

**RAFAELA BOLINELLI GOEDE**

**ANÁLISE CINEMÁTICA DA MARCHA DE RATOS**

Monografia apresentada como requisito parcial para conclusão do Curso de Bacharel em Educação Física, do Departamento de Educação Física, Setor de Ciências Biológicas, da Universidade Federal do Paraná.

**DR. ANDRÉ LUIZ FÉLIX RODACKI**

*A Deus;*

*A minha mãe, possibilitando sempre o realizar/delinear da história da minha vida;*

*Ao meu pai (in memoriam), sempre presente em todas as minhas ações;*

*As minhas irmãs pelo apoio e paciência.*

## AGRADECIMENTOS

Em especial a minha **família** que tão longe e tão perto esta, não podendo deixar de citar as pessoas que mais amo, Rosemari B. Goede, Nilton Goede (*in memorian*), Michela Argauer, Melanie Goede, Bruna Goede, Caetano Goede, Eureka B. Goede e Katrin Goede.

A todos os professores que cruzaram meu caminho, sempre com sugestões e orientações, e em especial ao meu mestre Andre Rodacki, com que tive a oportunidade de trabalhar mais de perto, e ter mais orgulho e admiração. Obrigado pela sua atenção, ética, sabedoria e por sempre estar tão aberto para trocas sempre tão construtivas.

Ao amigo Ricardo Cunha, pela generosa oferta de seu conhecimento na construção do meu, e por ser parte importante deste processo de pesquisa.

A todos os amigos queridos, que participaram de perto ou um pouco distantes dessa minha nova conquista e de toda minha vida. Muito obrigada, sem vocês eu não me reconheço!

Enfim, a todas as pessoas que colaboraram de alguma forma para realização desta pesquisa.

“Não há mais situações estáveis ou permanência que nos interessem, mas sim evoluções, crises e instabilidades”.

Prigogine (1979)

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS .....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE GRÁFICOS.....	ix
RESUMO.....	x
1 INTRODUÇÃO .....	11
2 OBJETIVOS .....	13
2.1 OBJETIVO GERAL.....	13
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	13
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	13
3.1 BIOMECÂNICA E CINEMÁTICA.....	13
3.2 MARCHA.....	13
3.3 A LOCOMOÇÃO QUADRUPEDAL .....	14
3.4 PROCEDIMENTOS.....	17
4 MÉTODOS .....	19
4.1 AMOSTRA.....	19
4.2 MODELO BIOMECÂNICO .....	21
4.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	24
5 RESULTADOS .....	25
6 DISCUSSÃO .....	37
7 CONCLUSÕES .....	39
8 REFERÊNCIAS.....	41

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – PONTOS ANATÔMICOS E ANGULAÇÕES USADAS NO ESTUDO .....	21
TABELA 2 – VARIÁVEIS ANALISADAS SOBRE A MARCHA DE RATOS .....	23
TABELA 3 – COMPRIMENTO A ALTURA DA PASSADA .....	25
TABELA 4 – TEMPO E PORCENTAGEM DO DESLOCAMENTO DA PASSADA E DOS PERÍODOS DE APOIO E BALANÇO DA MARCHA DE RATOS .....	26
TABELA 5 – MÉDIA DA CADÊNCIA EXPRESSA EM CICLOS / MINUTO E SUAS ANÁLISES ESTATÍSTICAS COMO DESVIO PADRÃO, COEFICIENTE DE VARIABILIDADE E TESTE W .....	27
TABELA 6 – MÉDIA DA ALTURA MÁXIMA E MÍNIMA DO DESLOCAMENTO LINEAR NO EIXO Y DO MEATO AUDITIVO PARA CADA RATO E SUAS VARIÁVEIS ESTATÍSTICAS .....	28
TABELA 7 – TABELA 6- PICOS MÁXIMOS E MÍNIMOS, SUAS VARIÁVEIS ESTATÍSTICAS E TESTE W DAS VELOCIDADES ANGULARES DAS ARTICULAÇÕES .....	29
TABELA 8 – MÉDIA DOS PICOS DE FLEXÃO E EXTENSÃO ANGULARES.....	36

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – POSSIBILIDADES DE MOMENTOS DE APOIO DOS MEMBROS SOBRE O SOLO EM UMA DEAMBULAÇÃO DE UM ANIMAL QUADRÚPEDE (FONTE: BACK, 1986) .....	16
FIGURA 2 – SETUP DO TÚNEL PARA ANÁLISE CINEMÁTICA DA DEAMBULAÇÃO DOS SUJEITOS .....	20
FIGURA 3 – ESQUELETO DE UM RATO E OS PONTOS ANATÔMICOS USADOS NESTE ESTUDO (FONTE: COBEA, 2005).....	21
FIGURA 4 – REPRESENTAÇÃO DAS FASES DE APOIO E BALANÇO NOS RATOS (FONTE: HERBIN, 2007) .....	26

## LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – DESLOCAMENTO LINEAR EM Y DO MEATO AUDITIVO .....	28
GRÁFICO 2 – DESLOCAMENTO ANGULAR DO COMPLEXO TORNOZELO- PÉ.....	30
GRÁFICO 3 – DESLOCAMENTO ANGULAR DO JOELHO .....	31
GRÁFICO 4 – DESLOCAMENTO ANGULAR DO QUADRIL.....	32
GRÁFICO 5 – DESLOCAMENTO ANGULAR DA ARTICULAÇÃO DA ESCÁPULA .....	33
GRÁFICO 6 – DESLOCAMENTO ANGULAR DA ARTICULAÇÃO DO COTOVELO .....	34
GRÁFICO 7 – DESLOCAMENTO ANGULAR DO PUNHO.....	35



## RESUMO

A constante necessidade de aprimoramento tecnológico em relação à pesquisa acadêmica animal fomenta a busca de novos procedimentos de análise e avaliação dos parâmetros funcionais destes animais, estes que comumente têm como sujeitos animais de laboratório, dentre eles a habitual rato *Wistar*. Com a análise cinemática de marcha obtêm-se importantes dados acerca dos componentes sustentadores do movimento. Justificando esta pesquisa, observa-se que através de uma análise subjetiva da marcha dos animais, tais valores tornam-se passíveis de erros pela subjetividade da inter e intra observadores. Visando superar a falta de precisão destas escalas funcionais motoras o objetivo deste estudo é analisar cinematicamente 16 ratos machos (*Wistar*) (250-300g), para obter as variáveis funcionais mais acuradas e reprodutíveis academicamente do que os dados provenientes das metodologias até hoje usadas. Os animais com marcas cutâneas em pontos anatômicos específicos percorreram um túnel de 0.10x0.10x1,50m, e foram filmados perpendicularmente através de uma das paredes laterais de vidro do túnel. As imagens captadas foram digitalizadas bidimensionalmente por um *software* específico (*Dgeeme v. 1.0*) que forneceu as variáveis necessárias para a descrição da marcha, podendo-se assim estabelecer e descrever padrões e valores normativos para marcha de ratos. Os valores foram descritos através de estatística descritiva padrão, curvas ângulo-tempo e a determinação dos pontos máximos e mínimos das angulações em relação ao período da passada. Tais resultados sugerem que analisar a marcha de ratos cinematicamente é eficiente, podendo ser expandida e padronizada para que muitos centros de estudos se beneficiem com tais descrições, pois quantifica de maneira satisfatórias funções motoras de ratos.

Palavras chaves: comportamento motor, cinemática, ratos.

## 1 - INTRODUÇÃO

A evolução das ciências biológicas possibilitou sua subdivisão em diversas vertentes de pesquisa, a investigação com animais, com o passar dos anos, teve seus trabalhos assumindo um caráter mais experimental do que descritivo, que permitiram assim elucidar mecanismos e/ou fenômenos que não poderiam ser aplicados em humanos. Assim, a utilização de animais em trabalhos experimentais tem sido de fundamental importância, pois permitem avanços no conhecimento dos mecanismos de processos vitais e no aperfeiçoamento dos métodos de prevenção, diagnóstico e tratamento de doenças (COBEA, 2005).

Nesse sentido, muitos estudos têm utilizado a avaliação de padrões motores de animais a fim de identificar as respostas do sistema neuromuscular, psicomotor e sensorial após determinadas intervenções e tratamentos. Os resultados associados ao comportamento motor de animais têm sido realizados por meio de descrições qualitativas do andar, com a intenção de detectar manifestações diversas do SNC relacionadas com a locomoção do animal (Molina, 2004). Dessa forma, os procedimentos qualitativos empregados por mais de meia década (escalas ordinais de 0 a 5 pontos) ainda tem sido empregados (Tarlov, 1954). Essas abordagens qualitativas foram modificadas e aprimoradas ao longo dos anos, mas seus resultados ainda tornam difíceis as comparações de alguns parâmetros relativos ao comportamento motor (Vialle, 2002).

A escala de Tator (Tator, 1997) é uma avaliação simples, porém não inclui todos os aspectos necessários na avaliação motora de animais. O estudo de Basso, Beattie e Bresnahan (BBB) realizado em 1995, preconizado pela *Ohio State University (OSU)* apresentou uma escala de classificação com índice de recuperação locomotora em ratos que sofreram lesão medular induzida. A escala BBB envolve a observação e o escore de 10 comportamentos incluindo tórax, cauda e as patas traseiras e prevê a observação dos movimentos dos membros (quadril, joelho e tornozelo), a posição da musculatura do tórax, a disposição da musculatura do abdômen, a coordenação das patas dianteiras e traseiras, a presença de instabilidade do tórax, a posição da cauda do animal para cima ou para baixo. Além desses fatores, a escala BBB visa determinar a incidência do “arrastamento” das patas traseiras, a presença de rotação

ou desvio das garras e a predominância do uso da porção mais dorsal ou plantar da pata traseira, que a tornam um instrumento atrativo para a análise das respostas do sistema neuromuscular (Vialle, 2002).

Por outro lado, além de extensa, a aplicação da escala BBB é sujeita a grande variabilidade na interpretação inter e intra-observador, mesmo quando a avaliação é realizada várias vezes. Dessa forma, existe a necessidade de se estabelecer métodos que possam que sejam reprodutíveis em meio acadêmico visando uma descrição mais objetiva dos resultados provenientes da análise de marcha.

A análise cinemática tem sido aplicada freqüentemente para a compreensão do comportamento motor humano, porém sua utilização em modelos animais tem recebido pouca atenção. Apesar de mais trabalhosa, a análise cinemática possibilita a quantificação de padrões de movimento com elevada reprodutibilidade (Barbieri; Gasparini; Mazzer, 2007).

Ainda que a análise cinemática seja aplicada em modelos animais, a determinação de valores referenciais da normalidade é de fundamental importância para a interpretação dos resultados dos estudos. Assim, o presente estudo objetiva descrever um conjunto de parâmetros quantitativos da marcha animal e analisar se estes valores encontram-se dentro dos parâmetros de normalidade para a amostra.

## **2 - OBJETIVOS**

### **2.1 - GERAL**

Descrever variáveis quantitativas da marcha de ratos.

### **2.2 – ESPECÍFICOS**

- Analisar se os valores quantitativos da marcha dos ratos analisados encontram-se dentro dos parâmetros de normalidade de amostra.
- Analisar as variáveis da marcha de ratos associadas à interação do animal com o solo (velocidade de deslocamento, amplitude da passada, velocidade da passada, tempos de apoio).
- Analisar as variáveis da marcha de ratos associados aos parâmetros articulares (picos máximos, mínimos e amplitude de deslocamento articular).

## **3 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **3.1 – BIOMECÂNICA E CINEMÁTICA**

A biomecânica é uma disciplina que, entre as ciências derivadas das ciências naturais preocupa-se com as análises físicas de sistemas biológicos, conseqüentemente, de análises físicas dos movimentos como uma ciência multidisciplinar para a investigação aplicada ao movimento, suas causas e fenômenos (Amadio, 1999).

### **3.2 - MARCHA**

Marcha é uma seqüência repetitiva de movimentos dos membros inferiores que move o corpo para frente enquanto simultaneamente mantém a estabilidade no apoio. Na marcha um membro atua como um suporte móvel, em contato com o solo enquanto o membro contralateral avança no ar, o conjunto de movimentos corporais se repete de forma cíclica e os membros invertem os seus papéis a cada passo (Perry, 2005).

A seqüência simples do apoio e avanço de um único membro é denominada ciclo de marcha. O ciclo então é o período compreendido entre o primeiro contato do pé com o solo até o próximo contato deste mesmo pé com o solo. O ciclo de marcha é dividido em duas fases: apoio - pé encontra-se em contato com o solo, e balanço - pé é elevado do solo para o avanço do membro (Winter, 1979).

A marcha é uma atividade complexa que envolve um grande número de componentes, tais como: membros inferiores, pelve, tronco, membros superiores e cabeça. Em geral, os estudos da marcha têm se enfatizado a análise dos movimentos dos membros inferiores nas diferentes fases do ciclo (Donker, 2000).

Para Gross (2000) a marcha pode ser definida como a locomoção para frente usando as extremidades inferiores para propulsão durante a qual o centro de gravidade do corpo descreve uma curva sinusoidal de mínima amplitude em nos planos Y (horizontal) e Z (vertical). Rossi (1998) complementa este conceito afirmando que a marcha é um conjunto de movimentos rítmicos e alternados do tronco e extremidades visando à locomoção do corpo (ou seu centro de gravidade) para frente.

Entre o início e o fim de um ciclo são caracterizadas inúmeras variáveis de suma importância para que o processo deambulatório ocorra de forma satisfatória, como a variação angular e o padrão coordenativo entre as articulações envolvidas na marcha, o deslocamento linear dos segmentos nas coordenadas x e y.

Assim, a análise cinemática da marcha caracteriza-se como importante metodologia para pesquisa e avaliação de uma deambulação normal, patológica, ou aplicada no diagnóstico de alterações neuromusculares, músculos-esqueléticos e como forma de avaliação pré/pós-tratamento ou intervenção.

### 3.3 - A LOCOMOÇÃO QUADRUPEDAL

A locomoção, uma característica dos animais, é o processo pelo qual o animal se move de uma posição geográfica para outra. Ela inclui início, parada, mudanças na

velocidade, alterações na direção e adaptações para mudanças na inclinação de terreno. Os animais apresentam um deslocamento rítmico das partes do corpo, que se mantém em progresso constante para frente (Inman, et al., 1998), ao andar lentamente os animais tendem a coordenar os quatro membros de modo que geralmente três patas fiquem apoiadas, avançando um membro somente quando os outros três estão apoiados no solo.

Segundo Procópio et al. (2007), do ponto de vista da biomecânica a locomoção quadrupedal envolve movimentos de todo o corpo, de segmentos e membros em um ritmo e padrões automáticos, porque tal locomoção permite várias combinações entre os membros.

Para uma análise de marcha que leve em conta a deambulação quadrupedal do animal, é importante ressaltar que tal possui um conjunto de características próprias dos movimentos realizados determinando assim andamentos bem como suas respectivas variações (Thomassian, 1990). Os membros, na deambulação quadrupedal apresentam os movimentos de elevação, avanço, apoio e propulsão (Hussni; Wissdorf; Nicoletti, 1996).

Segundo Meershoek e Van den Bogert (2001), a coordenação de cada membro e de seus segmentos em uma deambulação quadrupedal auxilia no entendimento das variações existentes entre os diversos andamentos. Durante cada passada os membros anteriores e posteriores atuam de forma a absorver o impacto, vencer os efeitos da gravidade e proporcionar a propulsão, promovendo o avanço do corpo do animal. Tudo isso é obtido pela alternância entre os períodos de apoio e suspensão. Durante o período de apoio os membros pressionam o solo para desenvolver a força necessária para suportar e dar propulsão a massa corpórea e durante o período de suspensão, os membros elevam-se, avançam movimentando-se para preparar a próxima fase de apoio.

A seqüência de apoio sobre o solo tem por base os tipos de apoio variando em modopedal, bipedal, tripedal, quadrupedal, além do momento de suspensão (BECK, 1986).

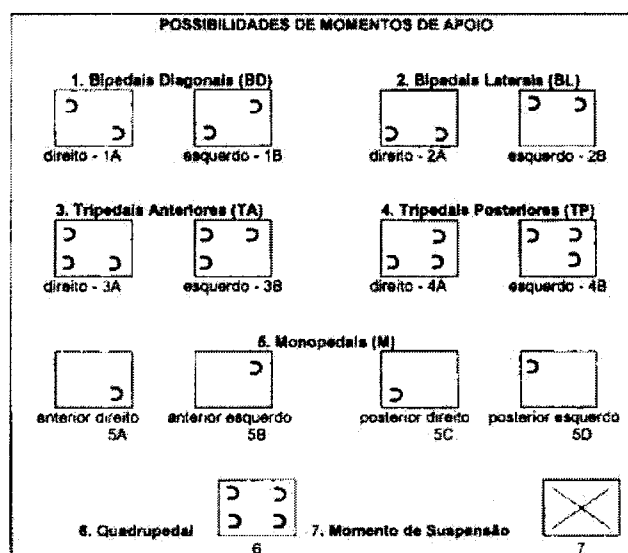


Figura 1 – Possibilidades de Momentos de apoio dos membros sobre o solo em uma deambulação de um animal quadrúpede.

Fonte: BECK (1986).

Assim as divisões do ciclo de marcha foram analisadas aqui homolateralmente por tratar-se de uma análise em apenas duas dimensões. Cada ciclo da marcha pode ser dividido em dois períodos, assim como a marcha humana, apoio e balanço, e as fases identificam as subdivisões funcionais da atividade total do membro dentro do ciclo, porém neste estudo não há tal identificação dos intervalos funcionais dos períodos, apenas de alguns eventos mais facilmente identificados como contato inicial, resposta a carga, balanço inicial e avanço do membro.

A caracterização dos dois períodos é um pouco diferenciada tanto para o membro posterior quanto para o superior, naquele o período de apoio começa tão cedo quanto o pé entra em contato com o chão, porém, diferentemente dos humanos, em ratos saudáveis o ponto inicial e o toque da articulação metatarso falangeana para que então as falanges restantes toquem o chão, sendo que a epífise proximal do complexo metatársico e társico não tocará o chão. Para o membro superior o evento

que inicia o período de apoio e o toque da articulação metacarpo falangeana no chão, para então as falanges e todo mecanismo carpal apoiarem-se no chão.

### 3.4 - PROCEDIMENTOS PARA ANÁLISE FUNCIONAL DA MARCHA EM ANIMAIS

As primeiras avaliações realizadas em animais ocorreram em 1953 com Tarlov et al. (apud Vialle 2002), onde os animais eram submetidos a uma avaliação da recuperação neurológica (sensitivo-motora) da coordenação da função motora das patas posteriores onde os comportamentos eram quantificados a partir de critérios qualitativos do movimento. Nessa perspectiva (0) correspondia a nenhum movimento com a pata traseira, não suportando o peso do corpo sobre a mesma, (1) escassos movimentos percebidos na pata, não consegue suportar o peso do corpo sobre a pata, (2) freqüente e/ou vigoroso movimento de membros inferiores, não suporta o peso, (3) consegue suportar o peso do corpo sobre a pata traseira, podendo dar um ou dois passos, (4) suporta todo o peso do corpo, consegue dar passos consistentes usando a porção distal da pata, flexão do quadril é mantida, (5) caminha movimentando normalmente todas as articulações da pata traseira. Porém tal avaliação não abrange os diversos aspectos envolvidos na recuperação motora do animal, que esta é sempre mais bem sucedida do que sua função sensorial.

Dessa forma, tal avaliação foi modificada por diversos autores para a obtenção de mais detalhes sobre a funcionalidade do aparelho locomotor do animal. O estudo de Tator (1997, apud Vialle, 2002) descreve uma escala locomotora, que tornou-se muito abrangente para a avaliação. Na escala proposta por Basso, Beattie e Bresnahan – BBB (1995) observa-se os movimentos da articulação do quadril, joelho, tornozelo, posição do tronco, cauda e patas traseiras, onde são atribuídos valores de 0 a 21 que correspondem à ausência total de movimentos e a presença de movimentos normais, respectivamente. Tal escala mesmo sendo preconizada pela *Ohio State University (OSU)* torna-se muito específica e extensa e dificulta a interpretação dos resultados pela subjetividade das análises qualitativas empregadas. Tal subjetividade permite uma grande variação de resultados intra e interavaliador. Assim, escalas qualitativas ou semiquantitativas podem prover resultados mais objetivos e consistentes.



Assim, a busca forma quantitativas sobre a coordenação da função motora em animais foi evoluindo a patamares mais tecnológicos. Por exemplo, Gutmann e Gutmann (*apud* Barbieri et al., 2007), observaram que em coelhos a habilidade de espalhar os dedos da pata traseira dependia da integridade funcional do nervo perônio e permitiu avanços na avaliação funcional em ratos submetidos a lesões por esmagamento do nervo ciático.

De forma similar, a análise das impressões das pegadas das patas traseiras, denominado de Índice Funcional do Ciático ou IFC, tem sido aplicada para a obtenção de parâmetros quantitativos da marcha. De Medinaceli et al. (1982, *apud* Barbieri et al., 2007), os animais caminhavam em uma passarela de madeira de 43 cm de comprimento por 8,7 cm de largura e 5,5 cm de altura de forma a deixar impressões plantares em tiras de papel preparadas. As imagens das impressões das pegadas eram digitalizadas e armazenadas em um computador para posterior análise.

A avaliação funcional da marcha proposta por De Medinaceli (1982) foi posteriormente reformulada por Bain (1995) a qual foi denominada *walking track analysis*. Tal abordagem era bastante similar aquela inicialmente proposta, porém os animais caminhavam sobre uma passarela de acrílico transparente que permitia a filmagem das pegadas. As imagens das impressões das pegadas obtidas nas filmagens forneciam um conjunto de parâmetros relacionados à interação com o solo, porém não incluíam variáveis angulares do movimento. A interação das variáveis angulares determina as relações com o solo e é de fundamental importância no estudo das estratégias de locomoção empregadas durante a marcha. Um grande número de estudos que utilizam análise cinemática do movimento já foi proposto, porém, em sua maioria, as variações angulares e padrões coordenativos das articulações envolvidas não têm sido quantificados, estas que são imperativos na descrição da deambulação de animais.

O presente estudo visou desenvolver um protocolo de análise cinemática dos movimentos realizados durante a marcha de ratos. Tais protocolos são de fundamental importância para o estabelecimento de um teste que permita a detecção de variáveis quantitativas da marcha envolvendo variáveis de interação

com o solo e variáveis angulares articulares do movimento. Além disso, o presente estudo buscou determinar valores referenciais de normalidade para futuras comparações.

## 4 - MÉTODOS

### 4.1. AMOSTRA

A amostra utilizada foi composta por 16 ratos machos adultos jovens da linhagem *Wistar (Rattus Norvegicus, variação albina, Rodentia, Mammalia)*, todos com peso corporal (200 a 300g) e idade ( $90 \pm 10$  dias) similar. Os animais foram procedentes do cruzamento de matrizes obtidas junto ao Biotério da Universidade Federal do Paraná, onde foram mantidos em gaiola padrão (dimensões 30x16x19cm) com no máximo três animais por gaiola, alimentados com ração extruzada específica e balanceada para roedores com água *ad libitum* (COBEA, 1996).

Os animais foram mantidos em um ambiente com características controladas, tal que permita o ciclo claro/escuro de 12/12 h, com início da luz às 6h da manhã e temperatura em  $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ . Cada animal teve uma ficha com suas características e sua identificação feita por inscrição em cauda.

Os animais foram submetidos a uma análise cinemática de seu deslocamento em velocidade volicional (não controlada). Os animais foram estimulados a percorrer um túnel de madeira com 1.50m de comprimento e 0.10 m de largura e altura. No centro do túnel uma janela de vidro para inspeção lateral (0.50m x 0.10m) permitiu a observação sagital do deslocamento dos animais. A figura 2 demonstra o túnel de locomoção.

Os animais foram submetidos à tricotomia sobre alguns pontos anatômicos de interesse, com um lápis dermatográfico. Os pontos foram determinados por palpação receberam um conjunto de pontos sobre a pele, referenciando um número de acidentes ósseos para que fosse possível a determinação dos parâmetros de locomoção. Esses pontos anatômicos (vide modelo biomecânico) foram filmados por

uma câmera digital (JVC, modelo GRDV-9500) que operava com uma frequência de aquisição de imagens de 60 Hz. A câmera foi fixa a um tripé que permitiu seu posicionamento perpendicular ao plano de movimento dos animais, numa distancia de 1.0 m do centro da janela do túnel de caminhada.

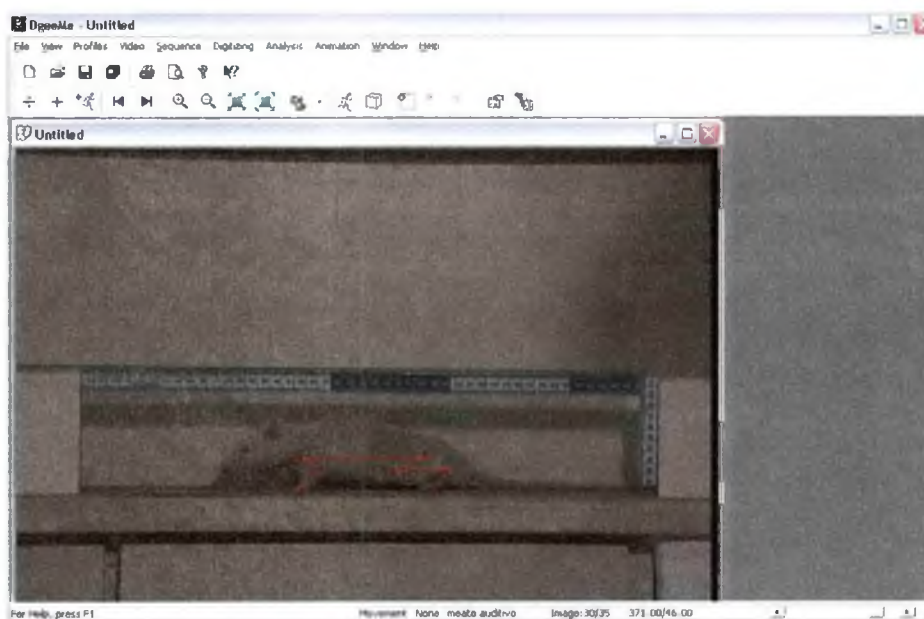


Figura 2- Túnel para análise cinemática da deambulação dos sujeitos.

Antes da coleta de dados, os animais foram submetidos a cinco dias de familiarização com o túnel de coleta durante 10 minutos. Para evitar diferenças circadianas dos animais, as coletas foram efetuadas no período da manhã.

## 4.2. MODELO BIOMECÂNICO

Para a análise dos movimentos os seguintes pontos anatômicos, após a devida tricotomia das partes de interesse, foram identificados por palpação e demarcados com lápis dermatoglífico permanente. Os pontos foram selecionados a fim de representar as variáveis análogas que são usualmente utilizadas na marcha em humanos (variações espaciais e temporais das articulações de tornozelo, joelho, quadril, ombro).

O modelo biomecânico foi constituído dos seguintes pontos anatômicos do hemicorpo direito/esquerdo do animal. A tabela 1 demonstra os pontos selecionados, que são esquematicamente ilustrados na figura 2.

Tabela 1 – Pontos anatômicos e angulações usadas no estudo

	ACIDENTE ÓSSEO		ARTICULAÇÕES E ÂNGULOS
1	3ª falange distal do membro inferior	A	tibiotársico metatarsico
2	maléolo lateral	B	Femorotibial
3	epicôndilo lateral do fêmur	C	coxo femoral
4	Ísquio	D	Escapuloumeral
5	borda superior da escápula	E	úmero radial
6	epicôndilo lateral do úmero	F	Rádiocarpal
7	processo estilóide da ulna		
8	3ª falange distal do membro superior		
9	meato auditivo (somente marcação digital)		

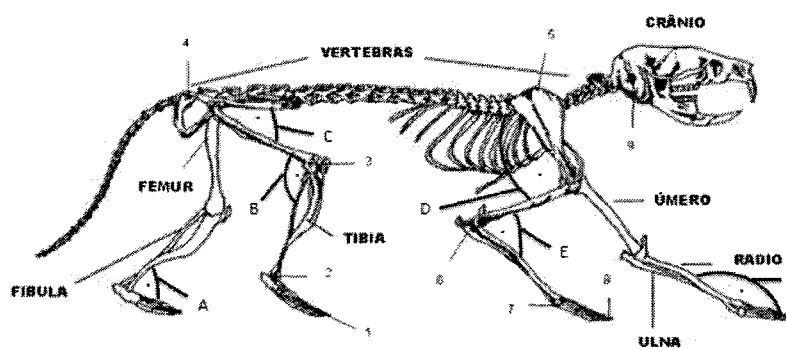


Figura 3 - Esqueleto de um rato e os pontos anatômicos usados neste estudo.

(COBEA, 2005)

As imagens foram armazenadas em uma fita de vídeo e posteriormente transferidas para um computador, armazenadas em disco rígido. Após sua transferência, os vídeos brutos foram editados pelo *software VirtualDub*, para que restassem apenas os quadros de interesse, as imagens foram armazenadas com uma taxa de amostragem de 30 quadros por segundo. Os quadros de interesse foram exportados para o programa *Degeeme* (*Geeware*, versão v1.0), onde as imagens foram digitalizadas manualmente por uma única pessoa treinada e experiente na digitalização de vídeos. Duas fitas métricas foram fixadas na janela de vidro de inspeção a fim de fornecer parâmetros de calibragem vertical e horizontal para posterior análise digital mais acurada.

Ao total foram filmados 5 ciclos da marcha e descartados o primeiro e último ciclos respectivamente a fim de garantir um padrão médio de deslocamento. Assim, a média agrupada de dos 3 ciclos normalizados da locomoção foram utilizados para fornecer o padrão da marcha.

O ciclo da marcha foi considerado como sendo o primeiro que o membro inferior direito toca o solo. O instante inicial (0%) foi definido como o instante em que ocorre o 1º toque do membro inferior com o solo, enquanto o instante final (100%) como o 2º toque do membro inferior com o solo. Antes de serem agrupados, os movimentos foram normalizados para os parâmetros temporais do movimento a partir do instante inicial e final do movimento. Para tal procedimento um *software* desenvolvido especificamente permitiu que os valores fossem expressos em percentuais do movimento.

As variáveis analisadas em relação à marcha dos sujeitos serão descritas na tabela a seguir.

Tabela 2 – Variáveis analisadas sobre a marcha de ratos.

VARIAVEIS	FORMAS DE DETERMINACAO
Comprimento da passada	Variável determinada através da relação entre o calibrador (cm) e o ponto onde ocorria o primeiro e o último toque da pata do animal no chão
Altura da passada	Variável determinada através do deslocamento linear da articulação do tornozelo no eixo Y
Velocidade da passada completa e de períodos	Variáveis determinadas através da relação coordenadas dos pontos articulares e da calibragem, sendo analisadas e destacadas através do <i>software</i> de digitalização dos dados <i>SkillSpector</i>
Tempo da passada completa e de períodos	Variáveis determinadas através do total de <i>frames</i> utilizado para se completar uma passada, ou cada período, dividido pela capacidade de aquisição de imagens da câmera filmadora (Hz)
Cadência da passada	Variável determinada através dos seguintes cálculos: primeiramente faz-se a divisão do total de frames utilizados para uma passada pelo número de frames de aquisição da câmera filmadora, sendo este o tempo da passada ( $\text{Tempo da passada} = \frac{\text{frames sujeito}}{30}$ ), então divide-se o valor de um minuto em segundos pelo tempo total da passada ( $\text{Cadencia} = \frac{60 \text{ (seg.)}}{\text{tempo da passada (seg.)}}$ )
Deslocamento linear do meato auditivo no eixo Y	Variáveis determinadas através da relação coordenadas do ponto do meato auditivo e da calibragem, sendo analisada e

	destacada pelo do <i>software</i> de digitalização dos dados <i>SkillSpector</i>
Deslocamento angular das seis articulações abordadas	Variável determinada através da relação coordenadas dos pontos articulares e da calibragem, sendo analisada e destacada pelo do <i>software</i> de digitalização dos dados <i>SkillSpector</i>
Velocidade angular das seis articulações abordadas	Variável determinada através da relação coordenadas dos pontos articulares e da calibragem, sendo analisada e destacada pelo do <i>software</i> de digitalização dos dados <i>SkillSpector</i>

#### 4.3. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram expressos por meio de estatística descritiva padrão (médias, desvio padrão e coeficiente de variabilidade). Além disso, os dados foram analisados em relação a sua normalidade e homogeneidade por meio dos testes de *Shapiro-Wilk's W test*, recomendado para populações menores que 50 sujeitos (Clegg, 1995). O nível de significância do estudo foi determinado em  $p < 0.05$  (Clegg, 1995).

## 5 - RESULTADOS

Foram analisadas variáveis cinemáticas como deslocamento angular das articulações, picos máximos e mínimos e seus arcos de movimento, velocidade angular das articulações, tempo de passada em suas subdivisões de períodos, altura e comprimento da passada e deslocamento linear em y do meato auditivo, como predição do centro de gravidade.

Tabela 3 – Comprimento a altura da passada

Variáveis	Unidade	Máximo	Mínima	Média	Desvio Padrão	Coefficiente de variabilidade	P
Comprimento da passada do membro anterior	cm	7,0	3,5	6.3	0,67	11,15	0,290*
Altura da passada do membro anterior	cm	3,0	1,8	2,2	0,3	15,2	0,501*
Comprimento da passada do membro posterior	cm	11,3	8,3	10.2	2,23	23,52	0,698*
Altura da passada do membro posterior	cm	4,4	3,4	3,8	0,2	8,0	0,626*

A uma velocidade média de 1.26 m/s para o membro posterior e 0.98 m/s para o membro anterior, medida através da velocidade linear do tornozelo e punho, a média do comprimento da passada do membro anterior, medida através do deslocamento linear punho no eixo X, foi de  $6.3 \pm 0.67$  cm ( $p=0.290$ ), e para a altura o valor encontrado, medida através do deslocamento linear do tornozelo no eixo das coordenadas Y, foi em média  $2.2 \pm 0.3$  cm de altura ( $p=0.501$ ). Para o membro posterior a média do comprimento foi de  $10.2 \pm 2.23$  cm ( $p=0.698$ ), e a média da altura de  $3.8 \pm 0.2$  cm ( $p=0.626$ ). Todos os valores encontrados para tais variáveis apresentaram valor compatível com a normalidade de dados.

Na marcha, o tempo para realizar um ciclo completo varia diretamente com a velocidade de marcha do animal. A média dos valores encontrados para o tempo total do ciclo intermembros foram díspares entre si, o membro anterior apresentou tempo médio de passada de  $1.14 \pm 0.32$  segundos, sendo que para o período de apoio foi encontrado o valor de  $0.74 \pm 0.21$  segundos, caracterizando 64.53% do tempo total da passada, e o período de balanço obteve uma media de tempo de  $0.4 \pm 0.13$  segundos, totalizando 35.47 % do total da passada.



Para o membro posterior a media do tempo da passada foi de  $1.33 \pm 0.34$  segundo, sendo que para o período de apoio a media do tempo encontrado foi de  $0.73 \pm 0.28$  segundos sendo este o total de 62.4 % de toda passada, o período de balanço teve valor de  $0.41 \pm 0.09$  segundos caracterizando 37.6% da passada do membro posterior.

Tabela 4 – Tempo e porcentagem de deslocamento da passada completa e dos períodos de apoio e balanço da marcha de ratos.

Variáveis	Unidade	Membro anterior			Membro Posterior		
		Média	Desvio Padrão	Coefficiente de Variabilidade	Média	Desvio Padrão	Coefficiente de Variabilidade
APOIO	frames	22,08	6,43	29,13	21,75	8,47	38,92
APOIO	segundos	0,74	0,21	29,13	0,73	0,28	38,92
APOIO	%	64,53	6,59	10,21	62,40	7,52	12,05
BALANÇO	frames	12,08	3,93	32,55	12,42	2,69	21,63
BALANÇO	segundos	0,40	0,13	32,55	0,41	0,09	21,63
BALANÇO	%	35,47	6,59	18,58	37,59	7,52	20,01
TOTAL	segundos	1,14	0,32	27,80	1,33	0,34	27,80
TOTAL	frames	34,17	9,50	27,80	34,17	9,50	27,80

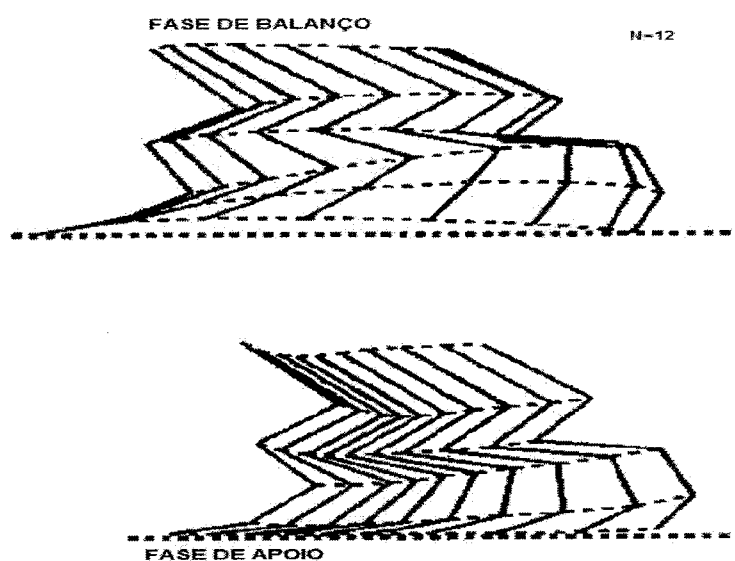


Figura 4 – Representação das fases de apoio e balanço nos ratos (FONTE: HERBIN, 2007)

Para a cadência da passada dos animais foi encontrado uma diferença de 7 passadas a mais para o membro anterior, este que obteve a média de  $63.99 \pm 8.03$  ( $p=0.005$ ) passada/minuto, e para o membro posterior uma média de  $56.84 \pm 12.49$  ( $p=0.006$ )

Tabela 5 – Média da cadência expressa em ciclos/minuto e suas análises estatísticas como desvio padrão, coeficiente de variabilidade e teste W.

Variáveis	Membro anterior	Membro posterior
Média (passada/minuto)	63,99	56,84
Desvio Padrão	8,03	12,49
Coeficiente de variabilidade	12,52	23,94
p	0,005	0,006

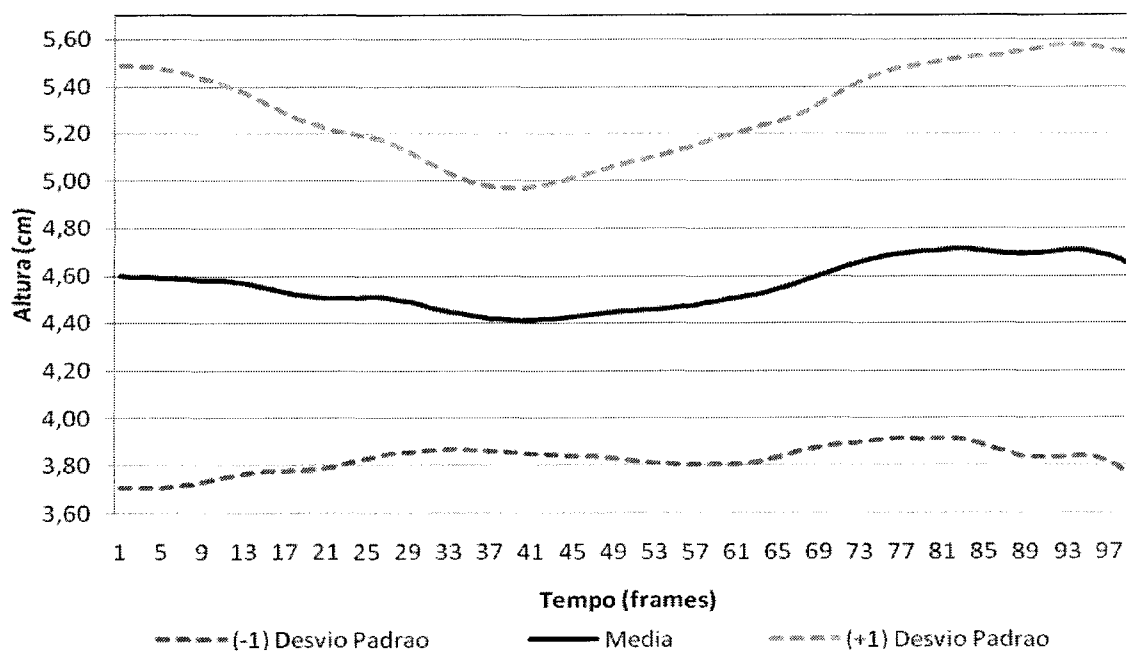
Devido à característica bidimensional desta pesquisa, optou-se por mensurar o centro de massa através da mensuração de uma variável que melhor pudesse representar o corpo do animal como um todo, sendo assim retratado pelo deslocamento linear em Y do meato auditivo. Tal variável se mostrou dentro dos índices de normalidade sendo que no Teste W a altura máxima obteve o valor de  $p=0.367$  e média do pico máximo do deslocamento de  $4.74 \pm 0.28$  e para o mínimo deslocamento foi encontrado  $p=0.606$  e a média do pico mínimo de  $4.02 \pm 0.16$ , contando que o meato auditivo já inicia seu trajeto em altura determinada, mínimo de 4.02 cm, dada a altura do próprio animal, o deslocamento em encontra-se variando em 0.72 cm.

Tabela 6 - Média da altura máxima e mínima do deslocamento linear no eixo Y do meato auditivo para cada rato e suas variáveis estatísticas.

Variáveis	Unidade	R1	R2	R3	R4	R6	R7	R8	R11	R12	R13	R15	R16	Média	Desvio Padrão	Coefficiente de variabilidade	p
Altura máxima	Cm	5,31	5,10	4,61	4,51	4,32	4,91	5,58	4,46	4,82	4,61	4,77	4,55	4,74	0,28	6,00	0,367*
Altura mínima	Cm	4,19	4,05	4,16	3,97	3,87	3,76	4,04	3,86	3,97	4,35	4,06	3,94	4,02	0,16	4,06	0,606*

Gráfico 1 - Deslocamento linear em Y do meato auditivo

### Deslocamento linear do meato auditivo no eixo Y



Visto que a deambulação foi desenvolvida em velocidade volicional, tal velocidade não foi controlada, e considerando isto e os padrões característicos de cada articulação e segmento, tais variáveis não se mostraram em sua maioria dentro dos padrões de homogeneidade no teste de *Shapiro Wilk's*. A variância entre os números foi ampla assim como os desvios padrão também.

Tabela 7- Picos máximos e mínimos, suas variáveis estáticas e teste W das velocidades angulares das articulações

	R1	R2	R3	R4	R6	R7	R8	R11	R12	R13	R15	R16	MÉDIA	DESVIO PADRAO	P
TORNZELO	1115	1307,95	1142,92	1649,13	1412,9	924,87	833,28	1679,41	785,86	1204,52	1075	977,52	1175,00	279,70	0,521*
	-631	-587	-795,89	-1002,65	-1035,348	-989,87	-1374,06	-983,4	-1147,68	-1059,65	-962,41	-1507,6	-1006,00	253,95	0,536*
DEELHO	1374,95	944,76	678,37	1130,49	953,16	1223,96	1104,27	1256,31	1736,38	966,14	1202,75	1505,1	1173,00	269,77	0,970*
	-496,36	-274,12	-370,26	-341,7	-578,38	-415,78	-958	-1159,85	-787,36	-692,32	-712,07	-608,51	-616,00	252,58	0,668*
QUADRIL	299,11	119,92	242,23	439,68	542,94	159,07	709,6	840,59	307	126,47	367,09	458,52	384,00	217,67	0,393*
	-218,7	-200,14	-236,12	-125,93	-291,3	-221,25	-117,47	-247,24	-210,08	-106,02	-489,24	-238,37	-225,00	96,37	0,022
SCAPULA	213,46	118,71	499,45	642,42	428,9	223,32	380,8	289,79	516,7	435,25	340,8	241,2	360,00	145,02	0,981*
	-892,78	-313,81	-409,82	-705,2	-613,2	-341,86	-513,15	-423,93	-710,2	794,74	-912,4	-509,15	-462,00	423,95	0,003
COTOVELO	1003,53	364	746,67	1048,66	1258,55	828,97	825,4	552,1	1062,89	800,38	1267,67	642,12	866,00	262,79	0,877*
	-1249,75	-1257	-887,55	-2018,48	-1558,06	-1112,45	-1735,07	-1449,94	-1285,7	-1675,29	-1560,83	-1303,33	-1424,00	292,61	0,986*
CUNHO	2733,15	4033,98	1052,89	5172,58	4990,34	7490,83	4221,01	6331,15	6041,12	5182,53	4643,52	3930,78	4651,00	1612,42	0,894*
	-2331,61	-2087,38	-2729,64	-1756,86	-7756,15	-3342,96	-2364,07	-1579,31	-3003,36	-4168	-2181	-2226,76	-2960,00	1598,79	0,001

Como cada articulação apresenta padrões característicos dos movimentos de flexão e extensão articular, será abordada aqui separadamente cada articulação. Diversas nomenclaturas usadas para descrição da marcha em humanos também são adotadas neste estudo.

Back *et al.* (1995), observaram que, embora os segmentos distais anteriores e posteriores sejam anatomicamente similares, eles possuem diferentes ângulos, velocidades e acelerações em todas as fases.

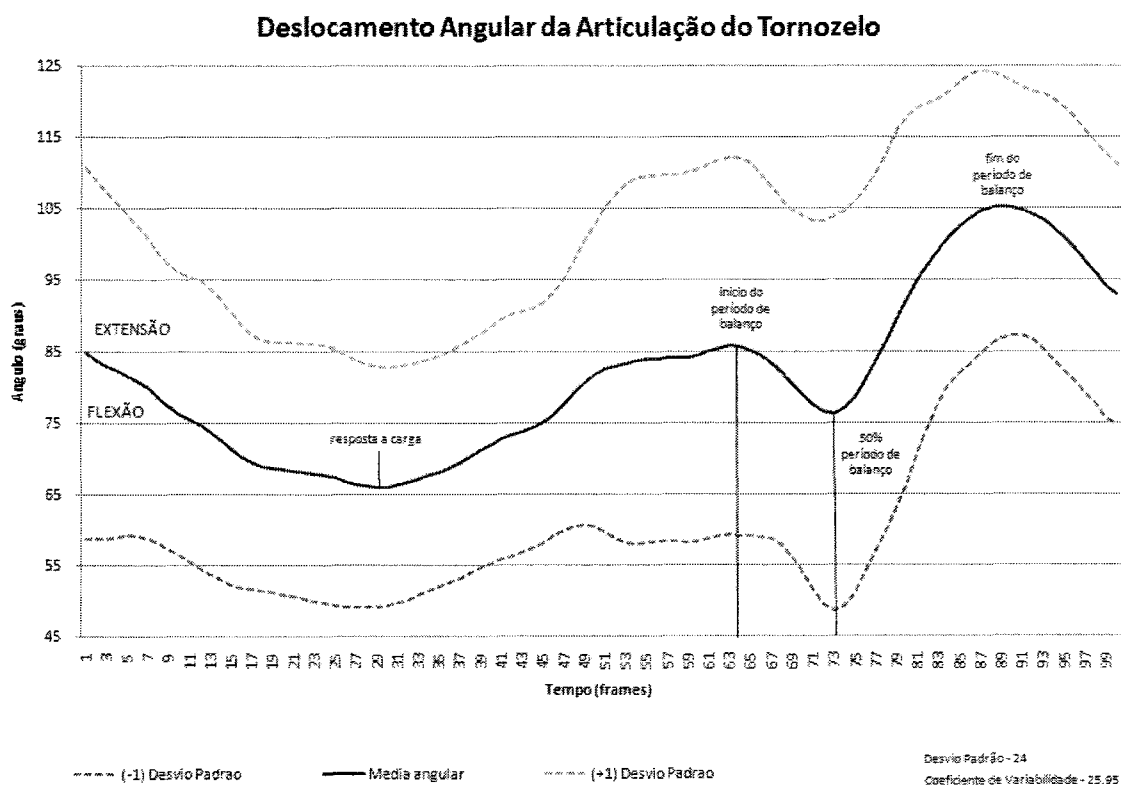
#### - COMPLEXO TORNOZELO-PÉ

As possibilidades mais significantes de movimentação desta articulação são a flexão e a extensão (PERRY, 2005), mas também compreendem a inversão e eversão, desvio lateral e medial, e a aproximação das falanges e do calcâneo (mobilidade tarso metatársica)

Perry (2005) descreve arcos de movimento (AM) como as curvas angulares que uma articulação adquire. Assim para os arcos de movimento do complexo tornozelo-pé encontrou-se 4, para a mobilidade principal, flexão e extensão.

A média de amplitude do tornozelo de um rato é de  $37^\circ$  variando de picos máximos de  $101.56^\circ$  e mínimos de  $64.12^\circ$ . O seu primeiro AM reflete uma dorsiflexão (29% do todo ciclo) devido à resposta a carga pelo tornozelo, este é seguido por uma plantiflexão (31% do todo ciclo) em que o rato esta avançando seus outros membros, mas este se estende até o momento da retirada do pé do chão ocorrendo uma rápida dorsiflexão (9% do todo ciclo), então a pata avança em seu balanço para poder tocar o chão mais uma vez, esta que é o 4º AM uma plantiflexão (30% do todo ciclo). A marcha do rato mostra-se diferente da marcha humana, esta que no período de balanço há apenas a dorsiflexão no rato há tanto a plantiflexão, primeiramente, e então a dorsiflexão.

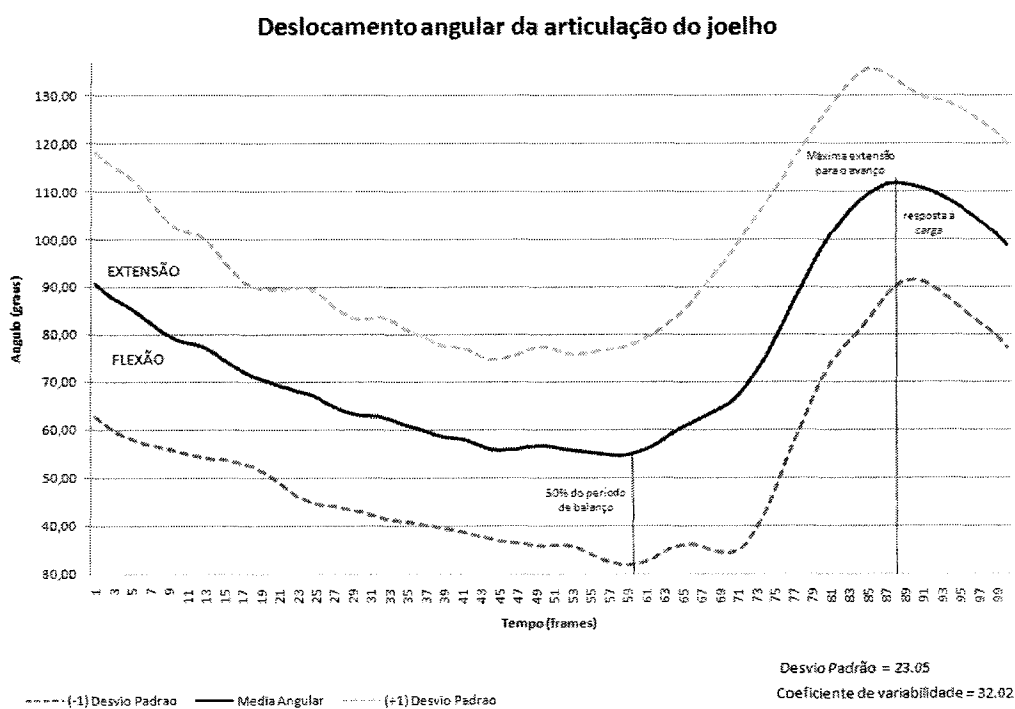
Gráfico 2 - Deslocamento angular do complexo tornozelo - pé



## - JOELHO

Tal junção tíbio femoral têm seus movimentos restrito ao plano sagital, flexão e extensão, sendo assim essencial para o avanço do membro. Em seu gráfico observa-se 3 AM, sendo que têm uma amplitude de 54°, com angulações máximas de 104° e mínimas de 51°. Inicia sua curva com uma flexão (59% do todo ciclo) que abrange todo o período de apoio e cerca de metade do período de balanço, apenas ocorrerá à extensão (29% do todo ciclo) para o avanço do membro, seguido então de uma flexão (12% do todo ciclo) caracterizada pela resposta à carga após o período de balanço.

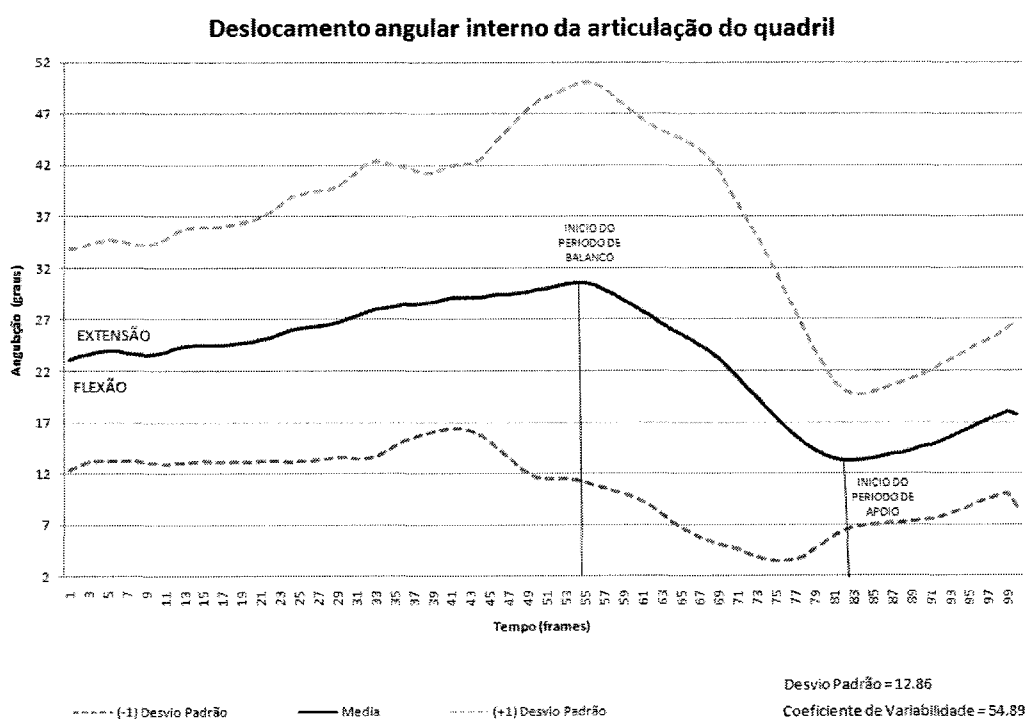
Gráfico 3 - Deslocamento angular do joelho



## - QUADRIL

Para tal articulação a possibilidade de movimentação é mais ampla, pois compreende a flexão e extensão, abdução e adução, rotação externa e interna. Sua análise abrange 2 AM, iniciando com extensão (54% do todo ciclo) que caracteriza o avanço do MA, então ocorrendo à flexão (46% do todo ciclo) iniciando juntamente com o início da fase de balanço permanecendo ate instantes antes do 1º contato com o pé no solo. A amplitude de tal articulação para a marcha é de 13°.

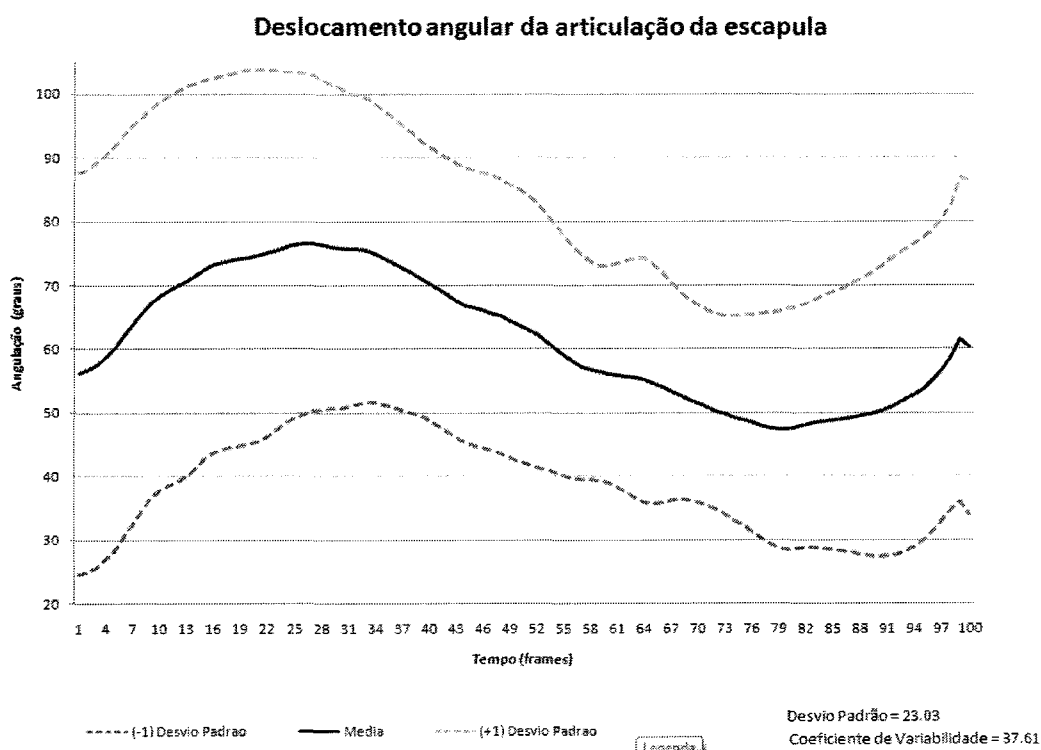
Gráfico 4 - Deslocamento angular do quadril



## - ESCÁPULA

A escápula compreende muitas possibilidades de movimento como flexão, extensão, abdução, adução e elevação da escápula, e conta com dois AM quanto à deambulação. A primeira de extensão (55% do todo ciclo) caracterizando o final do período de balanço, precedido de uma flexão (45% do todo ciclo) pela resposta à carga. Sua amplitude de movimento é de 32°.

Gráfico 5 – Deslocamento angular da articulação da escapula

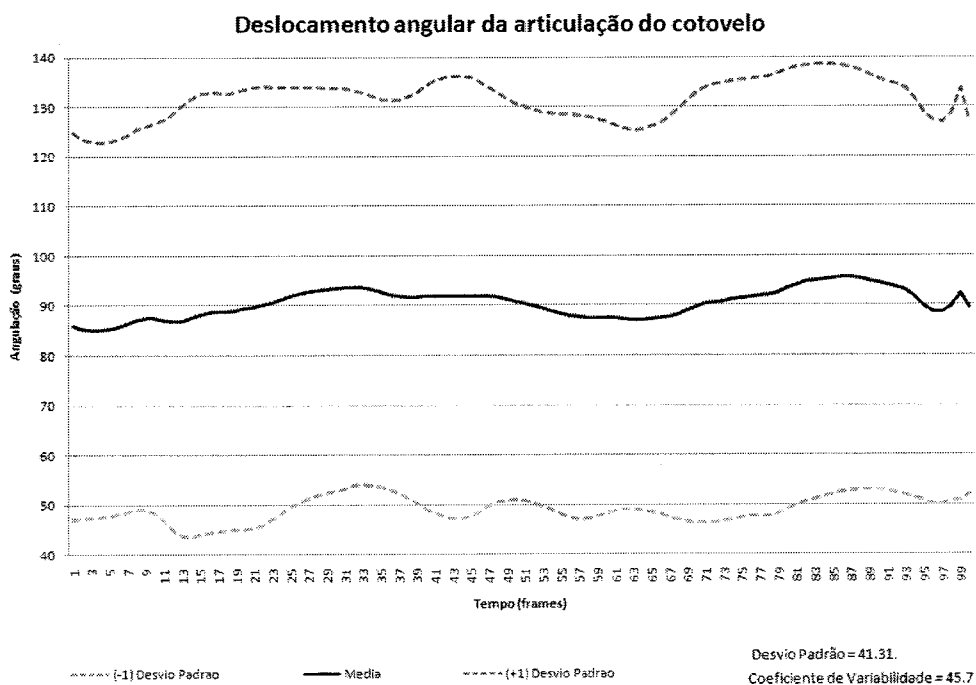




## - COTOVELO

Com uma amplitude de 31° e 3 principais AM. Inicia com uma extensão (30% do todo ciclo) com o período de balanço, então uma flexão (31% do todo ciclo) caracterizada pela resposta à carga seguida de outra extensão (39% do todo ciclo) que é o início do período de balanço. Tal articulação limita-se nas seguintes movimentações: flexão e extensão.

Gráfico 6- Deslocamento angular da articulação do cotovelo

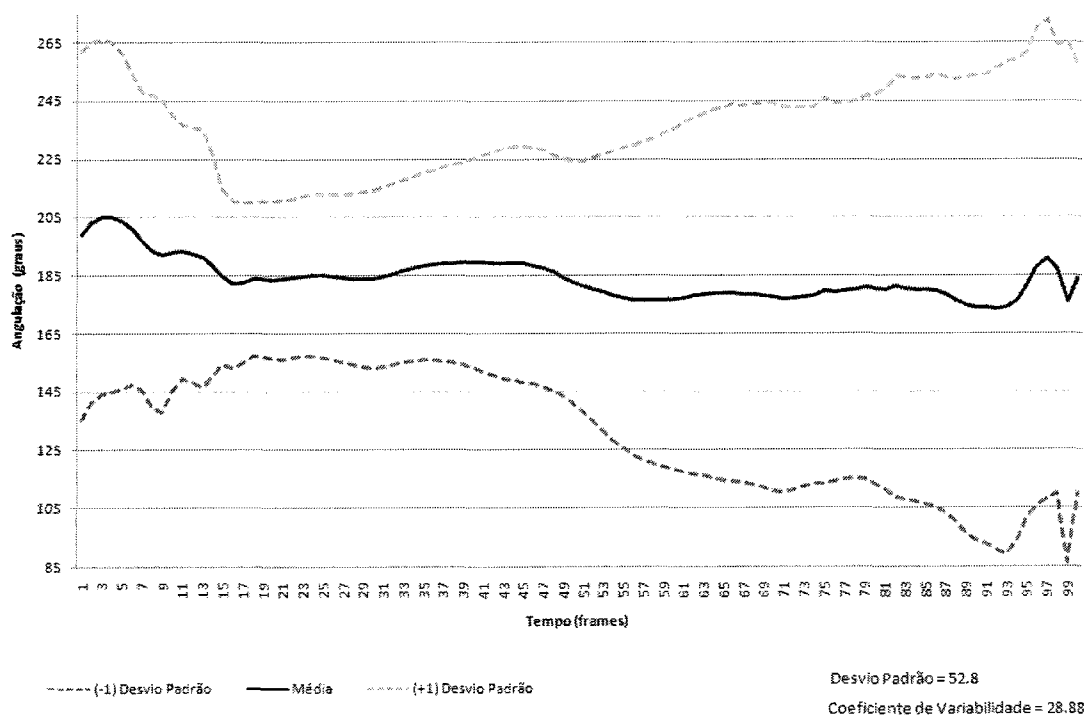


## -PUNHO

Flexão, extensão. Desvio lateral e medial são as possibilidades de movimentação desta articulação. Com uma amplitude de  $99^\circ$  e com 2 AM distinguíveis, tais como o início do período de balanço e o 1º toque do pé ao solo.

Gráfico 7 –Deslocamento angular da articulação do punho

## Deslocamento angular da articulação do punho



A tabela a seguir mostra detalhadamente a média dos valores angulares dos pontos máximos e mínimos dos deslocamentos angulares entre os membros homolaterais direito e esquerdo. Em que todos os valores apontam estarem dentro do índice de normalidade de *Shapiro Wilk's*, mostrando assim que esta medida pode ser usada como referência para correlações e comparações de outros animais que sofreram algum tipo de intervenção e necessitam de uma avaliação funcional mais acurada.

Tabela 8 – Média dos picos de flexão e extensão angulares

Articulações	Picos	R1	R2	R3	R4	R6	R7	R8	R11	R12	R13	R15	R16	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	P
INOZELO	máx.	99,775	100,315	100,505	97,195	93,65	93,81	97,825	99,815	99,655	95,62	97,35	98,1	97,8	2,30	0,338*
	min.	59,09	50,95	27,155	50,11	43,15	59,45	38,065	52,905	55,61	64,955	59,455	51,92	51,06	10,11	0,108*
DEELHO	máx.	135,35	125,015	117,025	124,805	134,82	115,93	133,905	123,9	120,905	123,72	113,52	137,94	125,56	7,87	0,344*
	min.	36,615	40,92	28,275	43,035	52,12	29,395	35,32	29,02	36,455	39,925	26,835	56,915	37,9	9,04	0,104*
JADRIL	máx.	32,15	28,34	33,64	36,84	48,39	22,745	40,02	25,425	40,77	26,76	22,875	36,57	32,87	7,64	0,987*
	min.	11,34	7,655	15,95	10,22	16,585	3,505	15,165	3,755	13,415	6,135	-1,81	9,36	9,27	5,43	0,749*
CAPULA	máx.	117,065	80,38	96,01	77,59	102,43	73,945	107,685	79,685	83,04	98,21	76,245	90,195	90,2	13,39	0,742*
	min.	59,635	42,645	40,33	33,16	26,435	35,85	43,64	21,99	31,34	26,285	27,755	42,125	35,93	9,99	0,105*
TOVELO	máx.	149,56	146,475	120,965	127,755	141,655	108,78	116,895	87,52	119,545	114,34	110,525	103,29	120,6	17,54	0,826*
	min.	53,53	51,95	55,64	49	47,475	52,595	49,52	45,89	50,105	50,44	48,345	45,67	50,01	2,90	0,587*
UNHO	máx.	230,155	272,52	213,605	277,03	306,795	317,74	289,035	305,57	313,42	284,945	290,97	286,865	282,38	10,38	0,311*
	min.	134,105	84,92	91,55	76,01	50,32	49,34	121,55	76,35	106,85	74,345	82,79	104,60	87,72	14,69	0,544*

## 6 – DISCUSSÃO

A marcha utiliza uma seqüência de repetições de movimento do membro para mover o corpo para frente, devido a cada seqüência envolver uma série de interações entre os dois membros multisegmentados e a massa total do corpo, a identificação dos numerosos eventos necessita de uma visão da marcha a partir de vários aspectos diferentes. (PERRY, 2005), assim para a identificação destes eventos é necessário que se tenha conhecimentos dos parâmetros de normalidade de uma população simples para que se conheça a variação, ou seja, para que se reconheçam as alterações causadas por determinadas intervenções para com o animal.

Deste modo, o presente estudo objetivou estabelecer dados de normalidade das variáveis da marcha de ratos *Wistar* saudáveis e contribuir para a compreensão do complexo fenômeno da locomoção.

Foi possível observar que grande parte da amostra apresentou uma marcha lateral, em que os membros homolaterais realizam os movimentos simultaneamente, e esta seqüência se repete do lado contralateral, concordando com a teoria de Griffin (2004) que compara a locomoção humana e a animal, na qual os membros anteriores e posteriores separadamente de um animal quadrúpedal se comportam como dois membros bípedes independentes durante a marcha, porém assim mesmo tendo muitas possibilidades de se proceder tal marcha mesmo sem haver relação entre o padrão coordenativo intra e intermembros.

Comparando o comprimento da passada dos membros anteriores e posteriores observou-se uma pequena diferença de 3.9 cm de diferença sendo que o membro posterior obteve um maior valor em relação ao membro anterior, já na altura da passada foi encontrada uma diferença de 1 cm sendo que o membro posterior indicou uma maior altura em relação ao membro anterior. Segundo König (2002), nos quadrúpedes, o centro de gravidade está localizado na região torácica. A carga corporal não está igualmente distribuída, sendo que 56% estão na região torácica e 44% na região pélvica, nos permitindo a concluir que devido menos carga nos membros posteriores, estes teriam uma maior liberdade de movimento, justificando uma maior altura e comprimento de passada nestes membros.

Para a cadência foi encontrado uma diferença de 7.15 passadas/minuto entre os membros anteriores e posteriores, sendo que o membro anterior teve um maior valor que o membro posterior. Visto que a altura, o comprimento e o tempo da passada do membro anterior obtiveram menores valores comparados ao membro posterior, pode-se correlacionar tais variáveis indicando que quanto menor o comprimento e altura maior será a cadência da passada.

Uma possível fonte de erro e em relação às marcas cutâneas causada pelo deslocamento da pele do animal podendo movimentar as marcas e levar a possíveis erros. Weeren (1990) e Van Der Bogert (1990) realizaram estudos avaliando os efeitos deste deslocamento em cavalos e concluíram que na articulação coxofemoral o deslocamento médio foi de 13 a 17 cm concluindo que este deslocamento e de importância considerável na interpretação dos resultados. Uma alternativa para este tipo de problema seria um estudo invasivo com a utilização de marcar colocadas diretamente no osso do animal, porem dois estudos sobre marcha canina (DeCamp et al. 1996; Korvick, et al, 1994) foram feitos comparando o método invasivo e o não invasivo, e os resultados das variáveis analisadas foram similares.

## 7 – CONCLUSÕES

Avaliando um grupo de 16 ratos normais, a o procedimento de análise da marcha foi considerada admissível para descrever as variáveis presentes na marcha de ratos, visto que muitas variáveis puderam ser relatadas, através dos testes estatísticos, como variáveis descritas dentro de um padrão de normalidade da população analisada.

Tal sistema metodológico oferece contribuição para a investigação funcional em ratos, quantificando assim a marcha dos mesmos, pois permitiu a coleta de dados cinematográficos precisos, considerando a relevância em avaliar os mecanismos de desordens específicas da marcha e suas compensações, visto que a maior parte das pesquisas que apresentam resultados aplicáveis aos seres humanos desenvolveu-se em pequenos animais.

A altura e comprimento da passada do membro anterior são maiores que a do membro posterior relacionando assim que a cadência do MP é menor que o MA, indicando assim serem inversamente proporcionais, quanto maior a altura e comprimento da passada menor será a sua cadencia.

A marcha foi caracterizada predominantemente lateral, onde o membro distal de um dos lados do membro anterior realiza os mesmos movimentos que o membro distal homolateral dos membros posteriores e esta seqüência repetem-se do lado contralateral.

A análise digital foi mais acurada, pois não sofreu interferência de artefatos inerentes às análises analógicas permitindo uma maior precisão na interpretação dos dados.

Como limitação do estudo encontra-se o desconhecimento da interferência cutânea sobre a marcha deslizando-se assim sobre os pontos já marcados, o ponto do joelho mostrou-se propício a tais interferências, averiguando que tais dados talvez possam não ser tão acurados em relação isso.

Como sugestão para estudos futuros, uma importante variável seria analisar também todo controle muscular e bases vetoriais durante a deambulação. Ainda uma análise de marcha com controle de velocidade, imprescindível para a normalização e tomada de valores bases de alguns aspectos. Também a realização de uma análise 3D para que se possa considerar o centro de gravidade, largura da base de suporte, rotações e padrão coordenativo intra e intermembros, todos muito importantes para os procedimentos e análises. Tal estudo também sugere outros em relação ao controle voluntário e involuntária da marcha, arco reflexo e propriocepção da marcha relacionados a lesões de medula espinhal e sua recuperação através de exercícios.

## 8 - REFÊRENCIAS

AMADIO, A. C. et al. Introdução a análise de movimento humano descrição e aplicação dos métodos biomecânicos de medição. Ver. Bras. Fisioterapia, v. 3, n. 2, p. 41-54, 1999.

BACK, W et al. Repetitive loading and oscillations in the distal fore and hind limb as predisposing factors for equine lameness. Am. J. Vet. Res., v. 56, p. 1522-1528, 1995.

BACK, S. L. O deslocamento e os andamentos do cavalo. Eqüinos, São Paulo, v. 58, p. 31-40, 1983.

BASSO, D. M.; BEATTIE, M. S.; BRESNAHAN, J. C. A sensitive and reliable locomotor rating scale for open field testing in rats. J. Neurotrauma, n. 12, p. 1-21, 1995.

BASSO, D. M.; BEATTIE, M. S.; BRESNAHAN, J. C. Graded histological and locomotor outcomes after spinal cord contusion using NYU weight-drop device versus transaction. Exp. Neurol. n. 139, p. 244-256, 1996.

BECK, S. L. Os andamentos naturais do cavalo Manga larga Marchador. In: Simpósio Nordeste do Cavalo Manga larga Marchador, 1986, Aracaju. Anais. Lúcio de Andrade, p. 19-24, 1986.

BAIN Junior, MACKINNON S., HUNTER D. Functional evaluation of complete sciatic, peroneal, and posterior tibial nerve lesions in the rat. Plast Reconstr Surg 1989; 83: 129-138, 1995.

BARBIERI, C. H.; GASPARINI, A. L. P.; MAZZER, N. Correlação entre diferentes métodos de avaliação funcional da marcha de ratos com lesão por esmagamento do nervo isquiático. Acta ortopédica brasileira, v. 5, p. 285-289, 2007.



BOMBONATO, P.; MORAES, V. V. OLIVEIRA, M. A. R. G. Biomecânica canina e fisioterapia veterinária. São Paulo: Manole, 2005.

BOUYER, Laurent; ROSSIGNOL, Serge. Adaptative Mechanisms of Spinal Locomotion in Cats. *Integr. Comp. Biol.*, Quebec, 44, 71-79, 2004.

CHIASSON, Robert B. White rat: laboratory anatomy. 3 ed. Arizona: WM. C. Brow Company, 1969.

CLEGG, F. Estatística para todos. Ed. Gradiva. Lisboa – Portugal, 1995.

CAPOZZO, A. Mechanics of human walking. In: PATLA, AE. Adaptability of human gait: implications for the control of locomotion. North-Holland, Elsevier Science,. p. 167-186,1991.

COLÉGIO BRASILEIRO DE EXPERIMENTAÇÃO ANIMAL (COBEA). Manual para Técnicos em Bioterismo. São Paulo, p. 01-553, 2005.

CÔTÉ, Marie-Pascale; GOSSARD, Jean-Pierre; MÉNARDE, Ariane. Spinal Cats on the Treadmill: Changes in Load Pathways. *The Journal of Neuroscience*, Canadá, 23, 7, 2789-2796, abril, 2003.

DECAMP, C. E. Kinetic and kinematic gait analysis and the assessment of lameness in the dog. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*. v. 27, n. 4, p. 825-840, 1997.

DONKER, S.F.; BEEK, P.J. Coordinating Between Arm and Leg Movements During Locomotion. *Journal of Motor Behavior*. v. 33, n. 1, p.86-102, 2000.

ENOKA, R.M. Bases neuromecânicas da cinesiologia. 2 Ed. São Paulo: Manole, p. 3-216, 2000.

HALL, Susan J. Biomecânica Básica. 4 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2005.

FABER, M. J. et al. Determination of 3D spinal kinematics without a local vertebral coordinate system. J. Biomech., v. 32, p. 1355-1358, 1999.

FRITZ, Sandy; PAHOLSKI, M. Kathleen; GROSENBACH, M. James. Terapias pelo Movimento. São Paulo: Manole, p.409-417, 2002.

FUNG, Y. C. Biomechanics: motion, flow, stress and growth. New York: Springer Verlag, p. 7, 1999.

GROSS, Jeffrey; FETTO, Joseph; ROSEN, Elaine. Postura e Marcha. In:\_\_\_\_\_. Exame Músculo Esquelético. Porto Alegre: Artmed, p.430-439, 2000.

HERBIN, M. Gait parameters of treadmill versus overground locomotion in mouse. Behavioural Brain research, v. 181, p. 173-179, 2007.

HUSSNI, C. A.; WISSDORF, H.; NICOLETTI, J. L. M. Variações da marcha em eqüinos da raça Mangalarga Marchador. Ciência Rural, Santa Maria, v. 26, n. 1, p. 91-95, nov./dez., 1996.

INMAN, V. T. A locomoção. 2 ed. São Paulo: Premier, p. 1, 1998.

KONIG, H. E.; LIEBICH, H. C. Anatomia de animais domésticos: textos e atlas colorido. 1 ed. Porto Alegre: Artmed, 2002, p. 265-269.

KORVICK, D. L.; PIJANOWSKI, G. J. SCAEFFER, D. J. Three-dimensional kinematics in intact and cranial cruciate ligament deficient stifle of dogs. Journal of Biomechanics. v. 42, p. 650-657, 1971.

L'ESPÉRANCE, M. et al. Treadmill Locomotion in the Intact and Spinal Mou, p. s-e. The Journal of Neuroscience, Canadá, 23, 36, 11411-11419, dezembro, 2003.

MERSHOEK, L. S.; VAN DE BOGERT, A. J. Mechanical analysis of locomotion: equine locomotion. London: Saunders, p. 305-326, 2001.

MOLINA, A. I.; CRISTANTE, A. F.; BARROS, T. E. P. F. Análise comparativa da avaliação funcional realizada na lesão medular em animais. Acta Ortop. Bras., v. 12, p. 48-56, 2004.

PERRY, J. Análise de marcha, v. 1: Marcha normal. 1 ed. São Paulo: Manole, 2005.

ROSSI, Wilson R. Marcha Normal. In: HERBERT, Sízínio; XAVIER, Renato, et al. Ortopedia e Traumatologia: Princípios e Prática. Porto Alegre: Artmed, p.46-51, 1998.

ROSSIGNOL, S. Adaptative mechanisms of spinal locomotion in cats. Integr. Comp. Biol., v. 44. P. 71-79, 2004.

PROCOPIO, A. M. et al. Curvas ângulo-tempo das articulações dos eqüinos marchadores. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec., v. 59, n. 1, p. 41-48, 2007.

TARLOV, I. M. Spinal Cord compression studies in dogs. AMA Arch. Neurol. Psychiatry., n. 71, p. 588-597, 1954.

TATOR, C. H. Vascular mechanisms in the pathophysiology of human spinal cord injury. J. Neurosurg, n. 86, p. 483-492, 1997.

TEBET, M. A. et al. Efeito da metilprednisolona na lesão medular em ratos: análise funcional e histológica. Acta Ortop. Bras., v. 11, p. 80-87, 2003.

THOMASSIAN, A. Aparelho locomotor: dinâmica da locomoção e aprumos. In: Enfermidade dos Cavalos. 2 ed. São Paulo: Livraria Varela, p. 57-75, 1990.

VIALLE, Emiliano et al. Avaliação da recuperação motora em ratos submetidos à lesão medular experimental. Revista Brasileira de Ortopedia, 37, 3, p. 83 – 88, março 2002.

WEEREN, P.; VAN DE BOGERT. Quantification of skin displacement near the carpal, tarsal and fetlock joints of the walking horse. Equine Journal Supplement, n. 9, 1990, p. 100-110.