

Artigo Original

Recebido em 15/01/2009, aceito em 12/08/2010

Um sistema de auxílio ao diagnóstico da escoliose baseado em realidade aumentada

An auxiliary system for scoliosis diagnostic based on augmented reality

Celso Gonçalves Camilo Junior*

Instituto de Informática / UFG
Campus 2 Samambaia, bloco IMF-1,
74001-970 Goiânia, GO – Brasil
E-mail: celsocamilo@gmail.com

**Marcio Toshio Magrini Ueda
Rodrigo Ferraz Viana**

Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia /
Universidade Federal da Grande Dourados

*Autor para correspondência

Resumo

Este trabalho propõe e descreve uma ferramenta, chamada de SADE (Sistema de Auxílio ao Diagnóstico da Escoliose), capaz de auxiliar o fisioterapeuta no diagnóstico do desvio lateral da coluna vertebral do paciente (escoliose), observando-a pela visão posterior. Um dos métodos de diagnóstico utilizados atualmente é realizado por meio de um painel, chamado simetrógrafo, posicionado verticalmente e paralelo ao corpo do paciente. Nesse método tradicional o fisioterapeuta não trabalha com boas referências, pois o painel possui linhas espaçadas. Isso obriga o fisioterapeuta a se posicionar a uma certa distância do paciente durante o exame, impossibilitando a interação com o mesmo. Já o SADE, que é baseado em Realidade Aumentada, disponibiliza uma melhor visualização, pois a coluna real é virtualizada e comparada a uma coluna ideal virtual, possibilitando maior mobilidade do fisioterapeuta e do paciente durante o diagnóstico, já que a coluna virtualizada é visível pelos monitores. A ferramenta disponibiliza também o armazenamento dos dados capturados em banco de dados, possibilitando assim uma análise histórica e visual do início do tratamento até o estado atual. Testes realizados dentro de um laboratório desenvolvido especificamente para o projeto, onde o SADE, o simetrógrafo e o método de palpação foram comparados, caracterizam a ferramenta proposta como promissora para auxiliar o profissional no diagnóstico da escoliose.

Palavras-chave: Realidade aumentada, ArToolKit, Escoliose, Desvio postural.

Abstract

The paper proposes and describes a tool called SADE (Auxiliary System for Scoliosis Diagnose), which is able to assist the physiotherapist in diagnosing the deviation of the patient's vertebral spine (scoliosis) observed by the posterior view. One of the current diagnose methods uses a panel called simetrograph, vertically positioned and parallel to the patient's body. This method does not provide the physiotherapist with a good reference because the panel has spaced lines. Besides, the simetrograph compels the physiotherapist to stay away from the patient in every exam, making the interaction between patient and professional difficult. The SADE, which is based on Augmented Reality, allows a better visualization because of a virtualized spine and the virtual ideal spine, and gives better mobility to the patient and to the physiotherapist during the exam since the spine is visible through the monitors. The system also stores data in a database, allowing an historical analysis from the beginning of the treatment until the current stage. Tests done in a laboratory specifically prepared for the project, compared SADE, the simetrograph and the touch method, and the results have shown that SADE may be a promising tool to assist the physiotherapist in the diagnosis of scoliosis.

Keywords: Augmented Reality, ArToolKit, Scoliosis, Postural deviation.

Extended Abstract

Introduction

Scoliosis causes changes to vertebrae and ribs as well as to the vertebral rotation of the transversal plan, lateral deviation in the frontal plans and lordosis in the sagittal plan, causing problems, mainly in teenagers and children development (Dickson and Leatherman, 1988; 1990).

A great number of people around the world suffer with this kind of problem due to lack of care with the posture (Rosenthal, 2008). The early diagnose of the scoliosis helps to improve the effectiveness of the treatment, having greater chances of recuperation without the need for a surgery. An early diagnose will result in the prevention of certain significant esthetical abnormalities, pain and cardiac and lung complications (Cailliet, 1976).

The optimal alignment of the spine, seen in the posterior view, lies on a vertical line drawn on the midpoint between the heels of the patient. Physiotherapists now use the simetrograph for the diagnosis of scoliosis. This device consists of a vertically positioned plane. Horizontal and vertical lines are designed to be used as a comparison during the diagnosis. The purpose of these lines is to show the symmetry between strategic points in the patient's body characterizing or not scoliosis (Amado, 2006), as shown in Figure 1.

Because of the difficulty in the treatment of late diagnosis and the high costs of the ray-X, not to mention the health risks, this paper proposes the use the Augmented Reality (AR) to assist in the diagnose process of spine deviation, once the technique has as its main characteristic the interaction between the real and the virtual.

AR is defined as the superposition of three-dimensional virtual objects generated by a technological device in a real image (Azuma, 1997; Milgram et al., 1994). A very important factor for the growth of research on this subject was the emergence of ArToolKit. This software library consists of functions created in C to significantly accelerate the development of RA applications (Azuma et al., 2001).

Thus, this paper proposes the system for the diagnosis of scoliosis (SADE) by RA which aims to assist the physiotherapist in the diagnosis, monitoring and treating patients with scoliosis.

Tests comparing the currently used and the proposed methods were performed. The results characterize the SADE as a promising tool. In addition, the SADE provides some features and facilities that are not currently possible, such as: moving the patient and therapist during the assessment, having a better visualization of the patient's spine and storing the exams data, allowing a comparison between different times of treatment.

Materials and Methods

The SADE system uses a camera or webcam with tripod connected to a computer running Microsoft Windows® (95/98/2000/XP) operational system, markers that can be printed in ordinary paper,

and materials to set up the exam laboratory (Figure 1), such as polystyrene to make the catching patterns.

Through the AR resources, the SADE recognizes the markers positioned by the physiotherapist by using the Projection of Lines tool; captures the coordinates of the spine points by using the Capture of Dots tool; plots reports by using the Reports tool; and stores the data in a XML file as well as calls the other tools by the Control and Recording tool. The flow chart in Figure 4 shows how the SADE works.

Tests

To validate the tool presented in this work, we proposed two tests. The first is a comparative test between SADE and simetrograph (Figure 1). The second is a comparison test between the SADE and the palpation method, which analyzes the spine by regions (cervical, thoracic and lumbar), see Figure 10. The patients (Table 1) were evaluated with the methods by 2 physiotherapists. Patient 1 was evaluated during the first test and patients 2 and 3 during the second test.

Results

In the first test with patient 1, SADE identified a small deviation in the neck and a slight misalignment of the shoulders, for which the simetrograph did not show perceptible (Figure 1).

In the second test, the palpation method identified the following gaps in patient 2: a convexity to the left and a concavity to the right in the cervical region; a convexity to the right and a concavity to the left in the thoracic region, and a lumbar convexity to the left and a concavity to the right, featuring a classic type of scoliosis. These same deviations were observed by SADE, as shown in Figure 10.

The third patient was also evaluated by the method of palpation, which made the following diagnosis: in the cervical region, a concavity to the left and a right convexity; in the thoracic region, a left convexity and a right concavity, and in the lumbar region, a left concavity and a right convexity. These deviations were also highlighted by SADE.

Discussion

The tests have characterized SADE as a promising tool, because as far as the two assessments are concerned, the SADE obtained the same results as the method of palpation (reference method) and when it was used correctly and systematically, it obtained an increased sensitivity to minor deviations, achieved by analysis of vertebra-to-vertebra. Moreover, the tool provides additional functionality as a visualization of patient's spine, data storage and historical data analysis. Thus, patient and physiotherapist can make a historical analysis of the progress and effectiveness of the treatment.

Introdução

A escoliose provoca alterações em vértebras e costelas como a rotação vertebral no plano transversal, desvio lateral no plano frontal e lordose no plano sagital, o que provoca transtornos, principalmente em crianças e adolescentes por seu caráter evolutivo (Dickson e Leatherman, 1988; 1990).

Este problema acomete uma boa parcela da população mundial, dada a falta de cuidado com a postura (Rosenthal, 2008). O diagnóstico precoce da escoliose ajuda a aumentar a eficácia do tratamento, havendo maiores chances de recuperação sem o procedimento cirúrgico. Um diagnóstico precoce resultará na prevenção de certas anormalidades estéticas significativas, dores e complicações cardiopulmonares (Cailliet, 1976). Um paciente aparentemente normal pode apresentar um quadro de desvio postural, que descoberto precocemente pode evitar transtornos futuros.

O alinhamento ideal da coluna vertebral, observada pela visão posterior, encontra-se sobre uma linha vertical traçada sobre o ponto médio entre os calcanhares do paciente. Os fisioterapeutas atualmente utilizam o simetrógrafo para o diagnóstico da escoliose. Este aparelho consiste em um plano posicionado verticalmente, onde são projetadas linhas horizontais e verticais, as quais são utilizadas como comparativo no momento do diagnóstico. A finalidade destas linhas é mostrar a simetria entre pontos estratégicos do corpo do paciente, caracterizando ou não a escoliose (Amado, 2006), como mostrado na Figura 1.

Devido à dificuldade no tratamento da escoliose descoberta ou tratada tardiamente, e o alto custo (além dos riscos à saúde) dos diagnósticos por meio de raios X, propõe-se nesse estudo a utilização da

Realidade Aumentada (RA) para auxiliar no processo de diagnóstico dos desvios da coluna, já que a técnica tem como principal característica a interação entre o real e o virtual.

A RA é definida como a sobreposição de objetos virtuais tridimensionais gerados por um dispositivo tecnológico em uma imagem real (Azuma, 1997; Milgram *et al.*, 1994).

Um fator muito importante para o crescimento de pesquisas relacionadas a este assunto foi o surgimento do ArToolKit. O ArToolKit é uma biblioteca de *software* constituída por funções elaboradas em linguagem C que aceleram de forma considerável o desenvolvimento de aplicações de RA (Azuma *et al.*, 2001).

Assim, esse trabalho propõe o Sistema de Auxílio ao Diagnóstico da escoliose (SADE) que, por meio da RA, objetiva auxiliar o fisioterapeuta no diagnóstico, acompanhamento e tratamento do paciente com escoliose.

Testes entre dois métodos usados atualmente e o proposto foram realizados, sendo que os resultados caracterizam o SADE como uma ferramenta promissora. Além de trazer algumas funcionalidades e facilidades que atualmente não são possíveis, como a movimentação do paciente e do fisioterapeuta durante a avaliação, o SADE permite uma melhor visualização da coluna do paciente e o armazenamento de dados do exame, possibilitando assim um comparativo entre momentos distintos do tratamento.

Materiais e Métodos

O SADE é um sistema baseado em RA e por isso utiliza uma câmera para capturar as imagens do mundo real e sobrepor, sobre as mesmas, objetos virtuais.

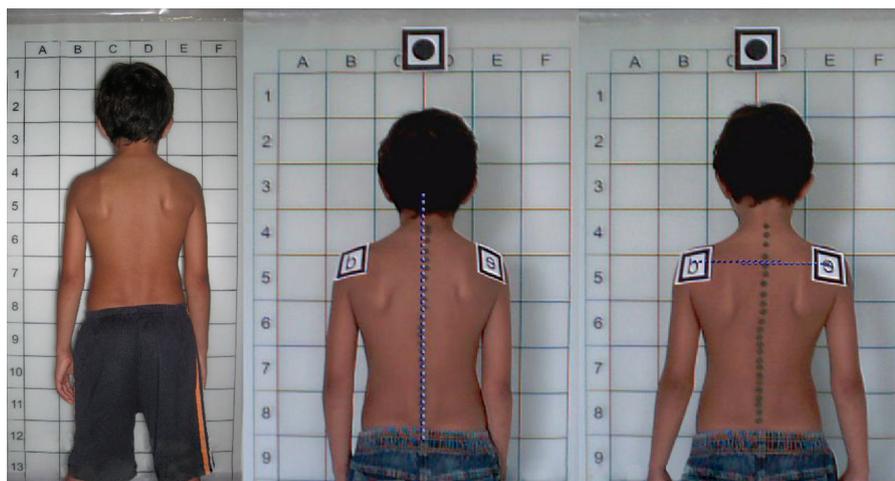


Figura 1. Imagem comparativa entre o método usando o simetrógrafo e o SADE. **Figure 1.** The image compares the method using simetroraph and the method using SADE.

Neste trabalho foi utilizado uma *webcam* (LG, modelo WebPro 2) com resolução de 640×480 pixels. Optou-se por uma *webcam* por ser um equipamento de fácil utilização e acesso.

Para criar o modelo da coluna é necessário fixar no paciente, em cada vértebra, um marcador vertebral, como mostra a Figura 2b, que será reconhecido pelo aplicativo. Além desse, utiliza-se o marcador padrão, Figura 2a, para orientar o SADE no desenho das linhas referência, que ajudarão o profissional a dar um diagnóstico. Os marcadores são figuras simples que podem ser impressas em impressoras laser ou jato de tinta, porém deve-se usar a cor preta e o papel branco.

O SADE possui alguns requisitos técnicos, definidos a partir de testes preliminares, para a montagem do laboratório. O piso onde o paciente será analisado

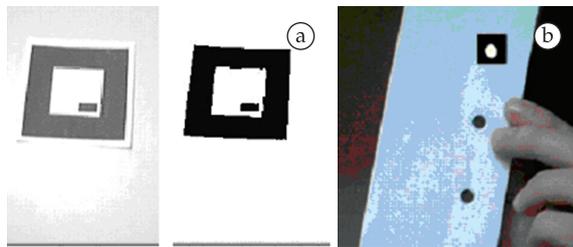
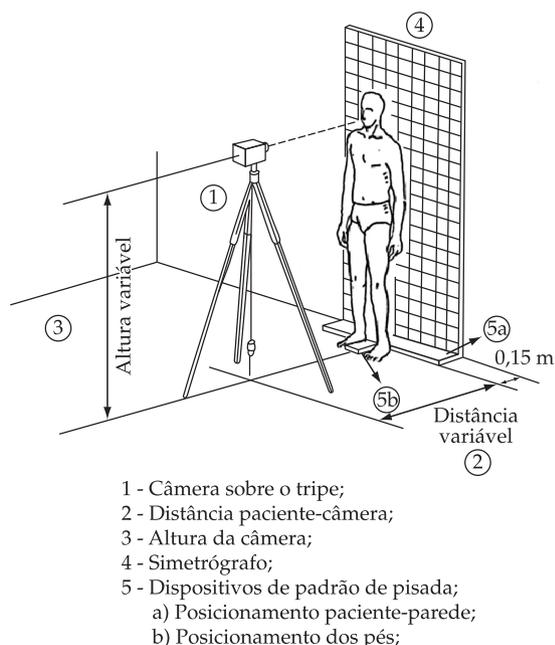


Figura 2. a) marcador padrão utilizado para posicionar as linhas orientadoras; b) marcador vertebral (um círculo preto) utilizado para identificar as vértebras. **Figure 2.** a) standard marker, used to plot the guided lines; b) vertebral marker (black spot), used to identify the vertebrae.



- 1 - Câmera sobre o tripé;
- 2 - Distância paciente-câmera;
- 3 - Altura da câmera;
- 4 - Simetrógrafo;
- 5 - Dispositivos de padrão de pisada;
 - a) Posicionamento paciente-parede;
 - b) Posicionamento dos pés;

Figura 3. Modelo ilustrativo para montagem de laboratório. **Figure 3.** Laboratory setup.

deve estar totalmente nivelado, bem como o tripé e a câmera; a câmera deve estar alinhada perpendicularmente à linha do alinhamento ideal do paciente; a altura da câmera é dependente da altura do paciente, bem como a distância da câmera ao paciente; a luminosidade do ambiente deve ser de no mínimo 327 lumens, a um ângulo de aproximadamente 60° do ponto de captura, considerando a câmera descrita acima, pois algumas câmeras possuem melhor capacidade de captura de imagens com baixa luminosidade; utilizar padrões de pisadas com o intuito de manter sempre uma distância padrão entre os pés e a parede, sugere-se um isopor utilizado a 15 cm de distância da parede e aproximadamente 25 cm entre os pés, este último podendo ser alterado dependendo do tamanho do paciente, como mostra a Figura 3.

Os equipamentos mínimos necessários para a implantação do SADE são um computador PC com sistema operacional Microsoft Windows® (95/98/2000/XP) e uma câmera ou *webcam*, isopor ou outro material que possa fazer os padrões de pisada e um prumo de centro para nivelar a câmera.

A ferramenta é dividida em quatro módulos, e cada módulo representa uma funcionalidade diferente no contexto geral do aplicativo. Os módulos são definidos como Ferramenta de projeção de linhas, responsável por detectar os marcadores e traçar as respectivas linhas; Ferramenta de captura de pontos, que deve capturar os marcadores vertebrais alocados pelo fisioterapeuta em cada vértebra da coluna do paciente; Ferramenta de relatório, que tem o objetivo de gerar os modelos das colunas obtidos das capturas dos pontos, e a Ferramenta de controle e armazenamento, que controla as chamadas das demais ferramentas, o armazenamento dos atendimentos em banco de dados e a recuperação de dados históricos. O diagrama da Figura 4 mostra o fluxograma do SADE, onde é possível identificar cada módulo do sistema e sua interação.

Ferramenta de projeção de linhas

Esta ferramenta é responsável por detectar os marcadores padrão e traçar as linhas verticais ou horizontais, dependendo do marcador, sobre a imagem real. Deve-se fixar os marcadores nos ombros dos pacientes e um sobre o fio de prumo da coluna, definido de acordo com a forma de avaliação (Rodrigues, 1990), mas o fisioterapeuta tem total liberdade para utilizar os marcadores destinados aos ombros em outros locais, como por exemplo na espinha ílica pósterio-superior (pelve).

A detecção dos marcadores é realizada com o auxílio da biblioteca ArToolkit e em tempo real. O fisioterapeuta observa as alterações da coluna do paciente enquanto pode ao mesmo tempo movimentá-lo.

A confecção desta ferramenta pode ser dividida em três etapas: captura da imagem pela câmera; detecção de marcadores e projeção de linhas. A Figura 5 mostra o fluxograma da ferramenta. Todas estas etapas foram desenvolvidas com a linguagem Microsoft® Visual C++ 6.0 e com o auxílio da biblioteca ArToolkit.

A primeira etapa captura a imagem da câmera e a armazena em uma variável para ser utilizada pelas demais etapas. A chamada para início da captura de imagens é feita pela função *arVideoCapStart()*. A cada frame a imagem é armazenada em uma variável pela função *arVideoGetImage()*.

A segunda etapa corresponde à detecção dos marcadores na variável armazenada anteriormente. A função *arDetectMarker()* busca por possíveis marcadores na variável da imagem. Caso não haja nenhum possível marcador, a função *arVideoCapNext()* é chamada para uma nova captura de imagem da câmera

e o processo é reiniciado. Caso contrário, o processo continua com a comparação entre o marcador pré-definido e os marcadores detectados na variável.

Caso não seja encontrado nenhum marcador com o mínimo de semelhança definido pela taxa de probabilidade *cf*, o processo é reiniciado. O cálculo do *cf* de cada marcador identificado é feito por um algoritmo de comparação estatístico, chamado de *Match* no ArToolkit.

A terceira etapa é a projeção das linhas de referência sobre a imagem real. Com os dados obtidos anteriormente, as funções *arGetTransMat* e *arGetTransMatCont* calculam as transformações da câmera, com a finalidade de corrigir distorções inerentes à câmera (Lepetit e Fua, 2005), e as armazena na variável *patt_trans*, que é utilizada pela função *draw*. Essa função faz parte da biblioteca *OpenGL* e, nesse caso, insere a imagem virtual sobre as coordenadas do marcador, respeitando duas variações espaciais e interagindo com o mundo real, caracterizando a realidade aumentada.

Essa ferramenta de RA permite uma análise comparativa em tempo real entre a coluna real do paciente e as linhas de referências virtuais, além da avaliação de alinhamento dos ombros. A Figura 1 ilustra a execução dessa ferramenta em um paciente. Percebe-se que a linha virtualizada da coluna não está sobrepondo os marcadores vertebrais posicionados no paciente, apontando assim os desvios.

Além da linha da coluna, duas outras linhas virtuais, uma em cada ombro, são desenhadas com o intuito de verificar o alinhamento dos ombros ou qualquer dois pontos alocados. A sobreposição das linhas define o alinhamento entre os pontos.

Por se tratar de uma ferramenta em tempo real, quaisquer alterações feitas nos marcadores ou no ambiente monitorado são percebidas e atualizadas na imagem apresentada.

Considerando que o posicionamento das linhas de referência são dependentes da alocação dos marcadores padrão feita pelo profissional, existe a possibilidade dos marcadores não estarem corretamente posicionados e, com isso, causar distorções nas avaliações. Esses erros podem ser minimizados com o treinamento do profissional.

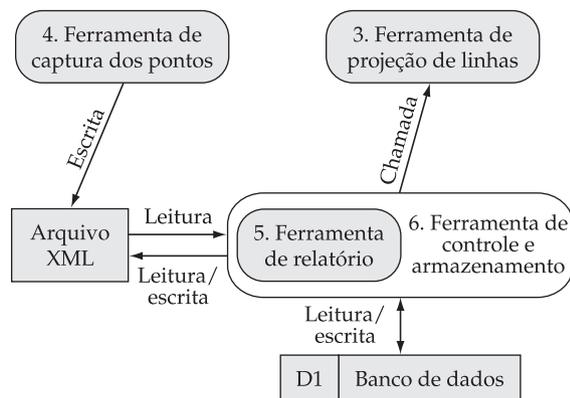


Figura 4. Fluxograma do SADE. Figure 4. SADE flowchart.

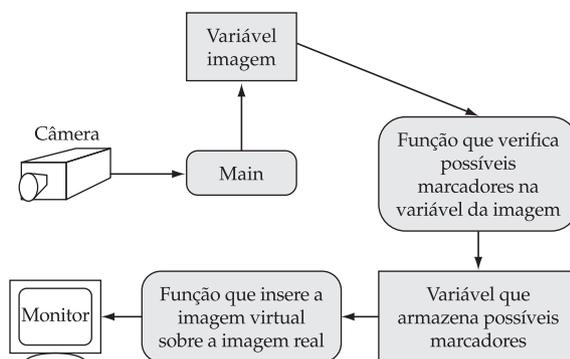


Figura 5. Fluxograma da ferramenta de projeção de linhas. Figure 5. Flowchart of tool for the projection of lines.

Ferramenta de captura dos pontos

Esta fase é executada logo em seguida à finalização da ferramenta de projeção de linhas.

Considerando a dificuldade de posicionar o marcador padrão em cada vértebra, dada a incompatibilidade de tamanho, optou-se por criar um marcador

vertebral, facilitando assim o manuseio do profissional e reduzindo a imprecisão de alocação. A Figura 2 apresenta os dois marcadores.

A detecção dos marcadores vertebrais é feita em uma imagem capturada, por isso essa ferramenta não trabalha no modo de tempo real. Após capturar a imagem desejada, o usuário seleciona a região em que a ferramenta deve procurar por um marcador vertebral. A ferramenta identifica na região delimitada a esfera e seu centro, que é a coordenada central da vértebra. As vértebras do sacro não precisam receber os marcadores vertebrais, pois são soldadas e, portanto não sofrem alteração, como mostra a Figura 6. A Figura 7 mostra um exemplo de marcador vertebral sendo reconhecido e delimitado. Detalhes da implementação dessa ferramenta são apresentados a seguir.

O início da captura das imagens da câmera é feita pela função *arVideoCapStart()*. Os *frames* são capturados até que seja feita uma interrupção pelo mouse, botão esquerdo. Com isso, o *frame* atual é capturado e armazena-se essa imagem em duas variáveis. Uma delas se apresenta como imagem colorida, enquanto a outra será transformada em binária para o início da captura dos marcadores vertebrais.

O usuário deve fazer uma janela dentro da imagem congelada para delimitar o espaço de busca do marcador. A função *motionEvent()* recebe as coordenadas da janela, gerando uma subjanela com a imagem binária, como na Figura 7. A busca pelo centro é feita por uma varredura do quadro selecionado, identificando o círculo e suas extremidades pelos valores dos *pixels*. Este processo deve ser realizado para todos os marcadores.

As coordenadas dos pontos são armazenadas em uma variável e ao final de todo o processo de captura são armazenadas em um arquivo do tipo XML, que será lido pela ferramenta de relatório. Neste arquivo são descritos a captura, o ponto capturado e cada coordenada dos pontos. Esse arquivo é utilizado para as trocas de informações entre as ferramentas do SADE, como por exemplo, informar dados da captura à Ferramenta de armazenamento para a inclusão no banco de dados ou informar à Ferramenta de relatório dados de uma avaliação armazenada anteriormente.

Ferramenta de relatório

A Ferramenta de relatório foi desenvolvida em Macromedia Flash MX 2004 devido à facilidade de se trabalhar e animar imagens, uma vez que o relatório é uma imagem (modelo) de uma coluna que ilustra o alinhamento de cada vértebra do paciente, como mostram as Figuras 8 e 9.

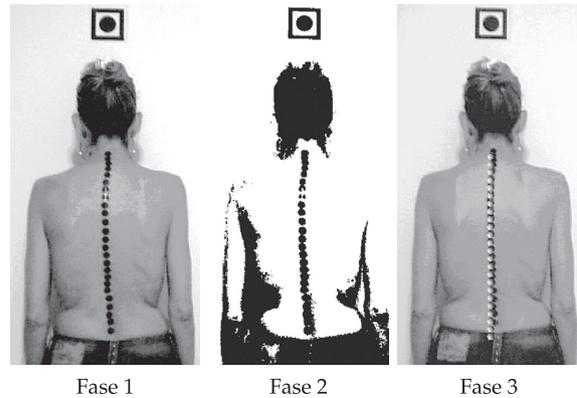


Figura 6. As fases realizadas pelo ArToolKit para capturar os marcadores e projetar os objetos. Fase 1: imagem normal; Fase 2: imagem é transformada em imagem binária (preto/branco); Fase 3: projetada a linha para avaliação.
Figure 6. The phases achieved by ArToolKit to capture the markers and design objects. Time 1: normal image; Time 2: image is transformed into binary image (black/white); Time 3: designed the line for evaluation.

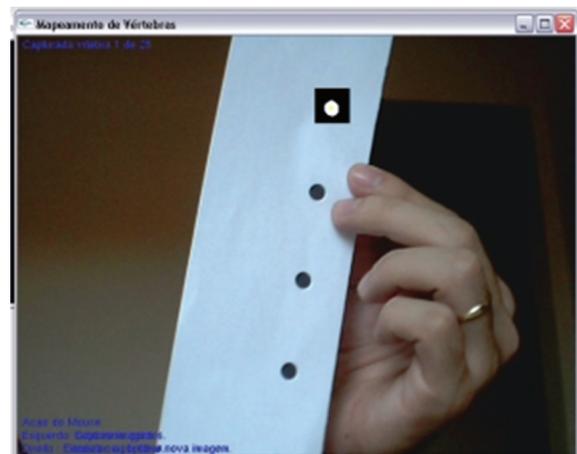


Figura 7. Captura dos pontos alocados pelo fisioterapeuta.
Figure 7. Capturing the points allocated by the physiotherapist.

Nessa ferramenta o arquivo XML é aberto e suas variáveis capturadas, possibilitando a alocação das vértebras capturadas no relatório. Este arquivo pode ser de uma captura atual ou de alguma consulta antiga que se deseja observar. Nos dois casos, além da coluna capturada, é exposto um modelo de coluna em alinhamento ideal, possibilitando um comparativo entre elas, como mostra a Figura 8.

Através de ActionScript¹ o arquivo XML é aberto e os valores das coordenadas dos pontos são armazenados em variáveis. Cada vértebra é uma imagem que

¹Linguagem de programação orientada a objetos disponível no Adobe Flash Player (encontrado em navegadores *web*).

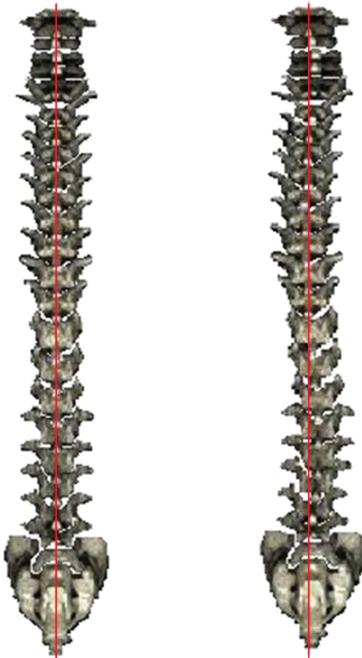


Figura 8. Relatório apresentando uma imagem da coluna em alinhamento ideal e uma coluna com desalinhamento. **Figure 8.** Report presented by SADE, the first image is the ideal spine and the second is the patient's spine.



Figura 9. Tela do SADE mostrando a coluna e a observação de uma captura armazenada em banco de dados. **Figure 9.** SADE's screen showing the spine stored in the database by the physiotherapist.

será posicionada de acordo com a coordenada obtida, sem o estudo de colisão, pois para o objetivo apresentado o desvio a ser avaliado está no eixo X.

Ferramenta de controle e armazenamento

Esta ferramenta foi desenvolvida em Borland Delphi 7 e banco de dados Firebird. Sua finalidade é controlar as chamadas das demais ferramentas, bem como realizar as operações no banco de dados.

Os dados capturados pela Ferramenta de captura e gravados no arquivo XML são lidos por essa ferra-

menta e, caso necessário, armazenados juntamente a outros dados adicionais como: data, hora e observações do profissional. Os armazenamentos poderão ser resgatados e montados novamente no arquivo XML, que é lido pela Ferramenta de Relatório, veja Figura 9. Isso facilita a explicação ao paciente do seu desenvolvimento no decorrer de todo o tratamento, dando maior credibilidade ao fisioterapeuta, além de ajudar na avaliação do tratamento.

Esta ferramenta é responsável por gerenciar todas as outras anteriores, além de disponibilizar a tela de controle para o profissional, onde estão localizados os dados cadastrais de pacientes e respectivas capturas.

Testes

O SADE é um protótipo para avaliar as possibilidades do uso da realidade aumentada em sistemas de auxílio ao diagnóstico da escoliose. Para observar o comportamento do SADE em contextos diferentes, 3 indivíduos diferenciados fisicamente (estatura, peso e idade) foram selecionados para os testes (Tabela 1). Por se tratar de experimentos iniciais de aptidão da ferramenta, optou-se por um grupo menor e heterogêneo.

Apesar de ser uma boa base para comparações, o uso de raios X foi descartado por se tratar de uma técnica custosa, prejudicial à saúde e por ser o método de palpação uma referência de eficácia.

Para validar a ferramenta apresentada neste trabalho, propôs-se a realização de dois testes distintos. O primeiro é um teste comparativo entre o SADE e o simetrógrafo (Figura 1), e o segundo um teste comparativo entre o SADE e o método de avaliação palpatória, que analisa a coluna por regiões (cervical, torácica e lombar – Figura 10). Em ambos os testes os pacientes foram avaliados por dois fisioterapeutas.

Na avaliação com o simetrógrafo, o fisioterapeuta avalia o paciente a olho nu e sem a possibilidade de amostragem do exame (Figura 1).

A avaliação palpatória (Field, 2001) foi realizada pelos fisioterapeutas; posteriormente esses também fizeram uso do SADE para emitir o parecer. A Figura 10 mostra o método de avaliação palpatória, que avalia regiões da coluna, e a avaliação do SADE para o mesmo paciente.

Resultados

No primeiro teste (paciente 1) o SADE identificou um pequeno desvio na região cervical e um leve desalinhamento dos ombros; já o simetrógrafo não apresentou alterações perceptíveis (Figura 1).

No segundo teste, o método de palpação identificou os seguintes desvios no paciente 2: na região cervical uma convexidade à esquerda e uma concavidade à direita; na região torácica uma convexidade à direita e uma concavidade à esquerda; e na região lombar uma convexidade à esquerda e uma concavidade à direita, caracterizando uma escoliose do tipo clássica. Estes mesmos desvios são observados pelo SADE, como mostra a Figura 10.

O terceiro paciente também foi avaliado pelo método de palpação, que apresentou o seguinte diagnóstico: na região cervical uma concavidade à esquerda e uma convexidade à direita; na região torácica uma convexidade à esquerda e uma concavidade à direita; e na região lombar uma concavidade à esquerda e uma convexidade à direita. Essas alterações também foram apontadas pelo SADE.

Analisando os resultados do teste comparativo entre o SADE e o simetrógrafo apresentados pela Figura 1, primeiro teste, observa-se maior facilidade

em visualizar o desvio utilizando o SADE do que o simetrógrafo. Pelo SADE identifica-se rapidamente um desvio na região cervical do paciente 1, o qual seria um pouco mais trabalhoso pelo método atual. Além disso, percebe-se também um desvio dos ombros. Ou seja, a avaliação com o simetrógrafo para esse paciente é insuficiente, requerendo um exame mais detalhado com outro método. Já o SADE auxiliou na identificação dos desvios em tempo real.

Analisando os resultados do teste 2, nos quais ambos os métodos tiveram bom desempenho, observa-se que o SADE apresenta funcionalidades e facilidades que não seriam possíveis utilizando os métodos atuais, como o paciente vendo seus desvios em tempo real, a possibilidade do fisioterapeuta se movimentar e movimentar o paciente durante a avaliação e a possibilidade de armazenamento destes dados para uma posterior análise de evolução histórica.

Discussão

O SADE é um estudo preliminar das possibilidades do uso da realidade aumentada em sistemas de auxílio ao diagnóstico da escoliose. Por isso, nesse trabalho optou-se por investigar a viabilidade da ferramenta em pacientes com características diferentes.

Os testes executados caracterizam a ferramenta como promissora, pois nas duas avaliações o SADE

Tabela 1. Características físicas dos pacientes avaliados.
Table 1. Physical characteristics of patients evaluated.

| Paciente | Peso [kg] | Altura [m] | Idade [anos] |
|----------|-----------|------------|--------------|
| 1 | 25 | 1,15 | 9 |
| 2 | 62 | 1,84 | 24 |
| 3 | 49 | 1,71 | 50 |

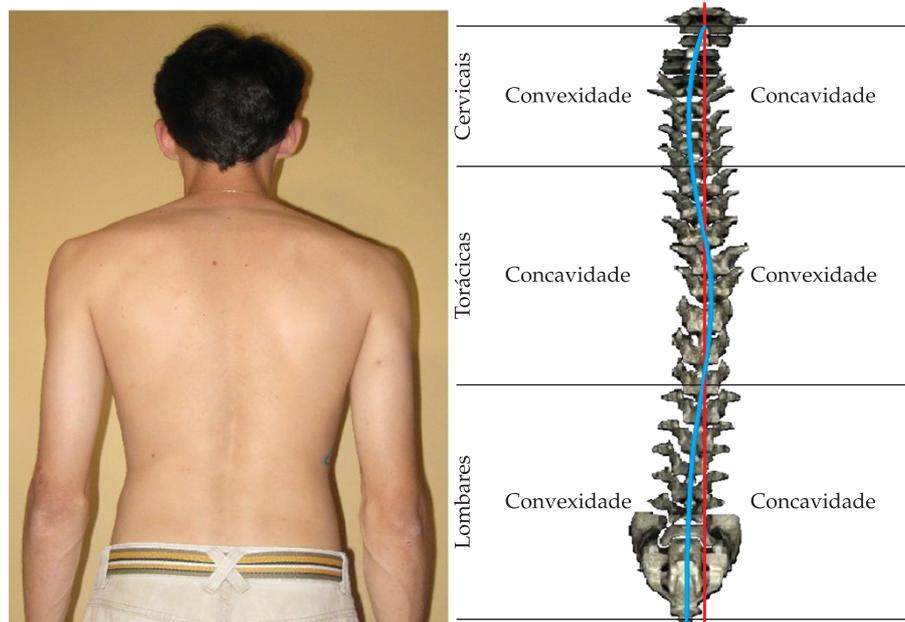


Figura 10. Paciente analisado pelo método de palpação e o relatório gerado pela avaliação do SADE, que avalia vértebra a vértebra e, por consequência, as regiões. **Figure 10.** Patient examined by the palpation method and the report generated by SADE, which evaluates vertebra to vertebra and consequently the regions.

obteve os mesmos resultados que o método de palpação (referência de eficiência) e, quando utilizado de forma correta e sistemática, demonstrou maior sensibilidade aos desvios menores, conseguida pela análise por vértebra. Além disso, a ferramenta disponibiliza as funcionalidades adicionais de visualização do modelo da coluna, armazenamento dos dados e análise histórica das avaliações. Com isso, o paciente e o fisioterapeuta podem fazer uma análise da evolução do tratamento.

Destaca-se, também, a característica do SADE de avaliar vértebra por vértebra do paciente e não somente as regiões, possibilitando assim um diagnóstico mais sensível aos pequenos desvios e um tratamento mais eficaz.

Apesar da ferramenta auxiliar nas avaliações da coluna e ombros do paciente, ela não deve ser usada como método conclusivo para o diagnóstico da escoliose, pois restringe-se à análise de desvio lateral, além de ser dependente do correto posicionamento dos marcadores no corpo do paciente pelo fisioterapeuta. Ou seja, um erro neste processo leva a uma menor eficácia da ferramenta. Para minimizar o erro de posicionamento, pode-se desenvolver um objeto, por exemplo um colete, que se encaixe nos ombros, facilitando para o usuário e minimizando o erro de posicionamento.

Além disso, a ferramenta também é dependente da resolução da câmera. Quanto maior a resolução, maior a qualidade de identificação da posição dos marcadores e, conseqüentemente, o posicionamento do objeto virtual.

Considerando essas dependências e limitações, caso seja necessária uma medição precisa do desvio, outros métodos, como o raios X, devem ser usados.

Apesar dos resultados, esse trabalho não concluiu os estudos e a aplicabilidade da ferramenta, pois não realizou análise quantitativa.

Conclusão

Dada a incidência de problemas posturais na população mundial, a proposta do SADE tem grande potencial de aplicação, pois seus requisitos são simples e acessíveis financeiramente, podendo futuramente auxiliar no diagnóstico de pacientes com desvios na coluna, minimizando assim, procedimentos cirúrgicos de correção postural.

A partir dos resultados dos testes, a ferramenta proposta se mostrou promissora por sua eficácia na identificação do desvio e por proporcionar funciona-

lidades e facilidades que não seriam possíveis com os métodos atuais.

A credibilidade do profissional ao apresentar um relatório visual e a possibilidade de motivação do paciente também são fatores favoráveis à sua utilização, podendo tornar uma ferramenta importante na mobilização do paciente para aderir ao tratamento. O fisioterapeuta poderá entregar ao final da cada consulta uma foto da coluna ao paciente, onde o mesmo poderá anexar ao seu prontuário, como é feito com os raios X atualmente.

O uso de RA no campo fisioterápico abre uma imensa janela de oportunidades e possíveis ferramentas para avaliação de patologias. Por isso, sugere-se como trabalhos futuros o aprimoramento na usabilidade da ferramenta e no reconhecimento de marcadores vertebrais, além da ampliação dos testes para uma população maior de pacientes, possibilitando uma análise quantitativa. Sugere-se ainda, o uso de técnicas de captura de movimento para detectar os marcadores, e assim melhorar a precisão na representação dos desvios das vértebras.

Referências

- AMADO, J. S. M. **Métodos de avaliação clínica e funcional em fisioterapia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006. 386 p.
- AZUMA, R. A survey of augmented reality. **Presence: Teleoperators and Virtual Environments**, v. 6, n. 4, p. 355-385, 1997.
- AZUMA, R.; BAILLOT, Y.; BEHRINGER, R.; FEINER, S.; JULIER, S.; MACINTYRE, B. Recent advances in augmented reality. **Computer Graphics and Applications, IEEE**, v. 21, n. 6, p. 34-47, 2001.
- CAILLIET, R. **Escoliose: diagnóstico e tratamento**. São Paulo: Manole, 1976.
- DICKSON, R. A.; LEATHERMAN, K. D. **The management of spinal deformities**. London: Wright, 1988.
- _____. Spinal deformities. In: DICKSON, R. A. (Ed.). **Spinal surgery: science and practice**. London: Butterworth-Heinemann, 1990. p. 368-435.
- FIELD, D. **Anatomia palpatória**. São Paulo: Manole, 2001.
- LEPETIT, V.; FUA, P. Monocular model-based 3D tracking of rigid objects: a survey. **Foundations and Trends in Computer Graphics and Vision**, v. 1, n. 1, p. 1-89, 2005.
- MILGRAM, P.; TAKEMURA, H.; UTSUMI, A.; KISHINO, F. Augmented reality: a class of displays on the reality-virtuality continuum. **SPIE – Telemanipulator and Telepresence Technologies**, v. 2351, p. 282-292, 1994.
- RODRIGUES, C. E. C. **Musculação na academia**. Rio de Janeiro: Sprint, 1990.
- ROSENTHAL, M. S. **Escoliose: uma abordagem sensata**. Disponível em: <<http://quackwatch.haaan.com/escoliose.html>>. Acesso em: 10 ago. 2008.

