

## RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 09/02/2020.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA

Rodrigo Antonio Ezias Grassi

**Desenvolvimento de um dispositivo para avaliação  
objetiva da expansão do casco do equino à locomoção**

Botucatu/SP  
Fevereiro de 2018

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA

Rodrigo Antonio Ezias Grassi

## **Desenvolvimento de um dispositivo para avaliação objetiva da expansão do casco do equino à locomoção**

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências, Campus de Botucatu, UNESP, em preenchimento parcial dos requisitos para a obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia.

Área de Concentração: Biotecnologia

Orientador: Prof. Dr. José Luiz Rybarczyk Filho

Co-Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Hussni

Botucatu/SP  
Fevereiro de 2018

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.  
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU - UNESP  
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSANGELA APARECIDA LOBO-CRB 8/7500

Grassi, Rodrigo Antonio Ezias.

Desenvolvimento de um dispositivo para avaliação objetiva da expansão do casco do equino à locomoção / Rodrigo Antonio Ezias Grassi. - Botucatu, 2018

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Instituto de Biociências de Botucatu

Orientador: José Luiz Rybarczyk Filho

Coorientador: Carlos Alberto Hussni

Capes: 90000005

1. Locomoção animal. 2. Cavalo - Passos, andamento, etc. 3. Casco de animais. 4. Arduíno (Controlador programável). 5. Detectores.

Palavras-chave: arduino; casco; cavalo; expansão; sensor flexível.

# Agradecimentos

- Início os agradecimentos com Professor Doutor José Luiz Rybarczyk Filho, que aceitou o desafio deste trabalho e caminhou sempre ao meu lado, fazendo seu papel de orientador de forma extraordinária;
- Continuo com o Professor Doutor Carlos Alberto Hussni, que trouxe à luz o tema desse trabalho e com todo seu conhecimento e sabedoria indicou o caminho com precisão para chegarmos ao final com sucesso;
- Um agradecimento muito especial e cheio de gratidão aos meus pais José Antonio Grassi e Claudete Ezias Grassi (em memória) que sem eles nada disso seria possível, agradeço a educação, o amor e tudo que fizeram por mim, não há palavras que eu possa colocar aqui que expresse meus sentimentos, amo muito vocês;
- Ao meu irmão Renato, que sempre me apoia e incentiva em novos desafios da vida, este foi mais um;
- A minha família, tios, tias, primos, primas, sogro e sogra os quais devo minhas desculpas pela ausência durante o período de estudos;
- Se não fosse o Guilherme Creste a trilhar o caminho de ingresso ao mestrado e me incentivar a fazê-lo, talvez não teria nem começado, obrigado.
- Uma prova que um trabalho como esse é fruto de vários esforços aqui agradeço ao Juliano Otoni e Samuel Trautvein, que seus conhecimentos e seus esforços em me ajudar, foram essenciais ao sucesso do trabalho;
- Não posso deixar de agradecer uma pessoa ímpar em minha vida, que me ensina muito, que ajuda a carregar o fardo pesado da vida de forma a torna-la mais fácil, por sua paciência, compreensão, incentivo e carinho, te amo Thais;
- Também agradeço a FMVZ, aos funcionários da Diretoria de Informática e em especial ao Thiago Hilário que de forma única supriu meus momentos de ausência;
- Gostaria de agradecer também os amigos Rafael Rios, Chico Pupo e Cesar Leme;
- E por fim, segundo minha crença, gostaria de agradecer a Deus pelo o que sou.

## Resumo

O cavalo (*Equus caballus*) sofreu mudanças evolutivas do *Eohippus* com adaptações na locomoção para andamentos em diferentes velocidades. Em semelhança a outros ungulados a porção distal dos equinos é protegido pelo casco. O casco é estrutura córnea complexa que tem relação direta à saúde destes animais, é a parte protetora estrutural e funcional do sistema locomotor do equino, e tem ação direta sobre o retorno sanguíneo dos membros ao coração. Ao apoiar o casco sobre o solo, o animal pressiona as estruturas podais que promovem a expansão medial e lateral do casco. Considerando tais alterações no formato do casco nos momentos de apoio e elevação durante a locomoção, apresenta-se um sistema físico de precisão que analisa objetivamente a deformação dos cascos durante a locomoção, estabelecendo-se uma avaliação física e matemática das mudanças do formato do casco à locomoção. Foi desenvolvida uma placa de circuito impresso para se encaixar na plataforma embarcada Arduino (*shield*), esse dispositivo faz o processamento dos sinais adquiridos pelos sensores fixados nos cascos, e os enviam a um computador com uma taxa de amostragem a 200 Hz. Um software escrito na linguagem de programação Python recebe os dados, exhibe-os em tempo real e os armazenam em arquivos para análises. Para realizar o teste *in vitro* foi criado um protótipo de um casco em PVC. Os testes *in vivo* foram feitos em quatro animais, o quais foram conduzidos em dois tipos diferentes de solo (asfalto e grama). O resultado demonstrou e comprovou o funcionamento do equipamento, possibilitou mapear a deformação estrutural dos quatro cascos simultaneamente durante a locomoção do animal, tornou possível a dedução da forma em que o animal exerce o peso sobre o membro ao apoiá-lo ao solo.

## Abstract

The horse (*Equus caballus*) underwent evolutionary changes of *Eohippus* with adaptations in locomotion for different speeds. In similarity to other angulated distal equine is protected by the hoof. The hoof is a complex cornea structure that is directly related to the health of these animals, it is the structural and functional protective part of the equine locomotor system, and has direct action on the blood return of the limbs to the heart. By supporting the hoof on the ground, the animal presses the foot structures that promote the medial and lateral expansion of the hoof. Considering such changes in the shape of the hoof during moments of support and elevation during locomotion, a physical precision system is presented that objectively analyzes the deformation of the hooves during the locomotion, establishing a physical and mathematical evaluation of the changes of the shape of the hoof to locomotion. A printed circuit board was developed to fit the Arduino embedded platform (shield), this device processes the signals acquired by the sensors attached to the hooves and sends them to a computer with a sampling rate of 200 Hz. Software written in the Python programming language receives the data, displays it in real time, and stores it in files for analysis. For the in vitro test a prototype of a PVC hoof was created. In vivo tests were performed on four animals, which were conducted on two different types of soil (asphalt and grass). The result demonstrated and proved the operation of the equipment, made it possible to map the structural deformation of the four hooves simultaneously during the locomotion of the animal, made it possible to deduce the way in which the animal exerts weight on the limb by supporting it to the ground.

# Lista de ilustrações

Figura 1 – Evolução da região distal do equino, que reduz de cinco dígitos (A - Phenacodus) para um dígito (H - Equus), durante o processo evolutivo os demais dígitos perdem o contato com o solo e se atrofiam. . . . .	3
Figura 2 – A Comparação entre a mão humana e o membro do equino demonstra que o cavalo possui o terceiro dígito funcional. Onde: P1 - primeira falange ; P2 -segunda flange ; P3 - terceira falange; MC2 - segundo metacarpo e MC3 - terceiro metacarpo . . . . .	3
Figura 3 – Regiões da parte inferior do casco do cavalo . . . . .	5
Figura 4 – Regiões da parede do casco, em verde <b>P</b> - região da pinça, em amarelo <b>Q</b> - região dos quartos e em vermelho <b>T</b> - região dos talões . . . . .	5
Figura 5 – Produtos oficiais do arduino separados por finalidades . . . . .	7
Figura 6 – Arduino modelo UNO, com suas portas destacadas. Em vermelho são as portas digitais, o símbolo “~” indica quais portas digitais podem ser usadas com o PWN, em verde são as portas analógicas e em amarelo as portas de comunicação serial, sendo RX Recepção e TX transmissão. . . . .	9
Figura 7 – Funcionamento do <i>Pulse Widht Modulation</i> no Arduino . . . . .	10
Figura 8 – Fluxograma de funcionamento do dispositivo. 1 fixação dos sensores, 2 -funcionamento do sensor, 3 transferência de dados ao computador, 4 exibição dos dados . . . . .	15
Figura 9 – Arduino LiLyPad . . . . .	16
Figura 10 – Arduino modelo Mega . . . . .	17
Figura 11 – A) Sensor flexível; B) Funcionamento do sensor . . . . .	18
Figura 12 – Circuito integrado LM324 . . . . .	18
Figura 13 – Funcionamento interno do cirucuito LM324 . . . . .	18
Figura 14 – Posicionamento dos sensores junto ao casco do animal, foi adotado a nomenclatura seguindo um padrão sendo: torácicos (t) e pélvicos (p), direito (d) e esquerdo (e), e o local de fixação medial (m), lateral (l) e pinça (p) . . . . .	21
Figura 15 – <i>Shield</i> criado para o Arduino Mega, no qual é ligado os sensores flexíveis. Ele obtém os sinais dos sensores, os amplificam e encaminham para o computador. . . . .	23
Figura 16 – Circuito criado para cada sensor do dispositivo; <b>R</b> - resistor, <b>AmpOp</b> - amplificador operacional, <b>GND</b> - aterramento do circuito . . . . .	23
Figura 17 – <i>Shield</i> de prototipagem para o Arduino Mega . . . . .	25
Figura 18 – Circuito montado no <i>shield</i> de prototipagem . . . . .	25

Figura 19 – <i>Shield</i> criado com o circuito impresso em uma placa de fenolite, que recebe os sinais registrados pelos dos sensores flexíveis e os amplificam.	26
Figura 20 – Montagem do protótipo do casco em PVC, onde A separa 1/4 do fragmento, B divide ao meio, C abertura do elo e D é a junção das partes A B e C . . . . .	27
Figura 21 – Protótipo do casco em PVC. <b>A</b> - região com 3 camadas, <b>B</b> - regiões com 2 camadas e <b>C</b> - regiões com uma camada. . . . .	27
Figura 22 – Sinal do sensor lateral 1 monitorado durante teste com diferentes cargas	28
Figura 23 – Sinal do sensor lateral 2 monitorado durante teste com diferentes cargas	29
Figura 24 – Sinal do sensor central monitorado durante teste com diferentes cargas	29
Figura 25 – Distribuição dos valores registrados pelos sensores durante o teste . . .	30
Figura 26 – O dispositivo acomodado no animal na bolsa em azul de onde são ligados os sensores através de cabos espirais. . . . .	31
Figura 27 – Fixação dos sensores nos cascos torácicos . . . . .	31
Figura 28 – Imagem ampliada dos sensores no casco torácico . . . . .	31
Figura 29 – Fragmento do traçado do sensor torácico medial esquerdo do cavalo C1 na grama. (A) Momento de apoio e (B) momento de elevação do casco.	32
Figura 30 – Traçado dos sinais registrados pelos sensores dos membros torácicos do animal C1 no piso de asfalto. . . . .	33
Figura 31 – Traçado dos sinais registrados pelos sensores dos membros pélvicos do animal C1 no piso de asfalto. . . . .	33
Figura 32 – Distribuição dos valores registrados pelo C1 durante a coleta do piso de asfalto . . . . .	34
Figura 33 – Traçado dos sinais registrados pelos sensores dos membros torácicos do animal C2 no piso de asfalto. . . . .	35
Figura 34 – Traçado dos sinais registrados pelos sensores dos membros pélvicos do animal C2 no piso de asfalto. . . . .	35
Figura 35 – Distribuição dos valores registrados pelo C2 durante a coleta do piso de asfalto . . . . .	36
Figura 36 – Traçado dos sinais registrados pelos sensores dos membros torácicos do animal C3 no piso de asfalto. . . . .	37
Figura 37 – Traçado dos sinais registrados pelos sensores dos membros pélvicos do animal C3 no piso de asfalto. . . . .	37
Figura 38 – Distribuição dos valores registrados pelo C3 durante a coleta do piso de asfalto . . . . .	38
Figura 39 – Traçado dos sinais registrados pelos sensores dos membros torácicos do animal C4 no piso de asfalto. . . . .	39
Figura 40 – Traçado dos sinais registrados pelos sensores dos membros pélvicos do animal C4 no piso de asfalto. . . . .	39

Figura 41 – Distribuição dos valores registrados pelo C4 durante a coleta do piso de asfalto . . . . .	40
Figura 42 – Traçado dos sinais registrados pelos sensores dos membros torácicos do animal C1 no piso de grama. . . . .	41
Figura 43 – Traçado dos sinais registrados pelos sensores dos membros pélvicos do animal C1 no piso de grama. . . . .	41
Figura 44 – Distribuição dos valores registrados pelo C1 durante a coleta do piso de grama . . . . .	42
Figura 45 – Traçado dos sinais registrados pelos sensores dos membros torácicos do animal C2 no piso de grama. . . . .	43
Figura 46 – Traçado dos sinais registrados pelos sensores dos membros pélvicos do animal C2 no piso de grama. . . . .	43
Figura 47 – Distribuição dos valores registrados pelo C2 durante a coleta do piso de grama . . . . .	44
Figura 48 – Traçado dos sinais registrados pelos sensores dos membros torácicos do animal C3 no piso de grama. . . . .	45
Figura 49 – Traçado dos sinais registrados pelos sensores dos membros pélvicos do animal C3 no piso de grama. . . . .	45
Figura 50 – Distribuição dos valores registrados pelo C3 durante a coleta do piso de grama . . . . .	46
Figura 51 – Traçado dos sinais registrados pelos sensores dos membros torácicos do animal C4 no piso de grama. . . . .	47
Figura 52 – Traçado dos sinais registrados pelos sensores dos membros pélvicos do animal C4 no piso de grama. . . . .	47
Figura 53 – Distribuição dos valores registrados pelo C4 durante a coleta do piso de grama . . . . .	48
Figura 54 – Traçado do pônei com ferradura velocidade de trote trabalho Colles, channel 1 deformação do casco, channel 2 deformação vertical do casco, channel 3 deformação vertical da pinça. "A"momento aplicado a pressão, "B"momento que a pressão é sessada . . . . .	50

# Lista de tabelas

Tabela 1 – Relação de animais usados para coleta . . . . .	20
Tabela 2 – Distribuição dos valores registrados durante o teste <i>in vitro</i> . . . . .	30
Tabela 3 – Distribuição dos valores registrados do animal C1 durante a coleta no asfalto . . . . .	34
Tabela 4 – Distribuição dos valores registrados do animal C2 durante a coleta no asfalto . . . . .	36
Tabela 5 – Distribuição dos valores registrados do animal C3 durante a coleta no asfalto . . . . .	38
Tabela 6 – Distribuição dos valores registrados do animal C4 durante a coleta no asfalto . . . . .	40
Tabela 7 – Distribuição dos valores registrados do animal C1 durante a coleta na grama . . . . .	42
Tabela 8 – Distribuição dos valores registrados do animal C2 durante a coleta na grama . . . . .	44
Tabela 9 – Distribuição dos Valores registrados do animal C3 durante a coleta na grama . . . . .	46
Tabela 10 – Distribuição dos valores registrados do animal C4 durante a coleta na grama . . . . .	48

# Sumário

	Lista de ilustrações . . . . .	vii
	Lista de tabelas . . . . .	x
	Sumário . . . . .	1
1	<b>INTRODUÇÃO</b> . . . . .	2
1.1	Evolução podal do equino . . . . .	2
1.2	Casco do equino . . . . .	4
1.3	Biomecânica do casco . . . . .	5
1.4	Controlador programável Arduino . . . . .	6
1.5	<i>Wearebles</i> . . . . .	11
1.6	Justificativa . . . . .	12
2	<b>OBJETIVOS</b> . . . . .	13
3	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> . . . . .	14
3.1	<i>Workflow</i> . . . . .	14
3.2	Arduino . . . . .	15
3.3	Sensor Flexível . . . . .	17
3.4	Amplificador Operacional . . . . .	18
3.5	Programação . . . . .	19
3.6	Programas Utilizados . . . . .	19
3.7	Amostra . . . . .	20
3.8	Nomenclaturas . . . . .	20
4	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> . . . . .	22
4.1	O dispositivo . . . . .	22
4.2	Circuito . . . . .	23
4.3	Teste <i>in vitro</i> . . . . .	26
4.4	Teste <i>in vivo</i> . . . . .	30
4.5	Coleta no piso de asfalto . . . . .	32
4.6	Coleta no piso de grama . . . . .	40
4.7	Discussão . . . . .	48
5	<b>CONCLUSÃO</b> . . . . .	52
	<b>REFERÊNCIAS</b> . . . . .	53

# 1 Introdução

## 1.1 Evolução podal do equino

O cavalo, do latim *Equus caballus*, é um animal herbívoro que possui o terceiro dígito funcional e unglado. Sua história evolutiva é descrita há tempos pela paleontologia dos vertebrados, inicia-se entre 60 a 45 milhões de anos atrás, no período conhecido como Eoceno, com seu primeiro ancestral chamado *Hyracotherium*, um animal com o porte de uma lebre, descendente direto *Phenacodus* (o mais primitivo unglado), possuía pernas compridas, quatro dedos nos membros torácicos e três nos membros pélvicos (Matthew 1992, Thewissen 1990).

Os equinos surgiram cerca de 17 milhões de anos atrás, apresentam um único dígito e assim são chamados de monodáctilos (Cintra 2011). Na figura 1 é exibida a evolução do semento distal do equino, que reduziu o número de dígitos de cinco (*Phenacodus*) para um (*Equus*), e para isso houve adaptações para garantir o equilíbrio e a estabilidade do animal. Nos cavalos, a evolução concentrou o peso e o equilíbrio de cada membro em um dígito (o terceiro dígito) e os outros dígitos perderam o contato com o solo tornando o membro distal equino uma estrutura altamente especializada (Floyd e Mansmann 2007, Olsen 2003).

## 5 Conclusão

O resultado final desse trabalho foi a criação de um dispositivo que cumpriu o seu propósito, capturou a deformação do casco durante o movimento do animal e a converteu em sinais digitais para acompanhá-la em tempo real. Do ponto de vista tecnológico, o dispositivo desenvolvido demonstrou ser uma ferramenta em potencial para estudo das variações estruturais naturais do casco durante a locomoção.

Os sinais coletados nos testes permitiram criar traçados gráficos, que auxiliam no entendimento das deformações dos cascos durante a locomoção dos animais. O dispositivo possibilitou criar algumas suposições baseadas nos resultados, tais como: O animal C1 apoia o peso de forma diferente entre os membros torácicos; o animal C2, no piso de grama, teve aproximadamente 1 apoio por segundo e esse animal, nos membros pélvicos, tem um maior apoio nas regiões laterais; o animal C3, na grama, teve o padrão de deformação esperado, pois as regiões de pinça se deformaram menos que as demais; o animal C4 tem uma deformação uniforme entre as regiões dos cascos.

Como citado na discussão, há similaridade entre os resultados do trabalho de Colles e o presente trabalho.

Com algumas melhorias é possível torná-lo em um produto comercializável, transformando o dispositivo em uma ferramenta de auxílio a diagnósticos de enfermidades podais, que também é passível de ser utilizada no monitoramento da recuperação de tais enfermidades.

Essa ferramenta possibilitaria quantificar e qualificar os trabalhos de ferrageadores e casqueadores. Também auxiliaria nos estudos sobre o comportamento da deformação estrutural do casco.

# Referências

- Andrade 1986 ANDRADE, L. O condicionamento do equino no brasil. *Recife: Equicenter*, p. 201, 1986.
- Arduino 2016 ARDUINO, H. Disponível em:< <http://www.arduino.cc/>>. *Acesso realizado em: Mar, 2016.*
- Atmel 2014 ATMEL. *DataSheet - Atmel ATmega640, V-1280, V-1281, V-2560, V-2561.* 2549q. ed. [S.l.], 2014.
- Atom 2016 ATOM, A. h. t. e. Disponível em:< <https://atom.io/docs> >. *Acesso realizado em: Mar, 2016.*
- Balch, Butler e Collier 1997 BALCH, O.; BUTLER, D.; COLLIER, M. Balancing the normal foot: hoof preparation, shoe fit and shoe modification in the performance horse. *Equine Veterinary Education*, Wiley Online Library, v. 9, n. 3, p. 143–154, 1997.
- Bertram e Gosline 1987 BERTRAM, J.; GOSLINE, J. Functional design of horse hoof keratin: the modulation of mechanical properties through hydration effects. *Journal of Experimental Biology*, The Company of Biologists Ltd, v. 130, n. 1, p. 121–136, 1987.
- Bonfiglio e Rossi 2011 BONFIGLIO, A.; ROSSI, D. D. *Wearable Monitoring Systems.* [S.l.]: Springer, 2011.
- Borges 2014 BORGES, L. E. *Python para Desenvolvedores: Aborda Python 3.3.* [S.l.]: Novatec Editora, 2014.
- Budras, Sack e Rock 2003 BUDRAS, K.-D.; SACK, W. O.; ROCK, S. *Anatomy of the horse: an illustrated text.* [S.l.]: Schlütersche, 2003.
- Cintra 2011 CINTRA, A. G. d. C. O cavalo: características, manejo e alimentação. *São Paulo: Roca*, 2011.
- Colles 1989 COLLES, C. A technique for assessing hoof function in the horse. *Equine veterinary journal*, Wiley Online Library, v. 21, n. 1, p. 17–22, 1989.
- Debian DEBIAN, R. Manual do usuário pós-instalação muito compreensível–rede: <http://www.debian.org/doc/manuals/debian-reference/>–pacote: debian-reference-pt-br–arquivo: file. *usr/share/doc/Debian/reference.*
- Denoix 1994 DENOIX, J.-M. Functional anatomy of tendons and ligaments in the distal limbs (manus and pes). *The Veterinary Clinics of North America. Equine Practice*, v. 10, n. 2, p. 273, 1994.
- Doughty, Cameron e Garner 1996 DOUGHTY, K.; CAMERON, K.; GARNER, P. Three generations of telecare of the elderly. *Journal of Telemedicine and Telecare*, SAGE Publications Sage UK: London, England, v. 2, n. 2, p. 71–80, 1996.
- Floyd e Mansmann 2007 FLOYD, A.; MANSMANN, R. *Equine Podiatry-E-Book.* [S.l.]: Elsevier Health Sciences, 2007.

- GNU 2004 GNU, G. P. L. Disponível em:< <http://www.gnu.org/licenses/gpl.html>>. Acesso em Março 2017, v. 8, 2004.
- Hickman 1977 HICKMAN, J. *Farriery: a complete illustrated guide*. [S.l.]: Allen, 1977.
- Javed 2016 JAVED, A. *Building Arduino Projects for the Internet of Things: Experiments with Real-World Applications*. [S.l.]: Apress, 2016. ISBN 978-1-484219-39-3.
- Kasapi e Gosline 1996 KASAPI, M. A.; GOSLINE, J. M. Strain-rate-dependent mechanical properties of the equine hoof wall. *Journal of experimental biology*, The Company of Biologists Ltd, v. 199, n. 5, p. 1133–1146, 1996.
- Leach e Zoerb 1983 LEACH, D.; ZOERB, G. Mechanical properties of equine hoof wall tissue. *American journal of veterinary research*, v. 44, n. 11, p. 2190–2194, 1983.
- Lindström 2007 LINDSTRÖM, J. Security challenges for wearable computing-a case study. In: VDE. *Applied Wearable Computing (IFAWC), 2007 4th International Forum on*. [S.l.], 2007. p. 1–8.
- Matthew 1992 MATTHEW, W. D. The evolution of the horse,. *Horse Breeding and Management*, p. 1–37, 1992.
- McRoberts 2011 MCROBERTS, M. *Arduino básico*. São Paulo: Novatec, 2011.
- Microsoft 2016 MICROSOFT. Visual code studio - disponível em:< <https://atom.io/docs>>. Acesso realizado em: Mar, 2016.
- Moyer e Carter 2007 MOYER, W.; CARTER, G. Diagnostic evaluation of equine foot. FLOYD, AE; MANSMANN, RA *Equine podiatry*. Saint Louis: Saunders, p. 112–127, 2007.
- Noble 2009 NOBLE, J. *Programming Interactivity: A Designer's Guide to Processing, Arduino, and Openframeworks*. 1. ed. [S.l.]: O'Reilly Media, 2009. ISBN 0596154143,9780596154141.
- O'Grady e Poupard 2003 O'GRADY, S. E.; POUPARD, D. A. Proper physiologic horseshoeing. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, Elsevier, v. 19, n. 2, p. 333–351, 2003.
- Olsen 2003 OLSEN, S. L. The exploitation of horses at botai, kazakhstan. *Prehistoric steppe adaptation and the horse*, p. 83–104, 2003.
- Park e Jayaraman 2013 PARK, S.; JAYARAMAN, S. Enhancing the quality of life through wearable technology. *IEEE ENGINEERING IN MEDICINE AND BIOLOGY MAGAZINE*, p. 41–48, MAY/JUN 2013.
- Parks 2003 PARKS, A. Form and function of the equine digit. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, Elsevier, v. 19, n. 2, p. 285–307, 2003.
- Pollitt 1998 POLLITT, C. The anatomy and physiology of the hoof wall. *Equine Veterinary Education*, Wiley Online Library, v. 10, n. 6, p. 318–325, 1998.
- Python PYTHON. *Python Software Foundation*. Acessado em 09-2016. Disponível em: <<https://www.python.org/doc/>>.

- Roepstorff, Johnston e Drevemo 2001 ROEPSTORFF, L.; JOHNSTON, C.; DREVEMO, S. In vivo and in vitro heel expansion in relation to shoeing and frog pressure. *Equine Veterinary Journal*, Wiley Online Library, v. 33, n. S33, p. 54–57, 2001.
- Rowland 2015 ROWLAND, J. The future of wearable healthcare in the veterinary profession. *Veterinary Record*, p. 513–514, November 2015.
- Souza 2013 SOUZA, F. *Arduino - Entradas Analógicas*. 2013. <https://www.embarcados.com.br/arduino-entradas-analogicas/>. Acessado 10-01-2017.
- Souza 2016 SOUZA, F. Arduino - primeiros passos - disponível em:< <https://www.embarcados.com.br/arduino/> >. 2016.
- Spectra-Symbol SPECTRA-SYMBOL. *DataSheet - Flex Sensor Special Edition Lenght*. [S.l.]. REV 2.
- Texas-Instruments TEXAS-INSTRUMENTS. *DataSheet - LM324 Quadruple Operacional Amplifiers*. [S.l.].
- Thewissen 1990 THEWISSEN, J. G. Evolution of paleocene and eocene phenacodontidae (mammalia, condylarthra). Museum of Paleontology, the University of Michigan, 1990.
- Thomason, Biewener e Bertram 1992 THOMASON, J.; BIEWENER, A.; BERTRAM, J. Surface strain on the equine hoof wall in vivo: implications for the material design and functional morphology of the wall. *Journal of Experimental Biology*, The Company of Biologists Ltd, v. 166, n. 1, p. 145–168, 1992.
- Turner e Stork 1989 TURNER, T.; STORK, C. Hoof abnormalities and their relation to lameness. In: *Proceedings of the annual convention of the American Association of Equine Practitioners (USA)*. [S.l.: s.n.], 1989.
- Weishaupt et al. 2010 WEISHAUPT, M. et al. Velocity-dependent changes of time, force and spatial parameters in warmblood horses walking and trotting on a treadmill. *Equine Veterinary Journal*, Wiley Online Library, v. 42, n. s38, p. 530–537, 2010.