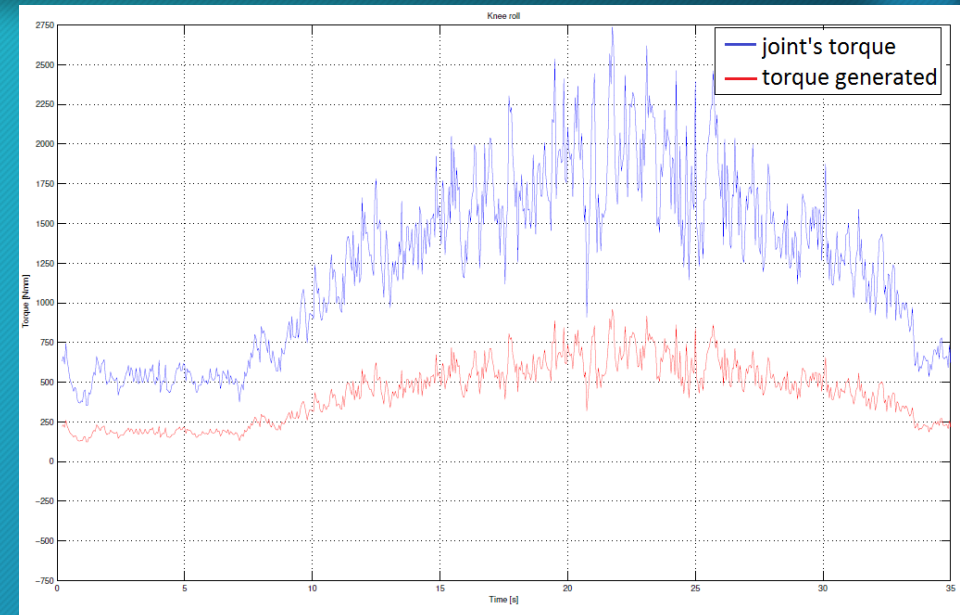


User Trainer Interface

26

Interface de treino do modo Torque

- Formulação de força
 - Análise do binário presente no módulo
 - Síntese apartir do binário registado
 - Filtragem para eliminação de oscilações
 - Síntese individual para cada dispositivo



Experiências & Resultados

27

Experiências & Resultados

28

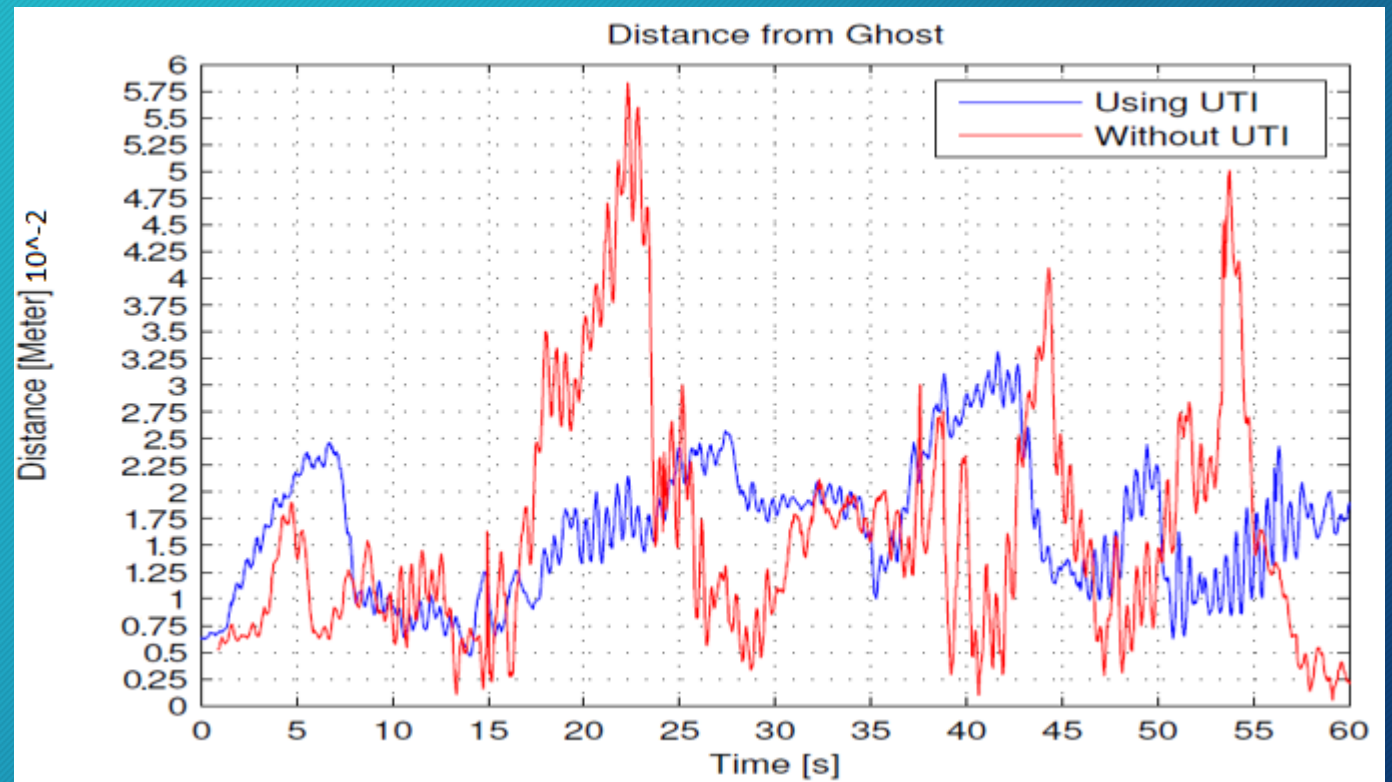
Experiências de teste para interface de treino do modo IK

Elementos	Condições	Tempo de treino
1	Sem utilização da interface de treino	20 min
2	Com utilização da interface de treino e do planeamento de treino	20 min

Experiências & Resultados

29

Resultados da experiência do modo IK:



Experiências & Resultados

30

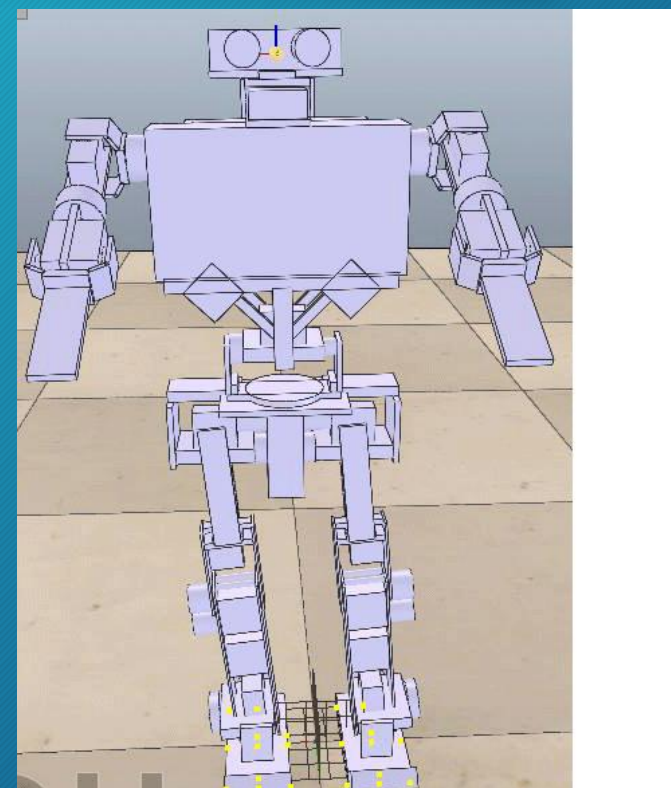
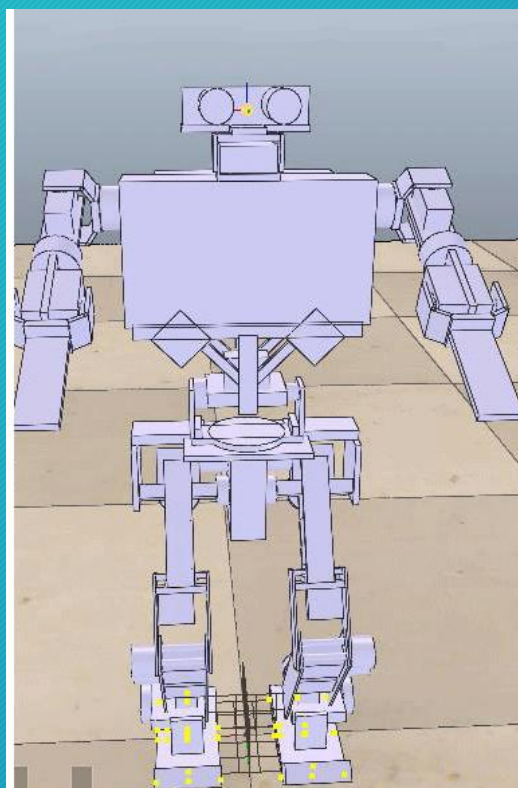
Experiências de teste para interface de treino do modo Torque

Elementos	Orientação Háptica	Condição	Treino (min)	Reprodução (min)
A	Não	Interação Total	45	15
B	Não	Interação Visual	45	15
C	Não	Interação Háptica	45	15
D	Sim	Interação Total	20	10

Experiências & Resultados

31

Manobras efetuadas:



Experiências & Resultados

32

Resultados dos elementos não sujeitos a orientação háptica:

- Manobra de flexão/extensão dos joelhos:

Subject	Max deviation (m)	Mean deviation (m)	Time (s)
A	0,0558	0,0162	70
B	0,0678	0,0186	100
C	0,075	0,0235	120

- Manobra de deslocamento lateral da anca:

Subject	Max deviation (m)	Mean deviation (m)	Time (s)
A	0,0359	0,0083	50
B	0,0593	0,0366	80
C	0,0358	0,0127	140

Experiências & Resultados

33

Resultados do elemento sujeito a orientação háptica:

- Manobra de flexão/extensão dos joelhos:

Subject	Max deviation (m)	Mean deviation (m)	Time (s)
A	0,0558	0,0162	70
D	0,0544	0,0195	20

- Manobra de deslocamento lateral da anca:

Subject	Max deviation (m)	Mean deviation (m)	Time (s)
A	0,0359	0,0083	50
D	0,0345	0,0063	30

Experiências & Resultados

34

Manobras de equilíbrio com um pé de apoio.

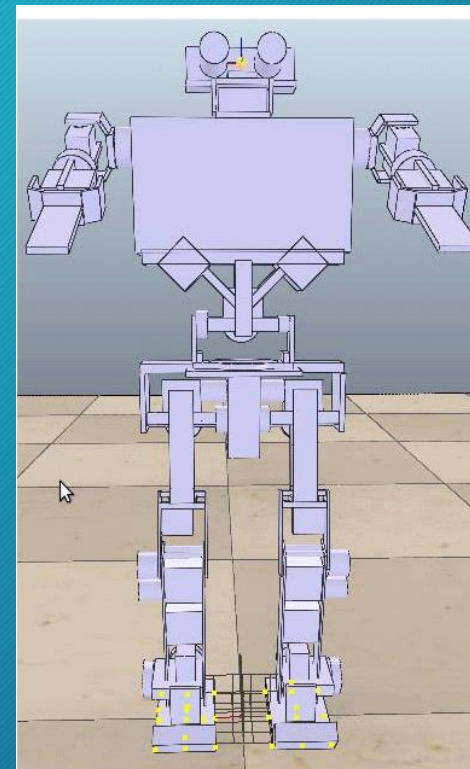
- Equilíbrio estático sobre um pé
- Manobras de transferência de peso entre pés.

Experiências & Resultados

35

Manobra de transferência de peso

- Abertura das pernas
- Flexão de uma perna com rápida extensão da mesma
- Controlo do excesso de inércia
- Retorno para configuração com as pernas afastadas



Conclusões

36

- Desenvolvido e construído uma estação de trabalho dedicada, a ambas as configurações de controlo.
- Implementação de uma interface de treino para cada configuração de controlo, que reduziu o tempo necessário para ganhar afinidade na plataforma humanóide.
- Abordagens renovadas para a formulação de força de feedback, bem como a implementação de ferramentas auxiliares que fornecem suporte sobre o controlo do modelo.
- Planos de treino e procedimentos dedicados para cada interface.

- Refinamento sobre o elemento IK implementado na parte superior do corpo da ferramenta Assisted Torque Configuration.
- Implementação de manobras no mecanismo de orientação háptico por uma fonte externa, por exemplo, modelos de captura de movimento.
- Implementação da força de feedback implementada no modo de controlo Torque, num mecanismo medicinal, por exemplo, exoesqueletos ou projetos de reabilitação.

Desenvolvimento de Ferramentas de Ensino para Teleoperação Háptica de um Robô Humanóide

Apresentação da dissertação de mestrado de Eng. Mecânica

Orientação científica: Prof. Dr. Vítor Manuel Ferreira dos Santos

Prof. Dr. Filipe Miguel Teixeira Pereira da Silva