

# Impactos das Tecnologias nas Ciências Biológicas e da Saúde 2

Christiane Trevisan Slivinski  
(Organizadora)



**Atena**  
Editora

Ano 2019

Christiane Trevisan Slivinski  
(Organizadora)

# Impactos das Tecnologias nas Ciências Biológicas e da Saúde 2

Atena Editora  
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Geraldo Alves e Natália Sandrini

Revisão: Os autores

### Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

134 Impactos das tecnologias nas ciências biológicas e da saúde 2  
[recurso eletrônico] / Organizadora Christiane Trevisan Slivinski. –  
Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Impactos das  
Tecnologias nas Ciências Biológicas e da Saúde; v. 2)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-038-4

DOI 10.22533/at.ed.384191601

1. Ciências biológicas. 2. Saúde. 3. Tecnologia. I. Slivinski,  
Christiane Trevisan.

CDD 620.8

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de  
responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos  
autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

A tecnologia está ganhando cada dia mais espaço na vida das pessoas e em tudo que as cerca. Compreende-se por tecnologia todo o conhecimento técnico e científico e sua aplicação utilizando ferramentas, processos e materiais que foram criados e podem ser utilizados a partir deste conhecimento. Quando, para o desenvolvimento da tecnologia estão envolvidos sistemas biológicos, seres vivos ou seus metabólitos, passa-se a trabalhar em uma área fundamental da ciência, a Biotecnologia.

Toda produção de conhecimento em Biotecnologia envolve áreas como Biologia, Química, Engenharia, Bioquímica, Biologia Molecular, Engenharia Bioquímica, Química Industrial, entre outras, impactando diretamente no desenvolvimento das Ciências Biológicas e da Saúde. A aplicação dos resultados obtidos nos estudos em Biotecnologia está permitindo um aumento gradativo nos avanços relacionados a qualidade de vida da população, preservação da saúde e bem estar.

Neste ebook é possível identificar vários destes aspectos, onde a produção científica realizada por pesquisadores das grandes academias possuem a proposta de aplicações que podem contribuir para um melhor aproveitamento dos recursos que a natureza nos oferece, bem como encontrar novas soluções para problemas relacionados à manutenção da vida em equilíbrio.

No volume 2 são apresentados artigos relacionados a Bioquímica, Tecnologia em Saúde e as Engenharias. Inicialmente é discutida a produção e ação de biocompostos tais como ácido hialurônico, enzimas fúngicas, asparaginase, lipase, biossurfactantes, xilanase e eritritol. Em seguida são apresentados aspectos relacionados a análise do mobiliário hospitalar, uso de oxigenoterapia hospitalar, engenharia clínica, e novos equipamentos utilizados para diagnóstico. Também são apresentados artigos que trabalham com a tecnologia da informação no desenvolvimento de sistemas e equipamentos para o tratamento dos pacientes.

No volume 3 estão apresentados estudos relacionados a Biologia Molecular envolvendo a leptospirose e diabetes melitus. Também foram investigados alguns impactos da tecnologia no estudo da microcefalia, agregação plaquetária, bem como melhorias no atendimento nas clínicas e farmácias da atenção básica em saúde.

Em seguida discute-se a respeito da utilização de extratos vegetais e fúngicos na farmacologia e preservação do meio ambiente. Finalmente são questionados conceitos envolvendo Educação em Saúde, onde são propostos novos materiais didáticos para o ensino de Bioquímica, Biologia, polinização de plantas, prevenção em saúde e educação continuada.

Christiane Trevisan Slivinski

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
ÁCIDO HIALURÔNICO MICROBIANO: PRODUÇÃO E APLICAÇÕES	
Hanny Cristina Braga Pereira Duffeck	
Nicole Caldas Pan	
Maria Antonia Pedrine Colabone Celligoi	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3841916011</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>15</b>
AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO DE ENZIMAS HIDROLÍTICAS DE FUNGOS ISOLADOS DE <i>EUTERPE PRECATORIA</i> MART.	
Bárbara Nunes Batista	
Rosiane Rodrigues Matias	
Ana Milena Gómez Sepúlveda	
Rafael Lopes e Oliveira	
Patrícia Melchionna Albuquerque	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3841916012</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>26</b>
DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS IDEAIS DE CULTIVO DE <i>STREPTOMYCES PARVULUS</i> UFPEDA 3408 PARA PRODUÇÃO DA ENZIMA L- ASPARAGINASE	
Glêzia Renata da Silva Lacerda	
Islan D'Eric Gonçalves da Silva	
Luiz Eduardo Felix de Albuquerque	
Wanda Juliana Lopes e Silva	
Suellen Emilliany Feitosa Machado	
Silene Carneiro do Nascimento	
Gláucia Manoella de Souza Lima	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3841916013</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>36</b>
IMOBILIZAÇÃO DE LIPASE DE <i>Botryosphaeria ribis</i> EC-01 EM RESÍDUO TÊXTIL	
Jéssica Borges de Oliveira	
Rafael Block Samulewski	
Josana Maria Messias	
Aline Thaís Bruni	
Aneli M. Barbosa-Dekker	
Robert F. H. Dekker	
Milena Martins Andrade	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3841916014</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>42</b>
IMOBILIZAÇÃO DE LIPASES EM ZEÓLITA A OBTIDAS A PARTIR DA CINZA DE BIOMASSA DA BANANEIRA	
Orlando Baron	
Eduardo Radovanovic	
Silvia Luciana Favaro	
Murilo Pereira Moisés	
Nadia Krieger	
Alessandra Machado Baron	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3841916015</b>	

**CAPÍTULO 6 ..... 48**

PRODUÇÃO DE BIOSSURFACTANTES A PARTIR DE FUNGOS ENDOFÍTICOS ISOLADOS DA ESPÉCIE AMAZÔNICA *MYRCIA GUIANENSIS* E SUA TOLERÂNCIA AO ENDOSULFAN

Ana Milena Gómez Sepúlveda  
Sergio Duvoisin Junior  
Patrícia Melchionna Albuquerque

**DOI 10.22533/at.ed.3841916016**

**CAPÍTULO 7 ..... 60**

PRODUÇÃO E EXTRAÇÃO DE LIPASES DE *Penicillium corylophilum*

Lucas Marcondes Camargo  
Ricardo de Sousa Rodrigues  
Michael da Conceição de Castro  
Josiane Geraldelo da Silva  
Patrícia Salomão Garcia  
Milena Martins Andrade  
Alessandra Machado Baron

**DOI 10.22533/at.ed.3841916017**

**CAPÍTULO 8 ..... 66**

SELEÇÃO DE FUNGOS ENDOFÍTICOS ISOLADOS DE *MYRCIA GUIANENSIS* PRODUTORES DE XILANASE

Rosiane Rodrigues Matias  
Ana Milena Gómez Sepúlveda  
Bárbara Nunes Batista  
Juliana Mesquita Vidal Martínez de Lucena  
Patrícia Melchionna Albuquerque

**DOI 10.22533/at.ed.3841916018**

**CAPÍTULO 9 ..... 75**

UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO MILHOCINA COMO FONTE DE VITAMINAS E NITROGÊNIO ORGÂNICO NA PRODUÇÃO DE ERITRITOL POR *Yarrowia lipolytica*

Luana Vieira da Silva  
Maria Alice Zarur Coelho  
Priscilla Filomena Fonseca Amaral  
Patrick Fickers

**DOI 10.22533/at.ed.3841916019**

**CAPÍTULO 10 ..... 84**

ANÁLISE DE MOBILIÁRIO HOSPITALAR COM INCIDÊNCIA EM EVENTOS ADVERSOS

Lígia Reis Nóbrega  
Selma Terezinha Milagre

**DOI 10.22533/at.ed.38419160110**

**CAPÍTULO 11 ..... 88**

ANÁLISE DO PROCESSO TECNOLÓGICO EM SAÚDE NO SERVIÇO DE OXIGENOTERAPIA DOMICILIAR

Bruno Pires Bastos  
Renato Garcia Ojeda

**DOI 10.22533/at.ed.38419160111**

**CAPÍTULO 12 ..... 98**

CARACTERIZAÇÃO DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA RECENTE SOBRE A ODONTOLOGIA HOSPITALAR NO BRASIL: UMA REVISÃO INTEGRATIVA

Wagner Couto Assis  
Adriano Santos Sousa Oliveira  
Danilo Lyrio de Oliveira  
Ismar Eduardo Martins Filho  
Alba Benemerita Alves Vilela

**DOI 10.22533/at.ed.38419160112**

**CAPÍTULO 13 ..... 111**

CARACTERIZAÇÃO DE PACIENTES COM ÚLCERA DE PÉ DIABÉTICO ATENDIDOS EM HOSPITAIS DA REDE PÚBLICA DE SÃO LUÍS MARANHÃO

Kezia Cristina Batista dos Santos  
Tamires Barradas Cavalcante  
Patrícia Amorim Danda  
Gabriela Sellen Campos Ribeiro  
Adrielly Haiany Coimbra Feitosa

**DOI 10.22533/at.ed.38419160113**

**CAPÍTULO 14 ..... 123**

APLICAÇÃO DE RTOS NA CRIAÇÃO DE DISPOSITIVO ELETROMÉDICO PARA AVALIAÇÃO DO BLOQUEIO NEUROMUSCULAR INTRAOPERATÓRIO

Matheus Leitzke Pinto  
Gustavo Ott  
Mauricio Campelo Tavares

**DOI 10.22533/at.ed.38419160114**

**CAPÍTULO 15 ..... 138**

ATUAÇÃO DO SETOR DE ENGENHARIA CLÍNICA: UM ESTUDO DE CASO NO HOSPITAL UNIVERSITÁRIO ONOFRE LOPES

Camila Beatriz Souza de Medeiros  
Taline dos Santos Nóbrega  
Beatriz Stransky

**DOI 10.22533/at.ed.38419160115**

**CAPÍTULO 16 ..... 147**

AUTOMAÇÃO DE BAIXO CUSTO PARA UMA CADEIRA DE RODAS

Samuel Roberto Marcondes  
Aline Camile Stelf

**DOI 10.22533/at.ed.38419160116**

**CAPÍTULO 17 ..... 154**

CLASSIFICAÇÃO DE EEG COM REDES NEURAIS ARTIFICIAIS UTILIZANDO ALGORITMOS DE TREINAMENTO DO TIPO *EXTREME LEARNING MACHINE E BACK-PROPAGATION*

Tatiana Saldanha Tavares  
Francisco Assis de Oliveira Nascimento  
Cristiano Jacques Miosso

**DOI 10.22533/at.ed.38419160117**

<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>163</b>
DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA WEB PARA GESTÃO DE EQUIPAMENTOS MÉDICO-HOSPITALARES	
Antonio Domingues Neto José Felício da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.38419160118</b>	
<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>172</b>
DETECÇÃO DE ACIDENTE VASCULAR CEREBRAL ISQUÊMICO AGUDO/SUBAGUDO BASEADA NA POSIÇÃO VENTRICULAR	
Cecília Burle de Aguiar Walisson da Silva Soares Severino Aires Araújo Neto Carlos Danilo Miranda Regis	
<b>DOI 10.22533/at.ed.38419160119</b>	
<b>CAPÍTULO 20</b> .....	<b>185</b>
DETECÇÃO DE MELANOMA UTILIZANDO DESCRITORES DE HARALICK	
Marília Gabriela Alves Rodrigues Santos Marina de Oliveira Alencar Walisson da Silva Soares Cecília Burle Aguiar Carlos Danilo Miranda Regis	
<b>DOI 10.22533/at.ed.38419160120</b>	
<b>CAPÍTULO 21</b> .....	<b>194</b>
HUMAN KNEE SIMULATION USING MULTILAYER PERCEPTRON ARTIFICIAL NEURAL NETWORK	
Ithallo Junior Alves Guimarães Roberto Aguiar Lima Vera Regina Fernandes da Silva Marães Lourdes Mattos Brasil	
<b>DOI 10.22533/at.ed.38419160121</b>	
<b>CAPÍTULO 22</b> .....	<b>201</b>
INFLUÊNCIA DO FILTRO DE <i>WIENER</i> NO REALCE DE CONTRASTE DE IMAGENS MAMOGRÁFICAS USANDO FUNÇÃO SIGMOID	
Michele Fúlvia Angelo Thalita Villaron Lima Talita Conte Granado Ana Claudia Patrocínio	
<b>DOI 10.22533/at.ed.38419160122</b>	
<b>CAPÍTULO 23</b> .....	<b>212</b>
MODELAGEM E IMPLEMENTAÇÃO DE BANCO DE DADOS PARA O GERENCIAMENTO DE PROPOSTAS EM INOVAÇÃO TECNOLÓGICA EM SAÚDE	
Lígia Reis Nóbrega Adriano de Oliveira Andrade Selma Terezinha Milagre	
<b>DOI 10.22533/at.ed.38419160123</b>	



**CAPÍTULO 24 ..... 219**

DETECÇÃO DE RESPOSTAS AUDITIVAS EM REGIME PERMANENTE USANDO COERÊNCIA MÚLTIPLA: OBTENÇÃO DE CONJUNTO ÓTIMO DE ELETRODOS PARA APLICAÇÃO ONLINE

Felipe Antunes  
Glaucia de Moraes Silva  
Brenda Ferreira da Silva Eloi  
Leonardo Bonato Felix

**DOI 10.22533/at.ed.38419160124**

**CAPÍTULO 25 ..... 227**

PRÓTESE DE MEMBRO INFERIOR EM FIBRA DE CARBONO PARA USO COTIDIANO E LEVES EXERCÍCIOS

César Nunes Giracca  
Tiago Moreno Volkmer

**DOI 10.22533/at.ed.38419160125**

**CAPÍTULO 26 ..... 238**

RECONSTRUÇÃO DE IMAGEM DE TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA POR FEIXE DE PRÓTONS, UTILIZANDO A TRANSFORMADA INVERSA DE RADON, BASEADA EM IMAGENS GERADAS POR SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

Fabrcio Loreni da Silva Cerutti  
Gabriela Hoff  
Marcelo Victor Wüst Zibetti  
Hugo Reuters Schelin  
Valeriy Viktorovich Denyak  
Sergei Anatolyevich Paschuk  
Ivan Evseev  
Leonardo Zanin  
Ediney Milhoretto

**DOI 10.22533/at.ed.38419160126**

**CAPÍTULO 27 ..... 246**

REVITALIZAÇÃO DE PROCESSADORAS AUTOMÁTICAS KODAK M35 X-OMAT PROX PROCESSOR

Fabricio Loreni da Silva Cerutti  
Jesiel Ricardo dos Reis  
Oseas Santos Junior  
Juliana do Carmo Badelli  
Andressa Caron Brey  
Jorge Luis Correia da Silva  
Marcelo Zibetti

**DOI 10.22533/at.ed.38419160127**

**CAPÍTULO 28 ..... 253**

SIMULADOR MATERNO FETAL

Rodrigo Lopes Rezer  
Marcelo Antunes Marciano  
Anderson Alves dos Santos

**DOI 10.22533/at.ed.38419160128**

**CAPÍTULO 29 ..... 262**

UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS (CAE) NA OTIMIZAÇÃO DE PRÓTESES DE MÃO.

Francisco Gilfran Alves Milfont

Luiz Arturo Gómez Malagón

**DOI 10.22533/at.ed.38419160129**

**SOBRE A ORGANIZADORA..... 271**

## HUMAN KNEE SIMULATION USING MULTILAYER PERCEPTRON ARTIFICIAL NEURAL NETWORK

### **Ithallo Junior Alves Guimarães**

Universidade de Brasília (UnB), Faculdade Gama  
(FGA)

Brasília – Distrito Federal

### **Roberto Aguiar Lima**

Universidade de Brasília (UnB), Faculdade Gama  
(FGA)

Brasília – Distrito Federal

### **Vera Regina Fernandes da Silva Marães**

Universidade de Brasília (UnB), Faculdade Gama  
(FGA)

Universidade de Brasília (UnB), Faculdade  
Ceilândia (FCE)

Brasília – Distrito Federal

### **Lourdes Mattos Brasil**

Universidade de Brasília (UnB), Faculdade Gama  
(FGA).

Brasília – Distrito Federal

**ABSTRACT:** This work intends to show the usage of a Multilayer Perceptron Artificial Neural Network (MLP ANN) to simulate the human knee, more precisely, its angular velocities. The MLP was chosen due to its ability to converge in non-linear problems and, so, form more complex separating boundaries for the problems. This is an open source project and its source code is available at [https://github.com/rob-nn/mlp\\_knee](https://github.com/rob-nn/mlp_knee).

**KEYWORDS:** MLP, ANN, Back-propagation.

### 1 | INTRODUCTION

Artificial intelligence techniques are very common in modern days, and are even invisible most of time. They are used from websites, prediction making, cellphones up to medical purposes.

This paper is based on a previous paper (LIMA et al., 2015), which discusses about the use of a Cerebellar Model Articulation Control artificial neural network (CMAC ANN) in order to predict and simulate the behavior of the human knee. Here, the use of Multilayer Perceptron Artificial Neural Network (MLP ANN) is shown in order to simulate its angular velocities. As it suggests, the MLP comes from the perceptron, which, according to Begg; Lai; Palaniswami (2008), mimics the basics of mammalian visual system and is an example of the simplest feedforward network, consisting of a single neuron. MLPs consist of at least three different layers of perceptrons, input layer, hidden layer and output layer.

The MLP is used due to the fact that the single perceptron cannot converge for non-linearly separable problems (BEGG; LAI; PALANISWAMI, 2008). It has some features that, according to Haykin (2008) should be highlighted, such as: the existence of one or more hidden layers from both input and output

nodes; the fact that all the neurons contain a non-linear differentiable function and the high degree of connectivity present in this network (“fully connected”, each node in all the layers is connected to all nodes in the next layer (BEGG; LAI; PALANISWAMI, 2008)). The MLP shown in this paper uses the back-propagation algorithm to set the weights of its nodes accordingly to the data fed into the network. This algorithm has its name because the computation of the error goes from the output layer back to the first hidden layer (NG, 2016), the input does not enter in the calculation as it is just the features observed on the training set (NG, 2016).

Thus, it can be seen as a very important machine learning technique which may be used in applications of biomedical engineering, such as developing better and more precise active prostheses that would improve life quality for the ones that depend on them.

## 2 | MATERIALS AND METHODS

The methods and materials for this paper were based in Lima et al. (2015) and it comes as modified version of it. The Figure 1 was modified from Lima et al. (2015) and shows the steps for the simulation suggested.

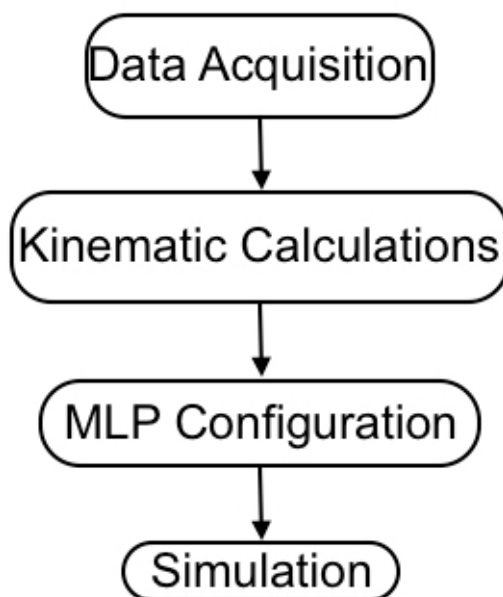


Figure 1: Steps for the simulation process.

**Data Acquisition** – The data used to train the MLP was obtained from a subject in the Human Performance Laboratory at Faculty UnB-Ceilândia. According to Lima et al. (2015), the data was acquired using twelve cameras (Qualisys Oqus MRI), passive body markers and the Qualisys QTM 3.2 software package. Motion capture techniques were used here to obtain the data. A healthy female subject was selected and she repeated a walk of about five second for five times. The markers used were distributed along 40 positions on the inferior limbs of the subject. The data generated comes

from one of the walks and had its beginning and ending cut in order to constitute a comfortable gait cycle (LIMA et al., 2015).

The data acquisition process was approved by the Health Faculty Ethics Committee from UnB, protocol N11911/12 (LIMA et al., 2015).

**Kinematic Calculations** – Octave was used on the computation processes. The data from the Qualisys QTM was exported to the MATLAB format, as it is possible (QUALISYS, 2016). MATLAB files can be read by Octave, as they are mostly compatible (GNU OCTAVE, 2016).

Equation (1) shows how to obtain the angles (LARSON and EDWARDS, 2010).

$$\theta = \cos^{-1} \left( \frac{u \cdot v}{\|u\| \|v\|} \right) \quad (1)$$

The angles came from malleolus, knee and trochanter from both legs. Then, the knee was set as origin of the system and the relative positions of the other elements were calculated. After this, the angles could be calculated using (1). Calculations were done separately for each limb.

The velocities and angular velocities were calculated, respectively, by the difference of an angle and its predecessor and the position in the space and its predecessor divided by a time  $t$ . The time  $t$  is fixed and given by the time between samples. For this case, as the sampling rate was 60 frames per second, so,  $t$  is about 17 milliseconds.

Angular accelerations were calculated using a similar fashion.

**MPL Configuration** – Nine input signals were used in order to predict one output signal. The used signals were the angular velocities, angles and angular accelerations from the left knee and the velocities from both knees (composed of three velocities for the planes x, y and z each).

The output signal (predicted one) was the angular velocities from the right knee. The implemented MLP use biases and is composed of two hidden layers of forty elements each, one input layer and one output layer, summing up four layers, these parameters were set based on a trial and error basis. This is a feedforward trained using the back-propagation algorithm. It used the hyperbolic tangent function, shown in (2), as activation function (BRASIL; AZEVEDO; LIMÃO, 2000).

$$\tanh x = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}} \quad (2)$$

The learning parameters (learning rate and momentum constant (HAYKIN, S., 2008)) were set using an external code to generate random number in a range between 0 and 1. Then the numbers were passed to the network and tried, the best fitted ones (the ones with the least error) were selected. This process was repeated

for several times and resulted in the following values for learning rate and momentum (respectively) 0.043142 and 0.0033804.

The error function for this problem is given by the cost function. The cost function is said by Ng (2016) to be a generalization of the one used for linear regression.

**Simulation Details** – In order to implement this simulation, the Octave software was used. Octave is a high-level interpreted language primed for numerical computations and it comes as free software (GNU OCTAVE, 2016).

A MacBook Pro (mid 2014) running OS X El Capitan (version 10.11.5), processor 2.8 GHz Intel Core i5, RAM 8 GB was used to run the code, using Octave 4.0.0.

The data gotten from the subject is depicted below on Figure 2. This figure was generated from the data obtained from the subject by the software developed by Lima (2015). Its parameters and separations were based on the work of Perry and Burnfield (2010).

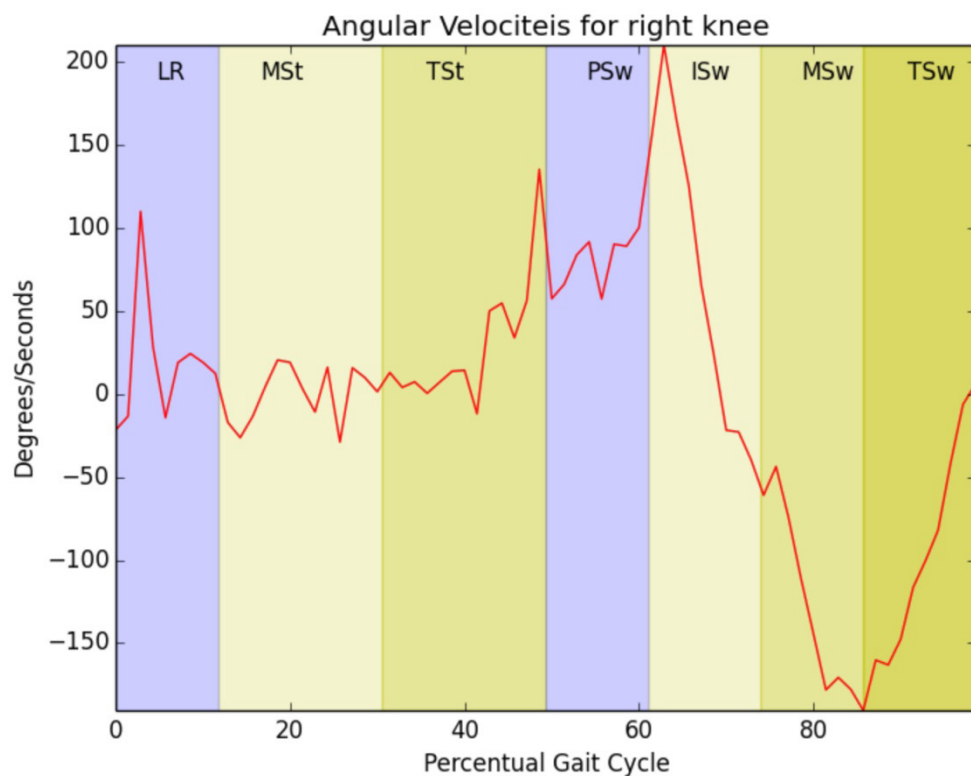


Figure 2: Angular velocities for the right knee of the subject.

Not all data gotten were used to train the network. After filtering the data that would be used as input (nine signals that were mentioned before), a process samples randomly about sixty percent of the original data and passes it to the network for training. After the training, the remaining forty percent is passed to the network to plot the results and it is plotted alongside with that. Therefore, each time the network is trained it uses different data. Results shown here were made using this procedure.

The initial weights were set randomly in a range from -0.2 to 0.2.

The code was set to run for 200 iterations before its results were plotted. Two

plots were generated; one that shows the error decreasing across the iterations and another for results, showing the predicted data (output of the neural network) and the randomly sampled data.

### 3 | RESULTS

The code developed was used to predict the angular velocities of a knee, based on its velocities and the data from the contralateral knee. The Figure 3 shows how the error decreases across the generations for the MLP. Figure 4 shows the desired output compared to the obtained one. The results were obtained for one patient and came from a small amount of initial data, considering that the original data were separated into two parts, one for training and another to get the results shown, these results can be considered relevant.

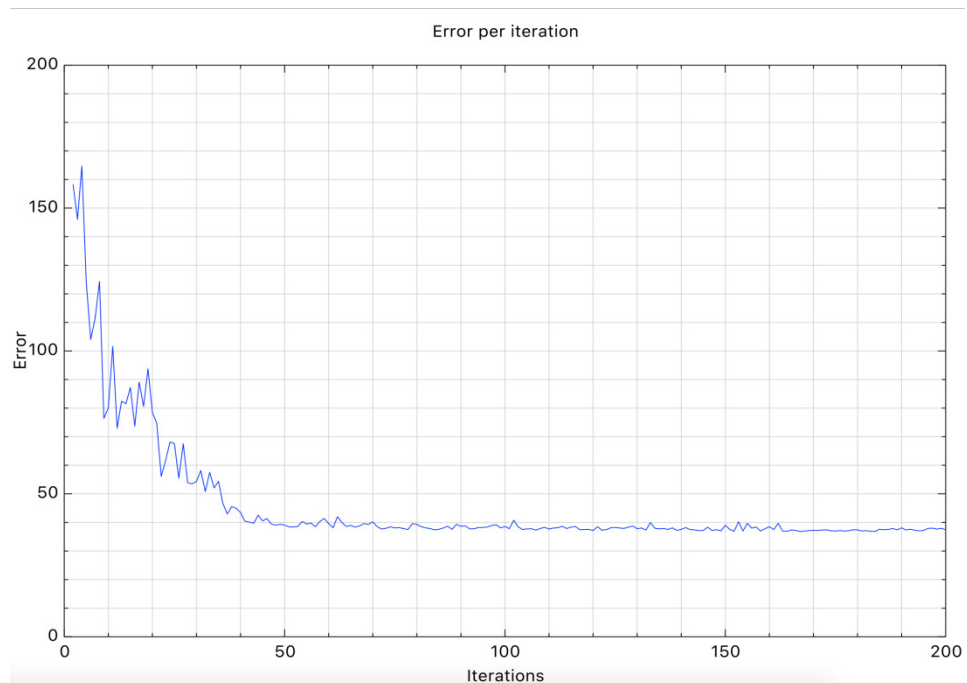


Figure 3: Error decreasing as the number of iterations increase.

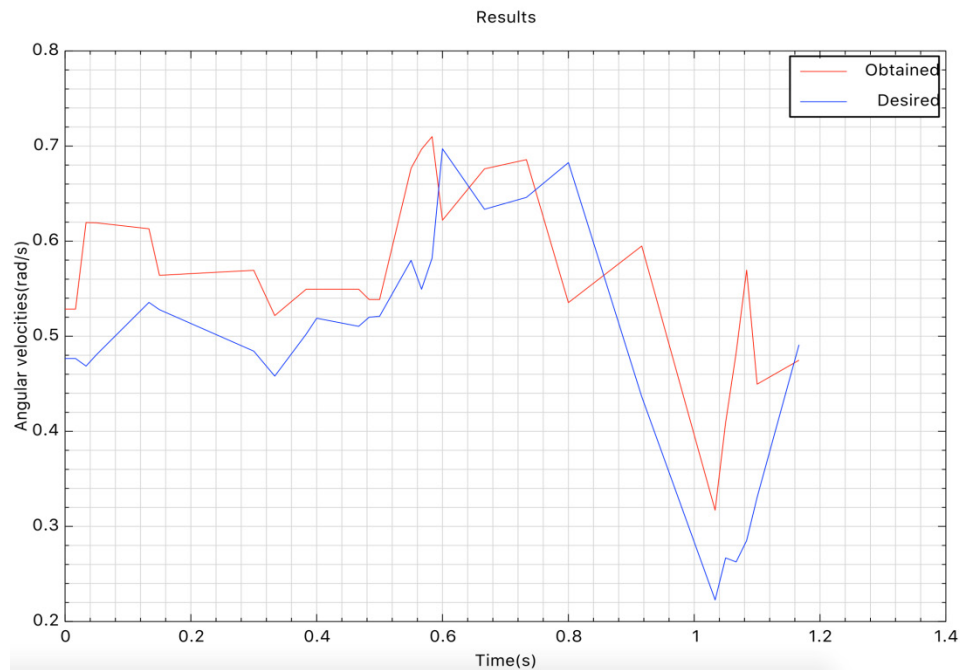


Figure 4: Results from the network.

## 4 | DISCUSSION

Figure 2, which shows the plot for angular velocities from the right knee of the subject using all the data can be compared to the plot on Figure 4. They show to be, somehow, different, it happens due to the fact that the training set of the network was a sample of the data gotten from the patient, as afore mentioned.

The results could be improved using bigger amounts of data (for instance, a greater sampling rate, a greater number of subjects, etc.) and it should be done for future works. Convergence of the ANN can be seen as it uses different data for training and obtaining results.

This work opens up possibilities for real world applications such as powered prosthesis and software for gait analysis. The technique could be used in order to get similar results as the ones gotten by MIT on its world's first powered ankle-foot prosthesis (MIT MEDIA LABORATORY, 2016).

There is a current project on developing a powered transfemoral prosthesis which the authors take part and it has MLP ANN as one of possible techniques to be used.

In practical perspective of building prosthesis, the usage of the data afore mentioned implies in putting sensors on the knees, which might have a high level of annoyance for the patient. Data from others inputs, such as from electromyography or from pressure sensors for instance, could have been used in order to achieve the obtained results, but they were not available at the time this paper was written.



## 5 | CONCLUSION

This paper showed the usage of MLP ANN in order to predict the angular velocities of a human knee. The results obtained from the ANN are alike the real ones, although, many differences can be seen.

The software developed while this paper was written is open source and given under the terms of the MIT License (MIT) (OPEN SOURCE INITIATIVE, 2016) to anyone who wishes to use it. The source code is available at [https://github.com/rob-nn/mlp\\_knee](https://github.com/rob-nn/mlp_knee).

This work has to continue in order to improve its results, getting closer to the real signal, using less input signals, using another input signals or even developing a real world application such as software for gait analysis or even powered prosthesis with this model of ANN.

## 6 | ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to thank LIS from FGA-UnB, the Human Movement Laboratory of FCE-UnB for the resources given and also the Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal (FAPDF), the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), and the Universidade de Brasília (UnB) for the financial support.

## REFERENCES

LIMA, R.A. et al. **Human Knee Simulation Using CMAM ANN**. In: Jaffray D. (eds) World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering, June 7-12, 2015, Toronto, Canada. *IFMBE Proceedings...*, vol 51. Springer, 2015.p.1159-1162.

BEGG, R.; LAI, T.H.D.; PALANISWAMI, M. **Computational Intelligence in Biomedical Engineering**. New York: CRC Press, 2008.

HAYKIN, S. **Neural Networks and Learning Machines**. 3rd ed. New York: Pearson Prentice Hall, 2008.

NG, A. **Machine learning by Stanford University**. Available on: <<https://www.coursera.org/learn/machine-learning/home/week/5>>. Access on April 2016.

QUALISYS. **Qualisys Track Manager: User friendly mocap software**. Available on: <<http://www.qualisys.com/software/qualisys-track-manager/>>. Access on April 2016.

GNU OCTAVE. **About GNU Octave**. Available on: <<https://www.gnu.org/software/octave/about.html>>. Access on April 2016.

LARSON, R.; EDWARDS, B.H. **Multivariable Calculus**. 9th ed. Belmont: Brooks/cole, 2010.

BRASIL, L.M.; AZEVEDO, F.M. de ; LIMÃO, R.C.O. **Redes Neurais com Aplicações em Controle e em Sistemas Especialistas**. 1. ed. Florianópolis - SC: Bookstore Livraria Ltda., 2000.

LIMA, R.A. *Implementando Um Software Como Serviço Para Análise E Simulação De Marcha Humana*. 2015. 101p. MSc dissertation - University of Brasilia (UnB), Gama, 2015.

PERRY J.; BURNFIELD J.M. **Gait Analysis: Normal and Pathological Function**. 2nd ed. Thorofare: SLACK Incorporated, 2010.

OPEN SOURCE INITIATIVE. **The MIT License (MIT)**. Available on: <<https://opensource.org/licenses/MIT>>. Access on April 2016.

MIT MEDIA LABORATORY. **World's First Powered Ankle-Foot Prosthesis Developed by the MIT Media Lab**. Available on: <<http://www.media.mit.edu/press/ankle/anklefoot-bg.pdf>>. Access on July 2016.

## **SOBRE A ORGANIZADORA**

**CHRISTIANE TREVISAN SLIVINSKI** Possui Graduação em Licenciatura em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (2000), Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (2007) e Doutorado em Ciências - Bioquímica pela Universidade Federal do Paraná (2012). Tem experiência na área de Bioquímica, com ênfase em Biotecnologia, atuando principalmente nos seguintes temas: inibição enzimática; fermentação em estado sólido; produção, caracterização bioquímica e purificação de proteínas (enzimas); e uso de resíduo agroindustrial para produção de biomoléculas (biossurfactantes). É professora na Universidade Estadual de Ponta Grossa nas disciplinas de Bioquímica e Química Geral desde 2006, lecionando para os cursos de Bacharelado e Licenciatura em Ciências Biológicas, Farmácia, Educação Física, Enfermagem, Odontologia, Química, Zootecnia, Agronomia, Engenharia de Alimentos. Também leciona no Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais – CESCAGE desde 2012 para os cursos de Fisioterapia, Odontologia, Farmácia, Nutrição, Enfermagem e Agronomia, nas disciplinas de Bioquímica, Fisiologia, Biomorfologia, Genética, Metodologia Científica, Microbiologia de Alimentos, Nutrição Normal, Trabalho de Conclusão de Curso e Tecnologia de Produtos Agropecuários. Leciona nas Faculdades UNOPAR desde 2015 para o curso de Enfermagem nas disciplinas de Ciências Celulares e Moleculares, Microbiologia e Imunologia.

Agência Brasileira do ISBN

ISBN 978-85-7247-038-4



9 788572 470384