

**CENTRO UNIVERSITÁRIO POSITIVO
NÚCLEO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
ENGENHARIA DA COMPUTAÇÃO**

**SISTEMA DE AVALIAÇÃO POSTURAL PARA DIAGNÓSTICO
DE ESCOLIOSE**

Ari Cristiano Raimundo

**Monografia apresentada à disciplina de Projeto Final como requisito parcial à conclusão
do Curso de Engenharia da Computação, orientada pela Prof^ª. Adriana Cursino Thomé.**

UNICENP/NCET

Curitiba

2007

TERMO DE APROVAÇÃO

Ari Cristiano Raimundo

Sistema de Avaliação Postural para Diagnóstico de Escoliose

Monografia aprovada como requisito parcial à conclusão do curso de Engenharia da Computação do Centro Universitário Positivo, pela seguinte banca examinadora:

Prof^ª. Adriana Cursino Thomé (Orientadora)

Prof. Edson Pedro Ferlin

Prof. Nestor Cortez Saavedra

Curitiba, 10 de Dezembro de 2007.

AGRADECIMENTOS

Em especial a minha namorada Regiana, que sempre me apoiou a continuar com o curso e teve que ficar sozinha nos momentos em que estava trabalhando neste projeto.

Agradeço também aos meus pais por tudo o que me ensinaram e também por terem me dado a oportunidade, mesmo que indiretamente, de poder trabalhar quando ainda era jovem.

Aos meus irmãos, pelos quais também tenho profunda admiração. Em especial à minha irmã Viviane, fisioterapeuta, que me ajudou com a teoria e com alguns aspectos chave do projeto.

Aos meus amigos Marcos, Hamon, André, Emerson, Jaime e Willyan que sempre estiveram juntos comigo nos trabalhos e nos momentos difíceis na faculdade. Em especial ao Marcos, pelas suas caronas e dicas de hardware.

A minha orientadora Adriana, pela paciência e conselhos durante o projeto.

RESUMO

Este trabalho descreve o desenvolvimento de um sistema de avaliação postural que tem o objetivo de auxiliar fisioterapeutas a realizar o diagnóstico de escoliose em pacientes. O sistema possibilita ao fisioterapeuta diagnosticar qual o tipo de escoliose ele possui por meio de imagens digitais do paciente. O fisioterapeuta pode então verificar a evolução da doença fazendo comparações entre as avaliações realizadas. Além disso, pode-se calcular o IMC (Índice de Massa Corporal) do paciente utilizando imagens digitais e dados provenientes de uma balança.

Palavras chave: avaliação postural computadorizada, escoliose, balança, índice de massa corporal.

POSTURAL EVALUATION SYSTEM FOR SCOLIOSIS DIAGNOSIS

ABSTRACT

This work describes the development of a Postural Evaluation System that will help physiotherapists to make a diagnosis of scoliosis on patients. The system makes possible to diagnosis which type of scoliosis found through digital images of the patient. The physioterapist can then verify the evolution of the disease making comparisons between evaluations. Besides that, it is possible to calculate the BMI (Body Mass Index) of the patient using digital images and data from a weight scale device.

Key words: computer-based postural evaluation, scoliosis, weight scale device, body mass index.

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO | 12 |
| CAPÍTULO 2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA..... | 14 |
| 2.1 - Avaliação Postural | 14 |
| 2.2 – Escoliose..... | 15 |
| 2.3 – Índice de Massa Corporal (IMC) | 17 |
| 2.4 – Processamento Digital de Imagens | 18 |
| 2.5 – Limiarização | 19 |
| 2.6 – Correlação de Imagens | 20 |
| 2.7 – Transformações Geométricas | 21 |
| 2.8 – Arquitetura WIA (<i>Windows Image Acquisition</i>)..... | 21 |
| 2.8 – Extensômetros (<i>Strain Gauge</i>) | 23 |
| 2.9 – Microcontroladores PIC | 24 |
| 2.10 – USB (<i>Universal Serial Bus</i>) | 24 |
| CAPÍTULO 3 – ESPECIFICAÇÃO DO PROJETO..... | 26 |
| 3.1 – Requisitos de Software | 26 |
| 3.2 – Casos de Uso | 27 |
| 3.3 – Diagrama de Casos de Uso..... | 37 |
| 3.4 – Arquitetura e Diagramas de Classe | 38 |
| 3.5 – Diagramas de Sequência | 42 |
| 3.6 – Banco de Dados..... | 47 |
| 3.8 – Protótipos de Tela..... | 48 |
| 3.8.1 – Login | 48 |
| 3.8.2 – Tela Principal | 48 |
| 3.8.3 – Cadastro de Usuários | 49 |
| 3.8.4 – Cadastro de Pacientes | 49 |
| 3.8.5 – Criação de Avaliação Postural | 50 |
| 3.8.6 – Aquisição da Imagem | 55 |
| 3.8.7 – Cálculo do IMC | 55 |
| 3.9 – Correção da Imagem | 57 |
| 3.10 – Identificação de Pontos na Imagem | 59 |
| 3.11 – Diagnóstico da Escoliose | 60 |
| 3.12 – Simulação da Balança | 67 |

| | |
|---|----|
| CAPÍTULO 4 – VALIDAÇÃO E RESULTADOS | 69 |
| 4.1 – Diagnóstico da Escoliose | 69 |
| 4.2 – Cálculo do IMC | 73 |
| CAPÍTULO 6 – CONCLUSÃO | 76 |
| CAPÍTULO 7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 77 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Fig. 1.1 - Simetrógrafo. | 12 |
| Fig. 2.1 – Paciente com Escoliose. | 15 |
| Fig. 2.2 – Escoliose Simples..... | 16 |
| Fig. 2.3 – Escoliose Total. | 17 |
| Fig. 2.4 – Escoliose Dupla e Tripla. | 17 |
| Fig. 2.5 – Passos fundamentais no PDI. | 19 |
| Fig. 2.6 – Limiarização..... | 20 |
| Fig. 2.7 – Componentes da WIA. | 22 |
| Fig. 2.8 – Extensômetro..... | 23 |
| Fig. 3.1 – Diagrama de Casos de Uso..... | 37 |
| Fig. 3.2 – Diagrama de Componentes. | 38 |
| Fig. 3.3 – Diagrama de Classes – Utils..... | 39 |
| Fig. 3.4 – Diagrama de Classes –Business Entity. | 40 |
| Fig. 3.5 – Diagrama de Classes –Data Access Component..... | 41 |
| Fig. 3.6 – Diagrama de Classes –Business Component. | 42 |
| Fig. 3.7 – Diagrama de Sequência - Login. | 42 |
| Fig. 3.8 – Diagrama de Sequência – Alterar Senha..... | 43 |
| Fig. 3.9 – Diagrama de Sequência – Incluir Usuário..... | 43 |
| Fig. 3.10 – Diagrama de Sequência – Ler Usuário..... | 43 |
| Fig. 3.11 – Diagrama de Sequência – Alterar Usuário..... | 44 |
| Fig. 3.12 – Diagrama de Sequência – Excluir Usuário. | 44 |
| Fig. 3.13 – Diagrama de Sequência – Incluir Paciente..... | 44 |
| Fig. 3.14 – Diagrama de Sequência – Ler Paciente..... | 45 |
| Fig. 3.15 – Diagrama de Sequência – Alterar Paciente..... | 45 |
| Fig. 3.16 – Diagrama de Sequência – Excluir Paciente..... | 45 |
| Fig. 3.17 – Diagrama de Sequência – Pesquisar Paciente..... | 46 |
| Fig. 3.18 – Diagrama de Sequência – Adquirir Massa..... | 46 |
| Fig. 3.19 – Diagrama de Sequência – Adquirir Imagem..... | 47 |
| Fig. 3.20 – MER. | 47 |
| Fig. 3.21 – Tela de Login. | 48 |
| Fig. 3.22 – Tela Principal. | 48 |
| Fig. 3.23 – Tela de Cadastro de Usuários..... | 49 |
| Fig. 3.24 – Tela de Cadastro de Pacientes..... | 50 |
| Fig. 3.25 – Tela de Pesquisa de Pacientes..... | 50 |

| | |
|---|----|
| Fig. 3.26 – Tela de Avaliação Postural – Passo 1..... | 52 |
| Fig. 3.27 – Tela de Avaliação Postural – Passo 2..... | 52 |
| Fig. 3.28 – Tela de Avaliação Postural – Passo 3..... | 53 |
| Fig. 3.29 – Tela de Avaliação Postural – Passo 4..... | 53 |
| Fig. 3.30 – Tela de Avaliação Postural – Passo 5..... | 54 |
| Fig. 3.31 – Tela de Avaliação Postural – Passo 6..... | 54 |
| Fig. 3.32 – Tela de Aquisição da Imagem. | 55 |
| Fig. 3.33 – Tela do Cálculo do IMC – Passo 4..... | 56 |
| Fig. 3.34 – Tela de Cálculo do IMC – Passo 5..... | 56 |
| Fig. 3.35 – Tela de Cálculo de IMC – Passo 6. | 57 |
| Fig. 3.36 – Pontos de controle. | 58 |
| Fig. 3.37 – Pontos de controle para a transformação..... | 58 |
| Fig. 3.38 – Identificação de Pontos. | 60 |
| Fig. 3.39 – Normal..... | 62 |
| Fig. 3.40 – Escoliose Simples Dorsal/Torácica Direita e Esquerda. | 62 |
| Fig. 3.41 – Escoliose Simples Lombar Direita e Esquerda. | 63 |
| Fig. 3.42 – Escoliose Total Direita e Esquerda. | 63 |
| Fig. 3.43 – Escoliose Tripla Cervical Direita Dorsal Esquerda Lombar Direita..... | 64 |
| Fig. 3.44 – Escoliose Tripla Cervical Esquerda Dorsal Direita Lombar Esquerda. | 64 |
| Fig. 3.45 – Escoliose Dupla Dorsal Direita Lombar Esquerda. | 65 |
| Fig. 3.46 – Escoliose Dupla Dorsal Esquerda Lombar Direita. | 65 |
| Fig. 4.1 – Fisioterapeutas..... | 69 |
| Fig. 4.2 – Diagnóstico (Nível 1)..... | 71 |
| Fig. 4.3 – Diagnóstico (Nível 2)..... | 71 |
| Fig. 4.4 – Diagnóstico (Nível 3)..... | 72 |
| Fig. 4.5 – Diagnóstico (Nível 4)..... | 72 |
| Fig. 4.6 – Tipo não detectado. | 73 |
| Fig. 4.7 – IMC Real X IMC Sistema..... | 75 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| TABELA 2.1 - Índice de Massa Corporal..... | 18 |
| TABELA 3.1 - Requisitos Funcionais..... | 27 |
| TABELA 3.2 - Pontos Anatômicos..... | 60 |
| TABELA 3.3 - Linhas para calcular os ângulos..... | 61 |
| TABELA 3.4 - Condições para os Tipos de Escoliose..... | 65 |
| TABELA 4.1 – Indivíduos (Diagnóstico da Escoliose) | 69 |
| TABELA 4.2 – Ângulos Calculados | 70 |
| TABELA 4.3 – Indivíduos (Cálculo do IMC)..... | 74 |
| TABELA 4.4 – IMC Real X IMC do Sistema | 74 |

LISTA DE SIGLAS

NCET- Núcleo de Ciências Exatas e Tecnológicas

UNICENP – Centro Universitário Positivo

IMC – Índice de Massa Corporal

SGBD – Sistema Gerenciador de Banco de Dados

SQL – *Structured Query Language*

WIA – *Windows Image Acquisition*

API – *Application Programming Interface*

ISV – Fabricante Independente de Software (*Independent Software Vendor*)

IHV – Fabricante Independente de Hardware (*Independent Hardware Vendor*)

COM – *Common Object Model*

ADC – *Analog-to-Digital Converter*

USB – *Universal Serial Bus*

PC – *Personal Computer*

RISC – *Reduced Instruction Set Computer*

OTP – *One Time Programmable*

EEPROM - *Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory*

I2C – *Inter-Integrated Circuit*

SPI - *Serial Peripheral Interface Bus*

PWM – *Pulse Width Modulation*

LCD – *Liquid Crystal Display*

LIN – *Local Interconnect Network*

CAN – *Controller Area Network*

IRDA – *Infrared Data Association*

LISTA DE SÍMBOLOS

Ω - ohm

m – metro

cm - centímetro

kg – quilograma

s - segundo

Mb - megabits

V – volt

Hz – hertz

A – âmpere

b - bits

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

É crescente a utilização de sistemas computacionais como ferramentas de trabalho para profissionais da área de saúde. É muito difícil de se imaginar, por exemplo, um médico operando sem nenhum equipamento eletrônico, um paciente com uma doença no coração.

Na Fisioterapia e na Educação Física, áreas que trabalham mais diretamente com Avaliação Postural, é grande a utilidade dos sistemas computacionais, principalmente porque os critérios de avaliação sem essa ferramenta são muito subjetivos (MOLINARI, 2000).

O sistema proposto nesse trabalho é responsável por possibilitar a um fisioterapeuta ter em mãos uma ferramenta para realizar o diagnóstico de escoliose em pacientes, que é, na realidade, um desvio postural muito comum. Esse diagnóstico será realizado pelo sistema através de imagens digitais do paciente.

Normalmente, o diagnóstico da escoliose é realizado usando radiografias do paciente por meio de cálculo de ângulos nas vértebras espinhais (MORRISSY *et al*, 1990). O sistema então, utilizando uma técnica não-invasiva, vai eliminar a exposição do paciente à radiação.

Outra técnica também utilizada para o diagnóstico é colocar o paciente em frente a um simetrógrafo, como consta a Figura 1.1. Este aparelho contém linhas horizontais e verticais que possibilitam ao profissional realizar uma avaliação subjetiva do desvio postural (MOLINARI, 2000). Com o advento deste sistema computacional é possível melhorar a precisão da avaliação por meio de uma análise quantitativa dos dados extraídos das imagens digitais do paciente.



Fig. 1.1 - Simetrógrafo.

FONTE: CARCI(2007).

Para determinar qual o tipo de escoliose encontrada, o sistema se utiliza de pontos anatômicos demarcados pelo fisioterapeuta no paciente. Com esse resultado e com os resultados de sucessivas análises realizadas e armazenadas em um banco de dados, o fisioterapeuta poderá acompanhar a evolução da doença.

CAPÍTULO 2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo são descritas algumas das técnicas e aspectos teóricos que envolvem as tecnologias que este projeto utiliza para atingir os resultados desejados.

2.1 - Avaliação Postural

A Avaliação Postural pode ser descrita como sendo a determinação e o registro, quando possível por meio de fotografias, dos desvios ou mesmo de atitudes posturais errôneas de indivíduos. Para caracterizar um desvio postural, deve-se ter conhecimento prévio da individualização da postura correta (MOLINARI, 2000).

A descrição de postura proposta por KENDALL(1995) elucida que a mesma é arranjada pelas posições articulares e segmentares do corpo humano, bem como pelo equilíbrio da musculatura que o compõe.

Segundo MOLINARI(2000): “A boa postura é aquela em que o indivíduo, em posição ortostática, requer pequenos esforços de sua musculatura e ligamentos para se manter na posição ereta, encontrando o melhor equilíbrio estático”.

Em FERREIRA(2005) é explanado que “a avaliação postural é o passo inicial para qualquer tratamento fisioterapêutico”. A avaliação parte da observação do alinhamento dos diferentes segmentos do corpo, os quais distribuem a carga do mesmo. Para tanto, necessita da utilização de músculos, ligamentos e articulações, onde o tratamento é proposto objetivando a postura modelo mais próxima do padrão de referência ideal.

A avaliação postural é realizada por meio de um exame subjetivo, com o paciente estático, onde o mesmo deve ser posicionado a uma distância aproximada de três metros em relação ao avaliador. As posições avaliadas são:

- Vista anterior - linha dos ombros, linha do quadril, joelhos (geno varo ou valgo), pés (abduzidos ou aduzidos);
- Vista lateral - coluna vertebral (hiperlordose cervical, hipercifose dorsal, hiperlordose lombar e costa plana), joelhos (geno recurvato ou flexo), pés (eqüino ou calcâneo);

- Vista posterior – linha espondílea (localização de desvio lateral das vértebras, confirmando ou não existência de escoliose), pés (varo ou valgo);
- Vista anterior com flexão de tronco – observação, no caso de escoliose e rotação vertebral, de gibosidade no local da curvatura escoliótica;
- Plantigrama – pés (plano ou cavo).

Por ser um exame subjetivo, a Avaliação Postural realizada fundamentalmente por meio da observação, não têm demonstrado uma reprodutibilidade significativa. Na atualidade, procura-se utilizar métodos de avaliação que sejam mais objetivos, por exemplo, o dinamômetro isocinético e a posturografia computadorizada, que são instrumentos de grande valia no campo da reabilitação (FERREIRA, 2005).

2.2 – Escoliose

A coluna possui curvaturas normais no sentido ântero-posterior, entretanto uma curvatura lateral não é considerada normal. A escoliose caracteriza-se pela curvatura lateral da coluna, e envolve tanto a flexão lateral quanto a rotação da mesma, já que a coluna vertebral não pode inclinar-se lateralmente sem realizar rotação (KENDALL, 1995). A Figura 2.1 mostra um paciente com escoliose.

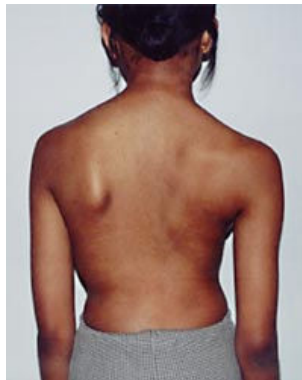


Fig. 2.1 – Paciente com Escoliose.

FONTE: PEP(2007).

Etiologicamente, a escoliose pode ser classificada como:

- Idiopática: sem causa conhecida;
- Congênita: devido uma má formação da coluna vertebral, progredindo para escolioses importantes;

- Parálitica: desencadeada por algum tipo de paralisia;
- Postural: frequentemente encontrada em adolescentes, devido à má postura (VALENÇA, 2007).

Segundo MOLINARI(2000) a escoliose também pode ser classificada quanto ao seu grau de acometimento:

- Escoliose Simples - apresenta uma única curvatura em uma das regiões da coluna, sendo causada geralmente pela hipertrofia da musculatura lateral da respectiva região. Pode ser dorsal/torácica direita ou dorsal/torácica esquerda, lombar direita ou lombar esquerda, como mostra a Figura 2.2 – A a D;
- Escoliose Total - apresenta uma única curvatura ocasionada por fraqueza e encurtamento das musculaturas laterais da coluna. Pode ser total direita e total esquerda como mostra a Figura 2.3 – A e B;
- Escoliose Dupla e Tripla – apresentam duas ou três curvaturas, uma em cada região da coluna, tendo curvas de desvio opostas entre si. É ocasionada pela compensação de uma escoliose simples, geralmente localizada na região inferior. Pode ser dorsal esquerda e lombar direita, dorsal direita e lombar esquerda, cervical direita, dorsal esquerda e lombar direita e cervical esquerda, dorsal direita e lombar esquerda, como mostra a Figura 2.4 – A a D.

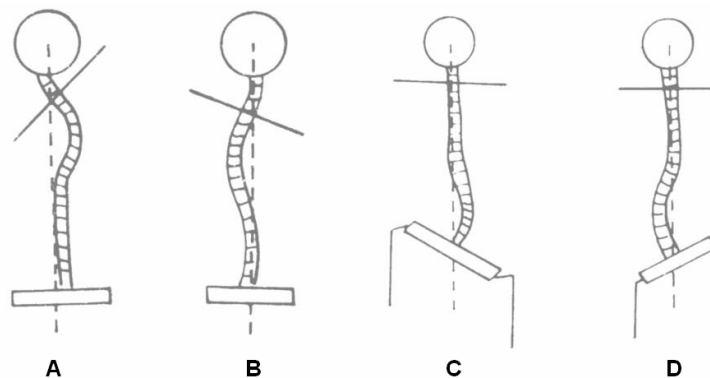


Fig. 2.2 – Escoliose Simples.

FONTE: Adaptada de MOLINARI(2000).

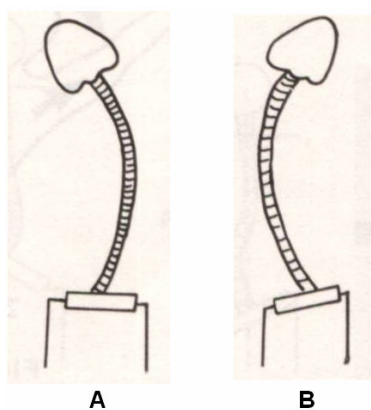


Fig. 2.3 – Escoliose Total.

FONTE: Adaptada de MOLINARI(2000).

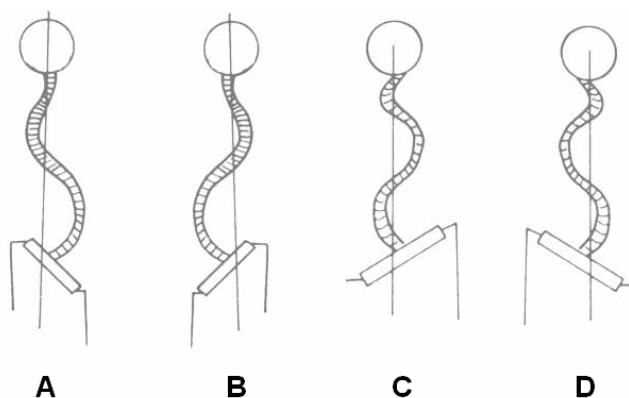


Fig. 2.4 – Escoliose Dupla e Tripla.

FONTE: Adaptada de MOLINARI(2000).

2.3 – Índice de Massa Corporal (IMC)

O Índice de Massa Corporal, também chamado de índice de Quetelet, é um cálculo que se faz com base no peso e na altura da pessoa e serve para avaliar se determinado peso é excessivo ou não para determinada altura. Ele também pode ser utilizado para avaliar magreza, entretanto, sua maior utilidade mesmo é para avaliar obesidade (BATISTA, 2004).

Para calcular o IMC divide-se a massa do indivíduo em kg pelo quadrado de sua altura em m.

A Tabela 2.1 mostra a faixa de valores possíveis para o IMC e também a sua classificação de acordo com seu valor.

TABELA 2.1 - Índice de Massa Corporal

| Classificação | IMC |
|----------------------|--|
| Desnutrição crônica | $IMC \leq 12 \text{ kg/m}^2$ |
| Desnutrição | $12 \text{ kg/m}^2 < IMC \leq 18,5 \text{ kg/m}^2$ |
| Baixo peso | $18,5 \text{ kg/m}^2 < IMC \leq 20 \text{ kg/m}^2$ |
| Normal | $20 \text{ kg/m}^2 < IMC \leq 25 \text{ kg/m}^2$ |
| Obeso Grau 1 | $25 \text{ kg/m}^2 < IMC \leq 30 \text{ kg/m}^2$ |
| Obeso Grau 2 | $30 \text{ kg/m}^2 < IMC \leq 40 \text{ kg/m}^2$ |
| Obeso Grau 3 | $IMC > 40 \text{ kg/m}^2$ |

FONTE: FERNANDES(1999).

Segundo BATISTA(2004): “O índice de massa corporal é também usado como parâmetro de avaliação de muitos estudos para avaliar a qualidade de vida, programa de reeducação alimentar, como um indicador básico para avaliar o estado nutricional de gestantes e prever o crescimento fetal, avaliação para pré e pós-operatórios, doenças em geral etc”.

2.4 – Processamento Digital de Imagens

O termo Processamento Digital de Imagens geralmente se refere ao processamento de uma imagem bi-dimensional por um computador digital (JAIN, 1989). Com o uso de computadores digitais é possível criar algoritmos para fazer processamento em imagens digitais.

Uma imagem digital é a representação de uma imagem bi-dimensional como um conjunto finito de valores digitais, chamados picture elements ou pixels. Uma imagem digital contém um número fixo de linhas e colunas de pixels. Segundo (GONZALEZ, 1992) pixels são elementos de uma matriz cujo valor identifica o nível de cinza na linha e coluna da matriz.

A Figura 2.5 mostra os passos fundamentais do processamento digital de imagens cujo objetivo é produzir o resultado do domínio do problema e representar o seu resultado. O primeiro passo é chamado Aquisição da Imagem, cujo objetivo é adquirir a imagem digital de um sensor de imagens que tem capacidade de digitalizar o sinal produzido pelo sensor.

Após a obtenção da imagem é necessário realizar um Pré-processamento, cuja função é melhorar a imagem em termos de melhoramento de contraste, remoção de ruído etc. Esse passo é importante porque é indispensável para o sucesso dos passos seguintes.

A Segmentação lida com a decomposição da imagem em suas partes, objetos ou feições; e é uma das tarefas mais difíceis em processamento digital de imagens (GONZALEZ, 1992). O passo de Representação de Descrição faz com que os objetos reconhecidos na imagem contenham uma forma diferente de representação de acordo com o problema a ser resolvido.

O passo de Reconhecimento e Interpretação atribui um significado aos objetos reconhecidos. A Base de Conhecimento é responsável por realizar a interação entre os módulos de processamentos descritos anteriormente.

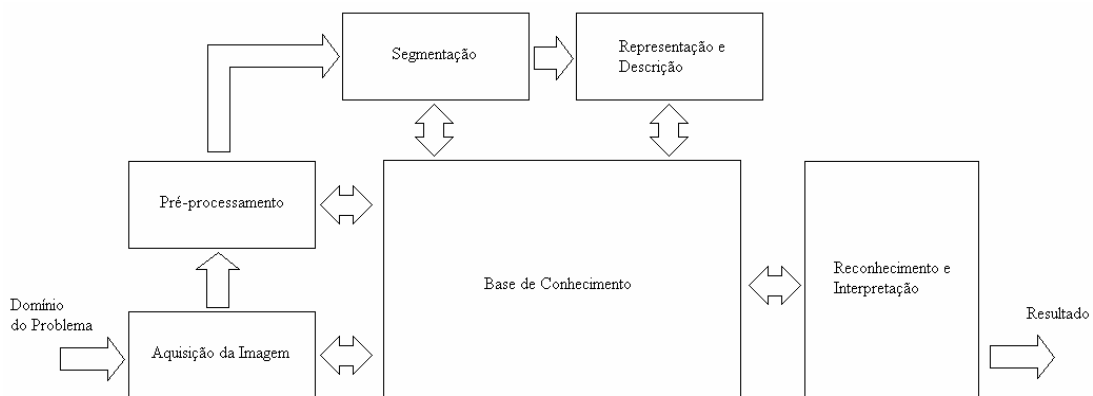


Fig. 2.5 – Passos fundamentais no PDI.

FONTE: Adaptada de GONZALEZ(1992).

2.5 – Limiarização

O processo de limiarização ou *thresholding* é a técnica mais simples de segmentação de imagens. Os *pixels* de uma imagem são identificados como “objetos” quando o valor do nível de cinza deste é maior do que um limiar T , do contrário são identificados como “plano de fundo”. Normalmente um objeto possui valor 1 e o plano de fundo possui o valor 0.

A Figura 2.6 mostra a aplicação dessa técnica em uma imagem de um paciente com escoliose da Figura 2.1. O limiar T foi aplicado igualmente nos três canais R , G e B da imagem.



Fig. 2.6 – Limiarização.

2.6 – Correlação de Imagens

Em várias aplicações faz-se necessária a localização de um ponto, em uma ou mais imagens, que é homólogo a determinado ponto de outra imagem.

A comparação de imagens para a identificação de pontos consiste em fazer correr uma matriz de amostra de uma das imagens em uma janela, denominada de matriz de busca na imagem homóloga e calcular, para cada posição da matriz de amostra, um valor de comparação (ANDRADE, 1998).

É possível calcular a correlação existente entre a matriz de amostra e qualquer candidata na matriz de busca, tendo como dados os níveis de cinza de cada imagem (ANDRADE, 1998). Para calcular o valor da correlação utiliza-se a Eq. (1).

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n x_i \right) \left(\sum_{i=1}^n y_i \right)}{\sqrt{\left(\sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \right) \left(\sum_{i=1}^n y_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n y_i \right)^2 \right)}} \quad (1)$$

Em que x_i é o valor da cor no *pixel* i na matriz de amostra, y_i é o valor da cor no *pixel* i na matriz de busca, n é o número de *pixels* na matriz de amostra e r é o valor da correlação.

A correlação r é um número que varia entre -1 e +1. O valor 0 (zero) significa ausência de correlação; o valor +1 significa correlação total positiva, ou seja, quando uma das variáveis cresce em valor, a outra também cresce; o valor -1 significa correlação negativa, ou seja, quando uma variável cresce a outra decresce (ANDRADE, 1998).

2.7 – Transformações Geométricas

As transformações geométricas são transformações que relacionam as coordenadas de um sistema a outro. Para tal há que se conhecerem os modelos de transformação entre os sistemas, além de coordenadas de pontos de controle nos dois sistemas. De posse destes valores, pode-se determinar os parâmetros de transformação entre eles. Uma vez determinados os parâmetros de transformação entre os sistemas, por intermédio de um determinado modelo matemático, utilizam-se esses parâmetros para converter qualquer outra coordenada do sistema origem para o sistema destino (LIMA, 2006).

No estudo realizado por LIMA(2006), o melhor modelo de transformação entre o sistema retificado e o sistema a retificar é o da transformação projetiva. A transformação projetiva é uma transformação não-linear e pode ser linearizada de acordo com o princípio da colinearidade (ANDRADE, 1998). Para realizar a transformação projetiva, utiliza-se a Eq. (3) e a Eq. (4):

$$X = \frac{b_{11}x + b_{12}y + b_{13}}{b_{31}x + b_{32}y + 1} \quad (3)$$

$$Y = \frac{b_{21}x + b_{22}y + b_{23}}{b_{31}x + b_{32}y + 1} \quad (4)$$

Em que b_{11} , b_{12} , b_{13} , b_{21} , b_{22} , b_{23} , b_{31} e b_{32} são os parâmetros da transformação; x e y são as coordenadas sistema de referência e X e Y são as coordenadas calculadas no novo sistema.

Conhecendo as coordenadas dos pontos de controle de ambos os sistemas, é possível calcular os parâmetros da transformação projetiva utilizando o método dos mínimos quadrados (LIMA, 2006).

2.8 – Arquitetura WIA (*Windows Image Acquisition*)

A WIA é um modelo de *driver* e uma API para sistemas operacionais modernos da família Windows que habilita comunicação entre um *software* e um *hardware* de imagem, tal como scanners, câmeras digitais e equipamentos de vídeo. Essa arquitetura foi introduzida inicialmente em 2000 como parte da versão Windows ME e ainda continua sendo o modelo de API e dispositivo de imagem utilizado nas versões posteriores do Windows (WIA, 2007).

A WIA inclui vários componentes disponibilizados pelos ISV, IHV e pela Microsoft tal como mostra a Figura 2.7.

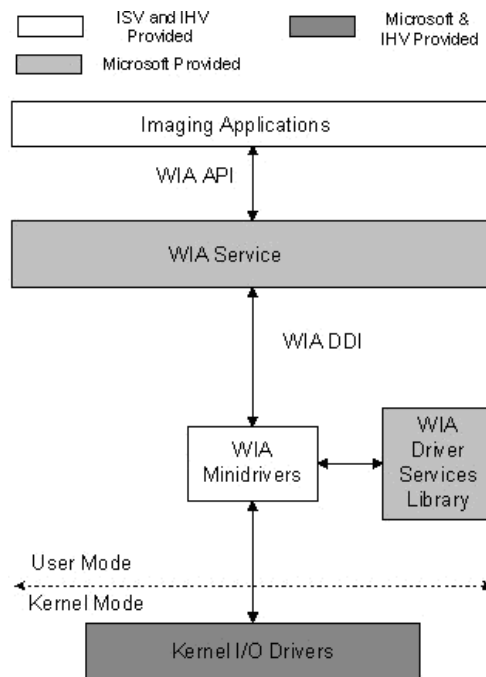


Fig. 2.7 – Componentes da WIA.

FONTE: WIA(2007).

A API da WIA é padronizada para a aquisição de imagens digitais de dispositivos que são utilizados para capturar imagens estáticas e também para o gerenciamento destes dispositivos. Essa API possui uma camada de automação em que é possível utilizar interfaces COM para trabalhar com os dispositivos em qualquer linguagem de programação em que exista o suporte à tecnologia COM.

As interfaces COM disponibilizadas pela WIA encapsulam todo o código necessário para realizar a aquisição de imagens de câmeras digitais, scanners ou WebCam (WIA, 2007).

Alguns recursos da WIA incluem os seguintes:

- Enumeração de dispositivos de imagem conectados ao computador;
- *Download* de imagens de uma câmera digital;
- Captura de imagens de uma WebCam;

- Manipulação de arquivos de imagem aplicando filtros que realizam rotação, escala e corte de imagens, bem como modificando suas propriedades e formatos;
- Utilização de caixas de diálogo padrão para capturar imagens, modificar propriedades dos dispositivos, realizar previsão da imagem que será oriunda do scanner etc.

2.8 – Extensômetros (*Strain Gauge*)

Extensômetros são dispositivos que são colocados na superfície de um objeto e cuja resistência varia em função da extensão que o objeto sofreu. O extensômetro pode ser utilizado para medir extensão, força, torque e pressão (RIZZONI, 2003).

Normalmente o extensômetro é colocado junto ao objeto através de um adesivo, tal como mostra a Figura 2.8.

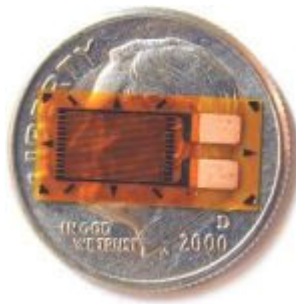


Fig. 2.8 – Extensômetro.

FONTE: SOCIETY OF ROBOTS(2007).

A variação da deformação do sensor é diretamente proporcional a variação da resistência e essa razão é denominada fator *gauge*. Esse fator GF é definido pela Eq. (5) em que R_G é a resistência do material não deformado, ΔR é a mudança da resistência causada pela deformação e ε é a deformação. A mudança na resistência é medida utilizando uma Ponte de Wheatstone, este tipo de mecanismo é necessário para compensar as variações na temperatura, responsável pela mudança de tamanho de alguns materiais (RIZZONI, 2003).

$$GF = \frac{\frac{\Delta R}{R_G}}{\varepsilon} \quad (5)$$

2.9 – Microcontroladores PIC

PIC é uma família de microcontroladores fabricados pela *Microship Technology* e contém uma extensa variedade de modelos e periféricos internos. Este tipo de componente possui arquitetura *Harvard* (WEBER, 2001) e conjuntos de instruções RISC, com recursos de programação por memória FLASH, EEPROM e OTP.

Algumas características relevantes incluem:

- Conversores Analógico-Digitais de 8 a 12 bits.
- Contadores e timers de 8 e 16 bits.
- Comparadores Analógicos.
- USARTs.
- Controladores de comunicação I2C, SPI, USB.
- Controladores PWM.
- Controladores de LCD.
- Controladores de motores.
- Gerador de energia de alta potência.
- Periféricos para LIN, CAN.
- Controladores Ethernet.
- Periféricos IRDA.
- Codificadores para criptografia Keeloq.
- Watchdog timer.
- Detetores de falha na alimentação
- Portas digitais com capacidade de 25mA (fornecer ou drenar) para acionar circuitos externos
- Osciladores internos.

2.10 – USB (*Universal Serial Bus*)

O USB é um padrão industrial cujo objetivo é habilitar a interoperabilidade de dispositivos de diferentes fabricantes em uma arquitetura aberta (USB, 2007).

O USB é especificado para ser uma extensão do padrão industrial da arquitetura PC com foco em periféricos que habilitam o consumo e aplicações de negócios. Os seguintes critérios foram aplicados na definição da sua arquitetura (USB, 2007):

- Expansão dos periféricos de um PC fácil de utilizar.
- Solução de baixo custo que suporta taxa de transferência de até 480 Mb/s.
- Suporte total de dados em tempo real para voz, áudio ou vídeo.
- Flexibilidade de protocolo para transferência de dados iso-síncrono em modo misto e mensagens assíncronas.
- Integração entre produtos de dispositivos de tecnologia.
- Compreensão entre várias configurações de PC e fatores de forma.
- Fornecimento de uma interface padrão capaz da rápida difusão do produto.
- Habilitação de nova classe de dispositivos que aumentam a capacidade do PC.

A versão mais atual da especificação do padrão USB é a 2.0.

CAPÍTULO 3 – ESPECIFICAÇÃO DO PROJETO

O projeto trata-se de um *software* que é responsável pelo cadastro, aquisição das imagens digitais de uma câmera digital, interface com a balança, armazenamento e processamento das informações.

Um *hardware* foi desenvolvido para simular o funcionamento de uma balança. O *software* pode então ler os dados provenientes da balança por meio da porta USB.

Nos tópicos seguintes será apresentado as técnicas utilizadas no desenvolvimento do projeto, tanto de *software* quanto *hardware*. São descritos os conceitos e diagramas utilizados, bem como a arquitetura do projeto.

3.1 – Requisitos de Software

Uma aplicação *Windows* denominada *Scoliosis* realiza o cadastro e o processamento das informações.

Um cadastro de pacientes é responsável pelo armazenamento e manutenção dos pacientes que estão realizando ou já realizaram avaliações posturais ou cálculos de IMC.

Um cadastro de usuários é responsável por definir quais pessoas poderão ter acesso ao sistema. O acesso ao sistema possui dois tipos de perfis: Administrador e Fisioterapeuta, sendo o primeiro responsável pela configuração e o segundo pela realização das avaliações, cálculos e cadastro de pacientes.

A aquisição das imagens é feita através do próprio sistema de arquivos ou por meio de uma câmera digital. As imagens são utilizadas para o cálculo da altura do paciente e também para o diagnóstico do tipo da escoliose. Todas as imagens utilizadas pelo sistema são armazenadas em um banco de dados.

O *software* possui as funções descritas na Tabela 3.1.

TABELA 3.1 - Requisitos Funcionais

| Ref. # | Descrição |
|--------|---|
| 1 | Cadastrar pacientes. |
| 2 | Cadastrar usuários (Administrador e Fisioterapeuta). |
| 3 | Adquirir a imagem de uma câmera digital. |
| 4 | Adquirir a massa de um paciente através do <i>hardware</i> da balança. |
| 5 | Calcular o IMC de um paciente. |
| 6 | Localizar os pontos anatômicos do paciente, demarcados com adesivos, através de uma imagem digital. |
| 7 | Criar uma avaliação postural para diagnosticar o tipo de escoliose de um paciente. |
| 8 | Comparar cálculos de IMC de um paciente. |
| 9 | Comparar diagnósticos de escoliose de um paciente. |
| 10 | Calcular a altura de um paciente através de uma imagem digital. |

3.2 – Casos de Uso

Um Caso de Uso descreve um contrato sobre o comportamento de um sistema sobre várias condições quando este responde a requisições de um ou mais atores. Os atores são pessoas que utilizam o sistema, organizações, a empresa que o possui, agências governamentais e outros programas de computador (COCKBURN, 2001).

Os seguintes atores e suas responsabilidades foram identificadas:

- Administrador
 - Cadastrar usuários do sistema.
- Fisioterapeuta
 - Cadastrar pacientes.
 - Pesquisar pelos pacientes existentes.
 - Avaliar a postura de um paciente.
 - Comparar avaliações posturais de um paciente.
 - Calcular o IMC de um paciente.
 - Comparar cálculos de IMC de um paciente.
- Balança
 - Fornecer a massa de um paciente.

- Câmera Digital
 - Fornecer a imagem de um paciente.

Os seguintes casos de uso foram identificados:

Caso de Uso: CU 1 - Login

Objetivo: Garantir acesso às funcionalidades do sistema.

Escopo: Scoliosis

Nível: Resumido

Pré-condições: Nenhuma

Ator Primário: Administrador, Fisioterapeuta

Cenário de Sucesso:

- 1 – O usuário (Administrador ou Fisioterapeuta) quer realizar o login no sistema.
- 2 – O sistema solicita o login e a senha.
- 3 – O usuário entra com seu login e senha.
- 4 – O sistema realiza a autenticação do usuário.

Exceções:

- 4a – Se o usuário não for autenticado, uma mensagem de erro será mostrada.

Caso de Uso: CU 2 – Alterar Senha

Objetivo: Alterar a senha de acesso ao sistema.

Escopo: Scoliosis

Nível: Resumido

Pré-condições: O Administrador ou Fisioterapeuta deve ter completado o caso de uso CU 1 - Login.

Ator Primário: Administrador, Fisioterapeuta

Cenário de Sucesso:

- 1 – O usuário quer alterar a sua senha.

- 2 – O sistema solicita ao usuário sua senha atual, a nova senha e a confirmação da nova senha.
- 3 – O usuário entra com a senha atual, nova senha e confirmação da senha.
- 4 – O sistema verifica se a senha atual está correta e altera a senha do usuário.

Exceções:

- 4a – Se a senha estiver incorreta, uma mensagem de erro será mostrada.

Caso de Uso: CU 3 – Cadastrar Usuário

Objetivo: Criar, ler, atualizar ou excluir um usuário do sistema.

Escopo: Scoliosis

Nível: Resumido

Pré-condições: O Administrador deve ter completado o caso de uso CU 1.

Ator Primário: Administrador

Para criar um usuário:

Cenário de Sucesso:

- 1 – O Administrador quer criar um usuário.
- 2 – O sistema solicita os dados do usuário: nome, login, senha e tipo (Administrador ou Fisioterapeuta).
- 3 – O Administrador entra com os dados do usuário.
- 4 – O sistema cria e armazena o novo usuário.

Exceções:

- 4a – Se algum dado obrigatório não foi digitado pelo Administrador, mostrar uma mensagem de erro.

Para ler um usuário:

Cenário de Sucesso:

- 1 – O Administrador quer ler os dados de um usuário.
- 2 – O sistema mostra uma listagem dos usuários existentes.
- 3 – O Administrador escolhe um dos usuários da lista.
- 4 – O sistema mostra os dados do usuário.

Para atualizar um usuário:

Cenário de Sucesso:

- 1 – O Administrador quer atualizar os dados de um usuário.
- 2 – O sistema mostra uma listagem dos usuários existentes.
- 3 – O Administrador escolhe um dos usuários da lista.
- 4 – O sistema mostra os dados do usuário.
- 5 – O Administrador altera os dados.
- 6 – O sistema altera e armazena os novos dados do usuário.

Exceções:

5a – Se algum dado obrigatório não foi digitado pelo Administrador, mostrar uma mensagem de erro.

Para excluir um usuário:

Cenário de Sucesso:

- 1 – O Administrador quer excluir um usuário.
- 2 – O sistema mostra uma listagem dos usuários existentes.
- 3 – O Administrador escolhe um dos usuários da lista.
- 4 – O sistema mostra os dados do usuário.
- 5 – O Administrador solicita a exclusão.
- 6 – O sistema exclui o usuário.

Exceções:

6a – Se o usuário for do tipo Fisioterapeuta e realizou alguma avaliação postural ou cálculo de IMC, mostrar uma mensagem de erro.

Caso de Uso: CU 4 – Pesquisar Paciente

Objetivo: Escolher um paciente cadastrado no sistema.

Escopo: Scoliosis

Nível: Resumido

Pré-condições: O Fisioterapeuta deve ter completado o caso de uso CU 1 - Login.

Ator Primário: Fisioterapeuta

Cenário de Sucesso:

- 1 – O Fisioterapeuta quer escolher um paciente.
- 2 – O sistema solicita por uma parte do nome do paciente.
- 3 – O Fisioterapeuta digita uma parte do nome.
- 4 – O sistema lista os pacientes com nomes parecidos.
- 5 – O Fisioterapeuta escolhe o paciente.

Exceções:

- 3a – Se o Fisioterapeuta não digitar nada, o sistema lista todos os pacientes cadastrados.

Caso de Uso: CU 5 – Adquirir Massa

Objetivo: Adquirir o valor da massa do paciente medida pela balança.

Escopo: Scoliosis

Nível: Resumido

Pré-condições: O Fisioterapeuta deve ter completado o caso de uso CU 1 - Login.

Ator Primário: Fisioterapeuta, Balança

Cenário de Sucesso:

- 1 – O Fisioterapeuta quer adquirir a massa do paciente.
- 2 – O sistema estabelece uma comunicação com a Balança.
- 3 – A Balança envia periodicamente para o sistema os valores medidos.
- 4 – O sistema realiza periodicamente a leitura do valor da massa adquirida da balança.

- 5 – O Fisioterapeuta escolhe o valor mostrado.
- 6 – O sistema finaliza a comunicação com a Balança.

Exceções:

- 2a – Se não for possível realizar a comunicação uma mensagem de erro será mostrada.

Caso de Uso: CU 6 – Adquirir Imagem

Objetivo: Adquirir uma imagem da câmera digital.

Escopo: Scoliosis

Nível: Resumido

Pré-condições: O Fisioterapeuta deve ser completado o caso de uso CU 1 - Login.

Ator Primário: Fisioterapeuta, Câmera

Cenário de Sucesso:

- 1 – O Fisioterapeuta quer adquirir a imagem do paciente.
- 2 – O sistema verifica quais câmeras estão conectadas ao computador.
- 3 – O Fisioterapeuta escolhe uma das câmeras.
- 4 – O sistema estabelece uma conexão com a Câmera selecionada.
- 5 – O sistema lista todas as imagens existentes na Câmera.
- 6 – O Fisioterapeuta escolhe uma das imagens.
- 7 – O sistema mostra a imagem escolhida.
- 8 – O Fisioterapeuta confirma a escolha ou volta para o passo 6.
- 9 – O sistema adquire a imagem escolhida.
- 10 – O sistema finaliza a conexão com a Câmera.

Exceções:

- 4a – Se não for possível realizar a comunicação uma mensagem de erro será mostrada.
- 5a – Se não existir imagens na câmera, uma mensagem de aviso será mostrada.

Caso de Uso: CU 7 – Calcular IMC

Objetivo: Calcular o IMC de um paciente.

Escopo: Scoliosis

Nível: Resumido

Pré-condições: O Fisioterapeuta deve ter completado o caso de uso CU 1 - Login.

Ator Primário: Fisioterapeuta

Cenário de Sucesso:

- 1 – O Fisioterapeuta quer calcular o IMC de um paciente.
- 2 – O sistema solicita a escolha de um paciente.
- 3 – O Fisioterapeuta pesquisa e escolhe um paciente pelo CU 4 – Pesquisar Paciente.
- 4 – O sistema solicita a imagem a ser utilizada para calcular a altura do paciente.
- 5 – O Fisioterapeuta adquire a imagem através do CU 6 – Adquirir Imagem ou escolhe uma imagem existente no sistema de arquivos.
- 6 – O sistema calcula a altura do paciente através da imagem.
- 7 – O sistema adquire a massa do paciente através do CU 5 – Adquirir Massa.
- 8 – O sistema calcula o IMC do paciente.

Exceções:

- 6a – Se não for possível calcular a altura, uma mensagem de erro será mostrada.

Caso de Uso: CU 8 – Avaliar Postura

Objetivo: Diagnosticar se um paciente tem escoliose e determinar o tipo desta.

Escopo: Scoliosis

Nível: Resumido

Pré-condições: O Fisioterapeuta deve ter completado o caso de uso CU 1 - Login.

Ator Primário: Fisioterapeuta

Cenário de Sucesso:

- 1 – O Fisioterapeuta quer diagnosticar o tipo da escoliose de um paciente.
- 2 – O sistema solicita a escolha de um paciente.
- 3 – O Fisioterapeuta pesquisa e escolhe um paciente pelo CU 4 – Pesquisar Paciente.
- 4 – O sistema solicita a imagem a ser utilizada para o diagnóstico.
- 5 – O Fisioterapeuta adquire a imagem através do CU 6 – Adquirir Imagem ou escolhe uma imagem existente no sistema de arquivos.

- 6 – O sistema identifica as coordenadas de imagem dos pontos anatômicos do paciente.
- 7 – O sistema solicita a identificação de cada ponto.
- 8 – O Fisioterapeuta identifica cada ponto.
- 9 – O sistema calcula ângulos entre os pontos identificados e, através deles, realiza o diagnóstico do tipo da escoliose.

Exceções:

- 6a – Se não for possível identificar os pontos, uma mensagem de erro será mostrada.

Caso de Uso: CU 9 – Cadastrar Paciente

Objetivo: Criar, ler, atualizar e excluir pacientes.

Escopo: Scoliosis

Nível: Resumido

Pré-condições: O Fisioterapeuta deve ter completado o caso de uso CU 1 - Login.

Ator Primário: Fisioterapeuta

Para criar um paciente:

Cenário de Sucesso:

- 1 – O Fisioterapeuta quer criar um paciente.
- 2 – O sistema solicita os dados do paciente (nome, endereço, data de nascimento etc.).
- 3 – O Fisioterapeuta entra com os dados do paciente.
- 4 – O sistema cria e armazena o novo paciente.

Exceções:

- 4a – Se algum dado obrigatório não foi digitado pelo Fisioterapeuta, mostrar uma mensagem de erro.

Para ler um paciente:

Cenário de Sucesso:

- 1 – O Fisioterapeuta quer ler os dados de um paciente.
- 2 – O Fisioterapeuta pesquisa e escolhe um paciente pelo CU 4 – Pesquisar Paciente.
- 3 – O sistema mostra os dados do paciente.

Para atualizar um paciente:

Cenário de Sucesso:

- 1 – O Fisioterapeuta quer atualizar os dados de um paciente.
- 2 – O sistema solicita o paciente.
- 3 – O Fisioterapeuta pesquisa e escolhe um paciente pelo CU 4 – Pesquisar Paciente.
- 4 – O sistema mostra os dados do paciente.
- 5 – O Fisioterapeuta altera os dados.
- 6 – O sistema altera e armazena os novos dados do paciente.

Exceções:

5a – Se algum dado obrigatório não foi digitado pelo Fisioterapeuta, mostrar uma mensagem de erro.

Para excluir um paciente:

Cenário de Sucesso:

- 1 – O Fisioterapeuta quer excluir um paciente.
- 2 – O sistema solicita o paciente.
- 3 – O Fisioterapeuta pesquisa e escolhe um paciente pelo CU 4 – Pesquisar Paciente.
- 4 – O sistema mostra os dados do paciente.
- 5 – O Fisioterapeuta solicita a exclusão.
- 6 – O sistema exclui o paciente.

Exceções:

6a – Se existir alguma avaliação postural ou cálculo de IMC para o paciente, mostrar uma mensagem de erro.

Caso de Uso: CU 10 – Comparar Cálculos de IMC

Objetivo: Comparar cálculos do IMC de um paciente.

Escopo: Scoliosis

Nível: Resumido

Pré-condições: O Fisioterapeuta deve ser completado o caso de uso CU 1 - Login.

Ator Primário: Fisioterapeuta

Cenário de Sucesso:

- 1 – O Fisioterapeuta quer comparar os cálculos do IMC de um paciente.
- 2 – O Fisioterapeuta pesquisa e escolhe um paciente pelo CU 4 – Pesquisar Paciente.
- 3 – O sistema mostra uma listagem com as datas dos cálculos.
- 4 – O Fisioterapeuta escolhe duas datas.
- 5 – O sistema mostra os cálculos realizados em ambas as datas.

Exceções:

- 4a – Se não existir mais de um cálculo de IMC, não será possível realizar a comparação e uma mensagem de aviso deverá ser mostrada.

Caso de Uso: CU 11 – Comparar Avaliações Posturais

Objetivo: Comparar avaliações posturais de um paciente.

Escopo: Scoliosis

Nível: Resumido

Pré-condições: O Fisioterapeuta deve ser completado o caso de uso CU 1 - Login.

Ator Primário: Fisioterapeuta

Cenário de Sucesso:

- 1 – O Fisioterapeuta quer comparar as avaliações posturais de um paciente.
- 2 – O Fisioterapeuta pesquisa e escolhe um paciente pelo CU 4 – Pesquisar Paciente.
- 3 – O sistema mostra uma listagem com as datas das avaliações.
- 4 – O Fisioterapeuta escolhe duas datas.
- 5 – O sistema mostra os dados das avaliações realizadas em ambas as datas.

Exceções:

4a – Se não existir mais de uma avaliação, não será possível realizar a comparação e uma mensagem de aviso será mostrada.

3.3 – Diagrama de Casos de Uso

A Figura 3.1 mostra o diagrama de casos de uso para o sistema.

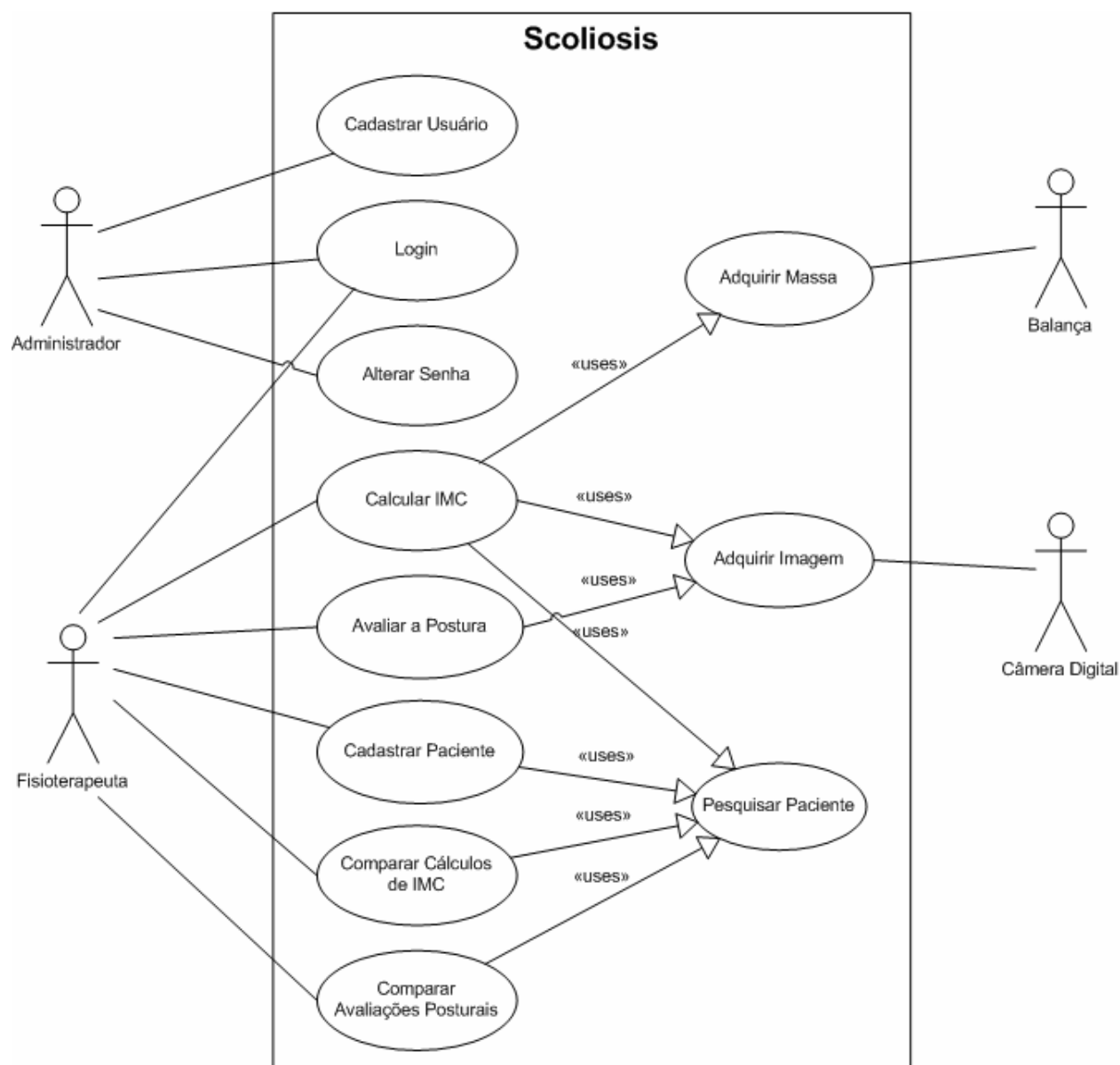


Fig. 3.1 – Diagrama de Casos de Uso.

3.4 – Arquitetura e Diagramas de Classe

O *software* é uma aplicação *Windows* desenvolvida em linguagem C# utilizando a plataforma Microsoft *.NET Framework* no ambiente de desenvolvimento *Visual Studio .NET 2005*. A arquitetura do sistema segue as diretrizes estabelecidas pela *Microsoft Patterns & Practices* das melhores práticas existentes para trabalhar com essa plataforma (MICROSOFT, 2007).

Dentro da arquitetura do projeto existem os seguintes tipos de componentes:

- Componentes de interface com o usuário: maneira com que os usuários interagem com o sistema.
- Componentes de Negócio: componentes que implementam as regras de negócio da aplicação.
- Componentes de Acesso a Dados: componentes que realizam acesso a um ou mais bancos de dados.
- Componentes de Entidades de Negócio: componentes que representam os dados que serão passados entre os outros componentes. São entidades de negócio do mundo real.

A Figura 3.2 mostra o diagrama de componentes do projeto.

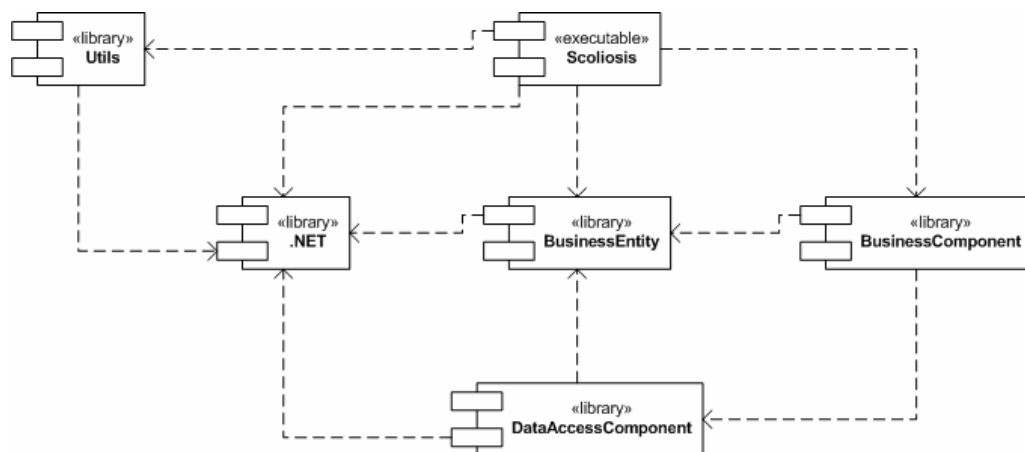


Fig. 3.2 – Diagrama de Componentes.

A Figura 3.3 mostra o Diagrama de Classes para o componente *Utils*. Este componente contém classes que realizam a aquisição de imagens de uma câmera digital e classes que possuem métodos para trabalhar com o formato BMP do Windows.

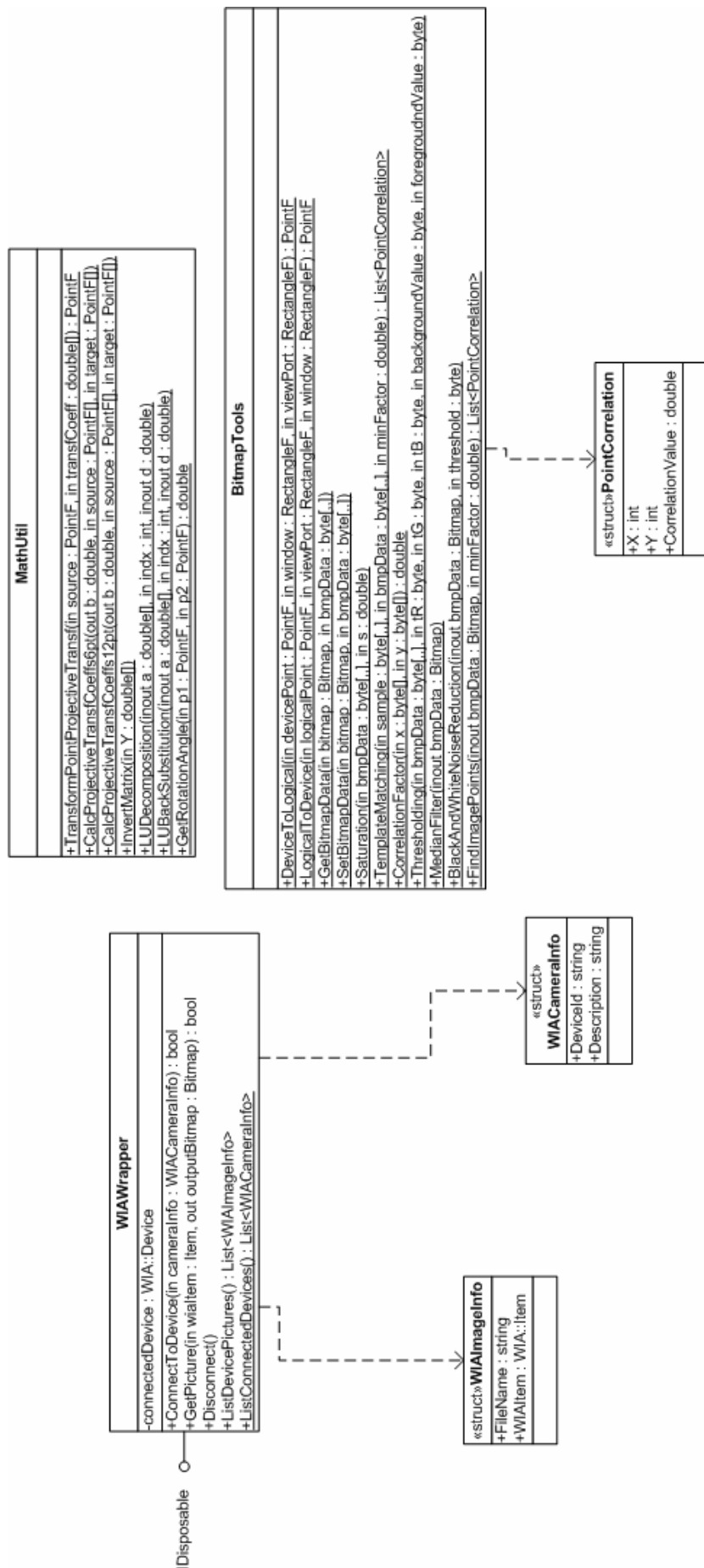


Fig. 3.3 – Diagrama de Classes – Utils.

A Figura 3.4 mostra o Diagrama de Classes para o componente *Business Entity*. Este componente contém as entidades de negócio do sistema.

A Figura 3.5 mostra o Diagrama de Classes para o componente *Data Access Component*. Este componente contém classes que realizam acesso ao banco de dados.

A Figura 3.6 mostra o Diagrama de Classes para o componente *Business Component*. Este componente contém as classes que implementam as regras de negócio.

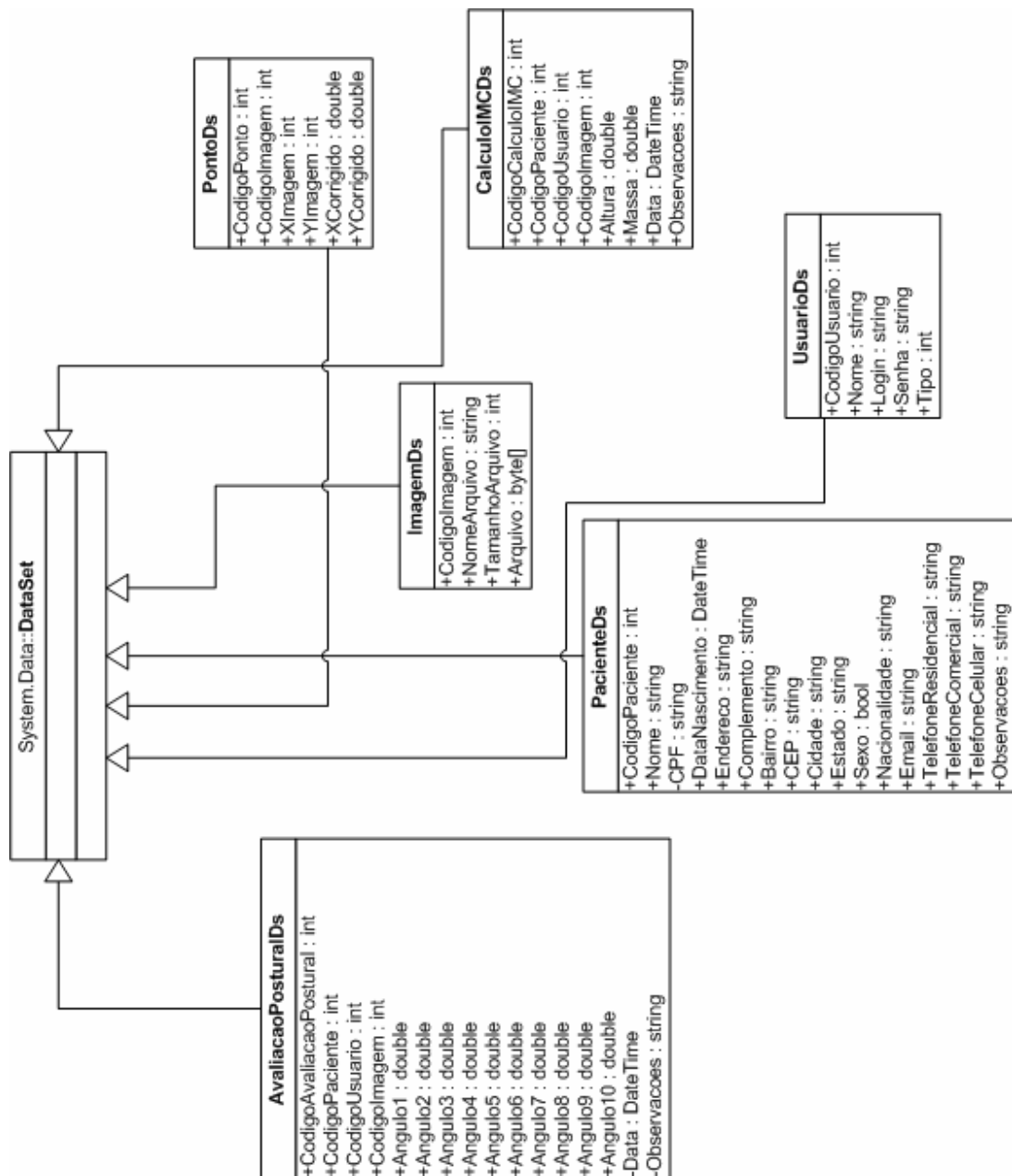


Fig. 3.4 – Diagrama de Classes –Business Entity.

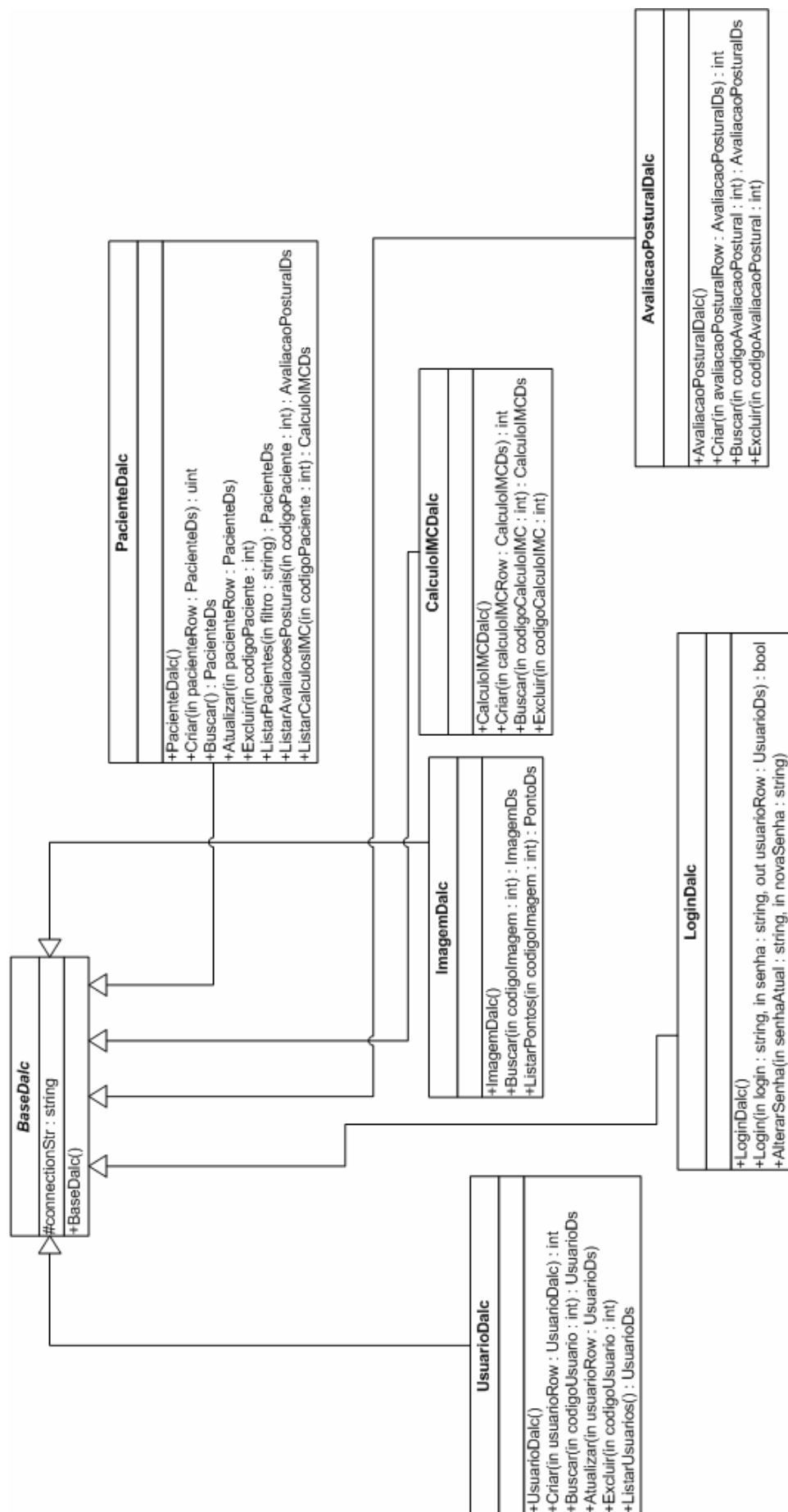


Fig. 3.5 – Diagrama de Classes –Data Access Component.

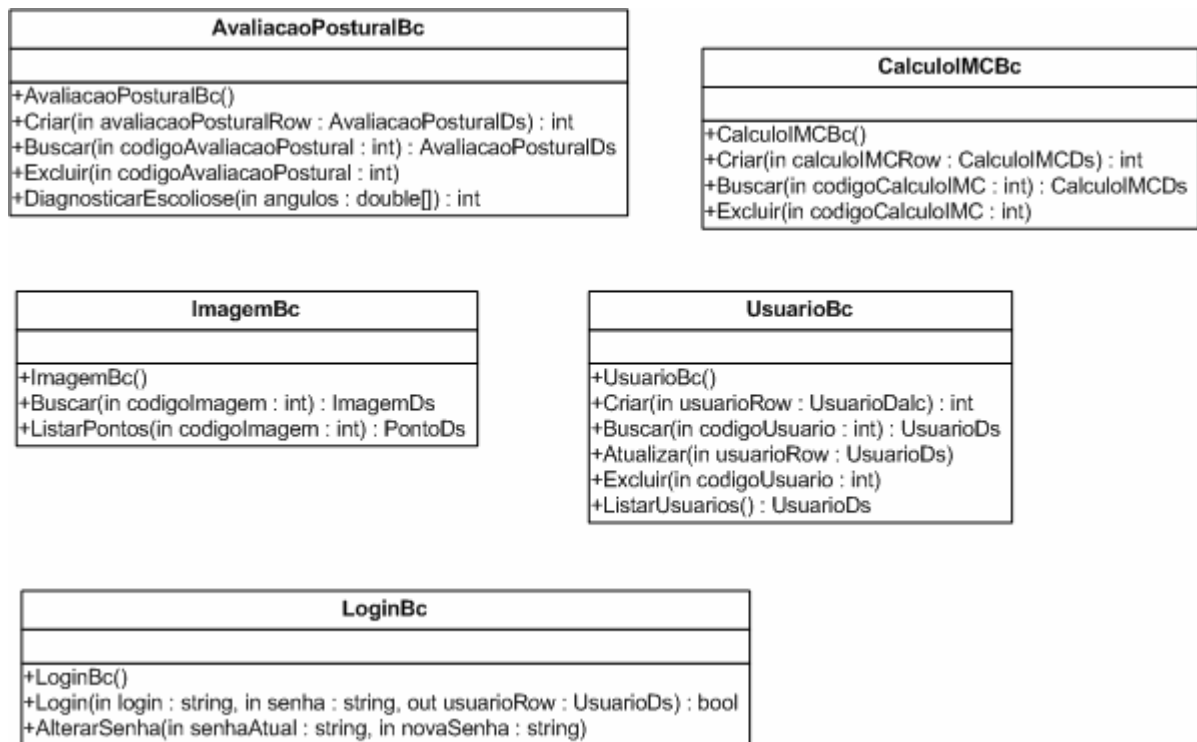


Fig. 3.6 – Diagrama de Classes –Business Component.

3.5 – Diagramas de Sequência

As Figuras 3.7 a 3.19 mostram os diagramas de sequência para algumas operações no sistema.

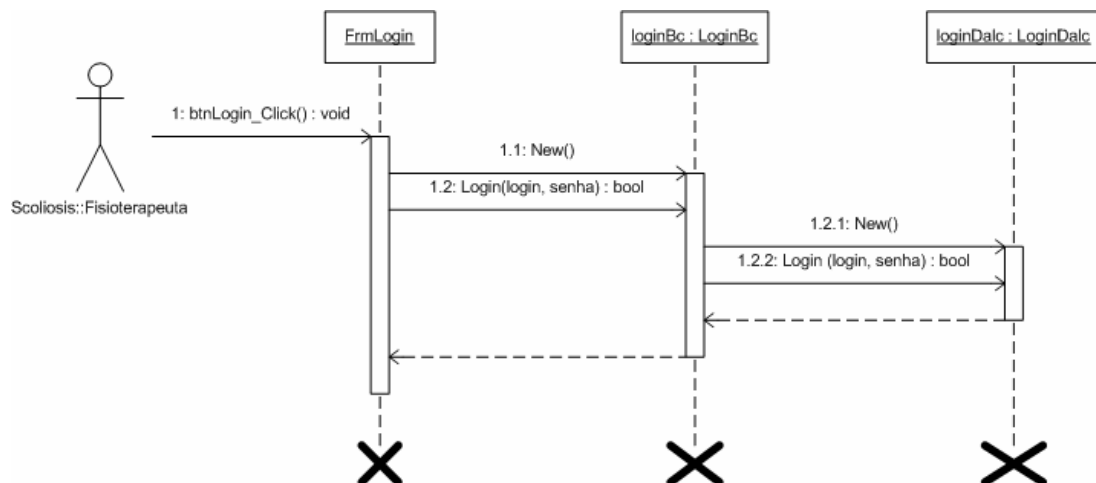


Fig. 3.7 – Diagrama de Sequência - Login.

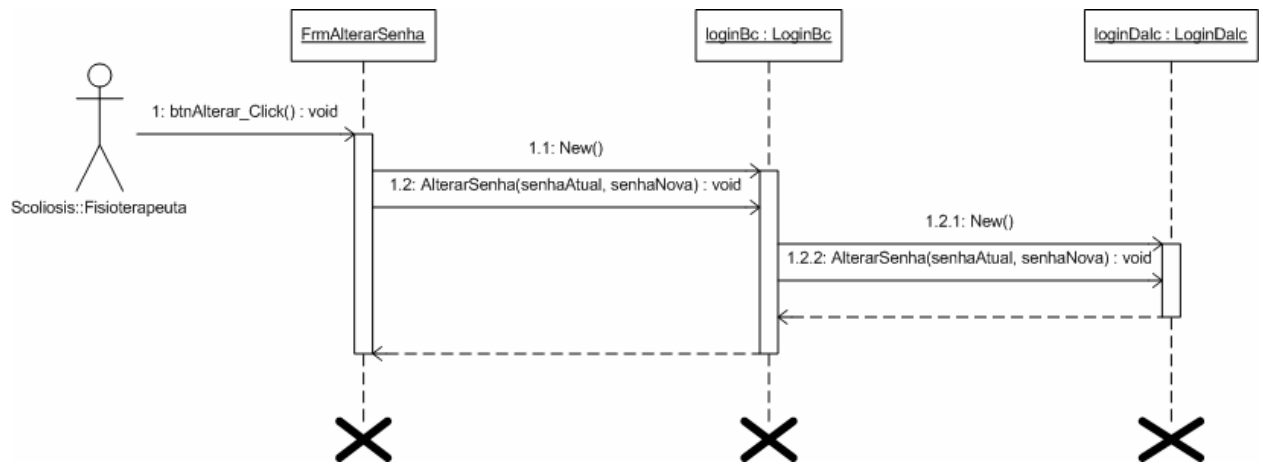


Fig. 3.8 – Diagrama de Sequência – Alterar Senha.

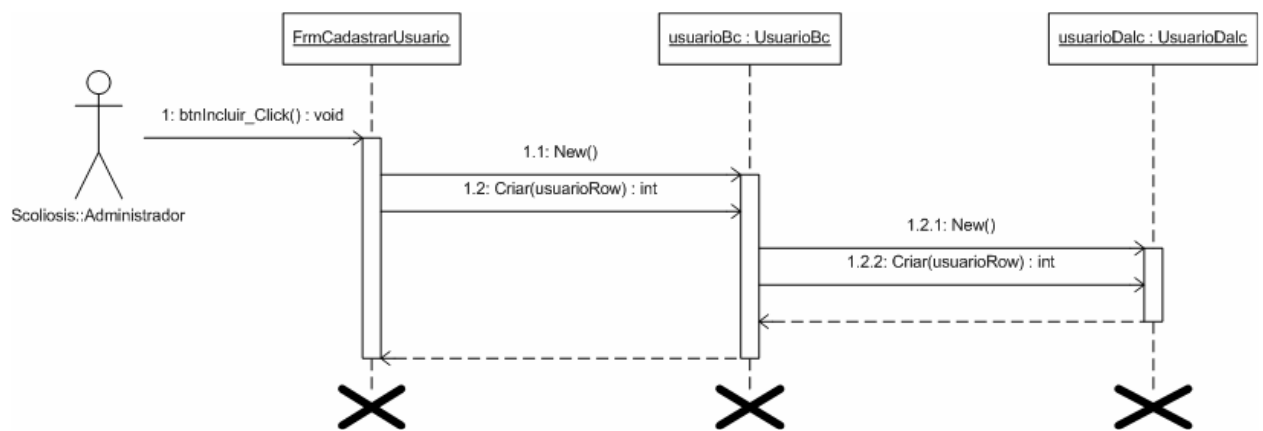


Fig. 3.9 – Diagrama de Sequência – Incluir Usuário.

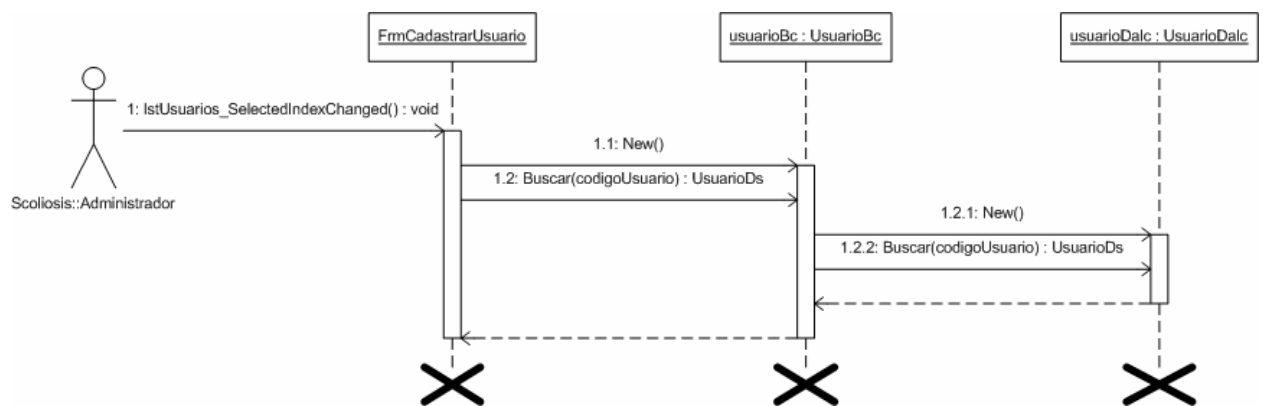


Fig. 3.10 – Diagrama de Sequência – Ler Usuário.

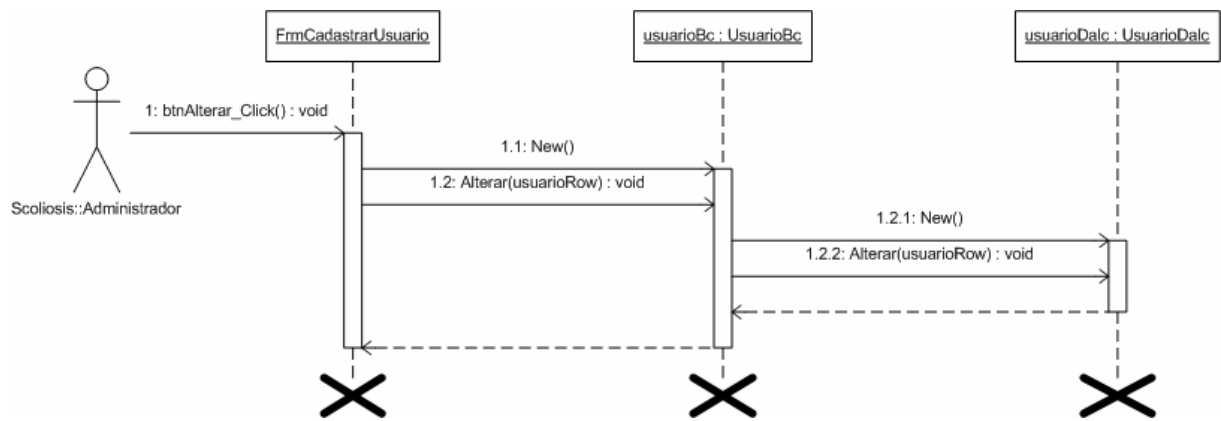


Fig. 3.11 – Diagrama de Sequência – Alterar Usuário.

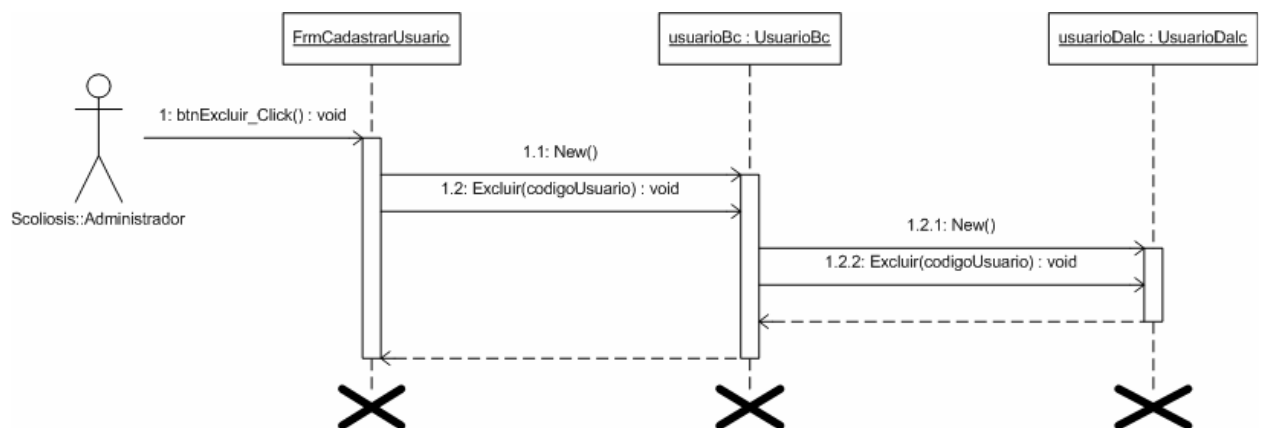


Fig. 3.12 – Diagrama de Sequência – Excluir Usuário.

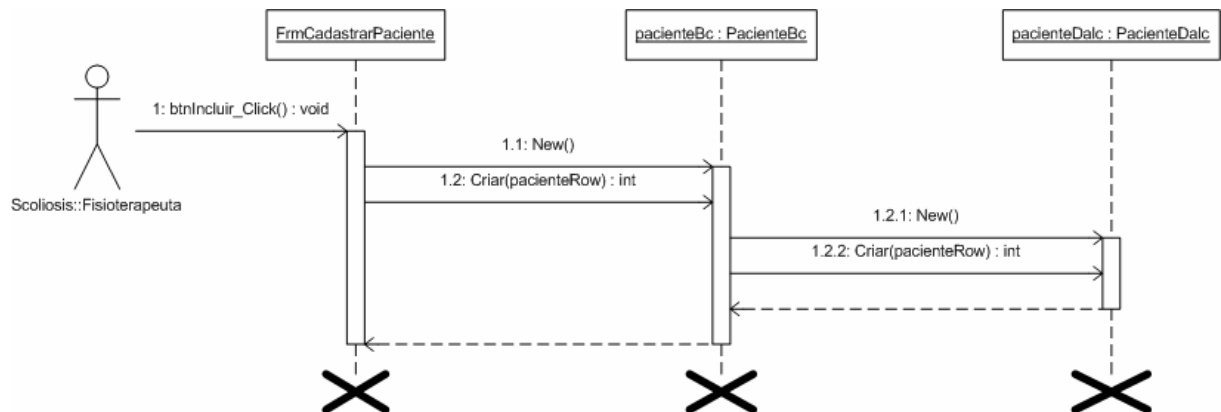


Fig. 3.13 – Diagrama de Sequência – Incluir Paciente

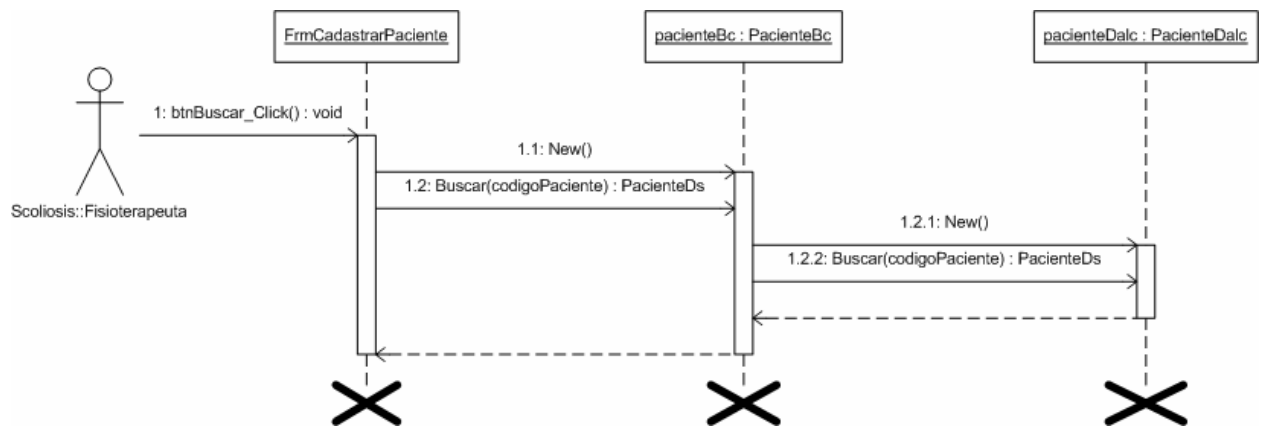


Fig. 3.14 – Diagrama de Sequência – Ler Paciente.

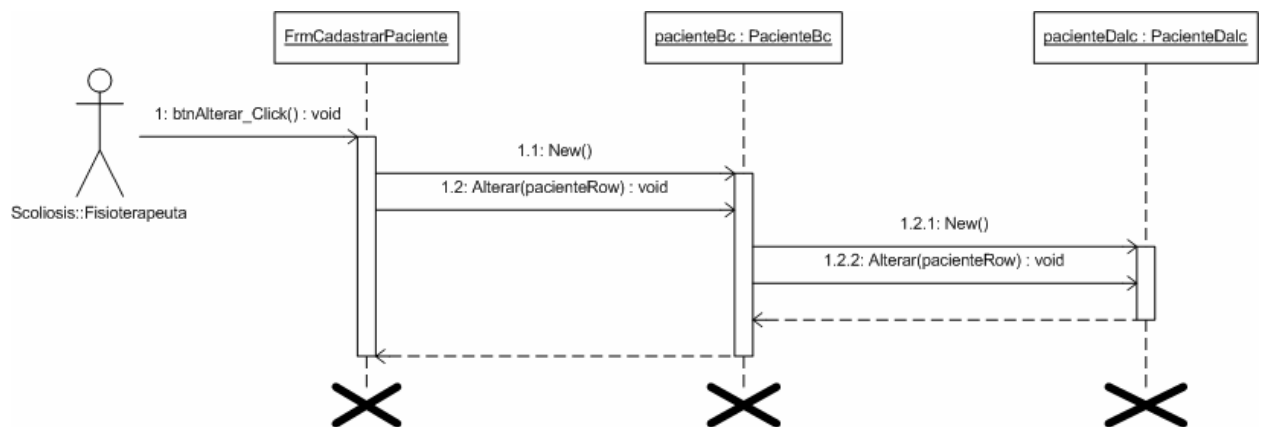


Fig. 3.15 – Diagrama de Sequência – Alterar Paciente.

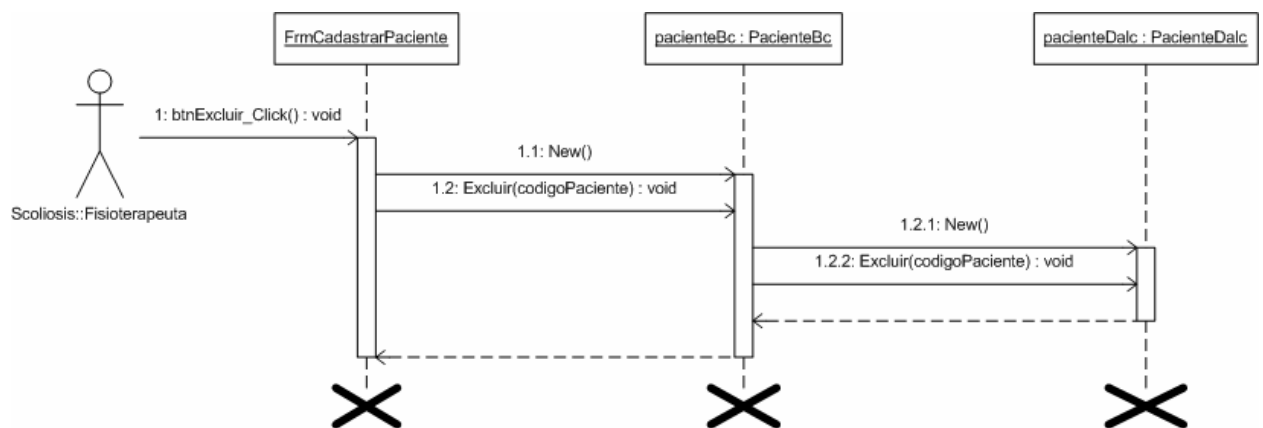


Fig. 3.16 – Diagrama de Sequência – Excluir Paciente

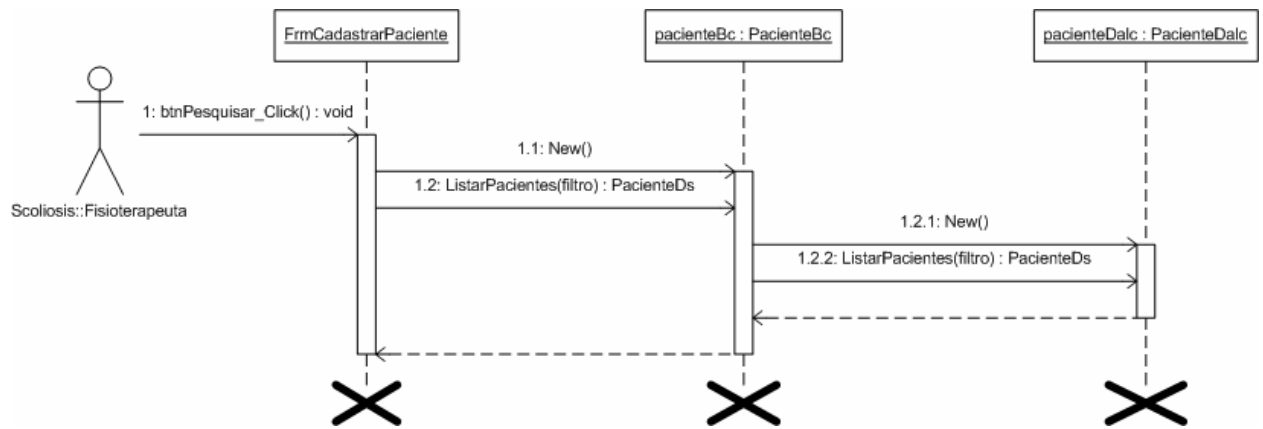


Fig. 3.17 – Diagrama de Sequência – Pesquisar Paciente.

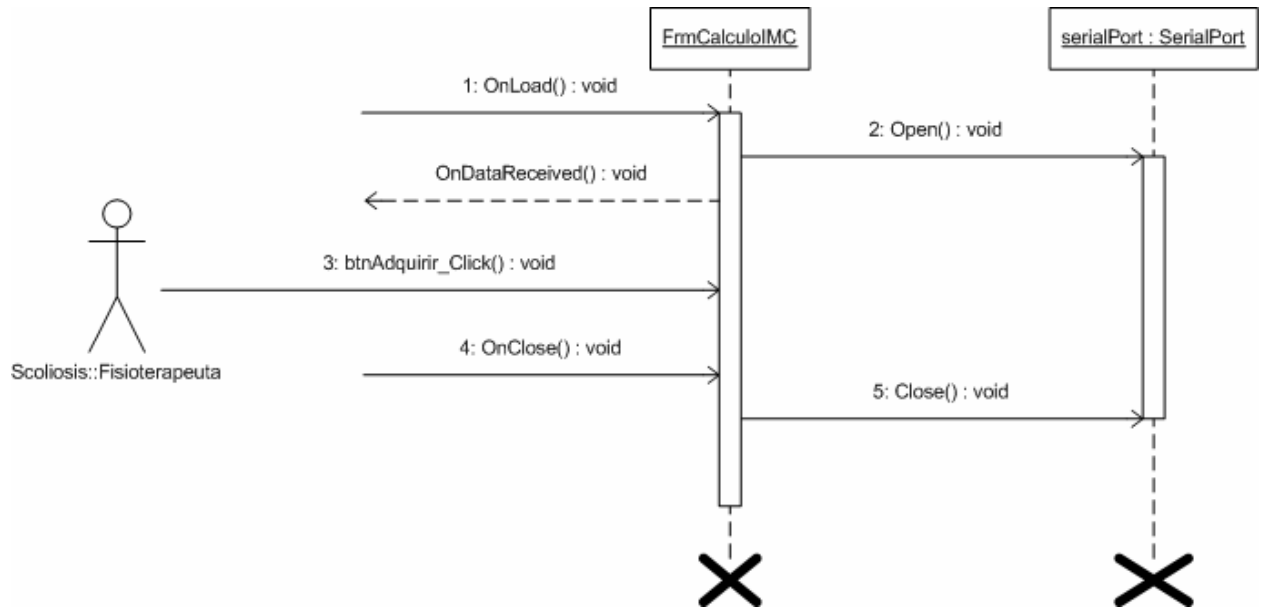


Fig. 3.18 – Diagrama de Sequência – Adquirir Massa.

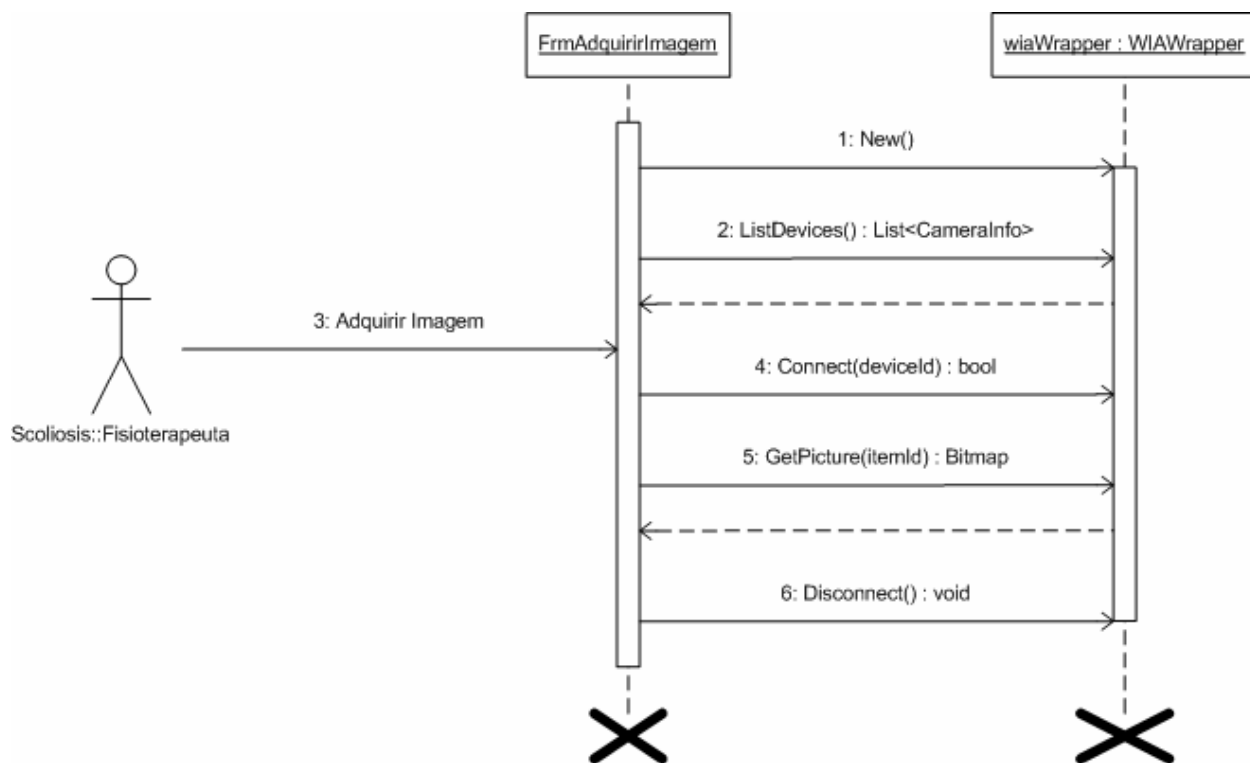


Fig. 3.19 – Diagrama de Sequência – Adquirir Imagem.

3.6 – Banco de Dados

A Figura 3.20 mostra o Modelo Entidade-Relacionamento (MER) para o banco de dados do projeto. O banco de dados escolhido foi o *SQL Server 2005 Express* da Microsoft.

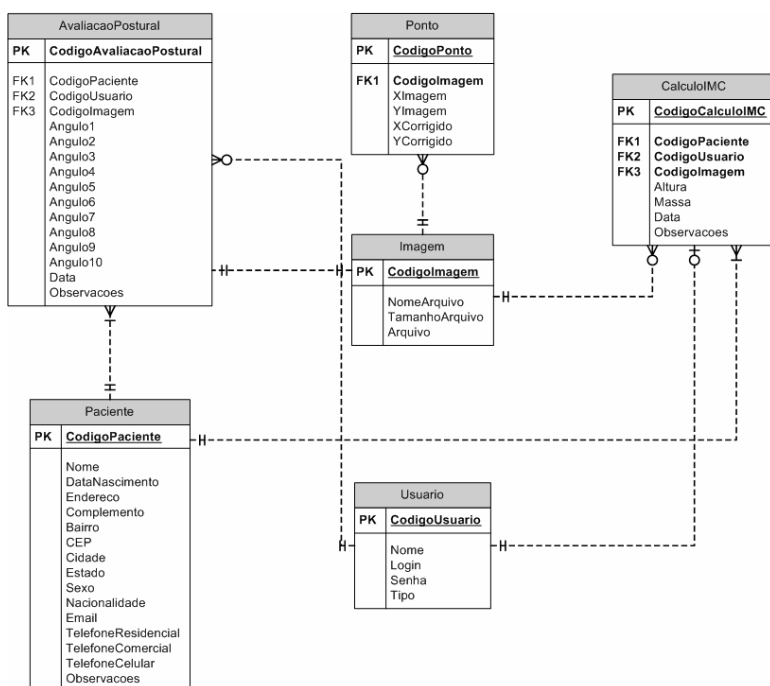


Fig. 3.20 – MER.

3.8 – Protótipos de Tela

Neste capítulo são apresentados os protótipos das telas existentes no sistema. Cada tela é mostrada com maiores detalhes na sequência.

3.8.1 – Login

Para entrar no sistema é necessário fornecer um login e uma senha para que o sistema faça a identificação do usuário. A Figura 3.21 mostra a tela de login.

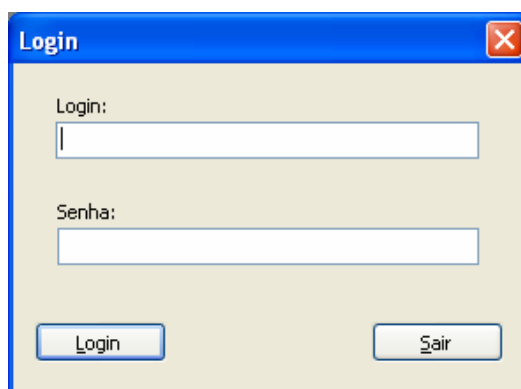


Fig. 3.21 – Tela de Login.

3.8.2 – Tela Principal

A tela principal contém menus para o acesso as demais funcionalidades do sistema. O nome do usuário que está utilizando o sistema é mostrado na barra de status. A Figura 3.22 mostra a tela principal.

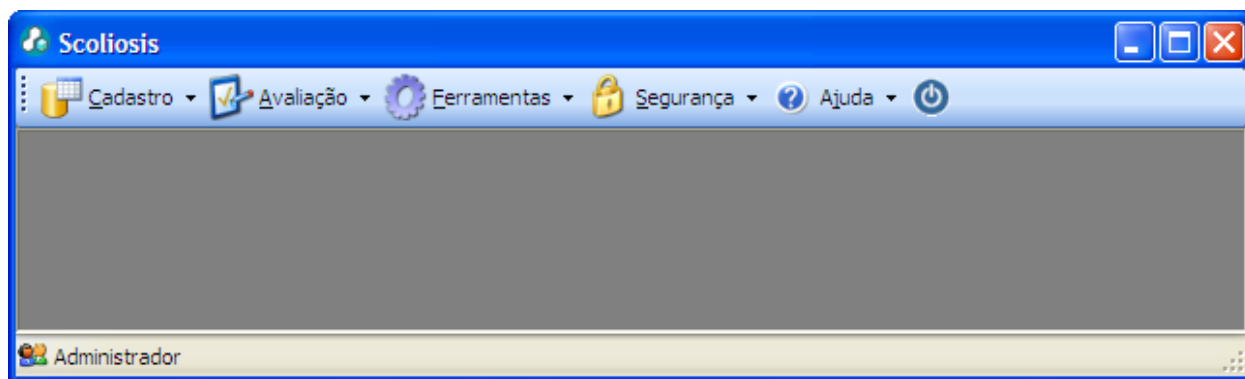


Fig. 3.22 – Tela Principal.

3.8.3 – Cadastro de Usuários

Os usuários que poderão acessar o sistema serão cadastrados através desta tela. A Figura 3.23 mostra a tela de cadastro dos usuários.

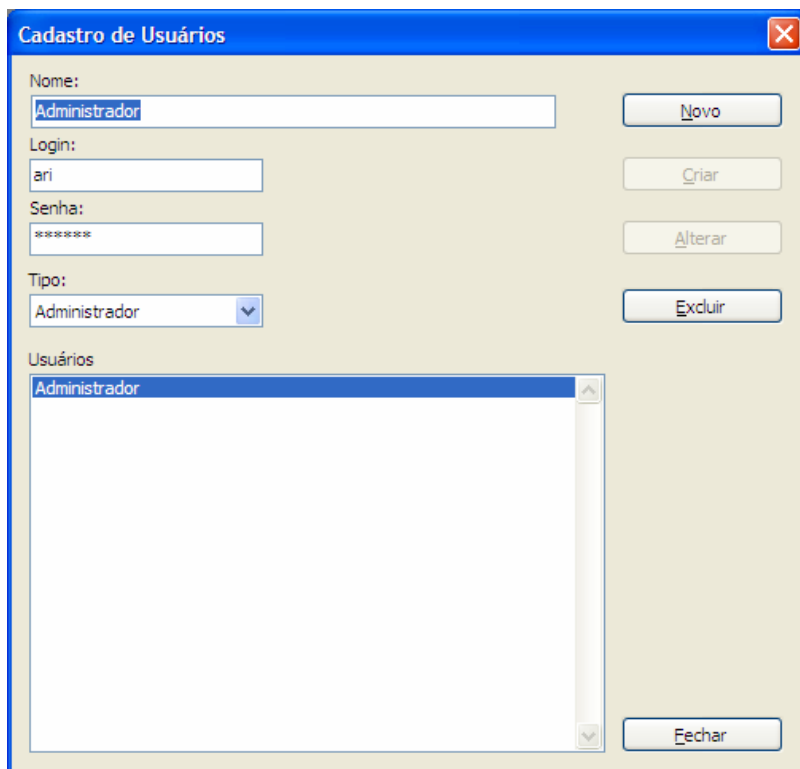


Fig. 3.23 – Tela de Cadastro de Usuários.

3.8.4 – Cadastro de Pacientes

Os pacientes que vão participar das avaliações posturais e dos cálculos de IMC serão cadastrados através desta tela. A Figura 3.24 mostra a tela de cadastro de pacientes.

Para verificar quais pacientes já foram cadastrados, o fisioterapeuta terá que clicar no botão *Buscar....* Após o clique uma tela será mostrada com um filtro para a busca do paciente. A Figura 3.25 mostra a tela de pesquisa de pacientes.

Cadastro de Pacientes

Nome: Regiana Masshuchetto CPF: 111.111.111-11 Data de Nascimento: 16/01/1973

Endereço: Rua Otávio Francisco Dias Complemento: 41 APT34 Bairro: Água Verde

CEP: 80.620-310 Cidade: Curitiba Estado: PR

Sexo: Feminino Nacionalidade: Brasileira E-mail: polacamm@yahoo.com.br

Telefone Residencial: Telefone Comercial: Telefone Celular:

Observações Gerais:
 Altura: 1,71m
 Peso: 64kg
 Joga voleibol desde os 10 anos de idade.

Buttons: Novo, Criar, Alterar, Excluir, Buscar..., Fechar

Fig. 3.24 – Tela de Cadastro de Pacientes.

Buscar Paciente...

Nome: ari

Pacientes:

- Maria Eduarda Leite Souza
- Maria Vitória de Andrade da Silva
- Mariana Bueno Brandão

Buttons: OK, Cancelar

Fig. 3.25 – Tela de Pesquisa de Pacientes.

3.8.5 – Criação de Avaliação Postural

Para criar uma avaliação postural, o fisioterapeuta deve completar alguns passos que são mostrados como telas em forma de *Wizard*. As Figuras 3.26 a 3.31 mostram as telas de cada passo.

O primeiro passo corresponde a escolher em qual paciente será realizada a avaliação postural. A avaliação somente pode ser realizada com pacientes previamente cadastrados no sistema.

O segundo passo corresponde à aquisição da imagem pela câmera digital ou através do próprio sistema de arquivos.

O terceiro passo corresponde à correção da imagem, ou seja, por meio de pontos de controle ao redor do paciente (será explicado em outro capítulo) e nos pontos correspondentes na imagem, o sistema vai calcular os parâmetros de uma transformação projetiva para que os pontos anatômicos identificados posteriormente no paciente não sofram distorção significativa, decorrente da câmera digital.

O quarto passo corresponde à identificação dos pontos anatômicos demarcados pelo fisioterapeuta no paciente. Essa identificação utiliza-se do método de correlação, explicado anteriormente.

O quinto passo corresponde à identificação dos pontos de acordo com uma ordem estabelecida. Os pontos encontrados no passo 4 realizam uma varredura na imagem linha-a-linha, podendo sua ordem não estar de acordo com os pontos do protocolo do sistema (será explicado em outro capítulo).

O sexto e último passo mostra para o fisioterapeuta uma sugestão do tipo da escoliose encontrada.

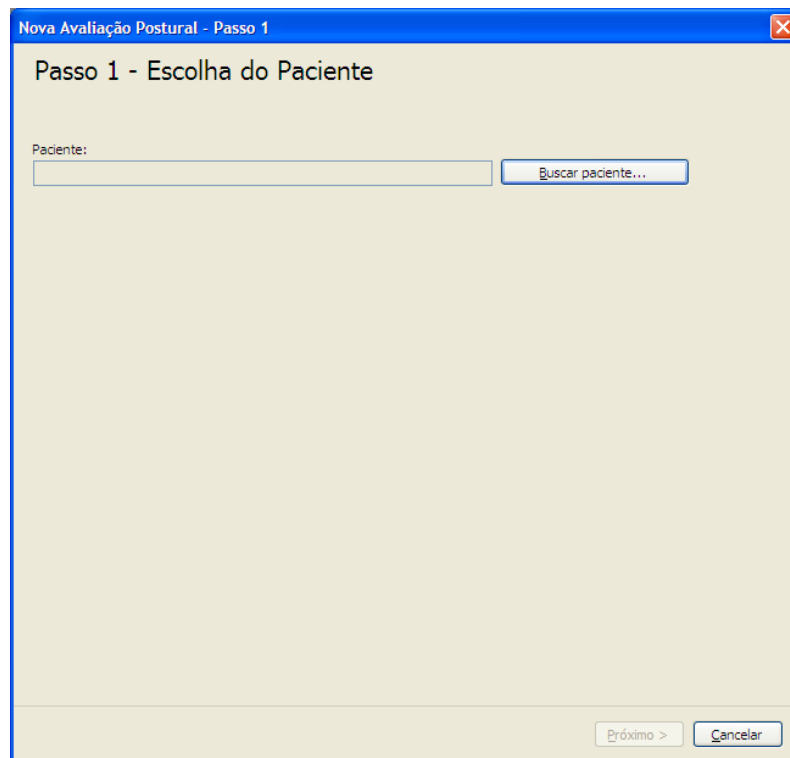


Fig. 3.26 – Tela de Avaliação Postural – Passo 1.



Fig. 3.27 – Tela de Avaliação Postural – Passo 2.



Fig. 3.28 – Tela de Avaliação Postural – Passo 3.



Fig. 3.29 – Tela de Avaliação Postural – Passo 4.

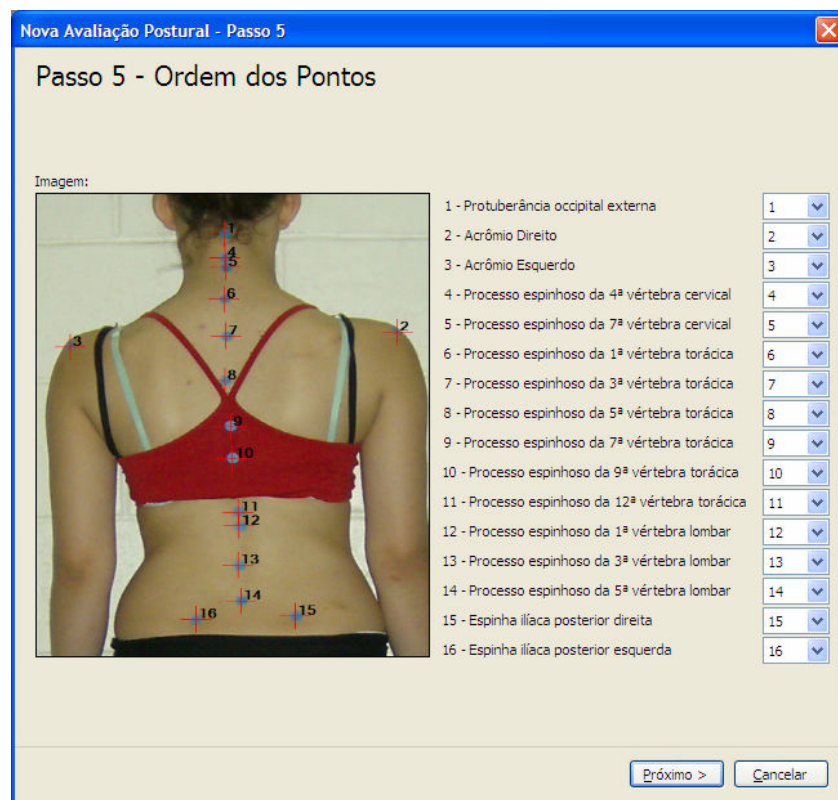


Fig. 3.30 – Tela de Avaliação Postural – Passo 5.

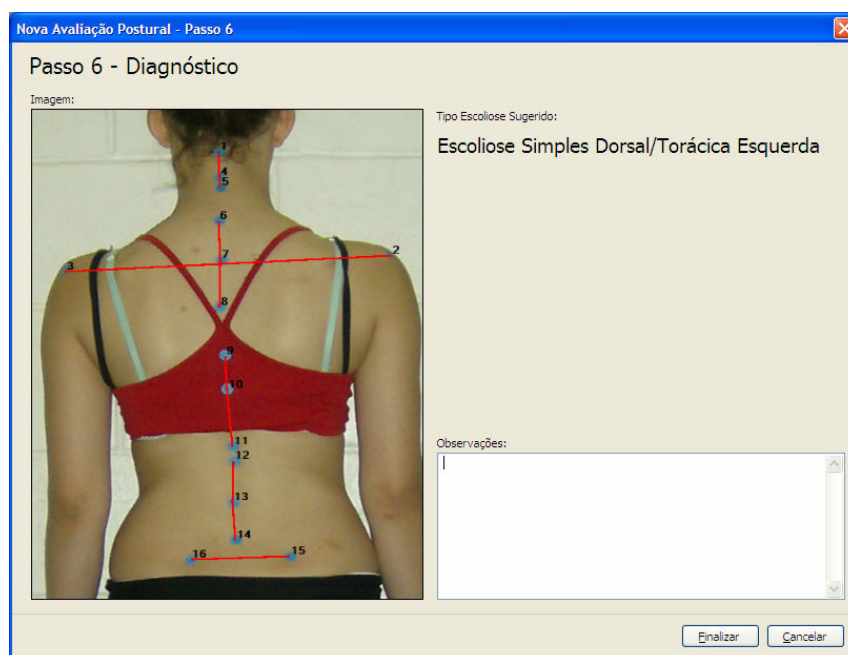


Fig. 3.31 – Tela de Avaliação Postural – Passo 6.

3.8.6 – Aquisição da Imagem

Para realizar a aquisição da imagem uma tela é criada contendo os dispositivos de câmera conectados ao computador, um mecanismo de conexão com um destes dispositivos, sendo possível listar as imagens existentes e visualizar cada uma delas. A Figura 3.32 mostra a tela de aquisição de imagem.

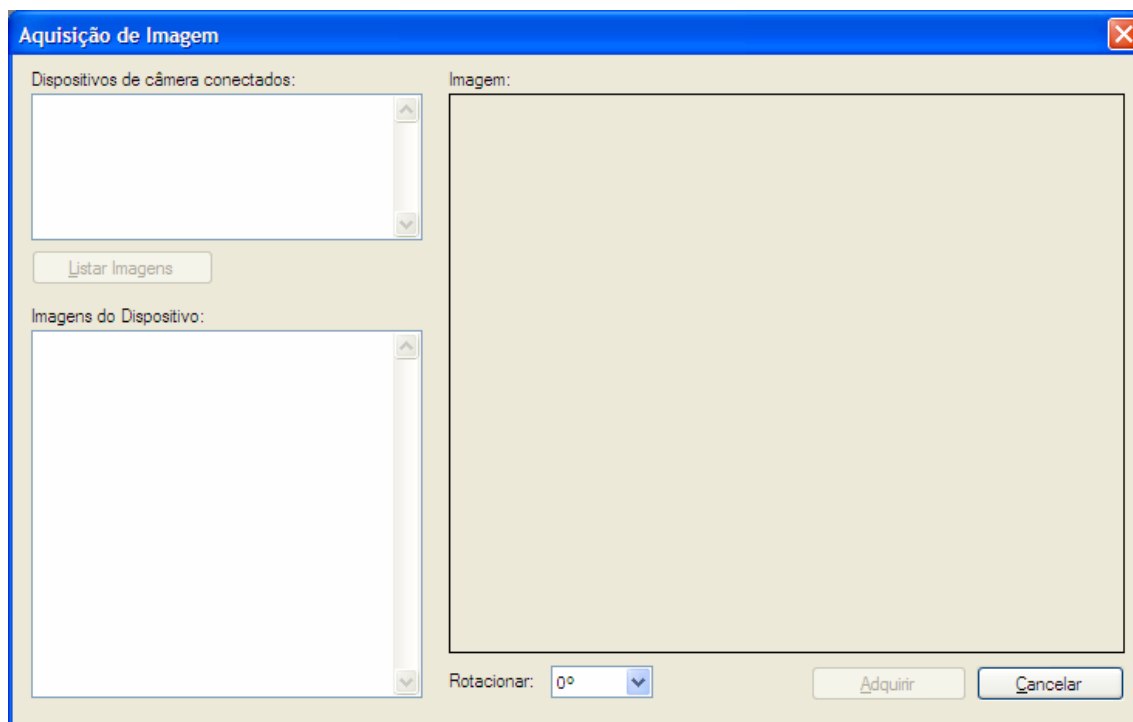


Fig. 3.32 – Tela de Aquisição da Imagem.

3.8.7 – Cálculo do IMC

Para criar o cálculo do IMC, o fisioterapeuta deve completar alguns passos que são mostrados como telas em forma de *Wizard* assim como as telas mostradas no capítulo anterior. As Figuras 3.33 a 3.36 mostram os passos 4 e 5. Os passos 1, 2 e 3 possuem telas equivalentes as Figuras 3.26, 3.27 e 3.28 respectivamente.

O primeiro, segundo e terceiro passos são equivalentes a avaliação postural. O quarto passo realiza o cálculo da altura por meio da imagem digital. O quinto passo realiza a comunicação com a balança e realiza a leitura dos valores de massa medidos. Quando o fisioterapeuta pressiona o botão *Adquirir*, o valor lido é armazenado para calcular o IMC. O sexto e último passo mostra ao fisioterapeuta o valor do IMC calculado e também a sua classificação.

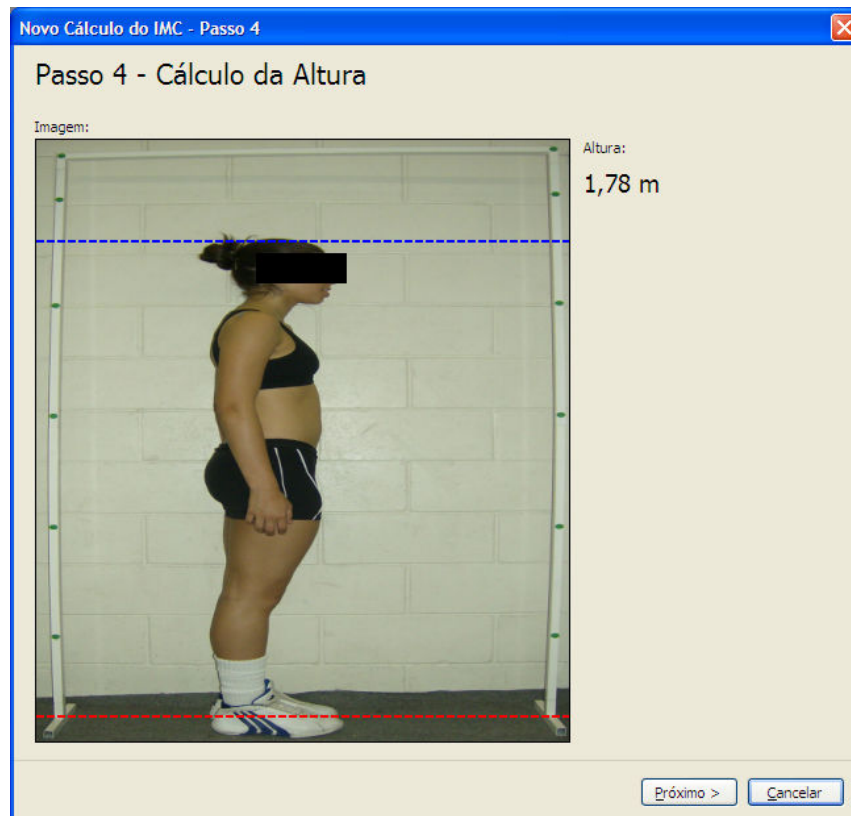


Fig. 3.33 – Tela do Cálculo do IMC – Passo 4.

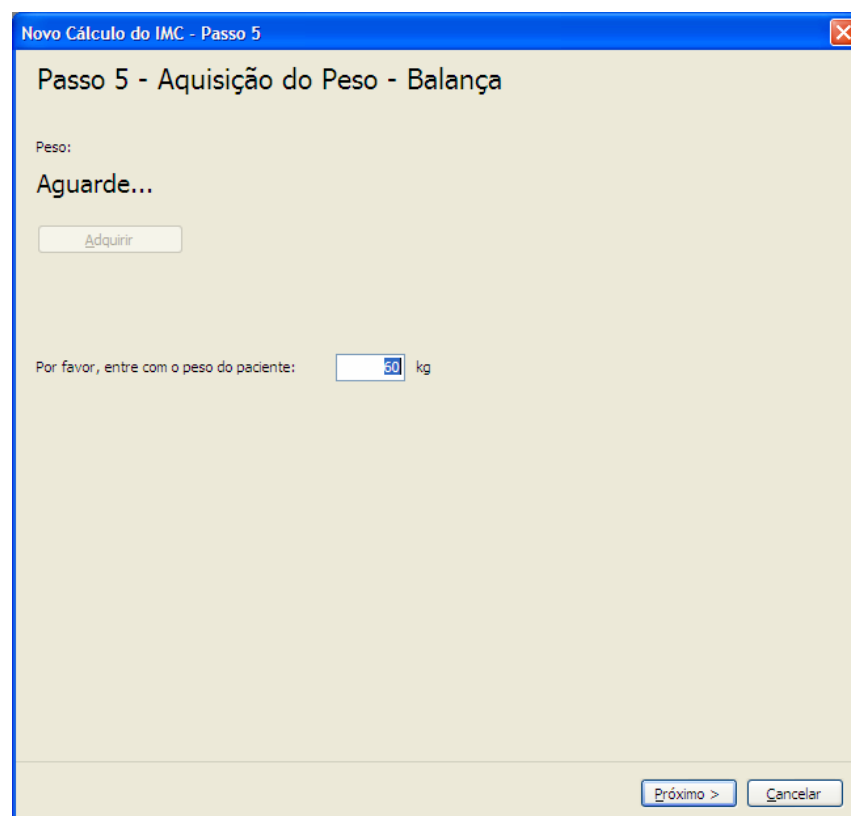


Fig. 3.34 – Tela de Cálculo do IMC – Passo 5.

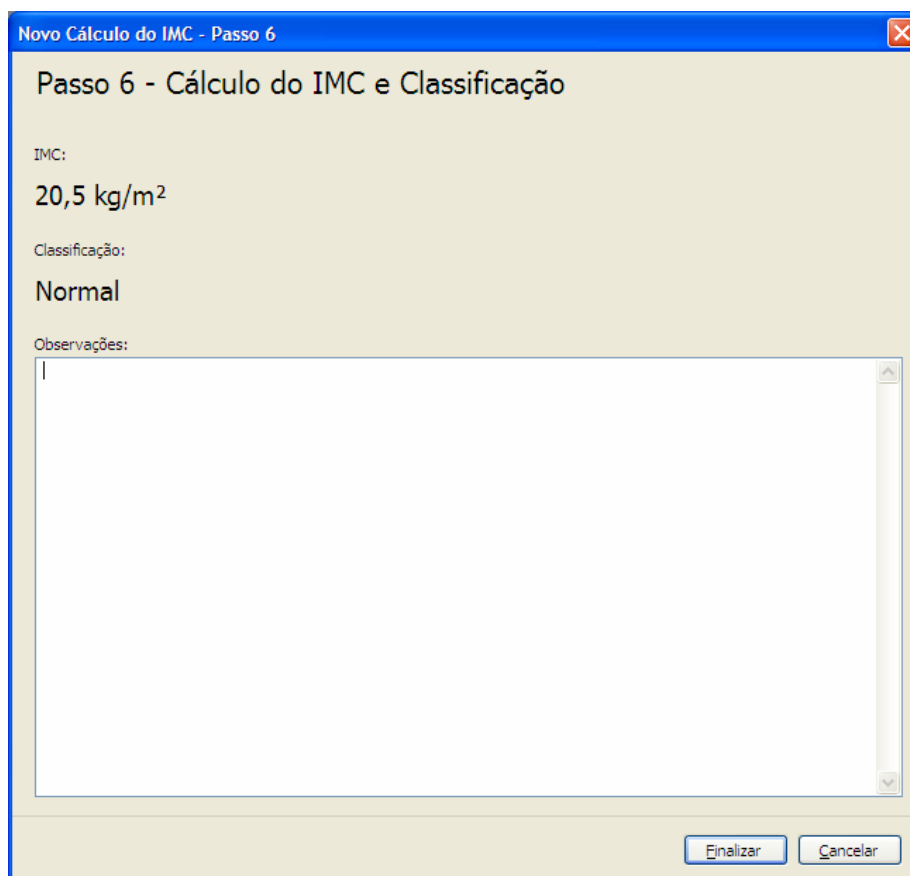


Fig. 3.35 – Tela de Cálculo de IMC – Passo 6.

3.9 – Correção da Imagem

Para reduzir as distorções da câmera digital é necessário corrigir a imagem realizando uma transformação projetiva no sistema de coordenadas da imagem para um sistema de coordenadas conhecido.

A Figura 3.36 mostra os pontos de controle (pontos verdes) que são colocados ao redor do paciente, estes pontos tem a sua coordenada conhecida pelo sistema. O paciente será posicionado entre os pontos de controle tanto no cálculo de sua altura quanto no diagnóstico da escoliose.

Para um melhor resultado, a câmera digital poderá estar posicionada a 2,30m a 2,40m dos pontos de controle e a uma altura de 1,10m a 1,20m do chão. Preferencialmente, a câmera não deve estar configurada com *zoom*.



Fig. 3.36 – Pontos de controle.

Identificando os pontos de controle na imagem é possível então calcular os parâmetros de uma transformação projetiva. O sistema definido pelas coordenadas reais dos pontos de controle é mostrado na Figura 3.37.

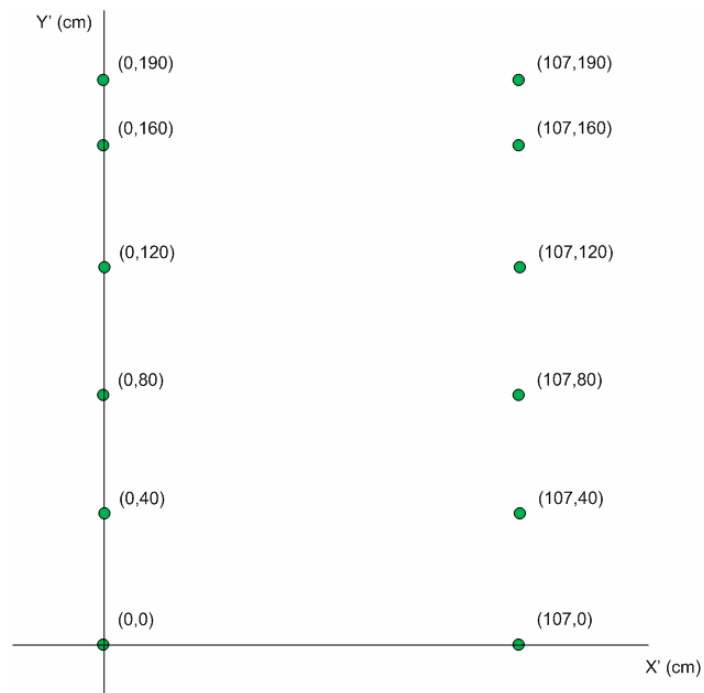


Fig. 3.37 – Pontos de controle para a transformação.

Para o diagnóstico da escoliose cada ponto anatômico identificado no paciente é transformado para esse novo sistema de coordenadas e então os ângulos entre as linhas criadas a partir destes pontos são calculados. Os ângulos serão calculados em relação ao eixo X' positivo.

Para o cálculo da altura é necessário identificar as ordenadas Y limite do corpo do paciente, transformá-las para o novo sistema de coordenadas e então calcular a altura como sendo o módulo de sua diferença.

3.10 – Identificação de Pontos na Imagem

A identificação dos pontos na imagem segue as seguintes etapas de processamento da imagem:

- Aumento da saturação.
- Limiarização na cor desejada.
- Redução de ruído.
- Identificação de um ponto semente.
- Identificação dos pontos por correlação.

O aumento da saturação é necessário para que os pontos anatômicos do paciente (em azul) e os pontos de controle (em verde) tenham sua intensidade aumentada, fazendo com que cores sejam aproximadas ao mais verde possível ou mais azul possível. Após a saturação da imagem, uma limiarização é realizada para isolar os pontos a serem identificados. O valor do limiar nesta etapa compreende a faixa da cor dos pontos (azul ou verde).

Com o processo de limiarização remove-se os ruídos da imagem modificando a cor de cada pixel para o valor da média dos pixels vizinhos. Segue-se então procurando pelo pixel com a cor branca e cujos vizinhos são também brancos.

O pixel identificado delimita uma região cujo centróide é o ponto semente utilizado na correlação, em que se encontra os outros pontos da imagem. Neste processo de correlação, um fator de correlação baixo deve ser utilizado (entre 0,1 e 0,4) pois alguns pontos não possuem semelhança em forma mas em cor.

A Figura 3.38 mostra todo o processo para identificação dos pontos.

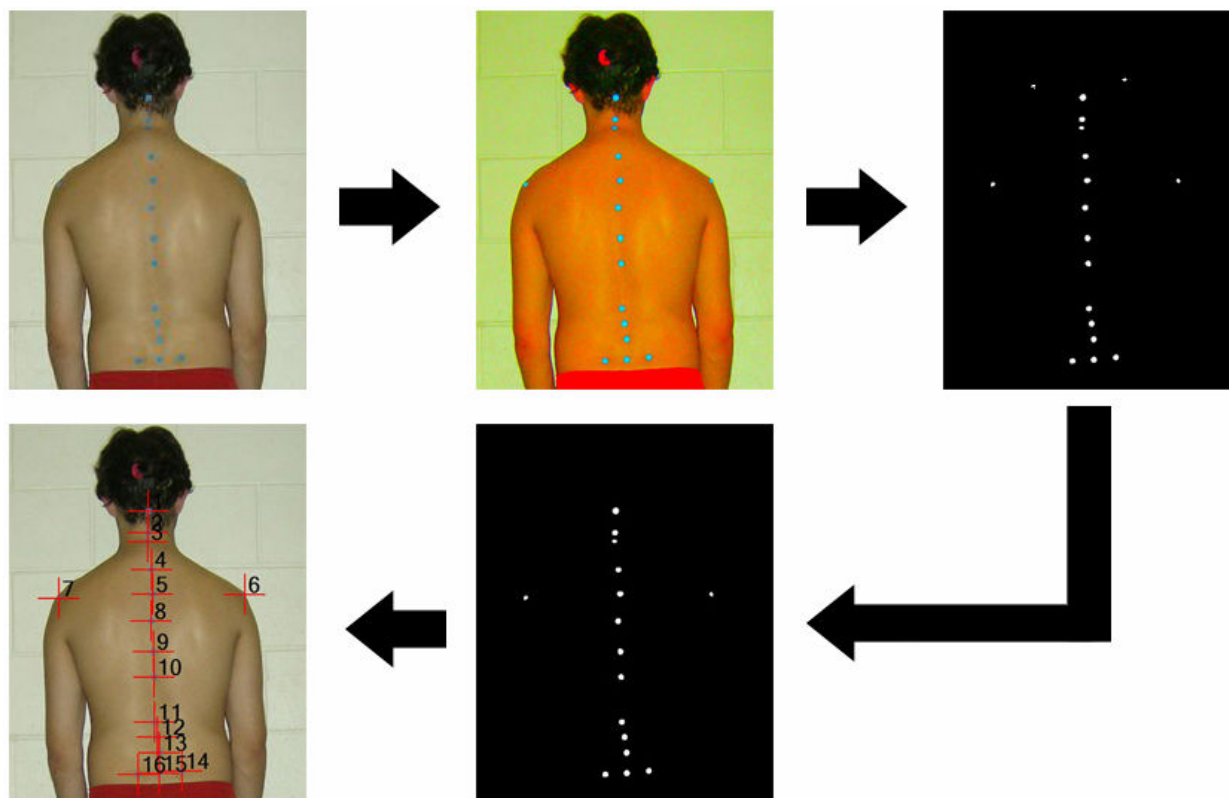


Fig. 3.38 – Identificação de Pontos.

3.11 – Diagnóstico da Escoliose

O fisioterapeuta identifica no paciente alguns pontos anatômicos com adesivos coloridos azuis, tal como mostra a Tabela 3.2.

TABELA 3.2 - Pontos Anatômicos

| Ref. # | Descrição |
|--------|---|
| 1 | Protuberância occipital externa. |
| 2 | Acrômio direito. |
| 3 | Acrômio esquerdo. |
| 4 | Processo espinhoso da 4ª vértebra cervical. |
| 5 | Processo espinhoso da 7ª vértebra cervical. |
| 6 | Processo espinhoso da 1ª vértebra torácica. |
| 7 | Processo espinhoso da 3ª vértebra torácica. |
| 8 | Processo espinhoso da 5ª vértebra torácica. |
| 9 | Processo espinhoso da 7ª vértebra torácica. |
| 10 | Processo espinhoso da 9ª vértebra torácica. |

| | |
|----|--|
| 11 | Processo espinhoso da 12ª vértebra torácica. |
| 12 | Processo espinhoso da 1ª vértebra lombar. |
| 13 | Processo espinhoso da 3ª vértebra lombar. |
| 14 | Processo espinhoso da 5ª vértebra lombar. |
| 15 | Espinha ilíaca posterior direita. |
| 16 | Espinha ilíaca posterior esquerda. |

A Tabela 3.3 mostra as linhas cujos ângulos serão calculados.

TABELA 3.3 - Linhas para calcular os ângulos

| Ângulo # | Ponto #1 | Ponto #2 |
|-----------------|-----------------|-----------------|
| 1 | 2 | 3 |
| 2 | 15 | 16 |
| 3 | 14 | 13 |
| 4 | 13 | 12 |
| 5 | 11 | 10 |
| 6 | 10 | 9 |
| 7 | 8 | 7 |
| 8 | 7 | 6 |
| 9 | 5 | 4 |
| 10 | 4 | 1 |

As Figuras 3.39 a 3.46 mostram a disposição dos pontos para cada tipo de escoliose.

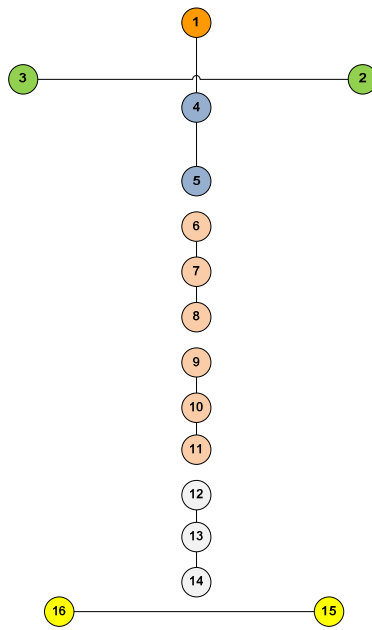


Fig. 3.39 – Normal.

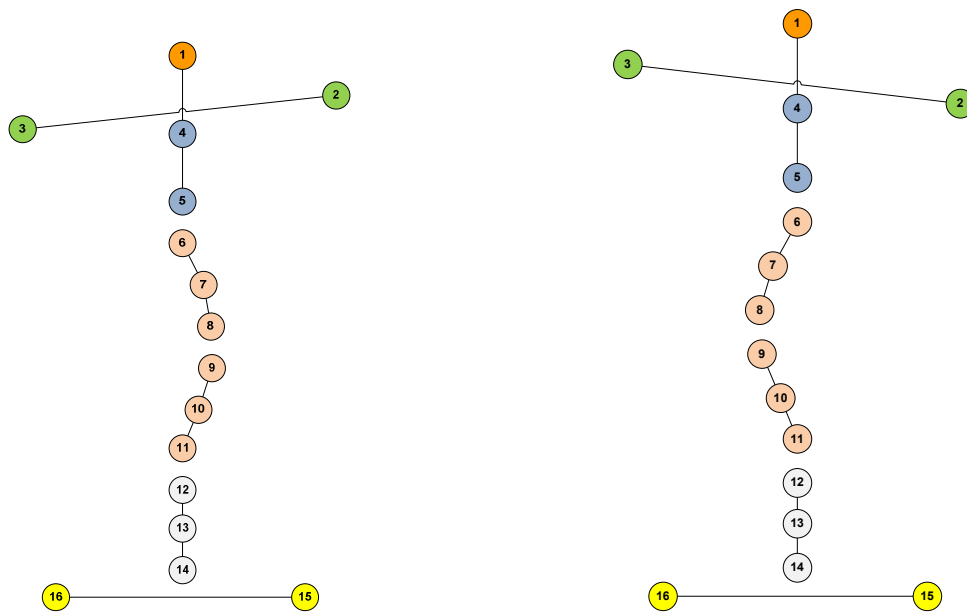


Fig. 3.40 – Escoliose Simples Dorsal/Torácica Direita e Esquerda.

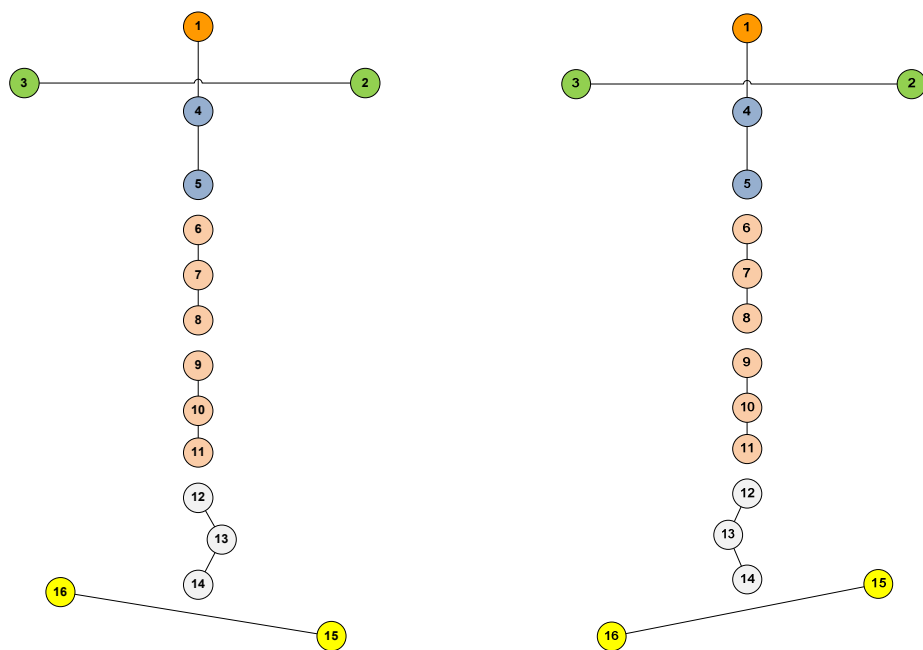


Fig. 3.41 – Escoliose Simples Lombar Direita e Esquerda.

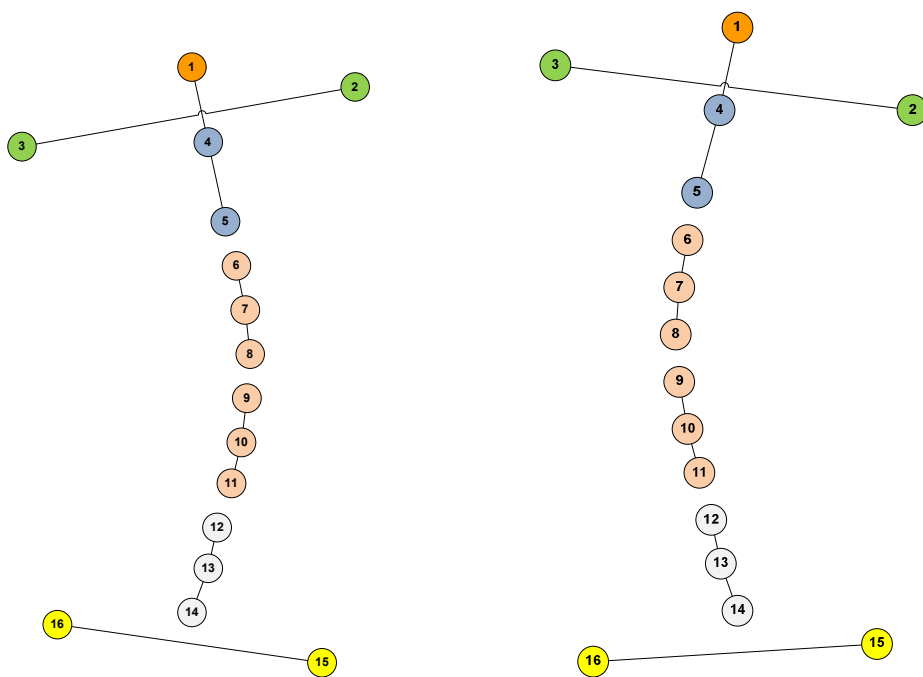


Fig. 3.42 – Escoliose Total Direita e Esquerda.

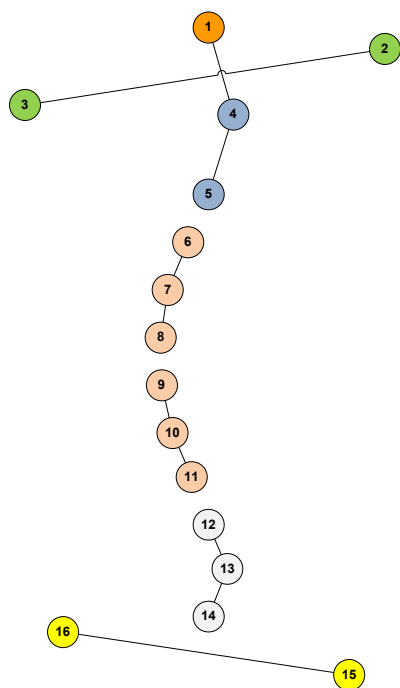


Fig. 3.43 – Escoliose Tripla Cervical Direita Dorsal Esquerda Lombar Direita.

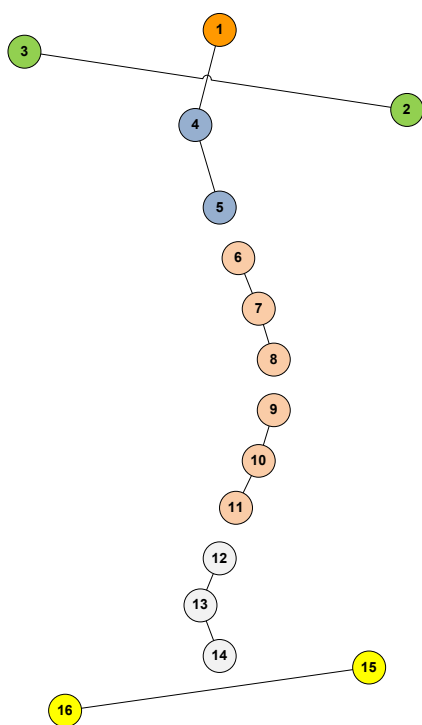


Fig. 3.44 – Escoliose Tripla Cervical Esquerda Dorsal Direita Lombar Esquerda.

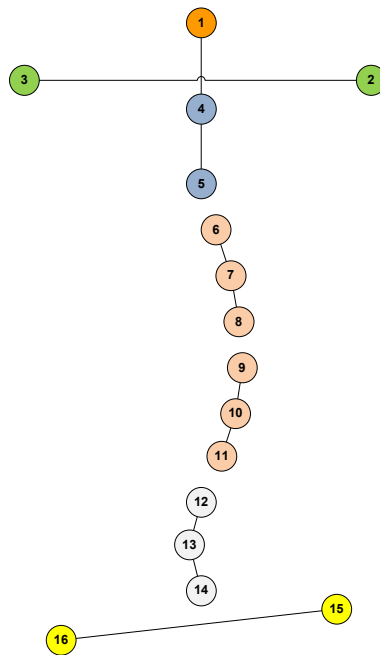


Fig. 3.45 – Escoliose Dupla Dorsal Direita Lombar Esquerda.

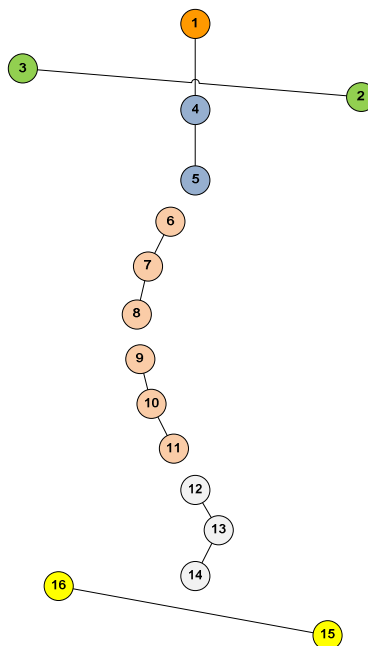


Fig. 3.46 – Escoliose Dupla Dorsal Esquerda Lombar Direita.

A Tabela 3.4 mostra as condições dos ângulos (Tabela 3.3) para cada tipo de escoliose.

TABELA 3.4 - Condições para os Tipos de Escoliose

| Tipo | Condição |
|--------------------------------|---|
| Normal | $ \theta_1 - 180 = 0$ E $ \theta_2 - 180 = 0$ E $ \theta_{3,4,5,6,7,8,9,10} - 90 = 0$ |
| Simple Dorsal/Torácica Direita | $(\theta_3 - 90 = 0$ OU $ \theta_4 - 90 = 0)$ E |

| Tipo | Condição |
|---|---|
| | $(\theta_9 - 90 = 0 \text{ OU } \theta_{10} - 90 = 0) \text{ E } (\theta_8 > 90 \text{ OU } \theta_5 < 90 \text{ OU } \theta_7 > 90 \text{ OU } \theta_6 < 90)$ |
| Simples Dorsal/Torácica Esquerda | $(\theta_3 - 90 = 0 \text{ OU } \theta_4 - 90 = 0) \text{ E } (\theta_9 - 90 = 0 \text{ OU } \theta_{10} - 90 = 0) \text{ E } (\theta_8 < 90 \text{ OU } \theta_5 > 90 \text{ OU } \theta_7 < 90 \text{ OU } \theta_6 > 90)$ |
| Simples Lombar Direita | $ \theta_{5,6,7,8,9,10} - 90 = 0 \text{ E } (\theta_4 > 90 \text{ OU } \theta_3 < 90)$ |
| Simples Lombar Esquerda | $ \theta_{5,6,7,8,9,10} - 90 = 0 \text{ E } (\theta_4 < 90 \text{ OU } \theta_3 > 90)$ |
| Total Direita | $\theta_4 < 90 \text{ E } \theta_9 > 90 \text{ E } ((\theta_5 < 90 \text{ E } \theta_8 > 90) \text{ OU } (\theta_6 < 90 \text{ E } \theta_7 > 90) \text{ OU } (\theta_5 < 90 \text{ E } \theta_8 - 90 = 0) \text{ OU } (\theta_6 < 90 \text{ E } \theta_7 - 90 = 0) \text{ OU } (\theta_5 - 90 = 0 \text{ E } \theta_8 > 90) \text{ OU } (\theta_6 - 90 = 0 \text{ E } \theta_7 > 90))$ |
| Total Esquerda | $\theta_4 > 90 \text{ E } \theta_9 < 90 \text{ E } ((\theta_5 > 90 \text{ E } \theta_8 < 90) \text{ OU } (\theta_6 > 90 \text{ E } \theta_7 < 90) \text{ OU } (\theta_5 > 90 \text{ E } \theta_8 - 90 = 0) \text{ OU } (\theta_6 > 90 \text{ E } \theta_7 - 90 = 0) \text{ OU } (\theta_5 - 90 = 0 \text{ E } \theta_8 < 90) \text{ OU } (\theta_6 - 90 = 0 \text{ E } \theta_7 < 90))$ |
| Tripla Lombar Direita Cervical Direita Dorsal Esquerda | $(\theta_3 < 90 \text{ OU } \theta_4 > 90) \text{ E } (\theta_9 < 90 \text{ OU } \theta_{10} > 90) \text{ E } (\theta_5 > 90 \text{ OU } \theta_8 < 90 \text{ OU } \theta_6 > 90 \text{ OU } \theta_7 < 90)$ |
| Tripla Lombar Esquerda Cervical Esquerda Dorsal Direita | $(\theta_3 > 90 \text{ OU } \theta_4 < 90) \text{ E } (\theta_9 > 90 \text{ OU } \theta_{10} < 90) \text{ E } (\theta_5 < 90 \text{ OU } \theta_8 > 90 \text{ OU } \theta_6 < 90 \text{ OU } \theta_7 > 90)$ |
| Dupla Dorsal Esquerda Lombar Direita | $(\theta_9 - 90 = 0 \text{ OU } \theta_{10} - 90 = 0) \text{ E } (\theta_3 < 90 \text{ OU } \theta_4 > 90) \text{ E } (\theta_5 > 90 \text{ OU } \theta_8 < 90) \text{ E } (\theta_6 > 90 \text{ OU } \theta_7 < 90)$ |
| Dupla Dorsal Direita Lombar Esquerda | $(\theta_9 - 90 = 0 \text{ OU } \theta_{10} - 90 = 0) \text{ E } (\theta_3 > 90 \text{ OU } \theta_4 < 90) \text{ E } (\theta_5 < 90 \text{ OU } \theta_8 > 90) \text{ E } (\theta_6 < 90 \text{ OU } \theta_7 > 90)$ |

Para todas as comparações de ângulos é introduzido um erro que pode ser configurado pelo fisioterapeuta no sistema. Por exemplo, para um erro de 3 graus, se a comparação é que um ângulo seja menor que 90 graus, considera-se que este ângulo deve ser menor ou igual a $90 - 3 = 87$ graus.

Como esta técnica para determinação do tipo da escoliose não foi encontrada na literatura, o valor do erro angular que deve ser utilizado é desconhecido. Para tentar resolver esse problema, propõe-se que o fisioterapeuta configure 4 níveis de diagnóstico:

- Nível 1 – erro de 3 graus.
- Nível 2 – erro de 5 graus.
- Nível 3 – erro de 7,5 graus.
- Nível 4 – erro de 10 graus.

Percebe-se que níveis mais baixos realizam um diagnóstico mais minucioso em comparação com níveis mais altos.

3.12 – Simulação da Balança

Para a simulação da balança, utilizou-se uma célula de carga existente em uma balança eletrônica FILIZOLA cuja capacidade era de até 15 kg. Esta célula é alimentada com uma tensão de 15 Vcc e fornece uma diferença de tensão quando algum objeto é colocado em sua base.

Como a diferença de tensão fornecida pela célula de carga é pequena, em torno de -6,07mVcc e +6,07mVcc, deve-se amplificar essa diferença utilizando 3 amplificadores operacionais LM324. Estes amplificadores devem ser ajustados para um ganho de valor 10.

A saída do LM324 é então enviada a um microcontrolador PIC16F277 que, através de uma conversão A/D, envia o sinal ao computador através de um adaptador USB-Serial (PL2303).

O código abaixo é gravado no microcontrolador PIC para realizar a conversão A/D e enviar o valor medido para o computador:

```
#INCLUDE <16F877A.h>
#DEVICE ADC=16 // conversão de 16 bits
#FUSES HS,NOWDT,NOPROTECT
#USE delay(clock=16000000)
#USE rs232(baud=9600, xmit=PIN_C6, rcv=PIN_C7, PARITY=N, BITS = 8)

// sinaliza que o programa está operando (LED)
void heart_bit()
{
    delay_ms(400);
    output_low(PIN_C0);
    delay_ms(400);
    output_high(PIN_C0);
}
```

```

}

// função principal
main()
{
    int16 valor;

    SETUP_ADC_PORTS(RA0_ANALOG);
    SETUP_ADC(ADC_CLOCK_INTERNAL);
    set_adc_channel( 0 );

    while(true)
    {
        delay_us(10);
        valor = Read_ADC();

        // calibra valor
        if (valor < 0)
            valor = 0;
        else if (valor > 10368)
            valor = 15;
        else
            valor = (15 * (valor - 7488)) / (10368 - 7488);

        // envia massa para a serial
        printf("%Lu\n", valor);
        heart_bit() ;
    }
}

```

CAPÍTULO 4 – VALIDAÇÃO E RESULTADOS

Nos tópicos a seguir, será apresentado os resultados obtidos no diagnóstico da escoliose e no cálculo do IMC.

4.1 – Diagnóstico da Escoliose

A validação do diagnóstico da escoliose foi realizada através de testes em uma equipe feminina de basquete de uma instituição de ensino de Curitiba-PR, familiares do aluno e uma paciente de uma clínica de fisioterapia da mesma cidade, totalizando 24 indivíduos.

Os testes foram supervisionados por duas fisioterapeutas: Viviane Helena Raimundo (LTT-F nº 3397, CREFITO 8) e Talyta Camargo Alves Simão (LTT-F nº 3335, CREFITO 8), que identificaram os pontos anatômicos nos indivíduos.

As características dos indivíduos da amostra são especificadas na Tabela 4.1.

TABELA 4.1 – Indivíduos (Diagnóstico da Escoliose)

| | Mínimo | Máximo | Média | Desvio Padrão |
|--------------|---------------|---------------|--------------|----------------------|
| Idade (anos) | 12 | 36 | 19 | 6,1 |
| Estatura (m) | 1,56 | 1,92 | 1,71 | 0,094 |
| Peso (kg) | 40 | 88 | 62 | 11,0 |

A Figura 4.1 mostra o ambiente que as fisioterapeutas e o autor realizaram os testes.

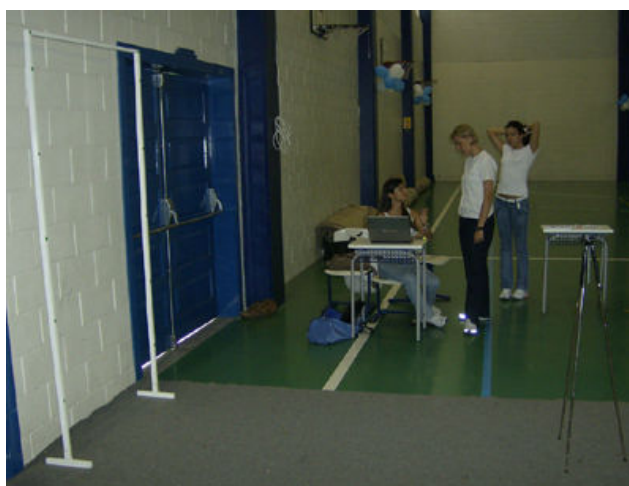


Fig. 4.1 – Fisioterapeutas.

A Tabela 4.2 mostra os ângulos calculados para cada indivíduo.

TABELA 4.2 – Ângulos Calculados

| Indivíduo | θ_1 | θ_2 | θ_3 | θ_4 | θ_5 | θ_6 | θ_7 | θ_8 | θ_9 | θ_{10} |
|------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| LHYM | 179 | 182 | 92 | 84 | 93 | 89 | 92 | 78 | 93 | 92 |
| LYM | 180 | 178 | 87 | 89 | 95 | 92 | 95 | 94 | 90 | 91 |
| TCAS | 181 | 179 | 84 | 98 | 98 | 96 | 87 | 89 | 88 | 93 |
| RCAS | 183 | 180 | 92 | 89 | 91 | 90 | 88 | 90 | 93 | 88 |
| MVAS | 182 | 186 | 86 | 95 | 90 | 93 | 93 | 95 | 79 | 83 |
| AYAS | 184 | 182 | 93 | 99 | 91 | 95 | 94 | 90 | 100 | 93 |
| PSGT | 175 | 175 | 85 | 76 | 89 | 94 | 87 | 76 | 76 | 93 |
| PC | 177 | 172 | 88 | 88 | 92 | 88 | 99 | 87 | 87 | 89 |
| APS | 179 | 183 | 89 | 95 | 89 | 90 | 86 | 91 | 89 | 88 |
| APB | 179 | 179 | 88 | 93 | 88 | 90 | 83 | 93 | 87 | 83 |
| AC | 178 | 179 | 81 | 92 | 89 | 90 | 90 | 93 | 109 | 91 |
| AF | 182 | 181 | 91 | 88 | 94 | 93 | 88 | 92 | 93 | 89 |
| AM | 180 | 181 | 95 | 87 | 98 | 90 | 91 | 86 | 100 | 96 |
| FCS | 179 | 179 | 92 | 92 | 91 | 93 | 87 | 91 | 85 | 101 |
| JBRA | 179 | 182 | 90 | 93 | 92 | 96 | 89 | 86 | 86 | 89 |
| JCL | 178 | 181 | 94 | 89 | 103 | 82 | 88 | 92 | 96 | 90 |
| LVN | 177 | 178 | 82 | 92 | 93 | 85 | 82 | 87 | 92 | 85 |
| LS | 183 | 184 | 96 | 94 | 88 | 88 | 85 | 95 | 98 | 92 |
| MCG | 178 | 177 | 94 | 89 | 87 | 88 | 85 | 85 | 92 | 83 |
| MELS | 179 | 177 | 84 | 86 | 90 | 94 | 89 | 87 | 92 | 92 |
| RM | 179 | 181 | 97 | 95 | 91 | 83 | 92 | 91 | 89 | 82 |
| VHR | 178 | 177 | 97 | 88 | 89 | 88 | 92 | 90 | 95 | 88 |
| TLNB | 179 | 175 | 86 | 86 | 90 | 88 | 92 | 91 | 92 | 89 |
| MBB | 181 | 180 | 94 | 93 | 96 | 82 | 91 | 90 | 96 | 90 |

O diagnóstico da escoliose foi realizado considerando erro angular de 3 graus, 5 graus, 7,5 graus e 10 graus, que correspondem aos níveis de diagnóstico 1 a 4 respectivamente. As Figuras 4.2 a 4.5 mostram os resultados obtidos para cada nível.

Diagnóstico (Nível 1)

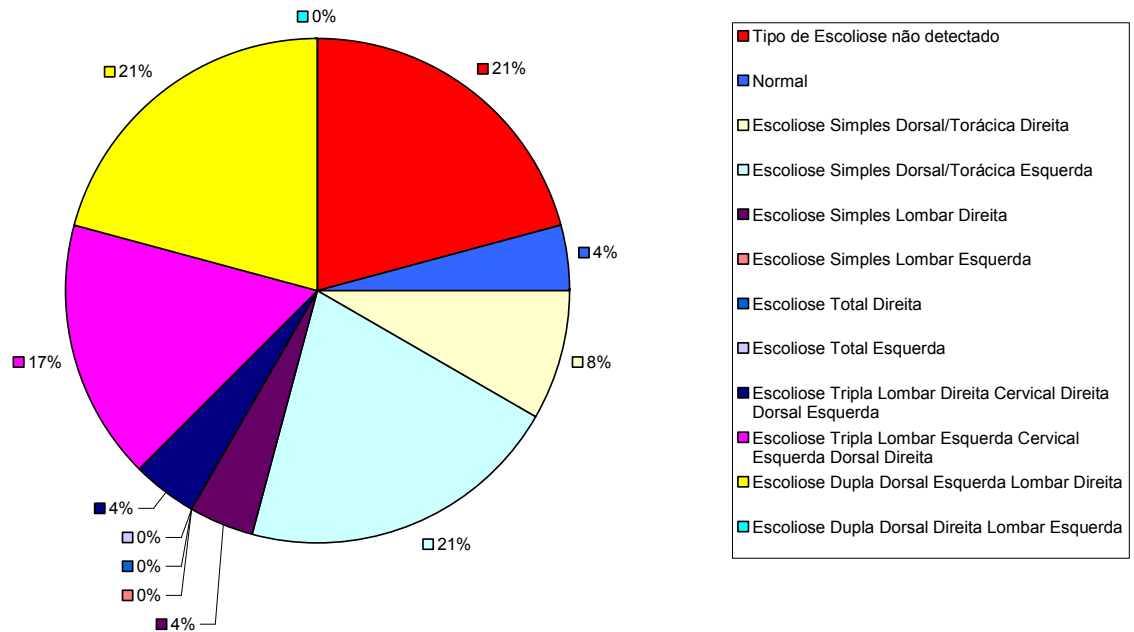


Fig. 4.2 – Diagnóstico (Nível 1).

Diagnóstico (Nível 2)

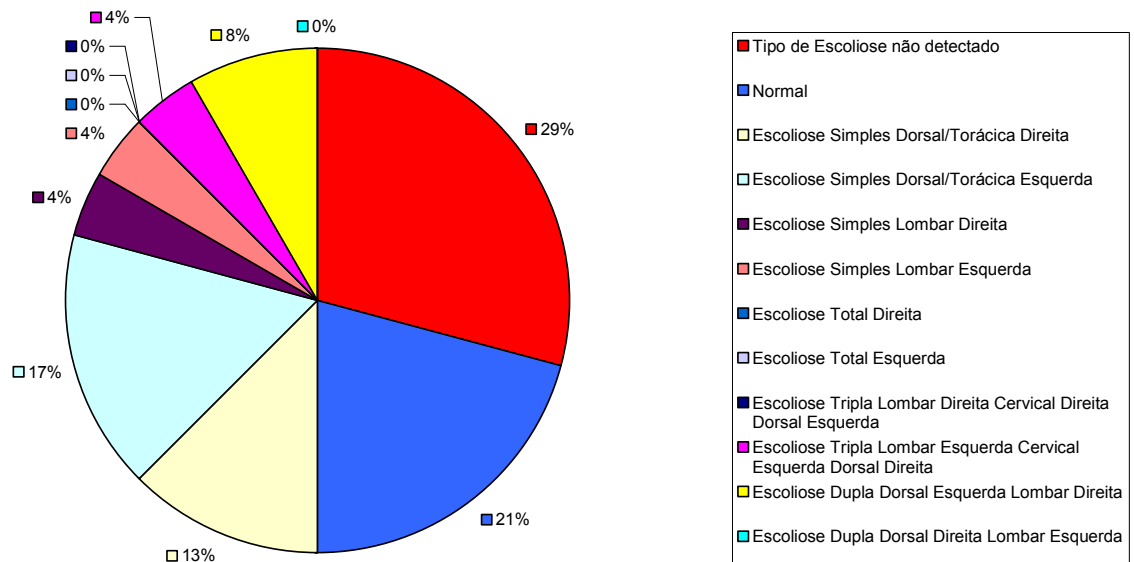


Fig. 4.3 – Diagnóstico (Nível 2).

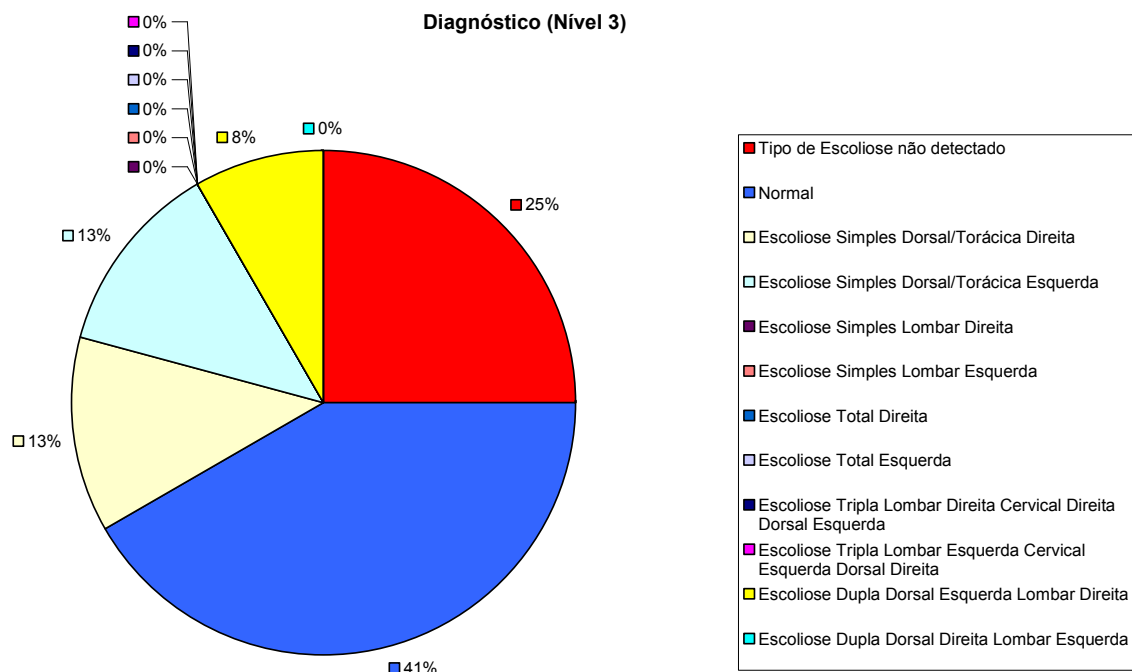


Fig. 4.4 – Diagnóstico (Nível 3).

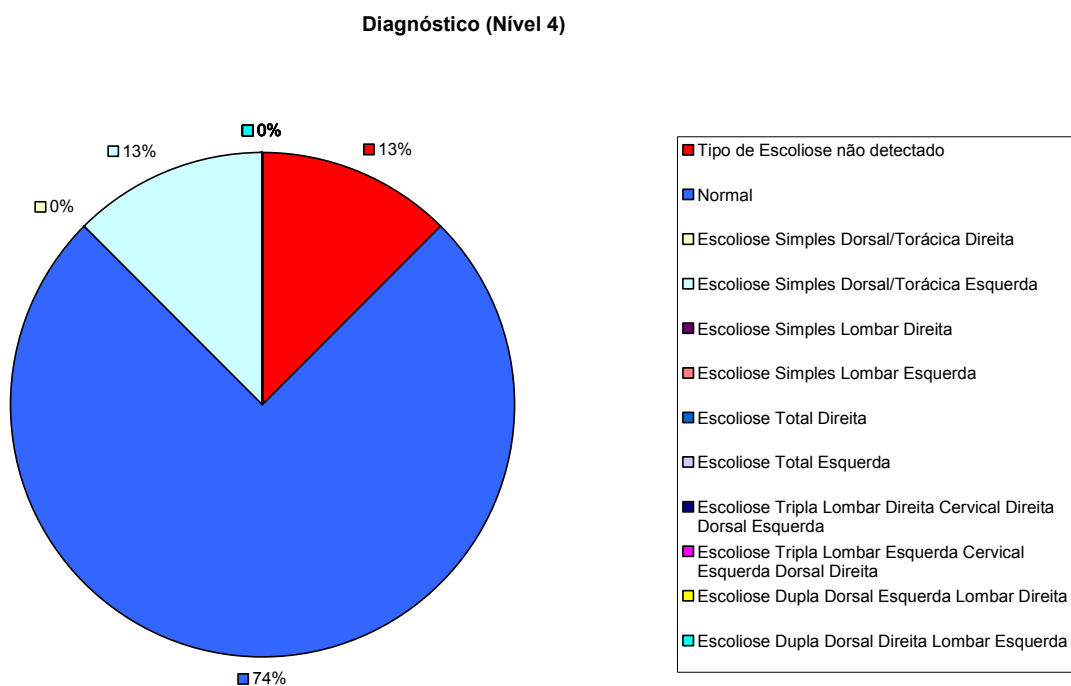


Fig. 4.5 – Diagnóstico (Nível 4).

Os tipos de escoliose que o sistema não conseguiu diagnosticar não estão entre os 10 tipos existentes na literatura. Alguns destes indivíduos possuem desvios somente na região cervical, não sendo possível diagnosticar o seu tipo de escoliose.

Um exemplo de escoliose não diagnosticada é o indivíduo da Figura 4.6, que poderia ser caracterizada como Escoliose Dupla Cervical Direita (ponto 5 à direita) Lombar Direita (ponto 13 à direita), mas este tipo de escoliose não existe na literatura.

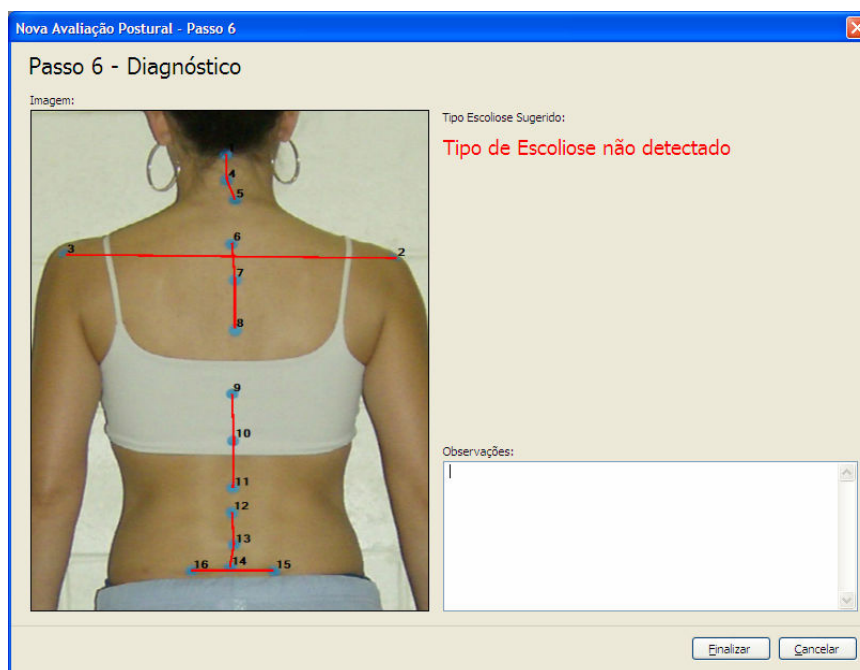


Fig. 4.6 – Tipo não detectado.

Pode-se perceber nos gráficos das Figuras 4.2 a 4.5 que, quanto maior o nível configurado, maior foi a predominância de indivíduos sem escoliose (tipo Normal), o que era esperado pois os níveis mais altos consideram desvios maiores.

4.2 – Cálculo do IMC

O cálculo do IMC foi realizado com 28 indivíduos, dentre eles, os 24 indivíduos descritos no item 4.2 e mais 4 alunos de Engenharia da Computação do UnicenP.

As características dos indivíduos da amostra são especificadas na Tabela 4.3.

TABELA 4.3 – Indivíduos (Cálculo do IMC)

| | Mínimo | Máximo | Média | Desvio Padrão |
|--------------|---------------|---------------|--------------|----------------------|
| Idade (anos) | 12 | 37 | 20 | 6,8 |
| Estatura (m) | 1,56 | 1,92 | 1,72 | 0,096 |
| Peso (kg) | 40 | 117 | 66 | 16,4 |

A Tabela 4.4 mostra os dados calculados e informados de cada indivíduo.

TABELA 4.4 – IMC Real X IMC do Sistema

| Indivíduo | Peso (kg) | Altura (m) | Altura Calculada (m) | IMC Real (kg/m²) | IMC Sistema (kg/m²) |
|------------------|------------------|-------------------|-----------------------------|-------------------------|----------------------------|
| LHYM | 56 | 1,80 | 1,81 | 17,3 | 17,1 |
| LYM | 53 | 1,86 | 1,88 | 15,3 | 15,0 |
| TCAS | 48 | 1,59 | 1,59 | 19,0 | 19,0 |
| RCAS | 48 | 1,65 | 1,65 | 17,6 | 17,6 |
| MVAS | 40 | 1,56 | 1,57 | 16,4 | 16,2 |
| AYAS | 64 | 1,92 | 1,94 | 17,4 | 17,0 |
| PSGT | 67 | 1,70 | 1,72 | 23,2 | 22,6 |
| PC | 60 | 1,56 | 1,57 | 24,7 | 24,3 |
| APS | 71 | 1,79 | 1,82 | 22,2 | 21,4 |
| APB | 60 | 1,71 | 1,74 | 20,5 | 19,8 |
| AC | 51 | 1,62 | 1,63 | 19,4 | 19,2 |
| AF | 63 | 1,73 | 1,73 | 21,0 | 21,0 |
| AM | 65 | 1,65 | 1,66 | 23,9 | 23,6 |
| FCS | 64 | 1,56 | 1,57 | 26,3 | 26,0 |
| JBRA | 60 | 1,74 | 1,74 | 19,8 | 19,8 |
| JCL | 69 | 1,75 | 1,77 | 22,5 | 22,0 |
| LVN | 86 | 1,73 | 1,74 | 29,8 | 28,4 |
| LS | 61 | 1,68 | 1,70 | 21,6 | 21,1 |
| MCG | 58 | 1,65 | 1,68 | 21,3 | 20,5 |
| MELS | 58 | 1,68 | 1,66 | 18,3 | 21,0 |
| RM | 64 | 1,71 | 1,74 | 21,9 | 21,1 |
| VHR | 56 | 1,70 | 1,71 | 19,4 | 19,2 |
| TLNB | 88 | 1,82 | 1,84 | 27,2 | 26,0 |
| MBB | 75 | 1,78 | 1,80 | 23,7 | 23,1 |
| GNB | 72 | 1,74 | 1,74 | 23,8 | 23,8 |
| FL | 85 | 1,83 | 1,84 | 25,4 | 25,1 |
| MAW | 98 | 1,78 | 1,79 | 30,9 | 30,6 |
| RR | 117 | 1,87 | 1,88 | 33,5 | 33,1 |

A Figura 4.7 mostra a classificação de acordo com o IMC real e o IMC calculado pelo sistema. Podemos perceber que as diferenças existentes na altura dos indivíduos não foi significativa na classificação dos indivíduos.

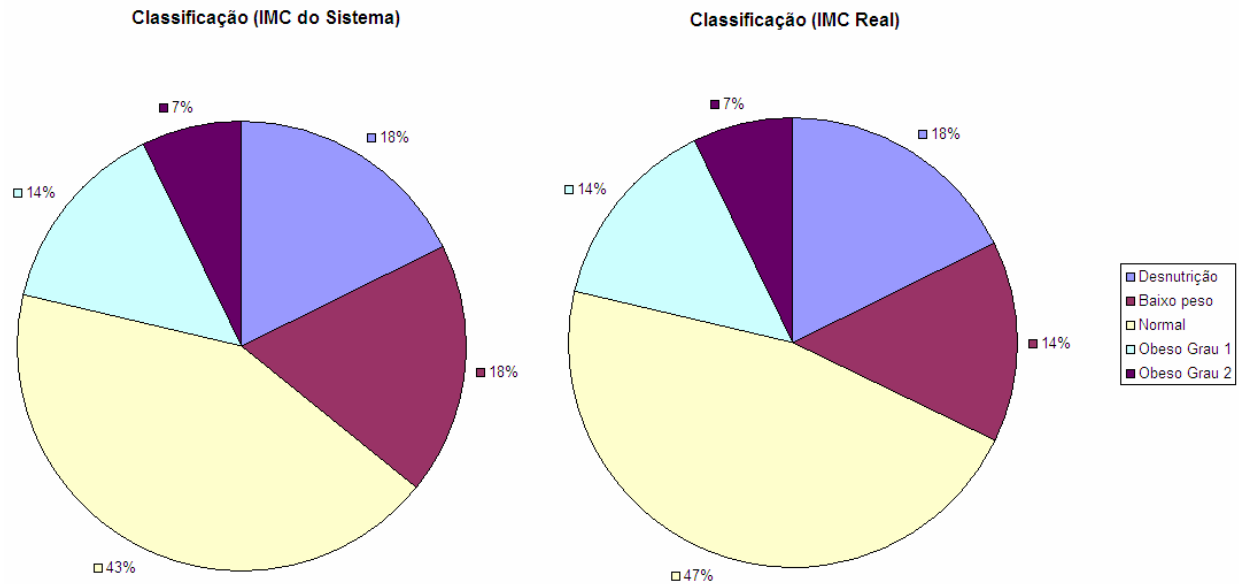


Fig. 4.7 – IMC Real X IMC Sistema.

A diferença na altura nos testes é justificada pelos seguintes itens:

- Não foi realizado nenhum ajustamento das observações (GEMAEL, 1994) porque não estava dentro do escopo do projeto.
- As coordenadas reais dos pontos de controle foram medidas com uma trena.
- A câmera digital não passou por nenhum processo de calibração.
- O ambiente não era favorável e controlado (pouca luz, várias cores na imagem etc.).
- Alguns indivíduos usavam tênis.

CAPÍTULO 6 – CONCLUSÃO

O sistema obteve sucesso no diagnóstico da escoliose pois foi possível detectar o tipo de escoliose nos indivíduos que participaram dos testes e confrontar o diagnóstico do sistema com a opinião das fisioterapeutas. Para um diagnóstico de escoliose no nível 1 do sistema, ou seja, que considerava desvios pequenos de até 3 graus, foi possível diagnosticar o tipo da escoliose em 79% dos indivíduos, sendo os 21% restantes aqueles cujos tipos de escoliose não existem na literatura.

Com os resultados apresentados, o sistema pode ser utilizado em qualquer clínica de fisioterapia como um método alternativo aos métodos atuais de diagnóstico de escoliose. Além disso, é possível acompanhar a eficiência do tratamento realizado pelo fisioterapeuta em avaliações sucessivas.

Para o cálculo do IMC, os resultados dos testes mostraram que a diferença encontrada na altura não foi significativa na classificação dos indivíduos.

Futuramente, melhorias podem ser realizadas neste projeto, tais como: melhorar a precisão da altura, determinar a precisão dos ângulos calculados, tentar diagnosticar os tipos que não existem na literatura, e até mesmo melhorar a identificação dos pontos de controle e anatômicos em ambientes diversos.

CAPÍTULO 7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, J. B. **Fotogrametria**. SBEE, 1ª Edição, 1998.

BATISTA, J. S. ; NASCIMENTO T. S.; CUNHA S. F. C. Software para Cálculo de Índice de Massa Corporal. **IX Congresso Brasileiro de Informática em Saúde**. Brasil, 2004.

COCKBURN, A. **Writing Effective Use Cases**. Addison-Wesley, 1ª Edição, 2001.

CARCI. **Equipamentos para Reabilitação Física**. Disponível em: <<http://www.carci.com.br/>>. Acesso em: março de 2007.

FERNANDES, J. **A Prática da Avaliação Física** Shape, Rio de Janeiro, 1999.

FERREIRA, E. A. G. **Postura e Controle Postural: desenvolvimento e aplicação de método quantitativo de avaliação postural**. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, 2005. Tese (Doutorado).

GEMAEL, C. **Introdução ao Ajustamento de Observações**. Editora UFPR, 1ª Edição, Curitiba, 1994.

GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. **Digital Image Processing**. Addison-Wesley, 1ª Edição, 1992.

JAIN, A. K. **Fundamentals of Digital Image Processing**. Editora Prentice Hall, 1ª Edição, 1989.

KENDALL H.O.; WADSMORTH G. E. **Músculos: provas e funções**. Manole, São Paulo, 1995.

LIMA S. A.; BRITO J. L. N. S. Estratégias para Retificação de Imagens Digitais. **Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário**, Brasil, 2006.

MICROSOFT. **Application Architecture for .NET: Designing Applications and Services**. Disponível em: <<http://msdn2.microsoft.com/en-us/library/ms954595.aspx>>. Acesso em: maio de 2007.

MOLINARI, B. et al. **Avaliação médica e física: para atletas e praticantes de atividades físicas**. Roca, São Paulo, 2000.

PEP. **Programa de Educação Postural**. Disponível em: <<http://www.programapostural.com.br>>. Acesso em: março de 2007.

MORRISY R. T. ; et al. Measurement on the Cobb Angle on Radiographs of Patients Who Have Scoliosis. **The Journal of Bone and Joint Surgery**. 1990;72:320-327.

RIZZONI, G. **Principals and Applications of Electrical Engineering**. 4ª Edição, McGraw-Hill, 2003.

SOCIETY OF ROBOTS. **How to Build a Robot Tutorial**. Disponível em: <http://www.societyofrobots.com/sensors_forcetorque.shtml>. Acesso em: março de 2007.

USB. **Universal Serial Bus**. Disponível em: <<http://www.usb.org>>. Acesso em: março de 2007.

VALENÇA T. D. C. **Coluna Vertebral**. Disponível em: <http://www.wgate.com.br/conteudo/medicinaesaude/fisioterapia/traumato/coluna_vertebral2.htm>. Acesso em: março de 2007.

WIA. **Windows Imaging Architecture**. Disponível em: <<http://www.microsoft.com/whdc/device/stillimage/WIA-arch.msp>>. Acesso em: março de 2007.

WEBER, R. F. **Fundamentos de Arquitetura de Computadores**. 2ª Edição, Editora Sagga Luzzatto, São Paulo, 2001.