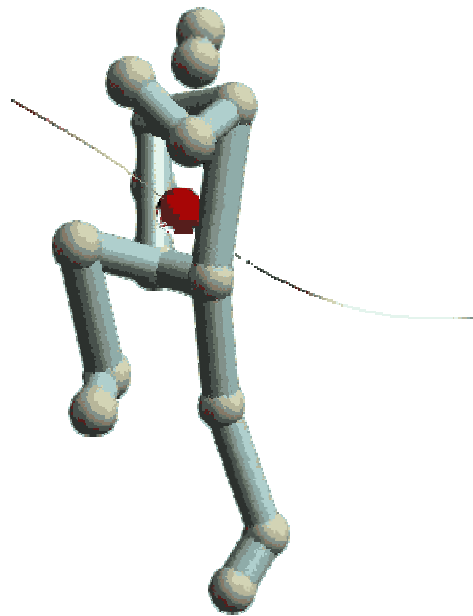


**ANÁLISE CINEMÁTICA DO SALTO EM DISTÂNCIA  
DURANTE O XXII TROFÉU BRASIL DE ATLETISMO**

# **RELATÓRIO TÉCNICO**



**LABORATÓRIO DE BIOFÍSICA  
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA E ESPORTE  
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**

**ANÁLISE CINEMÁTICA DO SALTO EM DISTÂNCIA  
DURANTE O XXII TROFÉU BRASIL DE ATLETISMO**

**RELATÓRIO TÉCNICO**

**REGINALDO KISHO FUKUCHI**

**ALEXANDRE DIAS LOPES**

**ROGÉRIO PESSOTTO HIRATA**

**SANDRO FERNANDO STOLF**

**NÉLIO ALFANO MOURA**

**TANIA FERNANDES DE PAULA MOURA**

**MARCOS DUARTE**

**LABORATÓRIO DE BIOFÍSICA  
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA E ESPORTE  
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**

## Sumário

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b>	<b>6</b>
<b>2.1</b>	<b>Fases do Salto</b>	<b>8</b>
2.1.1	<i>Corrida de Abordagem</i>	8
2.1.2	<i>Takeoff</i>	9
2.1.3	<i>Vôo</i>	10
2.1.4	<i>Aterrissagem</i>	11
<b>2.2</b>	<b>Cinemetria</b>	<b>11</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>11</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>13</b>
<b>5</b>	<b>ANÁLISE</b>	<b>19</b>
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>22</b>

## Resumo

As provas de saltos horizontais têm proporcionado bons resultados ao Brasil, sendo o salto em distância uma de nossas provas mais promissoras. Apesar disso, existe carência de relatos científicos a respeito da performance de saltadores brasileiros, o que prejudica uma melhor avaliação e intervenção por parte dos treinadores. O presente estudo realizou uma análise biomecânica dos saltos executados por atletas nacionais de elite durante a última edição do Troféu Brasil de Atletismo em 2003. Nossos resultados apontaram com sucesso o perfil destes saltadores brasileiros.

## Abstract

The long jump event has given good results to Brazil and nowadays it is one of our most promising track and field events. Despite that, there is a lack of scientific reports about the performance of Brazilian jumpers what hampers a better evaluation and intervention by the athlete's coach. The present work reports a biomechanical analysis of the long jump event performed by the best Brazilian athletes during the *Troféu Brasil de Atletismo* in 2003. Our results successfully identified the main characteristics of each Brazilian jumper.

## 1 INTRODUÇÃO

Historicamente, as provas de saltos horizontais têm proporcionado bons resultados ao Brasil sendo Adhemar Ferreira da Silva, bicampeão olímpico e tricampeão pan-americano do salto triplo, o melhor atleta brasileiro de todos os tempos na modalidade. Entretanto, nenhum estudo biomecânico foi realizado com esse atleta naquela época, impossibilitando um maior conhecimento da técnica empregada por ele durante as provas de saltos.

Geralmente, ao orientar seus atletas em treinos e em competições os treinadores brasileiros se baseiam na observação visual dos saltos executados. Na maioria das vezes essa forma de detectar imperfeições no desempenho é subjetiva, pois se tratam de movimentos rápidos, difíceis de serem analisados. Em se tratando de atletas de alto rendimento, isto torna-se mais crítico pois sua performance pode melhorar por detalhes imperceptíveis a observações visuais (Winter, 1990)

Aparentemente simples de entender, o salto em distância é um evento muito complexo quando realizado em alto nível. Apesar de praticado no mundo todo e de apresentar evidências teóricas que subsidiem a evolução e o treinamento do salto em distância, trata-se de uma prova que necessita maior compreensão dos mecanismos envolvidos na execução da técnica. Atualmente o Brasil conta com atletas promissores nas provas de saltos como Maurren Maggi, Jadel Gregório, Thiago Carahyba e Keila Costa. O melhor entendimento do desempenho destes atletas contribuirá significativamente para uma melhor intervenção por parte de seus treinadores e conseqüentemente a melhora da performance.

O Troféu Brasil é a principal competição do país na modalidade, sendo assim reúne o que de melhor existe no atletismo nacional. Além disso, esta edição marca o retorno da competição para a cidade de São Paulo, que não sediava o evento desde 1991, e a inauguração de uma nova pista, sendo a primeira da América do Sul com certificado nível 1 da Associação Internacional das Federações de Atletismo (IAAF). Isso tudo valoriza mais a competição e desta forma justifica a realização de um estudo, visto que alguns atletas brasileiros de expressão internacional que participaram do evento nunca tiveram seus desempenhos avaliados de modo mais detalhado.

As técnicas utilizadas nos esportes estão sujeitas as mesmas leis físicas que governam todos os movimentos (Hay, 1986). Portanto, utilizando este conceito, a Biomecânica tem contribuído de forma decisiva na análise e melhora do desempenho do atleta nas provas de saltos.

Com o intuito de fornecer aos treinadores informações mais objetivas a respeito da performance de seus atletas, o Laboratório de Biofísica (LOB) da Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo, realizou durante o XXII Troféu Brasil de Atletismo uma coleta de dados dos saltos na prova do salto em distância masculino e feminino. Através da utilização de câmeras de vídeo foram coletadas imagens dos saltos dos atletas de interesse. Após a aquisição das imagens foram realizadas em laboratório suas respectivas digitalizações e analisadas algumas variáveis de interesse como altura, velocidade e ângulo do centro de gravidade (CG) durante determinados momentos do salto. Os detalhes da

metodologia empregada para a realização das análises serão descritos mais a frente.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

O salto em distância tem sido objeto de diversos estudos na área da biomecânica do esporte na literatura internacional. Apesar de existirem atletas de nível competitivo internacional nas provas de saltos horizontais no país, existe certa carência de estudos relacionados à performance destes indivíduos. Através do uso de câmeras buscou-se quantificar e analisar alguns parâmetros cinemáticos no intuito de fazer uma analogia com os dados da literatura e até mesmo entre os atletas analisados.

Os eventos de saltos no atletismo são o salto em distância, salto triplo, salto em altura e salto com vara; sendo o objetivo dos atletas que participam destas provas, o deslocamento máximo do centro de gravidade (CG) em uma dada direção. No salto em distância e no salto triplo é requerido o deslocamento horizontal; e no salto em altura e no salto com vara o deslocamento vertical do centro de gravidade (Hay, 1978).

Nos Jogos Olímpicos da Grécia Antiga, o terreno destinado ao salto em distância apresentava regiões específicas como a área de impulso e a de aterrissagem. A área de impulso, local onde o saltador desprendia o último pé de apoio, considerada firme e dura, era conhecida como “*bater*”, e a área de aterrissagem, especialmente preparada para amortecer a queda, media aproximadamente 15m, e era chamada de “*skamma*” (Ward-Smith, 1995). A melhor marca olímpica desta prova data de 664 D.C. atingida nos XXIX Jogos Olímpicos e manteve-se em poder de Quionis de Esparta, que registrou 16,66 metros. Phayllos teria saltado, posteriormente, a extraordinária distância de 16,76 metros (Ward-Smith, 1995). Ambos os resultados jamais foram igualados em nenhuma versão dos jogos gregos e originaram estudos com o objetivo de comprovar a veracidade dos feitos (Ward-Smith, 1995). Uma corrente de opinião defende a idéia de que as marcas atingidas teriam sido resultado de uma espécie de salto triplo, uma variante que integrava os Jogos Olímpicos (Ward-Smith, 1995).

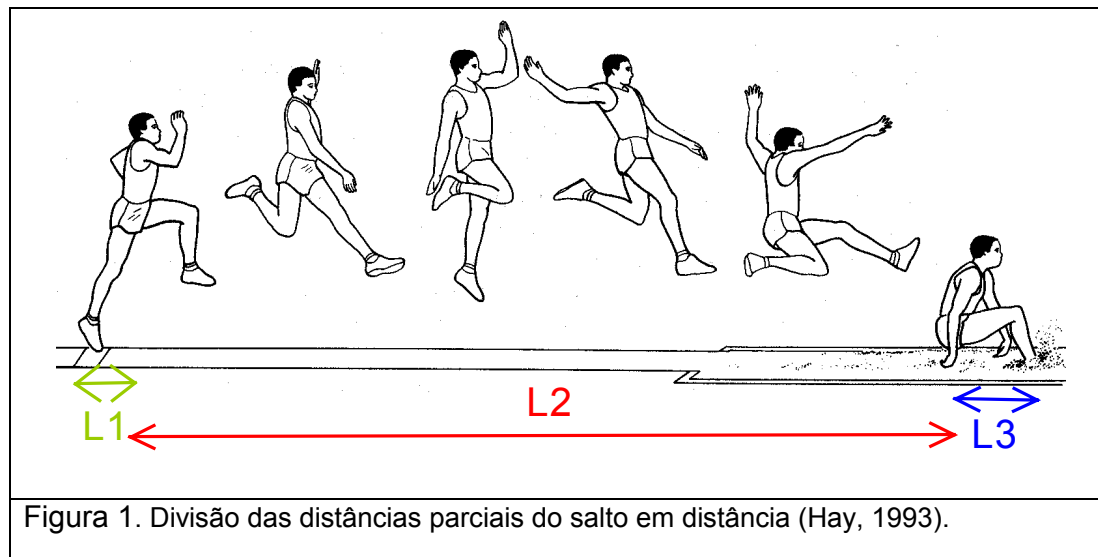
Pinturas em vasos antigos ilustravam a participação dos atletas do pentatlo durante provas do salto em distância nos Jogos Olímpicos da Grécia Antiga. Nessa época já existia a preocupação com a melhora da performance, pois estes atletas carregavam pares de halteres nas mãos para melhorar a distância dos saltos. Posteriormente um estudo realizado com simulações computacionais encontrou que a massa ideal dos halteres para aumentar a distância dos saltos correspondia rigorosamente àquelas utilizadas durante os Jogos da Antiguidade (Minetti e Ardigo, 2002).

Alguns pré-requisitos básicos são necessários para um bom desempenho no salto em distância, como: velocidade, a posição corporal e a precisão do *takeoff* (Hay, 1978). O resultado ideal do salto em distância depende, dentre outras variáveis, da capacidade do atleta em desenvolver alta velocidade no momento do

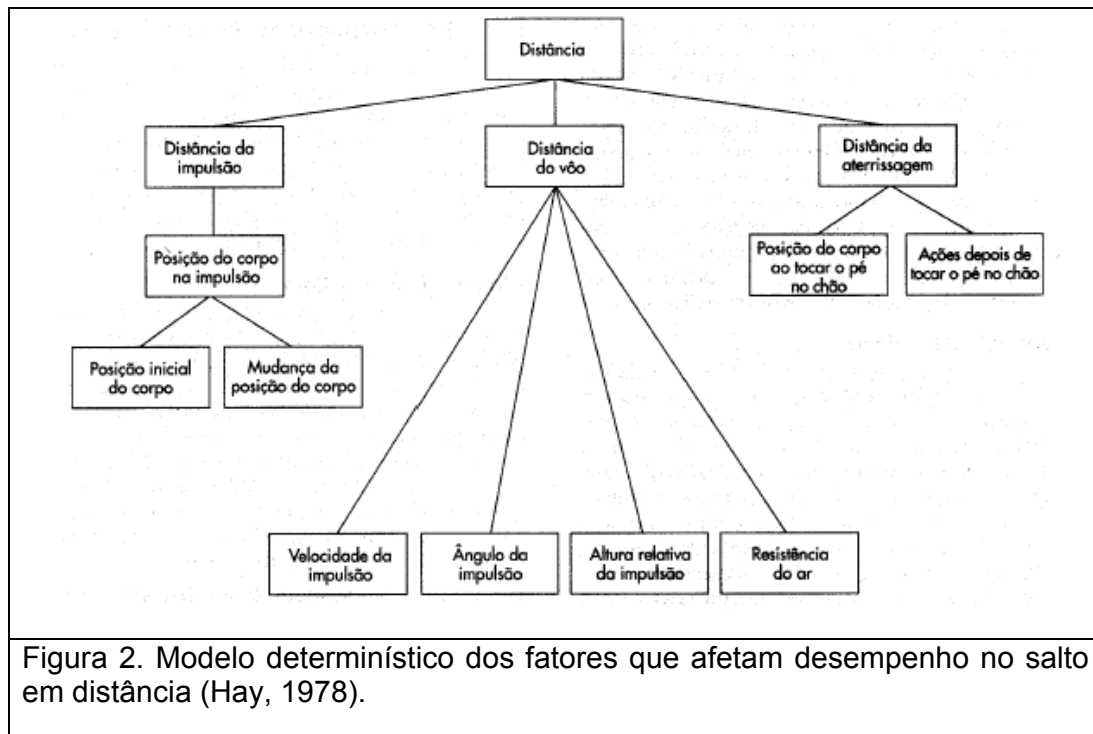
*takeoff*. Quanto maior for a velocidade horizontal do centro de gravidade do atleta, no momento do *takeoff* na tábua, maior será a distância atingida no salto (Hay, Thorson *et al.*, 1999).

Segundo Hay (1993) a distância efetiva do salto é a soma de três distâncias menores (Figura 1):

- a distância horizontal entre a borda frontal da tábua de impulsão e o CG do atleta no momento da saída (distância de impulsão-L1);
- a distância horizontal que o CG viaja enquanto o atleta está no ar (distância de vôo-L2);
- a distância horizontal entre o CG no instante que o calcanhar toca a areia e a marca efetiva do salto (distância de aterrissagem-L3).



Cada uma destas distâncias influenciam de alguma forma a distância efetiva do salto, como demonstrado no modelo determinístico proposto por (Hay, 1978) (Figura 2).



## 2.1 Fases do Salto

Didaticamente, o salto em distância pode ser dividido em quatro partes consecutivas. A corrida de abordagem consiste do momento que o atleta inicia o movimento em direção a tábua de impulsão até o instante do último toque do pé de *takeoff* no solo (*touchdown*). O *takeoff* compreende o instante deste último toque (*touchdown*) até a perda de contato do pé de apoio com o solo (instante do *takeoff*). A fase de voo consiste o instante da perda de contato do pé de apoio com a tábua (instante do *takeoff*) até o primeiro contato do corpo do atleta com a areia da caixa. Sendo que a aterrissagem inicia-se com este primeiro contato até o repouso do CG do atleta (Hay, 1978).

### 2.1.1 Corrida de Abordagem

A corrida de abordagem consiste de uma corrida em torno de 40 a 45 metros ou de 17 a 23 passadas antes do contato com a tábua de impulsão. Esta corrida tem a função de proporcionar ao atleta uma posição ótima para o contato com a tábua (Hay, 1978). Durante a corrida, os músculos possuem duas funções essenciais: acelerar o corpo na direção horizontal e agir contra a força da gravidade atuante na direção vertical (Wiemann and Tidow 1995). Momentos antes do contato com a tábua o atleta realiza uma série de ajustes no intuito de encontrar uma posição ótima para o salto (Hay, 1978).



A simples alteração súbita ou não programada na frequência e amplitude nos passos da corrida, a fim de atingir com maior precisão a tábua de impulsão pode levar o atleta às lesões musculares, principalmente localizadas na musculatura isquiotibial durante a fase de contração excêntrica (Lees, Fowler *et al.*, 1993).

### 2.1.2 *Takeoff*

A transição entre a corrida de abordagem e o *takeoff* é a parte que mais influencia na técnica do salto em distância (Hay 1993). O *takeoff* normalmente é realizado em uma tábua de 20 centímetros de largura enterrada no solo ao nível da pista. Para efeito de padronização definimos o termo *takeoff* como a transição entre a corrida de abordagem e o início do vôo como proposto por (Hay, 1986). Durante o *takeoff* ocorre uma perda de velocidade horizontal e um ganho progressivo de velocidade vertical do CG. Não só a perda de velocidade horizontal é importante como torna-se impossível completar um bom salto sem a perda parcial desta velocidade (Hay, 1986).

A redução da velocidade horizontal no momento do impulso depende primariamente da duração e magnitude do retardo, ou seja, o tempo e a intensidade das forças do pé no solo; quanto maior for a velocidade de aproximação do atleta, e menor for o tempo de *takeoff*, maior será a distância do salto (Hay, Thorson *et al.*, 1999).

Durante o contato inicial com a tábua há uma grande atuação de forças, na ordem de 7160N a 11770 Newtons ou 11,1 a 16,4 vezes o peso corporal (Hay 1993). Observou-se grande atividade muscular da perna de impulsão durante este período, principalmente dos músculos extensores do joelho. Inicialmente há uma ação excêntrica destes músculos e, conseqüentemente o quadril, joelho e tornozelo ipsilateral encontram-se em flexão, no intuito de absorver o choque inicial e também armazenar energia elástica que produzirá uma ação concêntrica muscular mais produtiva (Lees, Fowler *et al.*, 1993).

Durante o *takeoff* o CG do atleta é deslocado horizontalmente e verticalmente, sendo relatados deslocamentos de 80-95 cm na horizontal e de 17-18 cm na vertical (Hay, 1986). Já a altura do CG no instante do *takeoff* segundo um estudo está em torno de 1,11-1,26 m (Hay e Miller, 1985).

No salto em distância, onde o atleta desenvolve grande velocidade durante a corrida de abordagem, ao realizar o *takeoff* a velocidade horizontal desenvolvida pelo atleta durante a corrida de aproximação é reduzida na ordem de 9,5% a 17%. Essa diminuição se faz necessária para que ocorra um aumento da velocidade vertical e a elevação do centro de gravidade do atleta (Witters, Bohets *et al.*, 1992). Sendo que a redução da velocidade horizontal é mais pronunciada quando o ângulo de projeção CG e a altura do salto são aumentados (Hay, 1986). Indícios apontam uma alta relação entre a magnitude da diminuição na velocidade horizontal e o aumento na velocidade vertical durante o *takeoff*. Observaram-se relações entre as velocidades horizontal e vertical na ordem de 2:1 a 3:1 durante o *takeoff*, e ângulos de projeção de 26,6° e 18,4° respectivamente (Hay, 1986).

A literatura demonstra que o trecho que mais influencia o resultado final do salto é a distância de voo do CG (L2) (Hay, 1986; Hay, 1988). A distância de voo é determinada pela velocidade, ângulo de projeção e altura relativa do CG no instante do *take off*, além da resistência do ar encontrada durante o voo, variáveis essas que determinam a trajetória de qualquer projétil (Hay, 1986). Uma combinação da velocidade horizontal ( $V_x$ ) desenvolvida na corrida e a velocidade vertical ( $V_y$ ) adquirida no *take off* determinam o ângulo de projeção do CG (Hay e Koh, 1988).

O conhecimento destas variáveis torna-se imprescindível para a análise quantitativa do salto em distância, portanto será empregada metodologia que possibilite a descoberta destas variáveis. A metodologia proposta para este estudo será demonstrada mais à frente.

### 2.1.3 Voo

Uma vez livre no ar, desprezando-se a resistência deste, não há nada que se possa fazer para modificar a trajetória do CG. No entanto, é possível controlar rotações indesejadas, buscando um melhor posicionamento para a aterrissagem. Existem basicamente 3 técnicas de voo atualmente: a técnica de “*sail*”, a técnica de “*hang*”, e a técnica de “*hitchkick*” ou também chamada de corrida no ar (Hay, Thorson *et al.*, 1999).

Na técnica de “*sail*” o atleta traz ambas as pernas simultaneamente a frente após a saída da tábua e permanece o restante do voo na posição sentada, com os quadris flexionados e os joelhos estendidos. É uma técnica primitiva que é muito utilizada de maneira natural, entretanto devido a sua simplicidade ela é pouco eficaz para controlar as rotações e posicionar adequadamente o corpo para a aterrissagem (Hay, 1986).

Um pouco mais sofisticada, a técnica de “*hang*” utiliza o deslocamento da perna de balanço a frente logo após o *takeoff* e posteriormente esta mesma perna realiza o movimento de varrer para baixo e para trás até que as duas pernas se alinhem. Esse movimento da perna de balanço provoca uma ação contrária do tronco e do membro superior para conter certas rotações indesejáveis. Esses movimentos antagônicos são interrompidos até que os braços encontrem-se alinhados acima da cabeça e ao mesmo tempo os joelhos aparecem flexionados na preparação para a queda (Hay, Thorson *et al.*, 1999).

A técnica de corrida no ar é a forma mais complexa de voo utilizada pelos atletas de elite. Além disso, apresenta algumas variações, sendo nomeada de acordo com o número de passadas executadas durante o voo. Contudo, a primeira parte desta técnica se assemelha com a técnica de *hang*, onde a perna de balanço é levada a frente com o joelho em extensão, para posteriormente fazer o movimento de varrer para baixo e para trás, enquanto a perna de *takeoff* encontra-se em flexão de joelho com o calcanhar passando próximo a nádega (Hay, 1978). Utilizar uma ou outra técnica de voo tem como objetivo atingir a melhor distância do salto, realizando movimentos dentro de uma eficiência biomecânica, a fim de que o atleta assuma uma posição ideal para a aterrissagem (Herzog, 1986).

### 2.1.4 Aterrissagem

Durante a aterrissagem, um fator fundamental é a inclinação do tronco do atleta no momento do contato com a caixa de areia. A posição mais adequada de queda é com ligeira flexão do tronco, pois este procedimento aumentaria o tempo de voo, diminuindo a possibilidade do atleta cair para trás (Hay, 1978). A aterrissagem ótima é caracterizada pela máxima distância de aterrissagem atingida pelo atleta e a mínima perda dessa mesma distância (Herzog, 1986). A posição corporal aliada a técnica empregada, pode promover uma perda significativa do comprimento do salto, como ocorre quando o atleta toca com as mãos a areia durante a aterrissagem.

## 2.2 Cinemetria

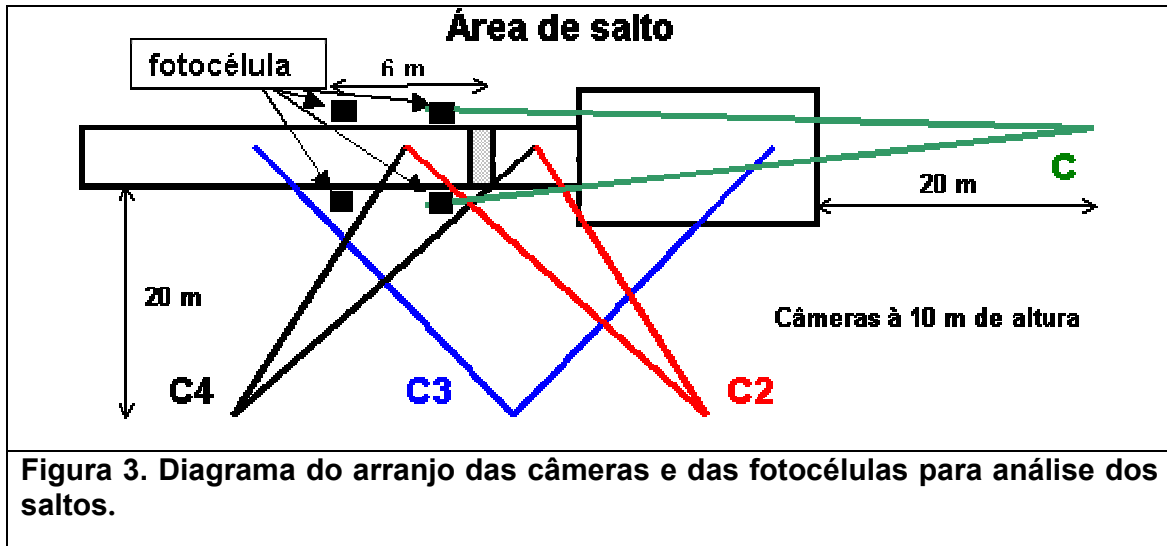
Cinemática envolve a descrição do movimento independente das forças que causam estes movimentos. O movimento pode ser descrito em termos espaciais e temporais, sendo que esta descrição pode ser feita com a utilização de goniômetros, acelerômetros, filmagens ou equipamentos optoeletrônicos (Winter, 1990).

A cinemetria é um conjunto de métodos que busca medir os parâmetros cinemáticos do movimento, isto é, posição, orientação, velocidade e aceleração. Devido à complexidade que envolve o movimento humano, o único sistema que possibilita a captura de todos os dados é um sistema de imagem. O instrumento básico para medidas cinemáticas é o baseado em câmeras de vídeo que registram a imagem do movimento e então através de software específico calcula-se as variáveis cinemáticas de interesse (Winter, 1990). Neste projeto, a cinemetria será utilizada para registrar a cinemática planar do movimento da cabeça, tronco e membros dos sujeitos durante as atividades selecionadas.

## 3 MATERIAL E MÉTODOS

Foram filmados 11 saltos realizados pelos homens e 12 saltos realizados pelas mulheres durante a fase classificatória e a fase final do salto em distância durante o XXII Troféu Brasil de Atletismo.

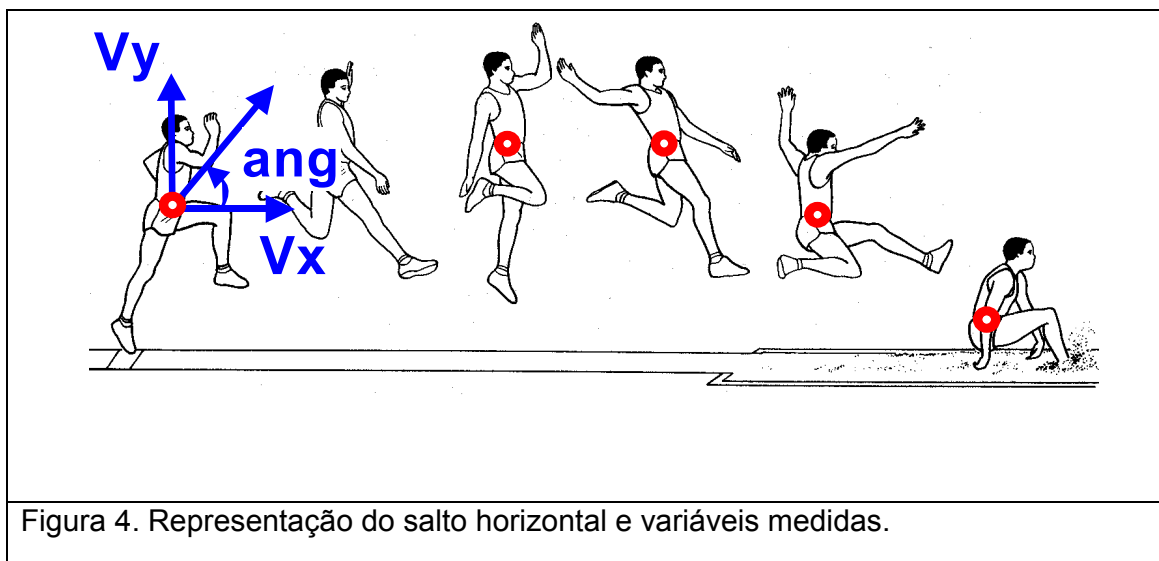
Foram utilizadas 4 câmeras de vídeo digital da marca JVC (GR-DVL9800) com frequência de aquisição de 60 Hz e posicionadas em diferentes pontos da pista, conforme demonstrado na Figura 2. As câmeras 1 (C1) e 3 (C3) objetivava filmar o trecho final da corrida de abordagem o que correspondia cerca de 10 metros antes da tábua e toda a fase aérea e de aterrissagem. Já as câmeras 2 (C2) e 4 (C4) filmavam um raio de 3 m a partir da tábua, pois o momento da saída do atleta (*take-off*) é o mais importante para análise do salto. Foram utilizadas também células fotoelétricas para determinar a velocidade de aproximação do atleta. Estas células fotoelétricas foram posicionadas de modo que registrassem o tempo gasto pelo atleta para percorrer um espaço entre 6 m e 1 m antes da tábua de impulsão. O posicionamento das fotocélulas é demonstrado na Figura 3.



Com a aquisição das velocidades horizontal e vertical do CG durante a saída da tábua foi feito o cálculo do ângulo de projeção através da seguinte equação (Hay, 1978):

$$ang = \arctan\left(\frac{V_{Ysaída}}{V_{Xsaída}}\right)$$

O software APAS (Ariel Inc.) foi utilizado para calibração e reconstrução das coordenadas reais tridimensionais dos pontos digitalizados a partir dos vídeos das quatro câmeras. Em cada quadro do vídeo, 16 pontos no corpo do atleta foram digitalizados para representar o modelo antropométrico do corpo do atleta. Os parâmetros antropométricos propostos por Dempster foram utilizados para estimar o centro de gravidade (CG) do atleta. As seguintes variáveis cinemáticas do atleta em movimento foram analisadas: como posição, velocidade e ângulo de projeção do CG conforme descrito na Figura 4.



#### 4 RESULTADOS

Os dados obtidos pelas análises dos saltos válidos são demonstrados nas tabelas abaixo. Os valores demonstrados representam a distância efetiva do salto ( $D_{\text{salto}}$ ), velocidade horizontal de aproximação ( $V_{\text{xaproximação}}$ ) medida pela fotocélula, velocidade horizontal de chegada ( $V_{\text{xchegada}}$ ), velocidade horizontal de saída ( $V_{\text{xsaída}}$ ), velocidade vertical de saída ( $V_{\text{ysaída}}$ ) e ângulo de projeção do CG no momento da saída da tábua de impulsão. Além disso, são demonstrados também o maior valor, valor médio e desvio padrão para cada variável analisada.

Tabela 1. Valores para as variáveis medidas (ver texto). Atleta Maurren Maggi.

SALTOS	$D_{\text{salto}}$ (m)	$V_{\text{xaproximação}}$ (m/s)	$V_{\text{xchegada}}$ (m/s)	$V_{\text{xsaída}}$ (m/s)	$V_{\text{ysaída}}$ (m/s)	Ang (°)
Salto 1	6,60	9,26	8,90	7,86	3,58	24,5
Salto 2	6,57	9,43	9,35	7,90	3,03	20,9
Salto 3	6,75	9,61	9,25	8,10	2,76	18,8
Salto 6	6,75	9,43	9,10	7,90	3,10	21,4
Maior valor	6,75	9,61	9,35	8,10	3,58	24,5
Média (desvio padrão)	$6,7 \pm 0,1$	$9,43 \pm 0,14$	$9,15 \pm 0,2$	$7,94 \pm 0,11$	$3,12 \pm 0,34$	$21,4 \pm 2,3$

**Tabela 2. Valores para as variáveis medidas (ver texto). Atleta Keila Costa**

SALTOS	D <sub>salto</sub> (m)	V <sub>xaproximação</sub> (m/s)	V <sub>xchegada</sub> (m/s)	V <sub>xsaída</sub> (m/s)	V <sub>ysaída</sub> (m/s)	Ang (°)
Salto 2	6,47	9,26	8,89	7,57	3,23	23,1
Salto 4	6,52	9,09	9,20	7,60	3,10	22,5
Maiores valores	6,52	9,26	9,20	7,60	3,23	23,1
Média	6,50	9,18 ±0,12	9,05 ±0,22	7,59	3,17	22,8
(desvio padrão)	±0,04			±0,02	±0,09	±0,4

**Tabela 3. Valores para as variáveis medidas (ver texto). Atleta Thiago Carahya.**

SALTOS	D <sub>salto</sub> (m)	V <sub>xaproximação</sub> (m/s)	V <sub>xchegada</sub> (m/s)	V <sub>xsaída</sub> (m/s)	V <sub>ysaída</sub> (m/s)	Ang (°)
Salto 2	7,53	10,20	9,28	8,29	2,99	19,8
Salto 3	7,90	10,20	9,86	8,54	3,45	22,0
Salto 6	7,87	10,00	9,33	8,27	3,04	20,1
Maiores valores	7,90	10,20	9,86	8,54	3,45	22,0
Média	7,77	10,13	9,49	8,37	3,16	20,6
(desvio padrão)	±0,21	±0,12	±0,32	±0,15	±0,25	±1,2

**Tabela 4. Valores para as variáveis medidas (ver texto). Atleta Jadel Gregório.**

SALTOS	D <sub>salto</sub> (m)	V <sub>xaproximação</sub> (m/s)	V <sub>xchegada</sub> (m/s)	V <sub>xsaída</sub> (m/s)	V <sub>ysaída</sub> (m/s)	Ang (°)
Salto 2	7,72	10,20	9,65	8,45	2,81	18,4
Salto 3	7,65	10,20	9,71	8,46	2,77	18,1
Salto 4	7,89	10,20	9,90	8,58	3,08	19,7
Salto 6	7,62	10,20	9,48	8,15	3,03	20,4
Maiores valores	7,89	10,20	9,90	8,58	3,08	20,4
Média (desvio padrão)	7,75 ±0,11	10,20 ±0,0	9,69 ±0,17	8,41 ±0,18	2,92 ±0,16	19,1 ±1,1

A Tabela 5 demonstra os maiores valores dos atletas para distância efetiva do salto ( $D_{\text{salto}}$ ), velocidade horizontal de aproximação ( $V_{\text{xaproximação}}$ ) medida pela fotocélula, velocidade horizontal de chegada ( $V_{\text{xchegada}}$ ), velocidade horizontal de saída ( $V_{\text{xsaída}}$ ), velocidade vertical de saída ( $V_{\text{ysaída}}$ ) e ângulo de projeção do CG no momento da saída da tábua de impulsão.

**Tabela 5. Maiores valores para as variáveis medidas (ver texto) de todos os atletas.**

SALTOS	D <sub>salto</sub> (m)	V <sub>xaproximação</sub> (m/s)	V <sub>xchegada</sub> (m/s)	V <sub>xsaída</sub> (m/s)	V <sub>ysaída</sub> (m/s)	Ang (°)
Maurren Maggi	6,75	9,61	9,35	8,10	3,58	24,5
Keila Costa	6,52	9,26	9,20	7,60	3,23	23,1
Thiago Carahyba	7,90	10,20	9,86	8,54	3,45	22,0
Jadel Gregório	7,89	10,20	9,90	8,58	3,08	20,4

Na Figura 5 são mostrados os dados para a velocidade medida pela fotocélula versus a velocidade medida pelas câmeras para todos os saltos investigados. Estas duas velocidades mostraram uma correlação de 0,81,  $p < 0.001$ . É importante lembrar que estas velocidades se referem a instantes (espaços) diferentes.

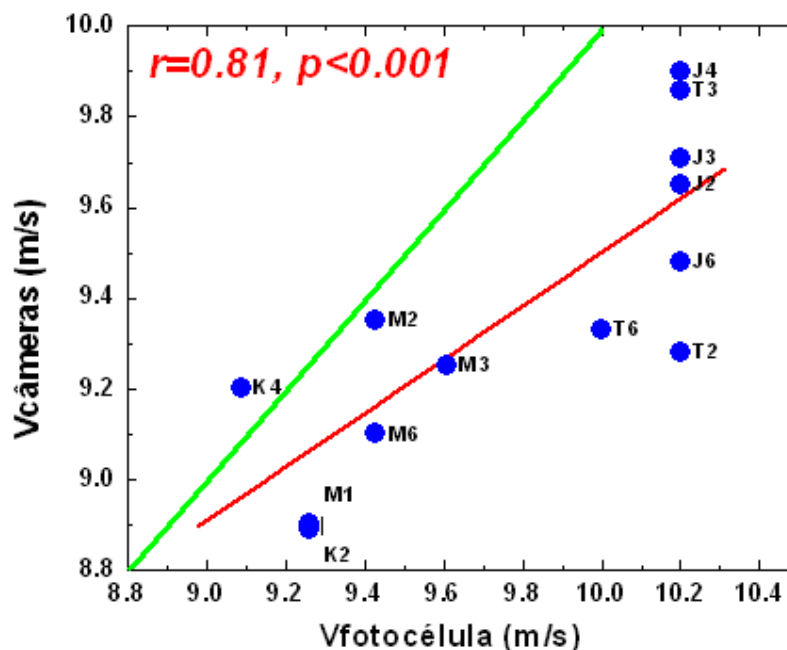


Figura 5. Correlação entre velocidade horizontal de aproximação aferida pela fotocélula e velocidade horizontal de chegada analisada pela câmera para cada salto analisado. A linha verde representa a divisão entre as duas velocidades mensuradas na mesma escala de valor.

Na Figura 6 são mostrados os dados para a velocidade medida no instante de *takeoff* versus a velocidade medida no instante de *touchdown* pelas câmeras para todos os saltos investigados. Estas duas velocidades mostraram uma correlação de 0,87,  $p < 0.0001$ . De novo, é importante lembrar que estas velocidades se referem a instantes (espaços) diferentes.

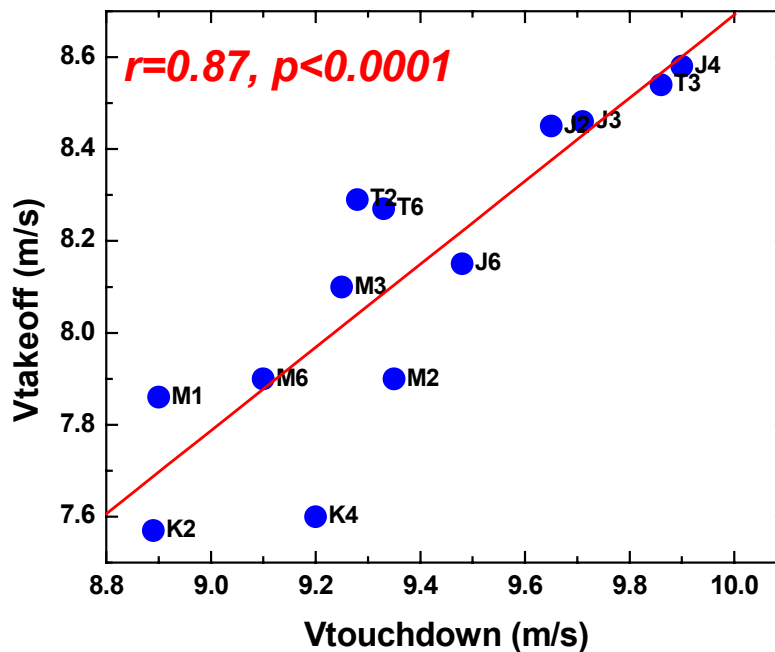


Figura 6. Correlação entre a velocidade de *takeoff* e de *touchdown* para cada salto analisado.

As Tabelas 6 e 7 apresentam informações sobre o ano de nascimento dos atletas, distância efetiva dos saltos e tempo gasto para percorrer um espaço entre 6 m e 1 m antes da tábua, aferida pelas fotocélulas em todas as tentativas executadas pelos atletas do sexo masculino e feminino.



Tabela 6. Valores obtidos pelas células fotoelétricas para os atletas do sexo masculino.

NOME	NASC.	Tent. 1	t5m 1	Tent. 2	t5m 2	Tent. 3	t5m 3	Tent. 4	t5m 4	Tent. 5	t5m 5	Tent. 6	t5m 6	Melhor	t	v
John Thornell	85	7.56	0.48	7.99	0.48	7.75	0.47	7.60	0.49	X	?	7.81	?	7.99	0.48	10.42
Thiago J. Carahyba Dias	84	X	0.48	7.53	0.49	7.90	0.49	X	0.50	X	0.48	7.87	0.50	7.90	0.49	10.20
Jadel Gregório	80	X	0.50	7.72	0.49	7.65	0.49	7.89	0.49	-	-	7.62	0.49	7.89	0.49	10.20
Sergio M. dos santos	76	X	0.50	X	0.49	7.66	?	7.54	0.50	7.86	0.48	7.80	0.48	7.86	0.48	10.42
Nelson C. Ferreira Junior	73	X	0.49	7.69	0.48	X	0.52	X	0.49	X	0.47	X	0.49	7.69	0.48	10.42
Antonio L.da Costa	73	7.36	0.50	7.62	0.50	7.62	0.49	7.59	0.50	7.43	0.54	7.57	0.51	7.62	0.49	10.20
Luciano Daniel silva	79	7.26	0.52	7.53	0.51	7.39	0.53	7.34	0.51	7.49	0.50	X	0.51	7.53	0.51	9.80
Luis Antonio Agripino	76	7.44	0.52	7.50	0.52	7.35	0.51	7.33	0.51	7.26	0.52	7.08	0.51	7.50	0.52	9.62
Leandro S. de Jesus	81	7.29	0.49	7.14	0.48	7.46	0.48							7.46	0.48	10.42
Marcos D. Trivelatto	83	7.39	?	X	0.51	7.44	0.50							7.44	0.50	10.00
Leonardo E. dos Santos	84	X	0.53	7.15	0.52	7.40	0.51							7.40	0.51	9.80
Marcelo Ap. da Costa	81	X	0.50	7.40	0.51	7.28	?							7.40	0.51	9.80
Rodrigo R. de Araújo	79	X	0.51	7.38	0.50	7.35	0.51							7.38	0.50	10.00
Marcelo A. de Miranda	74	7.14	0.51	X	0.51	7.26	0.51							7.26	0.51	9.80
Jefferson Dias Sabino	82	X	0.52	X	0.52	7.04	0.52							7.04	0.52	9.62
Erivaldo da Cruz Vieira	80		0.50	X	0.50	7.02	0.50							7.02	0.50	10.00
Anderson Antonio Silva	83	X	0.56	X	0.52	7.01	0.55							7.01	0.55	9.09
Elton Ribeiro de Queiroz	78	X	0.56	6.96	0.52	6.76	0.53							6.96	0.52	9.62
Rubens S. Junior	84		0.52	6.94	0.49	6.94	0.51							6.94	0.49	10.20
Claudio Batista Novaes	72	6.74	0.51	X	0.53	6.87	0.51							6.87	0.51	9.80
Adão Antonio de Souza	76	6.75	0.53	6.83	0.54	6.78	0.56							6.83	0.54	9.26
Danilo Mendes Xavier	86	6.66	0.52	6.83	0.52	X	0.53							6.83	0.52	9.62
Giovanni Valentim	85	X	0.49	X	?	6.52	0.53							6.52	0.53	9.43

R=0,72

Tabela 7. Valores obtidos pelas células fotoelétricas para os atletas do sexo feminino.

NOME	NASC.	Tent. 1	t5m 1	Tent. 2	t5m 2	Tent. 3	t5m 3	Tent. 4	t5m 4	Tent. 5	t5m 5	Tent. 6	t5m 6	Melhor	t	v
Maurren Higa Maggi	76	6.60	0.54	6.57	0.53	6.75	0.52	X	0.54	X	0.55	6.75	0.53	6.75	0.52	9.62
Keila da Silva Costa	83	X	0.55	6.47	0.54	X	0.58	6.52	0.55	X	0.55	X	0.53	6.52	0.55	9.09
Luciana A. dos Santos	70	6.08	0.55	6.34	0.56	6.11	0.56	6.21	0.56	6.25	0.55	6.22	0.57	6.34	0.56	8.93
Vanessa Vieira Seles	81	6.10	0.55	6.02	0.57	5.74	0.57	5.67	0.57	6.08	0.56	5.61	0.58	6.10	0.55	9.09
Maria Ap. B. de Souza	71	5.80	0.59	6.03	0.63	5.84	0.59	5.83	0.60	5.82	?	5.97	0.60	6.03	0.63	7.94
Fernanda Gonçalves	83	5.72	0.61	6.00	0.56	4.32	0.58	5.95	0.56	5.63	?	X	0.58	6.00	0.56	8.93
Laurice Cristina Félix	81	5.67	0.58	5.54	0.56	5.98	0.57	5.91	0.57	3.93	0.57	5.16	0.57	5.98	0.57	8.77
Viviane Silveira Ramos	83	5.77	0.63	5.79	0.63	5.53	0.58	5.56	0.62	5.53	0.59	X	0.58	5.79	0.63	7.94
Kauiza M. Venâncio	87	X	0.62	5.74	0.59	X	0.59							5.74	0.59	8.47
Renata Vidal Peixoto	82	5.64	0.59	5.64	0.58	5.66	0.60							5.66	0.60	8.33
Luzia Maria Teodoro	78	X	0.62	5.55	0.60	5.66	0.60							5.66	0.60	8.33
Lucimara S. da Silva	85	5.35	0.60	5.52	0.60	5.53	0.60							5.53	0.60	8.33
Tania Ferreira da Silva	86	5.43	0.63	5.50	0.63	5.47	?							5.50	0.63	7.94
Tatiane São João Lima	84	5.48	0.60	X	0.61	5.37	0.60							5.48	0.60	8.33
Elen Lacerda de Oliveira	87	5.45	0.59	5.21	?	5.36	0.60							5.45	0.59	8.47
Mônica de Cassia Freitas	83	5.13	0.66	5.36	0.61	5.45	0.61							5.45	0.61	8.20
Danielle Biscaro Pedrolli	82	5.29	0.64	5.37	0.64	5.33	0.64							5.37	0.64	7.81
Juliana B. dos Passos	84	5.12	0.59	X	0.60	5.34	0.59							5.34	0.59	8.47
Ana Lúcia A. da Costa	79	4.99	0.60	4.90	0.60	4.93	0.61							4.99	0.60	8.33

R=0,74

## 5 ANÁLISE

Os resultados apresentados neste estudo são comparáveis aos apresentados pela literatura. Estas comparações limitam-se aos atletas estrangeiros, haja vista que nenhum estudo foi realizado no intuito de se avaliar de modo quantitativo o desempenho de atletas brasileiros em todos os tempos.

(Hay e Miller, 1985) realizaram uma análise dos saltos de atletas do sexo feminino durante os Jogos Olímpicos de Los Angeles em 1984. Foi analisado o melhor salto de cada atleta, exceto para Hearnshaw e Nunn. Estas atletas tiveram o segundo melhor salto analisado. Os resultados obtidos pelos autores são demonstrados na Tabela 8.

**Tabela 8. Os valores demonstrados representam a distância efetiva do salto ( $D_{\text{salto}}$ ), velocidade horizontal de saída ( $V_{x\text{saída}}$ ), velocidade vertical de saída ( $V_{y\text{saída}}$ ) e ângulo de projeção do CG no momento da saída da tábua de impulsão.**

Atleta	$D_{\text{salto}}$ (m)	$V_{x\text{saída}}$ (m/s)	$V_{y\text{saída}}$ (m/s)	Ang ( $^{\circ}$ )
Stanciu	6,96	8,0	3,0	20,6
Ionescu	6,81	8,4	2,9	18,9
Hearnshaw	6,75	8,2	2,8	18,9
Thacker	6,78	8,5	2,5	16,5
Joyner	6,77	7,6	3,1	22,1
Lorraway	6,67	8,0	3,0	20,6
Nunn	6,45	8,6	2,4	15,6
Ferguson	6,44	8,1	2,8	18,8
Lewis	6,43	7,8	2,7	19,2
Scott	6,40	8,2	2,5	16,8
Garden	6,30	7,9	2,7	18,7
Dancetovic	5,88	7,8	2,7	18,9
Média (desvio padrão)	6,5±0,3	8,1±0,3	2,8±0,2	18,8±1,8
Maior Valor	6,96	8,6	3,1	22,1

Um estudo feito durante o campeonato mundial de atletismo realizado em Atenas em 1997 investigou o comportamento de algumas variáveis durante as provas do salto em distância masculino e feminino (Arampatzis *et al*, 1997). Os valores obtidos são demonstrados nas Tabelas 9 (feminino) e Tabela 10 (masculino).

**Tabela 9.** Os valores demonstrados representam a distância efetiva do salto ( $D_{\text{salto}}$ ), velocidade horizontal de chegada ( $V_{x\text{chegada}}$ ), velocidade horizontal de saída ( $V_{x\text{saída}}$ ), velocidade vertical de saída ( $V_{y\text{saída}}$ ) e ângulo de projeção do CG no momento da saída da tábua de impulsão.

Atleta	$D_{\text{salto}}$ (m)	$V_{x\text{chegada}}$ (m/s)	$V_{x\text{saída}}$ (m/s)	$V_{y\text{saída}}$ (m/s)	Ang (°)
Galkina	7,05	9,72	8,32	2,95	19,5
Xantou	6,93	9,66	7,84	3,48	22,4
May	6,91	9,77	7,98	3,32	22,6
Drechsler	6,89	9,54	8,43	2,88	18,9
Joyner-Kersey	6,78	9,94	8,28	2,88	19,2
Tiedtke-Greene	6,77	9,36	7,93	3,05	21,1
Vershina	6,71	9,33	7,79	3,17	22,6
Johanson	6,64	9,13	7,55	3,27	28,5
Khristova	6,64	9,20	7,98	2,99	19,9
Jones	6,63	9,24	8,01	3,12	19,1
Jaklofsky	6,61	9,45	7,82	2,88	21,3
Média e desvio padrão	6,78±0,15	9,49±0,26	7,99±0,26	3,09±0,21	21,4 ±2,8
Maior Valor	7,05	9,72	8,43	3,48	28,5

**Tabela 10.** Os valores demonstrados representam os resultados da prova masculina com as mesmas variáveis da Tabela 3.

Atleta	$D_{\text{salto}}$ (m)	$V_{x\text{chegada}}$ (m/s)	$V_{x\text{saída}}$ (m/s)	$V_{y\text{saída}}$ (m/s)	Ang (°)
Pedroso	8,42	10,82	8,72	3,86	23,9
Walder	8,30	10,78	8,76	3,41	21,30
Sosunov	8,18	10,81	8,65	3,32	22,30
Dilworth	7,88	10,52	9,24	3,45	20,50
Beckford	8,07	10,75	8,53	3,48	22,2
Ferreira Jr,	8,04	10,47	8,87	3,10	19,3
Toure	7,98	10,73	8,79	3,09	19,40
Jianfeng	7,76	10,71	9,04	3,13	19,10
Glavatski	8,03	10,32	8,59	3,35	21,30
Morigana	7,70	10,51	8,88	3,19	19,70
Média e desvio padrão	8,04±0,23	10,64±0,17	8,81 ±0,21	3,34±0,23	20,9±1,6
Maior Valor	8,42	10,82	9,24	3,86	23,9

Durante os Jogos Mundiais Universitários realizados em Sheffield em 1991 foi feita uma análise dos saltos durante as provas do salto em distância feminino (Lees, Fowler *et al.*, 1993). A **Tabela 11** representa os valores médios e máximos para cada variável investigada no estudo.

**Tabela 11.** Valores médios para distância efetiva do salto ( $D_{\text{salto}}$ ), velocidade horizontal de chegada ( $V_{x\text{chegada}}$ ), velocidade horizontal de saída ( $V_{x\text{saída}}$ ), velocidade vertical de saída ( $V_{y\text{saída}}$ ) e ângulo de projeção do CG no momento da saída da tábua de impulsão.

Total	$D_{\text{salto}}$ (m)	$V_{x\text{chegada}}$ (m/s)	$V_{x\text{saída}}$ (m/s)	$V_{y\text{saída}}$ (m/s)	Ang (°)
Média saltos e desvio padrão	6,51±0,26	8,75±0,31	7,55±0,41	3,05±0,27	22,0±2,0
Maiores valores	6,87	9,40	8,56	3,60	26,6

Os resultados obtidos neste estudo são comparáveis aos dados relatados na literatura e permite fazer um diagnóstico do desempenho desta população. Quando comparadas as velocidades horizontais adquiridas por dois meios diferentes, como as aferidas pelas fotocélulas ( $V_{xfotocélulas}$ ) e as obtidas através da análise cinemática ( $V_{xtouchdown}$ ), houve correlação significativa ( $r=0,81$  e  $p<0,001$ ) como demonstrado no Gráfico 1. Quando comparadas as médias dessas duas velocidades ( $V_{xfotocélulas}$  e  $V_{xtouchdown}$ ),  $9,8\pm 0,4$  m/s e  $9,4\pm 0,1$  m/s respectivamente, observou-se que elas foram significativamente diferentes ( $t(12)=2.2$ ,  $p<0,0005$ ). Apesar de investigarem momentos diferentes dos saltos, estes resultados demonstram que a velocidade média de abordagem pode ser considerada um pré-requisito importante para a produção de valores altos de velocidade no instante do *touch-down*. Quanto dessa velocidade pode ser conservada durante a preparação para o salto é uma questão interessante que talvez tenha relação com o nível dos atletas.

Por outro lado quando comparadas as velocidades horizontais de chegada e de saída da tábua de impulsão obtidas através da análise cinemática, houve correlação ainda mais forte ( $r=0,87$  e  $p<0,0001$ ). Este resultado demonstrou que quanto maior a velocidade de chegada, maior era a velocidade de saída da tábua.

Devido à carência de estudos relacionados à performance dos saltos horizontais de atletas brasileiros, houve dificuldade de comparação do desempenho destes com atletas que competiam em períodos anteriores. Nossos resultados demonstraram total viabilidade para realização de análises semelhantes, portanto, torna-se fundamental o desenvolvimento de novos estudos que auxiliem os treinadores na busca do melhor desempenho de atletas brasileiros em competições internacionais. Espera-se que com estes dados o treinador possua melhores condições de intervir no treinamento e conseqüentemente buscar um melhor rendimento dos seus atletas.

## 6 REFERÊNCIAS

- Arampatzis, A., Brueggemann, G.-P., Walsh, M. (1997). Biomechanical Analysis of the Jumping Events: Long Jump. In Biomechanical Research Project, Athens; Final Report. p.83-113, Oxford: Meyer & Meyer
- Hay, J. G. The biomechanics of sports techniques. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall. 1978. xvii, 519 p. p.
- Hay, J.-G. The biomechanics of the long jump. Exerc Sport Sci Rev, v.14, p.401-46. 1986.
- Hay, J.-G. Approach strategies in the long jump. 1988.
- Hay, J.-G. e T.-J. Koh. Evaluating the approach in the horizontal jumps. 1988.
- Hay, J.-G. e J.-A. Miller. Techniques used in the transition from approach to takeoff in the long jump. 1985.
- Hay, J. G., E. M. Thorson, *et al.* Changes in muscle-tendon length during the take-off of a running long jump. J Sports Sci, v.17, n.2, Feb, p.159-72. 1999.

- Herzog, W. Maintenance of body orientation in the flight phase of long jumping. Med Sci Sports Exerc, v.18, n.2, Apr, p.231-41. 1986.
- Lees, A., N. Fowler, *et al.* A biomechanical analysis of the last stride, touch-down and take-off characteristics of the women's long jump. J Sports Sci, v.11, n.4, Aug, p.303-14. 1993.
- Minetti, A. E. e L. P. Ardigo. Halteres used in ancient Olympic long jump. Nature, v.420, n.6912, Nov 14, p.141-2. 2002.
- Ward-Smith, A. J. The application of modern methods of biomechanics to the evaluation of jumping performance in ancient Greece. J Sports Sci, v.13, n.3, Jun, p.223-8. 1995.
- Wiemann, K; Tidow, G. (1995). Relative activity of hip and knee extensors in sprinting-implications for training. *New Studies in Athletics IAAF10:1 pp 29-4.*
- Winter, D. A. Biomechanics and motor control of human movement. New York: Wiley. 1990. xvi, 277 p.
- Witters, J., W. Bohets, *et al.* A model of the elastic take-off energy in the long jump. J Sports Sci, v.10, n.6, Dec, p.533-40. 1992.