

# Uso de software livre para diagnóstico de alterações da marcha em pacientes idosos

Carlos Fernando Crispim Junior<sup>1</sup>, Fernanda Possamai<sup>2</sup>, Daniel Roberto Doering<sup>3</sup>,  
Tiago Souza dos Santos<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Engenharia Biomédica - Departamento de Engenharia Elétrica  
Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brazil

<sup>2</sup>Departamento de Ciências Fisiológicas - Universidade Federal de Santa Catarina

<sup>3</sup>Universidade Regional de Blumenau (FURB) – Blumenau, SC – Brazil

crispim@ieb.ufsc.br, santos.ts@hotmail.com, fpossamai@gmail.com, fisiodoering@hotmail.com

**Abstract.** *Human gait motor behavior is one of the most affected functions by aging. Gait analysis is a powerful tool to clinical evaluation in dysfunctions' diagnosis, and prediction of treatment methods for pathological conditions that affect patients. We herein demonstrate the use of free software to analyze knee and ankle joint trajectory during gait (using ETHOWATCHER®), and to quantify geometric properties of knee-feet axis. Softwares' data showed significant differences in elder gait that reproduce existent results of non-automated methods data.*

**Resumo.** O comportamento motor de marcha em humanos é uma das funções mais afetadas pelo envelhecimento. A análise da marcha é uma poderosa ferramenta de avaliação no diagnóstico de disfunções, e na predição de métodos de tratamento para as condições patológicas que acometem o indivíduo. Demonstra-se o uso de softwares livres para a análise da trajetória da movimentação da articulação do joelho e do tornozelo durante o comportamento de marcha (ETHOWATCHER), e para a quantificação de propriedades geométricas (IMAGEJ) do eixo joelho-pé. Dados dos softwares demonstraram diferenças significativas na marcha de idosos que reproduzem os resultados de outros métodos não automatizados.

## 1. Introdução

O aumento da população idosa brasileira (Censo 2008, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE) vem criando uma necessidade de uma avaliação mais crítica, tanto quanto intervenções mais apropriadas em relação às alterações provocadas no organismo pelo envelhecimento e suas conseqüências nos hábitos de vida das pessoas, afim de proporcionar uma melhora na qualidade de vida e capacidade funcional do idoso [Coutinho 2002; Perracini 2002].

O envelhecimento é um processo fisiológico complexo, e substancialmente influenciado por condições biológicas e sócio-culturais de cada indivíduo [Pereira 2002], mas apesar de diferentes modos de vida, ninguém escapa das alterações incapacitantes que acompanham esse processo natural [Winter 1991].

Dentre estas incapacidades provocadas pelo envelhecimento estão as alterações do comportamento motor de marcha, que ao longo dos anos demonstra-se uma das funções mais afetadas pelo envelhecimento [Cornoni *et al.* 1986]. De 8 a 19% dos idosos têm dificuldades na marcha ou necessitam de auxílio de outras pessoas ou de equipamentos especiais para caminhar [Alexander 1996]. Essa redução gradativa da eficiência do aparelho locomotor ocorre por reduções da força e da massa muscular, assim como da flexibilidade muscular [Schwartz e Rozumalski 2008].

Apesar de ser considerado o mais comum dos movimentos humanos, a marcha constitui-se em um dos mais complexos e integrados movimentos realizados pelo homem [Winter 1991]. Conhecida como um dos atos motores mais automatizados, a seqüência de eventos que gera o andar é altamente repetitiva, ciclo após ciclo e este padrão se repete entre diferentes indivíduos. Tal regularidade permite que se estabeleçam critérios objetivos para a distinção entre padrões normais e patológicos, bem como, para a discriminação de mudanças qualitativas e quantitativas que acompanham a vida do indivíduo.

A análise da marcha é uma importante ferramenta da prática clínica na avaliação e no diagnóstico de disfunções da marcha, sendo de particular utilidade na predição de métodos de tratamento para as condições patológicas que acometem o indivíduo. Este trabalho apresenta a adaptação de softwares livres existentes de rastreamento locomotor de animais e marcação de artefatos em microbiologia para o uso na avaliação das alterações cinemáticas da marcha decorrentes do envelhecimento do indivíduo.

## 2. Materiais e Métodos

A população do estudo contou com idosos residentes na Casa São Simeão, localizada na Rua Norberto Seara Heusi, 419, bairro Asilo, Blumenau, SC. A instituição abriga 70 idosos (dependentes e independentes). A amostra foi formada por 16 idosos (8 mulheres e 8 homens) voluntários em participar da pesquisa, com idade entre 70 a 80 anos, com marcha independente, sem distúrbios cognitivos, doenças neurológicas, ou traumas anteriores, e que não necessitavam de próteses e ou apoio para deambular.

Os idosos foram orientados a caminhar normalmente em linha reta (em piso plano, sem irregularidades que influenciassem o padrão individual de marcha), ida e volta (caminha numa direção, registra-se o movimento de um dos MMII – membros inferiores –, pára, e volta na outra direção para registro do MI contralateral) sem nenhum tipo de apoio e filmados por uma câmera posicionada a 5 metros de distância (câmera SAMSUNG S750 - 7.2 mega pixel, parâmetros do vídeo: 30 quadros/segundo, resolução 320x240).

O ciclo da marcha foi analisado através do software ETHOWATCHER® (disponível gratuitamente em: [www.ethowatcher.ufsc.br](http://www.ethowatcher.ufsc.br)). Ele permite o rastreamento automático da atividade de um objeto, e foi inicialmente desenvolvido para o rastreamento da atividade de animais de laboratório. Após a análise da atividade, o sistema gera dois arquivos: uma imagem com o traçado do caminho percorrido pelo objeto rastreado, e um relatório (arquivo de texto separado por vírgulas) contendo dados cinemáticos do objeto rastreado (e.g. articulação).

O procedimento de análise de atividade do ETHOWATCHER® baseia-se na técnica de segmentação (que separa o objeto do plano de fundo) chamada subtração de plano de fundo por imagem estática. Esse procedimento subtrai uma imagem de referência (e.g. cena vazia) da imagem contendo o objeto. Seu uso assume que tanto a posição da câmera quanto a iluminação de ambiente sejam relativamente constantes [Intel 1999 *apud* Bose 2003, Kulikov 2010]. Espera-se que assim os únicos pixels diferentes na cena em análise sejam o objeto a segmentar, logo a imagem resultante (da subtração) conterá apenas esse objeto. As pequenas variações de intensidade luminosa (que resultam em pixels isolados não pertencentes ao objeto) são retiradas através do uso de um limiar após a etapa de subtração. Intensidades de cor inferiores a esse limiar são removidas da imagem resultante. Como esta técnica necessita que haja contraste entre o objeto e o ambiente, usou-se de uma fita preta (5 cm de espessura) colocada na articulação do paciente, que atuou como marcador do ponto a rastrear (vide exemplo da Figura 6A).

Além do rastreamento, foram quantificadas variáveis cinemáticas do movimento de marcha usando o software IMAGEJ (disponível gratuitamente em: [www.rsweb.nih.gov/ij/](http://www.rsweb.nih.gov/ij/)). Uma das funcionalidades do IMAGEJ permite ao usuário marcar pontos de interesse na imagem, e extrair atributos geométricos das relações entre os pontos marcados. Entre as variáveis extraídas estão: ângulo do joelho e do tornozelo durante os diferentes estágios de balanço, comprimento do passo e da passada, porcentagem do tempo de apoio e tempo de balanço em relação ao tempo total do ciclo da marcha, velocidade média (m/s) e cadência (passos/minuto). Essas variáveis foram extraídas de imagens tomadas de momentos específicos da marcha (e.g., balanço inicial, balanço médio e balanço final, vide Figura 1) do vídeo de cada paciente, selecionados pelo avaliador.



Figura 1: Acompanhamento do deslocamento do membro inferior esquerdo demonstrando os diferentes estágios de balanço do ciclo da marcha.

### 3. Resultados

Na análise do ângulo da articulação do tornozelo durante os diferentes momentos da fase de balanço, observaram-se diferenças relativas ao sexo do paciente. Para a fase de balanço inicial, as diferenças existentes estão relacionadas ao membro inferior analisado e não ao sexo: entre as mulheres, o ângulo do tornozelo esquerdo se encontra mais aberto que os do direito (aproximadamente 100 e 91 °, respectivamente); já para os homens acontece o inverso, o tornozelo direito apresenta maior grau de extensão plantar que o esquerdo. Na fase de balanço médio, não foi encontrada nenhuma diferença nem entre MMII diferentes nem em relação ao sexo analisado. Na fase final do balanço observou-se um ângulo médio de 110 ° para os homens, enquanto este valor encontra-se entre 98 a 104° para mulheres, demonstrando que as mulheres apresentam movimento de dorsiflexão mais acentuado que os homens. (Fig. 2).

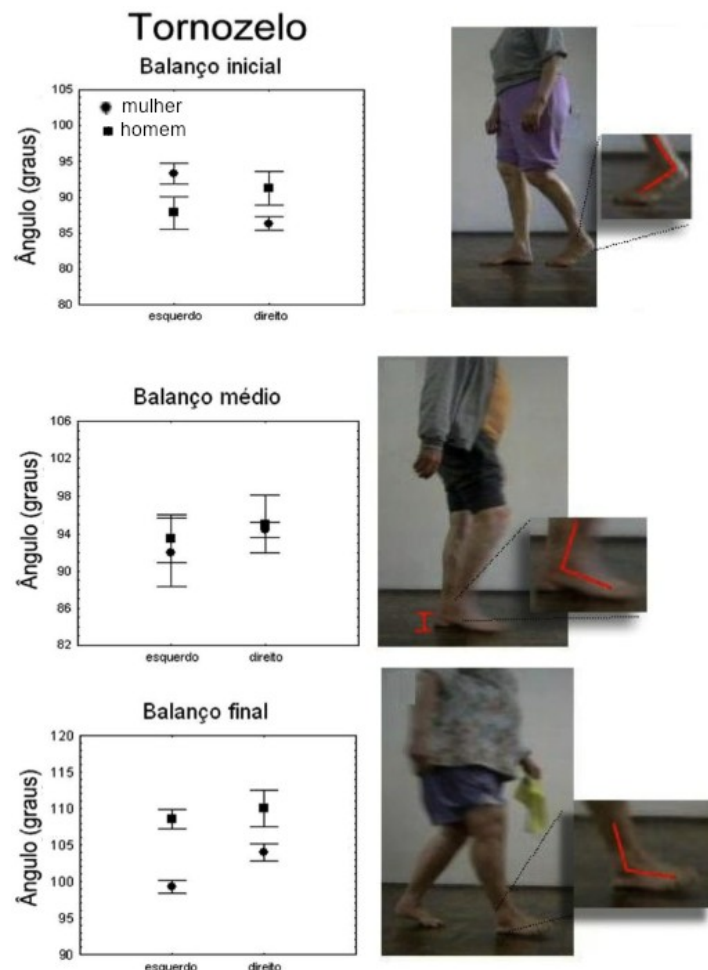


Figura 2: alterações no ângulo do tornozelo durante as fases da marcha.

A Figura 2 apresenta algumas das características biomecânicas marcantes da marcha dos idosos. Durante o balanço inicial, observa-se o tornozelo em 90 ° (aproximadamente), característico da falta de flexão plantar; durante o balanço médio, pode-se ser observada a reduzida elevação do MI direito e também a falta de dorsiflexão plantar.

Nas variáveis passo e passada, observa-se que os sujeitos do sexo masculino apresentam medidas mais elevadas que as mulheres. Entre os homens, a média de comprimento do passo foi de 90 cm, para ambos os MMII; e entre as mulheres foi de 75 cm. O teste ANOVA de uma via demonstrou uma diferença estatisticamente significativa em relação ao comprimento da passada quando comparados os sujeitos de diferentes sexos. A média entre os homens,  $112 \pm 9,7$  cm, é maior ( $p < 0,05$ ) que a média entre as mulheres que é de  $95 \pm 5,8$  cm (Figura 3).

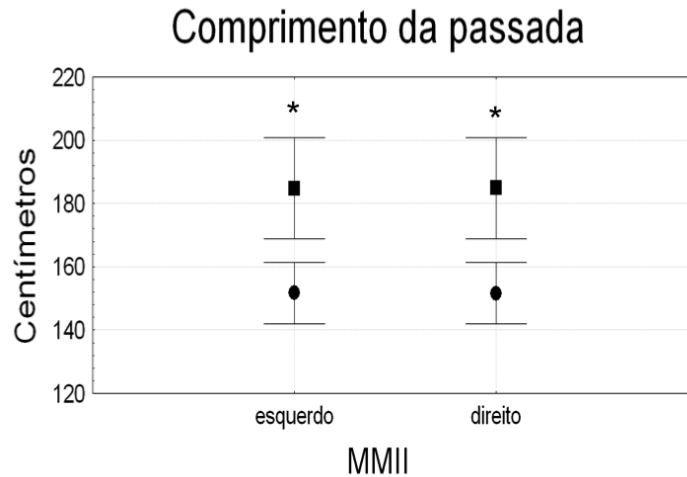


Figura 3: comprimento do passo e da passada (■ homens, ● mulheres, \*  $p < 0,05$ ).

Os dados relativos à porcentagem do tempo de apoio e de balanço em relação ao ciclo total da marcha se assemelham entre homens e mulheres. Para ambos, o tempo de apoio (simples e duplo) fica próximo de 60%, e o tempo de balanço corresponde a 40% do ciclo total da marcha (Figura 4).

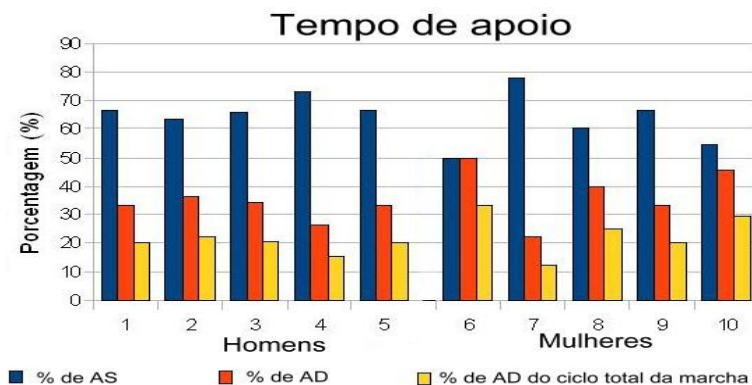


Figura 4: porcentagem das diferentes fases do ciclo da marcha.

Entre as variáveis que dizem respeito à análise dinâmica da marcha, velocidade média e cadência, os resultados são semelhantes, e não há diferença estatisticamente significativa entre os sexos, no entanto, as mulheres apresentam valores marginalmente superiores ( $p = 0,061$ ). Enquanto as mulheres realizam  $98 \pm 6,5$  passos/minuto, os homens apresentam  $87 \pm 5,9$ . Em relação à velocidade média, ambos os sexos atingiram aproximadamente  $1,25 \pm 0,3$  m/s ou  $3,47 \pm 0,9$  km/h (Figura 5).

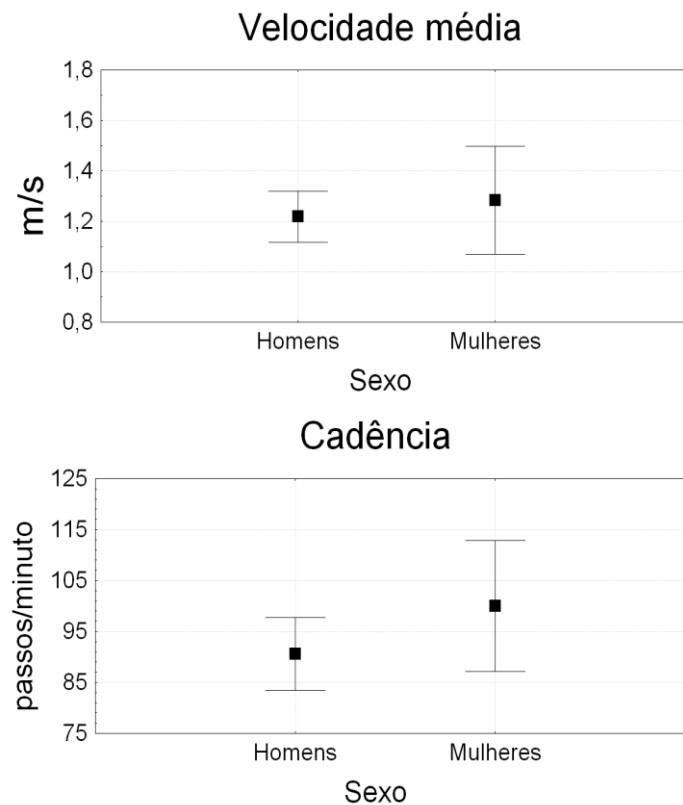


Figura 5: velocidade média e cadência (passos/segundo). Diferenças entre homens e mulheres.

A Figura 6A apresenta a tela do programa ETHOWATCHER® em funcionamento. O sujeito caminha vestindo uma calça branca com uma fita preta amarrada ao joelho. É o contraste entre as cores que torna possível que o programa faça o rastreamento do trajeto que a articulação percorreu durante o experimento. Um traçado médio do trajeto das articulações de todos os pacientes foi calculado, e representa o deslocamento espacial das articulações do joelho e do tornozelo dos pacientes (Figura 6B).

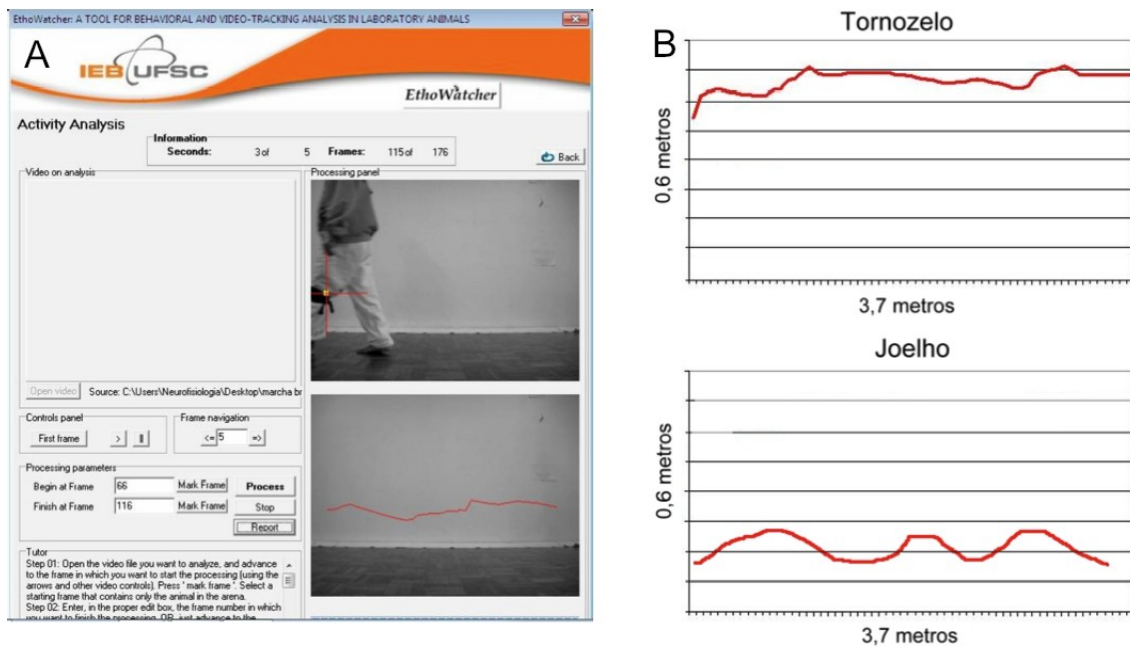


Figura 6: A) exemplo de funcionamento do programa ETHOWATCHER® e B) Média dos valores de deslocamento das articulações do tornozelo e do joelho representado em curva tipo o trajeto extraído pelo programa ETHOWATCHER®.

#### 4. Discussão e conclusões

A análise da marcha é uma abordagem eficiente e econômica de se conhecer algumas das principais características das alterações motoras que acompanham o envelhecimento normal. As alterações na locomoção representam prejuízos debilitantes, que muitas vezes limitam substancialmente a independência funcional do idoso.

Até poucos anos, fisioterapeutas, médicos do esporte e geriatras usavam métodos empíricos de análise visual para destacar e conhecer as disfunções do comportamento da marcha que acompanham o envelhecimento ou simplesmente como método diagnóstico, ou como ferramenta de avaliação da evolução de algum tratamento. Tais métodos tornavam análises *offline* impossíveis. Todas as informações necessárias deveriam ser extraídas na hora da avaliação. O que muitas vezes tornava o diagnóstico mais precipitado, pobre e até mesmo inadequado.

A marcha é um evento cíclico, um comportamento dinâmico. Sua análise como um todo é complicada. A análise feita em segmentos (quadro a quadro) torna possível a detecção de eventos separados que podem contaminar todas as fases seguintes. Pensando nisso este trabalho surgiu como uma proposta alternativa, econômica e fidedigna de avaliar a marcha, um comportamento motor complexo que é substancialmente afetado pelas alterações estruturais e fisiológicas decorrentes do envelhecimento.

Os resultados apresentados sobre a velocidade média dos participantes reforçam os achados que demonstram a diminuição progressiva na velocidade com o aumento da idade. As alterações na marcha encontradas nos idosos participantes deste trabalho apresentam evidências que se somam ao encontrado por outros pesquisadores, demonstrando alterações biomecânicas e funcionais da marcha de idosos, ampliando a

base de dados e ampliando a discussão sobre o estudo de um dos principais comportamentos motores afetados pelo envelhecimento. Estas alterações surgem no decorrer da idade e são independentes de sexo, e aumentam o risco e, sobretudo, o medo de “cair” dos idosos. Não houve nenhum idoso livre de qualquer alteração na marcha, o que aumenta a importância de estudos desta categoria, pelo fato de tais alterações parecerem naturais do envelhecimento e comum a todo idoso.

Os resultados obtidos com o ETHOWATCHER® foram a primeira tentativa de transpor à avaliação clínica em uma ferramenta já estabelecida na pesquisa laboratorial. Os resultados obtidos estão em fase experimental, mas já servem para representar (ainda que de forma básica) o deslocamento irregular das articulações da marcha de idosos. Testes laboratoriais estão em andamento na tentativa de apurar e calibrar as medidas obtidas com o ETHOWATCHER®, e acima de tudo, para dar um sentido biológico e clínico aos seus resultados.

Algumas alterações observadas nas variáveis cinemáticas e no traçado do rastreamento dos sujeitos fazem parte de um repertório de alternativas biomecânicas que os idosos adquirem na tentativa de estabilizar a marcha. O deslocamento espacial das articulações do tornozelo e (principalmente) do joelho sofre variações imprevisíveis, de difícil correção (Figura 6). Observa-se também uma variação entre o comprimento das passadas, que pode ser entendida como resultado da variabilidade do ângulo em que a articulação se encontra na mesma fase da marcha em ciclos diferentes.

O uso combinado de softwares livres permitiu a quantificação do movimento de articulações de sujeitos, aumentando a confiabilidade dos dados obtidos, e reduzindo os vieses de diagnósticos interpretados e baseados em evidências de observação. Entende-se como a próxima etapa deste projeto o desenvolvimento de parcerias para a integração das funções de rastreamento e medição das variáveis cinemáticas do movimento da articulação, ainda que de forma assistida, já que os resultados demonstrados reforçam a aplicabilidade dessas ferramentas.

Discutidas o uso e a validade das medições combinadas do ETHOWATCHER® e ImageJ na avaliação da marcha em pacientes idosos, propõe-se como trabalhos futuros o projeto e a codificação de um software único (e gratuito), que se baseie nas técnicas de processamento de imagens dos softwares citados. Desta forma, esse novo software replicaria os dados obtidos nesse trabalho, além de aperfeiçoar o procedimento de obtenção dos dados.

## Referências

- Alexander N. B. (1996), Gait disorders in older adults, *Journal of American geriatrics society*, v.44:2, pp. 434-451.
- Bose, R. C. (2003), Proposta para um Sistema de Rastreamento e Análise de Movimentos em Animais de Laboratório, Florianópolis, Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina.
- Cornoni H. J., Brock D. B., Ostefeld A. M. (1986), Established populations for epidemiologic studies of the elderly: resource data book, National institutes of health publication, pp. 86-2443.



- Coutinho, E. S. F., e Silva, S. D. (2002), Uso de medicamentos como fator de risco para fratura grave decorrente de queda em idosos, *Cad. Saúde Pública*, v.18, n.5,1pp. 359-66.
- Holton, M. e Alexander, S. (1995) “Soft Cellular Modeling: A Technique for the Simulation of Non-rigid Materials”, *Computer Graphics: Developments in Virtual Environments*, R. A. Earnshaw and J. A. Vince, England, Academic Press Ltd., p. 449-460.
- Intel (1999), *Open Source Computer Vision Library: Reference Manual*, Intel Corporation.
- Kulikov, A. V. *et al.* (2010), Automated analysis of antidepressants’ effect in the forced swim test, *Journal of Neuroscience Methods*, v.191, pp. 26–31.
- Schwartz, M. H. e Rozumalski, A. (2008), The gait deviation index: A new comprehensive index of gait pathology, *Gait & Posture*, v.28, pp.351–357.
- Perracini, M.R. e Ramos, L. R. (2002), Fatores associados a quedas em uma coorte de idosos residentes na comunidade, *Rev. Saúde Pública*, v.36, n.06, pp.709-16.
- Pereira, L.S.M. (2002), Avaliação pelo Fisioterapeuta, In: Maciel A. *Avaliação Multidisciplinar do Paciente Geriátrico*, Rio de Janeiro, Revinter, pp. 43-86.
- Winter, D. (1991), *The Biomechanics and motor control of human gait, Normal, Elderly and Pathological*, Ontario, Canada: University of Waterloo Press.

