

# Semana acadêmica da Engenharia Eletrônica

## Tecnologias Assistivas: Próteses e órteses

Delmar Carvalho de Souza  
Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC)



**Prótese:** tenta  
substituir parte do  
membro perdido

**Órtese:** tenta  
corrigir uma  
imperfeição de um  
membro íntegro

# Prótese

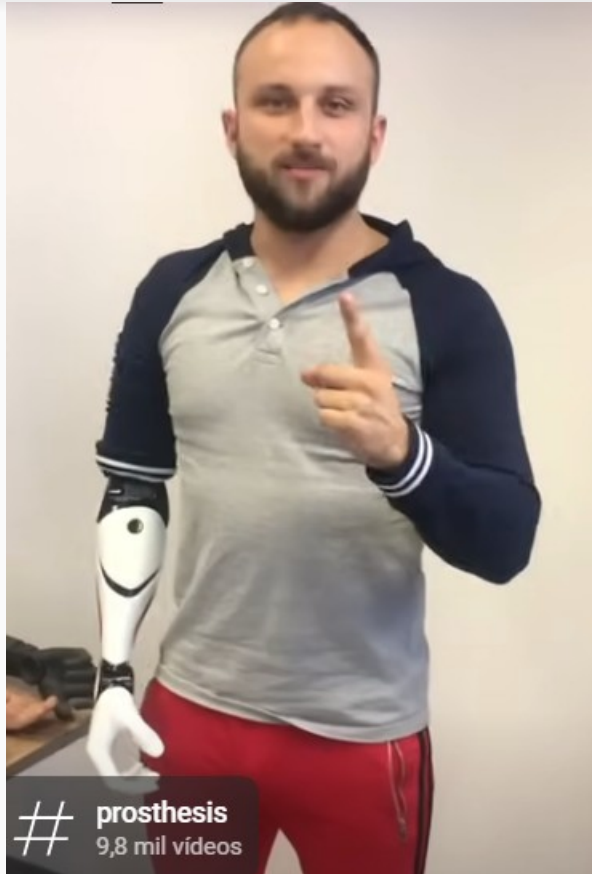


# Próteses de mão eletromecânica



<https://www.techshake.com/protese-bionica-equipada-com-ia-imita-80-dos-movimentos-da-mao/>

# Próteses de mão eletromecânica



<https://www.youtube.com/shorts/e07DN2lp9Q8>

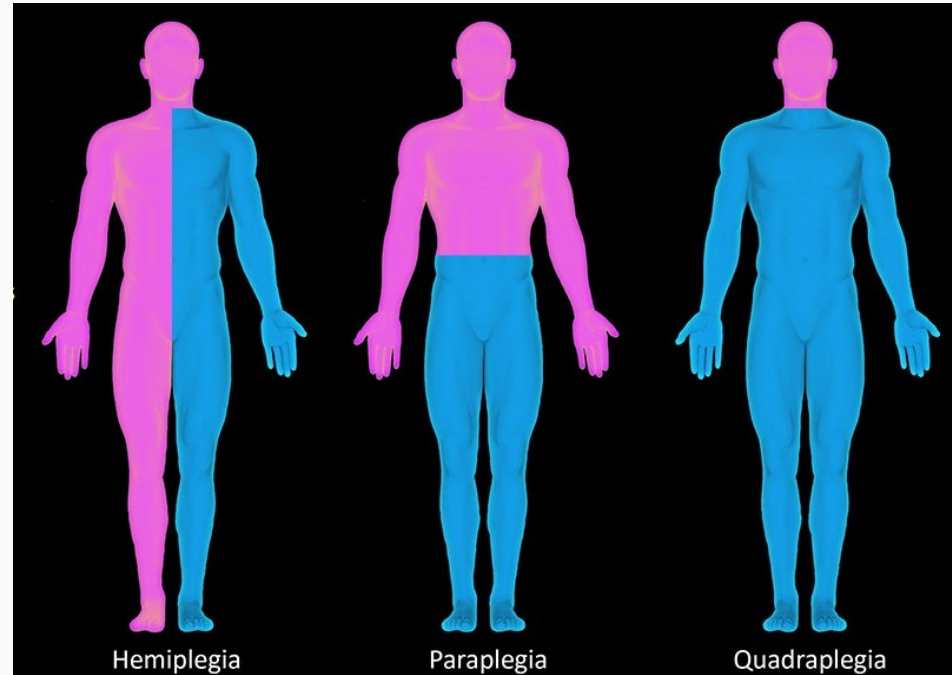
# Prótese estética



<https://www.medicalexpo.com/pt/prod/boston-orthotics-prosthetics/product-74664-942407.html>

Prótese de membros inferiores

**Órtese:** tenta corrigir uma imperfeição de um membro íntegro



# Prótese e órtese funcionais e estéticas





# Prótese x órtese

Podem ser mecânicas  
ou envolver diversas  
tecnologias:

Próteses ou **órteses**  
**híbridas**

# Órtese de reciprocção mecânica

Ortese de  
reciprocção

RECIPROCATATION GAIT  
ORTHOSES (RGO)



<https://portuguese.alibaba.com/product-detail/Thoracolumbar-paraplegia-walking-brace-RGO-Rehabilitation-1600312240038.html>

# Órtese de reciprocção mecânica

Paraplégico usando  
Órtese de  
reciprocção

RECIPROCATATION GAIT  
ORTHOSES (RGO)



# Órtese acionada por motores elétricos



<https://youtu.be/cBzwbbTPJg0>

## As surpresas da vida



[https://www.youtube.com/watch?v=PLk8Pm\\_XBJE](https://www.youtube.com/watch?v=PLk8Pm_XBJE)

# Introdução

[https://www.youtube.com/watch?  
v=PLk8Pm\\_XBJE](https://www.youtube.com/watch?v=PLk8Pm_XBJE)

0:38 - pernas robóticas de Hugh  
Herr

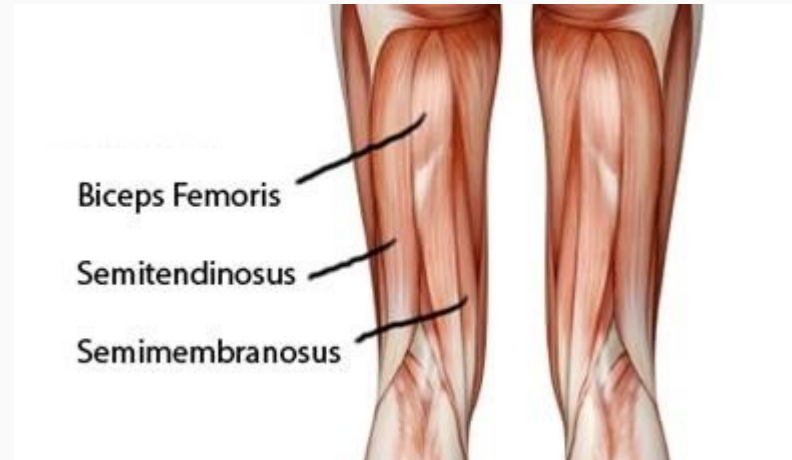
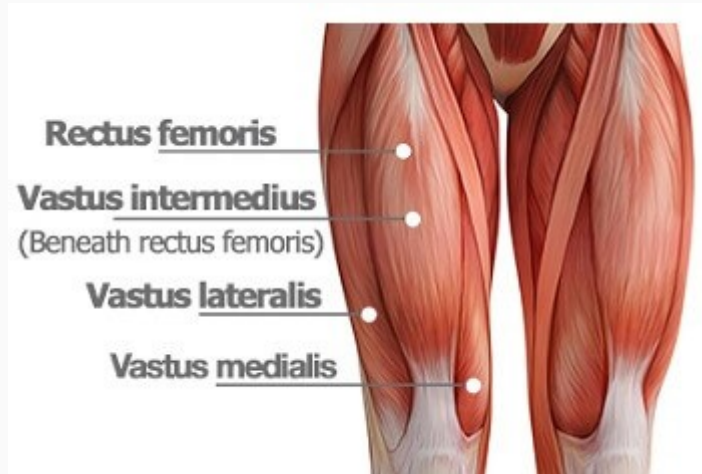
4:57 - como a amputação dever ser  
feita para melhor uso de próteses

8:45 - controle da órtese

12:33 - exoesqueletos para força  
extra

12:51 - membros extras

## Grupos musculares estimulados



## Diversas tecnologias e áreas do conhecimento

estão envolvidas no  
desenvolvimento de órteses  
e próteses



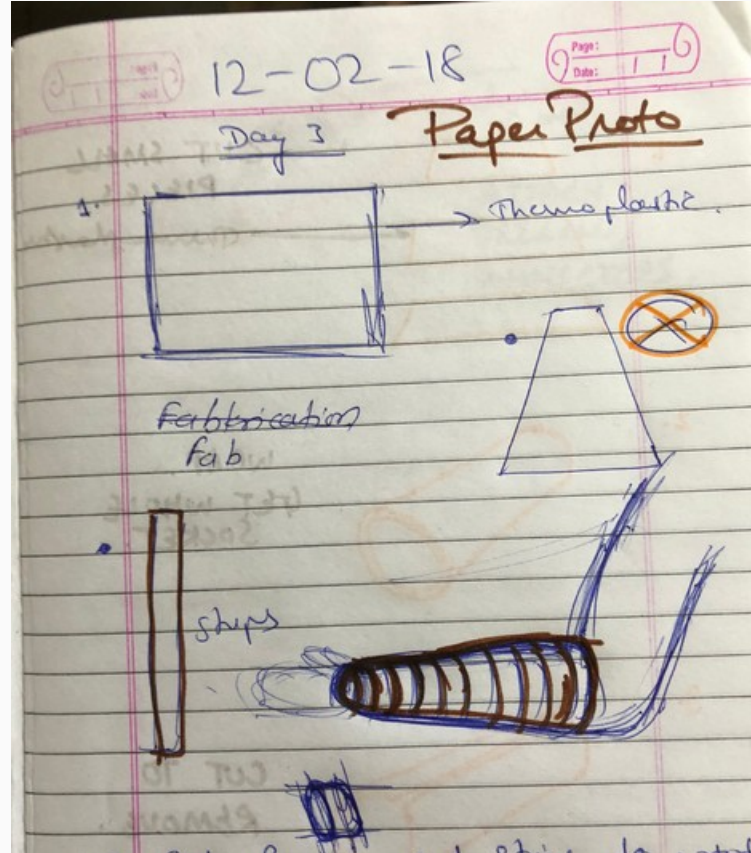
# Próteses: pesquisa em tecnologias de próteses

Próteses [hackaday.io](http://hackaday.io)



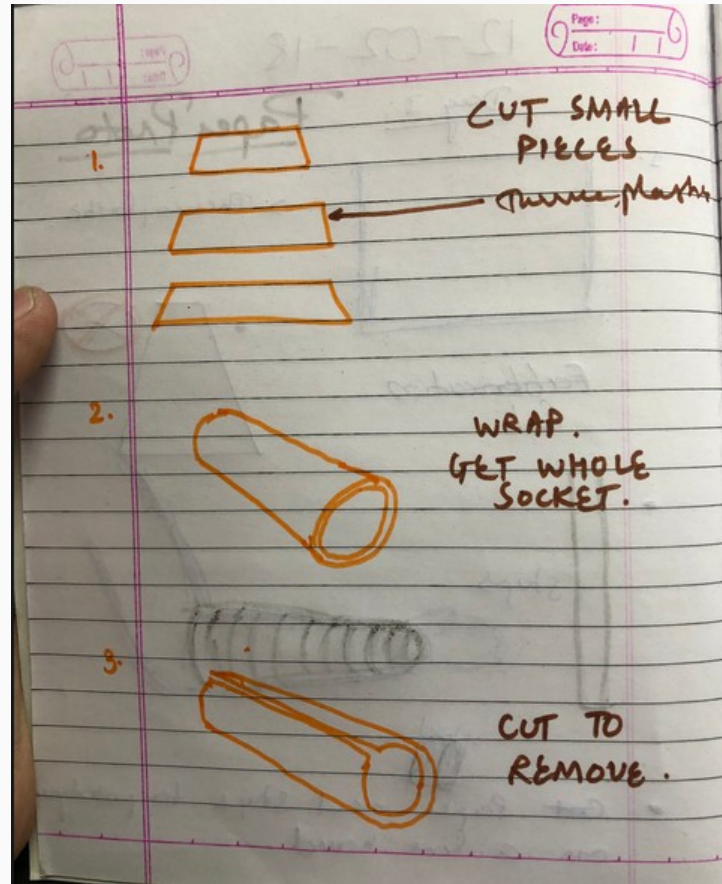
# Próteses: pesquisa em tecnologias de próteses

Próteses [hackaday.io](http://hackaday.io)



# Próteses: pesquisa em tecnologias de próteses

Próteses [hackaday.io](https://hackaday.io)



# Próteses: pesquisa em tecnologias de próteses

Próteses [hackaday.io](http://hackaday.io)



# Próteses: pesquisa em tecnologias de próteses

Próteses hackaday.





# Próteses: pesquisa em tecnologias de próteses

Próteses [hackaday.io](http://hackaday.io)

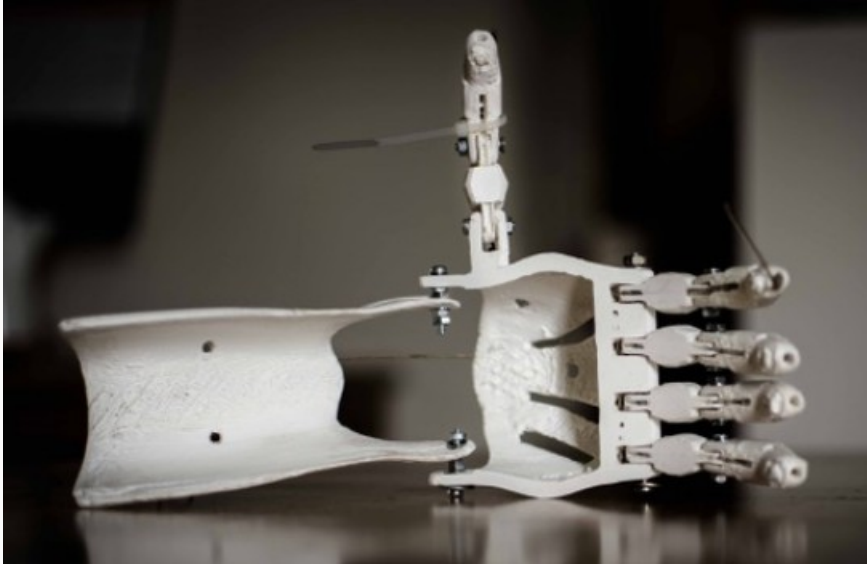


# Próteses: pesquisa em tecnologias de próteses

Próteses [hackaday.io](http://hackaday.io)



# Quão complexa deve ser um prótese?



<https://dowelldogood.com/the-untapped-potential-of-3d-printing-prostheses-for-bop-populations/>



# Quão complexa deve ser um prótese?



<https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=ROEmV3vz-2Y>

## Criatividade

<https://www.youtube.com/watch?v=ucikp4XqIIo>

<https://www.youtube.com/watch?v=sgf3dvJHR1o>

<https://www.youtube.com/watch?v=GeasEPzARAY>

<https://www.ufpb.br/ufpb/contents/noticias/projeto-da-ufpb-produz-protese-de-braco-funcional-de-baixo-custo>

<https://youtu.be/cBzwbbTPJg0>

## Próteses e órteses

Equipe de Engenharia eletrônica

Equipe de Estagiários Técnicos em Eletrônica

Fase1: pesquisa em tecnologias de próteses

Fase2: Prototipagem de próteses de braço e pernas

Laboratórios equipados

Impressoras 3D

Softwares de desenvolvimento

Equipe docente altamente qualificados

Discentes: motivação e empreendedorismo

## Benefícios da Estimulação Elétrica Funcional (FES)

Restaura os movimentos dos membros paralizados

Melhora o controle muscular

Modula a impedância das articulações

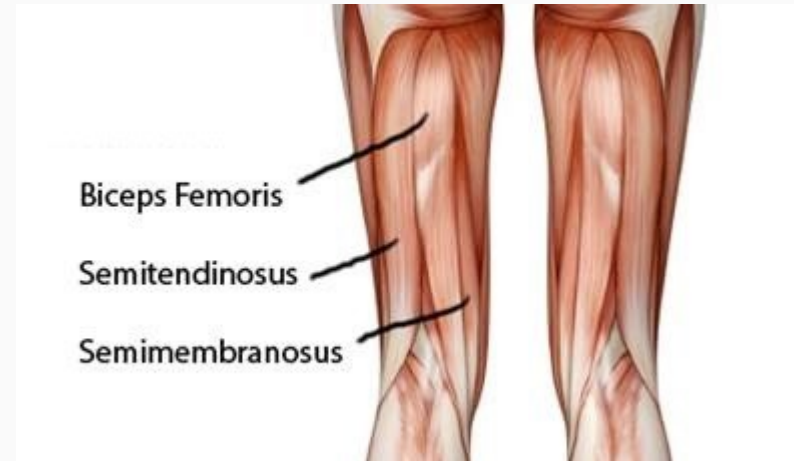
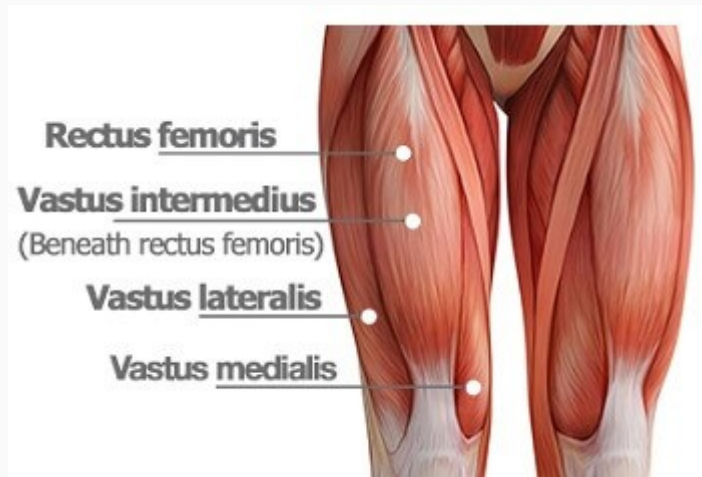


## Benefícios da Estimulação Elétrica Funcional (FES)

Restaura os movimentos dos membros paralizados  
Melhora o controle muscular  
Modula a impedância das articulações



## Grupos musculares estimulados



## Posição dos eletrodos sobre os pontos motores



Source: Fonseca (2015)



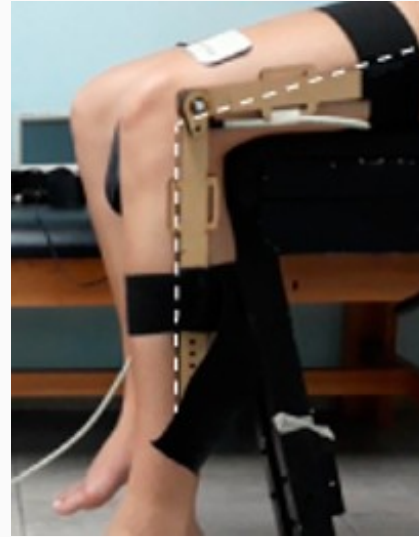
## Posição dos eletrodos sobre os pontos motores



Músculo  
agonista

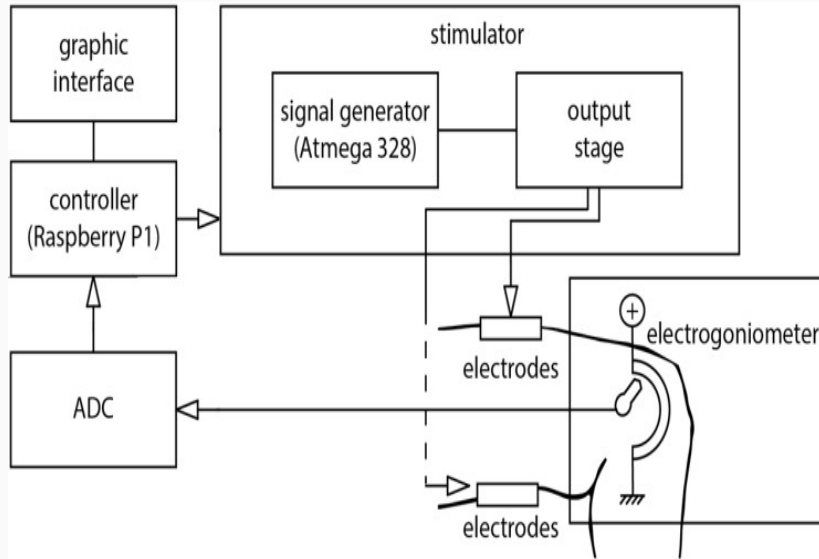


Músculo  
antagonista



Voluntário posicionado para a  
estimulação

## Diagrama de blocos do sistema e suas conexões



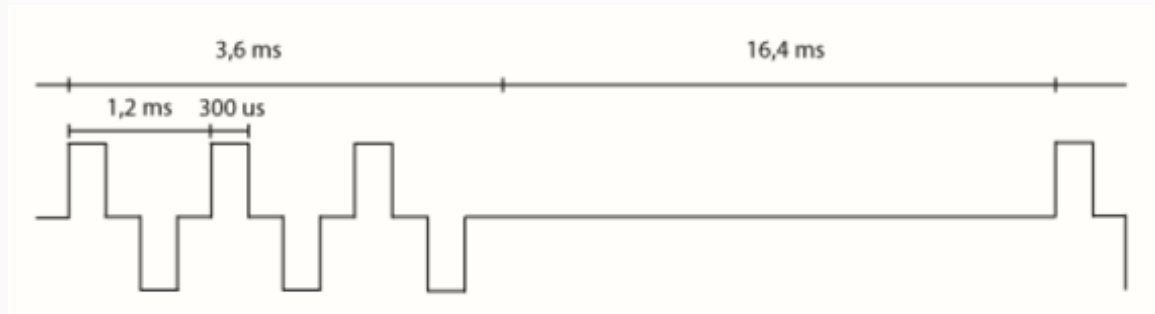
**Raspberry PI v3  
single-board computer**



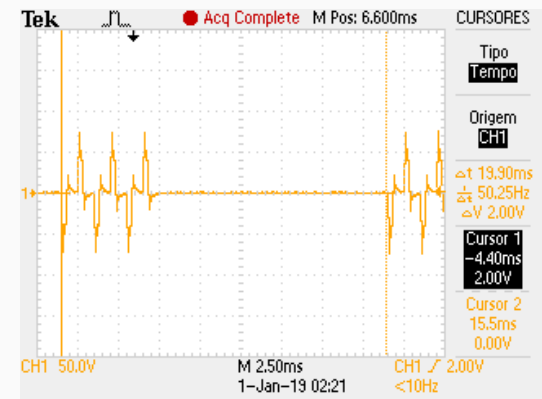
**Microcontroller ATmega328**



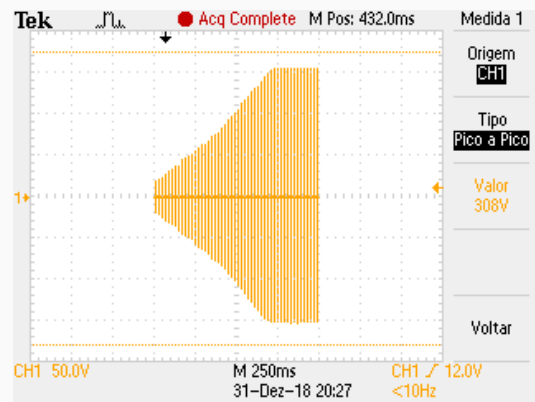
## Formas de ondas FES



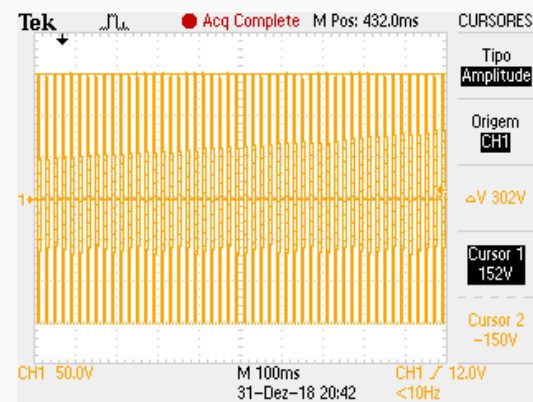
833 Hz de frequência dos pulsos  
50 Hz de frequência dos burst



## Formas de ondas FES

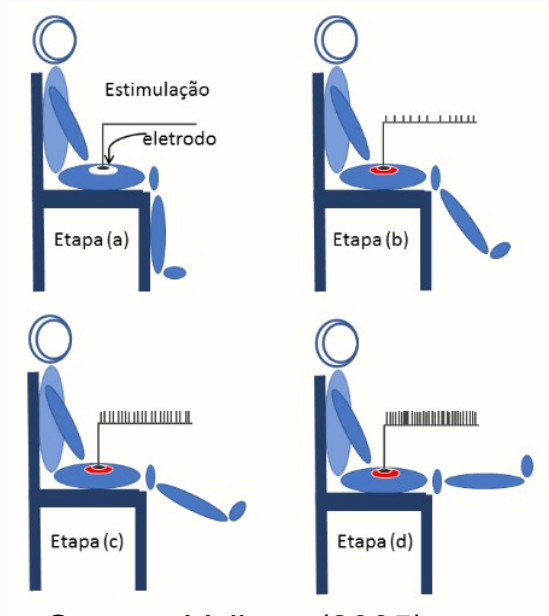


Rampa de subida dos pulsos



Patamar da estimulação

## Dinâmica da estimulação FES



Source: Velloso (2005)

## Participantes selecionados

Local da pesquisa: ADFP (Associação dos deficientes físicos do Paraná)

Voluntários: 4 homens (18 a 60 anos)

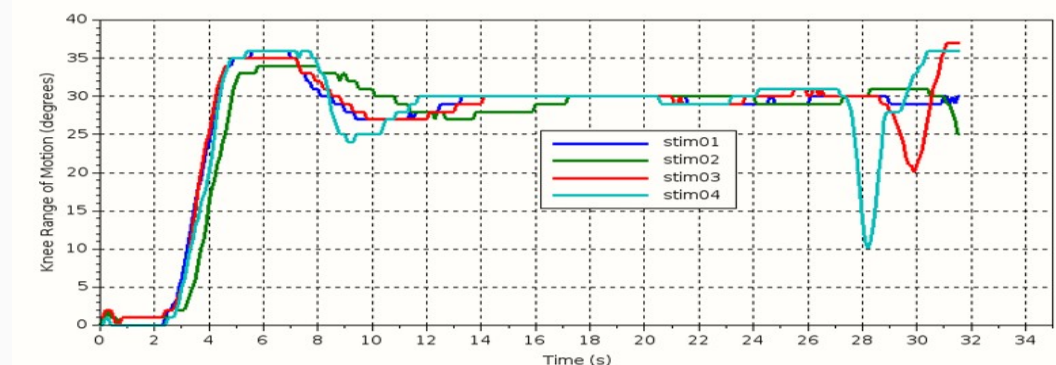
Lesão medular completa

Musculatura íntegra

Sem implantes metálicos nos membros inferiores

Sem dispositivos regulatórios funcionais implantados (ex.: marcapasso, etc)

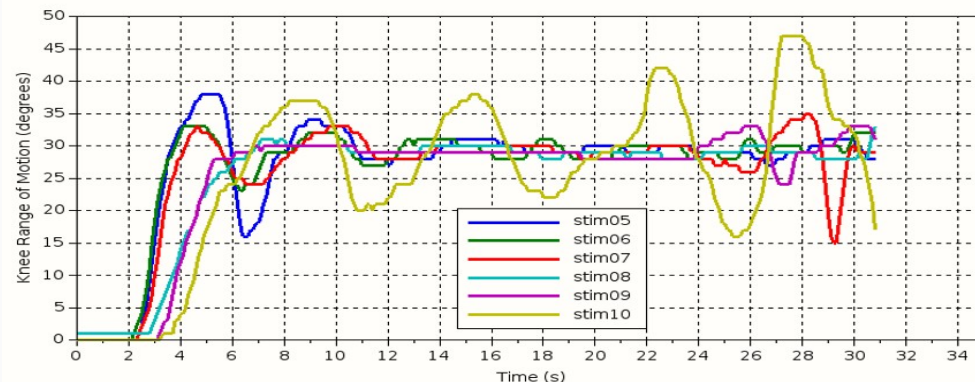
## Voluntário 1: aplicação FES



Stim.	$K_c$	$T_c$	ED(s)	OS(°)	PTTE(s)	ST(s)
01	2.11	3.20	0.7	6/20.0%	2.8	10.95
04	2.11	3.20	0.8	6/20.0%	2.9	9.85
03	2.15	4.98	0.7	5/16.6%	2.6	11.70
02	1.85	6.77	0.9	4/13.3%	3.2	14.15

Stim.: stimulation; OS: overshoot; ST: settling time; ED: electromechanical delay (ED); PTTE: passing through the target extension

## Voluntário 2: aplicação FES

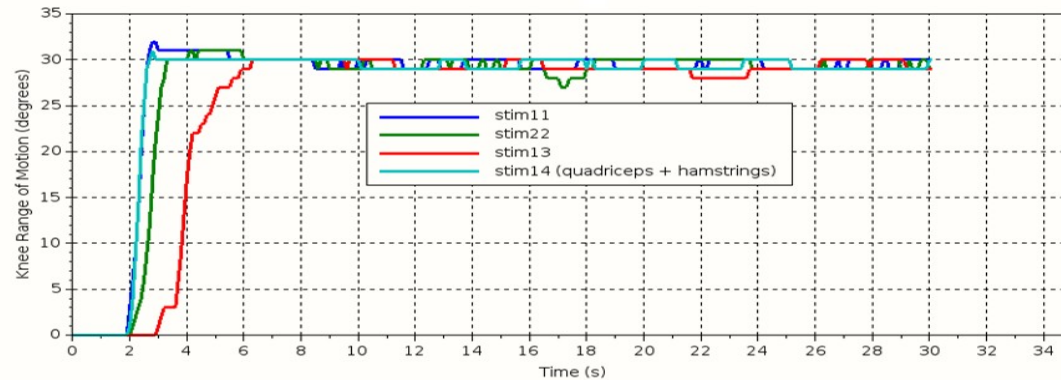


Stim.	$K_c$	$T_c$	ED(s)	OS(°)	PTTE(s)	ST(s)
05	2.13	1.65	0.8	8/26.6%	2.2	7.2
06	2.14	2.62	0.6	3/10%	3.5	10.8
07	1.91	3.56	0.7	3/10%	2.6	11.0
08	1.59	2.21	0.7	1/3.3%	4.9	3.9
09	1.58	3.30	1.1	0	4.1	4.1
10	1.53	4.25	1.1	7/23.3%	4.7	*

Stim.: stimulation; OS: overshoot; ST: settling time; ED: electromechanical delay (ED); PTTE: passing through the target extension. \*: value was not obtained due to fluctuations



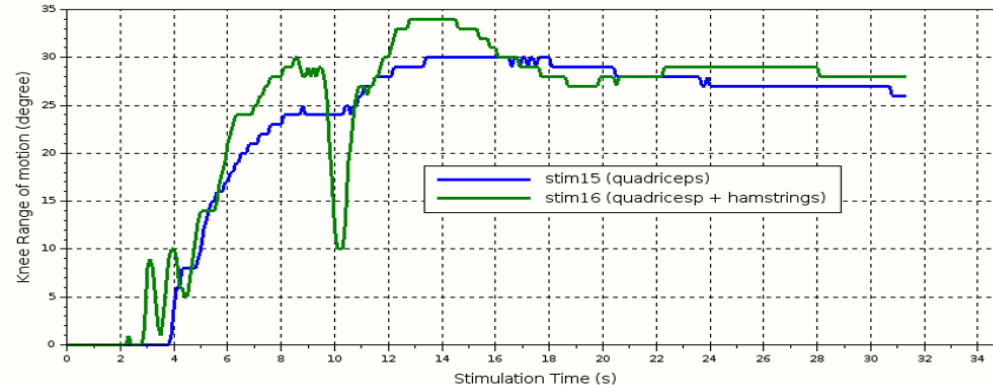
## Voluntário 3: aplicação FES



Stim.	$K_c$	$T_c$	ED (s)	OS(°)	PTTE(s)	ST(s)	Muscles
11	3.89	1.72	0.9	2/6.6%	1.05	1.05	Q
12	3.09	2.15	1.0	1/3.3%	2.3	1.22	Q+H
13	2.06	3.23	1.3	0	4.2	4.2	Q+H
14	3.89	1.72	0.9	1/3.3%	1.6	1.6	Q+H

Stim.: stimulation; OS: overshoot; ST: settling time; ED: electromechanical delay (ED); PTTE: passing through the target extension; Q: quadriceps; Q+H: quadriceps + hamstrings

## Voluntário 4: aplicação FES



Stim.	Kc	Tc	ED(s)	OS(°)	PTTE(s)	ST(s)	Muscles
15	1.75	5.08	2.0	0	11.6	8.35	Q
16	1.75	5.08	1.0	4	10.1	21.0	Q + H

Stim.: stimulation; OS: overshoot; ST: settling time; ED: electromechanical delay (ED); PTTE: passing through the target extension; Q: quadriceps; Q+H: quadriceps + hamstrings

## Conclusão

A estimulação combinada de quadríceps e isquiotibiais tem uma extensão mais precisa que a estimulação apenas de quadríceps

A escolha dos parâmetros estimulatórios melhor ajustados às características do voluntário faz com que o controle de posição do joelho atinja a meta com a rapidez necessária e não sofra muitas oscilações

## Conclusão

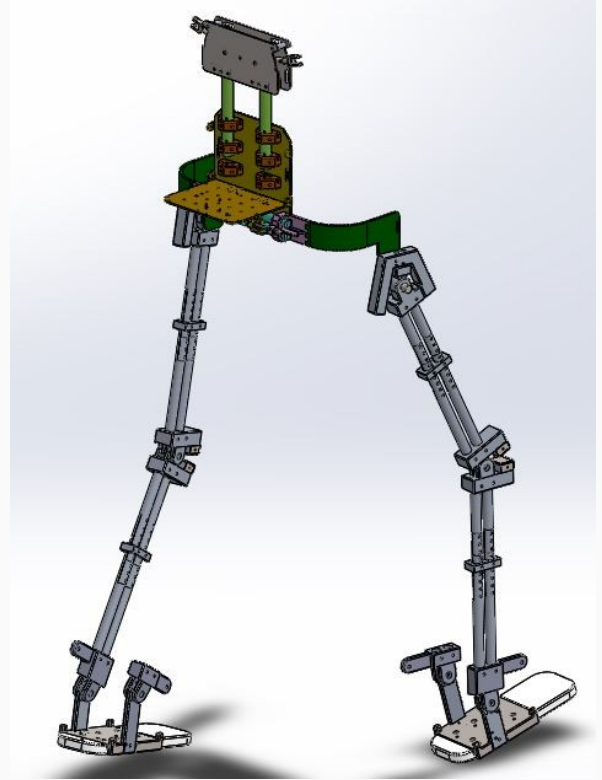
Os resultados mostram que o estimulador pode ser ajustado às características dos voluntários testados e pode ser utilizado em aplicações de reabilitação

A estimulação FES pode ser aplicada apenas no quadríceps ou quadríceps e isquiotibiais

Parametros podem ser ajustados de acordo com o desempenho desejados

## Conclusão

A sequência deste trabalho é combiná-lo a um exoesqueleto e a motores DC de forma a criar uma órtese híbrida que permita um paraplégico mover-se com auxílio de muletas



# Referências

FONSECA, L. O. **Instrumentação e controle em ciclismo assistido por estimulação elétrica para indivíduos com lesão medular**. 2015. 84 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

NOGUEIRA, R. R. **Estimulador elétrico neuromuscular multicanal para prótese neural híbrida de membros inferiores**. 2016. 135 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia em Saúde) – Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2016.

SOUZA, D.C.; PALMA, J.C.; STARKE, R.A.; NOGUEIRA-NETO, G.N.; NOHAMA, P. **Functional Electrical Stimulation Closed-loop Strategy Using Agonist-Antagonist Muscles for Controlling Lower Limb Movements**. CBEB, 2020.

## Autores

Delmar Carvalho de Souza  
delmar@ifsc.edu.br

Guilherme Nogueira  
Nogueira.g@pucpr.br

Julio Cesar Palma  
julio1978@gmail.com

Percy Nohama  
percy.nohama@gmail.com

## Instituições

