

A rotação do voluntário e a calibração influenciam as medidas mensuradas por meio da fotogrametria

Influence on the rotation and the calibration at the measures of the evaluation postural software (SAPO)

MOTA, Y L; MOCHIZUKI, L; SALES, D B de O; MARTINS, M G & CARVALHO, G de A. A rotação do voluntário e a calibração influenciam as medidas mensuradas por meio da fotogrametria. *R. Bras. Ci. e Mov.* 2014; 22(1): 30-34.

RESUMO: Uma forma de obter informações quantitativas durante a avaliação postural é por meio da fotogrametria, que permite analisar a medida da posição, comprimento, ângulo e alinhamento de segmentos corporais. Para o uso confiável da avaliação postural é preciso identificar e discutir as fontes de erro de medição, pois para inferir as alterações posturais por causa de uma lesão, disfunção ou tratamento fisioterápico é preciso proceder a avaliação adequadamente. O estudo tem como objetivo verificar o efeito do posicionamento do voluntário e calibração nas medidas de angulares oferecidas pelo Software para Avaliação Postural (SAPO), a hipótese inicial é que o posicionamento e a calibração afetam as medidas oferecidas. Foram realizadas 28 fotos de um manequim com alinhamento perpendicular e rodado a 4°, 8° e 12° para a direita e para a esquerda. O manequim foi posicionado ao lado de quatro fios de prumo, sendo dois localizados ao lado do manequim, um 40cm posterior e outro 40cm anterior. Análise de variância foi usada. O nível de significância foi $p < 0,05$. Os resultados indicam que a medida sem rotação do manequim tem o menor erro de mensuração e menor dispersão dos erros ($1,4 \pm 0,20$). A rotação para esquerda e para a direita apresentam maior erro do que a ausência de rotação ($-12^\circ: 2,3 \pm 0,30$; $-8^\circ: 2,3 \pm 0,70$; $-4^\circ: 2,2 \pm 0,70$; $12^\circ: 2,0 \pm 0,30$; $8^\circ: 2,5 \pm 10,1$; $4^\circ: 2,2 \pm 1,00$). O erro é menor na calibração padrão ($1,4 \pm 0,20$) comparada com a calibração em 50cm ao lado ($1,5 \pm 0,30$), 1m posterior ($1,7 \pm 0,30$) e anterior ($1,7 \pm 0,30$). Concluiu-se que quanto maior a rotação do voluntário maior os erros, a calibração influenciou nas medidas oferecidas pelo SAPO.

Palavras-chaves: Software; Postura; Fotogrametria.

ABSTRACT: A way to obtain quantitative information in the postural evaluation is with the photogrammetry, which allows analyse measures of position, length, angle and alignment of body segments. To a reliable postural evaluation software, it is necessary to identify and discuss the sources of the errors, because to inform postural changes that occurs after an injury, physical therapy evaluation must proceed properly. The aim of the study is verify the effect of the subject's positioning and calibration at the angle measured by SAPO, the initial hypothesis is that the position and calibration affect the measures offered. It was shot 28 pictures from a model, with a perpendicular alignment and 4o, 8o and 12o rotation to the right and left side. The model was positioned beside four plumbs line, two by its side, other 40cm before and the other one 40 cm after. The analysis of variance was ran. The significance level was $p < 0.05$. The results indicate that data without model's rotation presented the smallest error and dispersion ($1,4 \pm 0,20$). The left and right rotation showed more errors than no rotation ($-12^\circ: 2,3 \pm 0,30$; $-8^\circ: 2,3 \pm 0,70$; $-4^\circ: 2,2 \pm 0,70$; $12^\circ: 2,0 \pm 0,30$; $8^\circ: 2,5 \pm 10,15$; $4^\circ: 2,2 \pm 1,00$). The error is fewer for the standard calibration ($1,4 \pm 0,20$) compared to the side calibration in 50cm ($1,5 \pm 0,30$), 1m before ($1,7 \pm 0,30$) and after ($1,7 \pm 0,30$). In conclusion the more the subject's rotation, the more the errors and the calibration are for the postural evaluation offered by SAPO.

Key words: Software; Posture; Photogrammetry.

Yomara Lima Mota^{1,4}

Luis Mochizuki²

Danielle Batista de Oliveira Sales³

Michelle Guarino Martins³

Gustavo de Azevedo Carvalho^{1,4}

¹ Curso de Fisioterapia da Universidade Católica de Brasília – Brasília (DF), Brasil.

² Curso de Ciências da Atividade Física da Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo – São Paulo (SP), Brasil.

³ Curso de Fisioterapia da Universidade Católica de Brasília – Brasília (DF), Brasil.

⁴ Curso de Mestrado e Doutorado em Educação Física da Universidade Católica de Brasília – Brasília (DF), Brasil.

Recebido: 07/04/2013

Aceito: 22/10/2013

Introdução

A avaliação postural (AP) é o primeiro passo para o início de um tratamento fisioterapêutico¹ de uma deficiência e ou disfunção motora. A forma mais convencional da avaliação postural é a observacional, que apenas oferece informações qualitativas da postura, e que limita as inferências sobre o efeito de intervenções terapêuticas².

Para aprimorar a AP, o primeiro passo é obter informações quantitativas da postura, como as informações cinemáticas por meio da fotogrametria, ou seja, fotos analisadas por meio de um *software*³⁻⁶ para quantificar as alterações posturais, como o *Software* para Avaliação Postural (SAPO). O SAPO é um *software* gratuito que, a partir de fotografias digitais de uma pessoa, permite a medida da posição, comprimento, ângulo e alinhamento de segmentos corporais. Possui funções para usar um protocolo pré-definido ou construir um protocolo de avaliação por meio de marcação livre de pontos, com medidas de ângulos e distâncias, visualização de várias fotos, utilização de *zoom* e calibração da imagem⁷.

Watson e Macdonncha⁸ apontam alguns cuidados na captura da imagem (distância e posicionamento da câmera, uso do tripé, local bem iluminado e posicionamento do avaliado) que são indispensáveis para evitar erros na interpretação da imagem e na mensuração de variáveis. O método fotogramétrico, quando adequadamente utilizado, apresenta dados confiáveis sobre a postura^{9,10}.

Para inferir as alterações posturais por causa de uma lesão, disfunção ou tratamento fisioterápico é preciso proceder a avaliação adequadamente; porém, poucos estudos^{11,12,13} discutem a qualidade das medidas de uma

avaliação postural. Os cuidados para uma boa avaliação postural reduzem, mas não eliminam os erros de medida. É necessário mostrar e discutir as fontes de problemas de medição da AP para que o seu uso seja cada vez mais confiável. Desta forma, o objetivo do estudo foi verificar os efeitos do posicionamento do indivíduo e da calibração nas medidas angulares feitas no SAPO. A hipótese inicial é que o posicionamento e a calibração afetam as medidas oferecidas pelo SAPO.

Materiais e Métodos

Foram realizadas 28 fotos de um manequim articulado de 1,40cm de estatura (*Human Artist Model® - Drawing manequin*) nos planos anterior, posterior, lateral direita e esquerda, em diferentes planos de posicionamento (Figura 1) em relação à câmera. Os planos de posicionamento foram o plano perpendicular e rodado 4°, 8° e 12° para a direita e para a esquerda. O manequim ficou ao lado de quatro fios de prumo (Figura 2), sendo dois ao lado, e dois posicionados a 40cm anterior e posterior do manequim. As imagens foram capturadas com uma câmera fotográfica digital (3,2 megapixels, Sony DSC-P52) posicionada paralelamente ao piso sobre um tripé (*Nikon®*) nivelado, cuja altura foi a metade da estatura do manequim (0,70m). A câmera foi posicionada a 3m de distância do manequim. A calibração no eixo vertical foi feita com 50cm e 1m de distância no mesmo fio de prumo paralelo e a 1m com os fios de prumo deslocados anterior e posteriormente ao manequim. O fio de prumo paralelo e a esquerda do manequim foi utilizado para calibração no eixo horizontal.

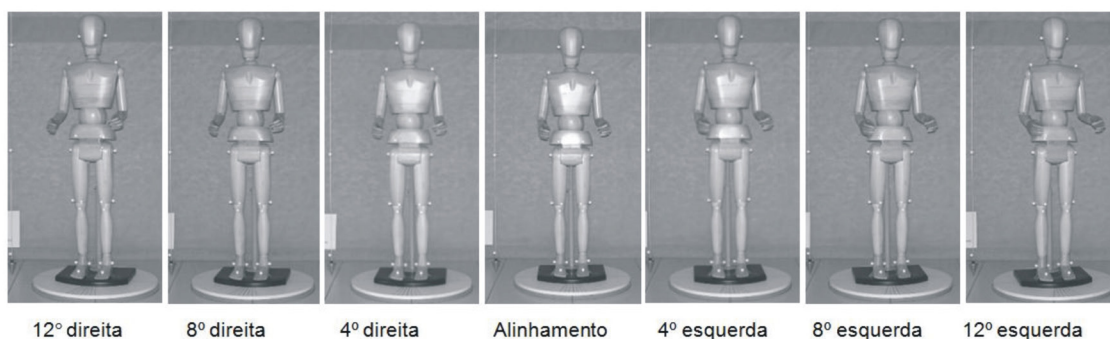


Figura 1. Manequim articulado (*Human Artist Model® - Drawing manequin*), posicionado em diferentes graus de rotação para a direita e esquerda em relação ao plano de posicionamento da câmera

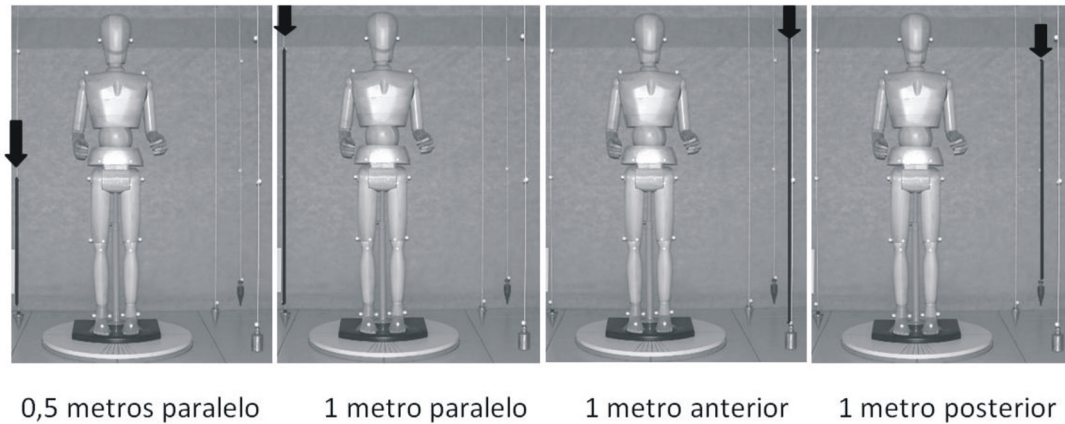


Figura 2. Manequim articulado (*Human Artist Model® - Drawing manequin*), posicionamento dos fios de prumo e dos pontos de calibração

Após o registro das imagens, a digitalização dos pontos no manequim no *software* foi repetida 30 vezes. Todas as digitalizações foram feitas por um mesmo examinador.

Os pontos pré-determinados pelo protocolo do SAPO foram marcados com bolas brancas de isopor de 15 mm de diâmetro, fixadas com fita dupla-face no manequim. Todos os pontos foram posicionados de forma que os valores das medidas entre eles fossem iguais ao padrão de referência descrito no SAPO⁷. Na ausência de valores de referência, foi adotado um valor que posicionasse o manequim o mais próximo do padrão de referência da literatura. Esses pontos representam localizações anatômicas no corpo humano: lóbulo da orelha, acrômio, espinha íliaca ântero-superior, trocânter maior do fêmur, linha articular do joelho, borda superior da patela, tuberosidade da tíbia, maléolos medial e lateral, ponto entre a cabeça do segundo e terceiro metatarso, borda inferior da escápula, espinha íliaca postero-superior, calcâneo, tendão do calcâneo, linha média posterior da tíbia e ainda processos espinhosos da 7ª vértebra cervical (C_7) e da 3ª vértebra torácica (T_3). Por não possuir os referidos pontos, foi considerada a região, no manequim, mais próxima da possível localização dos pontos.

Variáveis analisadas

Foram feitas medidas diretas com um goniômetro (Cardiomed®) e um paquímetro (CG®) dos pontos no manequim. Para a quantificação do erro foram calculadas as diferenças das medidas obtidas por meio do SAPO com as medidas feitas diretamente no manequim. As 26 medidas realizadas direta e indiretamente foram:

- Medidas horizontais: alinhamento horizontal da cabeça (AHC_A), alinhamento horizontal dos acrômios (AHA), alinhamento horizontal das espinhas íliacas ântero-superiores (AHEIAS), alinhamento horizontal da cabeça (C_7), lado direito e esquerdo (AHC_{LD} e AHC_{LE}), alinhamento horizontal da tuberosidade da tíbia (AHTT), alinhamento horizontal da pélvis direita e esquerda (AHP_{LD} e AHP_{LE}).

- Medidas verticais: alinhamento vertical da cabeça (acrômio), lado direito e esquerdo (AVC_{LD} e AVC_{LE}), alinhamento vertical do tronco, lado direito e esquerdo (AVT_{LD} e AVT_{LE}), alinhamento vertical do corpo direito e esquerdo ($AVCO_{LD}$ e $AVCO_{LE}$).
- Medidas angulares: ângulo frontal do membro inferior direito (AFMID), ângulo frontal do membro inferior esquerdo (AFMIE), ângulo Q direito (AQD), ângulo Q esquerdo (AQE), ângulo perna/retropé direito (APRD), ângulo perna/retropé esquerdo (APRE), ângulo do quadril (tronco e membro inferior) direito e esquerdo (AQ_{LD} e AQ_{LE}), ângulo do joelho (AJ_{LD} e AJ_{LE}), ângulo do tornozelo (AT_{LD} e AT_{LE}).

Análise estatística

A partir da medida absoluta das variáveis, foi calculada a variabilidade de cada variável. Após testar a normalidade dos dados (Kolmogorov-smirnov), foram comparadas as medidas nos posicionamentos, ou seja, com o manequim perpendicular a câmera e rodado a 4°, 8° e 12° para a direita e a esquerda e em diferentes calibrações: 0,5 m e 1 m ao lado, 1 m à frente e atrás do manequim por meio da ANOVA *one way* de *Kruskal-Wallis* foi usado com significância $p < 0,05$.

Resultados

Na Figura 3, a medida sem rotação do manequim tem o menor erro de mensuração e menor dispersão do erro ($1,4 \pm 0,2^\circ$) ($p = 0,001$). As rotações para a esquerda (representada no gráfico pelo sinal negativo) e para a direita apresentam maior erro do que a ausência de rotação (-12° : $2,3 \pm 0,3^\circ$; -8° : $2,3 \pm 0,7^\circ$; -4° : $2,2 \pm 0,7^\circ$; 12° : $2,0 \pm 0,3^\circ$; 8° : $2,5 \pm 1,1^\circ$; 4° : $2,2 \pm 1,0^\circ$). Os maiores erros ocorreram com rotação de 8° para a direita e esquerda, respectivamente.

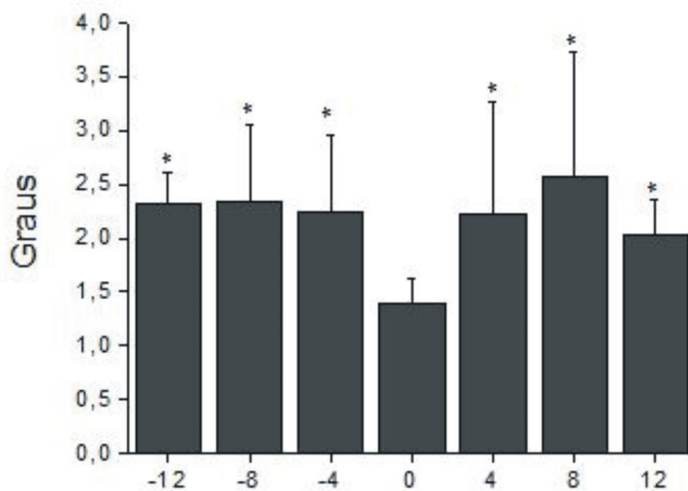


Figura 3. Média e desvio padrão das diferenças, com o manequim rodado para a direita (valores positivos) e para esquerda (valores negativos) a 4, 8 e 12 graus * $p = 0,001$

Na Figura 4, o erro é menor na calibração padrão (1m paralelo: $1,4 \pm 0,2^\circ$) ($p=0,0002$) do que a calibração 0,5m paralela ($1,5 \pm 0,3^\circ$), 1m posterior ($1,7 \pm 0,3^\circ$) e anterior ($1,7 \pm 0,3^\circ$).

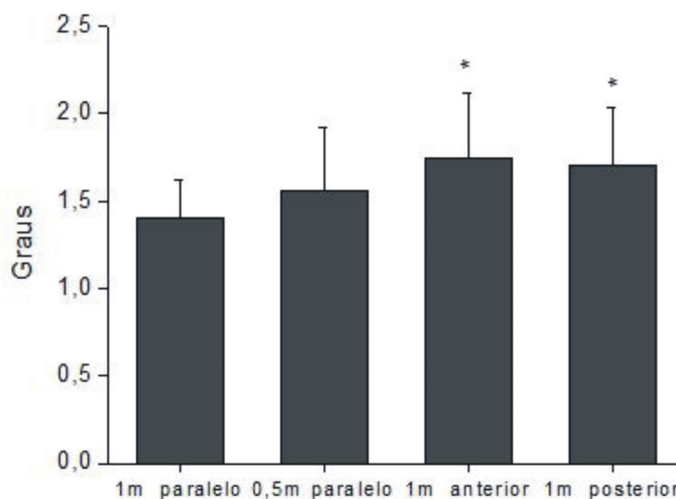


Figura 4. Média e desvio padrão das diferenças com o fio de prumo paralelo e distancia entre pontos de 1 e 0,5 m (1m paralelo), e com o fio de prumo a 40cm anterior e posterior ao manequim (1m anterior e posterior) * $p = 0,0002$

Discussão

O objetivo deste estudo foi avaliar a interferência do posicionamento da pessoa em relação ao plano da câmera e da calibração na avaliação postural efetuada por meio do SAPO. Observamos que medida neutra provoca os menores erros de medida. Para analisar a interferência do posicionamento, um conjunto de medidas foi calculado por meio do *software* SAPO quando o manequim estava em diferentes posições em relação à câmera. Essas diferentes posições foram obtidas por meio da rotação (4°, 8° e 12°) no sentido horário e anti-horário em torno do eixo principal do manequim fixando a distância e a posição vertical do manequim, e serviram para a determinação dos erros das medidas.

As rotações influenciam nos valores de erro das medidas oferecidas pelo software, pois há um aumento do erro com o aumento da rotação. Os valores médios dos erros em diferentes graus de rotação do manequim são próximos de zero e são clinicamente irrelevantes, porém na clínica podem ocorrer erros não só pela rotação, mas devido a palpação, colocação das marcas, ao reposicionamento² que se somam no decorrer do procedimento, sendo necessário minimizá-los para que no final da avaliação estas medidas sejam acuradas. Para minimizar o efeito da rotação um *software* 3D é mais aconselhável. Em um *software* 3D, a influência do posicionamento seria eliminada. Sutherland *et al.*¹⁴ ao validarem um sistema 3D de análise de cargas lombares, não observaram a influência da posição da câmera (posicionada a 0°, 45°, 60° e 90° em relação ao plano sagital) em oito medidas oferecidas pelo sistema.

O SAPO é um *software* para análise bidimensional, porém as alterações posturais ocorrem em 3 dimensões. Por exemplo, o posicionamento da cabeça pode modificar-se em 6 graus de liberdade, nos planos sagital, frontal e transversal e os movimentos rotacionais influenciam nas medidas de posicionamento horizontal e vertical da cabeça¹⁵⁻¹⁷.

A maior dificuldade na análise fotográfica do movimento ou postura humana com um sistema que utiliza uma única câmera é obter coordenadas espaciais acuradas de um segmento devido ao erro perspectivo da fotografia. Li, Bryant e Stevenson¹⁸ analisaram o efeito da utilização de uma única câmera para determinar o ângulo de flexão do cotovelo orientado arbitrariamente em relação à câmera. Para isso os autores utilizaram um modelo matemático e mecânico do braço e concluíram que é possível utilizar uma câmera para análise tridimensional, porém há necessidade de ajustes matemáticos. Janik *et al.*¹⁷ mostraram que a rotação e translação da cabeça podem ser avaliadas com um sistema de análise postural computadorizada a partir de 3 imagens com acurácia e poucos erros. A mudança devido à rotação pode ser devido à digitalização dos pontos que é lenta e exige do usuário tocar manualmente diversos pontos e conforme o manequim foi rodado, aumentou a dificuldade de visualizar os marcadores. Esta dificuldade ocorre sempre que uma pessoa tem rotações em segmentos corporais que o diferencia da posição anatômica em uma condição normal. A digitalização automática reduz o tempo de análise e o

erro de medida.

Santos *et al.*¹⁹ testaram a concordância interexaminadores da fotogrametria aplicada para avaliar o alinhamento postural em crianças, criando um alvo (adesivo Pimaco®) sobre o marcador (esfera de isopor), e acreditam que tal recurso foi imprescindível para conferir maior acuracidade às análises e reduzir variabilidade das medidas.

Na prática, alguns usuários não seguem as orientações para calibração oferecidas pelo software, deixando o indivíduo posicionado levemente anterior ao fio de prumo ou levemente posterior. Um objetivo deste estudo foi comparar o erro das medidas com diferentes formas de calibração. Para isso, foi feita a calibração da imagem com 3 fios de prumo, sendo um ao lado do manequim, um na frente e outro atrás. Diferenças foram encontradas entre a calibração 1 m à frente e 1 m atrás do manequim, com a calibração padrão. Iunes *et al.*² afirmam que é preciso cautela quanto à qualidade da imagem, pois esta não deve apresentar distorções como *zoom* e *paralaxe*, esta é a distância angular determinada entre a posição aparente do objeto e o ponto real²⁰, ou melhor, é a diferença aparente de um corpo quando observado em ângulos diferentes²¹ que induzam o avaliador ao erro. O aumento dos erros das medidas encontradas com a calibração à frente ou atrás do plano do manequim é devido ao efeito *paralaxe*, ou seja, quando se aproxima ou se afasta o fio de prumo da câmera e se atribui os mesmos valores de distância entre os pontos marcados no fio de prumo, se adiciona erros às medidas realizadas pelo *software*. Desta forma, a recomendação feita no manual do *software* deve ser rigorosamente seguida e a calibração deve ser feita com o voluntário lado do fio de prumo.

Foi utilizado um objeto inanimado (manequim) e as medidas foram realizadas por meio de goniômetro e paquímetro, cujos erros sistemáticos foram desconsiderados. Outras fontes de erro como reposicionamento, palpação das marcas anatômicas, entre outros que surgem no modelo humano, não foram quantificados.

Conclusão

Quanto maior a rotação do voluntário, maiores os erros das medidas. A calibração influencia nas medidas oferecidas pelo SAPO.

Deve-se ter cautela na interpretação das medidas de ângulo e alinhamento sempre que o voluntário apresentar rotações dos segmentos corporais e a recomendação feita no manual do *software* para a calibração deve ser seguida rigorosamente.

Agradecimentos

Agradecimento a Vânia Ballo pela subvenção do manequim utilizado neste estudo.

Referências

1. Ferreira EAG. Postura e controle postural: desenvolvimento e aplicação de método quantitativo de avaliação postural. [Tese de doutorado]. São Paulo: Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo; 2005.
2. Iunes DH, Castro FA, Salgado HS, Moura IC, Oliveira AS, Bevilaqua-Grossi D. Confiabilidade intra e interexaminadores e repetibilidade da avaliação postural pela fotogrametria. *Rev Bras Fisioter.* 2005;9:327-34.
3. Castro PCG, Lopes JAF. Avaliação computadorizada por fotografia digital, como recurso de avaliação na reeducação postural global. *Revista Acta Fisiátrica.* 2003;102: 83-88.
4. Harrison DE, Janik TJ, Cailliet R, Harrison DD, Normand MC, Perron DL, et al. Validation of a computer analysis to determine 3-D rotations and translations of the rib cage in upright posture from three 2-D digital images. *Eur Spine J.* 2007;16:213-8.
5. Sacco ICN, Alibert S, Queiroz BWC, Pripas D, Kieling I, Kimura AA, et al. Confiabilidade da fotogrametria em relação a goniometria para a avaliação postural de membros inferiores. *Rev Bras Fisioter.* 2007;11:411-1417.
6. Rodrigues ACC, Romeiro CAP, Patrizzi LI. Avaliação da cifose torácica em mulheres idosas portadoras de osteoporose por meio da biofotogrametria computadorizada. *Revista Brasileira de Fisioterapia.* 2009;13: 205-09.
7. Duarte M [homepage na internet]. “Portal do Projeto Software para Avaliação Postural” [acesso em 27 mar 2006]. Disponível em: <http://sapo.incubadora.fapesp.br/portal>.
8. Watson AWS, Macdonncha CA. Reliable technique for the assessment of posture: assessment criteria for aspects of posture. *Journal Sports Medicine Physical Fitness* 2000; 40: 260-70.
9. Normand MC, Harrison DE, Cailliet R, Black H, Harrison DD, Holland B. Reliability and measurement error of the BioTonix video posture evaluation system – Part I: Inanimate Objects. *J Manipulative Physiol Ther.* 2002;25:246-50.
10. Choobineh A, Hosseini M, Lahmi M, Sharifian S, Hosseini AH. Weaving posture analyzing system (WEPAS): introduction and validation. *International Journal of Industrial Ergonomics.* 2004;34:139-47.
11. Paul JA, Douwes M. Two dimensional photographic posture recording and description a validity study. *Applied Ergonomics.* 1993;24:83-90.
12. Braz RG, Goes FP, Carvalho GA. Confiabilidade e validade de medidas angulares por meio do software para avaliação postural. *Fisioter Mov* 2008;21:117-26.
13. Ferreira EAG, Duarte M, Maldonado EP, Burke TN, Marques AP. Postural assessment software (PAS/SAPO): validation and reliability. *Clinics* 2010;65:675-81.
14. Sutherland CA, Albert WJ, Wrigley^{AT}. A validation of a posture matching approach for the determination of 3d cumulative back loads. *Applied Ergonomics* 2008; 39: 199-208.
15. Grimmer K. Measurement of cervical excursion angles in a treatment setting: a pilot study. *Physiotherapy* 1993; 79: 451-6.
16. Ordway NR, Seymour R, Donelson RG, Hojnowski L, Lee E, Edwards WT. Cervical sagittal range-of-motion analysis using three methods. Cervical range-of-motion device, 3space, and radiography. *Spine* 1997; 22:501-8.

17. Janik TJ., Harrison DE, Cailliet R, Harrison D, Normand MC, Perron DI. Validity of a computer postural analysis to estimate 3-dimensional rotations and Translations of the head from three 2-dimensional digital images. *Journal Manipulative Physiological Therapeutics* 2007; 30: 124-129.
18. Li J, Bryant JT, Stevenson JM. Single camera photogrammetric restricted 3D motion analysis. *Biomedical Engineering* 1990;12: 69-74
19. Santos MM, Silva MPC, Sanada LS, Alves CRJ. Análise postural fotogramétrica de crianças saudáveis de 7 a 10 anos: confiabilidade interexaminadores. *Rev Bras Fisioter* 2009;13:350-5.
20. Mariconda PR. O alcance cosmológico e mecânico da carta de Galileu Galilei a Francesco Ingoli; *Scientiae Studia* 2005, 3: 443-65.
21. Prado JCL, Santili C, Akkari M, Waisberg G, Kessler C. Hiperextensão do quadril: uma nova incidência radiográfica na epifisiólise femoral proximal. *Revista Brasileira de Ortopedia* 2001; 36: 117-120.