



ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Biomecatrônica e Biorrobótica

Arturo Forner-Cordero

(aforner@usp.br)



Biomecatrônica e Biorrobótica

- Carga horaria:
- Total: 120 h Teórica: 3h Prática + Estudos: 7 h.
- Créditos: 8 Duração: 12 semanas



Objetivos

- Apresentar sistemas robóticos de inspiração biológica.
- Fornecer, em nível de pós-graduação os conceitos, teorias e aplicações da:
 - Mecânica
 - Eletrônica
 - Teoria de controlepara o estudo do movimento biológico.
- Fornecer os conceitos básicos para o desenvolvimento de sistemas robóticos para terapias físicas e reabilitação funcional.
- Apresentar os conceitos de projeto biomimético em engenharia aplicados em robótica.



Conteúdo:

1. Introdução
2. Conceitos básicos de anatomia e modelagem mecânica do corpo humano
3. Revisão de Cinemática e Dinâmica para Robôs Manipuladores
4. Sensores do corpo humano e sensores em Biorrobótica
5. Atuadores biológicos. O músculo.
6. Arquiteturas de Controle de Inspiração Biológica
7. Descrição e modelagem do controle motor biológico
8. O CPG como modelo de controle de movimento ciclico
9. Compensação artificial das deficiências neuromotoras
10. Exoesqueletos robóticos bioinspirados . Membros superiores
11. Exoesqueletos robóticos bioinspirados . Membros inferiores
12. Robôs com patas bioinspirados



Bibliografía

- Computational Neurobiology of Reaching and Pointing: A Foundation for Motor Learning. Shadmehr R, Wise SP. MIT Press, Cambridge MA. 2005
- Introduction to Robotics, J.J. Craig. Pearson. 2005. 3rd Edition.
- Modelling and Control of Robot Manipulators. Sciavicco, L., B. Siciliano. Springer-Verlag. 2005.
- Principles of Neural Science. E.R. Kandel, J.H. Schwartz, T.M. Jessel . McGraw-Hill, New York. 2000.
- Robot Dynamics and Control. M.W. Spong, M. Vidyasagar. John Wiley & Sons, Ltd. 1989
- Wearable Robots: Biomechatronic Exoskeletons. Editor: J. L. Pons (2008) John Wiley & Sons, Ltd.
 - Chapter 2. Basis for Bioinspiration and Biomimetism in Wearable Robots. A. Forner-Cordero, J.L. Pons, M. Wisse.
 - Chapter 3. Kinematics and dynamics of wearable robots. A. Forner-Cordero, J.L. Pons, E.A. Turowska.
- Shadmehr's web page. http://www.shadmehrlab.org/courses_page.html
- Introduction to Robotics. O. Khatib. Stanford University. You tube
- Robótica Médica. Consorcio Opensurg. Cyted. 2013. (<http://roboticamedica.umh.es>)



Programa da disciplina e aulas

Day	Topic
18/09/2020	Introduction.
25/09/2020	Basic concepts of anatomy and mechanical modelling of the human body
	<i>Final project proposal (2 pages)</i>
02/10/2020	Robotics review: Kinematics and Dynamics
09/10/2020	Sensors: Human body and BioRobotics
16/10/2020	Biological actuators: Muscle
	<i>Exercise list</i>
23/10/2020	Biological control architectures.
30/10/2020	The CPG as cyclic motion control model
06/11/2020	Description and modelling of biological motor control
	Project revision
13/11/2020	Artificial compensation of neuromotor deficiencies Bioinspired robotic exoskeletons. Upper limbs.
20/11/2020	Bioinspired robotic exoskeletons. Lower limbs. Bioinspired legged robots.
27/11/2020	Presentations
	<i>Final paper</i>
04/12/2020	Presentations
<i>24/01/2021</i>	<i>Entrega final de trabalhos</i>



Avaliação

- Evaluation:
- Final Project: (in English)
 - Paper for Journal or Conference: min. 6 pages (IEEE Conferences format)
 - Develop and build a device and provide the documentation
- Presentations of the work (15 min, conference format).
- Literature and patent review:
 - Bibliographic review: Methodology
 - Critical paper review
- Final presentation (15 min, conference format).



Escolha do trabalho de pesquisa ou revisão

- Tema relacionado com seu tema de pesquisa:
 - Mestrado ou Doutorado
- Nivel mínimo:
Publicação em congresso internacional
- Numero de paginas limitado a 6 (IEEE guidelines)
 - <http://www.icra2019.org/>
 - <http://www.biorob2018.org/>
 -



Exemplos de trabalhos de anos anteriores

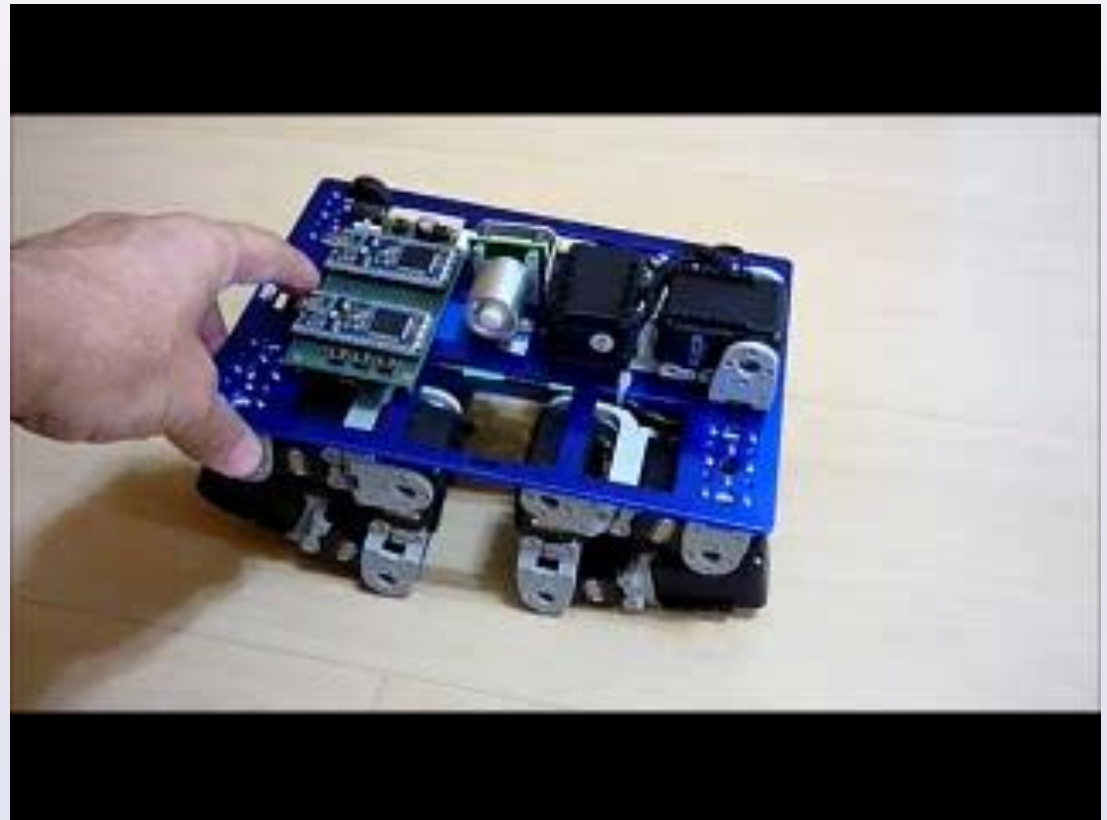
- 2010

- R. Bernardi
- L.A. Elias

- 2011

- A. Araujo
- R. Gimenes 1

R. Gimenes 2





Exemplos de trabalhos de anos anteriores

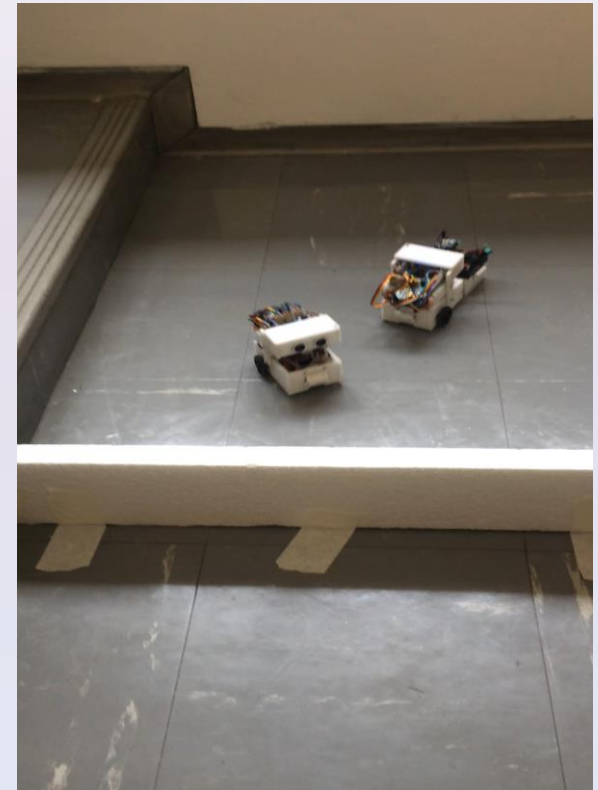
- 2013

BioRob2014

- Quadrado et al
- Rossi et al

- 2015

BioRob2016





websites

- <http://www.biomecatronica.poli.usp.br/>
- <http://www.poli.usp.br/p/arturo.forner/>



Introdução

- Qué é Biomecatrônica?
 - Para qué serve?
- Qué é a Bio-Robótica
 - Para qué serve?
- Qué é o Biomimetismo?
 - Qual é sua utilidade?



Introdução

- Biomecatrônica=
Biomecânica+Controle Motor
- Modelos do sistema de controle motor humano desde a Engenharia
 - Engenharia de Controle
 - Engenharias Elétrica e Mecânica



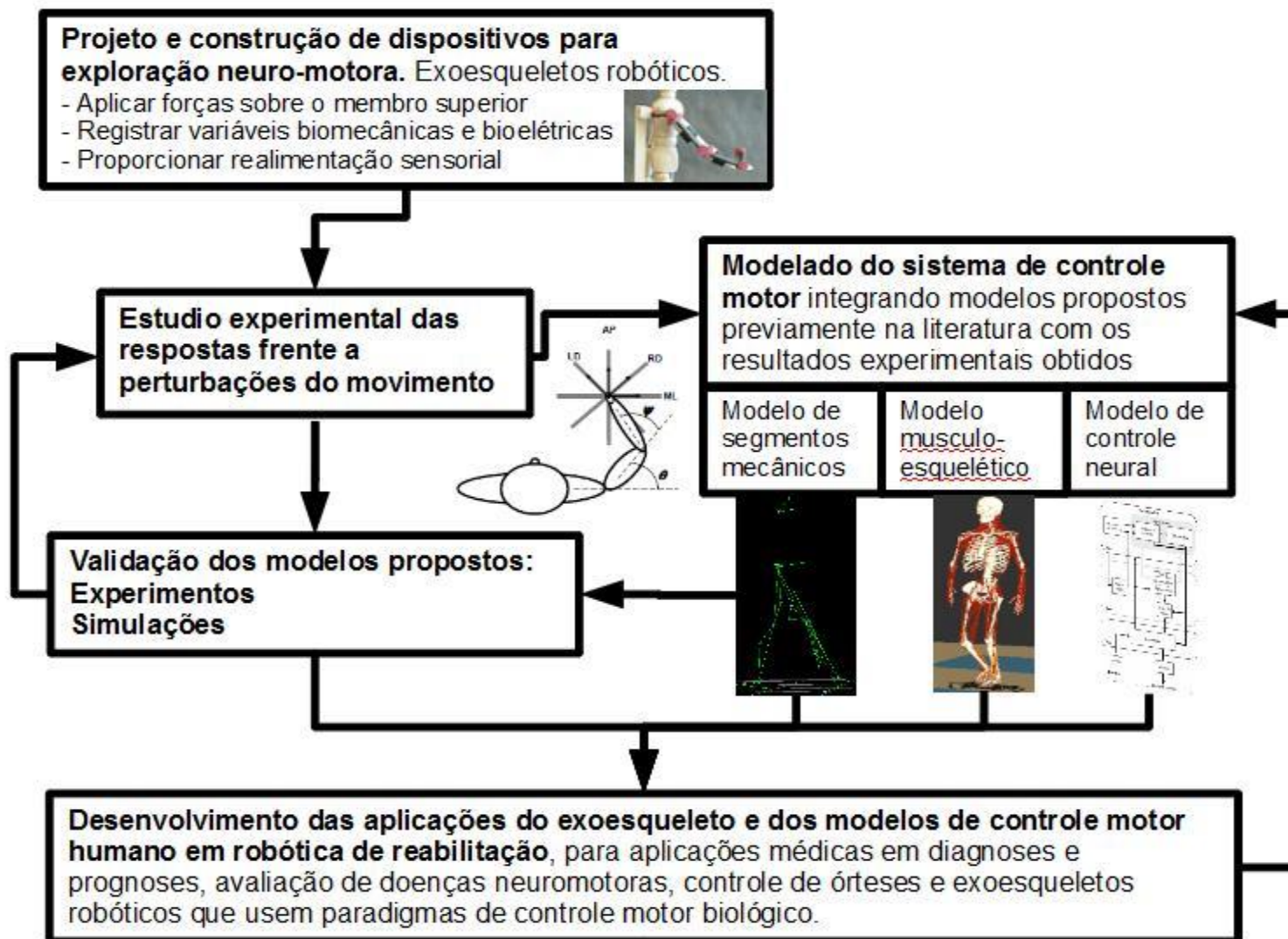
Biomecatrônica

- Como planejamos, codificamos e controlamos nossos movimentos?
- Como aplicar nosso conhecimento sobre o sistema motor humano para construir robôs ou exoesqueletos?
- Os modelos atuais de controle motor são limitados em sua capacidade de explicar fenômenos biológicos e em suas aplicações cibernéticas.
- Os objetivos da pesquisa:
 - Descobrir princípios
 - Definir novos modelosSobre o controle do movimento, considerando a variabilidade do movimento biológico e a sua estrutura hierárquica.



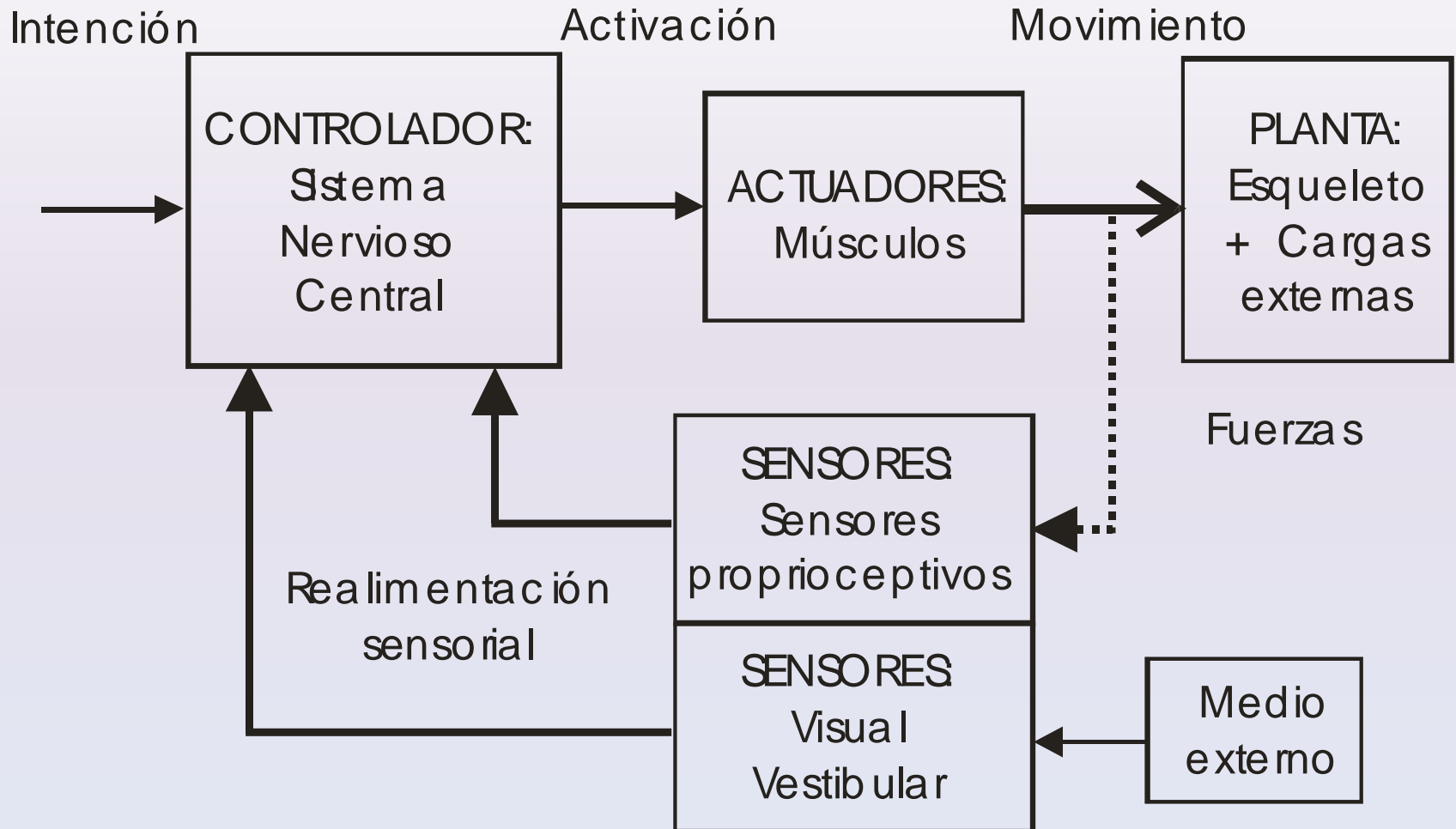
Biomecatrônica

- Gerar resultados úteis para o clínico. Os modelos de controle motor ajudam na avaliação da evolução da doença neuromuscular e aplicar a terapia mais efetiva.
- Utilização de aspectos do controle motor biológico úteis para a concepção de sistemas biomiméticos no domínio da engenharia de controle e robótica.
- Pesquisa básica para a otimização de ajudas técnicas para pessoas idosas e as deficientes, que são populações crescentes e com necessidades especiais na sociedade.



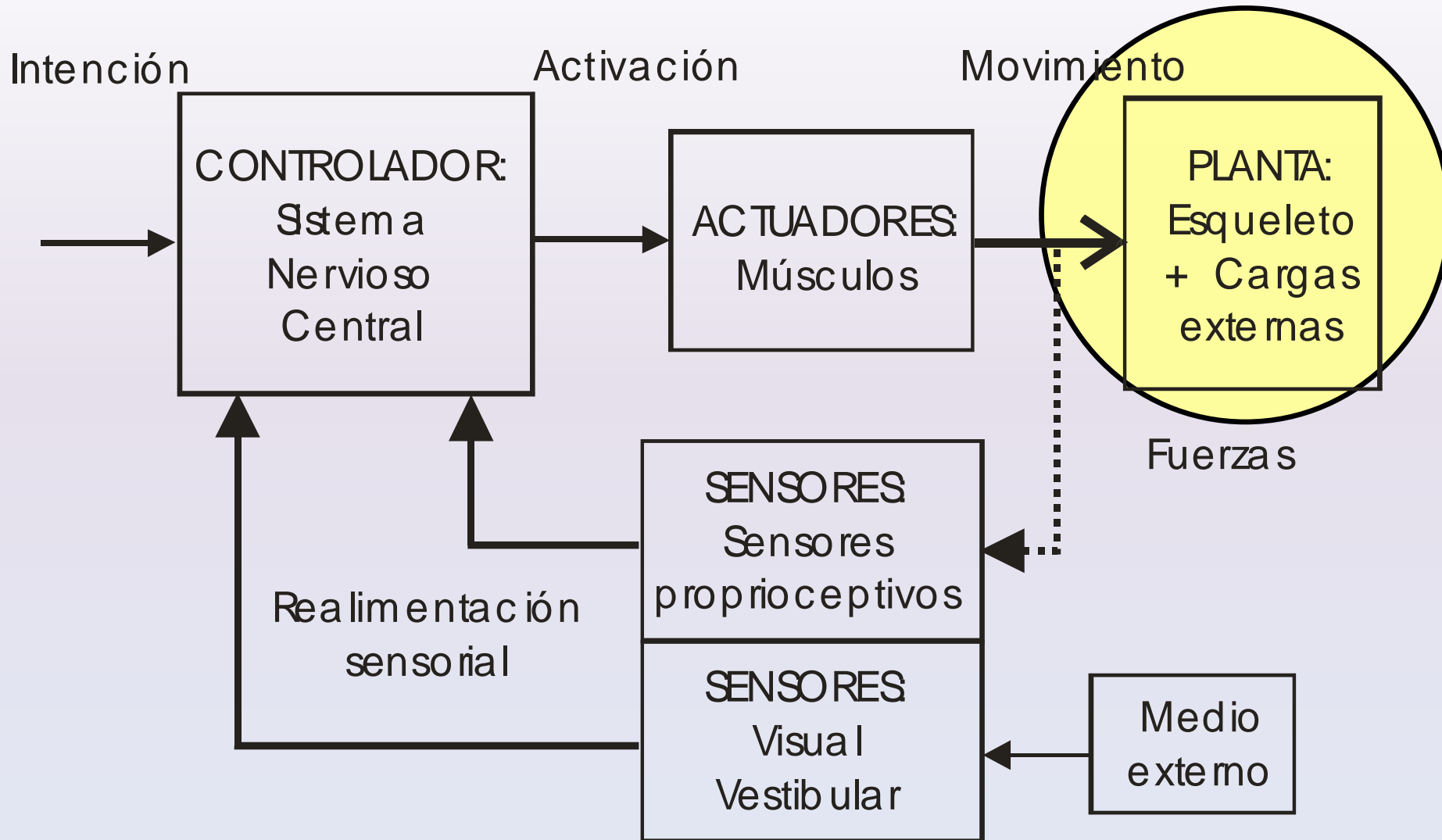


Sistema motor humano



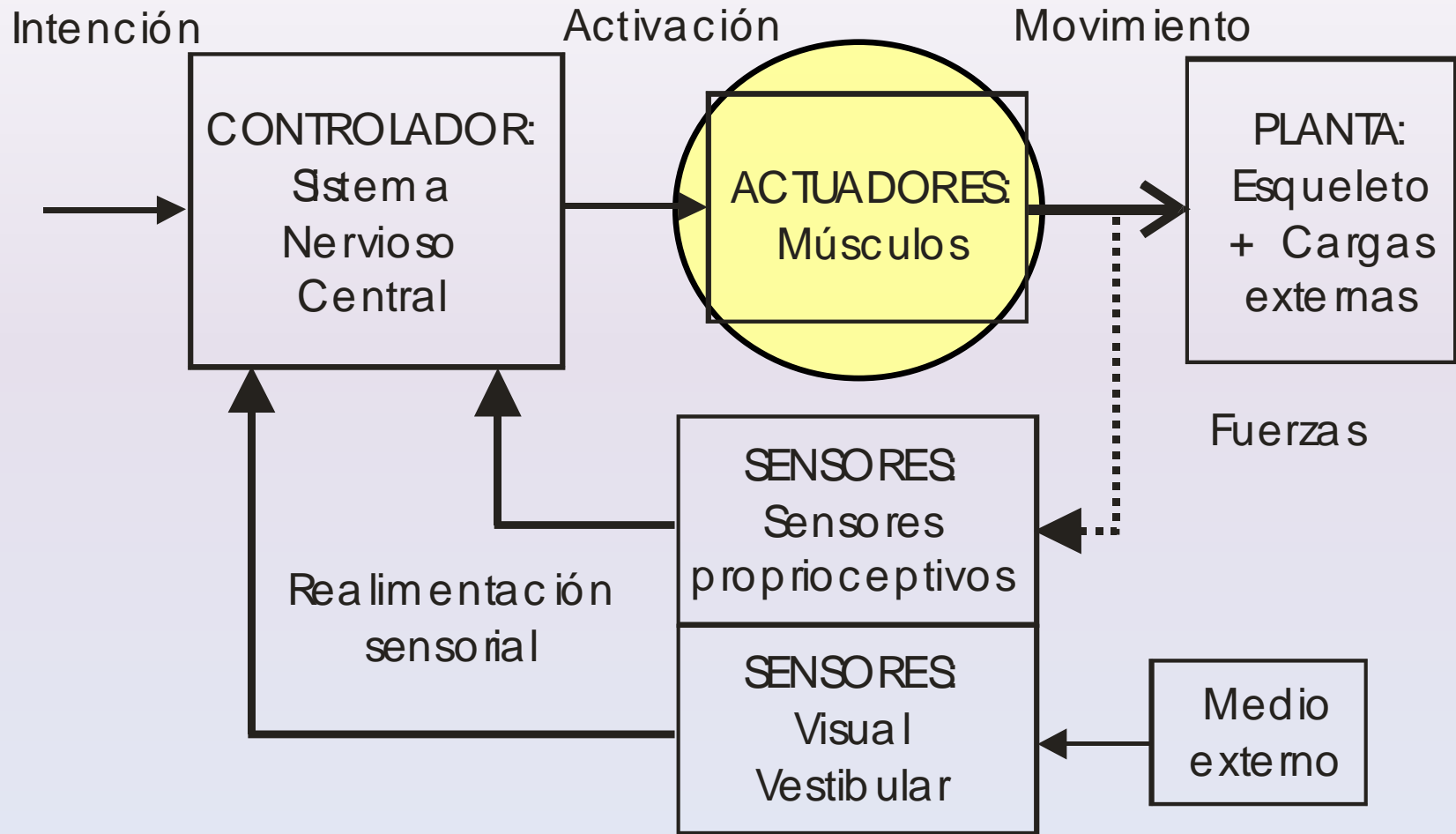


Biomecânica

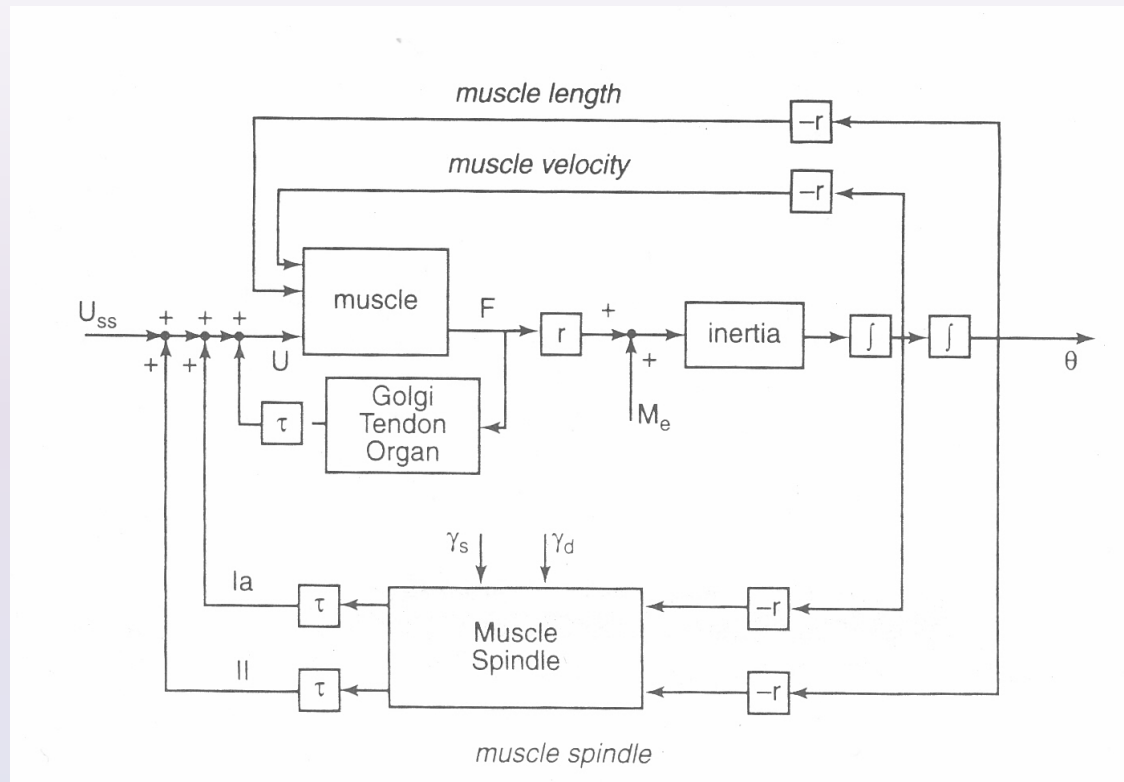




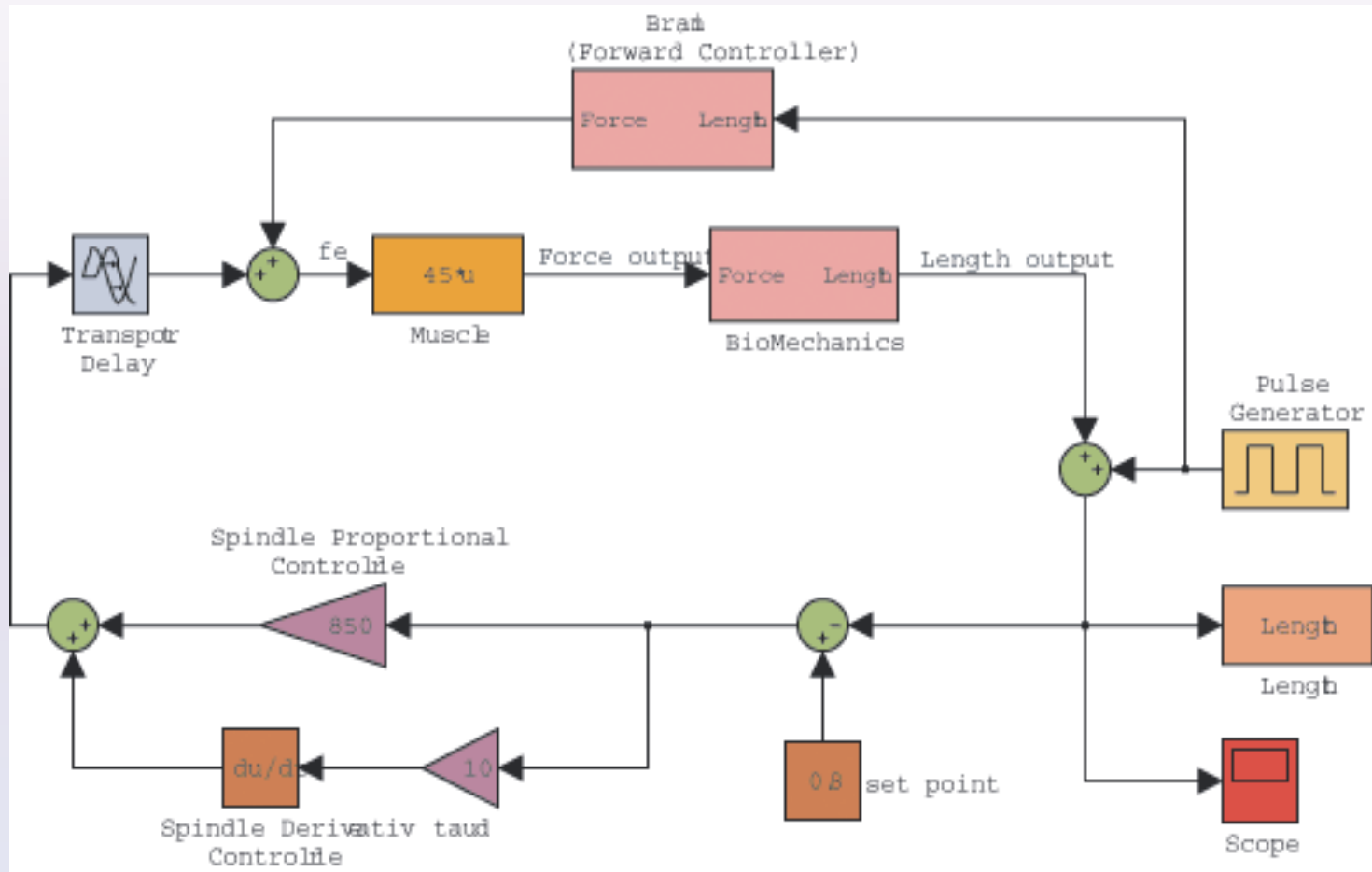
Sist. muscular: Biomecánica e Controle Motor



Modelo: músculo e reflexo miotático

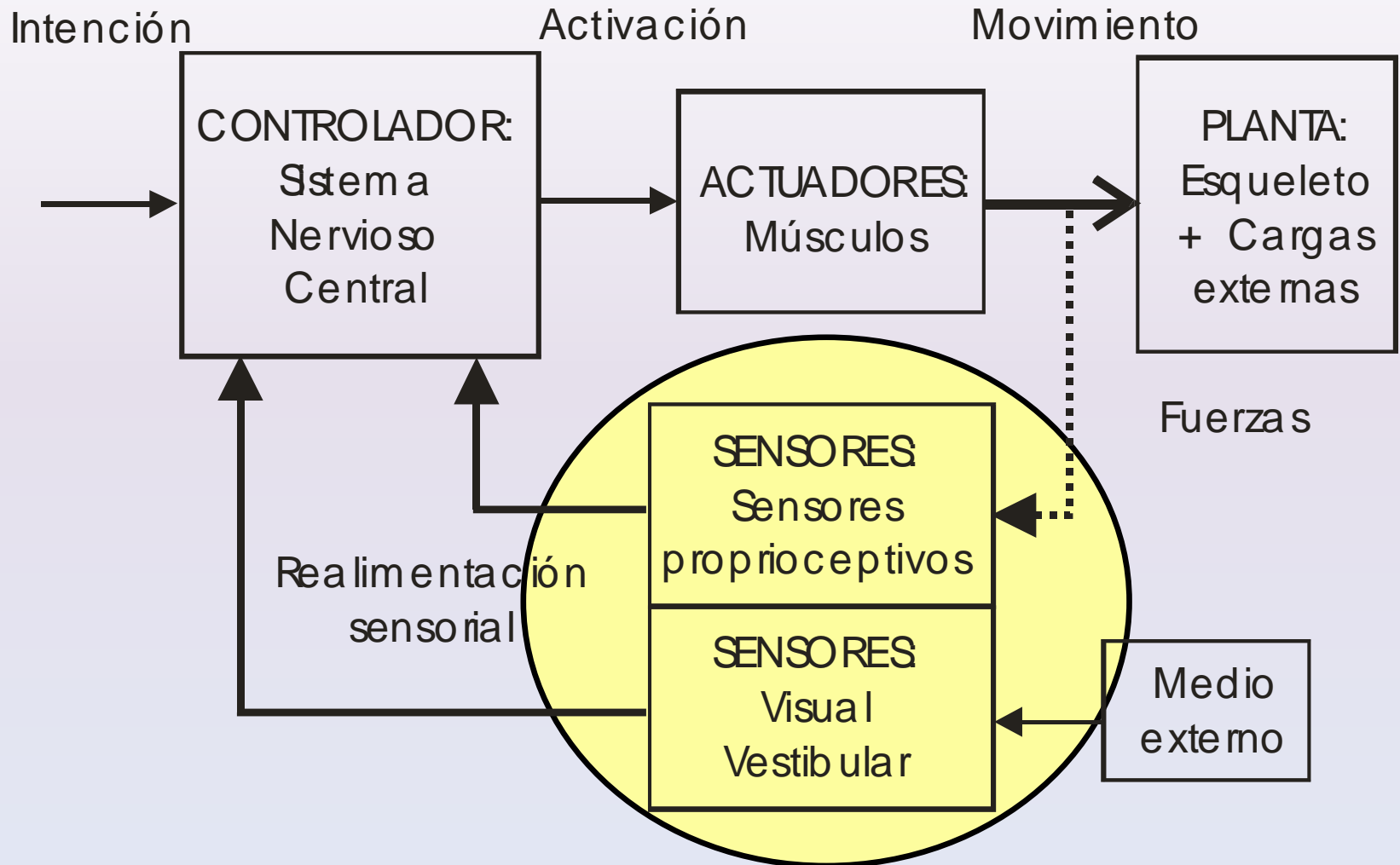


Van der Helm FCT, Rozendaal LA (2000). Musculoskeletal systems with intrinsic and proprioceptive feedback. In: Winters JM, Crago P (Eds), Neural control of posture and movement, Springer Verlag, NY, 164-174



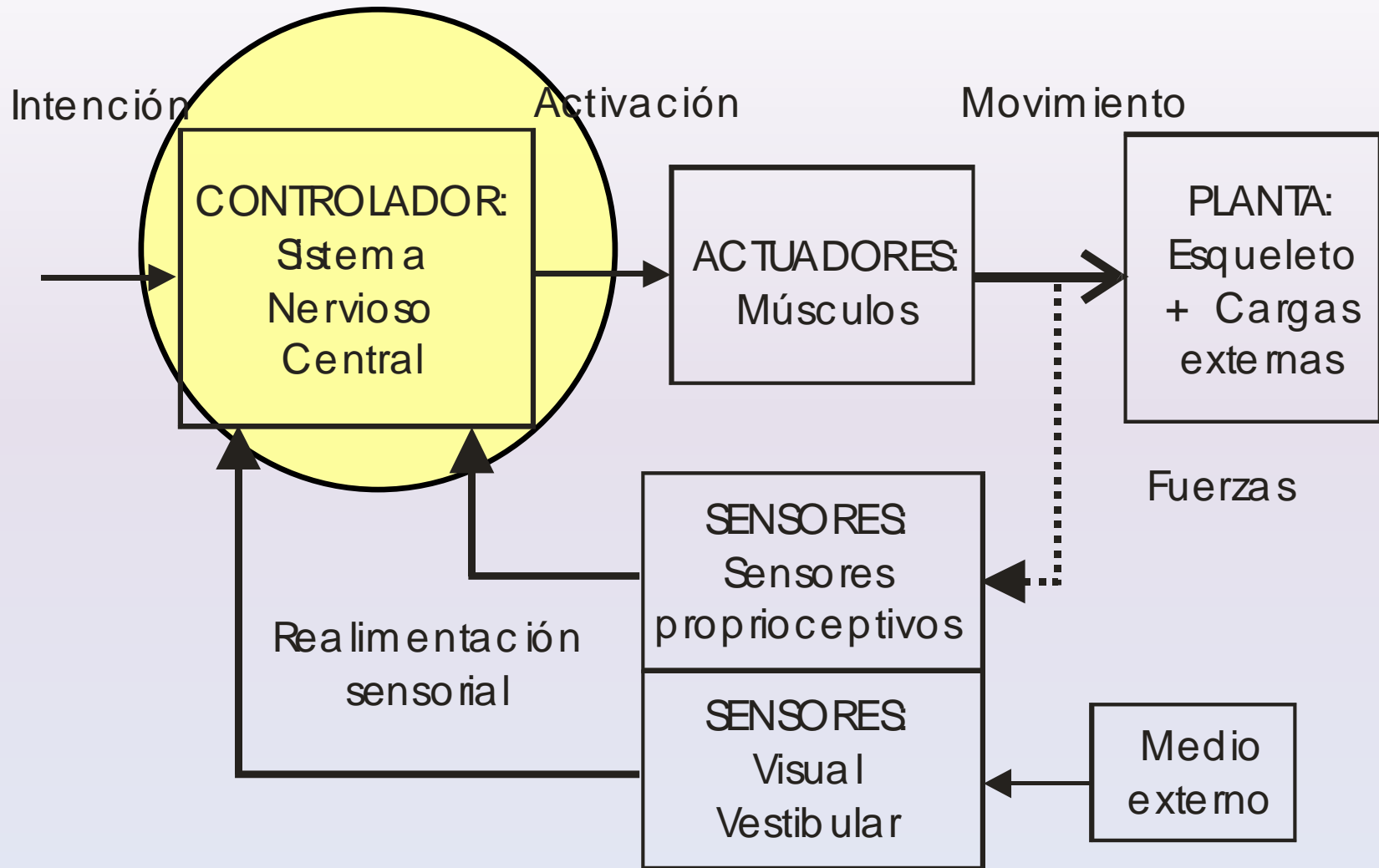


Controle motor humano



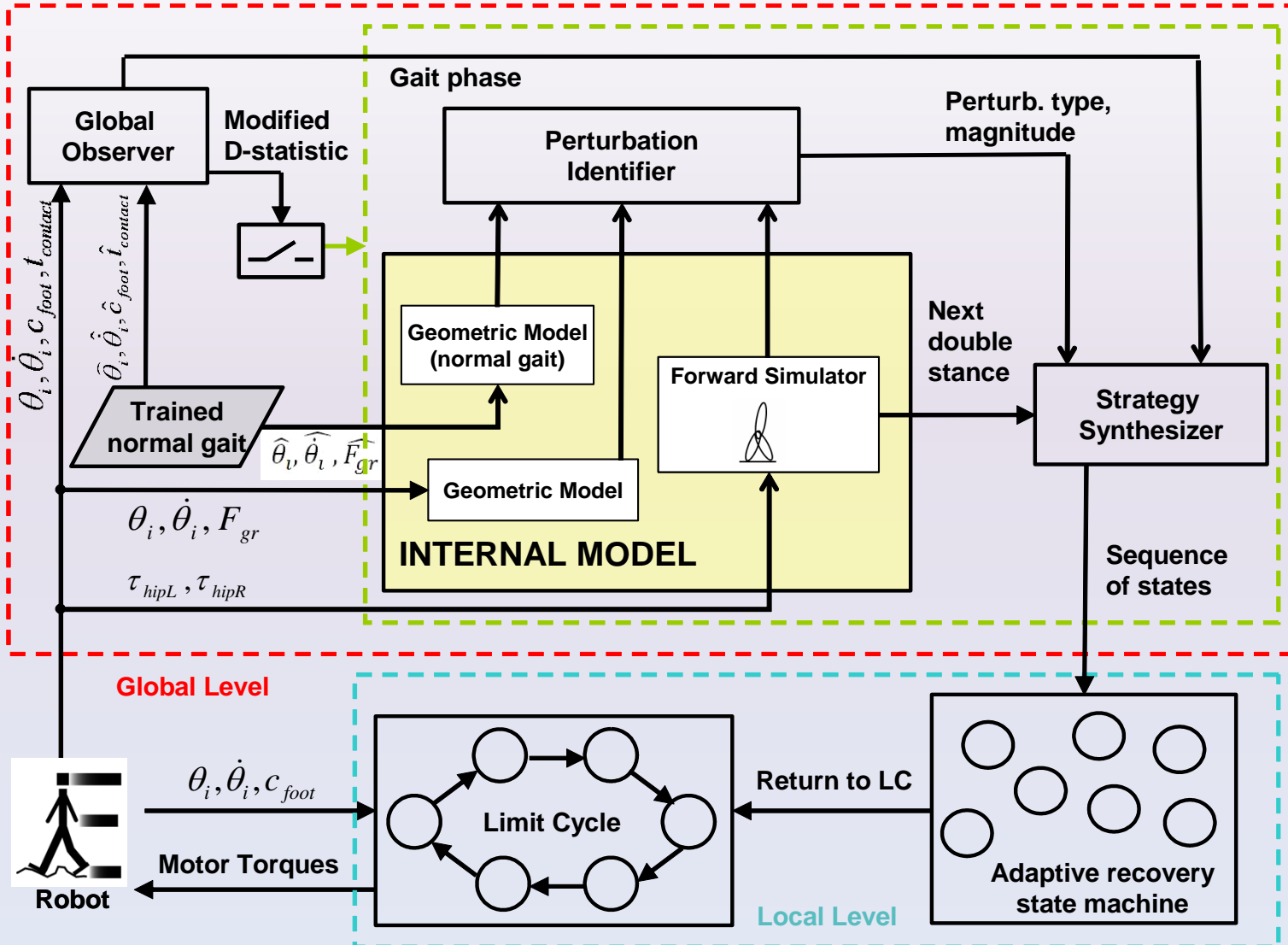


Controle motor humano



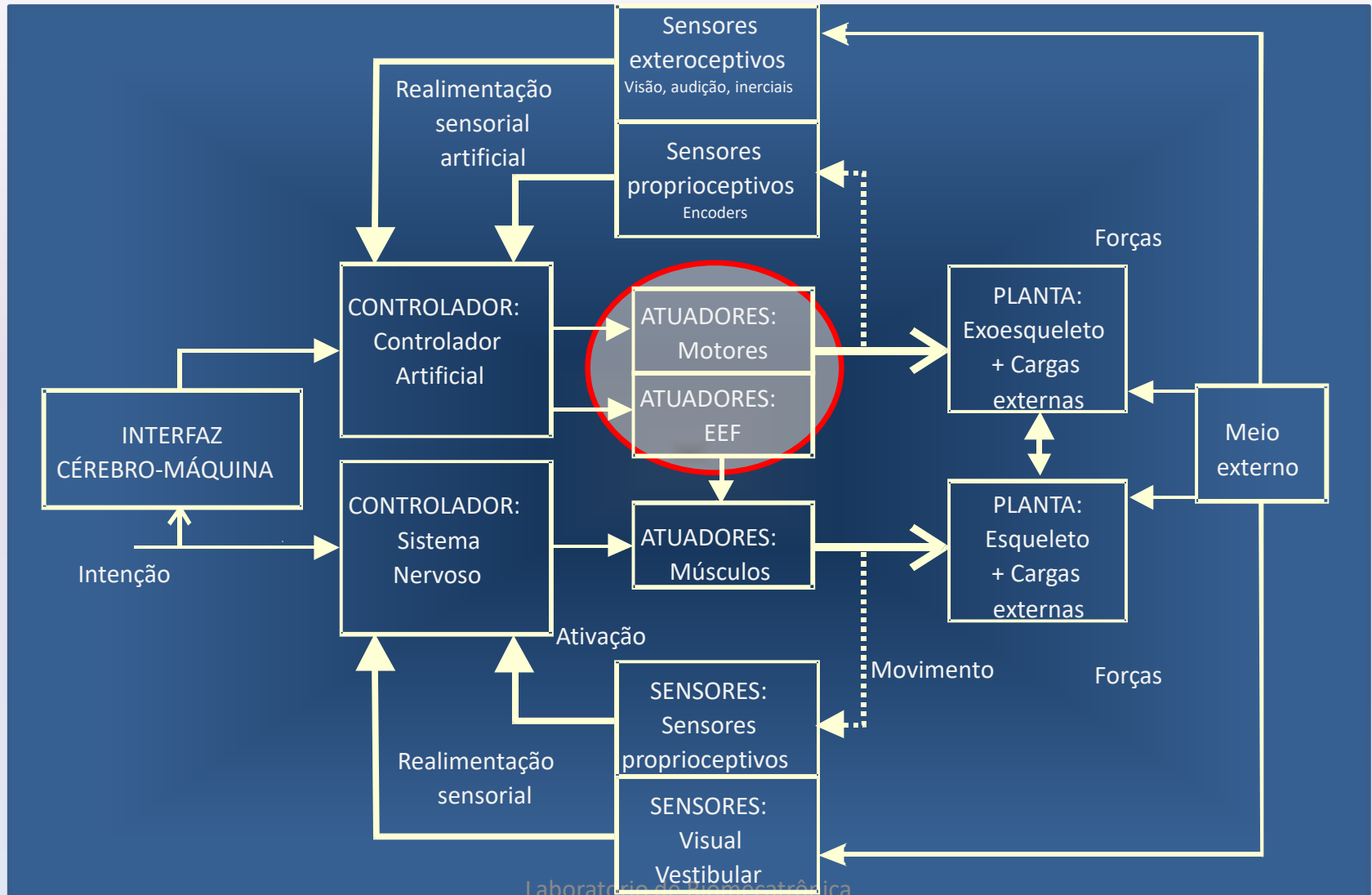


Arquitetura de controle ESBiRRobot





Sistema motor humano-robot





- **Biorrobótica**

Definições. Por qué Bio-Robótica?

Biomimetismo. Metodología de Projeto Biomimético

- **Sistema de controle motor biológico**

Controlador

Atuador

Planta

Sensores





Bio-Robótica

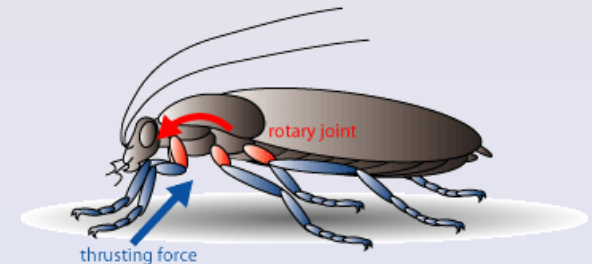
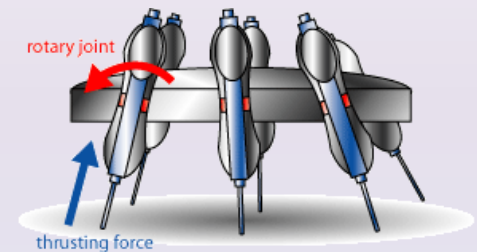
- Bio-Robótica: Robótica inspirada pelos e para os sistemas biológicos
- Robô: Máquina programável, capaz de manipular objetos e executar operações p.e. as realizadas só por pessoas ou animais.
- Um robô é um dispositivo bioinspirado:
 - seu objetivo é replicar a tarefa do modelo biológico...



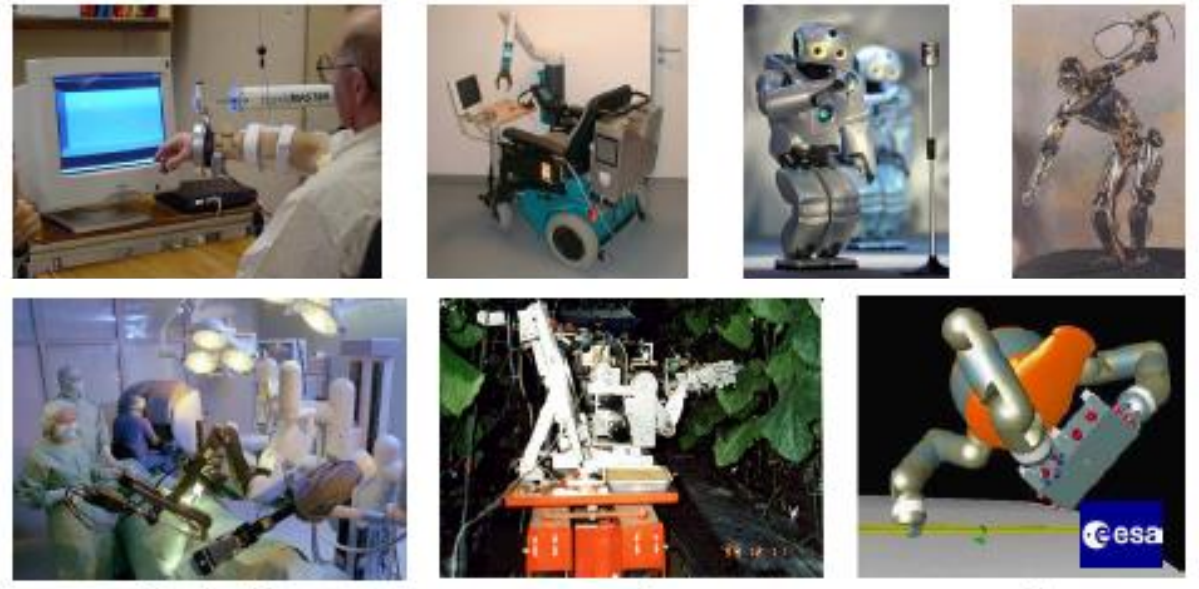
SnakeBot. NASA

Por que Bio-Robótica?

- Soluções ótimas
 - A Natureza oferece soluções ótimas que foram ensaiadas e melhoradas durante a evolução
 - Sistemas biológicos:
 - Entornos naturais e hosteis
 - Baixo consumo energético
 - Alta estabilidade
 - Capacidade de adaptação
 - Interacção robot-humano
 - Segurança e biocompatibilidade



Nova geração de robôs



Reabilitação, entretenimento, cirurgia, agricultura, aplicações espaciais



Nova geração de atuadores e sensores



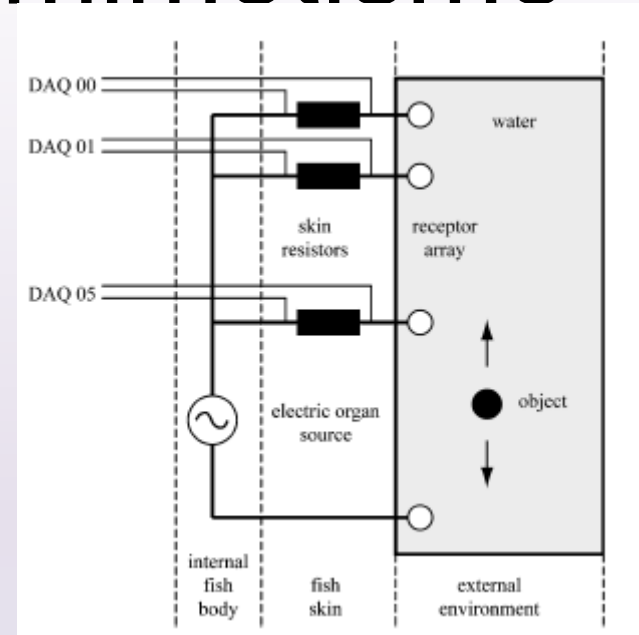
Biomimetismo

- A aproximação biomimética no desenvolvimento de dispositivos artificiais busca inspiração da Natureza para obter uma concepção otimizada ou melhorada dos mesmos.
- Exemplo clássico: Velcro (G. de Mestral)
 - sementes que grudam na roupa e no pêlo do cão

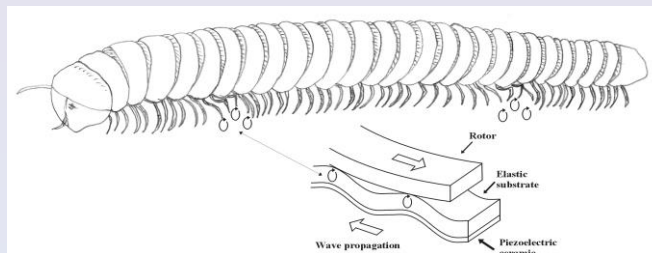
Exemplos de biomimetismo



SCORPION. Univ de Bremen



Peixe elétrico. Maciver&Nelson (2001) Autonomous Robots 11, 263–66



Movimento de un milípede: Motores ultrasónicos. (Pons, 2005. Emerging Actuator Technologies. Wiley.

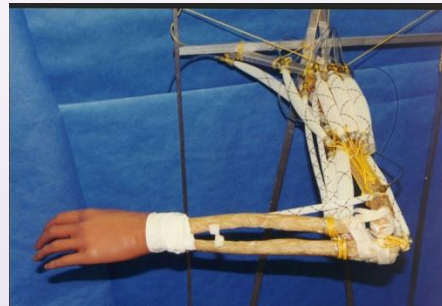


Bio-Robotica



Sahabot

University of Zurich



Anthropoform arm

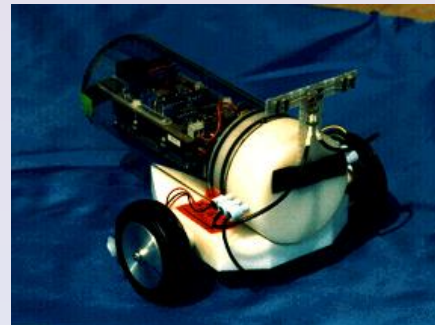
University of Washington



Genghis
MIT

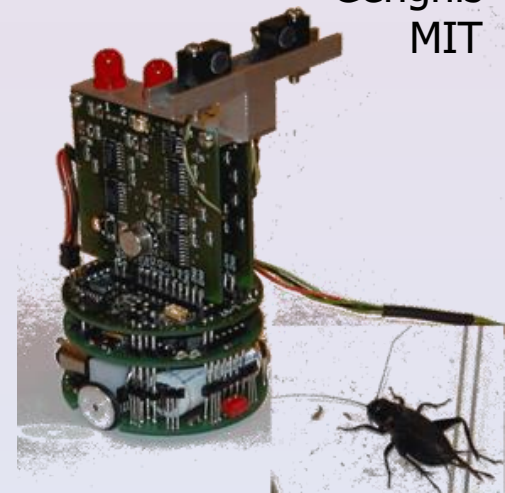


PALOMA platform
SSSA, Pisa



RoboLobster

MIT/Boston University



Cricket robot

U. of Stirling – U. of Edinburgh



Expressão de emoções



Kismet, M.I.T. (imagen: P. Menzel)

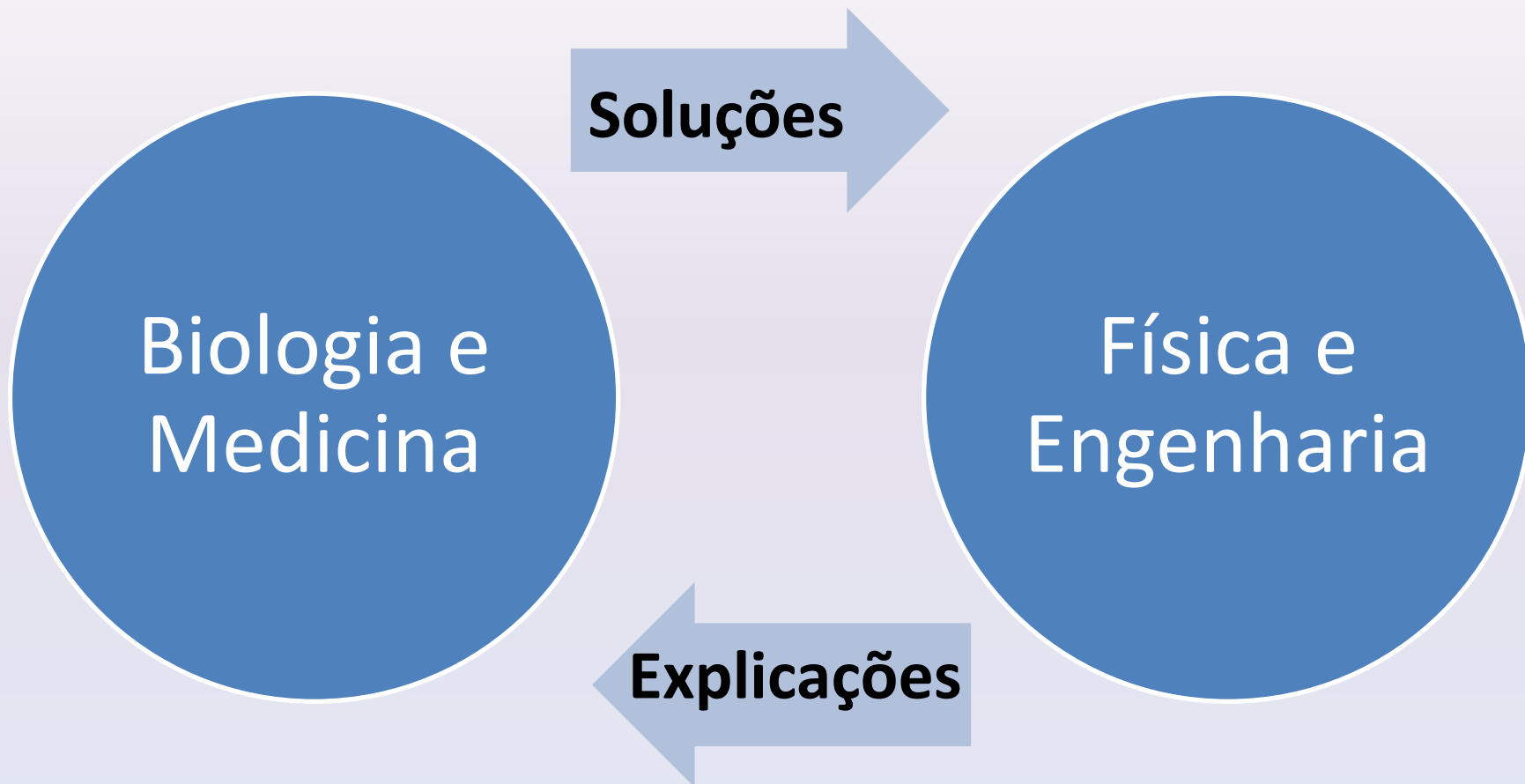


Metodologia de pesquisa: Biomimetismo ↔ Robótica

- Observação
 - Modelos conceituais
 - Modelos matemáticos
 - T^a Controle
 - Simulação
 - Construção física de modelos
- Mecanismos de controle motor biológico
- Validação do modelo
- Projeto de robôs
-



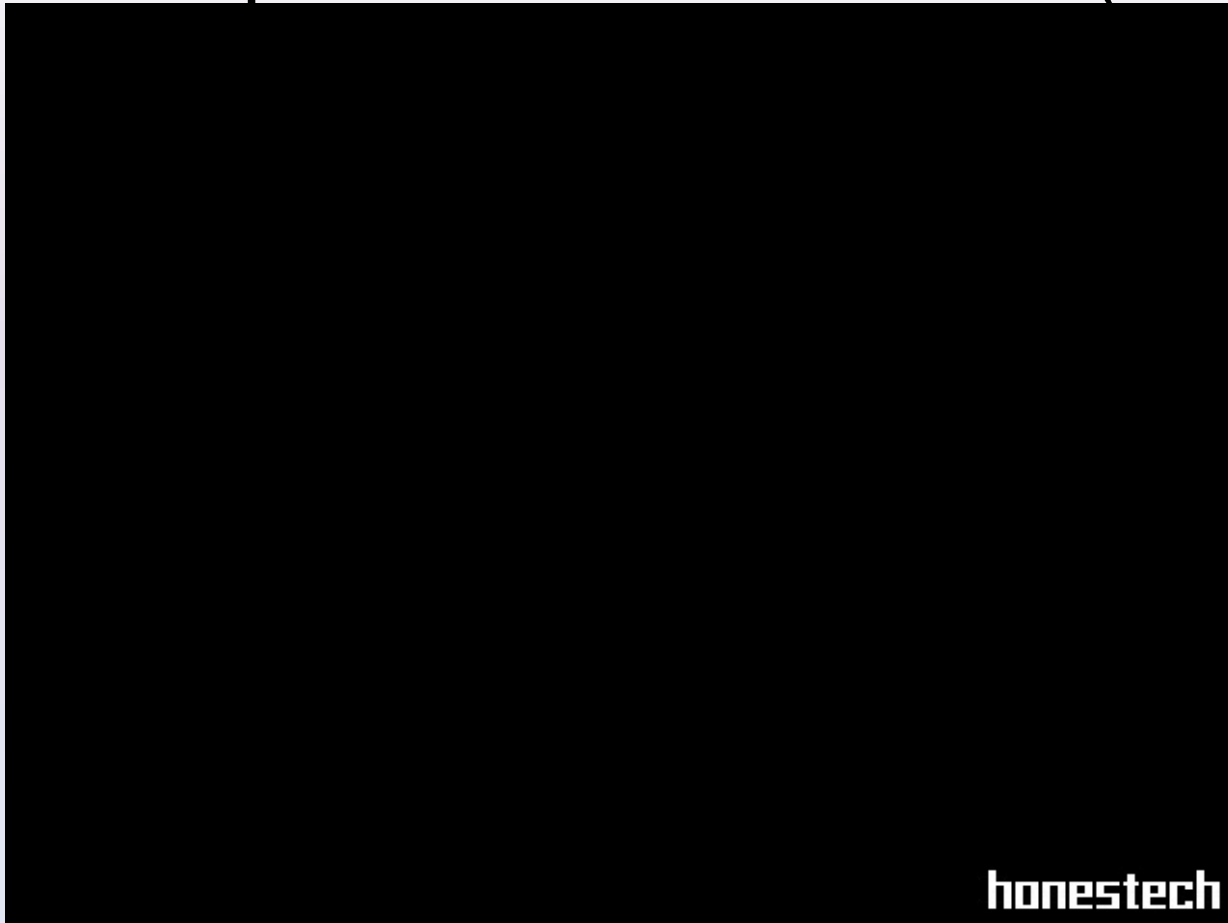
Metodologia de pesquisa: Biomimetismo ↔ Robótica





Exemplo

- ASIMO copia a marcha humana (video)





Robô ESBiRRo



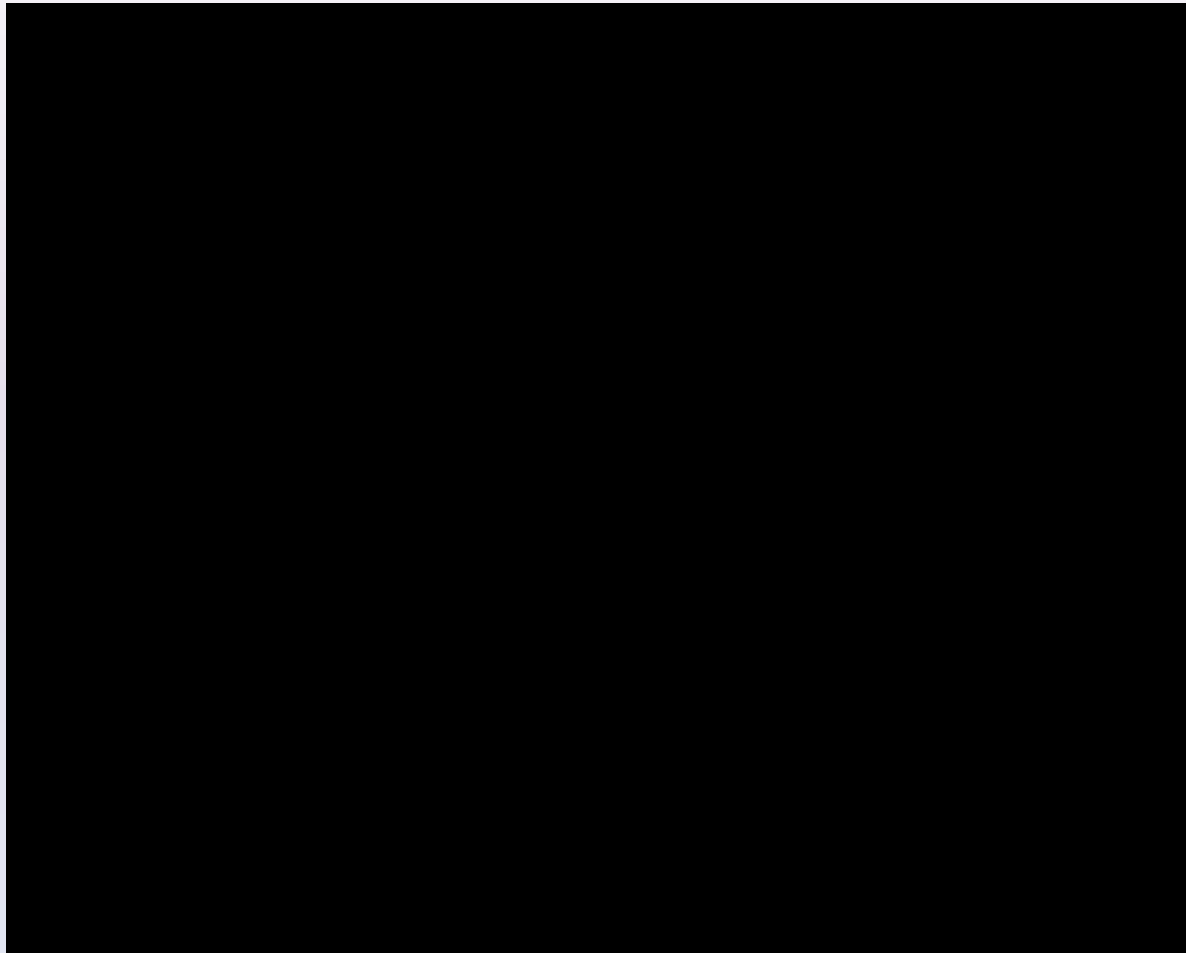


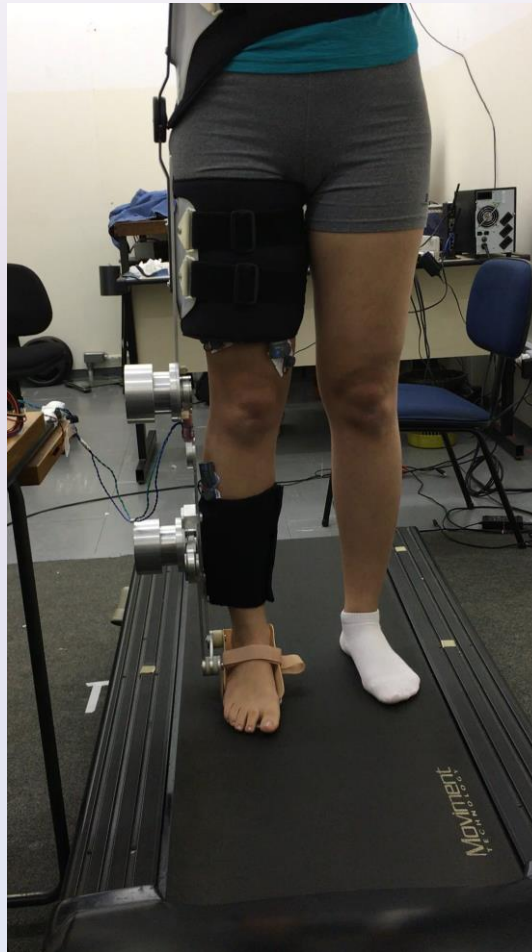
Utilidade: robôs que tropeçam como...





...como seres humanos







Fim da aula

Atê a próxima aula:

- Projeto:
 - Objetivos
 - Metodologia
 - Cronograma
- Pesquisa bibliográfica sobre seu tema de projeto:
 - Procedimento de busca
 - Numero de artigos
 - Restrições