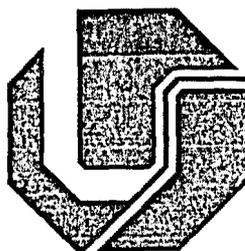


UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

SISBI/UFU



1000228452



**Um aplicativo de software desenvolvido
para avaliação de imagens por
fotogrametria**

Lilian Ribeiro Mendes Paiva

Agosto

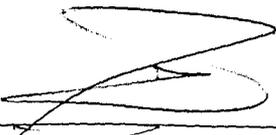
2005

**Um aplicativo de software desenvolvido
para avaliação de imagens por
fotogrametria**

MOU
01:6
P149
TES

Lilian Ribeiro Mendes Paiva

Texto da dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências.



Prof. Luciano Vieira Lima, Dr.

Orientador

Prof. Alcimar Barbosa Soares, PhD.

Co- Orientador

Prof. Darizon Alves de Andrade, Dr.

Coordenador do Curso de Pós-Graduação

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
Biblioteca
SISBI/UFU

D 228452

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborado pelo Sistema de Bibliotecas da UFU / Setor de Catalogação e Classificação

P149a Paiva, Lilian Ribeiro Mendes, 1966-
Um aplicativo de software desenvolvido para avaliação de imagens por fotogrametria / Lilian Ribeiro Mendes Paiva. - Uberlândia, 2005.
93f. : il.
Orientador: Luciano Vieira Lima.
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica.
Inclui bibliografia.
1. Software - Desenvolvimento - Teses. 2. Programas de computador - Validação - Teses. 3. Fotogrametria - Teses. I. Lima, Luciano Vieira. II. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica. III. Título.

CDU: 681.3.06(043.3)

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

**Um aplicativo de software desenvolvido
para avaliação de imagens por
fotogrametria**

Lilian Ribeiro Mendes Paiva

Texto da dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, perante a banca de examinadores descrita logo abaixo, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências.

Banca examinadora:

Prof. Luciano Vieira Lima, Dr. - Orientador (UFU)

Prof. Adriano Alves Pereira, Dr. (UFU)

Prof. Wellesley Barros Ferreira, Dr. (UEMG)

Deus, obrigada por estar sempre comigo.

*Luz que ilumina meus caminhos,
Fé que sustenta meus pensamentos,
Força que permite buscar meus ideais.*

*Que meus desafios sejam novo estímulo,
e que minhas vitórias sejam
sempre Tuas...*

*Aos meus filhos, Caio, Ciro e Olívia,
Ao meu esposo, Cássio,
À minha mãe, Sueli,
À memória de meu pai, Ivan,
Ao meu irmão, Léucio.*

Ao Professor Luciano Vieira Lima

*Que sempre soube que a única forma de conhecer
é descobrir e que fazer descobrir
é a única forma de ensinar.*

AGRADECIMENTOS

Ao final deste trabalho, percebo que sua concretização só foi possível, porque muitas pessoas estiveram ao meu lado, algumas mais próximas, outras mais distantes. Cada uma a seu jeito, auxiliando, apoiando ou incentivando... Quero expressar minha gratidão a elas:

Ao **Prof. Dr. Luciano Vieira Lima**, pela oportunidade e orientação. Cada uma destas páginas ganhou muito com seus conselhos, conhecimento e experiência.

Ao **Prof. Alcimar Barbosa Soares, Phd**, co-orientador deste projeto. O desafio lançado foi um grande incentivo, ainda que inacabado... Agradeço também pela disponibilidade e utilização da infra-estrutura do laboratório de Engenharia Biomédica, onde pude realizar este trabalho.

Ao **Prof. Dr. Adriano Alves Pereira**, pela oportunidade em participar na elaboração de alguns projetos e pela disposição em ajudar no que fosse possível.

Ao **Prof. Dr. Silvio Soares Santos**, pelo acolhimento na Faculdade de Educação Física da UFU, pelo trabalho participativo na coleta de dados para testes e experimentos com o sistema.

À **Marli**, pela dedicação e companheirismo na secretária da pós-graduação.

Aos **companheiros do laboratório**, sempre apoiando nos momentos difíceis que tangem a caminhada de um mestrado.

Ao aluno estagiário **Alan**, pelo trabalho cooperativo realizado durante o período da implementação do software.

Aos meus **alunos da UNIPAC e FAZU**, por compreenderem e também ajudarem em minhas atividades como professora e ao mesmo tempo, aluna.

Às maiores riquezas de minha vida **Caio, Ciro e Olívia**. Acredito que os filhos são as únicas ocasiões em que percebemos a existência do amor incondicional, completo...

Ao meu esposo, **Cássio Paiva**, por seu amor, compreensão e incentivo. Você é o principal responsável pelas atuais possibilidades profissionais de minha vida, confiando sempre em meu potencial e compreendendo minha ausência como esposa e mãe de nossos filhos.

À minha mãe, **Sueli**, cuja busca incessante é exemplo norteador.

Ao meu irmão, **Lécio**, pela certeza de sempre poder contar com sua ajuda.

Aos meus **familiares**, por me ajudarem e apoiarem muitas vezes nas minhas atividades.

A todos que contribuíram de alguma forma, para a realização deste trabalho.

Muito obrigada!

RESUMO

Paiva, L. R. M. Um aplicativo de software desenvolvido para avaliação de imagens por fotogrametria, FEELT - UFU, Uberlândia - Brasil, 2004, 93p.

A avaliação, a mensuração e o registro de imagens do corpo humano, podem ser feitos de forma objetiva, utilizando equipamentos e recursos que permitam quantificar os resultados, ou subjetiva, utilizando apenas a observação através dos sentidos visuais. Porém, a observação não sistematizada e subjetiva implica em resultados divergentes, por fatores como grau de experiência do observador e impossibilidade de realizar comparações durante o decorrer de um tratamento.

Em auxílio as necessidades levantadas, este trabalho descreve o desenvolvimento de um sistema para avaliação de imagens através da fotogrametria, para fornecer dados efetivos, possibilitando a descrição de posições, planos e eixos de referência, relacionados ao corpo humano. Foi projetado utilizando a técnica de orientação a objetos, implementado na linguagem de programação VC++.NET e com acesso a banco de dados. É possível o arquivamento de dados quantitativos para análise e comparações posteriores em atletas de diversas modalidades e na prática fisioterapêutica.

Palavras-Chaves: sistema para análise de imagens, fotogrametria.

ABSTRACT

Paiva, L. R. M. A software application development for image evaluations for photogrammetry, FEELT - UFU, Uberlândia - Brasil, 2004, 93p.

The evaluation, measuring and the registering of images of the human body can be done in an objective manner, by the use of equipment and resources which permit quantity of results or a subjective analyze by using only visual observation. Therefore, a subjective observation not based on objective data means divergent results will be reached, because of factors such as the level of experience of the observer and the impossibility of carrying out comparisons during the time of treatment.

In conjunction to these necessities, this work describes the development of the system which through the use of photogrammetry evaluates an image, to give effective results. Thus making the description of positions, planes and axis of reference related to the human body possible. This project was realized by the use of an object orientation technique implemented in the VC++.NET programming language with access to the data base. Experiments demonstrated the possibility of quantity data story for analyze e future comparisons in athletes from various modalities as well as in the practice of physiotherapy.

Key words: systems for image analyze photogrammetry.

Conteúdo

1	Introdução	1
1.1	Motivação	3
1.1.1	O software ALCimagem®	4
1.1.2	Aplicações do software	5
1.2	Objetivo do trabalho	6
1.3	Contribuições desta dissertação	7
1.4	Estrutura da dissertação	7
2	Métodos de avaliação	9
2.1	Introdução	9
2.2	Métodos de avaliação da postura	10
2.2.1	A radiografia	12
2.2.2	A termofotografia	13
2.2.3	A goniometria	13
2.3	Equipamentos de apoio a medidas	15
2.3.1	O escoliômetro	15
2.4	Métodos de avaliação dos movimentos	16
2.4.1	A fotogrametria	16
2.4.2	A videogrametria	16
2.4.3	Biofotogrametria ou análise cinemática	17
2.5	O estado da arte	18
2.5.1	Software de Avaliação Postural – Fisiometer	18
2.5.2	DVideow	20
2.5.3	Da Vinci	21
2.5.4	APAS – Ariel Performance Analysis System	22
2.5.5	WINanalyse	23
2.5.6	Peak – Motus	26

2.5.7	Fisio Office	27
2.5.8	Scion Image	28
3	O Sistema e seu desenvolvimento	30
3.1	Introdução	30
3.2	Identificação dos requisitos do sistema	31
3.2.1	Análise de requerimentos e especificações	32
3.3	Proposta para desenvolvimento do projeto	33
3.4	O paradigma de programação .NET	34
3.4.1	A arquitetura .NET	35
3.4.2	Vantagens ao usar o .NET Framework	36
3.4.3	O ambiente de desenvolvimento Visual Studio .NET	37
3.4.4	A linguagem de desenvolvimento C++	39
3.5	A programação orientada a objetos	40
3.6	Apresentando o protótipo.	41
3.6.1	A interface do sistema	43
3.6.2	O formulário de abertura	43
3.6.3	O formulário principal	44
3.6.4	A barra de ferramentas	45
3.7	Aspectos relevantes da implementação	52
3.7.1	O cálculo dos ângulos	52
3.7.2	As linhas(réguas) horizontais e verticais	53
3.7.3	Gerando a transparência	56
3.7.4	Transformações geométricas	58
3.7.5	Armazenamento dos dados	60
3.7.6	A dll (dynamic link library) do vídeo	61
3.7.7	A thread de plotagem das linhas	61
4	Experimentos e avaliações	63
4.1	Introdução	63
4.2	Utilizando o sistema	64
4.2.1	Realizando a coleta das imagens	64
4.3	Metodologia experimental – análise cinemática	66
4.3.1	Ambiente de trabalho	69

4.3.2	Equipamentos	8
4.3.3	Voluntários	8
4.3.4	Ensaio realizado	8
4.4	Metodologia experimental – análise fotogramétrica	8
4.4.1	Ambiente de trabalho	8
4.4.2	Equipamentos	8
4.4.3	Voluntários	8
4.4.4	Ensaio realizado	8
4.5	Testes para validação das medidas	8
4.5.1	Validação das medidas das retas	8
4.5.2	Validação das medidas dos ângulos	8
4.6	Avaliação dos resultados	8
5	Conclusões e trabalhos futuros	8
5.1	Introdução	8
5.2	Conclusão	8
5.3	Trabalhos futuros	8
	Referências Bibliográficas	8

Lista de Figuras

1.1	Tela demonstrando a utilização do software ALCimagem, versão 2.1	
2.1	Exemplo de utilização de um Goniômetro Digital - (Goniômetro Digital, 2005)	
2.2	(a) Escolimômetro com filmadora sobre tripé em posicionamento do indivíduo (Miziara,2002). (b) Simetógrafo com moldura e rodízios (Fisiobrás, 2005).	
2.3	Tela avaliação postural computadorizada (Fisiometer, 2004)	
2.4	Tela avaliação flexão ombro direito (Fisiometer, 2004)	
2.5	Emissão de relatórios (Fisiometer, 2004)	2
2.6	Software Digital Vídeo for Biomechanics. (DVideow, 2004)	2
2.7	Tela do software DaVinci (Da Vinci, 2004)	2
2.8	Tela demonstrando o funcionamento do software APAS, para cálculos variáveis de cinemática, em diversos segmentos das imagens usando-se duas câmeras calibradas a 45 graus. (APAS, 2005)	2
2.9	Tela demonstrando o funcionamento do software WINanalyze na primeira fase da análise de um movimento.	24
2.10	Tela demonstrando funcionamento do software WINanalyze na segunda fase da análise de um movimento.	24
2.11	Tela demonstrando funcionamento do software WINanalyze na terceira fase da análise de um movimento.	25
2.12	Tela demonstrando funcionamento do software WINanalyze na análise e reconhecimento de um ponto na imagem, através de um gráfico.	25
2.13	Tela de demonstração do Sistema Peak Motus, realizando o zoom em um recorte feito na imagem que está sendo analisada.	26
2.14	Tela de demonstração do software Físio Office, mostrando a utilização do módulo goniometria.	27

2.15	Tela inicial do software Scion Image com ferramentas de manipulação de imagens (Scion Image, 2004)	28
3.1	Representação gráfica dos usuários	31
3.2	Diagrama de blocos do projeto	33
3.3	A arquitetura.NET	35
3.4	Diagrama de classes do protótipo	41
3.5	Estrutura do protótipo desenvolvido.	42
3.6	Tela de abertura do protótipo	44
3.7	Tela principal, com a barra de ferramentas	44
3.8	Tela demonstrando a utilização da ferramenta fotografia, e múltiplos formulários com imagens de diversas extensões.	45
3.9	Tela demonstrando o formulário correspondente à ferramenta vídeo	46
3.10	Tela demonstrando a utilização das ferramentas ponto, linha e polilyne.	47
3.11	Tela demonstrando a ferramenta régua para determinar a largura da figura em metros e a janela propriedades para configurar a escala das medidas.	48
3.12	Tela demonstrando a visualização do plano de fundo (primeira imagem) e da segunda imagem selecionada para aplicar a transparência.	48
3.13	Visualização do plano de fundo (primeira imagem) e da segunda imagem com 119 graus de transparência.	49
3.14	Visualização das imagens sobrepostas.	49
3.15	Tela demonstrando a utilização da ferramenta zoom (+/-)..	50
3.16	Tela demonstrando a utilização das ferramentas rotacionar esquerda e direita.	50
3.17	Ferramenta salvar estudo de caso.	51
3.18	Recuperação de estudo de caso.	52
3.19	Ângulo (q) formado por dois vetores	53
3.20	Projeção Perspectiva de um cubo com a face frontal removida.	54
3.21	Projeção Ortográfica de um cubo com a face frontal removida	55
3.22	Representação do sistema RGB	56
3.23	Cubo de cores do padrão RGB no espaço cartesiano	57
3.24	Exemplo de operação de rotação	58
3.25	Exemplo de operação de translação	59
3.26	Exemplo de transformação em escala	59
3.27	Tabela de nome “dados” implementada no banco de dados	60

4.1	1. Filmadora com tripé, 2. Distância indivíduo filmadora, 3. Altura da filmadora, 4. Quadro posturométrico, 5. Distância entre o quadro posturométrico e o indivíduo (Barbosa, 2001).	65
4.2	Posicionamento da câmera junto ao objeto fotografado	66
4.3	Seqüência de imagens marcando tempo de cada frame	67
4.4	Seqüência de etapas desenvolvidas durante os experimentos: (1) aquisição das imagens através da câmera ou filmadora; (2) utilização do protótipo para realização de experimentos; (3) tratamento dos resultados por profissional qualificado.	68
4.5	Fase de saída do bloco para atleta com deficiência produzida por pólio (preparação).	71
4.6	Fase de impulso na saída do bloco.	71
4.7	Fase aérea da saída do bloco.	72
4.8	Fase de penetração na água.	72
4.9	Elevação da escápula esquerda em relação à direita.	76
4.10	Elevação da escápula direita em relação à esquerda.	77
4.11	Pequeno desvio com elevação da escápula direita.	77
4.12	Altura da mão do atleta de 1,28 m com relação ao solo, durante um arremesso de dardo, no momento da soltura do mesmo.	78
4.13	Validando as medidas das retas horizontais	80
4.14	Validando as medidas das retas verticais	80
4.15	Validação de um ângulo de 90 graus	81
4.16	Validação de um ângulo de 60 graus	82

CAPITULO I

Introdução

Em algumas áreas, dificuldades relacionadas aos processos de sistematização das informações, tornam os resultados inadequados à argumentação científica de alto rigor (RICIERI, 2005).

Baraúna, (1997), durante participação em um programa de doutoramento em Psicomotricidade Humana, na Universidade Técnica de Lisboa, Portugal, relata: *“Os processos avaliativos atualmente utilizados além de não possibilitarem um registro confiável e evolutivo, não permitem também realizar comparações durante o decorrer de um tratamento e, por estarem embasados em técnicas observativas não sistematizadas, tornam-se instrumentos de medidas frágeis e susceptíveis de erro”*.

Dra. Francinetti Dias, em uma entrevista para a revista COFFITO, descreve as necessidades: *“Sentimos em nossa atividade clinica, voltada para avaliação postural, que a*

obtenção de dados precisos necessita de uma ferramenta que dê respaldo e que comprove a atuação fisioterapêutica”.

Ricieri, (2004), levanta necessidades similares: *“Avaliar com precisão, confiabilidade e reprodutibilidade ainda é um desafio nos consultórios; muitas vezes os resultados são divergentes até para um mesmo aferidor”.*

Pelos dados e relatos, percebe-se que na fisioterapia, ou no atletismo, um grande gargalo refere-se à medida na quantificação de resultados e na evolução de dados através de indicadores objetivos. Verifica-se que atualmente os métodos de avaliação baseiam-se na observação subjetiva, sendo a mensuração dependente da experiência do profissional que a realiza. São utilizados métodos tradicionais, que não viabilizam comparações e registros confiáveis e evolutivos.

Consequentemente, a sistematização de processos e rotinas de avaliação integra uma das vertentes tecnológicas que despontou como instrumento de aperfeiçoamento em atenção à saúde nos últimos tempos (RICIERI, 2005).

Neste cenário, diversos instrumentos foram desenvolvidos e utilizados em trabalhos científicos. Dentre eles, palmilhas sensorizadas, eletromiógrafos, eletrogoniômetros, plataformas de força, (maiores informações sobre as plataformas de força podem ser encontradas em Naves (2001)), e sistemas de análise através de imagens e vídeo. O interesse por estes estudos surge da conscientização por parte de muitos pesquisadores, sobre as limitações que os métodos tradicionais possuem. O que estas tecnologias de ponta têm em comum é o alto custo, que resulta na impossibilidade de aplicá-las de modo efetivo. Assim, estes equipamentos e sistemas ficam restritos aos grandes centros tecnológicos, o que priva a maioria dos profissionais da obtenção de dados precisos, imprescindíveis nas tomadas de decisão diagnóstico-clínico, que poderiam refletir em benefícios para a população (FERREIRA, 1998; RICIERI, 2000).

Diante da necessidade da viabilização de um instrumento que pudesse ser implantado a baixo custo, sendo ao mesmo tempo seguro e eficaz na quantificação de medidas do corpo, dois pesquisadores, Dr. Alcimar Barbosa Soares (UFU - Universidade Federal de Uberlândia) e Dr. Mário Antonio Baraúna (UNITRI - Universidade do Triângulo), desenvolveram em parceria um software, que será apresentado no tópico seguinte, como parte da motivação para realização deste trabalho (BARAÚNA, 1997).

1.1 Motivação:

Uma das características de um trabalho de pesquisa são os pré-requisitos necessários e determinantes para um eficiente progresso no procedimento da investigação. Segundo Amadio, (1.996), o que se procura é estabelecer possibilidades de novos avanços em alguma área ou novas teorias que sirvam de referenciais modificadores da situação do conhecimento sobre determinado problema.

Neste sentido, além das necessidades observadas pelos atuais métodos empregados, esta pesquisa também teve como motivação dar continuidade ao desenvolvimento do software ALCimagem®, para manipulação de imagens com análise angular.

A primeira versão foi implementada na linguagem Prolog em 1.999, recebendo algumas alterações em 2001. Atualmente o sistema contém:

- Cálculo de ângulos definidos por pelo menos 3 pontos pertencentes a uma polyline (linha composta de várias linhas);
- Janela de dados que apresenta o valor do ângulo de intersecção entre as linhas;

- Movimentos de rotação e translação das linhas e dos pontos de intersecção;
- Propriedades para configuração do formato de fontes, cores e dimensões de linhas e texto;
- Armazenagem dos dados inseridos em estudos de caso.

1.1.1 O software ALCimagem®

A interface gráfica do software contém menus e botões correspondentes situados em uma barra horizontal. Para realizar um estudo de caso o sistema utiliza duas janelas, associando a uma dada imagem as polylines e ângulos plotados sobre ela. É também possível abrir estudos de casos já realizados anteriormente. Uma janela de configuração das propriedades é inserida quando o usuário faz a opção pelo menu, o que pode ser visualizado pela figura 1.1:



FIGURA 1.1 – Tela demonstrando a utilização do software ALCimagem, versão 2.1.

1.1.2 Aplicações do software

O software foi utilizado em trabalhos científicos, na avaliação de imagens utilizando a fotogrametria computadorizada, eleita por tratar-se de um método não-invasivo, preciso, de baixo custo e efetivo em sua aplicação clínica (BARAÚNA, 1997; RICIERI, 2000):

1. Estudo comparativo entre a avaliação do tórax de crianças asmáticas e não asmáticas, através do cálculo do Ângulo de Charpy pela fotogrametria computadorizada (DELOROSO, 1999);
2. Estudo Correlacional entre a expansibilidade da caixa torácica e a capacidade vital pulmonar nos indivíduos portadores e não-portadores de Espondilite Anquilosante (MAGAZONI, 2000);
3. Quantificação angular do movimento tóraco-abdominal, durante a ventilação tranquila, através da fotogrametria computadorizada (RICIERI, 2000);
4. Estudo do equilíbrio estático de idosos e sua correlação com quedas (BARBOSA, 2001);
5. Avaliação do equilíbrio estático em pacientes diabéticos portadores de neuropatia autonômica pela fotogrametria computadorizada (CARDOSO, 1999).
6. Alterações posturais em crianças portadoras de síndrome da respiração bucal, avaliadas através do método da biofotogrametria computadorizada (LIMA, 2004).
7. Além de artigos e publicações nacionais e internacionais em revistas especializadas.

Contudo, o software não dispõe de um arquivo de ajuda completo e outras características fundamentais, como manipulação de imagens em diversos formatos (JPEG, JPG, WMF, ICO, GIF, AVI, etc.), escala para definição de medidas em metros (mm/cm/m), ferramentas para edição, plotagem de textos, linhas, pontos, etc.

Desta forma, observando o interesse de diversos profissionais e a necessidade de alguns aprimoramentos constatadas nos experimentos em que o software ALCimagem® foi utilizado, traçou-se o objetivo deste trabalho, com a proposta de dar continuidade a um projeto até então inicializado.

1.2 Objetivo do trabalho

Com base no contexto apresentado, esse trabalho surgiu com o objetivo de *desenvolver um sistema para fotogrametria, que possibilite avaliação e análise em imagens estáticas.*

A fim de atingir o objetivo proposto, a seguinte metodologia de pesquisa foi traçada:

- Investigar o estado da arte dos principais métodos e técnicas de mensuração de imagens utilizadas atualmente;
- Analisar os programas computacionais existentes, identificando suas principais vantagens e desvantagens;
- Identificar o paradigma e as técnicas de implementação a serem utilizadas;
- Projetar e desenvolver um novo sistema que contenha todas as características do software ALCimagem®, além de outros aprimoramentos;
- Avaliar o sistema proposto através de experimentos.

1.3 Contribuições desta dissertação

Espera-se que o trabalho desenvolvido possa contribuir no estudo do corpo humano por diferentes segmentos, para mensurar e avaliar imagens através da fotogrametria, resultando precisão e reprodutibilidade dos dados. Espera-se também, que o baixo custo possa permitir sua utilização de modo acessível e efetivo.

1.4 Estrutura da dissertação

A dissertação encontra-se estruturalmente dividida em 06 capítulos, que contam a seguir, incluindo este, intitulado **Capítulo 01** – Introdução.

O **Capítulo 02** investiga o estado da arte das principais técnicas existentes para mensuração de imagens, o levantamento e análise de sistemas computacionais correlatos existentes. É feita a apresentação de outros softwares voltados para áreas afins, sob aspectos em que o objeto da pesquisa possa ser aplicado.

As técnicas utilizadas para concepção, modelagem, desenvolvimento e implementação do sistema, são propostas no **Capítulo 03**, bem como a apresentação da interface do protótipo, suas funções e aplicabilidades.

No **Capítulo 04**, é feita uma avaliação do sistema. São apresentados os resultados de experimentos realizados junto ao laboratório de Biomecânica da Faculdade de Educação Física, da Universidade Federal de Uberlândia.

No **Capítulo 05**, são feitas as conclusões finais, resgatando os pontos relevantes da dissertação, bem como algumas dificuldades encontradas no decorrer do trabalho. São

enumeradas sugestões para trabalhos futuros que podem ser realizados a partir deste e as contribuições desta pesquisa.

Finalmente, as referências bibliográficas são descritas e em anexo, segue uma cópia do protótipo.

CAPÍTULO II

Métodos de avaliação

2.1 Introdução

Ultimamente, os métodos de avaliação e mensuração de imagens do corpo humano tem sido tema de inúmeros trabalhos. Alguns autores explicam que várias formas de registro são propostas para auxiliar os métodos de avaliação, baseadas em diferentes princípios, seja empregando equipamentos sofisticados ou utilizando recursos muito simples, através de procedimentos práticos ou exaustivos, que fornecem medidas precisas ou permitem descrições qualitativas.

Na visão de Amadio (1996), existem duas tendências:

a) observação objetiva – feita através de equipamentos (recursos materiais) que permitem quantificar os resultados e;

b) observação subjetiva – que usa escassos materiais e os sentidos visuais (observação) sem obter resultados quantitativos, com grau de fidelidade dependente da experiência.

Segundo Baraúna (1997), atualmente, os métodos de avaliação, fundamentam-se na observação não sistematizada e subjetiva, ficando a mensuração destinada ao detalhamento e experiência do observador. Entende-se, portanto que essa avaliação, seja um processo contínuo, e Ricieri (2005) confirma este princípio, ao afirmar que em cerca de meio século de profissão, a Fisioterapia carece ainda de processos de sistematização de informações, afirmando que; *“avaliar com precisão, confiabilidade e reprodutibilidade ainda é um desafio nos consultórios; muitas vezes os resultados são divergentes até para um mesmo aferidor”*.

A revisão bibliográfica a cerca deste tema demonstra que a mensuração do corpo humano durante o processo de avaliação é, fundamental nas decisões relacionadas a diversos casos. Para chegar a este resultado, esta pesquisa buscou primeiramente situar o problema a ser analisado, ou seja, a busca do “background” específico da área de atuação, de forma seletiva e crítica para finalmente propor o que deve ser feito.

Para tanto, este capítulo faz a análise dos métodos de avaliação usados ao longo do tempo, das principais técnicas desenvolvidas nos últimos anos e dos trabalhos relacionados com o tema desta pesquisa.

2.2 Métodos de avaliação

Segundo Verderi (2004), a boa postura é aquela que melhor ajusta nosso sistema musculoesquelético, equilibrando e distribuindo todo o esforço de nossas atividades diárias,

favorecendo a menor sobrecarga em cada uma de suas partes. Para que possamos estar em boa postura, é necessário uma harmonia/equilíbrio do sistema neuromusculoesquelético. A autora descreve que cada indivíduo apresenta características individuais de postura que podem ser influenciadas por vários fatores: anomalias congênitas e/ou adquiridas, obesidade, atividades físicas sem orientação, distúrbios respiratórios, desequilíbrios musculares, frouxidão ligamentar e doenças psicossomáticas.

Baraúna (1997) relata que os métodos de avaliação da postura, têm evoluído consideravelmente, porém muitas vezes esses métodos ficam confinados aos laboratórios, não possibilitando aos profissionais que necessitem de uma correta avaliação, o seu manuseio. A avaliação postural mais praticada continua a ser a obtida através da observação humana e, portanto sujeita a erros, sendo incapaz de repetição sistemática.

Ricieri (2004), Choobineh (2004) e Tartaruga (2004), concordam com estes dados, afirmando que o registro da postura corporal tem interessado a muitas áreas de estudo com o objetivo de captar e reter o movimento humano, no momento que este ocorre e transcrevê-lo através de elementos mensuráveis, de forma a permitir o processamento e armazenagem para reutilização posterior.

Verderi (2004) também descreve que a avaliação se faz importante para que possamos mensurar os desequilíbrios e adequarmos a melhor postura a cada indivíduo, possibilitando a reestruturação completa de nossas cadeias musculares e seus posicionamentos no movimento e/ou na estática.

Para tanto, são utilizados alguns materiais e métodos:

- a) *Objetivos*: uso de radiografia, fotografia e filmagem.
- b) *Subjetivos*: observação pelo uso do tato e da visão.

2.2.1 A radiografia

A radiografia ainda figura como destaque na avaliação da postura, com visão ampliada, possibilitando a mensuração das imagens. Atualmente, as radiografias digitais dispensam filmes e revelações, além de maior rapidez e qualidade nas imagens.

Porém, algumas desvantagens deste método são verificadas:

- **Fiabilidade:** segundo Baraúna (1997), citando White & Panjabi (1978), os diagnósticos por raios-X enquadram-se em: “muito provavelmente” e “questionável”.
- **Cargas de radiação:** o Comitê Internacional de Proteção Radiográfica, alerta para o risco acentuado à exposição de radiação. Barúna (1997), segundo Knoplich (1982), faz uma sensata observação ao dizer que “devemos lembrar que a dose de irradiação é cumulativa”.
- **Custo:** Alto custo da aparelhagem, filmes, reveladores, pessoal especializado e manutenção, além do equipamento ocupar um grande espaço físico.

Convém ressaltar, que embora a radiografia possibilite um estudo do sistema esquelético, é necessária ainda a mensuração angular dos desvios da coluna ou segmentos, que é realizada através do Método de Cobb (apêndice A) isto é, pelo método manual do cálculo angular. Este método é passível de erros já que esta angulação é calculada através do uso de esquadros e transferidores pelo profissional que interpreta a radiografia (BARAÚNA, 1997).

2.2.2 A termofotografia

A termofotografia ou exame termográfico é um método de investigação da postura. Segundo Baraúna (1997) em Tribastone (1991):

“Consiste no registro fotográfico das zonas mais frias e quentes dos segmentos corporais, mediante a incidência de raios infravermelhos por uma câmara apropriada. O calor gerado pelo metabolismo dos tecidos ou pela perda energética dos músculos ao realizar seu trabalho transmitido aos demais tecidos até sua superfície corporal, provoca um plano térmico e através de acessórios adequados é possível mensurar a temperatura, que uma vez traduzidas em imagens permitem ressaltar possíveis dissimetrias face ao plano sagital. O plano térmico da região dorsal, reproduzido fotograficamente e revelado através de um visor que indica as diferença de temperatura entre os músculos do hemidorso. Na imagem colorida a escala de temperatura vai passando do branco até ao azul, havendo um grau de diferença para cada mudança de cor”.

Para o autor este método tem grande valia por ser objetivo e dotado de um grande grau de sensibilidade, podendo ser infinitamente reproduzível. Pode-se concluir que a termofotografia é eficaz para controle dos desvios em evolução (BARAÚNA, 1997).

2.2.3 A goniometria

É um método de avaliação que consiste no uso do goniômetro para medir ângulos articulares do corpo, sendo ele um transferidor com dois braços longos articulados. Em sua utilização, um dos braços é fixado de forma a estender-se a partir do transferidor com um

ângulo de 0°. O outro braço se estende a partir do centro do transferidor e é livre para rodar. O centro do transferidor é alinhado sobre o centro articular, e os dois braços são alinhados sobre os eixos longitudinais dos segmentos corporais que se conectam na articulação. O ângulo na articulação é visualizado então na interseção do braço para rodar livremente com a régua do transferidor (HALL, 1999).

As medidas goniométricas são usadas para decidir a intervenção terapêutica mais apropriada e, ainda, documentar a eficácia desta intervenção. A exatidão da leitura depende da precisão do posicionamento do goniômetro. O conhecimento da anatomia articular subjacente é essencial para a localização correta do centro articular de rotação.

Outro instrumento disponível é o eletrogoniômetro (chamado de elgon), que é simplesmente um goniômetro com um potenciômetro elétrico em seu vértice. Possui uma tira móvel, que marca o ângulo presente na articulação (HALL, 1999).

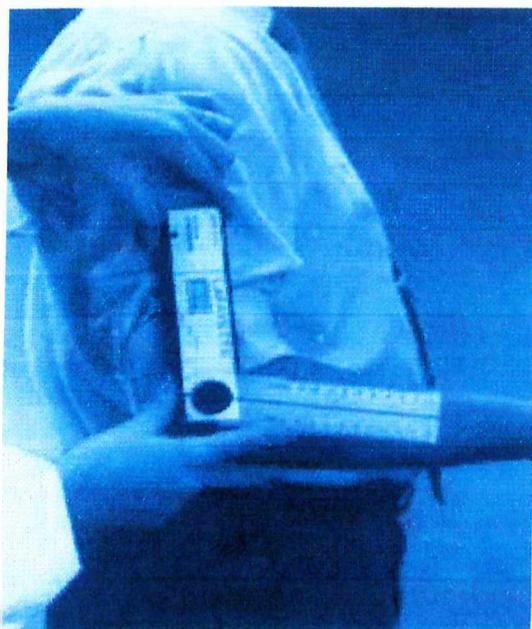


FIGURA 2.1 - Exemplo de utilização de um Goniômetro Digital
(Goniômetro Digital, 2005)

2.3 Equipamentos de apoio a medidas

2.3.1 O escoliômetro

É um quadro milimetrado e transparente, baseado em princípios de medida direta, que possibilita identificar possíveis assimetrias, bem como registrá-las em fotografias.

A mensuração ocorre, portanto, por medida indireta em centímetros, dessas assimetrias. É importante ressaltar que este instrumento possibilita apenas verificar se ocorrem assimetrias nos planos antero posterior e vice e versa (BARAÚNA, 1997).

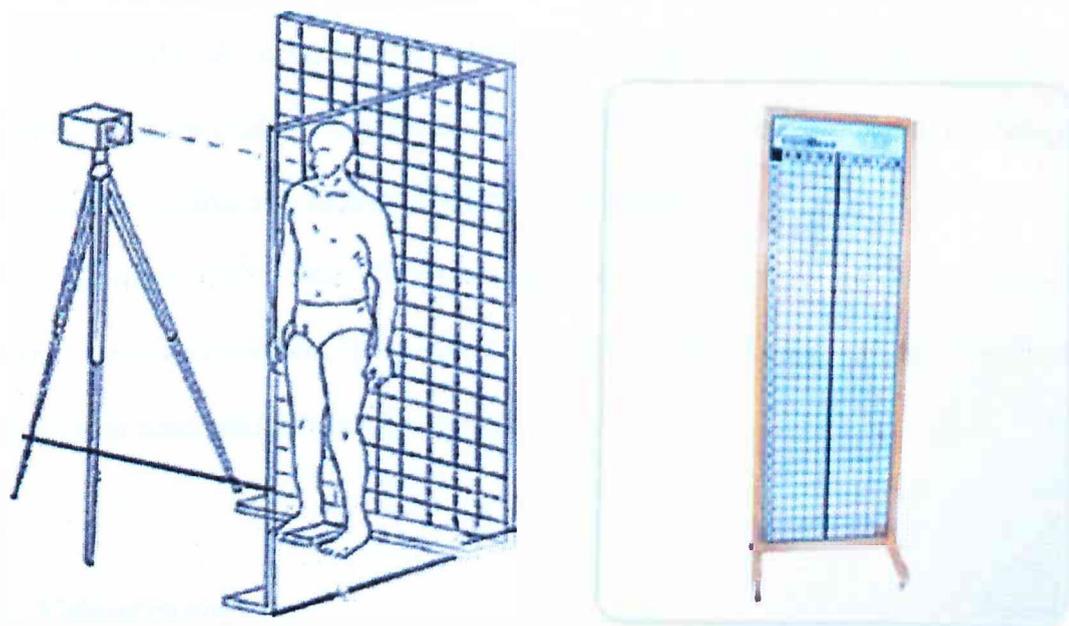


Figura 2.2 - (a) Escolimômetro com filmadora sobre tripé em posicionamento do indivíduo (Barbosa, 2002).
(b) Simetógrafo com moldura e rodízios (Fisiobrás, 2005).

2.4 Métodos de avaliação dos movimentos

2.4.1 Fotogrametria

Na cinemática, as imagens podem ser analisadas de modo isolado, em fotogramas ou frames, sendo este tipo de análise conhecido como fotogrametria. Por fotogrametria, entende-se ainda à aplicação da fotografia à métrica, onde se deduz a dimensão dos objetos contidos numa imagem de natureza fotográfica ou cinematográfica. Na agrimensura, utiliza-se este termo para denominar a técnica que permite efetuar as medidas de um objeto quanto à suas formas e situação espacial, através de perspectivas registradas fotograficamente (RICIERI, 2004).

Contudo, são considerados métodos fotogramétricos aqueles que, de uma ou de outra forma, utilizam qualquer espécie de câmera com sensor de recepção de informação, de forma a calcular a distância e as dimensões reais dos objetos.

Barbosa (2001) faz referência quanto à observação ou fotointerpretação como sendo em método importante, pois, examinam-se as imagens registradas, em busca do julgamento e da conclusão da situação avaliada.

2.4.2 Videogrametria

Na cinemática, as imagens podem ainda ser analisadas continuamente em seqüências de vídeo, ao longo do tempo, sendo este tipo de análise conhecida como videogrametria. A videogrametria inclui considerações de espaço, tempo e velocidade das

seqüências de movimentos realizadas pelos segmentos corporais que, com frequência, correspondem ao grau de coordenação demonstrado por um indivíduo.

Segundo Hall (1999), o vídeo é atualmente o meio cinematográfico mais comum utilizado para análise qualitativa do movimento humano. A análise quantitativa em filme ou vídeo é feita através do computador, que torna possível o cálculo das estimativas das quantidades cinemáticas de maior interesse para cada quadro (frame).

2.4.3 Biofotogrametria ou Análise Cinemática

A fotogrametria ao ser adaptada a análise do movimento humano é denominada de biofotogrametria computadorizada (MAGAZONI, 2000). Essa é uma nova ferramenta no campo dos estudos cinemáticos, conferindo fidedignidade e exatidão, imprescindíveis para a eficácia das avaliações clínicas (FERREIRA, 1998).

Ricieri (2004) reafirma a citação acima, notificando que a biofotogrametria é uma expressão empregada para definir um processo sistematizado de operações, cujo êxito final é a definição quantitativa de parâmetros relacionados ao movimento corporal. Como uma área prática da ciência, este conjunto de processos caracteriza-se como um sistema aberto de medidas. A vantagem do uso desta sistematização é a possibilidade de mensurar e medir com reprodutibilidade e precisão.

Baraúna (1997) faz referência à aplicação dessa técnica aos trabalhos pioneiros realizados por Ferreira & Correia da Silva (1994), em que os autores desenvolveram um programa experimental de computador que obtêm imagens a partir de fitas de vídeo em VHS, selecionando-as e delimitando pontos para cálculo dos ângulos formados entre estes pontos. A partir desta data, trabalhos, pesquisas e adaptações têm sido desenvolvidos para o cálculo

angular através da biofotogrametria, atestando quanto à validação e eficácia do método (CARDOSO, 1999; DELOROSO, 1999; MAGAZONI, 2000; BARBOSA 2001; RICIERI, 2000).

2.5 O Estado da Arte

Com intuito elucidativo, foi feita uma pesquisa para verificar a utilização e o desenvolvimento de ferramentas que dão suporte a análise de imagens. Para tanto, foram realizadas pesquisas na Internet e entrevistas com profissionais que utilizam e conhecem tais sistemas.

Ao analisar sistemas que trabalham com mensuração em imagens observa-se que o desenvolvimento deles cresce a cada dia em diversas subáreas do conhecimento. Encontrou-se, contudo, 08 softwares relacionados com o assunto desta pesquisa (sistemas baseados em análise fotogramétrica ou biofotogramétrica computadorizada) que merecem ser mencionados.

2.5.1 Software de Avaliação Postural – Fisiometer

O software Fisiometer foi desenvolvido pela empresa nacional Fisiometer (RJ), que atua no mercado com desenvolvimento de softwares para avaliação cinésio funcional. O sistema disponibiliza dois módulos:

A. Posturograma: Mensura os desvios posturais por meio de imagens digitalizadas e avaliação de acidentes anatômicos em relação ao fio de prumo digital. As medidas podem ser executadas em escala de milímetros, centímetros ou metros.

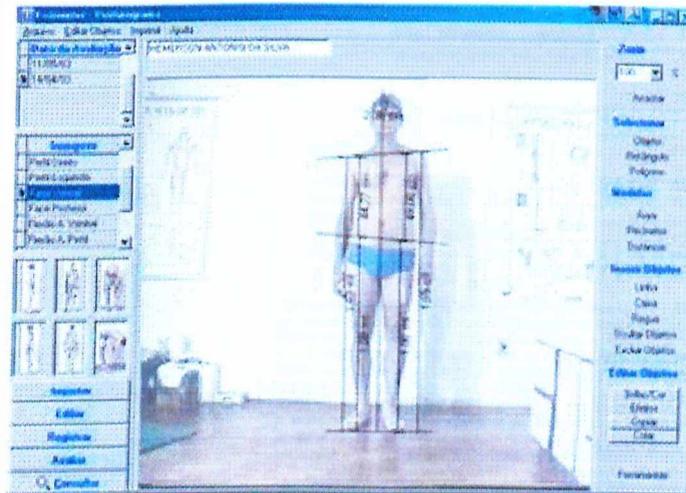


FIGURA 2.3 - Tela avaliação postural computadorizada (Fisiometer, 2004)

B. Fotogoniômetro: É uma ferramenta de diagnóstico que mensura a amplitude de movimento das articulações por meio de imagens digitalizadas, proporcionando ao profissional a emissão de um exame específico.



FIGURA 2.4 - Tela avaliação flexão ombro direito (Fisiometer, 2004)

O software possibilita também a emissão de relatórios com laudos, imagem e dados, sobre a avaliação postural realizada (figura 2.4).

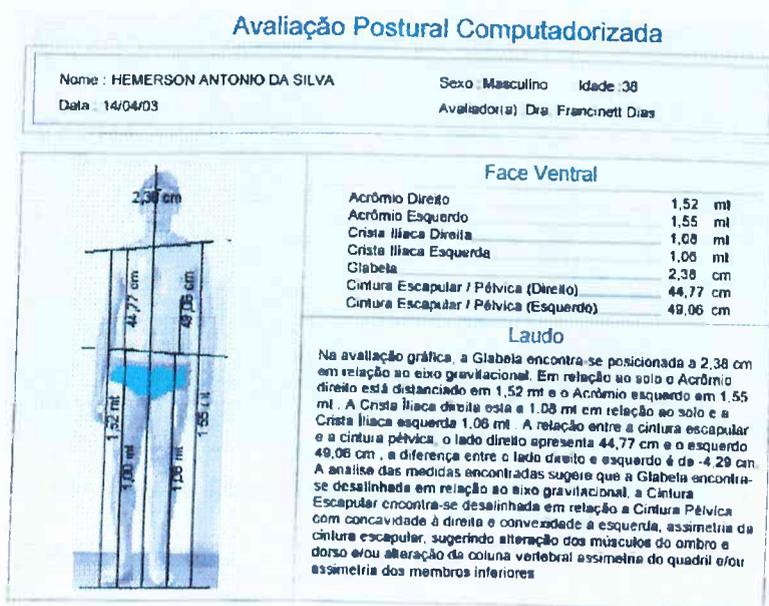


FIGURA 2.5: Emissão de relatórios (Fisiometer, 2004)

2.5.2 DVideo

Digital Vídeo for Biomechanics, é um sistema para análise cinemática, desenvolvido no Laboratório de Instrumentação para biomecânica da Faculdade de Educação Física da UNICAMP (Universidade de Campinas). O sistema *Dvideo* obtém as coordenadas tridimensionais de marcadores passivos a partir de imagens obtidas por câmeras de vídeo, não exigindo equipamentos dedicados e permitindo a utilização de instrumentos de grande simplicidade de operação e baixo custo.

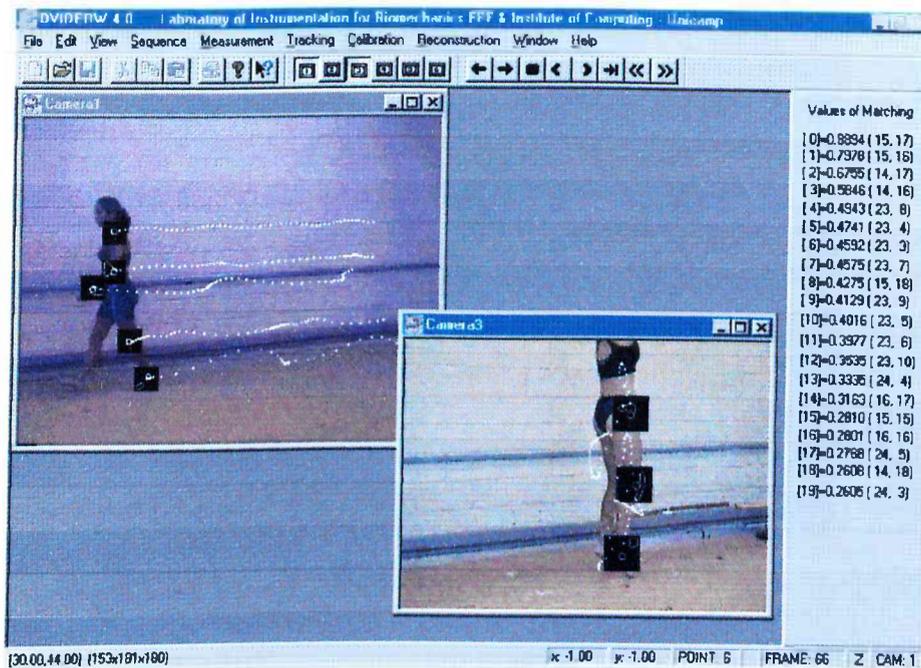


FIGURA 2.6 - Software Digital Vídeo for Biomechanics. (DVidcow, 2004)

2.5.3. Da Vinci

Da Vinci - sistema digital de análise de postura, desenvolvido pela Micromed Biotecnologia Ltda., é um software nacional (figura 2.7), de captura e digitalização de imagens, que permite a realização de medidas precisas de ângulos e distâncias da postura. Criado a partir das técnicas da engenharia biomédica, o sistema Da Vinci, está no mercado para ajudar os profissionais de fisioterapia, ortopedia, medicina desportiva e educação física na análise da postura de seus pacientes. Possui banco de dados; captura de imagens; gravação e reprodução de movimentos; ajuste da imagem; medidas sobre a imagem; zoom; emissão de laudos; biblioteca de frases; ajuda.

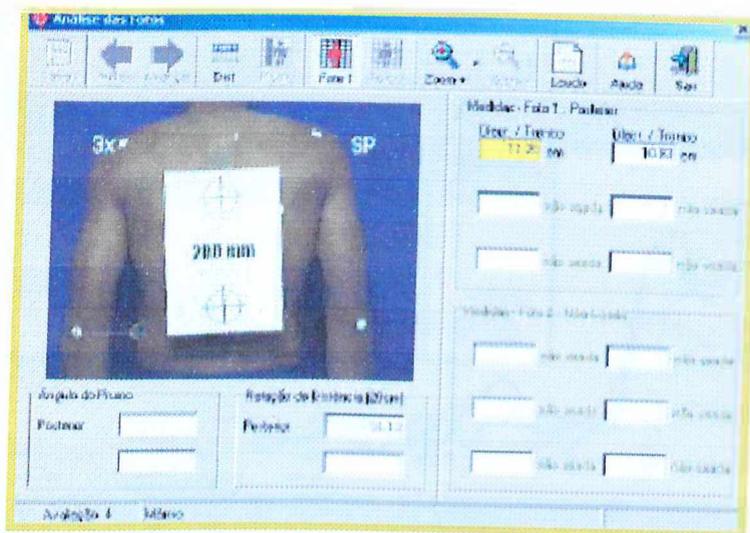


FIGURA 2.7 - Tela do software DaVinci (Da Vinci, 2004)

2.5.4. APAS - Ariel Performance Analysis System

É um sistema de análise de movimento baseado em imagens de vídeo, para ambiente Windows, desenvolvido pela empresa Ariel Dynamics Inc. Este software é muito utilizado por treinadores e atletas. Foram encontrados artigos que relatam sua utilização, como nas Olimpíadas de 2004, em Atenas (ARIEL, 2005).

O software APAS, permite:

- Digitalização de imagens capturadas e armazenadas no disco rígido de um computador de forma manual ou automática;
- Análise de movimento bi ou tri-dimensional;
- Tratamento através de filtros das coordenadas provenientes da digitalização;
- Cálculo de ângulos segmentares ou articulares e suas respectivas velocidades e acelerações;
- Captura de imagens de vídeo na frequência de até 60 quadros por segundo.



FIGURA 2.8 – Tela demonstrando o funcionamento do software APAS, para cálculos variáveis de cinemática, em diversos segmentos das imagens usando-se duas câmeras calibradas a 45 graus. (APAS, 2005)

2.5.5. WINalyzeze

É um software que realiza a análise e interpretação automática dos movimentos. Possui métodos de reconhecimento de padrões, que identificam as posições de certos detalhes da imagem (frame) automaticamente. Isto acontece com uma velocidade e precisão que não podem ser alcançadas pela descoberta manual de movimento, possibilitando sua interpretação exata.

Possui configuração de cores de marcações, pontos, linhas e fontes, calibração de imagens e câmeras. Como desvantagem, pode-se citar a necessidade de outro software específico para conversão dos vídeos que serão utilizados na análise, pois o software só trabalha com as extensões *.bld e *.dsc;

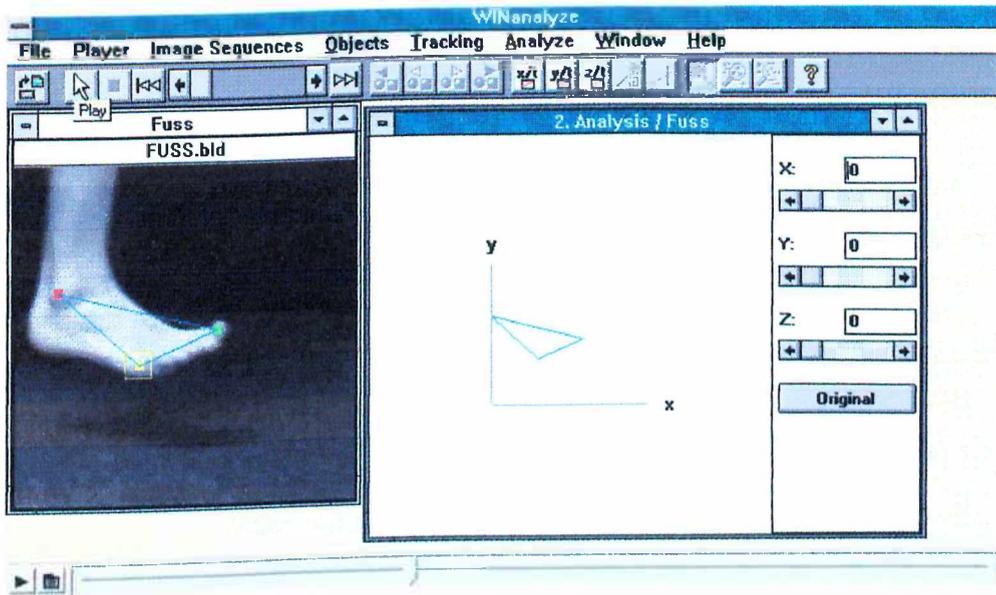


FIGURA 2.9 – Tela demonstrando o funcionamento do software WINalyze na primeira fase da análise de um movimento.

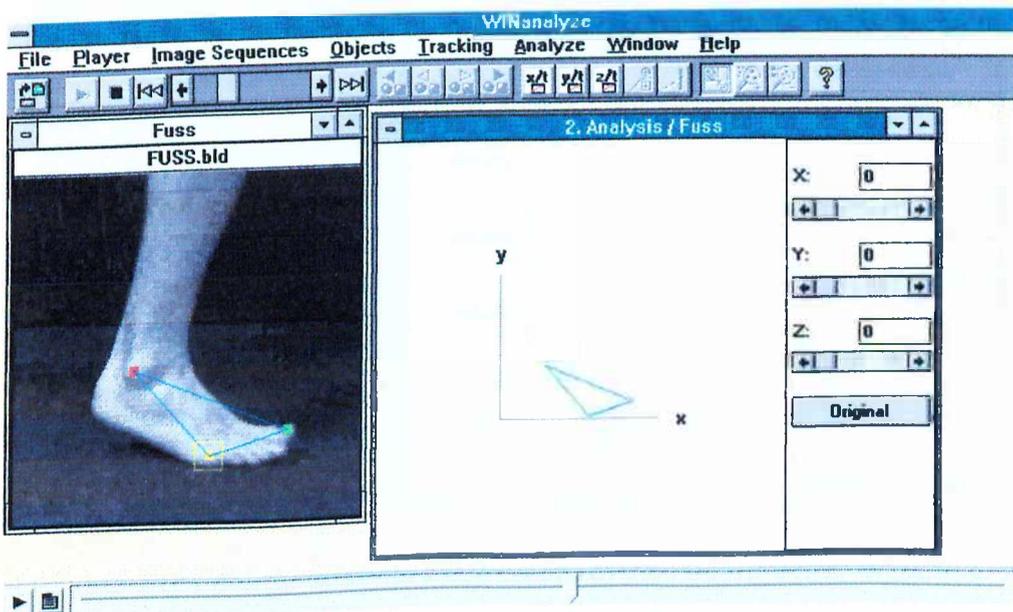


FIGURA 2.10 - Tela demonstrando funcionamento do software WINalyze na segunda fase da análise de um movimento.

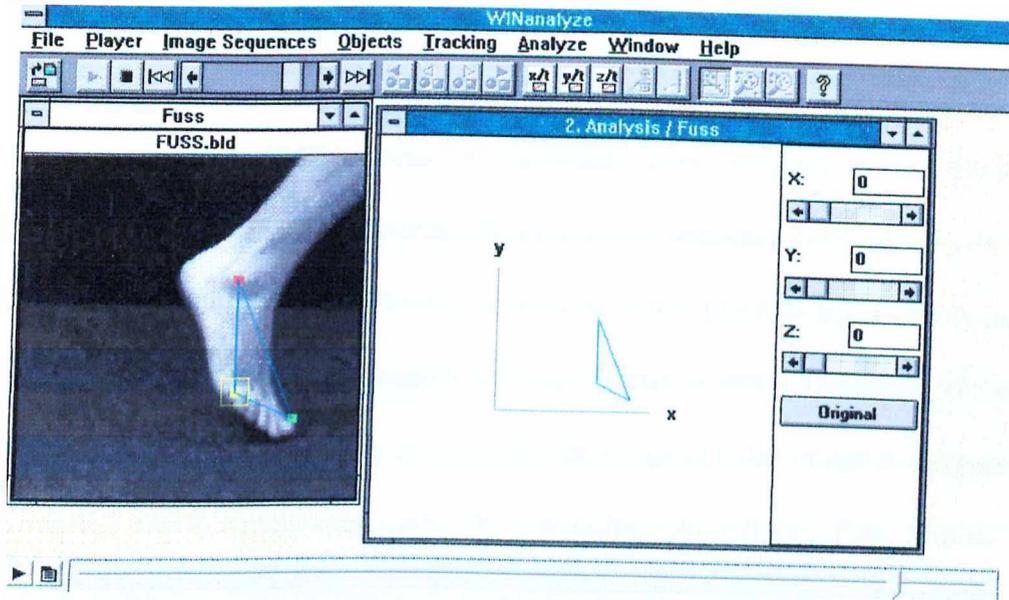


FIGURA 2.11 - Tela demonstrando funcionamento do software WINalyze na terceira fase da análise de um movimento.

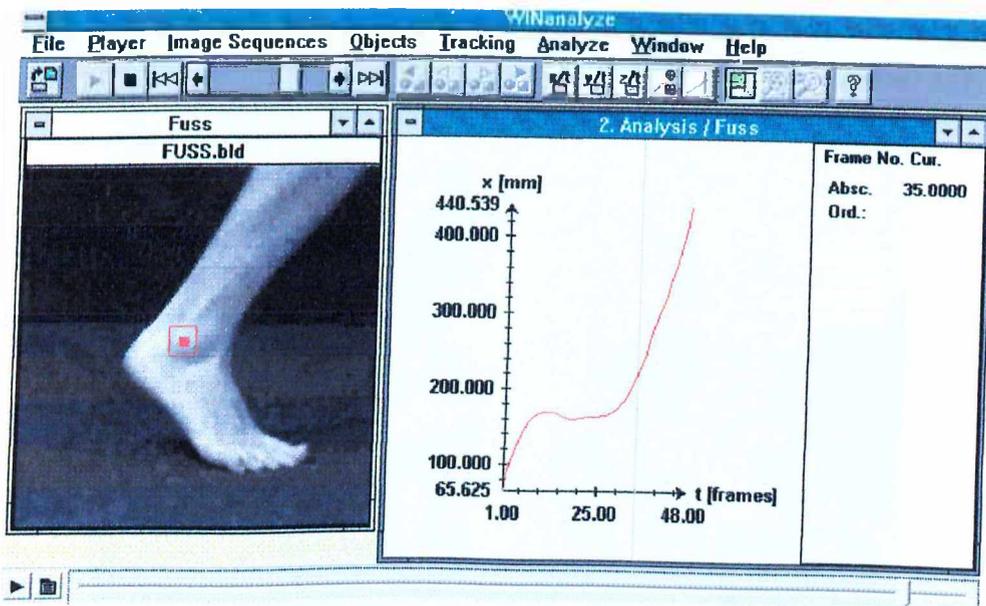


FIGURA 2.12 - Tela demonstrando funcionamento do software WINalyze na análise e reconhecimento de um ponto na imagem, através de um gráfico.

2.5.6. Peak-Motus

O Sistema Peak Motus é fabricado pela empresa Peak Performance Technologies (Estados Unidos). O sistema é composto dos seguintes itens: câmera de vídeo S-VHS, gravador/reprodutor de vídeo (VCR), monitor de vídeo, placa de aquisição de imagens e software. Durante sua operação as imagens dos movimentos a serem analisados são gravadas em fita pela câmera. Através da placa de aquisição de imagens, estas imagens são transferidas em forma digital para o computador, onde são analisadas pelo software Peak Motus. Através do software é efetuado o desdobramento da imagem em quadros estáticos. Um sistema de calibração permite a conversão das unidades métricas do "mundo real" para as do sensor eletrônico da câmera. Em cada quadro é feita a seleção de pontos e segmentos corporais e, a partir destes, a determinação de dados espaciais e temporais, tais como distâncias, ângulos, velocidades e acelerações lineares e angulares, e duração de movimentos.

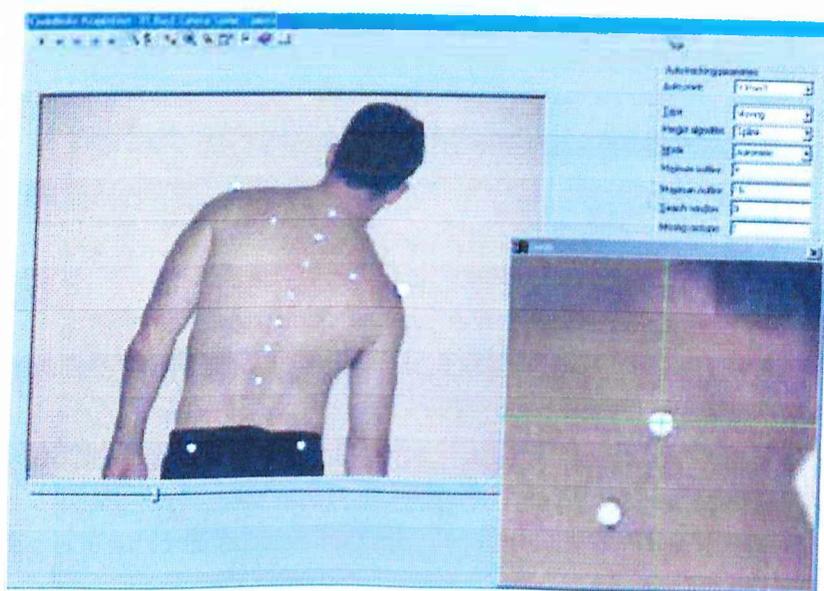


FIGURA 2.13 – Tela de demonstração do Sistema Peak Motus, realizando o zoom em um recorte feito na imagem que está sendo analisada.

2.5.7 Fisio Office

É um software destinado a clínicas de fisioterapia por possuir os recursos:

- Agendas com horários de cada fisioterapeuta
- Diversos cadastros e relatórios
- Configuração da Ficha de Cadastro (campos, posição, tamanho)
- Configuração de Emissão de Boletos Bancários
- Configuração de Fichas de Anamnese
- Cadastro de Usuários e configuração de Etiquetas para Mala Direta

O software contém como ponto de interesse nesta pesquisa o módulo chamado goniometria, que permite cadastrar as articulações e respectivos movimentos. Com a inclusão das análises, o usuário pode importar imagens do exame e marcar os pontos necessários para o cálculo automático da amplitude de movimento (AMD).

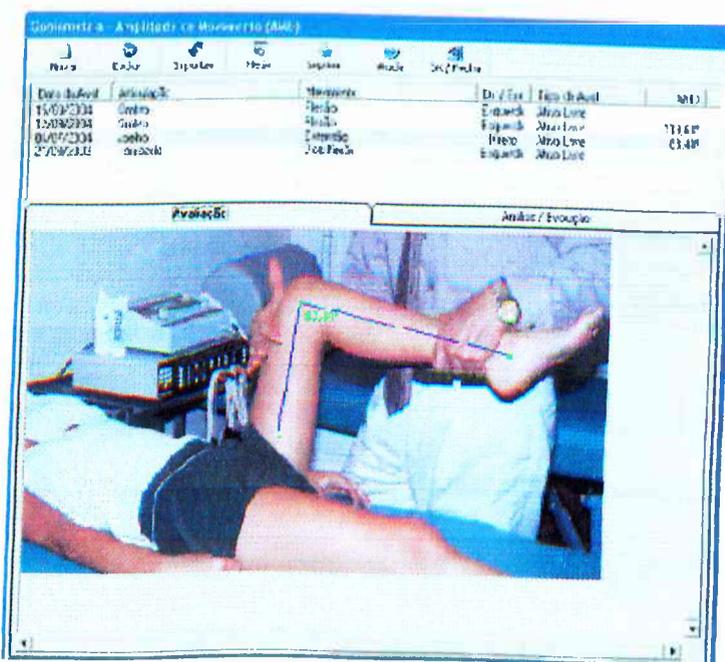


FIGURA 2.14 – Tela de demonstração do software Fisio Office, mostrando a utilização do módulo goniometria.

2.5.8 Scion Image

O software Scion Image (figura 2.9), desenvolvido pela empresa Scion Corporation (Estados Unidos), dispõe de algumas funções para análise de imagens do corpo humano. Fornece ferramentas para edição e aferição de imagens como: zoom, contraste, densidade e cor, comprimentos, ângulos, áreas e perímetros; desenha linhas, retângulos e textos. A empresa disponibiliza uma versão beta para download no site: http://www.scioncorp.com/frames/fr_scion_products.htm.

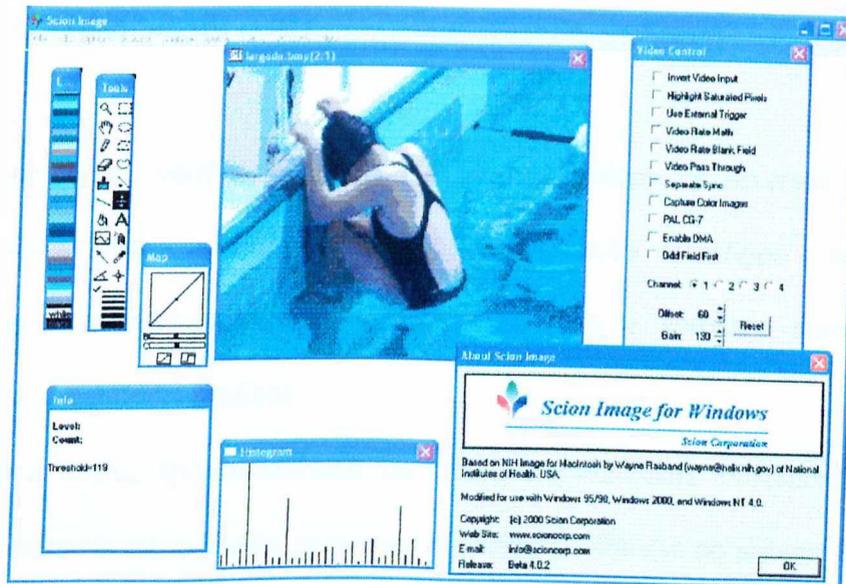


FIGURA 2.15 - Tela inicial do software Scion Image com ferramentas de manipulação de imagens (Scion Image, 2004)

A partir da verificação dos sistemas apresentados, observou-se que apesar da diversidade de aplicações existentes, em geral, não satisfazem completamente as necessidades dos usuários. Apesar da existência de diversas opções de sistemas que manipulam imagens, são opiniões de especialistas da área:

- Em tempos em que as novas tecnologias existentes no mercado impõem à qualificação profissional, como uma premissa para o aumento na qualidade dos serviços prestados ao usuário, o diagnóstico fisioterapêutico carece de instrumentos que o transporte da categoria de predominantemente qualitativo para quantitativo em suas bases principais (RICIERI, 2005).
- São dificuldades sintetizadas pela Dra. Francinett da Costa Dias, fisioterapeuta que resolveu iniciar, há pouco mais de cinco anos, o desenvolvimento da plataforma Fisiometer: “Sentíamos em nossa atividade clínica, voltada para avaliação postural, que a obtenção de mensurações precisas necessitava de uma ferramenta que desse respaldo e que comprovasse de forma cabal a atuação fisioterapêutica resolutive na área”, (INSPIRAR, 2005).

Além disso, verifica-se também a inacessibilidade de diversos profissionais e pesquisadores aos sistemas existentes através da publicação de artigos e apresentação de resultados, em que outros métodos, técnicas, materiais e software convencionais são utilizados, como os editores gráficos.

Desta forma, após reconhecer os métodos tradicionais existentes e os sistemas disponíveis atualmente no mercado, passou-se ao desenvolvimento do sistema que teria como base as informações adquiridas pelo levantamento feito.

CAPÍTULO III

O Sistema e seu Desenvolvimento

3.1 Introdução

Este capítulo relata o desenvolvimento do sistema apresentado nesta pesquisa, bem como das partes relevantes de sua implementação. Algumas técnicas de modelagem foram adotadas para organizar e sistematizar todo o processo e estão aqui descritas. Para isto, foi preciso levantar os requisitos, examiná-los e analisar suas implicações a fim de garantir o entendimento e a identificação com o mundo real, por parte do público usuário da aplicação. Contudo, será dada maior ênfase à apresentação do sistema proposto, uma vez que é este o ponto central deste trabalho.

3.2 Identificação dos requisitos do sistema

A escala de observação é o fator que define o nível dos detalhes observados em um modelo. Cada fenômeno a ser estudado exige que selecionemos uma escala adequada para modelá-lo (DEBONI, 2003). Em essência esse é o procedimento de “dividir-e-conquistar”, do qual Edsger Dijkstra falava há anos: ataque um problema difícil, dividindo-o em vários problemas menores que você pode solucionar.

Partindo destes princípios, o ponto inicial para representação do “modelo” a ser analisado foi identificar os possíveis colaboradores (pessoas ou até mesmo outros sistemas computacionais). Nesta etapa, o objetivo era descrever a “visão do usuário”, através de um modelo funcional de alto nível que levaria à definição dos requisitos do sistema (DEBONI, 2003). A figura 3.1 ilustra os prováveis usuários do sistema, ou seja, a quem a solução do problema interessa e quem colabora para chegar a esta solução.

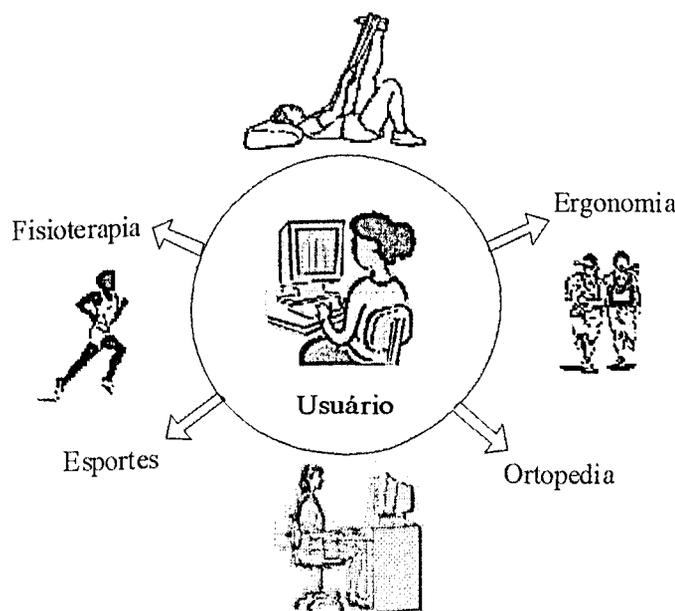


FIGURA 3.1 - Representação gráfica dos usuários

3.2.1 Análise de requerimentos e especificações

A partir do sistema de manipulação de imagens, ALCimagem, dos softwares analisados no capítulo II deste documento (analisadores de imagens estáticas e dinâmicas), da identificação dos prováveis usuários e de entrevista e coleta de dados entre profissionais envolvidos no projeto, foi possível definir os requisitos básicos e levantar o seguinte conjunto de especificações a serem implementadas no sistema:

- Visualização de diversos formatos de imagens: **BMP** (Windows bitmap), **JPEG** (Joint Pictures Expert Group), **GIF** (Graphics Interchange Format), **PNG** (Portable Network Graphics), **TIFF** (Tagged Image File Format), **WMF** (Windows Metafile), **ICO** (ícones);
- Visualização de vídeos (*avi, *mpeg) com operações de pausar, movimentar (próximo e anterior), salvar frames, iniciar e finalizar a sessão;
- Propriedades de zoom (+/-) e rotação (direita e esquerda) na imagem para garantir uma melhor visualização;
- Plotagem de pontos, linhas (régua) e polilines, para análise das imagens;
- Transparência para comparação e análise em sobreposição de imagens.
- Cálculo de ângulos definidos por pelo menos três pontos pertencentes a uma polyline (linha composta de várias linhas);
- Medidas em metros através da ferramenta linha (régua).
- Armazenamento de análises realizadas pelo sistema, contendo os dados da imagem: nome, data e comentários sobre cada estudo de caso (em janela específica). O usuário deve ter a possibilidade de visualizar qualquer estudo de caso feito anteriormente.

- Configuração das ferramentas em uma janela de propriedades: cor e espessura nos pontos, linhas e polilynes, bem como escala para definição de medidas em metros no caso das linhas (réguas);
- Mecanismo de ajuda ao usuário, auxiliando-o na utilização e entendimento do mesmo.

3.3 Proposta para desenvolvimento do projeto

A análise de requisitos e especificações levaram à proposta de um sistema cujo diagrama é apresentado na figura 3.2, composto das seguintes unidades:

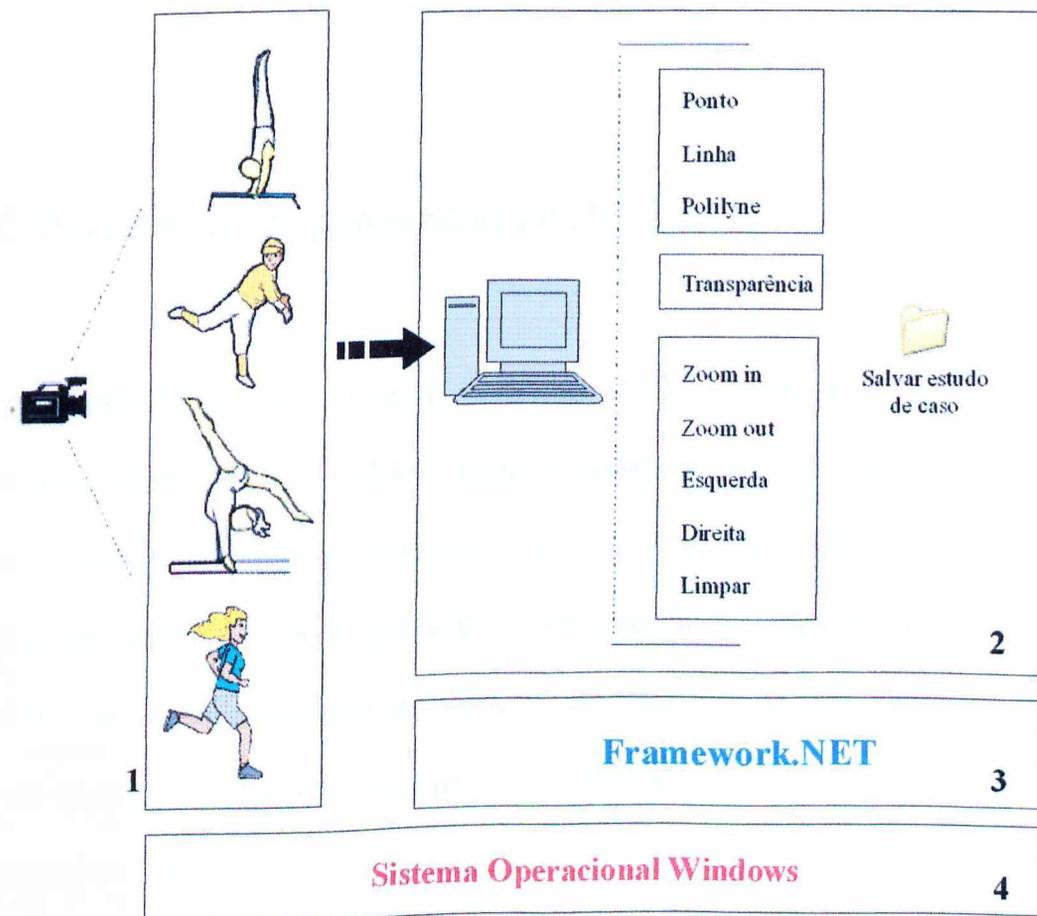


FIGURA 3.2 - Diagrama de blocos do projeto

1. Estágio de aquisição das imagens para posterior armazenamento em formato digital (parte que antecede à utilização do sistema pelo usuário);
2. Fase de utilização do sistema de fotointerpretação das imagens, através das ferramentas de manipulação disponíveis;
3. Parte integrante para funcionamento do sistema, uma vez que ele foi desenvolvido em VC++.NET (maiores informações na item 3.4.1 deste documento);
4. Sistema operacional Windows (compatibilidade com a framework.NET).

Resumidamente, a identificação dos requisitos concebeu a arquitetura para um sistema que ofereça ao usuário auxílio nos métodos de avaliação e análise de imagens, de forma precisa, simples e prática, proporcionando ainda comparações com os resultados obtidos.

3.4 O Paradigma de programação .NET

Segundo Burégio, (2003), o termo .NET refere-se a um conjunto de tecnologias/componentes que incluem desde o modelo de programação e ferramentas de desenvolvimento a servidores corporativos e serviços Web (Web Services) que podem ser utilizados por diversos tipos de aplicações. Este modelo de desenvolvimento criado pela Microsoft, visa a implementação de software independente de plataforma e dispositivo, sendo um de seus principais objetivos, permitir a integração entre aplicações através da troca de informações pela internet.

3.4.1 A Arquitetura .NET

A arquitetura .NET introduz novos conceitos, tecnologias e termos. Alguns componentes são de fundamental importância porém, a .NET Framework é a principal parte da plataforma .NET. Ele é a infraestrutura utilizada no modelo .NET e provê os serviços e componentes necessários para o desenvolvimento e execução de aplicações baseadas em .NET (RICHTER, 2005). A figura 3.3, representa estes principais componentes.

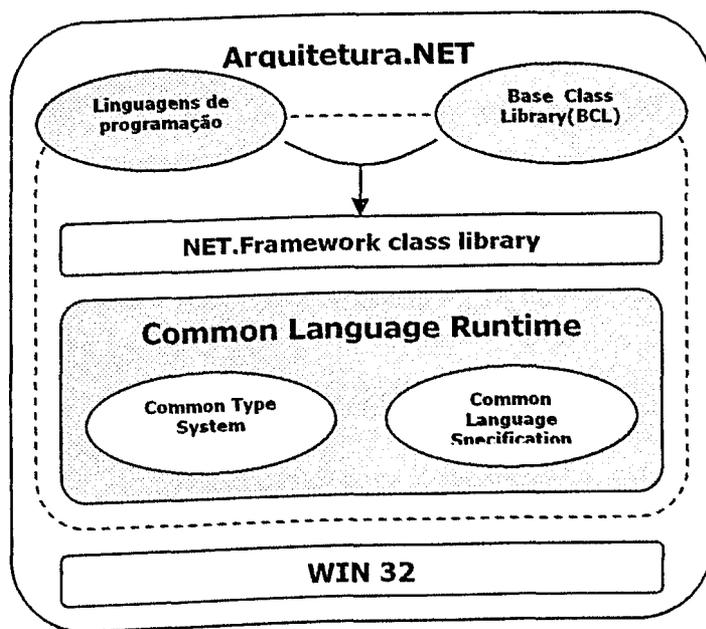


FIGURA 3.3 – A arquitetura.NET

O .NET Framework é a parte obrigatória na execução de um software em .NET. Ela pode ser considerada como um software que executa nossos arquivos (sejam eles dll ou exe) feitos em .NET. Se existir alguma parte do código que põe em risco a estabilidade do sistema, a framework se encarrega de alertar o usuário e não executar esta área onde existe o problema. Porém, o software não será finalizado, pois poderíamos estar perdendo dados devido a uma parada inesperada. Algumas tarefas feitas pela framework são:

- Permite a redução da complexidade de aplicativos fazendo todo o gerenciamento de memória e coleta automática de lixo.
- Controla todos os processos a serem realizados pelo aplicativo desde a criação de objetos até a alocação de memória.
- Interpreta o aplicativo e analisa as instruções codificadas, determinando se é possível ou viável executá-las, depois a própria framework envia pedidos ao Windows para executar a instrução analisada (RICHTER, 2005).

3.4.2 Vantagens em usar o .NET Framework

Em linhas gerais os principais benefícios ao se utilizar o .NET Framework são:

- **Independência de Linguagem** – como já mencionado, o modelo .NET suporta um conjunto razoável de linguagens que podem ser utilizadas no desenvolvimento de aplicações.
- **Modularidade** – no .NET Framework o código pode ser organizado hierarquicamente através do uso de *namespaces*¹ o que permite a construção de códigos mais legíveis e sistemas de fácil manutenção devido a modularidade que pode ser obtida com este recurso.

¹ Equivalem a pacotes que podem ser utilizados para o agrupamento de classes

- **Sistema de tipos único** - o .NET Framework possui um sistema de tipos único que pode ser utilizado por todas as linguagens compatíveis com .NET. Todos os elementos do sistema de tipos são tratados como objetos o que permite a sua utilização em qualquer linguagem suportada pelo modelo.
- **Modelo de aplicação unificado** – as funcionalidades do .NET Framework estão disponíveis para qualquer linguagem ou modelo de programação compatíveis com .NET. Essa característica permite, por exemplo, que um mesmo trecho de código possa ser utilizado por aplicações desktop, Web ou até mesmo por Web services.
- **Suporte aos principais padrões Web** – o desenvolvimento de aplicações Web com .NET é facilitado pelo grande suporte que ele possui aos padrões tecnológicos utilizados atualmente na internet. Como exemplos pode-se citar tecnologias como HTML(Hyper Text Markup Language), XML (Extensible Markup Language), entre outros padrões.

3.4.3 O Ambiente de Desenvolvimento Visual Studio.NET

O Visual Studio.NET, é um ambiente de desenvolvimento da mesma família das versões do Visual Studio da Microsoft, completamente integrado com todas as linguagens às quais oferece suporte (C#, VB, Jscript e Managed C++), além de outras linguagens que não são nativas a ele. Os códigos dos programas são construídos segundo as regras de sintaxe de cada linguagem utilizada, que depois de compilados, geram um arquivo executável que é um código intermediário, semi-interpretado e não um código de máquina pronto para ser

executado pelo sistema operacional. Este código semi-interpretado deverá passar primeiro pela framework para só depois ser executado (RICHTER, 2005).

Neste ambiente, estão presentes três diferentes opções para construção de aplicações, que são as bibliotecas de classes: ATL (Active Template Library), MFC (Microsoft Foundation Classes) e a nova .NET. Cada biblioteca possui um conjunto de classes e funções pré-definidas, com uma série de recursos diferentes.

- **A ATL (Active Template Library):** É a mais complexa das três, destinada a projetos que exigem extrema flexibilidade e velocidade. Seu código, ao ser compilado gera código de máquina executado pelo sistema operacional Windows.
- **A MFC (Microsoft Foundation Classes):** É uma biblioteca muito grande, com diversas funções (classes), eficiente e flexível. No entanto, gerenciar um programa que usa dos recursos da MFC é um trabalho complicado, pois seu código ao ser compilado, gera código de máquina, tornando-a mais apropriada para aplicativos locais.
- **.NET:** Possui diversos recursos como capacidade de manipular bits, criar programas multiprocessados, manipular rotinas de baixo nível, dentre outros. Como diferencial, temos na .NET um amplo conjunto de funções para se desenvolver aplicativos que trabalham em rede. Ela é chamada de gerenciada, pois não gera código de máquina. Ao executar um aplicativo baseado em tecnologia .NET, o compilador (a framework) enquanto roda seu programa, verifica se as próximas funções a serem executadas pelo programa são válidas e se não causarão instabilidade no sistema. Com isso, tudo que um aplicativo faz, é

gerenciado pela framework. Desde criação de objetos até a alocação de memória e tudo isso em tempo real, sem perder velocidade.

3.4.4 A Linguagem de Desenvolvimento C++

A implementação apresentada nesta pesquisa, utiliza a linguagem C++.NET e o ambiente de desenvolvimento Visual Studio.NET, que foi a linguagem contemplada com o maior número de modificações dentro deste ambiente (SANT'ANNA, 2005). Esta opção surgiu de uma combinação ímpar de características, que a tornam uma ferramenta com diversas potencialidades:

- **Facilidade de migração:** é uma linguagem derivada do C++, e, portanto, de fácil migração, já que quase todo programador sabe programar nesta linguagem;
- **Clareza:** o código gerado é mais legível do que nas outras versões visuais do C;
- **Recursos inovadores:** o Visual C++.NET possui recursos adicionais para implementação de interfaces gráficas e biblioteca de classes, além do C++.NET ser voltado ao Windows e o C++ ao DOS;
- **Suporte para hardware:** programação em alto nível para acesso a recursos de hardware com facilidade;
- **A Reutilização de código legado:** implica em reaproveitamento de código escrito usando outras tecnologias como COM, ATL, DLL s (Dynamic Link Library) e outras bibliotecas existentes;

- **Vantagens advindas de C/C++:** herda do C/C++ todo o seu poder de processamento e flexibilidade;
- **Facilidade na implementação:** programar em Visual C++ ficou muito mais fácil, prático, eficiente e confiável devido à introdução de algumas tecnologias e bibliotecas de classes em que podemos economizar cerca de 25% de código para resolução de um mesmo problema. Menos código significa um número menor de erros potenciais, um menor tempo de implementação e mais fácil atualização.
- **Reestruturação da linguagem:** a questão do domínio de complexidade que era muito alto agora diminuiu. Isso se deve a reestruturação da linguagem que agora está mais de acordo com alguns princípios da UML (Unified Modeling Language).
- **Confiabilidade:** mais confiável já que o seu processo de depuração agora pode ser executado em tempo real na medida que se roda o aplicativo e também o processo é semi-compilado através da Framework.

3.5 Programação orientada a objetos

O método orientado a objetos tem provado seu valor para a construção de sistemas em diferentes tipos de domínio e complexidade. Além disso, muitas linguagens, assim como o VC++.NET são de alguma forma, orientadas a objetos, fortalecendo a visão de “mundo” em termos de objetos.

O modelo detalhado descreve as técnicas para a construção do modelo orientado a objeto, utilizando a notação proposta pela UML. Neste modelo os diagramas são elaborados de forma a apresentar os detalhes da estrutura utilizada, da dinâmica interna e da

construção do sistema. A identificação das classes do sistema, sua constituição e relacionamentos é a essência desta modelagem.

O protótipo deste trabalho foi projetado seguindo os modelos acima, de orientação a objetos. A figura 3.4, mostra a hierarquia de classes, notação UML, implementada no projeto. O detalhamento de cada classe, contendo seu conjunto de objetos, atributos, operações, relacionamentos e semântica não será descrito neste texto, já que o processo da análise não é o foco deste trabalho.

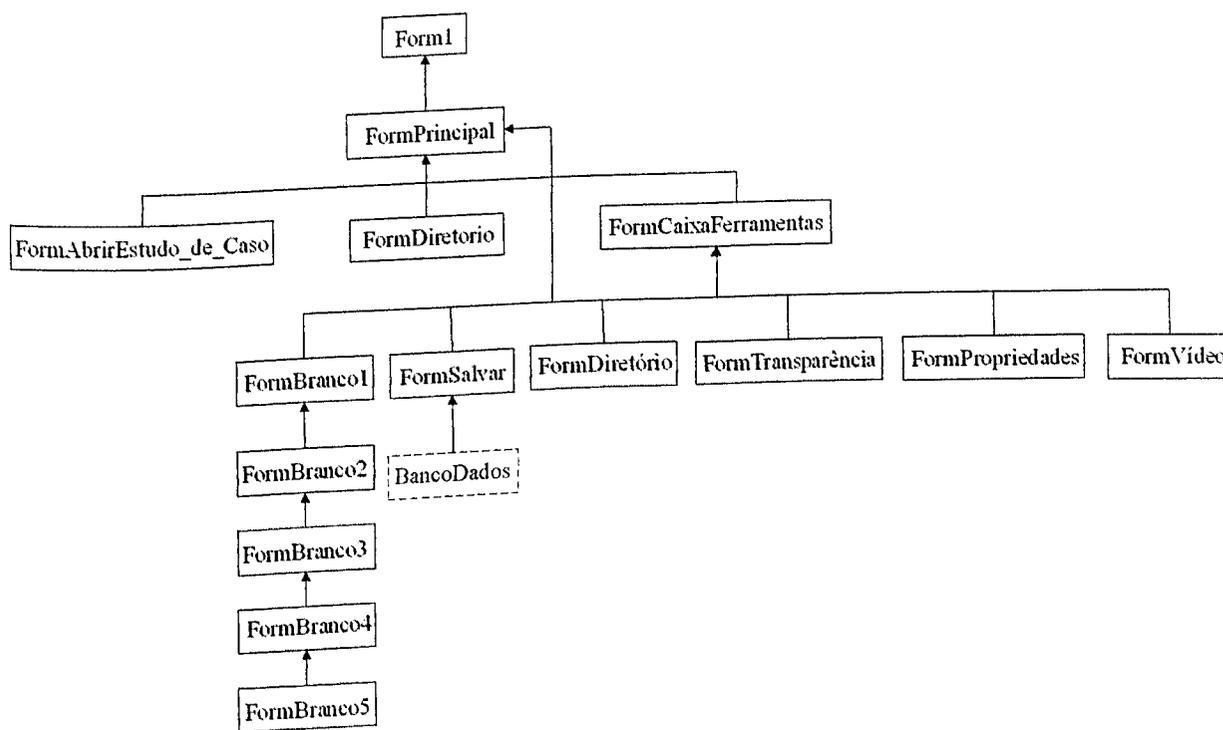


FIGURA 3.4 – Diagrama de classes do protótipo

3.6 Apresentando o protótipo

O protótipo desta pesquisa foi desenvolvido para calcular ângulos definidos por pelo menos 3 pontos pertencentes a uma polyline (linha composta de várias linhas - aqui

chamada apenas por "polyline"), definir medidas em metros e marcar pontos em uma imagem. Possui ainda várias características como manipulação de imagens em diversos formatos (BMP, JPEG, JPG, GIF, AVI, MPEG, etc), ferramentas de edição (zoom (+/-), rotação, transparência e sobreposição), configuração de cores e dimensões (para pontos, linhas e polilynes), armazenamento de análises feitas nas imagens (salvar estudo de caso).

Foi desenvolvido para a plataforma Windows, utilizando a linguagem VC++.NET.. O esquema da estrutura do protótipo projetado para atender os requisitos do projeto é apresentado na figura 3.5.

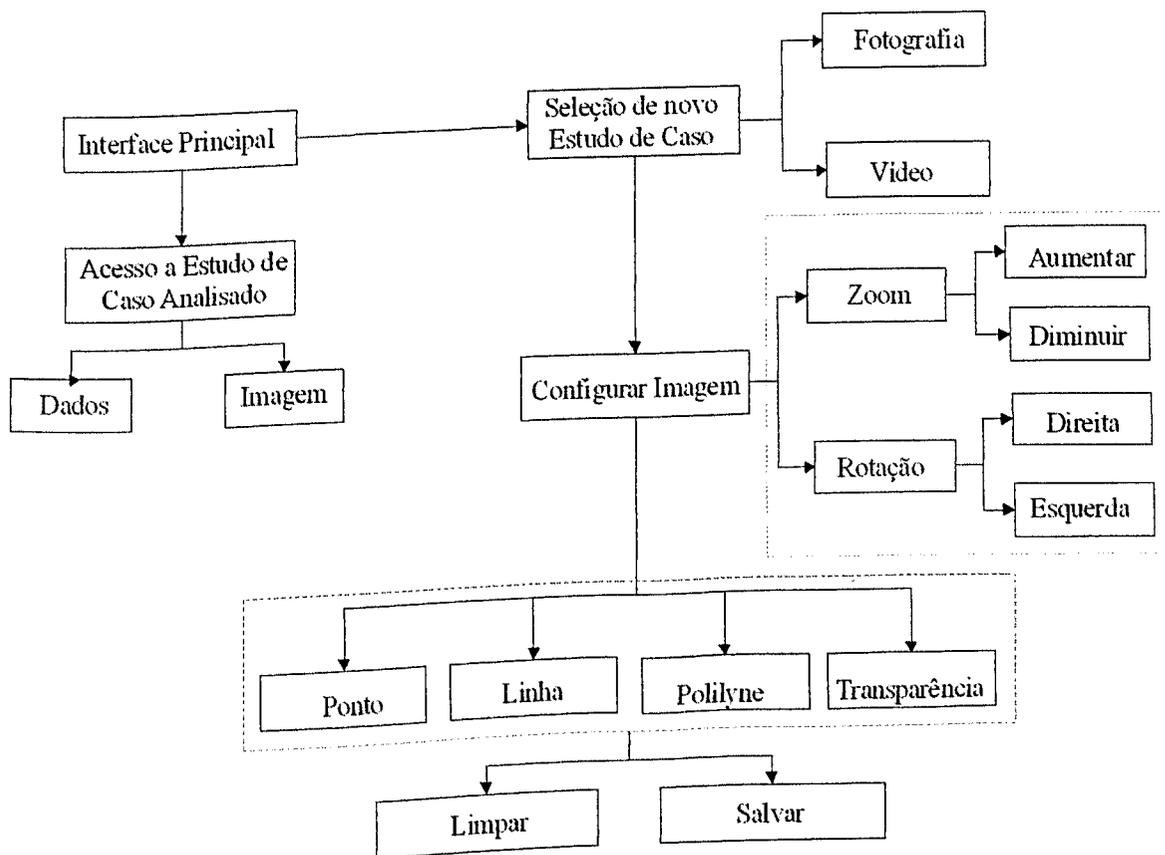


FIGURA 3.5 - Estrutura do protótipo desenvolvido.

A seguir, será apresentada a interface do protótipo e os detalhes relevantes da implementação, correspondentes a cada etapa descrita na estrutura apresentada na figura 3.5.

3.6.1 A interface do Sistema

A criação da interface do protótipo, foi montada de maneira a facilitar o acesso aos dados (ferramentas, funções, etc), pensando em sua utilização como uma nova proposta de “modelo de usuário”. Optou-se pela simplicidade, facilidade e principalmente no axioma de maior importância de todos os projetistas de interfaces com usuários: *“Uma interface de usuário é bem projetada quando o programa se comporta exatamente como o usuário pensa que ele se comportaria”* (SPOLSKY, 2005).

A interface do protótipo implementado neste trabalho foi construída utilizando os recursos disponíveis do Visual Studio.NET, que possui uma variedade muito grande de componentes visuais que podem ser utilizados na construção de aplicações. Como exemplos desses componentes podem-se citar: botões, campos de texto, labels, calendários, painéis, menus, imagens, entre outros. Além disso, também é possível fazer uso de funcionalidades que permitem a implementação de interfaces mais sofisticadas, como a construção de telas com animação.

3.6.2 O formulário de abertura

Esta tela inicial tem a função de apresentar o protótipo. Assim, seu tempo de visualização é determinado por um “timer”, que após 03 segundos, oculta o formulário inicial de apresentação (figura 3.6) e chama o formulário principal (figura 3.7).

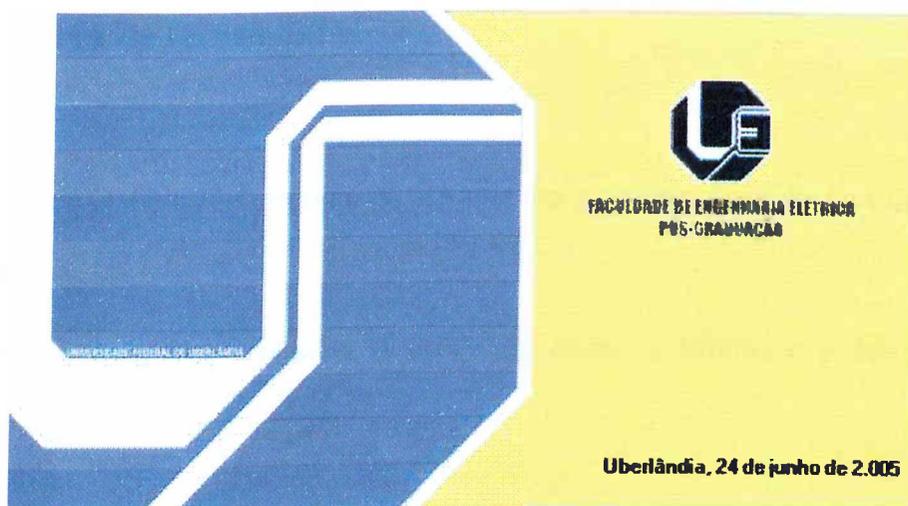


FIGURA 3.6 – Tela de abertura do protótipo

3.6.3 O formulário principal

A figura 3.7, apresenta a tela correspondente ao formulário principal que possui uma interface simples e de fácil manuseio, dispondo todas as opções para utilização do protótipo de forma visual através da barra de ferramentas e textual através dos menus.

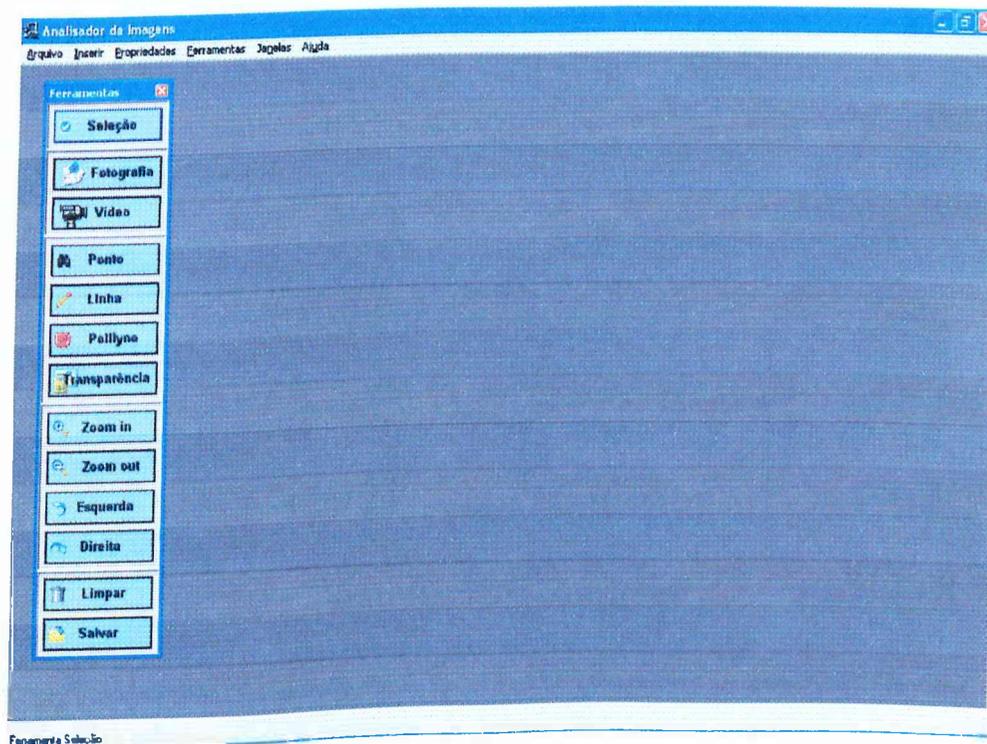


FIGURA 3.7 – Tela principal, com a barra de ferramentas.

3.6.4 – A barra de ferramentas

Neste local, estão inseridas as ferramentas para utilização do protótipo, sendo as mesmas descritas abaixo:

- A. **Ferramenta seleção:** elimina as ações anteriores e habilita o ponteiro do mouse para receber qualquer outra ferramenta;
- B. **Ferramenta fotografia:** possibilita a abertura de imagens em diversos formatos (BMP, JPEG, GIF, TIF, WMF e ICO), sendo que elas podem ser visualizadas isoladamente ou em quantidades definidas pelo usuário (possibilidade de abrir múltiplos formulários).

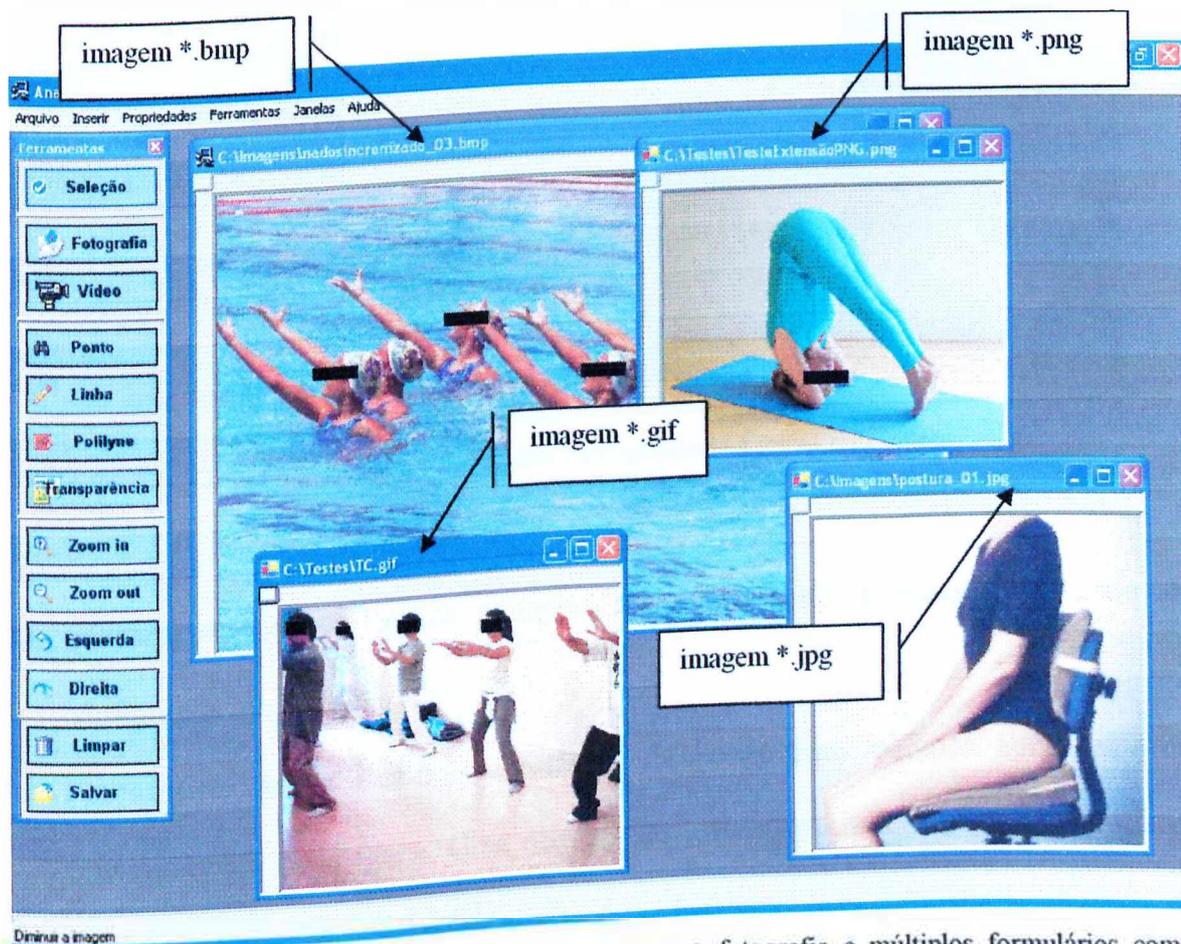


FIGURA 3.8 – Tela demonstrando a utilização da ferramenta fotografia, e múltiplos formulários com imagens de diversas extensões.

- C. **Ferramenta vídeo:** Permite a visualização de vídeos nas extensões *.avi e *.mpeg. Um novo formulário é aberto (figura 3.9) contendo as opções de abrir, iniciar, pausar, salvar, retornar e avançar as imagens e vídeo (frames) a cada 0,04 segundos. Para acessar os frames salvos, o usuário deverá em seguida recorrer à ferramenta fotografia.

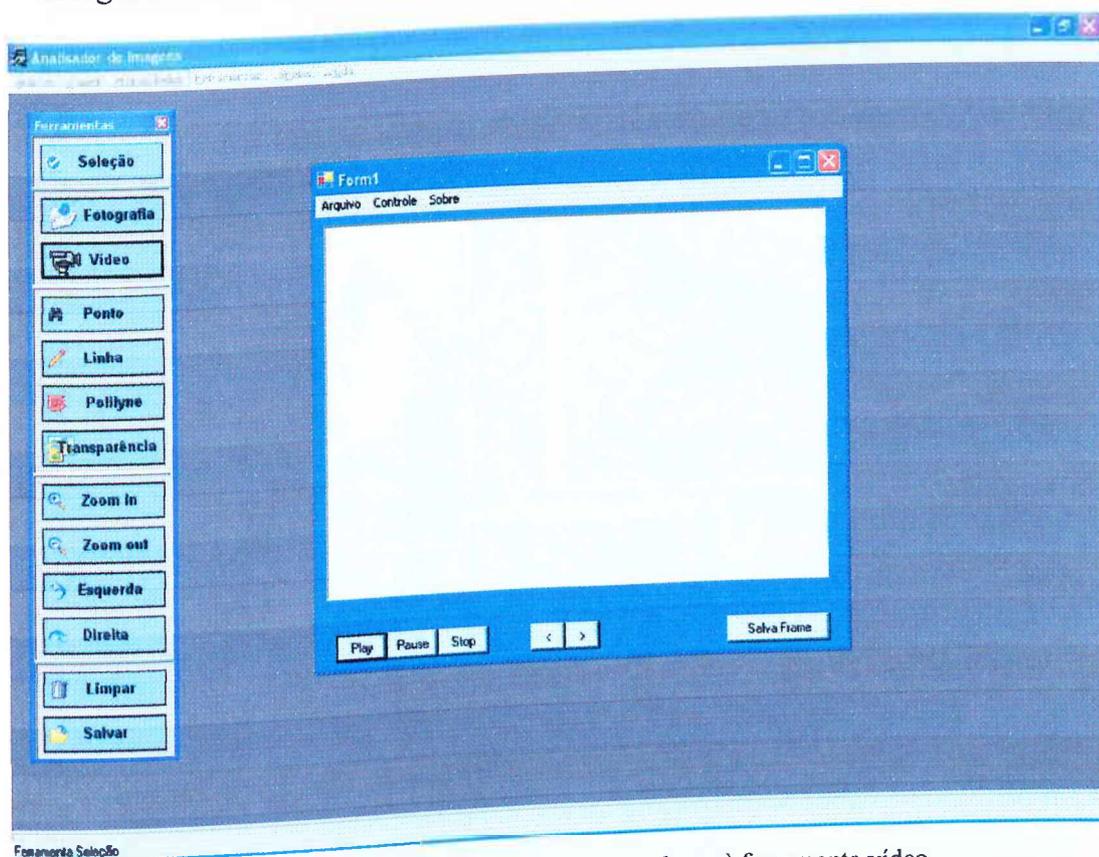


FIGURA 3.9 - Tela demonstrando o formulário correspondente à ferramenta vídeo

- D. **Ferramenta ponto:** Realiza plotagem de pontos sobre a imagem, podendo ser configurada em tamanho e cor.
- E. **Ferramenta linha:** Realiza a plotagem de linhas com medidas horizontais ou verticais sobre as imagens. Uma observação importante nesta ferramenta é que as medidas podem ser realizadas em metros, bastando para isto alterar o valor da largura real da imagem, na ferramenta régua, na opção configurar propriedades.

F. **Ferramenta polilyne:** Esta ferramenta realiza cálculos em ângulos definidos por pelo menos 03 pontos pertencentes a uma polyline (linha composta de várias linhas). O valor do ângulo de intersecção entre as linhas é mostrado próximo ao ponto e também na “Janela de Dados”, quando o estudo de caso for armazenado pela ferramenta salvar. Se a linha possuir mais que 3 pontos, teremos ângulos calculados para as diversas linhas formadas.

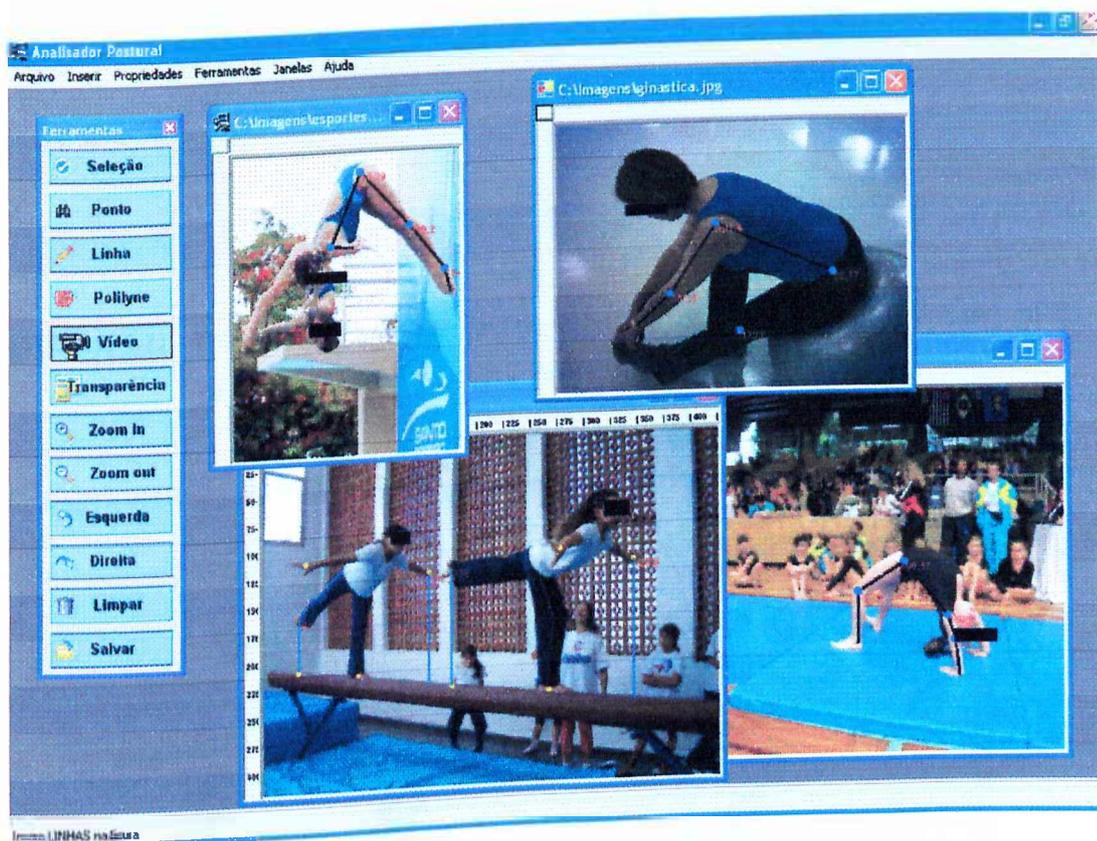


FIGURA 3.10 – Tela demonstrando a utilização das ferramentas ponto, linha e polilyne.

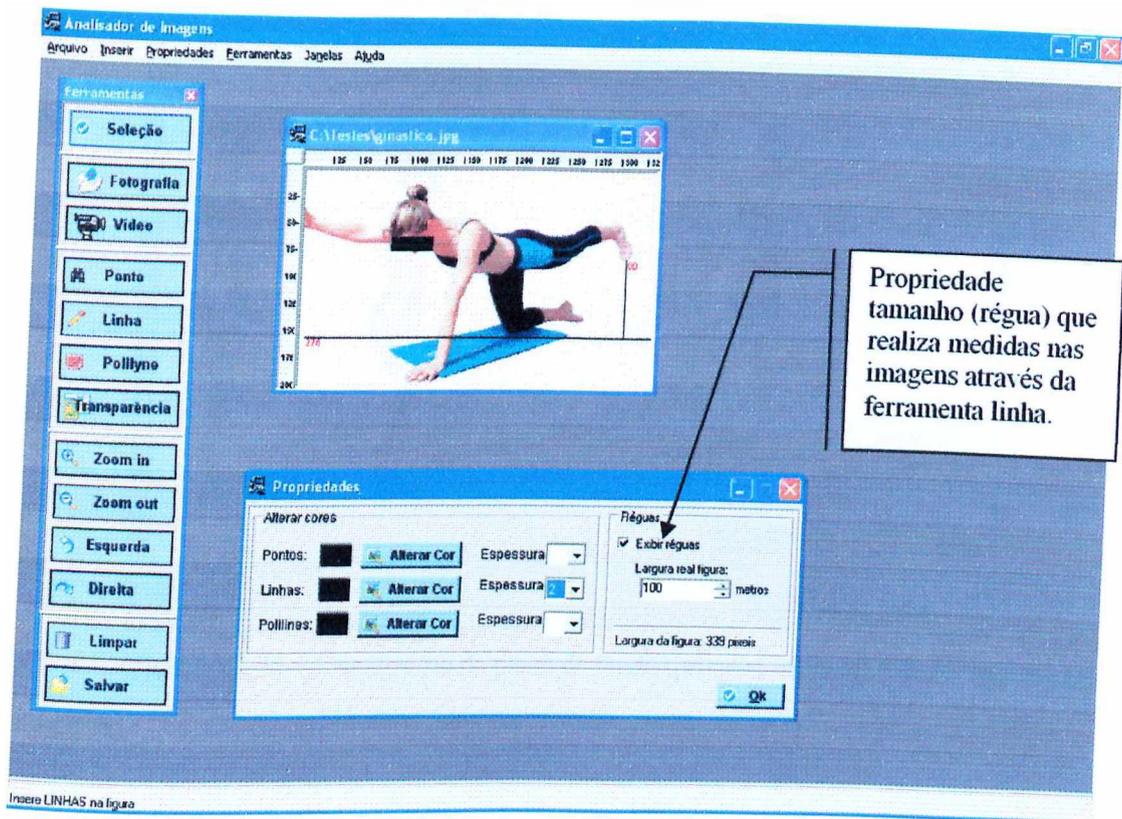


FIGURA 3.11 - Tela demonstrando a ferramenta régua para determinar a largura da figura em metros e a janela propriedades para configurar a escala das medidas.

G. **Ferramenta transparência:** Permite a transparência em diversos níveis e a sobreposição de imagens selecionadas. A seqüência de figuras abaixo, exemplifica a utilização da ferramenta transparência.

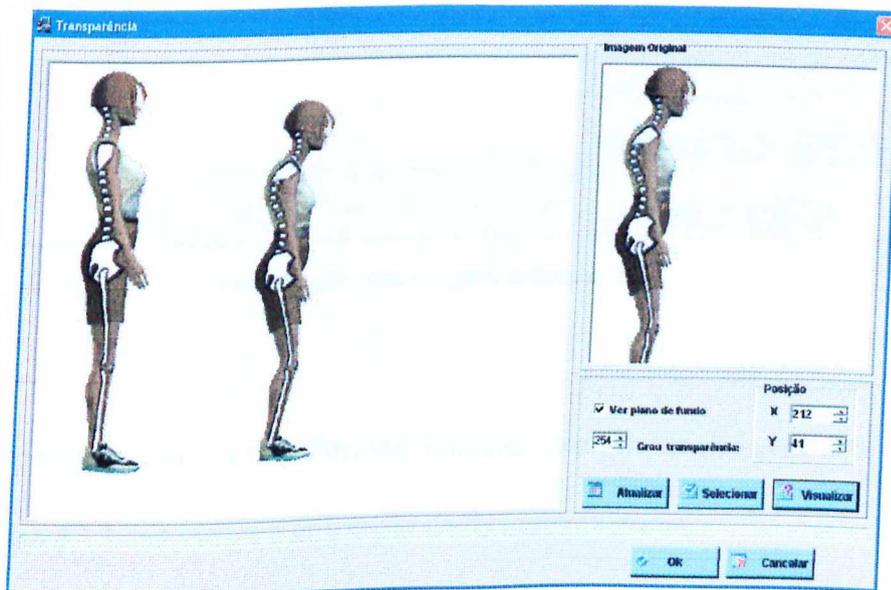


FIGURA 3.12 – Tela demonstrando a visualização do plano de fundo (primeira imagem) e da segunda imagem selecionada para aplicar a transparência

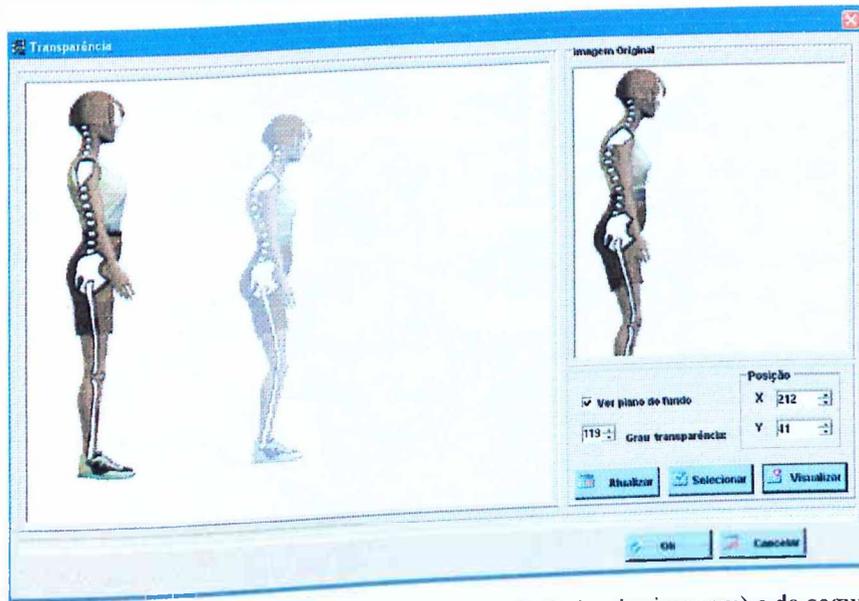


FIGURA 3.13 – Visualização do plano de fundo (primeira imagem) e da segunda imagem com 119 graus de transparência.

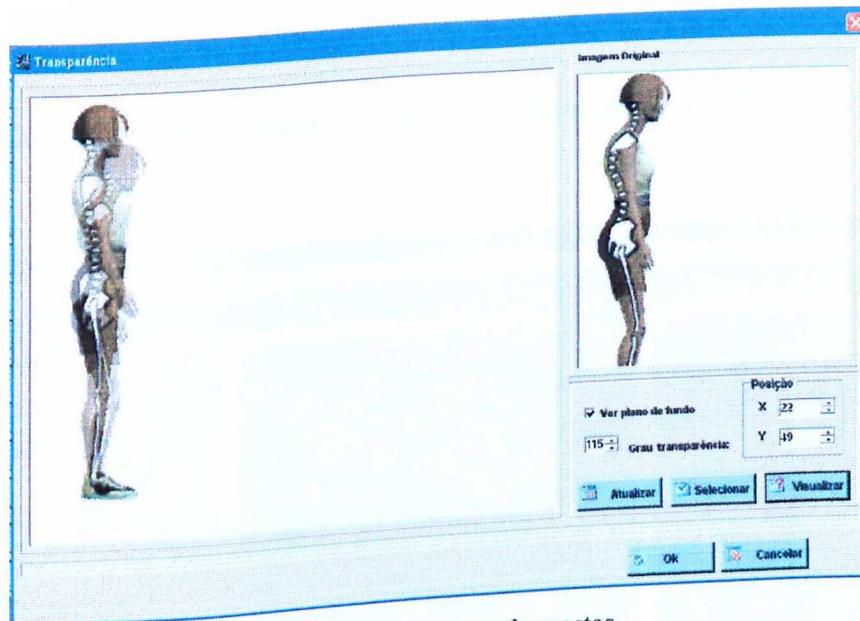
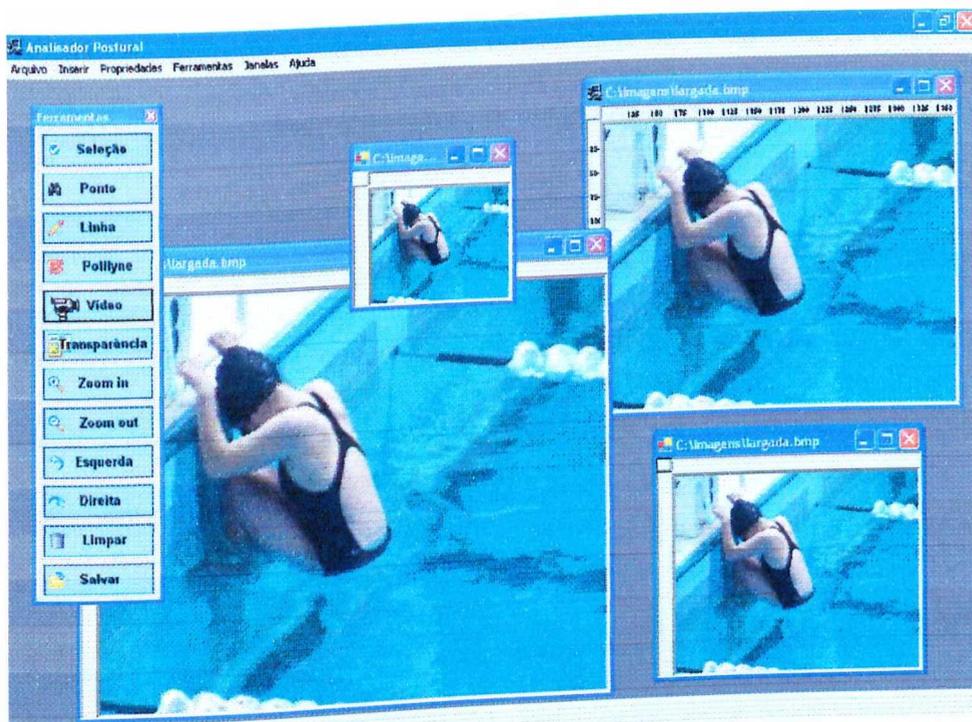


FIGURA 3.14 – Visualização das imagens sobrepostas.

H. Ferramentas zoom in (+/-): Permite aumentar e diminuir a visualização das imagens.

A figura 3.15 demonstra a utilização da ferramenta zoom.



Ampliar a imagem

FIGURA 3.15 - Tela demonstrando a utilização da ferramenta zoom (+/-).

- I. **Ferramentas rotação à esquerda e direita:** Permite rotacionar as imagens, em 90 graus, a cada clique do mouse. A figura 3.16 demonstra sua utilização.



Rotacionar a esquerda

FIGURA 3.16 – Tela demonstrando a utilização das ferramentas rotacionar esquerda e direita.

- J. **Ferramenta limpar:** Apaga todas as ferramentas inseridas sobre a imagem.
- K. **Ferramenta salvar:** Permite salvar um estudo de caso, com as ferramentas inseridas na imagem e informações como nome, data e comentários sobre o item analisado. Para armazenar os dados mencionados, foi necessário utilizar um Banco de Dados (descrito adiante) para que, posteriormente, o usuário pudesse recuperá-los para possíveis avaliações. A figura 3.18, ilustra a janela com diversos estudos de caso armazenados.

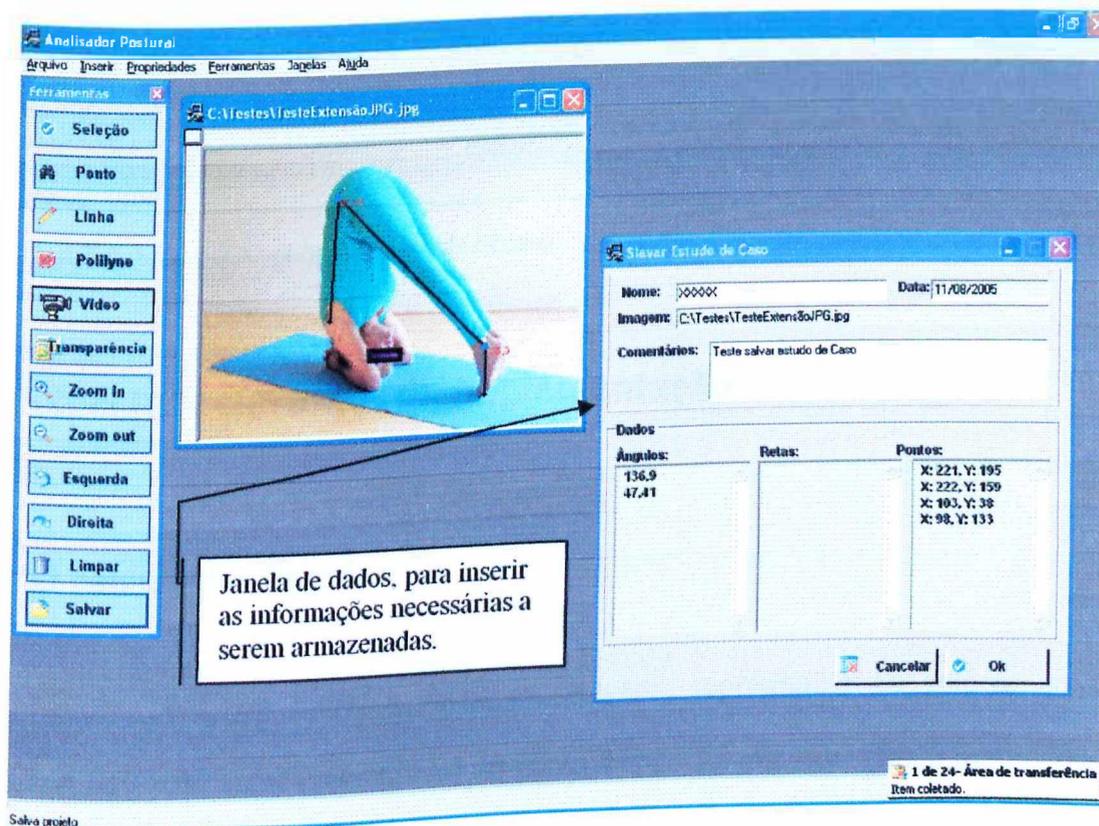


FIGURA 3.17 – Ferramenta salvar estudo de caso.

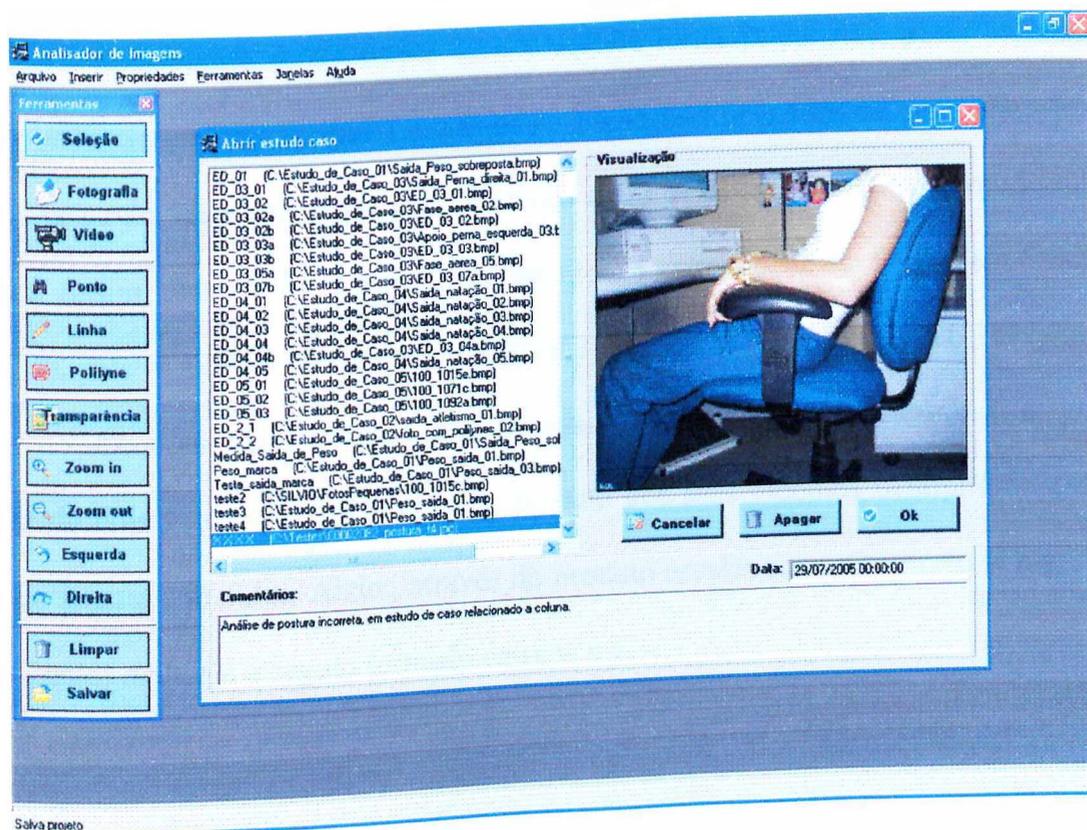


FIGURA 3.18 - Recuperação de estudo de caso.

3.7 Aspectos relevantes da implementação

3.7.1 O cálculo dos ângulos

As polilínes traçadas sobre as imagens, representam os vetores no plano cartesiano (R^2). Um vetor (geométrico) no plano R^2 são (segmentos) com a mesma direção, mesmo sentido e mesmo módulo (intensidade), onde:

1. A direção é a da reta que contém o segmento
2. O sentido é dado pelo sentido do movimento
3. O módulo ou comprimento do segmento é um número real não negativo definido

por: $|v| = \sqrt{a^2 + b^2}$

Uma quarta característica de um vetor é formada por dois pares ordenados: o ponto onde ele começa (origem) e um outro ponto onde ele termina (extremidade) e as coordenadas do vetor são dadas pela diferença entre as extremidades e as coordenadas da origem. Assim, se um vetor v tem origem em $(1,2)$ e extremidade em $(7,12)$, ele é dado por $v=(6,10)$, pois: $v = (7,12) - (1,2) = (6, 10)$, (KOLMAN, 1996; STEINBRUCH, 1987).

Com as características apresentadas acima, podemos determinar o produto escalar de dois vetores, definido como o produto dos seus módulos multiplicado pelo cosseno do ângulo entre eles. Assim, através do produto escalar entre os vetores w e y , $w \cdot y = |w| |y| \cos(q)$ onde q é o ângulo formado entre w e y .

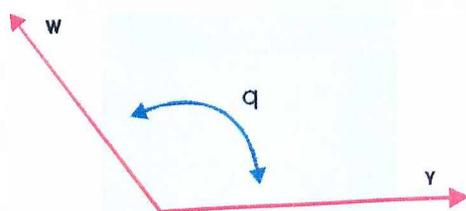


Figura 3.19 – Ângulo (q) formado por dois vetores

Podemos obter o ângulo q entre dois vetores quaisquer w e y , pois:

$$\cos(q) = \frac{w \cdot y}{|w| |y|} \quad \Rightarrow \quad \cos(q) = (w \cdot y) / (|w| \cdot |y|)$$

3.7.2 As linhas (réguas) horizontais e verticais

O sistema realiza medidas horizontais e verticais em uma imagem, conforme ilustrado na figura 3.11. Para utilização desta ferramenta alguns cuidados relacionados à aquisição das imagens devem ser tomados devido à projeção da imagem.

O tipo de projeção de uma cena é o modo como a geometria tridimensional desta cena é arranjada numa imagem bidimensional. Verificamos assim dois tipos de projeção:

A. **Projeção Perspectiva:** Na projeção perspectiva, as linhas paralelas de uma cena tridimensional que não são paralelas ao plano da imagem aparecem na imagem convergindo para um ponto no infinito. Isto faz com que os objetos que estão distantes do observador numa cena sejam projetados na imagem menores que aqueles do mesmo tamanho que estão mais próximos ao observador. Imagens de cenas utilizando projeção perspectiva, aparecem mais realísticas, uma vez que este é o modo com que os olhos dos seres humanos e também a lente de uma câmera formam imagens.

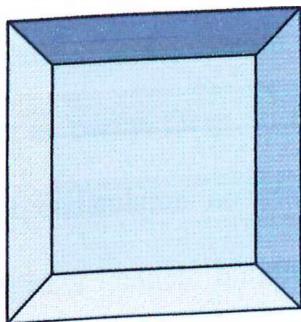


FIGURA 3.20 - Projeção Perspectiva de um cubo com a face frontal removida.

Na figura 3.20, pode ser observado, que a face posterior do cubo aparece menor que a face anterior, comprovando o fato de que objetos mais afastados na cena aparecem na imagem, menores do que objetos mais próximos, apesar de apresentarem o mesmo tamanho na cena.

B. **Projeção Ortográfica:** Na projeção ortográfica, os pontos de uma cena são projetados ao longo de linhas paralelas no plano da imagem. As linhas paralelas da cena tridimensional são projetadas como linhas paralelas na imagem. Seleccionando

posições diferentes para se observar uma cena, podem-se obter diferentes vistas bidimensionais dos objetos contidos nesta cena.

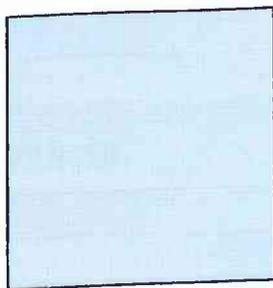


FIGURA 3.21 - Projeção Ortográfica de um cubo com a face frontal removida.

A imagem 3.21, apresenta o mesmo cubo com sua face anterior removida.

Observando-se esta imagem, entretanto, dá-se a impressão de que ela representa um quadrado. Este quadrado é, na verdade, a face posterior do cubo. A presença apenas desta face, se deve ao fato de que todas as outras faces do cubo, que seriam visíveis na cena tridimensional, são projetadas perpendiculares ao plano da imagem e, portanto não aparecem, uma vez que se trata de uma imagem bidimensional. Pode-se constatar, então, que todas as linhas paralelas de uma cena tridimensional são projetadas como linhas paralelas no plano da imagem.

O esclarecimento destas características é importante para qualquer profissional que deseje coletar dados. Tais cuidados devem ser adotados independentemente da técnica de mensuração parecer simples ou complexa ou envolver equipamentos de alta tecnologia.

Segundo Ricieri (2005), para validar um teste ou equipamento, deve-se determinar a exatidão do instrumento de medida, sendo esta uma característica básica para estabelecer a validade do instrumento e definida como a relação que indica as diferenças entre os valores reais e os valores medidos. É a exatidão que produz a evidência de apoio à ferramenta de mensuração. Para alcançar a exatidão de um instrumento de medida, é preciso

submetê-lo sistematicamente à calibração, ou seja, à observação sistemática de como os valores medidos pelo instrumento se relacionam aos valores de entrada aplicados ao sistema.

3.7.3 Gerando a transparência

Para implementar a transparência, foi utilizado o sistema RGB (Red, vermelho - Green, verde - Blue, azul) usado nos monitores de vídeo, onde cada componente assume um valor entre 0 e 255. Com uma determinada combinação destas três cores podemos obter outras cores.

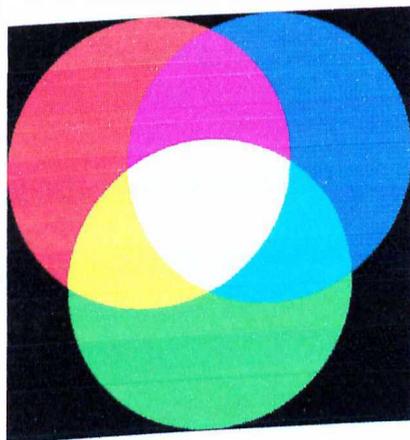


FIGURA 3.22 – Representação do sistema RGB

Através da representação espacial geométrica deste sistema pode-se definir o espaço de cores, visto como um cubo cujas arestas possuem o tamanho de 256 unidades.

Sobre os três eixos cartesianos, representado pela figura 3.23 deverão ser fixadas as cores vermelho, verde e azul. Nas arestas do cubo², teremos as cores básicas mais algumas secundárias como o preto, branco, rosa, ciano e amarelo.

² Interseções das faces(regiões planas) do cubo.

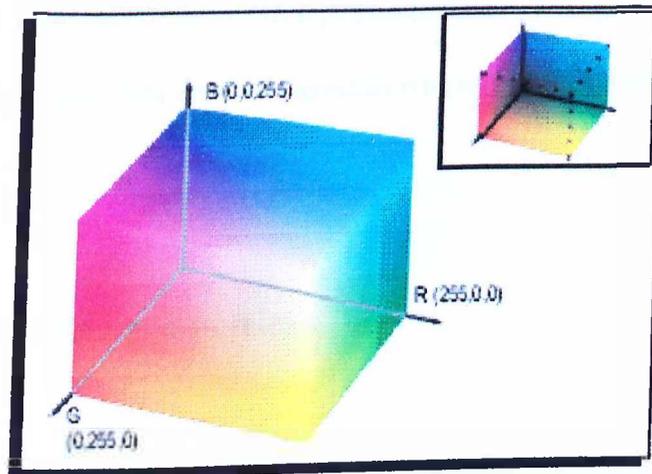


FIGURA 3.23 - Cubo de cores do padrão RGB no espaço cartesiano

Em uma imagem colorida, a representação da cor C de cada pixel da imagem pode ser obtida matematicamente por:

$$C = r.R + g.G + b.B$$

Onde R , G e B são as três cores primárias e r , g e b são os coeficientes de mistura correspondentes a cada uma das intensidades associadas a cada um dos canais RGB. Dessa forma, a cor C de cada pixel da imagem pode ser plotada no espaço de cores RGB usando-se os coeficientes de mistura (r, g, b) como coordenadas. Uma cor, portanto pode ser considerada como um ponto no espaço tridimensional (modelada como um subconjunto do espaço R^3 ou N^3), onde cada cor possui uma coordenada (r, g, b) . A partir desta padronização, tomando como base o sistema de coordenadas e o padrão RGB, podemos criar o “grau” de transparência em uma imagem, descrito como um quarto componente, o canal alfa (AZEVEDO, 2003).

Partindo deste princípio, é necessário varrer cada pixel da imagem e aplicar a cada um deles o valor alfa para determinar o seu grau de transparência. Este quarto parâmetro, também pode variar de 0 a 255, sendo 0 um objeto totalmente transparente e 255

um objeto opaco. A linguagem VC++.NET possui funções e métodos que definem a mistura entre as cores do objeto que está sendo desenhado e as imagens que já estão na tela.

3.7.4 Transformações geométricas

As alterações e os movimentos das ferramentas apresentadas anteriormente, foram realizados a partir das transformações geométricas de rotação, translação e escala:

A. **Transformação de rotação:** Esta operação, gira um objeto no espaço representado em 2D. A rotação é uma transformação de corpo rígido, caracterizada por reposicionar os objetos, sem deformá-los. Deste modo, cada ponto do objeto é rotacionado de um mesmo ângulo sobre um mesmo eixo (AZEVEDO, 2003).

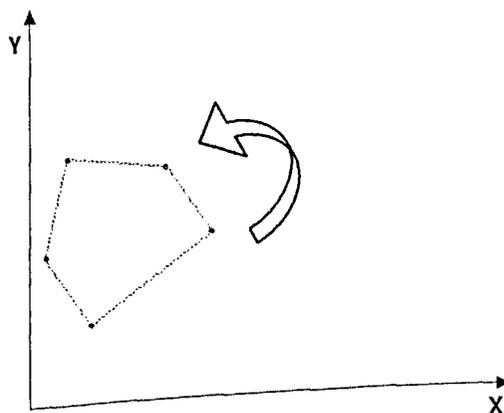


FIGURA 3.24 – Exemplo de operação de rotação

B. **Transformação de translação:** Transladar significa movimentar o objeto. Pontos do plano XY podem ser deslocados (transladados) para novas posições através da adição de valores às coordenadas desses pontos. No protótipo, esta operação foi utilizada para movimentação da imagem que recebe a transparência, quando sobreposta à imagem que está no plano de fundo. (AZEVEDO, 2003).

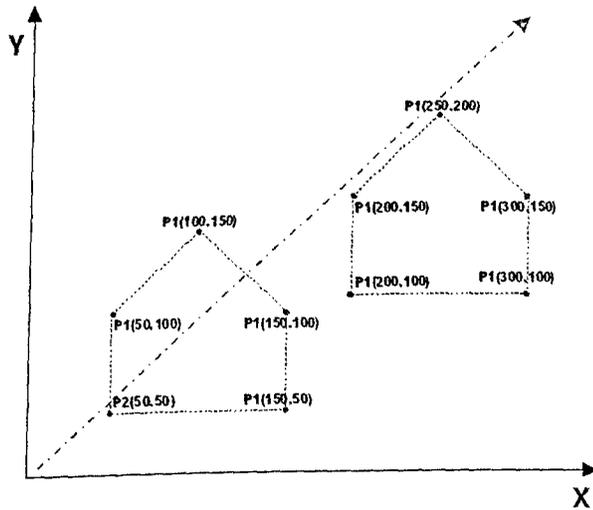


FIGURA 3.25 – Exemplo de operação de translação

C. **Transformação de escala:** Escalonar significa mudar as dimensões da escala. A figura 3.26 mostra essa transformação. Para fazer com que uma imagem definida por um conjunto de pontos mude de tamanho, teremos de multiplicar os valores de suas coordenadas por um fator de escala (AZEVEDO, 2003). No protótipo esta transformação está presente nas ferramentas zoom (+/-).

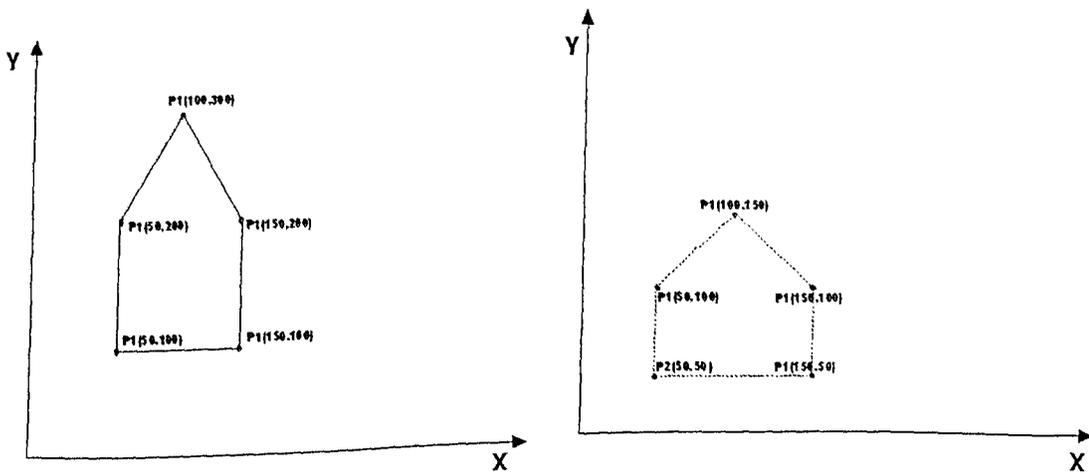


FIGURA 3.26 - Exemplo de transformação em escala

As transformações geométricas de translação, rotação e escala podem ser combinadas para determinar uma melhor visualização da imagem analisada. A linguagem VC++.NET disponibiliza métodos e funções para realizar tais transformações. Maiores detalhes sobre as operações acima podem ser encontradas em Deitel & Deitel (2.001).

3.7.5 Armazenagem dos dados

O sistema possui a possibilidade de armazenar os estudos de casos. Para armazenagem dos dados, utilizou-se o banco de dados, Ms-Access da Microsoft. O gerenciamento das informações exige a definição das estruturas de armazenamento das informações, além da definição dos mecanismos para consulta e manipulação dessas informações. O gerenciamento e acesso aos dados, foram feitos através de comandos da linguagem SQL.

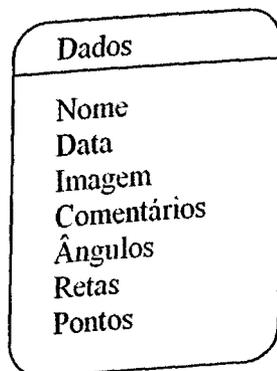


FIGURA 3.27 - Tabela de nome "dados" implementada no banco de dados

3.7.6 A dll (Dynamic Link Library) vídeo

Em várias situações pode-se criar aplicativos em programas executáveis interdependentes. Desta forma, parte do código implementado fica em arquivos .DLL separados (ou “assemblies” para usar a nomenclatura do .NET Framework).

No protótipo apresentado nesta pesquisa, foi utilizada uma DLL à parte, feita na linguagem C#, capaz de “incluir e manipular a exibição do vídeo”, que é chamada por um aplicativo também implementado em C# contendo a interface com o usuário. Este esquema utilizado tem algumas vantagens:

- As “DLLs” podem ser usadas por vários programas, independentemente de sua interface com o usuário (Windows ou Web);
- As “DLLs” podem ser colocadas em computadores diferentes, permitindo grande poder de processamento;
- As “DLLs” podem ser colocadas em um local centralizado, trazendo maior segurança e facilidade de gerenciamento e troca de versões.

3.7.7 A thread de plotagem das linhas

Uma *thread* representa uma tarefa específica a ser executada de forma independente. Um programa dividido em várias *threads* pode geralmente roda mais rápido, pois as tarefas podem ser executadas simultaneamente (quase) em paralelo. As *threads* de um programa podem também trocar dados entre si e compartilhar os recursos do sistema.

CAPÍTULO IV

Experimentos e Avaliações

4.1 Introdução

Concluídas as etapas de análise, projeto e desenvolvimento do protótipo foi iniciada a homologação, para validar as atividades anteriores. Para tanto, foram realizados experimentos em provas de natação e medições humanas, além de testes para comprovar a validação das medidas dos ângulos e das distâncias. Os itens que se seguem, descrevem a metodologia adotada e os resultados obtidos. Contudo, vale ressaltar, que tais experimentos não determinam a comprovação da eficácia dos métodos de avaliação adotados, uma vez que isto deve ser feito por um profissional qualificado.

Este capítulo tem como objetivo apresentar a funcionalidade e aplicabilidade do sistema proposto, assim como, descrever o processo de avaliação do protótipo, realizado por potenciais usuários, através de sua utilização e observação.

4.2 Utilizando o Sistema

Ao iniciar a utilização do sistema o usuário deparar-se-á com a tela inicial, contendo as ferramentas disponíveis para análise das imagens. A obtenção delas poderá se dar de dois modos: capturando-se fotografias ou uma seqüência de imagens/vídeo. A captura de uma única fotografia poderá ser utilizada para análise de uma técnica em uma posição específica ou mesmo para uma análise postural. A seqüência de vídeo, após selecionados os pontos “críticos”, poderá ser utilizada para uma análise cinemática quantitativa e mesmo uma análise qualitativa do movimento.

4.2.1 Realizando a coleta das imagens

Ao iniciar a coleta de imagens é preciso reconhecer que uma imagem fotográfica é a redução em duas dimensões da realidade existente em três dimensões. Qualquer transformação do espaço 3D para 2D, como é o caso de imagens digitais, resulta em alguma perda; o que é necessário é reconhecer a magnitude da perda e o quanto ela influencia no resultado final (RICIERI, 2005). Uma vez reconhecidos os agentes interferenciais, o observador poderá atuar de modo a minimizar as perdas, e tornar a análise da imagem tão

próxima da realidade quanto possível. A figura 4.1, ilustra o posicionamento correto para aquisição de uma imagem.

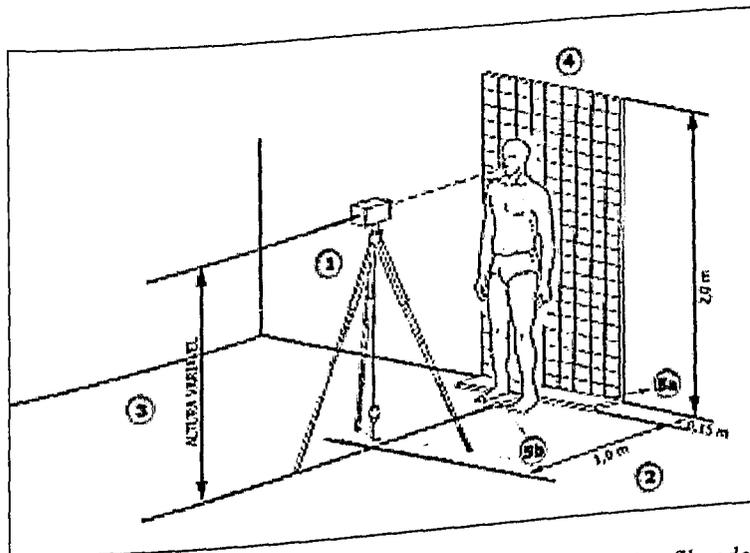


FIGURA 4.1 – 1. Filmadora com tripé, 2. Distância indivíduo filmadora, 3. Altura da filmadora, 4. Quadro posturométrico, 5. Distância entre o quadro posturométrico e o indivíduo (Barbosa, 2001).

Na conversão espaço-objeto em espaço-imagem através de uma filmadora ou câmera fotográfica, a luz caminha em linha reta, e toda a percepção é dada pela curvatura do cristalino, que funciona como uma lente, convertendo o espaço virtual. Acompanhando os raios luminosos que partem da câmera, posicionada a uma distância focal, percebe-se que eles caminham em linha reta, mas com inclinações diferentes em relação à lente, porém, todos se encontram no centro de perspectiva. As relações entre as distâncias dos raios luminosos são controladas automaticamente pela função autofoco da câmera e será sempre proporcional a distância do objeto que está sendo fotografado. Porém, é necessário que o ponto central do objeto esteja colocado perpendicular à câmera. A figura 4.2, ilustra a relação existente entre o centro de perspectiva.

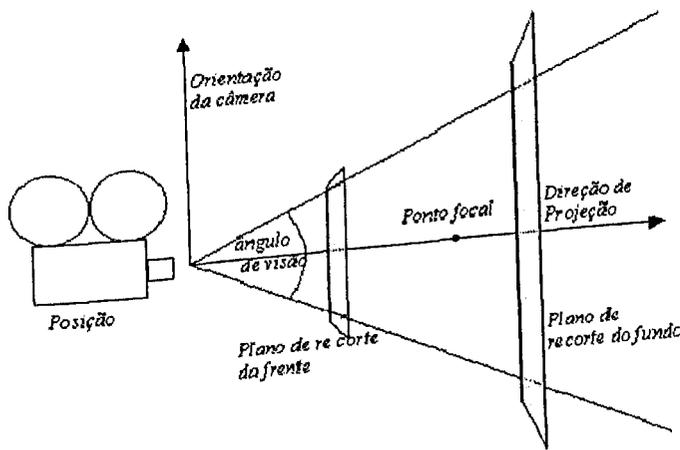


FIGURA 4.2 – Posicionamento da câmera junto ao objeto fotografado.

4.3 Metodologia Experimental - Análise Cinemática

Compreender o movimento angular é particularmente importante no estudo do movimento humano. Através da análise da cinemática angular, grandes partes dos estágios de desenvolvimento das habilidades motoras podem ser descritos e relatados. Conforme Hall (1999), um analista qualificado pode obter várias informações relativas aos níveis de desenvolvimento de um movimento através da observação minuciosa da cinemática angular.

Dentro da metodologia experimental proposta, segue a descrição das ferramentas presentes no sistema, que foram utilizadas nas etapas de preparação, seleção e foto interpretação das imagens:

- A. **Ferramenta vídeo:** possibilidade de visualizar vídeos nas extensões *.avi e *.mpg.
- B. **Ferramenta vídeo (pausa):** possibilidade de pausar os quadros a cada 0,04 segundo (conforme demonstra as duas imagens seqüenciais abaixo, figura 4.3, em que a câmera utilizada insere o tempo na imagem filmada), para seleção e observação.

- C. **Ferramenta vídeo (salvar):** possibilidade de salvar os quadros pausados, para seleção das imagens e posterior análise dos mesmos.
- D. **Ferramenta vídeo (próximo):** possibilidade de movimentação para o próximo quadro.
- E. **Ferramenta vídeo (anterior):** possibilidade de movimentação para o quadro anterior.
- F. **Ferramenta ponto (propriedade cor e espessura):** realização de marcas no implemento ou corpo, para determinar os pontos onde os ângulos serão traçados;
- G. **Ferramenta transparência:** sobreposição das imagens marcadas para visualização do movimento realizado pelo implemento ou corpo;
- H. **Ferramenta zoom in:** alteração no tamanho da imagem, para melhor visualização dos pontos;
- I. **Ferramenta polilyne:** demarcação para cálculo dos ângulos obtidos na imagem.
- J. **Ferramenta linha (régua):** possibilidade de medição de larguras e alturas.

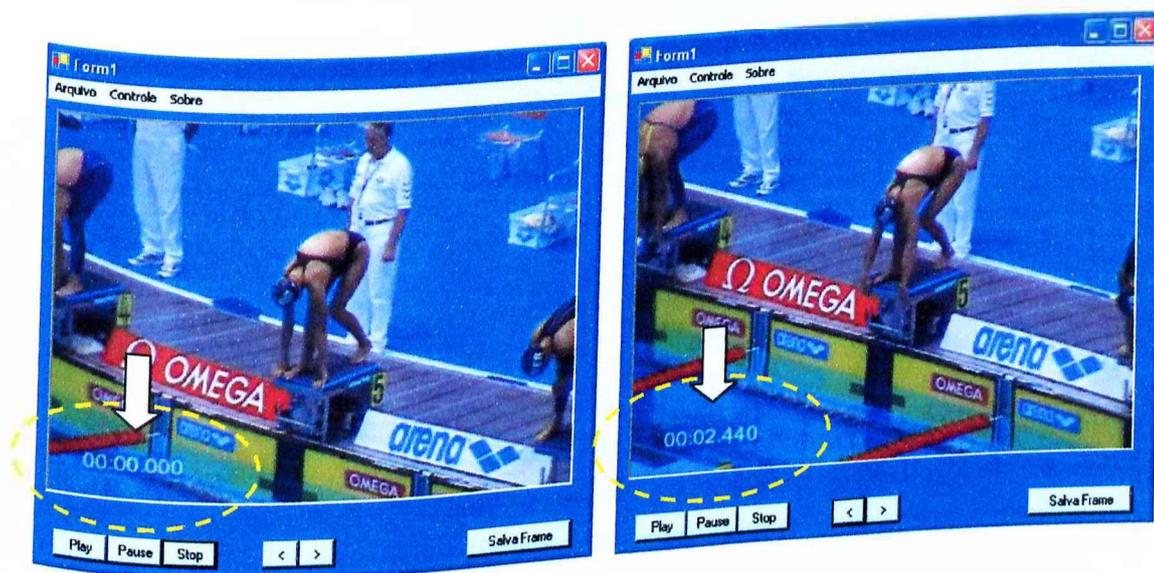


FIGURA 4.3 - Sequência de imagens marcando tempo de cada frame.

A quantidade de imagens necessárias para a análise angular de cada movimento foi determinada conforme o tipo de movimento a ser analisado. O esquema apresentado na figura 4.4, ilustra a seqüência das etapas do processo de utilização do protótipo para análise cinemática.

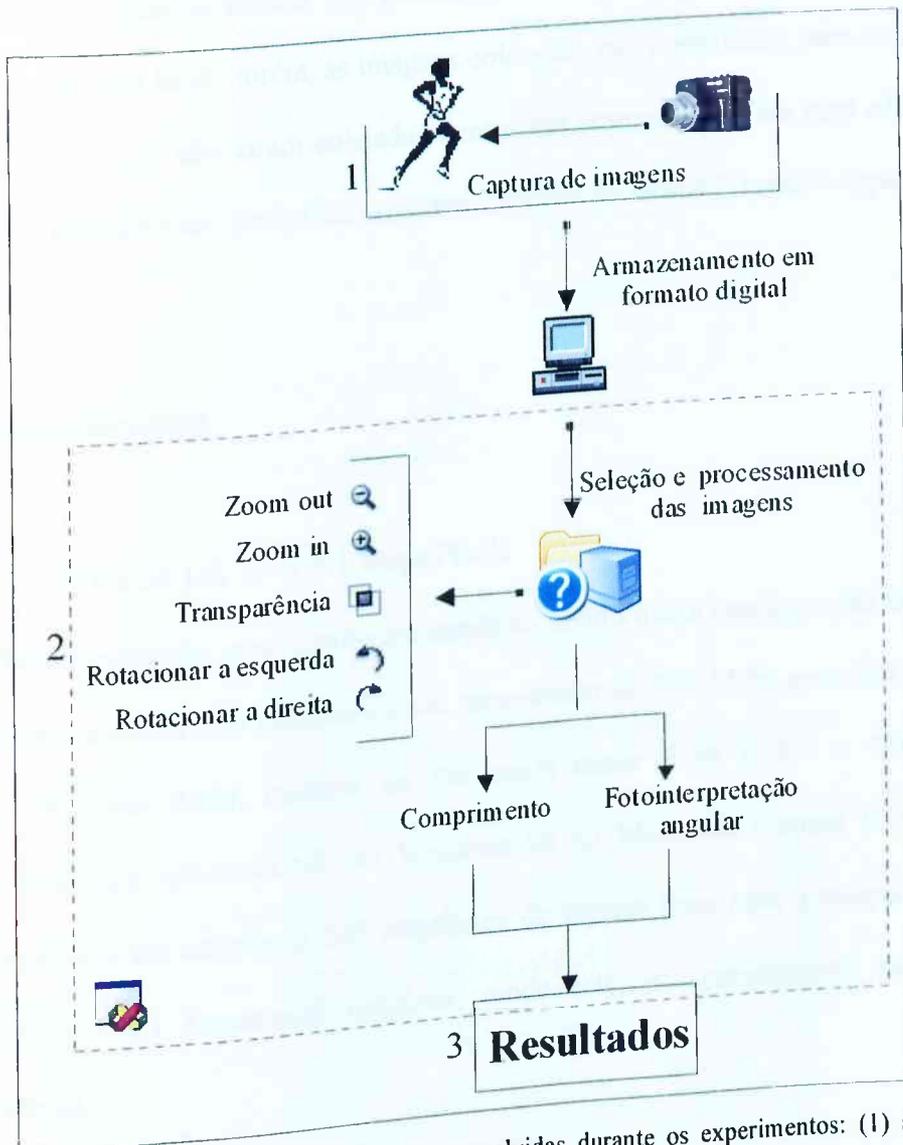


FIGURA 4.4 - Seqüência de etapas desenvolvidas durante os experimentos: (1) aquisição das imagens através da câmera ou filmadora; (2) utilização do protótipo para realização de experimentos; (3) tratamento dos resultados por profissional qualificado.

4.3.1 Ambiente de Trabalho

Nos experimentos realizados na natação, foram utilizados ambientes de competições em nível nacional e sessões de treinamentos. Durante os testes houve a preocupação de construir/utilizar um cenário o mais próximo possível do ambiente de operação do produto final. Porém, as imagens coletadas, não contribuem para a obtenção de medidas reais, já que não foram coletadas dentro das técnicas exigidas para obtenção das medidas dos ângulos e das distâncias, conforme descrito no item 4.2.1, deste capítulo.

4.3.2 Equipamentos

- Câmera Kodak DX 7630, 6.1 Mega Pixels.
- Microcomputador com o software instalado, sendo que a configuração mínima para rodar o sistema com qualidade é um processador de 233 MHz, com 128 megabytes de memória RAM, monitor de 256 cores super VGA (1024 x 768), sistema operacional: Windows NT, ou Windows 98 (c/ Microsoft Internet Explorer 5.0.1 instalado), ou superior e 200 megabytes de espaço livre para a máquina que *não* possuir .NET Framework instalado, sendo este, um pré-requisito para rodar o sistema.

BIBLIOTECA

4.3.3 Voluntários

Paraatletas de nível nacional, durante sessões de treinamento e durante a II etapa do Circuito Paraolímpico de Atletismo e Natação, realizado no Centro Esportivo Santos Dumont, em Recife-PE, no mês de julho de 2005.

4.3.4 Ensaio Realizado

Foi realizado 01 ensaio de natação. As regras desta modalidade são definidas por entidades esportivas internacionais. Dentro da prova há divisões por tipo e grau de deficiência para que haja equilíbrio nas competições.

A. Estudo de Caso 01: Saída na Natação (largada em nado de peito)

A largada em uma prova no estilo Peito é realizada segundo regras da Federação Internacional de Natação Amadora – FINA e adaptada pelo IPC (International Paralympic Committee), para as modalidades paraolímpicas. Neste ensaio, as imagens foram tomadas perpendicularmente ao plano de desenvolvimento da habilidade, para uma saída da prova de peito para nadadores com síndrome de poliomielite.



FIGURA 4.5 – Fase de saída do bloco para atleta com deficiência produzida por pólio (preparação).



FIGURA 4.6 – Fase de impulso na saída do bloco.



FIGURA 4.7 – Fase aérea da saída do bloco.



FIGURA 4.8 - Fase de penetração na água.

A seguir, a tabela 1 apresenta os resultados das medidas angulares em saída na natação obtidos através do protótipo. Tais dados viabilizam estudos comparativos das diferenças entre os ângulos, conforme apresentam as imagens acima.

Tabela 1

Resultados das medidas angulares em Saída na Natação (largada em nado de peito)

Ângulos / Fases	Cotovelo E	Ombro E	Quadril	Joelho E
Saída do bloco	176,7	29,4	97,9	112,4
Impulso	150,7	15,9	57,15	156,8
Aérea	135,9	66,71	90,9	131,1
Penetração	141,0	146,2	78,4	113,4

Legenda: Fases = etapas analisadas pelo experimento; Posição = posição do ângulo medido; D = lado direito; E = lado esquerdo.

4.4 Metodologia Experimental - Análise Fotogramétrica

A análise fotogramétrica realiza cálculos utilizando imagens de natureza fotográfica ou cinematográfica. Sua aplicação abrange várias ciências. Alguns dos conceitos interpretativos e metodológicos fundamentais da fotogrametria cartográfica foram transportados e adaptados ao estudo do movimento humano, sendo assim denominada de biofotogrametria computadorizada (BARAÚNA, 2004).

Objetivando a eficácia do método e a validação da técnica, faz-se necessário o domínio de conhecimentos fotográficos e do objeto em estudo. Também são necessárias condições ideais para a realização do registro das imagens, conhecimento dos princípios

instrumental e operacional dos equipamentos de registro e responsabilidade pela qualidade de informação adquirida (BARBOSA, 2001).

Baraúna (1997) faz referência à aplicação dessa técnica aos trabalhos pioneiros realizados em 1994, por Ferreira & Correia da Silva, em que os autores desenvolveram um programa experimental de computador que obtêm imagens a partir de fitas de vídeo em VHS, selecionando-as e delimitando pontos para cálculo dos ângulos formados entre estes pontos.

Outros trabalhos e adaptações têm sido desenvolvidos utilizando o sistema de aquisição, fotointerpretação e cálculo angular, atestando quanto à utilidade do mesmo na validação e eficácia do método (CARDOSO, 1999; DELOROSO, 1999; MAGAZONI, 2000; RICIERI, 2000; BARBOSA, 2001).

A seguir, descreve-se a metodologia experimental adotada e os resultados obtidos em cada um dos ensaios realizados.

4.4.1 Ambiente de Trabalho

Laboratório de Biomecânica da Faculdade de Educação Física da Universidade Federal de Uberlândia.

4.4.2 Equipamentos

- Câmera fotográfica Kodak DX 7630, 6.1 Mega Pixels;
- Tripé para fixação da câmera na altura e nível adequados à coleta das imagens;

- Cimetrógrafo;
- Esferas plásticas de 0,12 m de circunferência para demarcação dos pontos anatômicos;
- Fita adesiva para fixação das esferas plásticas;
- Microcomputador com o software instalado.

4.4.3 Voluntários

Indivíduos adultos do gênero feminino, portadoras de alguma assimetria relacionada cintura escapular. Todas as voluntárias receberam informações a respeito dos objetivos, procedimentos e avaliações a que seriam submetidas. Foram também feitas orientações prévias sobre a postura corporal a ser adotada.

4.4.4 Ensaio Realizados

Foram realizados três experimentos para determinação dos desvios no plano frontal da cintura escapular. A câmera fotográfica foi posicionada a uma distância de 3,30 m da voluntária e a uma altura de 1,22m. O cimetrógrafo, foi instalado a 85cm de distância. Foram focalizadas as partes posterior do tronco, membros superiores e cabeça. Foram fixadas duas esferas plásticas de ponto 0,12m de circunferência, sobre os processos acromiais esquerdo e direito das voluntárias.

A. Estudo de Caso 02: Análise de Desvios

Através do protótipo, foi feita a análise dos desvios da cintura escapular nas fotografias que se seguem. No experimento ilustrado pela figura 5.18 foi observado uma diferença de aproximadamente 4,55 graus da escápula esquerda em relação à horizontal.

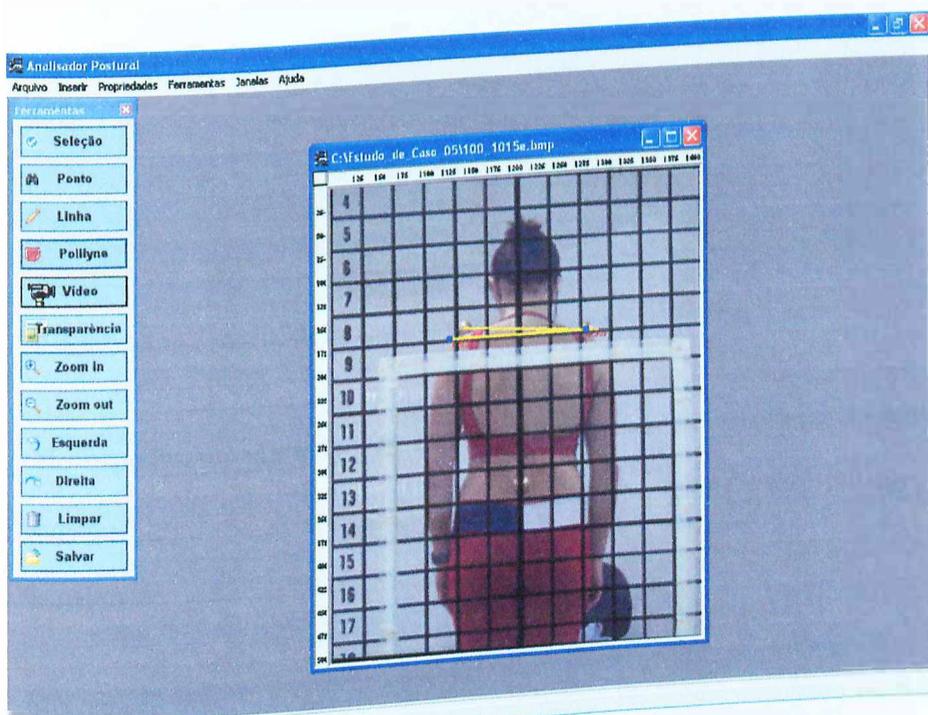
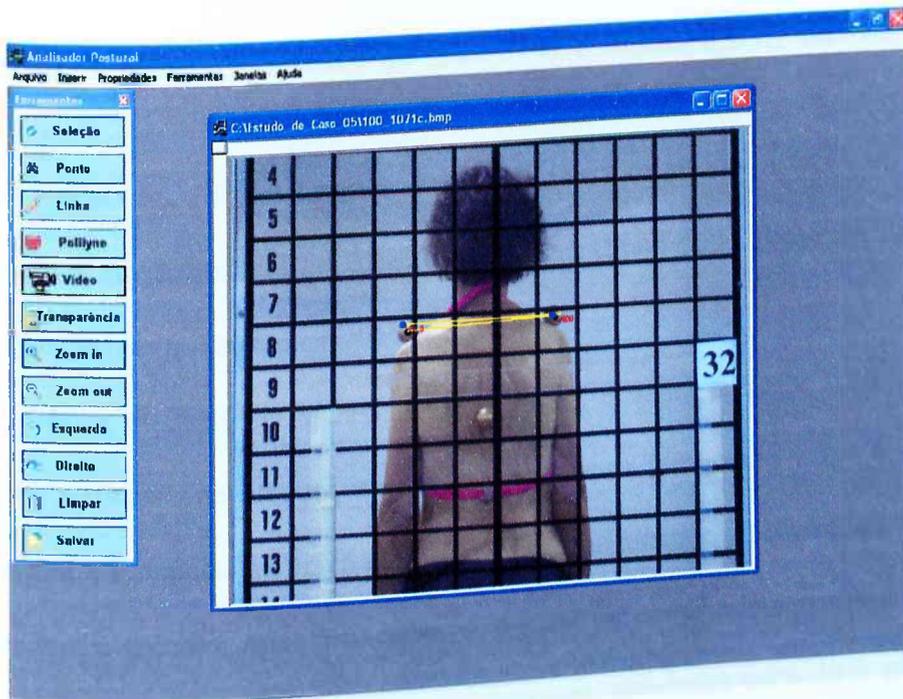


FIGURA 4.9 - Elevação da escápula esquerda em relação à direita.

No experimento ilustrado pela figura 5.19, foi observado um desvio de aproximadamente 2,40 graus com a elevação da escápula direita em relação à esquerda.



Anãr a imagem

FIGURA 4.10 - Elevação da escápula direita em relação à esquerda.

No experimento ilustrado pela figura 5.20, percebe-se o potencial do protótipo, em oferecer resultados precisos, comprovando desvios mínimos (1,59 grau), difíceis de serem detectados visualmente.

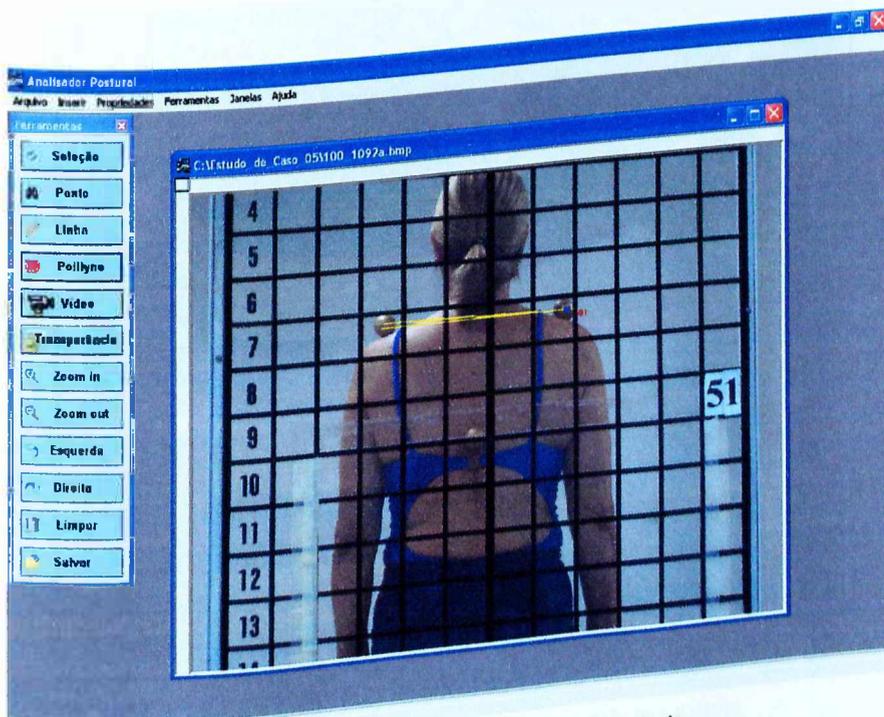


Imagem POLLYNES na figura

FIGURA 4.11 - Pequeno desvio com elevação da escápula direita.

B. Estudo de Caso 03: Altura da mão num lançamento de dardo

Neste ensaio foi realizada a medida da altura da mão do atleta com relação ao solo, durante o lançamento de um dardo. As imagens foram feitas perpendicularmente ao plano de lançamento do implemento.

Nessa modalidade de campo no atletismo, o atleta lançador corre para tomar impulso, no momento do bloqueio, ele quase pára a parte inferior do corpo e, ao mesmo tempo transmite o impulso ao braço e ao peito que se adiantam e proporcionam o "impulso final" para lançar o dardo. Após o lançamento, o atleta faz um giro rápido com o corpo para se equilibrar. O dardo deve ser arremessado com uma angulação entre 30 e 45 graus em relação ao solo.

Nesse estudo foi determinada a altura de soltura do dardo em relação ao solo, que é uma das variáveis mais importantes para o cálculo do alcance total do implemento.

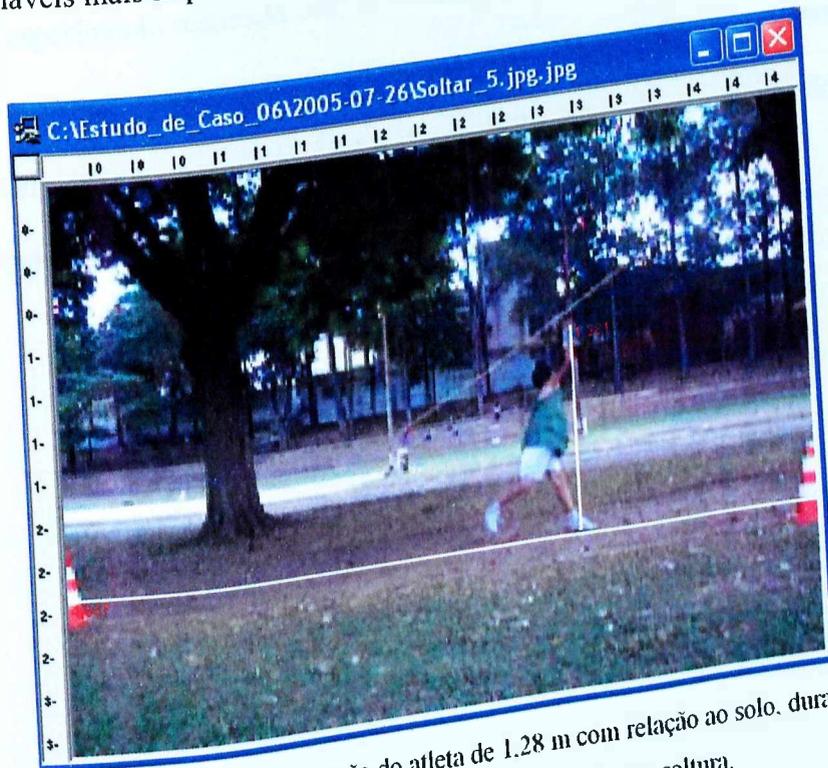


FIGURA 4.12 – Altura da mão do atleta de 1.28 m com relação ao solo, durante um arremesso de dardo, no momento da sua soltura.

4.5 Testes para validação das medidas

Para validar as medidas a serem realizadas pelo software, foram realizados dois experimentos. As imagens foram coletadas conforme instruções do item 4.2.1 deste documento. Os ângulos e as medidas foram traçadas através de um transferidor e uma régua. O experimento busca verificar se as medidas do software são as mesmas obtidas pelo método manual, utilizando régua para medidas das retas e transferidor para medidas dos ângulos.

4.5.1 Validação das medidas das retas

O experimento realizado com as retas horizontais (figura 4.13) e verticais (figura 4.14) comprovou que as medidas são as mesmas, ou seja, o software retornou o mesmo valor obtido pelo método manual, que foi realizado utilizando uma régua: as retas horizontal e vertical traçadas sobre os eixos x e y, possuem a medida de 20 cm.

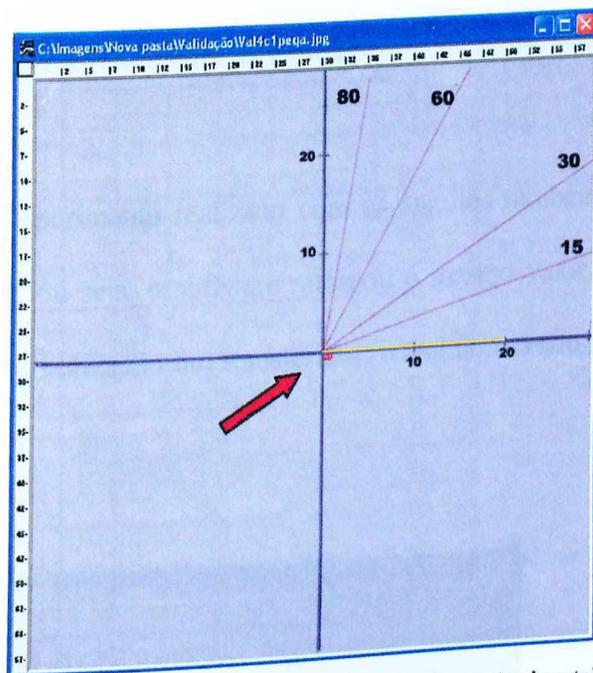


FIGURA 4.13 – Validando as medidas das retas horizontais

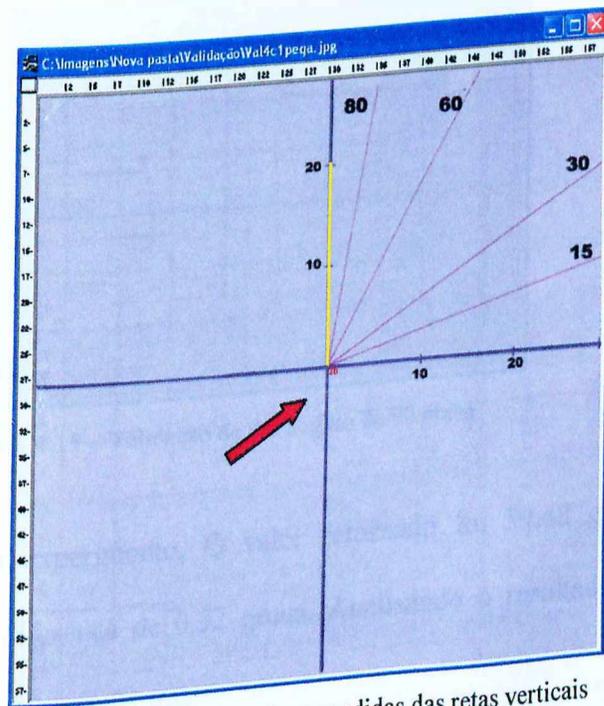


FIGURA 4.14 – Validando as medidas das retas verticais

4.5.2 Validação das medidas dos ângulos

O primeiro experimento realizado com os ângulos também comprovou que as medidas são as mesmas, ou seja, o software retornou o mesmo valor obtido pelo método manual, que foi realizado utilizando um transferidor: o ângulo traçado (figura 4.15) possui 90 graus.

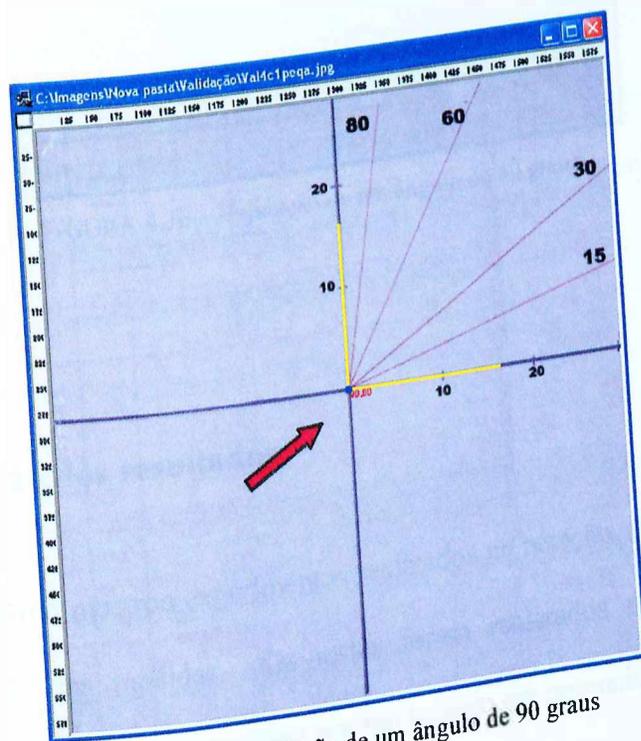


FIGURA 4.15 – Validação de um ângulo de 90 graus

No segundo experimento, O valor retornado foi 59,48 graus (figura 4.16), apresentando um uma diferença de 0,52 graus. Analisando o resultado percebe-se que a diferença pode ser atribuída aos fatores:

- Movimentação e sensibilidade do mouse (01 pixel equivale a um centímetro);
- Forma de traçar os ângulos para o experimento (papel a caneta hidrocor).

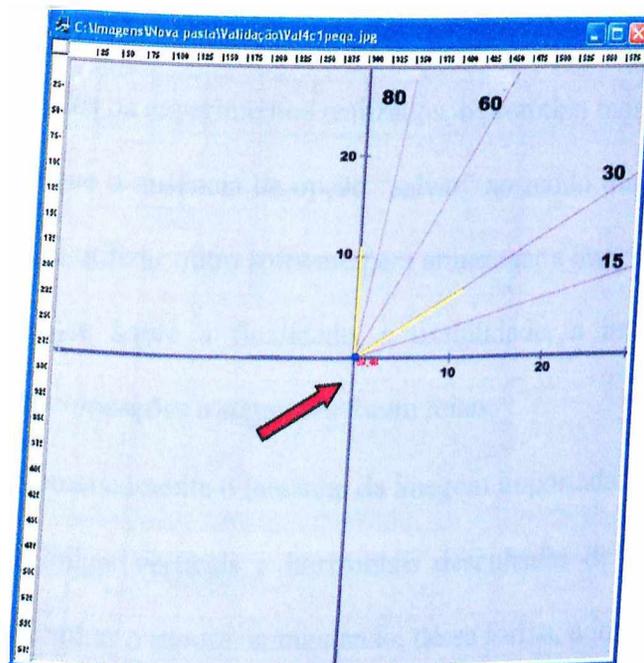


FIGURA 4.16 – Validação de um ângulo de 60 graus

4.6 Avaliação dos resultados

Este capítulo mostrou experimentos realizados na natação, na análise postural humana e na validação das medidas. Os testes foram realizados para avaliar e verificar o desempenho operacional do protótipo por um usuário em potencial.

Este usuário/avaliador teve a ferramenta disponibilizada para utilização, conforme suas necessidades e escolhas. A ele foi explicado como utilizar o protótipo e qual o objetivo proposto, para melhor realizar a avaliação. É importante ressaltar que a escolha esteve fundamentada em seus conhecimentos sobre análise biomecânica de movimentos esportivos, em especial, nas disciplinas de atletismo e natação além de conhecimentos básicos de antropometria humana. Adicionalmente o usuário mostrava conhecimentos de outros sistemas similares, inclusive o sistema ALCimage® versão 2.1.

O usuário foi observado com relação à utilização do protótipo. A partir destas observações em todos os experimentos realizados, o protótipo mostrou-se simples de operar.

Percebeu-se que a ausência da opção “salvar” no modo transparência, fez com que o usuário necessitasse utilizar outro software para armazenar a imagem sobreposta.

Questionando-se sobre a finalidade, a usabilidade, a interface e os recursos do protótipo, algumas colocações e sugestões foram feitas:

- Ajustar automaticamente o tamanho da imagem importada;
- Ajustar as linhas verticais e horizontais desenhadas de modo que o cursor não “pule” ao se soltar o mouse, aumentando, dessa forma, a imprecisão da medida;
- Tentar aumentar o *zoom in* e, se possível, fazê-lo em partes específicas da figura, não tendo dessa forma que ampliar toda a figura;
- Estudar uma forma melhor de representação dos ângulos (números) de forma que fiquem mais legíveis.

Finalmente, constatou-se que o protótipo despertou no usuário/avaliador a percepção de sua necessidade dentro de suas atividades diárias, visto que ele relatou pretender utilizá-lo em futuros experimentos relacionados à sua área de atuação.

CAPÍTULO V

Conclusão e trabalho futuros

5.1 Introdução

Este capítulo tem por objetivo apresentar os pontos mais relevantes desta dissertação e suas contribuições, sugerindo também futuros desenvolvimentos que podem ser implementados a partir do trabalho em questão.

5.2 Conclusão

Este trabalho resultou no desenvolvimento de um sistema para avaliação de imagens estáticas através da fotogrametria.

Sistemas similares, presentes no mercado foram analisados, bem como as principais técnicas utilizadas atualmente. Quanto aos sistemas, verificou-se dificuldade de acesso, alto custo e inadequação em alguns tópicos, como interface confusa e excesso de parâmetros.

Para implementação do sistema optou-se pela linguagem de programação VC++.NET por diversas vantagens em sua utilização como: uma IDE (Integrated Development Environment) gráfica bem integrada, com explorador para funções e classes, variedade de componentes visuais, possibilidade de compartilhar outras linguagens, além da garantia de continuidade, deste projeto em futuros trabalhos.

O sistema desenvolvido contém ferramentas adicionais diante da proposta de continuidade ao software ALCimage®, como transparência e sobreposição de imagens, vídeo, zoom (+/-), rotação, medidas e visualização de imagens em diversos formatos.

O sistema mostrou-se coerente na mensuração de ângulos e linhas através de imagens capturadas em câmara fotográfica e vídeo.

A interface projetada e implementada mostrou-se simples, intuitiva e de fácil utilização. Para utilizar o sistema, basta o usuário utilizar os botões de acesso presentes na barra de ferramentas da tela principal.

Na concepção, modelagem e implementação do protótipo, utilizou-se técnicas de orientação a objetos, acesso ao banco de dados Ms Access da Microsoft e DLL implementada na linguagem C#, comprovando uma das maiores vantagens do paradigma utilizado, a possibilidade de integração com outras linguagens dentro de um mesmo ambiente de programação.

Foram realizados experimentos para avaliação do sistema, que comprovaram os objetivos propostos além de sugerir trabalhos futuros.

Finalmente, entende-se, que esta pesquisa atingiu o objetivo proposto, contribuindo para o crescimento científico relacionado à análise quantitativa de imagens do corpo.

5.3 Trabalhos futuros

Como trabalhos futuros de pesquisa, serão indicadas algumas sugestões oferecidas por avaliadores do sistema, que propiciarão melhorias, juntamente com outras percebidas pelos autores como fundamentais, durante o decorrer desta pesquisa:

- Adicionar a possibilidade “recortar” locais específicos na imagem para aplicação da ferramenta zoom (+/-);
- Aumentar a precisão do cálculo das alturas, ou seja, das linhas verticais;
- Melhorar a forma de visualização e representação dos ângulos (números) de forma que fiquem mais legíveis;
- Possibilitar a análise e interpretação biomecânica dos movimentos em tempo real;
- Possibilitar a emissão de relatórios com laudos, imagem e dados sobre a avaliação realizada e a configuração dos mesmos pelo usuário;
- Possibilitar acesso do sistema e aos dados via Internet, possibilitando a realização de discussões e estudos on-line;
- Demonstrar a análise dos movimentos através de gráficos.

Referências Bibliográficas

- [01] ALVARENGA, M. A. F. P.; ROSA, M.V. F. P. C. *Apontamentos de metodologia para a ciência e técnicas de redação científica (monografia, dissertações e teses)*. 2 ed. Porto Alegre. Sergio Antonio Fabris Editor, 2001.
- [02] AMADIO, A. C.; VECCHIA, E. D.; FERNANDES, E. *Fundamentos Biomecânicos para a Análise do Movimento Humano*. São Paulo: Laboratório de Biomecânica, EEFUSP, 1996. 162p.
- [03] APAS Ariel Performance Analysis System. Disponível em: <<http://www.sportsci.com/adi/2001/adi/products/apas/default.asp>>. Acessado em: 20 jan 2005.
- [04] ARIEL G. *Biomechanical Analysis of the Shot-Put Event at the 2004 Athens Olympic Games*. Califórnia: Institute for Biomechanical Research. 2004. Disponível em: <<http://www.sportsci.com/start/apas/studies/>> Acessado em: 19 jun 2005.
- [05] ARCHER T.; WHITECHAPEL A. *Visual C++.NET Bible*. New York; Wiley Publishing, Inc., 2002. 1214 p.
- [06] ATLETISMO: Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Atletismo>. Acessado em: 20 jul dc 2005

- [07] AZEVEDO, E; CONCI A.; *Computação Gráfica, Teoria e Prática*. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2003, 353p.
- [08] BARAÚNA, M. A. *Amputado da Coxa, Avaliação da Funcionalidade, do Esquema Corporal, da Postura e da Marcha*. 1997. 254f. Tese (Doutorado em Motricidade Humana) - Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa. 1997.
- [09] BARAÚNA, M. A. et al. Avaliação da Amplitude de Movimento do Ombro em Mulheres Mastectomizadas Pela Biofotogrametria Computadorizada. *Revista Brasileira de Cancerologia*, v. 50, nº 1, p. 27-31, jan./fev./mar.2004.
- [10] BARBOSA, S. R. M.. *Estudo do equilíbrio estático de idosos e sua correlação com quedas*. 2001. 88 f. Dissertação (Mestrado em Fisioterapia) Centro Universitário do Triângulo, Uberlândia. 2001.
- [11] CHOUBINEH, A. et al. Weaving posture analyzing system (WEPAS): introduction and validation. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 2004.
- [12] Brasileiro, C.P.; Comitê Paraolímpico Brasileiro. Disponível em: < <http://www.cpb.org.br/> > Acessado em 20 jul. 2005.
- [13] CARDOSO, F. A. G. *Avaliação do equilíbrio estático em pacientes diabéticos portadores de neuropatia autonômica, através da fotogrametria computadorizada*. 1999. 87 f. Dissertação (Mestrado em Fisioterapia) Centro Universitário do Triângulo, Uberlândia. 1999.

- [14] DA VINCI. Micromed Biotecnologia Ltda. Disponível em: <http://www.micromed.ind.br/fitness/avaliacao_fisica/davinci/download/DaVinci.pdf>. Acessado em 12 set. 2004.
- [15] DEBONI, J. E. Z. *Modelagem orientada a objetos com a UML*. São Paulo: Futura, 2003. 219p.
- [16] DEITEL, M. H.; DEITEL, P. J. *Visual C++.NET - How to Program*. New Jersey: Pearson Education, Inc., 2004. 1319 p.
- [17] DELOROSO M. G. B. *Estudo comparativo entre a avaliação no tórax de crianças asmáticas e não asmáticas através do cálculo de charpy pela fotogrametria computadorizada*. 1999. 121 f. Dissertação (Mestrado em Fisioterapia) – Centro Universitário do Triângulo, Uberlândia, 1999.
- [18] DVIDEOW. Disponível em:< <http://www.ic.unicamp.br/~pascual/dvideow.html>> Acessado em: 18 dez. 2004.
- [19] FISIOLÓGIC. Apresentação Fisiologic. Disponível em: <http://www.fisiologic.com.br/apresentacao/tab_comparac.php>. Acessado em: 12 set. 2004.
- [20] FISIOMETER. Fisiometer. Disponível em: <<http://www.fisiometer.com.br/>>. Acessado em 12 set 2004.
- [21] FERREIRA, C. A. R. *Aquisição de dados cinemáticos da execução motora humana e a sua interpretação através de um modelo segmentar tridimensional*. 1998. 172f. Tese (Doutorado em Motricidade Humana) Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa. 1998.

- [22] FERREIRA, D.M.A. *Estudo clínico da mensuração da gibosidade e suas correlações com medidas radiológicas na escoliose idiopática*. 1999. 77f. Dissertação (Mestrado em Bioengenharia), Escola de Engenharia de São Carlos, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto e Instituto de Química de São Carlos da Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 1999.
- [23] FISOBRÁS. *Fisiobras Industria e Comércio de Material Esportivo e Fisioterapêutico Ltda*. Disponível em: <<http://www.fisiobras.com.br/todos-produtos.asp>>. Acessado em: 25 jan.2005.
- [24] FRASER, S. R. G. *Managed C++ and .NET Development*. United States: Apress, 2003. 951 p.
- [25] GONIÔMETRO DIGITAL. Catálogo Psyntec. Disponível em: <http://www.psymtec.com/catalogo_rehabilitaci%F3n/ins_eva_mov.htm>. Acessado em 10 jan. 2005.
- [26] HALL, S. J., *Biomecânica Básica*. 3 ed. Tradução de Giuseppe Taranto. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan S.A., 1999. 417 p.
- [27] IOF - INSTITUTO DE ORTOPEDIA E FISIOTERAPIA. *O uso da Eletromiografia na Fisioterapia*. Disponível em: <http://www.iof.com.br/int_default.php?p=artigos-art_eletromiografia>. Acessado em: 31 jan 2005.
- [28] INSPIRAR - Centro de Estudos, Pesquisa e Extensão em Saúde. *O que é Biofotogrametria?*. Disponível em: <<http://www.inspirar.com.br>>. Acessado em 15 jan. 2005.

- [29] INSPIRAR - Centro de Estudos, Pesquisa e Extensão em Saúde. *Fotogrametria computadorizada*. Disponível em: <<http://www.inspirar.com.br>>. Acessado em 28 dez. 2004.
- [30] KOLMAN B. *Introdução à Álgebra Linear*. 6 ed. Rio de Janeiro: Prentice-Hall do Brasil, 1996. 554p.
- [31] LIMA L. C de O. et al. Postural alterations in children with mouth breathing assessed by computerized biophotogrammetry. *Journal oh Applied Oral Science*. Disponível em: <http://www.fob.usp.br/revista/index.htm>. Acessado em 25 jul 2004.
- [32] MAGAZONI V. S. *Estudo correlacional entre a expansibilidade da caixa torácica e a capacidade vital pulmonar nos indivíduos portadores e não portadores de espondilite anquilosante*. 2000. 129 f. Dissertação (Mestrado em Fisioterapia) – Centro Universitário do Triângulo, Uberlândia, 2000.
- [33] MENSURAÇÃO DA ANGULAÇÃO FRONTAL (MÉTODO DE COBB). Revista Coluna Fisioterápica. São Paulo: NEPE - Núcleo de Estudos e Pesquisa da Escoliose, DCP- Departamento de Cursos e Pesquisas da Associação Quero-Quero. 2001. 36p. Publicação Trimestral.
- [34] NAVES E. L. M. *Desenvolvimento de uma plataforma de força para análise biomecânica*. 2001. 76 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Faculdade de Engenharia Elétrica. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2001.
- [35] RICIERI, D. V. *Validação de um protocolo de fotogrametria computadorizada e quantificação angular do movimento toraco-abdominal durante a ventilação*

- tranqüila*. 2000, 220f. Dissertação (Mestrado em Fisioterapia) Centro Universitário do Triângulo, Uberlândia. 2000.
- [36] RICIERI, D. V. *Biofotogrametria: dos mapas geográficos à análise do movimento*. Disponível em <<http://www.biofotogrametria.com.br>>. Acessado em: 28 dez. 2004.
- [37] RICIERI, D.V. *Biofotogrametria: análise cinemática angular dos movimentos*. 2ed. Curitiba: Inspirar – Centro de Estudos em Pesquisa e Extensão em Saúde, 2005.
- [38] RICHTER J. *Programação aplicada com Microsoft .NET Framework*. Tradução de Edson Furmankiewicz. Porto Alegre: Bookman, 2005. 563p
- [39] SANT'ANNA, M. *O C++ no Visual Studio 2003*. Disponível em: <<http://www.microsoft.com/brasil/msdn/Tecnologias/visualcpp/Default.aspx>>. Acessado em: 17 fev. 2005.
- [40] SCION IMAGE. Scion Corporation. Disponível em: <<http://rsb.info.nih.gov/nih-image/manual/contents.html>>. Acessado em: 12 set. 2004.
- [41] SILVA A. M.; PINHEIRO, M. S. F.; FREITAS, N. E. *Guia para normalização de trabalhos técnico-científicos; projeto de pesquisa, monografias, dissertações, teses*. 3ed. Uberlândia: EDUFU, 2003
- [42] SPOLSKY, J.. *Projeto de interface com usuário para programadores*. Disponível em: <<http://brazil.joelonsoftware.com/uibook/chapters/1.html>>. Acessado em: 04 ago 2005.
- [43] STEINBRUCH, A.; WINTERLE P. *Álgebra Linear*. 2ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 1987. 583p.

[44] TARTARUGA, L. A. P. et al. *Sistema computacional para análise da técnica de corrida.*

Revista Digital. <<http://www.efdeportes.com>> Acessado em: 11 nov 2004.

[45] VERDERI, R. *A importância da avaliação postural.* Revista digital – Buenos Aires. 2003.

v.57. Disponível em: <<http://www.efdeportes.com/efd57/postura.htm>>. Acessado em:

22 out. 2004.

Apêndice A

O Método de Cobb

O método de Cobb consiste em medir a escoliose ou desvios da coluna traçando-se uma linha perpendicular à margem superior da vértebra que mais se inclina na direção da concavidade, e outra na borda inferior da vértebra com maior angulação na direção da concavidade. O ângulo dessas linhas que se transeccionam é notado e registrado.

A gravidade da escoliose é diretamente proporcional à angulação da curva. Sendo assim, sua classificação é feita da seguinte maneira:

- Escoliose leve: menos de 20° .
- Moderada: 20 a 40° .
- Grave: 40 a 50° ou mais.

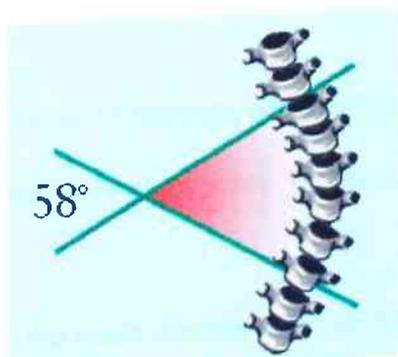


Figura 01: Ângulo de Cobb

1 Escoliose

É uma curvatura lateral da coluna, com flexão lateral e rotação das vértebras. Essa deformidade ocorre com mais frequência na adolescência, podendo levar a anormalidades estruturais na pelve, vértebras e caixa torácica. Pode ocorrer nas regiões: cervical, torácica ou lombar da coluna. Se não for detectada e tratada durante os anos de crescimento, pode levar a deformidades graves prejudicando muito a aparência e provavelmente encurtando a expectativa de vida. Pode ser classificada em:

1.1 Estrutural:

É a curvatura lateral e irreversível com a rotação das vértebras fixada, não pode ser corrigida por posicionamento ou esforço voluntário, quanto maior a curvatura maior é a quantidade de rotação da vértebra.

Etiologia:

- a) Idiopática - 75 a 85% dos casos. Geralmente adolescentes e do sexo feminino. Teoria das possíveis causas: mal formação óssea durante o desenvolvimento, fraqueza muscular assimétrica, má postura.
- b) Neuromuscular - 15 a 20% dos casos. Causas neuropatológicas (p.ex. PC), miopatológicas (p.ex. distrofia muscular).
- c) Osteopática - ex: hemivértebra (falta da metade de uma vértebra na formação), raquitismo, deslocamento da coluna etc.

1.2 Não-estrutural ou funcional

É a curvatura lateral reversível de posicionamento ou dinâmica, na qual não existem alterações estruturais ou rotacionais das vértebras; a correção pode ser através de inclinação para frente ou para o lado, alterações na posição e alinhamento da coluna, contração muscular. Em decúbito dorsal a curva desaparece e é também chamada de escoliose postural.

Etiologia:

- a) Má postura, tanto sentado quanto em pé deslocando o peso do corpo para um lado;
- b) Espasmo muscular;
- c) Dor muscular devido a compressão de raiz nervosa;
- d) Discrepância no comprimento das pernas.

O formato das curvas pode ser em C, geralmente descompensada, um ombro mais alto no lado convexo e o quadril mais alto no lado côncavo; ou em S: mais comum em idiopáticas, geralmente uma curvatura torácica a direita e lombar a esquerda. O ombro fica alto no mesmo lado do quadril alto.

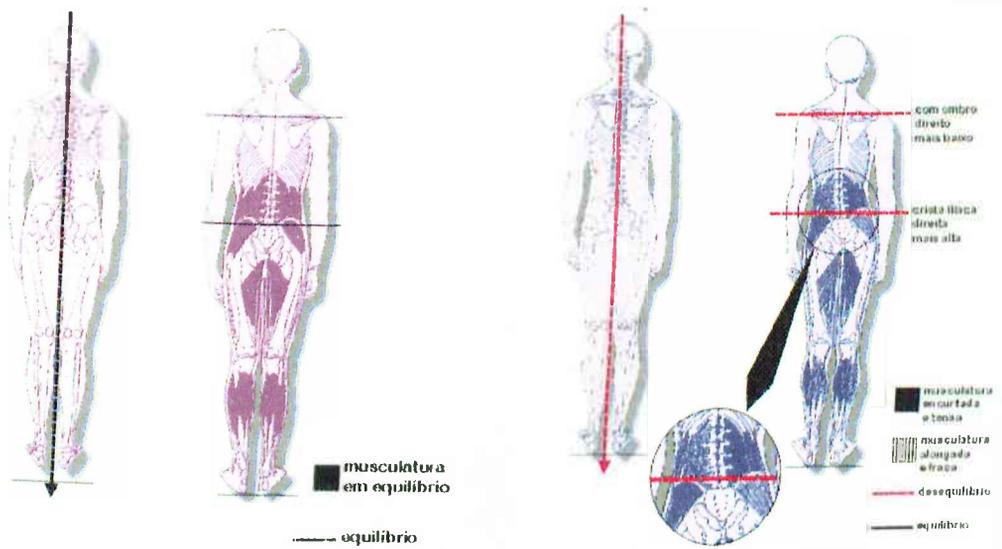


Figura 02 – Posturas normal e desequilíbrio em flexão lateral

Vários estudos questionam a validade e a precisão do ângulo de Cobb. Há pesquisas que mostram, por exemplo, que a mensuração pode variar até 5° em função do calibre do lápis usado na marcação ou da troca do observador. De toda forma, o mais importante na utilização de padrões objetivos é a sua comparação em datas diferentes. Assim, mantidas as mesmas vértebras e as mesmas condições da tomada do clichê radiográfico, deve importar ao fisioterapeuta a tendência da evolução do paciente (se favorável ou desfavorável e em que grau).