

## DETECÇÃO DAS CURVATURAS E TORÇÕES DA COLUNA VERTEBRAL POR MEIO DE ANÁLISE TRIDIMENSIONAL QUANTITATIVA

### DETECTION OF CURVATURES AND TORSIONS IN THE SPINAL COLUMN THROUGH QUANTITATIVE TRIDIMENSIONAL ANALYSIS

Renata Landucci ORTALE<sup>1</sup>

René BRENIKOFER<sup>2</sup>

José Roberto ORTALE<sup>3</sup>

#### RESUMO

*O propósito deste trabalho é apresentar um método para análise quantitativa e tridimensional da coluna vertebral em posição estática. O método apresentado utiliza registros fotográficos estereoscópicos, medição das imagens em mesa digitalizadora e análise dos dados através de programas computacionais, desenvolvidos para agilizar os procedimentos da reconstrução e das torções geométricas 3D da coluna vertebral. Aplicamos este método em três voluntários, submetidos a uma avaliação postural clínica, antes da realização dos experimentos fotográficos. Os pontos de interesse estenderam-se da base do occipital até o processo espinhoso da quarta vértebra lombar, somando um total de vinte pontos. Os resultados obtidos são apresentados sob a forma de seis gráficos para cada sujeito: dois correspondem ao ajuste polinomial das projeções das curvas da coluna vertebral nos planos sagital e frontal, outros dois às curvaturas bidimensionais nos mesmos planos, um à curvatura 3D e o último à torção geométrica 3D. Estas variáveis estão representadas nos gráficos em função da coordenada vertical. Assim detectamos as regiões da coluna, onde aparecem as curvaturas e torções geométricas 3D. Este método permite quantificar, com boa sensibilidade, as deformidades da coluna, como lordoses, cifoses e escolioses. Os resultados obtidos mostraram uma boa correlação com os do diagnóstico clínico.*

**Palavras chave:** *coluna vertebral, postura, tridimensional, curvatura e torção.*

#### ABSTRACTS

*This paper introduces a method for quantitative and tridimensional analysis of the spinal column in a static position. The method utilizes stereoscopic photographic*

---

<sup>(1)</sup> Bolsista da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

<sup>(2)</sup> Prof. Dr. do Instituto de Física "Gleb Wataghin" - UNICAMP, Laboratório de Instrumentação para Biomecânica.

<sup>(3)</sup> Prof. Titular de Anatomia do Instituto de Ciências Biológicas e Química, PUC-Campinas.

*registers, image measurement in digitalized table and data analysis using software developed in order to supply quantitative results in the format of graphs representing the 3D curvatures and geometrical torsions of the spinal column. The method was applied to three voluntary subjects who, before having their photographic registers taken, were submitted to a clinical posture evaluation. A total of twenty anatomic points were marked with contrasting adhesive disks. The points of reference went from the occipital basis until the spinous process of the fourth lumbar vertebra. The results are presented in six graphs for each subject. Two graphs represent the polynomial projection of the spinal column curves in the sagittal and frontal planes. Two other graphs represent the bidimensional curvatures in the same planes. One graph represents the 3D curvature and the last one represents the geometric 3D torsion. In all these graphs the variables are represented in function of the vertical coordinate. This method successfully detected in which regions of the spinal column 3D curvatures and geometrical torsions occur. It enables the users to quantify, with accuracy, spinal column deformities, such as, lordosis, kyphosis and scoliosis.*

**Key words:** *spinal column, posture, tridimensional, curvature, torsion.*

## INTRODUÇÃO

As condições de vida, na atualidade, vêm produzindo um maior número de portadores de problemas na coluna vertebral, devido a muitas causas, por exemplo: traumatismos, doenças, hereditariedade e hábitos posturais inadequados. Cresce, portanto, o número de problemas ligados à hábitos de postura, por fatores ocupacionais e ambientais (RASCH & BURKE, 1987).

O estudo mais aprofundado da postura humana exige metodologias adequadas e precisas, que permitam fazer uma análise quantitativa tridimensional da coluna vertebral e de suas alterações. Consideramos três razões principais para o desenvolvimento destas metodologias: 1) o dorso humano é uma estrutura tridimensional, portanto as alterações no alinhamento da coluna devem ser analisadas no espaço; 2) a necessidade de prover um diagnóstico preciso da deformidade e conseqüentemente poder indicar um tratamento; 3) a possibilidade de acompanhar o efeito de exercícios ou os resultados de tratamentos.

O exame por raio X e a tomografia computadorizada fornecem informações detalhadas a respeito de deformidades da coluna vertebral, pois permitem a visualização de regiões específicas ou até da coluna vertebral inteira, possibilitando um diagnóstico completo da mesma (JOHNS & CUNNINGHAM, 1983). No entanto, tais métodos são potencialmente agressivos e utilizam equipamentos de alto custo, dificultando a sua

aplicação para a investigação científica e a análise postural de uma população.

Já os métodos de ABDEL-AZIZ & KARARA (1974) e de MILES & SPEIGHT (1975) fizeram a análise tridimensional de objetos, mas não foram aplicados aos estudos das deformidades da coluna vertebral.

FROBIN & HIERHOLZER (1981,1982), NOSSE (1985), PHILIPPENS *et al* (1987) e AALTO *et al* (1988) descreveram parcialmente as características da forma externa do dorso e da postura, porém não quantificaram os desvios das curvaturas da coluna e outras alterações no alinhamento da coluna.

O método de ASSENTE *et al* (1987) analisou a localização tridimensional de pontos anatômicos para a escoliose e conseguiu detectar algumas conseqüências desta deformidade espinhal, como por exemplo a rotação da pelve.

FRANÇA (1991) referiu que, devido à grande variedade dos padrões moiré, quanto ao posicionamento do indivíduo, ao formato e ao comprimento da sua superfície dorsal, não foi possível afirmar que as fotos Moiré dos indivíduos possam ser utilizadas na comparação com exames subseqüentes. Este fato inviabiliza a aplicação do método para o estudo da evolução da deformidade espinhal no mesmo indivíduo em diferentes fases e também para comparação de posturas em uma população.

Já o método de BREZIKOFER (1991, 1993) fez a reconstrução tridimensional de pontos anatômicos e obteve resultados com um grau de precisão satisfatório (desvio padrão abaixo de 4 mm). No entanto este método, lento e trabalhoso, inviabiliza um trabalho sistemático com um número suficiente e necessário de indivíduos para garantir significância estatística na detecção de problemas posturais. Além disso, este método não é direcionado para a aplicação em avaliação postural, haja visto que o mesmo não explicita parâmetro específicos da postura estática do indivíduo, como, por exemplo, as curvaturas da coluna vertebral.

PONCET et al (1992) referem que a torção geométrica, definida matematicamente pelas fórmulas de Frenet, caracteriza a forma geral da curva 3D, que passa através das vértebras torácicas e lombares. Esta torção também pode apresentar interesse clínico para o diagnóstico e/ou prognóstico da evolução da deformidade espinhal. Este autor explica que esta torção é diferente da torção mecânica, a qual pode ser medida através de um ângulo e produz uma deformação estrutural. Portanto, entendemos que a análise da coluna vertebral através de suas curvaturas e torções geométricas 3D, pode fornecer informações quantitativas importantes a cerca das deformidades espinhais ou mesmo da coluna normal.

O objetivo deste trabalho é apresentar um método para análise quantitativa tridimensional da forma geométrica da coluna vertebral em posição estática.

Neste trabalho interdisciplinar, os conceitos básicos sobre a anatomia da coluna vertebral, foram fundamentados em WARWICK & WILLIAMS (1973) e DÂNGELO & FATTINI (1985).

## MATERIAL E MÉTODO

### a) Experiência fotográfica

O método é baseado na reconstrução tridimensional de pontos representativos do dorso, a partir de fotografias estereoscópicas tiradas em um ambiente calibrado.

O sistema de referência consta de um canto de sala com solo e duas paredes, que formam

ângulos de aproximadamente 90 graus entre si. As paredes são brancas e nelas foram pintados pontos de referência pretos de localizações 3D conhecidas (fig 1).

Utilizamos duas câmeras fotográficas: câmera 1 (marca Pentax, filme Fuji Film, asa 400-Pr 133) e câmera 2 (marca Ricoh, filme Fuji Film, asa 400-Pr 133). Elas foram fixadas em tripés e posicionadas para registrar o sujeito sob diferentes ângulos. Todos os filmes fotográficos utilizados foram preto e branco. Utilizamos trena, fio de prumo e régua para avaliar as coordenadas Cx, Cy e Cz do centro óptico de cada câmera, visto que este é inacessível por se encontrar dentro das máquinas.

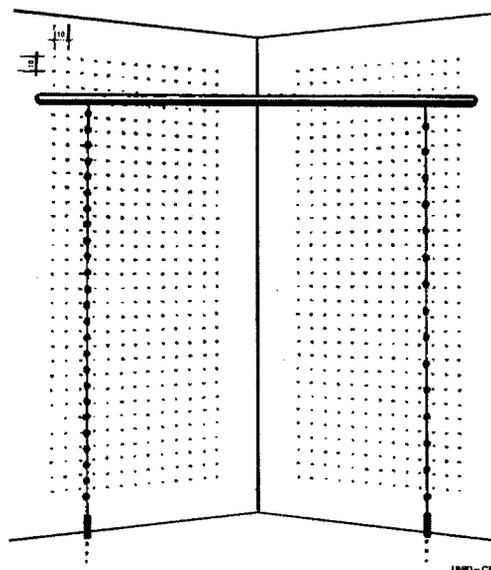


Figura 1. Esquema do sistema de referência com as medidas.

Para testar a calibração do método de reconstrução tanto na horizontal quanto na vertical incorporamos, no experimento previamente descrito, dois prumos. Cada um era constituído de uma corrente, a qual passava pelo centro de esferas de madeira dispostas de forma equidistante. Eles apareciam em todas as fotos tiradas para a reconstrução e a sua posição era tal, que se encontravam aproximadamente no plano dos pontos do dorso reconstruídos.

Foram fotografados três voluntários, submetidos previamente a uma avaliação postural,

por um fisioterapeuta, para o diagnóstico clínico da coluna vertebral. A avaliação postural consistia de inspeção visual, nos planos sagital e frontal, e teste de flexão do tronco.

Os dados dos três voluntários são descritos a seguir:

- Sujeito 1: sexo: feminino; idade: 44 anos; altura: 1,60 m; peso: 58 k. Diagnóstico clínico: lordose (acentuação da curvatura lombar), cifose (acentuação da curvatura torácica) e escoliose torácica direita (desvio lateral da coluna no plano frontal).

- Sujeito 2: sexo: feminino; idade: 26 anos; altura: 1,75 m; peso: 65 k. Diagnóstico clínico: lordose.

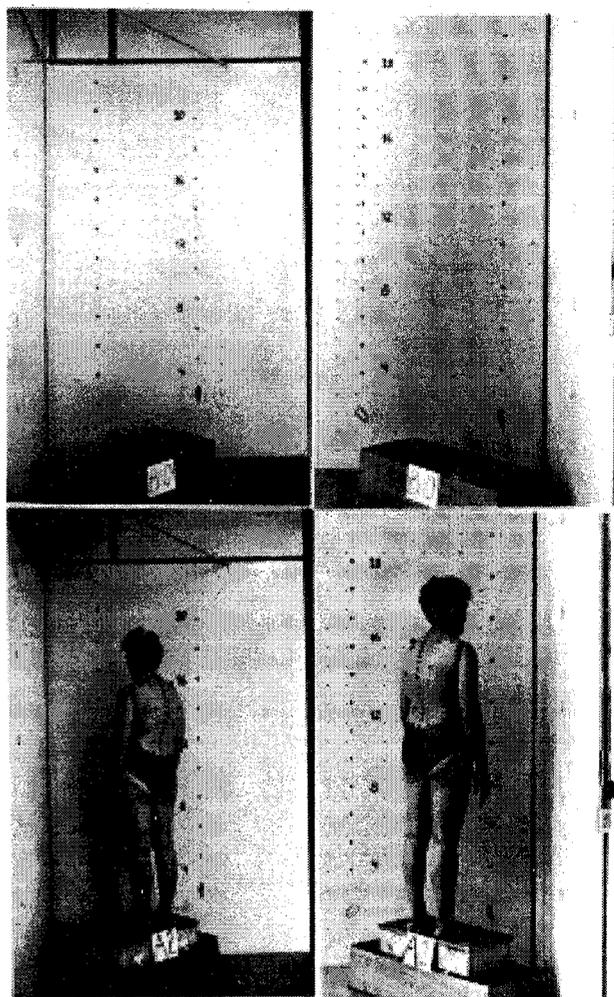
- Sujeito 3: sexo: masculino; idade: 29 anos; altura: 1,85 m; peso: 75 k. Diagnóstico clínico: cifose.

O vestuário utilizado pelos voluntários foi um maiô.

O procedimento para marcação dos pontos anatômicos foi baseado em SNELL (1984). Por meio de palpação, foram localizados os processos espinhosos das vértebras e pontos bilaterais. Marcamos esses pontos com discos circulares pretos, os quais eram de mesmo diâmetro (12,5 mm) autocolantes e contrastantes com a cor da pele (ver fig. 2).

Sobre a pele do indivíduo foram marcados pontos medianos e bilaterais. Os pontos medianos eram marcados sobre a coluna vertebral, desde o nível dos processos espinhosos pertencentes à L4 até duas vértebras acima da proeminente, somando um total de 20 pontos para o sujeito 1 e 26 para os sujeitos 2 e 3. O ponto nº 1 corresponde a L4 e assim sucessivamente até o processo espinhoso de C5. Os pontos bilaterais foram marcados na seguinte ordem: vértice do ângulo superior da escápula; vértice do ângulo inferior da escápula; vértice do ângulo acromial; espinha íliaca pósterosuperior; ponto situado no centro da fossa poplíteia; vértice da tuberosidade do calcâneo. O número total de pontos anatômicos marcados foi trinta e dois para o sujeito 1 e 38 para os sujeitos 2 e 3. Os pontos anatômicos foram marcados nos sujeitos quando estes se encontravam em posição ereta e estática, ou seja prontos para serem fotografados.

Desta maneira foram evitados deslocamentos devido à movimentação da pele.



**Figura 2 a, b.** Foto do sistema de referência. **c, d** - Foto do sujeito com os pontos anatômicos.

Para identificar as fotografias, utilizamos um bloco alfa-numérico colocado no cenário. Primeiro tiramos fotografias somente do sistema de referência e obtivemos, para cada uma das câmeras, as fotos: B0 (figura 2a e b). Após estas fotos, pedimos para o sujeito colocar-se de frente para o sistema de referência, permanecer em posição ereta e estática, procurar distribuir seu peso de maneira igual entre as duas pernas. Para realização das fotografias, dois operadores disparavam simultaneamente suas câmeras. Através deste procedimento obtivemos, para cada câmera as fotos dos sujeitos 1, 2 e 3. A partir dos negativos, selecionamos para cada câmera quatro fotos, sendo

uma do sistema de referência e as outras dos sujeitos 1, 2 e 3. A ampliação foi feita em papel fotográfico Kodakrome Print RC, tamanho 20,3 cm x 25,4 cm. Desta forma obtivemos oito fotografias.

#### b) Digitalização das fotos e programas computacionais

Para obtermos as coordenadas  $P_x$  e  $P_y$  dos pontos de interesse nas fotos, utilizamos uma mesa digitalizadora modelo "Da Vinci", formato A3 (320,0 mm x 440,0 mm de área útil), fabricada pela DIGIGRAF. Esta mesa está acoplada a um microcomputador PC XT equipado com o programa computacional AUTOCAD. Para calibrar a mesa usamos uma folha de papel milimetrado (tamanho A3) e colocamos a fotografia sobre este, dentro da área calibrada.

Utilizamos uma seqüência pré-estabelecida para a digitalização do sistema de referência e dos pontos anatômicos. Fizemos a digitalização de cada ponto com o auxílio de uma lupa, para que o cursor da mesa fosse colocado com precisão no centro de cada ponto. A digitalização dos pontos podia ser acompanhada, visualmente, por uma imagem gerada na tela do monitor. Utilizamos programas computacionais desenvolvidos por ORTALE (1993) para agilizar os procedimentos da reconstrução tridimensional e para fazer a análise postural em termos de curvatura e torção geométrica 3D. O método de reconstrução utilizado foi proposto por BREZIKOFER (1993) e escrito em linguagem de programação FORTRAN. Para a análise matemática da curvatura e torção 3D o ajuste polinomial paramétrico foi feito pelo método de quadrados mínimos, fundamentado em BEVINGTON (1969).

#### RESULTADOS

Os resultados do programa para curvatura e torção geométrica 3D foram impressos sob a forma de gráficos.

Os gráficos das curvas mostrados nas figuras 3 a 5 correspondem à análise da coluna vertebral dos sujeitos 1, 2 e 3, descritos anteriormente. Em todos os gráficos as variáveis são apresentadas em função da coordenada vertical Z.

As curvas A e B mostram os pontos reconstruídos e o ajuste polinomial das projeções das curvas da coluna vertebral nos planos sagital e frontal, respectivamente. Nota-se que a qualidade do ajuste obtido por quadrados mínimos foi boa.

As curvas C e D correspondem à curvatura bidimensional, nos planos sagital e frontal, respectivamente e a curva E, por sua vez, corresponde à curvatura tridimensional. Tanto a curvatura bi- quanto a tridimensional são definidas como o inverso do raio de curvatura local.

A curva F corresponde à torção, a qual indica a taxa de rotação do plano osculador da curva ajustada no espaço.

Através do método proposto podemos detectar nas curvas A, referentes ao plano sagital, dos sujeitos 1, 2 e 3 as curvas lombar e torácica.

A partir da análise das curvas B, referentes ao plano frontal, podemos observar que:

- o sujeito 1 apresenta um desvio da região torácica para a direita e da lombar para a esquerda;
- o sujeito 2 apresenta um leve desvio para a esquerda na região torácica;
- o sujeito 3 apresenta um leve desvio para a esquerda na região lombar.

As curvas C e D quantificam as curvas A e B respectivamente; a partir delas determinamos os valores das curvaturas bidimensionais, nas regiões lombar e torácica, nos planos sagital e frontal, respectivamente.

De fato, a partir das curvas C podemos quantificar as curvaturas da lordose e da cifose. As curvas D quantificam os desvios laterais da coluna no plano frontal. Por exemplo, podemos observar na curva D:

- do sujeito 1: que as curvaturas 2D na região de Z 0,13 a 0,20 m quantificam o desvio observado nesta mesma região da curva B;
- do sujeito 2: que as curvaturas 2D na região de Z 0,06 a 0,18 m quantificam o desvio observado nesta mesma região da curva B;
- do sujeito 3: que as curvaturas 2D na região de Z cerca de -0,06m a -0,18 m quantificam o desvio observado nesta mesma região da curva B.

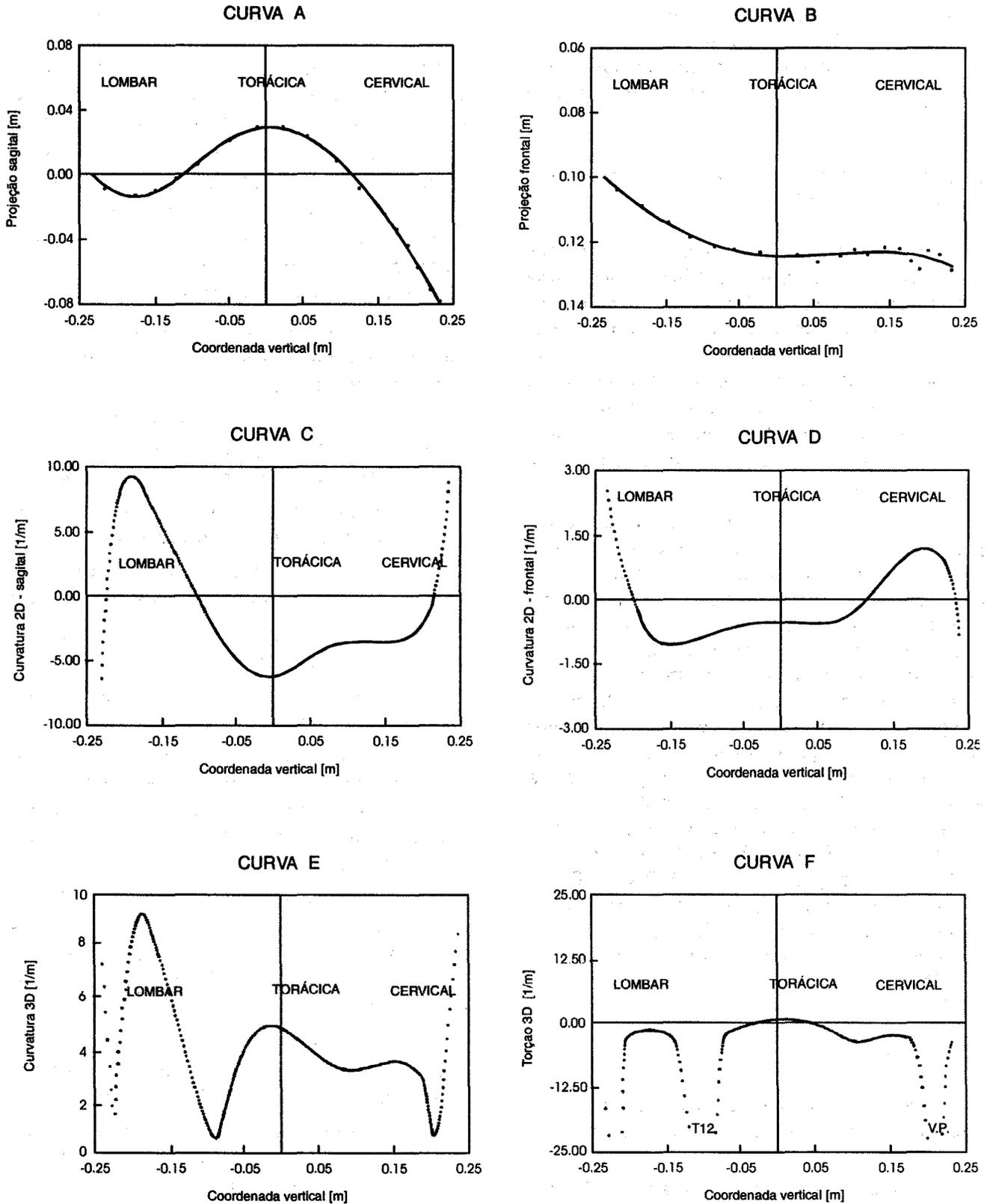


Figura 3 - Gráficos das curvas do sujeito 1.

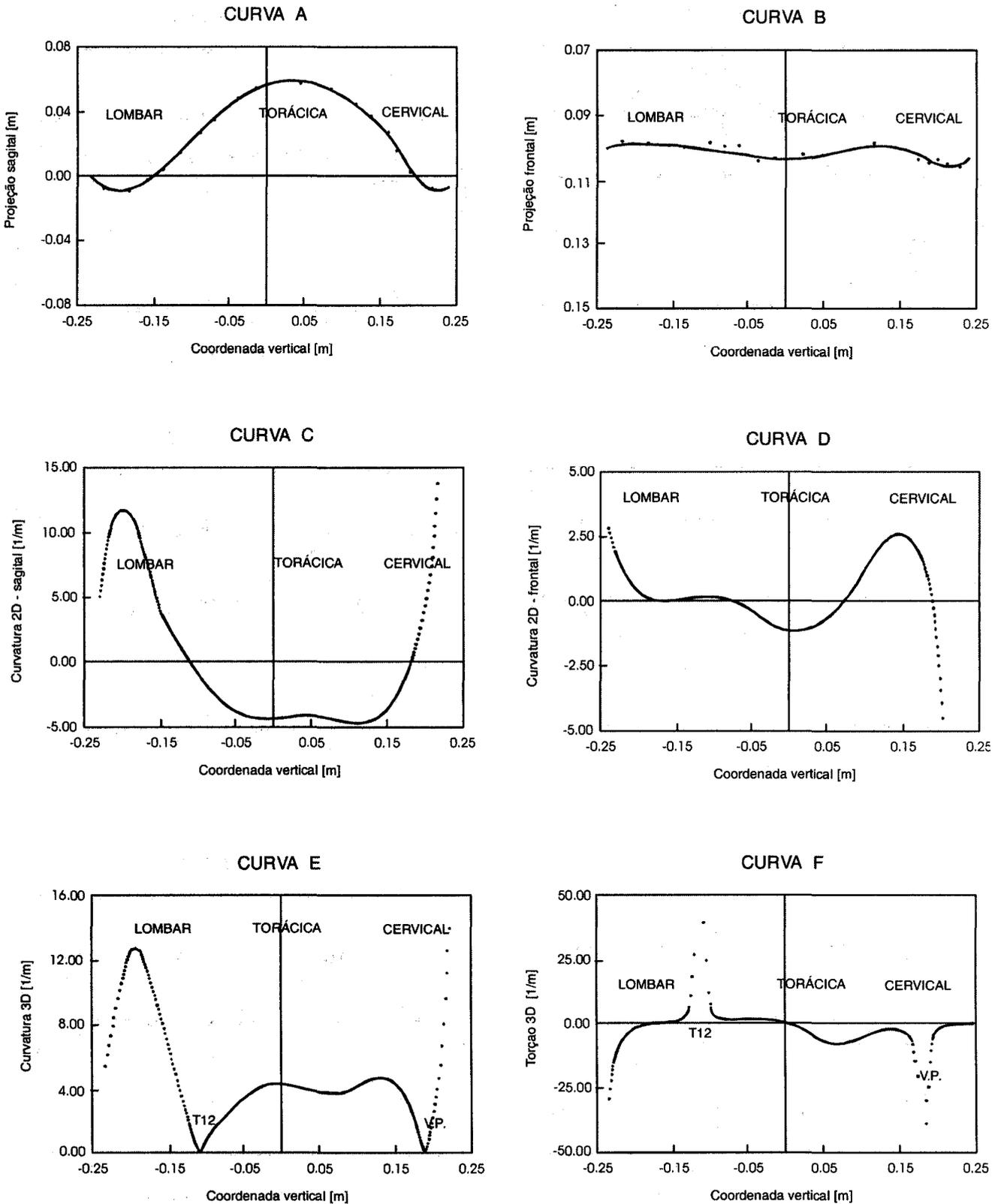


Figura 4 - Gráficos das curvas do sujeito 2.

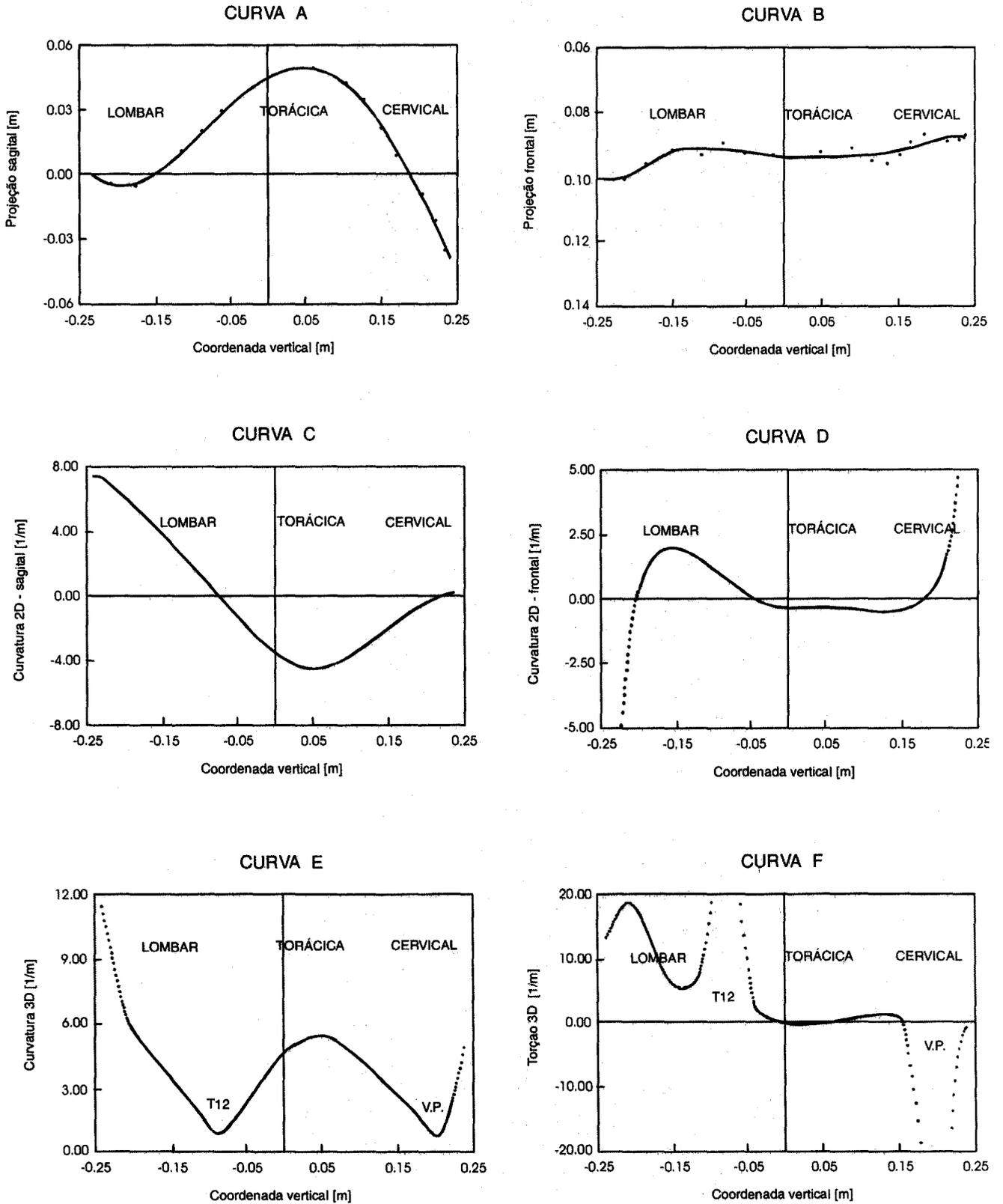


Figura 5 - Gráficos das curvas do sujeito 3.

Nas curvas C e D comparadas à E, dos sujeitos 1, 2 e 3, podemos observar, na região de transição da coluna lombar para a torácica (região de T12), que não há somente uma mudança de concavidade da curva no plano sagital, visível nas curvas C, mas há também um mínimo de curvatura 3D, visível nas curvas E. Esta curvatura mínima representa o efeito da curvatura observada, para a mesma região, nas curvas D (plano frontal - desvios laterais). Na transição da região da vértebra proeminente para as vértebras cervicais aparecem as mesmas características.

As curvas F apresentam dois picos de torção, em T12 e na vértebra proeminente (V.P.), os quais traduzem geometricamente a passagem de côncavo para convexo, em T12 e vice-versa na vértebra proeminente. Estes picos não têm correspondência com as propriedades anatômicas da coluna.

Na curva F do sujeito 1, na região torácica, Z cerca de 0,09 m, aparece uma torção, o que indica a rotação no alinhamento dos processos espinhosos das vértebras, devido à escoliose torácica direita, simultânea à cifose. Na curva F do sujeito 2 aparece um sinal de torção geométrica na região de Z entre 0,03 m a 0,13 m. Esta torção é o resultado das curvaturas observadas simultaneamente nos planos sagital e frontal, as quais podem ser vistas, nesta mesma região, nas curvas A, B, C e D. Na curva F do sujeito 3 também aparece um sinal de torção geométrica na região de Z cerca de -0,15 m, o que corresponde à mesma região das curvaturas nas curvas A, B, C e D.

Para os picos de torção observados na região lombar, Z cerca de -0,23 m, das curvas F, não podemos garantir que haja uma torção real. Pois que esta torção aparece no final do intervalo de medição, na região do último ponto anatômico marcado na coluna do sujeito, o qual corresponde ao processo espinhoso da quarta vértebra lombar.

## DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Apesar da literatura apresentada apontar para métodos que contribuíram para o estudo da postura humana, constatamos a ausência de um método para análise da forma geométrica da coluna vertebral quantitativa tridimensional, que fosse de aplicabilidade viável e simples. Assim, o objetivo

deste trabalho foi obter uma análise quantitativa e tridimensional da coluna e suas possíveis anomalias, mediante a utilização de um método, que realiza a análise, em termos de curvatura e torção geométrica 3D, de pontos anatômicos marcados na pele sobre os processos espinhosos da coluna vertebral.

Consideramos que o método de palpação direta utilizado para fazer a marcação dos pontos tem algumas limitações e erros. De acordo com DRERUP & HIERHOLZER (1985, 1986 e 1987), existe uma correlação entre a forma da superfície do dorso e suas estruturas intrínsecas. Assim o método de palpação direta, para determinação das marcas de pontos anatômicos, pode apresentar erros atribuíveis ao movimento da pele e ao procedimento de marcação. Porém, segundo TESTUT & JACOB (1956), a pele do dorso é grossa e, na linha mediana, está fixada por feixes de tecido conjuntivo denso, que partem da face profunda da derme e vão se inserir nos ligamentos da nuca e supraspinal, implicando em uma baixa amplitude de movimento da pele nesta região.

Segundo CAILLIET (1979) as escolioses torácicas são acompanhadas por uma escoliose lombar compensatória. Este fato pode ser observado na curva B do sujeito 1, onde a escoliose torácica direita é compensada pela escoliose lombar esquerda.

Os desvios da coluna vertebral no plano frontal, observados nas curvas B e quantificados nas curvas D, dos sujeitos 2 e 3, não puderam ser detectados ao exame clínico, pelo fato de serem leves. Para confirmar o desvio, à esquerda, encontrado na região lombar da curva B do sujeito 3, utilizamos chapas de raio X. Desta maneira, ainda que de forma preliminar, pudemos verificar a boa sensibilidade do método em detectar alterações leves no alinhamento da coluna vertebral.

Conseguimos detectar as regiões da coluna, onde aparecem as curvaturas e torções geométricas 3D, além de quantificá-las. Devido à marcação dos pontos ter sido feita na pele sobre os processos espinhosos, as torções não representam uma rotação das vértebras, mas sim uma rotação do plano osculador.

As alterações detectadas são sensíveis à deformidades como cifose, lordose, escoliose,

enfim àquelas que possam ser evidenciadas através de alterações no alinhamento da coluna vertebral, pelos processos espinhosos.

Os resultados apresentados neste trabalho mostraram que o método tem potencial para detectar alterações leves no alinhamento da coluna vertebral e é capaz de quantificar as curvaturas e torções dos pontos anatômicos. O conhecimento destas alterações no início (quando não são agudas) pode viabilizar a prevenção de futuros problemas posturais.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AALTO, H., PYYKKO, I. & STARCK, J. 1988. Computerized Posturography. *Acta Otolaryngol*, Stockh: 449, 71-75.
- ABDEL AZIZ, Y.I. & KARARA, H.M. 1974. Photogrammetric Potential of Non-metric Cameras. *Civil Eng. Studies, Photogrammetric*, Series 36, Univ. Illinois, USA.
- ASSENTE, R.; FERRIGNO, G.; PEDOTTI, A.; SANTAMBROGIO, G. & VIGANO, R. 1987. Auscan System: A new procedure to evaluate spinal deformities. *Biomechanics* XA, Champaign: Human Kinetics Publishers, V(6A): 207-211.
- BEVINGTON, P.R. 1969. *Data Reduction and Error Analysis for the Physical Sciences*. New York: Mc Graw-Hill, p. 92-143.
- BRENZIKOFER, R. 1991. Instrumentação Para Biomecânica de Corpo Inteiro. *Anais do III Congresso Nacional de Biomecânica*, Juiz de Fora, Brasil.
- BRENZIKOFER, R. 1993. Three-dimensional Reconstruction for Classroom and Laboratory. *Proceeding of the XIVth I.S.B. Congress*, Paris, France, p. 216-217.
- CAILLIET, R. 1979. *Escoliose*. São Paulo: Manole, p. 17-27.
- DANGELO, J. G. & FATTINI, C. A. 1985. *Anatomia Humana Sistêmica e Segmentar*. Rio de Janeiro: Atheneu, p. 375.
- DRERUP, B. & HIERHOLZER, E. 1985. Objective Determination of Anatomical Landmarks on the Body Surface. *J. Biomech.* 18(6): 467-474.
- DRERUP, B. & HIERHOLZER, E. 1986. *Detection of Anatomical Landmarks on the Back Surface*. Stuttgart: Gustav Fischer, p. 151-157.
- DRERUP, B. & HIERHOLZER, E. 1987. Automatic Localization of Anatomical Landmarks on the Back Surface and Construction of a Body-Fixed Coordinate System. *J. Biomech.* 20(10): 961-970.
- FRANÇA, V. 1991. **Validade da Topografia Moiré no diagnóstico precoce da escoliose vertebral**. Dissertação de mestrado. USP, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto.
- FROBIN, W. & HIERHOLZER, E. 1981. Rasterstereography: A photogrammetric method for measurement of body surfaces. *Photogramm. Engin. Remote Sensing*, 47(12): 1717-1724.
- FROBIN, W. & HIERHOLZER, E. 1982. Analysis of Human Back Shape Using Surface Curvatures. *J. Biomech.* 15: 379-390.
- JOHNS, H.E. & CUNNINGHAM, J.R. 1983. *The Physics of Radiology*. 4 ed. New York: Thomas Books, p. 633-635.
- MILES, C.A. & SPEIGHT, B.S. 1975. Recording the Shape of Animals by a Moiré Method. *J. Physics*, 8: 773-776.
- NOSSE, L.J. 1985. Measurement System for Low-Back Contour. *Phys. Ther.*, 65: 1212-1213.
- ORTALE, R.L. 1993. **Método de reconstrução tridimensional para avaliação postural**. Dissertação de mestrado. UNICAMP, Faculdade de Educação Física. 77 p.
- PHILIPPENS, M.M.G.M.; SNIJDERS, C.J. & NORDIN, M. 1987. Continuous Registration of the Curvature and Inclination of the Back During Working Hours. *Biomechanics* XB, Champaign: Human Kinetics Publishers V(6B): 1015-1019.
- PONCET, P.; DANSEREAU, J.; BELLEFLEUR, C. & LABELLE, H. 1992. Smoothing Methods for the Measurement of Geometric Torsion on 3D Reconstructed Scoliotic Spines. *International Symposium on 3D Scoliotic Deformities*, Stuttgart: Gustav Fischer, p. 273-281.
- RASCH, P.J. & BURKE, R.K. 1987. *Cinesiologia e Anatomia Aplicada*. 5.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p. 440-443.
- SNELL, R. S. 1984. *Anatomia*. 2 ed. Rio de Janeiro: Médica e Científica, p. 721-727.
- TESTUT, L. & JACOB, O. 1956. *Tratado de Anatomia Topográfica*. Barcelona: Salvat, p. 623.
- WARWICK, R. & WILLIAMS, P. L. 1973. *Anatomia do Gray*. 35 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p. 222-238.