

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE EDUCAÇÃO FÍSICA E DESPORTOS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
CIÊNCIA DO MOVIMENTO HUMANO**

**ANÁLISE BIOMECÂNICA DA CORRIDA DE VELOCIDADE EM  
CRIANÇAS COM DISTINTOS NÍVEIS TÉCNICOS E DO  
EFEITO DE UMA INTERVENÇÃO DIDÁTICA**

**TESE DE DOUTORADO**

**Ivon Chagas da Rocha Junior**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2006**

# **ANÁLISE BIOMECÂNICA DA CORRIDA DE VELOCIDADE EM CRIANÇAS COM DISTINTOS NÍVEIS TÉCNICOS E DO EFEITO DE UMA INTERVENÇÃO DIDÁTICA**

por

**Ivon Chagas da Rocha Junior**

Tese apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Movimento Humano, Área de Concentração em Biomecânica, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutor em Ciência do Movimento Humano.**

**Orientador: Prof. Carlos Bolli Mota**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2006**

**Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Educação Física e Desportos  
Programa de Pós-Graduação em Ciência do Movimento Humano**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova a Tese de Doutorado

**ANÁLISE BIOMECÂNICA DA CORRIDA DE VELOCIDADE DE  
CRIANÇAS COM DISTINTOS NÍVEIS TÉCNICOS E DO EFEITO DE UMA  
INTERVENÇÃO DIDÁTICA**

elaborada por  
**Ivon Chagas da Rocha Junior**

como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Doutor em Ciência do Movimento Humano**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

**Carlos Bolli Mota, Dr.**  
(Presidente/Orientador)

**Sebastião Iberê Lopes Mello, Dr. (UDESC)**

**Aluísio Otávio Vargas Ávila, Dr. (UDESC)**

**Flávio Medeiros Pereira, Dr (UFPEL)**

**José Francisco Gomes Schild, Dr (UFPEL)**

Santa Maria, 23 de agosto de 2006.

Dedico este trabalho...

- A meu pai, exemplo de dedicação e doação à sua família
- À família Pires da Rocha, esta entidade coletiva que é mais que um conjunto de seres humanos ligados por laços sanguíneos, pois é resultado da relação de dois seres maravilhosos, o Ivon e a Zelma
- À Liziane, à Guiga e ao Bernardo, as verdadeiras razões para sua realização, agradecendo a compreensão para as horas que foram roubadas do convívio familiar

## Agradecimentos

Ao final de um trabalho cabe mencionar aquelas pessoas que ao longo do processo tornaram, com suas palavras, atos e até pensamentos, menos árdua a tarefa, sugerindo, ajudando, criticando, torcendo.....

Pode-se sempre ser traído pela memória, mas prefiro citar os lembrados e eternizar este agradecimento a deixar de citá-los por receio de esquecer alguém...

Ao orientador, Prof. Bolli, não somente pela orientação técnica, mas também pela compreensão e aceitação de minhas limitações como orientando.

Aos membros da banca: Prof. Sebastião Mello, profissional que prontamente aceitou ao convite e veio a abrilhantar com suas sugestões e críticas a defesa desta tese; Prof. Aluísio Ávila, meu orientador no Mestrado e que, desde a qualificação, em muito colaborou com suas sugestões e incentivos; Prof. Flávio Pereira, com o qual comungamos em muitas opiniões e que em muito colaborou desde a qualificação com suas observações; Prof. José Schild, também um estudioso do atletismo, que aportou valiosas sugestões para a melhora do trabalho.

Ao Prof. Luis Felipe Lopes, pelo auxílio na análise estatística, sempre disposto a auxiliar os colegas da Educação Física e sempre achando um horário para nos atender.

Ao especializando Juliano Dal Pupo, que colaborou até com o sacrifício de suas próprias prioridades e interesses, um obrigado especial.

À equipe do Labiomec que trabalhou na coleta: Luciano, Jajá, Rudi, Deisi, Rosana e Juliano, vocês jamais serão esquecidos, pois é na adversidade que se conhecem os amigos.

À Prof<sup>a</sup> Daniele Sagrillo, pela acolhida em sua escola e pelo auxílio na constituição da amostra.

Aos jovens alunos-atletas da Escola Municipal Perpétuo Socorro, que formaram o grupo dos Iniciados.

A todas estas pessoas fica meu agradecimento, vocês tornaram esta tese possível.

“Cada um sabe a dor e a delícia de ser o que é “

Caetano Veloso

## **RESUMO**

Tese de Doutorado  
Programa de Pós-Graduação em Ciência do Movimento Humano  
Universidade Federal de Santa Maria

### **ANÁLISE BIOMECÂNICA DA CORRIDA DE VELOCIDADE EM CRIANÇAS COM DISTINTOS NÍVEIS TÉCNICOS E DA EFICÁCIA DE UMA INTERVENÇÃO DIDÁTICA**

**Autor: Ivon Chagas da Rocha Junior**

**Orientador: Carlos Bolli Mota**

**Data e Local da Defesa: Santa Maria, 23 de agosto de 2006**

Este estudo teve com um de seus objetivos descrever e comparar variáveis biomecânicas da corrida de velocidade, na fase de máxima velocidade, em crianças com distintos níveis de vivência nesta destreza motora. Outro objetivo do estudo foi efetuar um experimento no qual se testaria a resposta destas variáveis a um procedimento didático destinado a melhorar a técnica de corrida dos sujeitos. Foram constituídos dois grupos de sujeitos, com idade média de 144,49 meses, um sem prática sistemática desta atividade, denominado Debutantes, subdividido por gênero, com 7 sujeitos do sexo feminino e 7 do sexo masculino e outro com pelo menos seis meses de prática orientada para provas de velocidade, denominado Iniciados, dividido em dois subgrupos, com 4 sujeitos do sexo masculino e 4 do sexo feminino. As principais justificativas para este estudo são a ausência de dados biomecânicos em relação à corrida nesta faixa etária e a pouca atenção que é destinada a este tipo de informação nos textos que tratam da iniciação atlética em geral. A metodologia escolhida foi a videografia tridimensional, com uso de 4 câmeras de vídeo de alta velocidade (180 Hz), utilizando o método DLT de reconstrução tridimensional e o sistema de coleta e análise de imagens *Peak Motus System*. A coleta de dados foi efetuada em pista atlética com piso de carvão. O estudo foi desenvolvido em duas etapas, na primeira delas cada sujeito era filmado passando em máxima velocidade por um trecho onde foram gravadas imagens correspondentes a um ciclo de passada. Após, foram gravados mais dois ensaios, denominados ensaios pós-dica, nos quais os sujeitos deveriam correr com o olhar sempre orientado para um objeto colocado à frente do eixo da corrida, a uma altura de 1,45m. Foram digitalizadas e analisadas as imagens de um passo da corrida de um ensaio antes da dica e um após a dica, desde o contato de um membro inferior ao contato do membro oposto, passo este efetuado com a impulsão do membro dominante. As variáveis trabalhadas foram as seguintes: velocidade média do passo (VMP); frequência (FREQ); amplitude do deslocamento do centro de massa (ACM); oscilação vertical do centro de massa (OVCM); amplitude do deslocamento do centro de massa em suporte (ACMSU); amplitude do deslocamento

aéreo do centro de massa (ACMAE); tempo do passo (TP); tempo da fase aérea (TFAE); tempo da fase de suporte (TFSU); tempo de bloqueio (TBLO); tempo de impulsão (TIMP); distância de contato (DCON); distância de impulsão (DIMP); ângulo de contato (ACON); ângulo de impulsão (AIMP); ângulo do tronco com a vertical (ATRO); ângulo da coxa com a horizontal (ACOX); ângulo entre coxas (AECOX); ângulo do joelho no contato (AJC); ângulo do joelho na impulsão (AJI). Os dados foram analisados por estatística não-paramétrica, pelas variações percentuais das variáveis e através de ranqueamento. Foram normalizadas ou relativizadas todas as variáveis possíveis, de forma a possibilitar comparações com quaisquer outras populações, de faixas etárias, níveis e morfologia diversos. Os principais resultados mostraram que por ocasião do comportamento de entrada dos grupos houve superioridade técnica por parte do grupo Iniciados o que se acentuou no ensaio pós-dica. A análise estatística mostrou poucas variações significativas para as variáveis ao se comparar os ensaios pré e pós-dica. No entanto, procedendo-se a uma análise da variação percentual dos valores dos ensaios anteriores e posteriores à intervenção didática pode se encontrar em diversas variáveis mudanças que, apesar de não serem detectadas pela análise estatística, podem ser relevantes de um ponto de vista técnico-esportivo, em se tratando de provas que se decidem hoje em dia por centésimos de segundo.

Palavras-chave: corridas de velocidade; análise biomecânica; iniciação desportiva



## **ABSTRACT**

Doctoral Thesis

Programa de Pós-Graduação em Ciência do Movimento Humano

Universidade Federal de Santa Maria

### **BIOMECHANICAL ANALYSIS OF SPRINT IN CHILDREN WITH DIFFERENTS LEVELS OF MASTERY AND THE EFFECT OF A DIDATICAL INTERVENTION.**

**Author: Ivon Chagas da Rocha Junior**

**Adviser: Carlos Bolli Mota**

**Date and place: Santa Maria, August 23, 2006**

The purpose of this study was to identify, describe and compare biomechanical variables of the sprinting technique, in the phase of maximal velocity, on children with different levels of technique. Other goal was to make an experiment to test the effect of a didactic proceeding destined to improve the subject's mastery in this task. The subject sample comprised two groups, one composed by children without any kind of classes of sprint technique, named Debutantes and other with a minimal experience of six months in learning and training the sprinting technique, named Initiates. The average age was 144,49 months. A 3D Kinematic analysis video system (Peak Motus System) was used to collect the biomechanical parameters, at a frequency of 180 Hz. The study was developed in a cinder track in good conditions, in two stages, the first with subjects performing two trials running in maximal velocity within any information and the second when the subjects had run two trials permanently facing an object placed in front of the course's axis. In each situation it were choosed the best trial in image's quality, to collect data. Data processing consisted of the analysis of 20 biomechanical variables referents to one running stride. The spacial and temporal variables were normalised in order to compare with other studies. The main results

shows that Initiates had a higher level of mastery in the initial trial and the analysis of the second trial showed an increase of this difference. Statistical analysis had't shown significant differences for variables in the comparison inter-trials. However technical and qualitative differences were found that are important in regarding the sportive dimension, since in sprint there was little difference between performers in competition.

Keywords: sprint technique; biomechanical analysis ; sport initiation

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

ILUSTRAÇÃO 1 - Etapas da reconstrução 3D, segundo o método DLT.....	30
ILUSTRAÇÃO 2 – Modelo humano utilizado no estudo.....	31
ILUSTRAÇÃO 3 – Sistema Peak Motus e câmeras de vídeo.....	33
ILUSTRAÇÃO 4 – Marcação das referências anatômicas e eixos articulares.....	34
ILUSTRAÇÃO 5 – Local e arranjo para a coleta dos dados.....	35
ILUSTRAÇÃO 6 – Disposição das câmeras de vídeo.....	35
ILUSTRAÇÃO 7 - Ensaio com a dica concreta (DD).....	37
ILUSTRAÇÃO 8 – Variáveis posicionais do corpo no passo.....	44
ILUSTRAÇÃO 9 – Esquema de um ciclo de passada.....	62
ILUSTRAÇÃO 10 – Esquema de um passo com fases de suporte.....	63
ILUSTRAÇÃO 11 – Passo com as fases de recuperação.....	64
ILUSTRAÇÃO 12 - Posicionamento de velocista na fase intermediária de apoio.....	68
ILUSTRAÇÃO 13 - Relação da posição pélvica com ciclo de passada.....	69
ILUSTRAÇÃO 14 – Comparação gráfica dos dois ciclos de passada.....	69
ILUSTRAÇÃO 15 - Fatores básicos da corrida de velocidade...(modelo de Hay).....	78
ILUSTRAÇÃO 16 – Velocidade média do passo (VMP), subgrupos.....	90
ILUSTRAÇÃO 17 – Freqüência, velocidade e amplitude para várias faixas etárias.....	91
ILUSTRAÇÃO 18 – Amplitude de deslocamento do centro de massa na fase aérea (ACMAE), valores médios em vários estudos.....	98
ILUSTRAÇÃO 19 – Distância de contato (DCON), valores dos subgrupos, AD.....	105

ILUSTRAÇÃO 20 – Ângulo do tronco (ATRO), valores dos subgrupos, AD.....	108
ILUSTRAÇÃO 21 – Ângulo do joelho no instante de contato (AJC), valores dos subgrupos, AD.....	113
ILUSTRAÇÃO 22 – Ângulo do joelho no instante de impulsão (AJC), valores médios em vários estudos.....	113
ILUSTRAÇÃO 23 – Ângulo do joelho no instante de impulsão (AJI), valores médios em vários estudos.....	115
ILUSTRAÇÃO 24 – Velocidade média do passo (VMP), valores dos subgrupos, AD e DD .....	120
ILUSTRAÇÃO 25 - Frequência do passo (FREQ), valores dos subgrupos, AD e DD.....	121
ILUSTRAÇÃO 26- Ângulo do tronco (ATRO), valores médios dos subgrupos, AD e DD.....	127

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Velocidade média do passo (VMP), valores dos subgrupos, AD.....	89
TABELA 2 - Frequência do passo (FREQ), valores dos subgrupos, AD.....	92
TABELA 3 - Velocidade média do passo (VMP) e frequência (FREQ), subgrupo Iniciados Feminino.....	93
TABELA 4 - Amplitude de deslocamento do centro de massa normalizada pelo comprimento do membro inferior (ACM/MI), valores dos subgrupos, AD.....	94
TABELA 5 - Amplitude de deslocamento do centro de massa na fase aérea (ACMAE), valores dos subgrupos, AD.....	96
TABELA 6 - Oscilação vertical do centro de massa relativa à altura (OVCM), valores dos subgrupos, AD.....	98
TABELA 7 - Tempo de fase aérea expresso em porcentagem do tempo do passo (TFAE), valores dos subgrupos, AD.....	100
TABELA 8 - Tempo de bloqueio expresso em porcentagem do tempo de suporte (TBLO), valores dos subgrupos, AD.....	102
TABELA 9 - Distância de contato normalizada pelo comprimento do membro inferior (DCON/MI), valores dos subgrupos, AD.....	103
TABELA 10 - Distância de impulsão normalizada pelo comprimento do membro inferior (DIMP/MI), valores dos subgrupos, AD.....	106
TABELA 11 - Ângulo do tronco no instante de impulsão (ATRO), valores dos subgrupos, AD.....	107
TABELA 12 - Ângulo da coxa com a horizontal no instante de impulsão (ACOX), valores dos subgrupos, AD.....	109

TABELA 13 - Ângulo entre coxas no instante de contato (AECOX), valores dos subgrupos, AD.....	110
TABELA 14 - Ângulo de contato (ACON), valores dos subgrupos, AD .....	111
TABELA 15 - Ângulo do joelho no instante de contato (AJC), valores dos subgrupos, AD.....	112
TABELA 16 - Ângulo do joelho no instante de impulsão (AJI), valores dos subgrupos, AD.....	114
TABELA 17 – Ranqueamento dos subgrupos no ensaio AD.....	116
TABELA 18 – Colocações dos subgrupos para as variáveis selecionadas, AD.....	117
TABELA 19 – Velocidade média do passo (VMP), valores médios por subgrupo, AD e DD.....	118
TABELA 20 – Frequência do passo (FREQ), valores médios por subgrupo, AD e DD.....	120
TABELA 21 - Amplitude de deslocamento do centro de massa normalizada pelo comprimento do membro inferior (ACM/MI), valores médios dos subgrupos, AD e DD.....	121
TABELA 22 – Amplitude de deslocamento do centro de massa na fase aérea (ACMAE), valores médios dos subgrupos, AD e DD.....	122
TABELA 23 – Oscilação vertical do centro de massa relativa à altura (OVCM), valores médios dos subgrupos, AD e DD.....	123
TABELA 24 – Tempo de fase aérea em porcentagem do tempo do passo (TFAE %), valores médios dos subgrupos, AD e DD.....	124
TABELA 25 – Tempo de bloqueio em porcentagem do tempo de suporte do passo(TBLO%), valores médios dos subgrupos, AD e DD.....	125
TABELA 26 – Distância de contato normalizada pelo comprimento do membro inferior (DCON/MI), valores médios dos subgrupos, AD e DD.....	125
TABELA 27 – Distância de impulsão normalizada pelo comprimento do membro inferior (DIMP/MI), valores médios dos subgrupos, AD e DD.....	126
TABELA 28 – Ângulo do tronco no instante de impulsão (ATRO), valores médios dos subgrupos, AD e DD.....	127

TABELA 29 – Ângulo da coxa com a horizontal no instante de impulsão (ACOX), valores médios dos subgrupos, AD e DD.....	128
TABELA 30 – Ângulo entre coxas no instante de contato (AECOX), valores médios dos subgrupos, AD e DD.....	128
TABELA 31 – Ângulo de contato (ACON), valores médios dos subgrupos, AD e DD.....	129
TABELA 32 – Ângulo do joelho no instante de contato (AJC), valores médios dos subgrupos, AD e DD.....	129
TABELA 33 – Ângulo do joelho no instante de impulsão (AJI), valores médios dos subgrupos, AD e DD.....	130
TABELA 34 - Ranqueamento dos subgrupos no ensaio DD.....	131
TABELA 35 – Colocações obtidas pelos subgrupos para as variáveis selecionadas, DD.....	131

## LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE A – Termo de consentimento.....	147
APÊNDICE B – Protocolo da coleta de dados.....	148
APÊNDICE C – Tabelas com idade e dados antropométricos individuais .....	149
APÊNDICE D - Velocidade Média do Passo (VMP) e Frequência (FREQ).....	150
APÊNDICE E - Amplitude do deslocamento horizontal (ACM/MI) e vertical (OVCM) do centro de massa.....	151
APÊNDICE F - Amplitude do deslocamento do centro de massa em suporte (ACMSU) e na fase aérea (ACMAE), em porcentagem da ACM.....	152
APÊNDICE G - Tempo do passo (TP) e fases de suporte (TFSU) e aérea (TFAE).....	153
APÊNDICE H - Tempo de bloqueio (TBLO) e de impulsão (TIMP).....	154
APÊNDICE I - Distâncias de contato (DCON) e de impulsão (DIMP).....	155
APÊNDICE J – Variáveis angulares corporais, valores individuais.....	156
APÊNDICE k - Ângulo do joelho no contato (AJC) e na Impulsão (AJI).....	157
APÊNDICE L - Ângulo de contato (ACON) e de impulsão (AIMP).....	158
APÊNDICE M - Valores dos subgrupos para TFSU, ACMSU e TIMP.....	159



## LISTA DE ANEXOS

ANEXO A – Modelo humano de Dempster, Baumann e Galbierz (1975) Apud RIEHLE (1976).....	160
ANEXO B - Localização dos centros de massa segmentares e pesos relativos, segundo Dempster, Baumann e Galbierz (1975), apud RIEHLE (1976).....	161
ANEXO C - Quadro da localização dos eixos articulares, segundo Kalfhues (1971), apud RIEHLE (1976).....	162

## SUMÁRIO

<b>RESUMO.....</b>	<b>7</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>9</b>
<b>LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....</b>	<b>11</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>13</b>
<b>LISTA DE APÊNDICES.....</b>	<b>16</b>
<b>LISTA DE ANEXOS.....</b>	<b>17</b>
<b>SUMÁRIO.....</b>	<b>18</b>
<b>1.INTRODUÇÃO.....</b>	<b>21</b>
<b>1.1 Problema .....</b>	<b>21</b>
<b>1.2 Objetivos.....</b>	<b>23</b>
<b>1.3 Justificativa .....</b>	<b>23</b>
<b>1.4 Definição de termos.....</b>	<b>25</b>
<b>2. METODOLOGIA .....</b>	<b>27</b>
<b>2.1 Caracterização da pesquisa.....</b>	<b>27</b>
<b>2.2 Grupo de estudo.....</b>	<b>27</b>
<b>2.3 Técnicas instrumentais e material utilizado.....</b>	<b>28</b>
2.3.1 Transformação linear direta .....	28
2.3.2 Modelo humano .....	31
2.3.3 Material utilizado.....	32
<b>2.4 Desenvolvimento da coleta de dados.....</b>	<b>34</b>
<b>2.5 Aquisição e tratamento dos dados.....</b>	<b>37</b>
2.5.1 A normalização de dados.....	37

2.5.2 A aquisição dos dados.....	38
2.5.3 Análise estatística.....	39
<b>2.6 Cálculo de erros.....</b>	<b>40</b>
<b>2.7 Limitações do estudo.....</b>	<b>40</b>
<b>2.8 Definição de variáveis.....</b>	<b>41</b>
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>45</b>
<b>3.1 A questão teoria x prática.....</b>	<b>45</b>
<b>3.2 A técnica esportiva.....</b>	<b>49</b>
3.2.1 A avaliação da técnica esportiva.....	51
3.2.2 Objetivos da avaliação da técnica esportiva.....	53
<b>3.3 A velocidade como capacidade motora.....</b>	<b>54</b>
<b>3.4 A iniciação nas corridas de velocidade.....</b>	<b>55</b>
<b>3.5 A importância do exercício.....</b>	<b>56</b>
<b>3.6 A biomecânica do esporte.....</b>	<b>59</b>
<b>3.7 A técnica da corrida de velocidade.....</b>	<b>61</b>
<b>3.8 Análise da literatura de iniciação atlética.....</b>	<b>69</b>
<b>3.9 O procedimento didático e sua fundamentação.....</b>	<b>74</b>
<b>3.10 Análise biomecânica da corrida de velocidade.....</b>	<b>77</b>
3.10.1 Estudos com indicadores diretos da performance.....	80
3.10.2 Análise cinemática da ação corporal na corrida.....	83
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>88</b>
<b>4.1 Identificação e comparação das variáveis eleitas.....</b>	<b>88</b>
4.1.1 Indicadores diretos da performance.....	88
4.1.2 Variáveis temporais.....	99
4.1.3 Variáveis posicionais do centro de massa nos instantes de contato e impulsão.....	103
4.1.4 Variáveis angulares corporais.....	107
4.1.5 Verificação dos níveis de maestria desportiva.....	116
<b>4.2. Efeitos do experimento didático.....</b>	<b>118</b>
<b>4.3 Possibilidades de avaliação e retroalimentação pelo uso do instrumental teórico da Biomecânica do Esporte.....</b>	<b>132</b>

<b>5</b>	<b>Conclusões e sugestões.....</b>	<b>134</b>
<b>5.1</b>	<b>Conclusões.....</b>	<b>134</b>
<b>5.2</b>	<b>Sugestões.....</b>	<b>138</b>
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>139</b>
<b>7</b>	<b>APÊNDICES.....</b>	<b>147</b>
<b>8</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>160</b>

# INTRODUÇÃO

## 1.1 Problema

As provas integrantes da modalidade esportiva Atletismo têm sido bastante estudadas ao longo dos tempos, em seus vários aspectos, inclusive pela área de estudo da biomecânica, através de seu ramo específico, denominado Biomecânica do Esporte. Já no século XIX, antes mesmo da realização da primeira olimpíada da era moderna, os franceses Marey e Démeny estudaram o salto em distância e o salto com vara através de fotos seriadas obtidas por várias câmaras ou pelo denominado fuzil fotográfico (Vigarello, 1983). No século XX, na década de 50, Henry estudou a fundo a partida baixa, em estudo até hoje citado e respeitado por seus achados (Hay, 1981).

Hoje em dia, após as mais importantes competições, como Olimpíada ou Campeonato Mundial, são divulgadas pesquisas efetuadas com os melhores expoentes mundiais do atletismo, em situação competitiva. Em algumas destas competições tem sido apresentada, após cada série, a curva de velocidade do atleta vencedor dos 100 metros, o que somente é possível pelo concurso dos modernos meios da eletrônica e informática. Para cada prova atlética conhece-se à exaustão os indicadores técnicos e fatores determinantes do rendimento, as variáveis biomecânicas relevantes e seus valores ideais.

Saliente-se, no entanto, que o que se obtém destas pesquisas é uma radiografia completa do campeão ou dos melhores atletas do mundo, na grande maioria das vezes da categoria adultos. Pouco se sabe e pesquisa em termos de descrever e entender o que ocorre em faixas etárias menores, nas denominadas categorias de base.

No entanto, segundo Rieder (1991), toda pessoa que ensina deve ter continuamente presente que o processo de aprendizagem objetiva uma meta. Se algo é iniciado é porque há um alvo a ser atingido ao cabo de um processo.

Um dos problemas a ser enfrentado é a falta de referencial teórico sobre o comportamento e a evolução desses indicadores e variáveis ao longo de um processo de iniciação desportiva. Ao analisar-se a corrida de um jovem debutante ou iniciante não se deve cotejá-la com a de um campeão adulto ou recordista, o que

freqüentemente é feito somente porque se dispõe das informações relativas àqueles que estão no ápice da pirâmide esportiva.

Tornam-se necessárias, por esta razão, pesquisas que aumentem o conhecimento sobre a técnica esportiva e a biomecânica de um leque mais variado de maestria desportiva, para se ter assim, conforme postula Tschiene (1991, p. 69), “modelos intermediários de treinamento dos principiantes”.

O presente estudo tem como um de seus focos uma tentativa de caracterização de dois níveis de maestria em uma mesma faixa etária, tendo pois uma natureza descritiva. Trata-se de descrever e analisar características biomecânicas e técnicas de um grupo de crianças debutantes no esporte, portanto sem qualquer tratamento pedagógico ou de treinamento físico-técnico específico em corridas, bem como de um grupo da mesma faixa etária que já passou por um processo de iniciação atlética.

O outro foco desta tese é resultado da preocupação de se pesquisar e propor situações didáticas embasadas cientificamente, para melhorar o processo de ensino-aprendizagem, aperfeiçoamento e avaliação da técnica no esporte atletismo, ou seja, para servir de instrumento pedagógico a profissionais no ensino desta modalidade. Para tanto elaborou-se um experimento motor, utilizando-se um procedimento didático que consistirá em propor uma tarefa motora, com o objetivo de melhorar a técnica da corrida. Para a verificação do grau de eficácia deste procedimento será utilizado principalmente o instrumento da análise cinemática, advindo do referencial teórico da Biomecânica do Esporte.

Fica posta então aqui a questão básica desta tese: Porque não evitar problemas de percurso em uma carreira atlética através de uma iniciação mais embasada cientificamente?

Chega-se então à formulação dos seguintes problemas de pesquisa:

**1- Como é o comportamento de variáveis cinemáticas e qualitativas consideradas relevantes para corridas de velocidade, em crianças com distintos níveis técnicos?**

**2- Em que medida este comportamento é alterado por um procedimento didático visando o aperfeiçoamento da técnica de corrida?**

## 1.2 Objetivos

A partir da problematização apontada fixaram-se algumas direções ou objetivos de estudo.

O objetivo geral se propôs a:

- Avaliar o comportamento de variáveis cinemáticas e indicadores técnicos na fase de velocidade máxima de corrida, em crianças com distintos níveis técnicos, bem como o efeito de um procedimento didático destinado à melhoria da técnica esportiva nesta fase da corrida.

Para os específicos reservou-se:

- Identificar e comparar variáveis cinemáticas e indicadores técnicos da corrida de velocidade, na fase de velocidade máxima, de crianças de 11 a 13 anos, debutantes e treinadas.

- Verificar e comparar os efeitos de um procedimento didático visando o aperfeiçoamento da técnica de corrida sobre as variáveis cinemáticas e indicadores de performance.

- Identificar possibilidades de avaliação e retroalimentação que o instrumental da Biomecânica do Esporte oferece em relação ao ensino e aperfeiçoamento da técnica da corrida de velocidade.

## 1.3 Justificativa

O autor faz suas as proposições de Tschiene (1991), que abordando a evolução e o papel da pesquisa no esporte moderno, salienta que o conhecimento se desenvolveu muito no que se refere à preparação física (estudo das cargas de treinamento e recuperação) e também no setor científico (ciência do esporte), mas no setor de preparação técnica defrontamo-nos com um quadro retraído e ainda arcaico.

Constatou Tschiene que no treinamento juvenil a formação técnica de base e a especialização das habilidades motoras necessárias para a competição acontece, na maioria das vezes, sem modelo, orientando-se pela forma da técnica dos melhores atletas mundiais, ou pelo quadro subjetivo da técnica que um treinador faz, com base

em sua experiência. Salienta a necessidade de se pesquisar modelos intermediários para o treinamento dos principiantes, que respeitem a estrutura do ritmo e da velocidade do exercício-alvo.

Seguindo os mesmos passos, Levy, em prefácio à obra de Frómeta e Takahashi (2004), comenta que internacionalmente tem sido pouco abordada a temática da iniciação desportiva, porque a maior parte dos autores centra seus esforços de pesquisa no esporte de alto rendimento.

Também Vilas-Boas e Silva (1993) crêem que uma das questões importantes no domínio da Biomecânica do Esporte relaciona-se com as possibilidades de transferência do conhecimento produzido pelos pesquisadores para o domínio concreto da aplicação desportiva.

Sentem os autores citados a necessidade de que, paralelamente aos estudos em relação à técnica, também haja investimento na área didático-pedagógica.

Trata-se, nesta tese, de não apenas saber qual é a melhor maneira de correr, ou seja, conhecer detalhadamente a técnica, mas também estudar os modos pelos quais se pode atuar pedagogicamente, para poder possibilitar a apropriação deste comportamento motor pelo iniciante em atletismo.

Analisando-se a literatura concernente ao esporte atletismo, nota-se que apenas surgem referências à dimensão biomecânica quando o assunto é abordado em relação ao alto rendimento. Lança-se mão deste conhecimento quando se trata de otimizar rendimentos, por si sós já bastante elevados. Em geral não se encontram nas obras destinadas a orientar os profissionais que trabalham com a iniciação desportiva considerações de ordem biomecânica, fato que ficou patente por ocasião de revisão desta literatura específica.

Neste sentido apresenta-se esta tese, como um esforço no sentido de no âmbito do atletismo – mais precisamente no das corridas de velocidade – defender este encurtamento das distâncias entre pesquisadores e práticos, que ora se evidenciam pelo simples exame de obras que versam sobre o ensino, no atletismo, das técnicas elementares, quando de um processo de iniciação desportiva. Seria uma tentativa de aproximar o laboratório da pista, convertendo o saber acadêmico, hermético e árido por natureza, em se tratando de biomecânica para profissionais do esporte e lazer, em



“saber fazer”. Em outras palavras, levar o DIZER (o que é enunciado, a “teoria”), ao FAZER (a aplicação real do conhecimento, a “prática”) como expressa Vigarello (1997).

Este estudo propõe-se a alertar para a importância de se levar em conta estes conhecimentos de natureza científica, no caso específico a Biomecânica do Esporte. Pretende exemplificar, por meio de um experimento bastante simples, como poderia se dar este enlace, que deveria ser mais freqüente e tranqüilo, pois de fato já existem pesquisas que indicam rumos para processos didático-pedagógicos mais efetivos, mas que ainda não foram assimilados ou traduzidos para a população interessada.

Esta é uma das tarefas fundamentais do professor universitário que trabalha com disciplinas desportivas: divulgação/socialização do conhecimento, torná-lo mais compreensível e digerível para o usuário final, o profissional que está na escola ou no clube, que irá aplicar aquele conhecimento.

A sistemática deste documento foi organizada de modo que na introdução o autor torne claro ao leitor seu tema, a problemática, os objetivos do estudo e a definição de termos. Esta primeira parte destina-se a dizer “o quê” vai ser trabalhado e o “porquê”. A segunda parte do trabalho visa apresentar a metodologia e as técnicas instrumentais utilizadas no estudo e procura explicitar o “como” vai ser desenvolvida a investigação. A seguir é apresentada uma revisão bibliográfica que pretende mostrar o *estado da arte* em relação aos núcleos temáticos do estudo, a partir do posicionamento dos autores com os quais dialogar-se-á no próximo capítulo, da apresentação e discussão dos dados obtidos no estudo. Como última parte dos elementos textuais do estudo são apresentadas as conclusões a que a interpretação dos dados levou o autor, bem como são sugeridas possibilidades de ampliação e aprofundamento de questões relacionadas com o objeto do presente estudo.

#### **1.4 Definição de termos**

No âmbito deste trabalho serão utilizadas expressões oriundas de um vocabulário próprio da técnica desportiva e da biomecânica do esporte. Assim torna-se necessário definir a maneira pela qual devem ser entendidas estas expressões.

- **Análise cinemática:** análise que trabalha com os parâmetros cinemáticos, isto é, deslocamento, ângulo, tempo, posição, velocidade, aceleração, tanto lineares como angulares.
- **Centro de massa (CM):** ponto onde se pode considerar atuante a força peso de um corpo.
- **Instante de contato:** definido pelo primeiro quadro no qual há o efetivo contato do pé com o solo.
- **Instante de impulsão:** instante definido pelo quadro imediatamente posterior à perda de contato do pé com o solo.
- **Instante de ultrapassagem:** instante em que a projeção vertical do centro de massa ultrapassa a extremidade anterior do pé de apoio (ponta de pé).
- **Fase de Suporte:** fase decorrida desde o instante de contato até o instante de impulsão do mesmo pé.
- **Fase aérea:** fase decorrida desde o instante de impulsão até o instante de contato do pé contrário.
- **Fase de bloqueio:** fase decorrida desde o contato até o instante de ultrapassagem.
- **Fase de propulsão:** fase decorrida desde o instante de ultrapassagem até o instante de impulsão.
- **Ciclo de passada:** Fase compreendida entre o apoio de um membro inferior até seu próximo apoio.
- **Passo:** fase compreendida entre dois apoios consecutivos dos membros inferiores.
- **Prático:** O profissional que trabalha diretamente com a clientela no ensino e treinamento das atividades físicas e esportivas. O equivalente ao “homme du terrain” em francês. Não se conseguiu termo equivalente melhor em português. Seria o profissional de educação física que em seu cotidiano trabalha com atividades físicas e esportivas na escola, na academia, no clube, etc.
- **Ensinante:** Toda pessoa que se dedique ao ensino das atividades físico-desportivas, seja instrutor, professor, treinador, etc.

## 2 METODOLOGIA

### 2.1 Caracterização da pesquisa

Considerando-se a dupla natureza dos objetivos perseguidos neste estudo, descrever e comparar um gesto desportivo do ponto de vista de suas variáveis biomecânicas, e efetuar um experimento envolvendo este gesto, pode-se classificar esta pesquisa como tendo um caráter descritivo-experimental.

### 2.2 Grupo de Estudo

O grupo de estudo foi composto por dois grupos de alunos de escolas municipais de Santa Maria: o denominado Debutantes, composto por alunos que não tenham tido em suas aulas de educação física noções sobre corridas de velocidade e o outro, denominado Iniciados, composto por um grupo de alunos com tempo de prática mínimo de seis meses em atletismo, mais especificamente em provas de velocidade. A faixa etária do grupo foi de 11 a 13 anos (média de  $144,22 \pm 6,39$  meses, com CV de 0,044). Cada um dos grupos foi composto por subgrupos por gênero.

Foram convidados a participar do estudo alunos que preencheram os requisitos citados acima e que trouxeram a ficha de consentimento de participação assinada pelos pais ou responsáveis (Apêndice A).

A seguir serão apresentados os dados referentes à faixa etária (em meses) e medidas antropométricas (em metros) para melhor caracterização dos grupos envolvidos no estudo.

O subgrupo Debutantes Feminino tinha idade média de  $141,85 \pm 5,98$ m, altura média de  $1,50 \pm 0,07$ m e comprimento médio de membro inferior de  $0,78 \pm 0,04$ m. O subgrupo Debutantes Masculino apresentou idade média de  $145,14 \pm 3,48$ m, altura média de  $1,51 \pm 0,08$ m e comprimento de membro inferior de  $0,80 \pm 0,03$ m. O subgrupo Iniciados Feminino teve valores médios de  $139 \pm 2,83$ m de idade,  $1,48 \pm 0,04$ m de altura e  $0,76 \pm 0,03$ m de comprimento de membro inferior. O subgrupo Iniciados

Masculino teve valores médios de  $152 \pm 7,07$ m para a idade,  $1,61 \pm 0,07$ m para a altura e  $0,84 \pm 0,04$ m para o comprimento do membro inferior. Os dados individuais de cada sujeito podem ser consultados no Apêndice B.

Comparando-se os dados das faixas etárias e antropométricos nos subgrupos Debutantes ressalta a similaridade de valores em relação à altura e comprimento dos membros inferiores. Já não há a mesma semelhança de valores para a idade, sendo a média do sexo feminino menor que a do sexo masculino. Este fator pode ser relevado pela questão maturacional, que aponta para uma maior precocidade no gênero feminino, segundo autores como Meinel (1984), Weineck (1999) e outros da área do Desenvolvimento Humano. Já no grupo dos Iniciados a diferença na faixa etária é superior a um ano favorável aos meninos e as diferenças nos dados antropométricos é bem maior que no grupo Debutantes.

## **2.3 Técnicas instrumentais e material utilizado**

Os pressupostos teóricos deste estudo são os da Mecânica Clássica, válidos para o movimento humano sob a ação da gravidade. Para melhor consecução dos objetivos propostos optou-se pela utilização de análise cinemática, que possibilita o registro objetivo das modificações da posição do corpo dos sujeitos no espaço e tempo. Pela alta frequência de coleta de imagens que o estudo de movimentos rápidos requer, optou-se pela tomada de dados através da videografia de alta velocidade. Para coleta dos dados biomecânicos e análise qualitativa da técnica foi utilizada a técnica da videografia tridimensional. Foram utilizadas neste procedimento quatro câmeras de vídeo de alta velocidade, que coletaram as imagens a uma frequência nominal de 180 Hz, frequência considerada adequada para gestos de locomoção rápida (Ferro Sánchez, 2001).

### **2.3.1 Transformação linear direta (DLT)**

A técnica utilizada para reconstrução tridimensional dos movimentos foi a Transformação Linear Direta (DLT), desenvolvida por Abdel-Aziz e Karara (1971), que

trabalha a partir dos dados bidimensionais fornecidos pelas câmeras. Este método possibilita a obtenção de imagens espaciais (tridimensionais) a partir de coordenadas das imagens, por relações fotogramétricas colineares. Este processo é efetuado a partir de 16 parâmetros físicos que descrevem o modelo de projeção central de uma câmera. Em geral estes parâmetros não são conhecidos, portanto devem ser determinados a partir de um processo de calibração. A calibração minimiza os erros de transformação pelo uso de um conjunto de pontos de controle cujas coordenadas espaciais são conhecidas. As condições de colinearidade requerem 11 coeficientes que são funções dos 16 parâmetros físicos. Estes coeficientes refletem as relações entre a imagem do objeto no espaço e a imagem plana do objeto no quadro. São necessárias pelo menos duas câmeras não-paralelas e sincronizadas entre si, pois desta forma conseguem-se quatro equações duas para cada câmera) para resolver as três incógnitas, as coordenadas  $x, y, e z$  de cada ponto, segundo Lobo da Costa (2000).

Ao se utilizar este método de reconstrução de imagens deve-se levar em conta algumas questões de ordem técnica, segundo Kwon (1998):

- O dispositivo calibrador deve ser amplo o suficiente para incluir o espaço coberto pelo movimento a ser analisado.
- Uma vez que tenha se efetuado a filmagem de calibração não pode se alterar o ajuste da câmera, inclusive com relação ao foco.
- Deve-se incluir tantos pontos quanto for possível e distribuí-los de maneira uniforme através de todo o espaço. Isto incrementará a redundância do sistema e melhorará a precisão da calibração.
- Devem ser utilizadas tantas câmeras quanto possível para aumentar o grau de redundância da reconstrução. No entanto deve-se evitar posicionar duas câmeras frontalmente entre si ou, pelo menos, evitar usar esta combinação de câmeras na reconstrução. Também o autor frisa que se deve usar a mesma combinação de câmeras para a reconstrução de marcas ocultas durante todo o ensaio, para não causar descontinuidade nas curvas das coordenadas, devido aos erros experimentais envolvidos no processo de digitalização.

Segundo Barton e Barton, apud FERRO SÁNCHEZ (2001), as vantagens que apresenta o método DLT frente a outros utilizados, são as seguintes: a) os eixos óticos

não necessitam se cruzar; b) as posições das câmeras podem ser arbitrárias e não necessitam ser medidas; c) somente se requerem duas imagens dos objetos; d) podem ser adaptadas câmeras adicionais. As desvantagens apontadas pelos mesmos autores são: a) os pontos utilizados para calibração devem ocupar todo o espaço no qual se desenvolve o movimento, necessidade esta suprida pelo uso de um calibrador de volume adequado; b) as câmeras devem permanecer imóveis durante todo o ensaio.

Amadio e Stucke (1993) apresentam o esquema das etapas de reconstrução fotogramétrica segundo o método DLT (Ilustração 1).

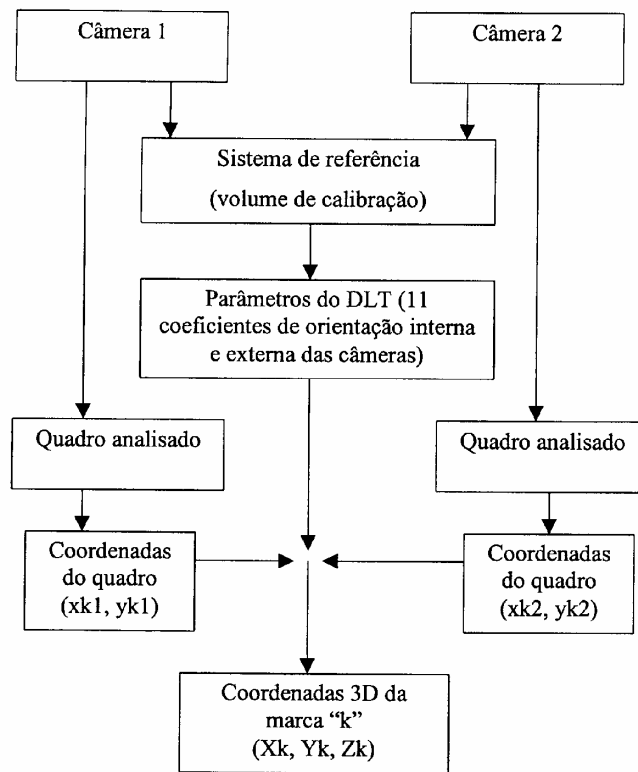


Ilustração 1 - Etapas da reconstrução 3D, segundo o método DLT (adaptado de Amadio e Stucke, 1993)

### 2.3.2 Modelo humano

O modelo humano utilizado foi o de Dempster, Baumann e Galbierz, (1971 apud RIEHLE, 1976), constituído por treze pontos referentes aos eixos articulares e centro de massa da cabeça, que definem um modelo do corpo humano com dez segmentos (Anexo A). Também foram marcadas as extremidades anteriores dos calçados esportivos, com a finalidade de se detectar os instantes de contato e impulsão. A Ilustração 2 mostra este modelo simplificado.

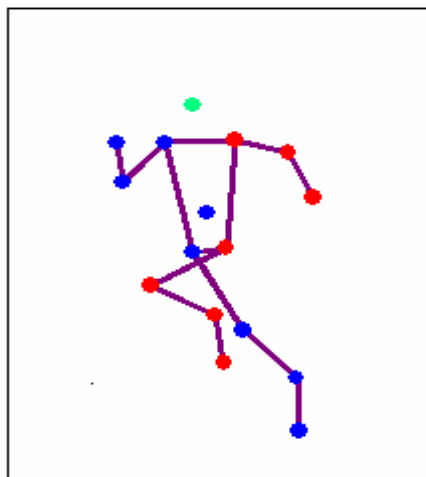


Ilustração 2 – Modelo Humano utilizado no estudo

A adoção deste modelo humano deve-se a vários fatores: ao contrário de outros modelos (modelo de Hatze e de Yeadon), não requer a utilização de dezenas de medidas antropométricas, que demandariam muito tempo de preparação dos sujeitos principalmente se for considerado o tamanho da amostra. Também pesou na escolha deste modelo o fato dele utilizar pontos anatômicos relativamente fáceis de se visualizar, mesmo se porventura houver problemas com os marcadores. A própria tradição de sua utilização pelo Labiomec-CEFD-UFSM, bem como a familiarização dos digitalizadores deste estudo e o fato concreto do programa deste modelo já estar instalado no Sistema Peak Motus de análise de movimento do Labiomec contribuiu para a escolha deste modelo humano.

Esta escolha não significa que se considere este um modelo ideal para a análise do movimento humano. É um dos modelos mais simples e que merece uma análise crítica. Um de seus problemas é o fato deste modelo considerar o tronco como um único segmento, desconsiderando, pois, os movimentos intrínsecos desta importante massa do corpo humano (51% do peso corporal total neste modelo, conforme Anexo B). Esta desvantagem em relação a outros modelos, que segmentam o tronco em até três partes, é minorada pelo fato de se poder assumir que na fase de corrida plena, objeto do estudo atual, não há, ou pelo menos não deveria haver, se fosse empregada a técnica correta, acentuada movimentação de tronco. Outro problema é a incorporação da mão e do pé ao antebraço e à perna respectivamente, como se estas partes não pudessem oscilar e assim mudar os torques e o momento de inércia dos membros.

### 2.3.3 Material utilizado

Para a coleta das imagens foram utilizadas quatro câmeras de vídeo de alta velocidade, modelo HSC – 180 NS, com a capacidade de frequência de filmagem de 60 e 180 qps. Estas câmeras coletaram as imagens que foram gravadas em quatro gravadores de vídeo, marca Panasonic, modelo AG - 5700

Após a captura e gravação das imagens elas foram transferidas, via um gravador de vídeo, marca Sanyo, modelo GVR – S955, para a CPU que trabalha com o software Peak-Motus, de aquisição e processamento de imagens. Após esta fase ocorreu a digitalização das imagens de cada câmera, o que possibilitou a reconstrução tridimensional do movimento, pelo método DLT.



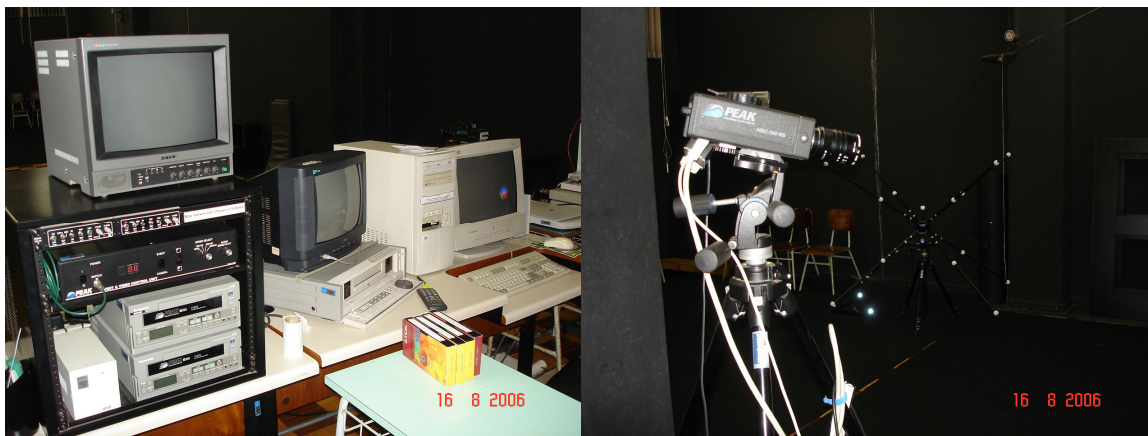


Ilustração 3– Sistema Peak Motus (à esquerda) e câmera de vídeo de alta velocidade (dir.)

Foi utilizado o calibrador padrão do sistema Peak Motus, com 25 referências espaciais. O referido calibrador abrange um volume delimitado por um comprimento de 2,21m, largura de 1,58m e altura de 1,92m. Este comprimento é inferior à distância abrangida pela filmagem, o que poderia ser origem de erros. No entanto Zanon (2002) testou o erro que poderia ocorrer quando da utilização do calibrador em estudos de movimentos que ultrapassassem suas dimensões e concluiu que a margem de erro verificada não comprometia o uso do calibrador. O erro médio verificado para uma distância de 8 m foi de  $-0,16\% \pm 1,02\%$ .

Também como sistema de referência foi utilizado o sistema Global Transformation Frame, instrumento que assinala os eixos x, y, z e fornece a origem do sistema de referências utilizado pelo sistema.

Os eixos articulares e centro de massa da cabeça dos sujeitos foram marcados com fitas adesivas e marcadores (Ilustração 4). A marcação dos eixos obedeceu a valores preconizados por Kalfhues (1971) apud RIEHLE (1976), conforme Anexo C. Foi utilizada fita métrica metálica, com graduação de 0,001m para tomada das medidas antropométricas.



Ilustração 4– Marcação dos eixos articulares

## 2.4 Desenvolvimento da coleta de dados

O estudo teve sua coleta de dados realizada na pista de atletismo do CEFD - UFSM, pista de carvão em boas condições. Em uma das raias centrais marcou-se um corredor com 8 metros de comprimento, suficiente para coletar um ciclo de passada (três apoios) local onde foi efetuada a tomada das imagens. Foi preparado um fundo escuro dos dois lados da pista, para propiciar um maior contraste das marcas dispostas sobre os eixos articulares dos sujeitos (Ilustração 5). Os sujeitos vestiram roupas especiais, pretas e com bastante aderência, para não haver deslocamento das marcas sobre os eixos articulares com o movimento.