



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA

Marcio Vianna Prudêncio

**ANÁLISE CINEMÁTICA DO SALTO TRIPLO DE ATLETAS DE ELITE EM
COMPETIÇÃO**

Campinas

2015

ANÁLISE CINEMÁTICA DO SALTO TRIPLO DE ATLETAS DE ELITE EM COMPETIÇÃO

*Dissertação apresentada à
Faculdade de Educação Física da
Universidade Estadual de Campinas como
parte dos requisitos exigidos para
obtenção do título de Mestre em
Educação Física, na área de Biodinâmica
do Movimento e esporte*

Orientador: Prof. Dr. Sergio Augusto Cunha

Este exemplar corresponde à versão final
dissertação defendida pelo aluno Marcio
Vianna Prudêncio e orientado pelo Prof.
Dr. Sergio Augusto Cunha

Campinas

2015

Agência(s) de fomento e nº(s) de processo(s): Não se aplica.

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Faculdade de Educação Física
Andréia da Silva Manzato - CRB 8/7292

P951a Prudêncio, Marcio Vianna, 1975-
Análise cinemática do Salto Triplo de atletas de elite em competição /
Marcio Vianna Prudêncio. – Campinas, SP : [s.n.], 2015.

Orientador: Sergio Augusto Cunha.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade
de Educação Física.

1. Biomecânica. 2. Cinemática - análise. 3. Salto (Atletismo). 4.
Desempenho esportivo. I. Cunha, Sergio Augusto. II. Universidade Estadual de
Campinas. Faculdade de Educação Física. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Kinematical analysis of elite triple jumpers in competition

Palavras-chave em inglês:

Biomechanics

Kinematic - Analysis

Triple Jump

Sports Performance

Área de concentração: Biodinâmica do Movimento e Esporte

Titulação: Mestre em Educação Física

Banca examinadora:

Sergio Augusto Cunha [Orientador]

Miguel de Arruda

Luciano Allegretti Mercadante

Data de defesa: 01-12-2015

Programa de Pós-Graduação: Educação Física

COMISSÃO EXAMINADORA

Orientador

Profº Dr. Sergio Augusto Cunha

Profº Dr. Miguel de Arruda

Profº Dr. Luciano Allegretti Mercadante

Ata da defesa com as respectivas assinaturas dos membros encontra-se no processo de vida acadêmica do aluno

Dedicatória

Um dia observando em casa observando meu pai, Nelson Prudêncio e meu filho, Murilo Katuso Prudêncio, tive uma estranha e feliz sensação de ver meu passado em meu futuro, ali juntos simplesmente brincando.

Parte dessa imagem, que tanto marca minha vida se foi, e é justamente a ela que quero dedicar este trabalho, pois sem sua experiência, sem seus ensinamentos e absurda paciência comigo, creio que nada disso seria possível.

*Well it took so long for me to realize
That my destiny was right before my eyes
If it were up to me to travel through this life
I'd find an open space for me to live out all my dreams*

*I'm such a lucky man, I try to be a stronger man
I shed a tear or two but that don't make me a weaker man
It's made me a better man, I've given all I can
To a world that sometimes thinks that I'm a lesser man*

Lynyrd Skynyrd

Agradecimentos

Gostaria primariamente de agradecer ao Sr. Nelson Prudêncio, a Sra. Maria Lucia Prudêncio e a Senhorita Christiana Andrea Vianna Prudêncio, pessoas a quem eu tenho a grata felicidade de chamar de família.

Agradeço enormemente a minha esposa, Claudia Yuri Mizuta Prudêncio, pelo amor e compreensão e aos meus filhos Murilo Katsuo Prudêncio e Rodrigo Kenzo Prudêncio.

Faço um agradecimento muito especial ao meu amigo, mentor e padrinho Prof. Pedro Henrique Camargo de Toledo, pelos grandes ensinamentos de vida e de profissão.

Gostaria de agradecer a todos do LIB que me auxiliaram na realização deste trabalho, em especial à Jerusa Petróvna Resende Lara.

Agradeço também ao meu orientador Sergio Augusto Cunha, pela convivência e paciência.

Resumo

Tendo em vista que o salto triplo é uma modalidade de grande representatividade no Brasil e que esta modalidade, a exemplo de muitas outras, está diretamente associada a aspectos físicos e técnicos, podemos afirmar que quando um atleta realiza o salto, parte do seu desempenho está relacionado às suas capacidades físicas, como a força, e a velocidade. Porém parte deste desempenho é determinado pela eficiência com que o atleta faz uso de seu corpo e principalmente pela maneira como interage com o meio externo. Sendo assim, o desempenho alcançado depende não somente da aptidão do atleta, mas também da técnica utilizada e da forma como o atleta interage com o solo. O presente trabalho tem como objetivos avaliar as variáveis cinemáticas tridimensionais que mais se correlacionam com a distância total alcançada no salto triplo em atletas de alto nível em ambiente de competição. Para tanto, dados foram coletados no Grande Prêmio Brasil de atletismo na etapa do Rio de Janeiro no ano de 2008, utilizando-se câmeras de vídeo com frequência de aquisição de 60Hz e analisados pelo *software* Dvideow. Por meio da comparação dos dados aqui encontrados, com aqueles apresentados na literatura, concluímos que a distância da primeira fase do salto apresenta uma correlação inversa à distância total alcançada. Já em relação à componente horizontal da velocidade, os valores nos instantes de Touchdown e Takeoff foram semelhantes aos apresentados na literatura, mostrando que um dos principais fatores que devem ser observados na realização do Salto Triplo é o comportamento da componente horizontal da velocidade durante as fases de apoio. Uma vez que estes valores, quando comparados a saltos de maior distância, foram os que se apresentaram abaixo dos valores encontrados nos poucos dados disponíveis.

Palavras-Chaves: Biomecânica; Cinemática - análise; Salto (Atletismo); Desempenho esportivo

Abstract

Considering that the triple jump is a sport with a large representation in Brazil and that this sport, like many others, is directly associated with physical and technical aspects, we can say that when an athlete performs jump, part of this performance is related to his physical abilities, such as strength, and speed. But part of this performance is determined by the efficiency which the player uses his body and especially for how interacts with the environment. Thus, the achieved performance depends not only on the ability of the athlete but also of the technique and how the athlete interacts with the ground. This study aims to evaluate the three-dimensional kinematic variables that best correlate with the total distance achieved in the triple jump in high level athletes in competitive environment. To this end, data were collected in Brazil Grand Prix athletics at the stage of Rio de Janeiro in 2008, using video cameras with acquisition frequency of 60 Hz and analyzed by software Dvideow. By comparing the data found here with those reported in the literature, we find that the distance of the first phase of the jump has an inverse correlation to the total distance achieved. In relation to the horizontal component of velocity, the values in the moment of Touchdown and Takeoff were similar to those reported in literature, showing that one of main factors that must be observed in the Triple Jump is the behavior of the horizontal component of velocity during the phases of support. Once these values when compared to the longer distance jumps, which were performed below the values found in the limited data available.

Keywords: Biomechanics; Kinematic - Analysis; Triple Jump; Sport Performance

Lista de Ilustrações

Figura 1 -	Representação da sequência de utilização das pernas no Salto Triplo.....	21
Figura 2 -	Representação gráfica da primeira fase do salto (HOP).....	24
Figura 3 -	Representação gráfica da segunda fase do salto (STEP).....	25
Figura 4 -	Representação gráfica da terceira fase do salto (JUMP).....	26
Figura 5 -	Disposição das câmeras ao longo do corredor de salto e na caixa de salto para o GP Rio de Janeiro 2008.....	32
Figura 6 -	Bastão utilizado para obtenção da calibração das câmeras.....	33
Figura 7 -	Esquematização do volume calibrado ao longo do corredor de salto (Matriz de Calibração).....	33
Figura 8 -	Representação dos pontos corporais utilizados para reconstrução do modelo corporal.....	35
Figura 9 -	Representação do modelo de reconstrução dos segmentos corporais	35
Figura 10 -	Representação gráfica das distâncias saltadas em cada uma das fases do salto analisados.....	41
Figura 11 -	Gráfico comparativo dos dados referentes a primeira fase do salto.....	42
Figura 12 -	Gráfico comparativo dos dados referentes a segunda fase do salto.....	44
Figura 13 -	Gráfico comparativo dos dados referentes a terceira fase do salto.....	46
Figura 14 -	Gráfico da representação gráfica das variações da componente horizontal da velocidade nas fases de apoio do Salto Triplo. (Fukashiro, 1983; Portnoy, 1987; Tsukuno, 2011; Allen, 2013).....	50
Figura 15 -	Representação gráfica e tabela da componente lateral da velocidade nos instantes de TD e TO.....	53

Lista de Tabelas

Tabela 1 -	Percentual das fases de salto em relação a distância total alcançada (HAY, 1990).....	28
Tabela 2 -	Características antropométricas dos atletas e dados da competição.....	38
Tabela 3 -	Distâncias saltadas em cada fase de salto, percentual de cada fase em relação a distância total e distância total alcançada.....	40
Tabela 4 -	Valores discretos da componente horizontal da velocidade nos instantes de TD e TO das três fases do Salto Triplo.....	47
Tabela 5 -	Apresentação dos dados da variação da velocidade horizontal para todos os atletas.....	49
Tabela 6 -	Valores da componente vertical da velocidade nos instantes de Touchdown e Take-off.....	51
Tabela 7 -	Valores da componente vertical da velocidade.....	52

Lista de siglas e abreviaturas

BAL	Salto estilo Balanceado
CBA_t	Confederação Brasileira de Atletismo
CM	Centro de Massa
cm	Centímetros
COB	Comitê Olímpico Brasileiro
Dvideow	Digital Vídeo for Windows
FEF	Faculdade de Educação Física
FRS	Força de Reação no Solo
GP	Grande Prêmio
HD	Salto estilo Hop-Dominante
Hz	Hertz
JD	Salto estilo Jump-Dominante
LIB	Laboratório para Instrumentação em Biomecânica
m	Metros
N	Newton
RJ	Rio de Janeiro
TC	Tempo de Contato
TD	Touchdown
TO	Takeoff
TV	Tempo de Vôo
IAAF	International Association of Athletics Federation
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas
m/s	Metros por segundo
°	Graus
%	Percentual
Δv	Variação da velocidade
V_{to}	Velocidade no <i>Touchdown</i>
V_{td}	Velocidade no <i>Takeoff</i>

Sumário

1 Introdução	13
2 Objetivo Geral.....	16
2.1 Objetivo Específico.....	16
3 Revisão da Literatura	17
3.1 Característica dos Saltos.....	18
3.2 Técnica da Modalidade.....	21
3.2.1 Corrida de Aproximação.....	21
3.2.2 Primeiro salto (Hop).....	23
3.2.3 Segundo salto (Step).....	24
3.2.4 Terceiro Salto (Jump..).....	25
4 Evolução das Análises Biomecânicas do Salto Triplo	27
5 Materiais e Métodos.....	31
5.1 Aquisição dos dados.....	32
5.1.1 Calibração das câmeras.....	33
5.2 Análise dos dados: Processamento das imagens	34
6. Resultados e Discussão	38
6.1 Dados Descritivos.....	39
6.1.1 Distância Saltada.....	39
6.1.2 Distância Saltada no Hop.....	42
6.1.3 Distância Saltada no Step.....	43
6.1.4 Distância Saltada no Jump.....	44
6.2 Velocidade.....	46
6.2.1 Variação da Velocidade.....	48
6.2.2 Velocidade Vertical.....	50
6.2.3 Velocidade lateral.....	52
6.1.4 Tempo de Contato.....	53
7. Conclusão.....	55
8. Referências Bibliográficas.....	57

1. Introdução

Dentre as 20 participações do Brasil nos Jogos Olímpicos da era moderna é possível observar que o atletismo é a terceira modalidade em número de medalhas (4 de Ouro, 3 de Prata e 7 de Bronze) ficando atrás apenas da Vela e do Vôlei. Porém, entre as provas do atletismo, os atletas do Salto Triplo são os que mais representaram o Brasil em pódios olímpicos, conquistando seis medalhas (2 de Ouro, 1 de Prata e 3 de Bronze), fazendo com que a prova seja a maior detentora de medalhas (NICOLLINI; ROCHA, 2008).

Prova disso é que a partir de década de 1940, os brasileiros passaram a escrever seus nomes na história do Salto Triplo: Geraldo de Oliveira (5º lugar) saltando 14m 82cm e Hélio Coutinho (8º lugar) com 14m 49cm nos Jogos Olímpicos de Londres (1948); Adhemar Ferreira da Silva com 5 recordes mundiais, sendo 4 vezes em 1952 e uma vez em 1956; Nelson Prudêncio com um recorde mundial de 17m 27cm e a medalha de prata em 1968 na cidade do México e o bronze em 1972 com 17m 05cm (Munique); João Carlos de Oliveira com o recorde mundial nos Jogos Pan-americanos da cidade do México com 17m 89cm, a medalha de bronze nos Jogos Olímpicos de Montreal (1976) com 16m 90cm e outra medalha de bronze em 1980 com 17m 22cm; e Jadel Gregório que embora não seja detentor do recorde mundial nem medalhista olímpico possui em seu currículo um salto de 17m 90cm em 2007 (recorde Brasileiro e Sul-americano) e três medalhas de prata nos mundiais de Osaka (2007) com a marca de 17m 59cm (outdoor) e nos mundiais indoor em Budapeste (2004) com a marca de 17m 43cm e Moscou (2006) com 17m 56cm.

Por meio de estudos realizados pelos soviéticos a partir da década de 1950 que levavam em consideração tanto o estilo do salto quanto a proporcionalidade das fases em relação à distância total saltada, determinou-se uma classificação que dicotomizou o Salto Triplo em duas “escolas” distintas: Russa e Polonesa.

Mas, apesar de todas as medalhas olímpicas e recordes mundiais, Moura (1996) defende que nunca se cogitou a existência de uma “escola” de salto Brasileira. Tal fato pode ser explicado por duas razões: uma delas é apresentada por Prudêncio (2006) quando afirma que, apesar do número de medalhas e recordes, o Salto Triplo nacional é muito mais dependente dos talentos individuais dos atletas do que de um sistema organizado de detecção, treinamento e alcance de bons resultados.

Corroborando o apontamento de Prudêncio (2006), que defende a não existência de um sistema organizado de treinamento no Brasil, Laszoki (2013) apresenta em seus dados a proporcionalidade dos saltos dos três principais atletas brasileiros (Adhemar F. Silva, Nelson Prudêncio e João Carlos de Oliveira) mostrando que os saltos analisados apresentaram proporcionalidades distintas entre eles, justificando em partes, o porquê da não existência de uma “escola” de Salto Triplo Brasileiro.

Outro fator que justifica o não reconhecimento do estilo de salto brasileiro como uma “escola” é a ausência de estudos científicos, tanto em competições, quanto em situações de treinamento ou laboratoriais, que tenham como sujeitos os atletas nacionais de elite. Desta forma, pouco se sabe sobre as características tanto dos saltos, quanto dos saltadores nacionais em relação aos demais atletas ao redor do mundo (MOURA et al, 1996; 2003).

O Salto Triplo é uma modalidade complexa que consiste em três saltos interligados, no qual a concatenação correta destes é um dos fatores determinantes na distância total alcançada e, sendo assim, os contatos com o solo são fundamentais para a distância saltada em cada uma das fases e, por conseguinte, para a distância total.

Em seu estudo realizado com o salto em distância Linthorn et al. (2005) mostram que saltadores tentam projetar seus corpos na maior distância possível e que enquanto no ar, o corpo do atleta é essencialmente um projétil em voo livre. Desta forma a distância alcançada durante esse voo é determinada pelas condições do Centro de Massa (CM) no instante em que este deixa o solo (Takeoff ou TO).

Hay (1993) e Prudêncio (2006) afirmam que altos valores da componente horizontal da velocidade no instante de TO são essenciais para um bom desempenho no salto. Porém a componente horizontal da velocidade nesse instante é dependente da magnitude desta variável assim que o atleta entra em contato com o solo (Touchdown ou TD).

Somado a isso, a redução da componente horizontal da velocidade durante o contato com o solo também é fator importante para manutenção da velocidade durante as diferentes fases de apoio. Tornando a manutenção da velocidade fator tão desejável, quanto a magnitude horizontal desta componente nos instantes de TD e TO.

Sendo assim, a magnitude da velocidade tanto no instante de TD, quanto no de TO (que é amplamente utilizada como referência para o desempenho no Salto Triplo), não representam de forma completa o comportamento da componente horizontal da velocidade para o Salto Triplo.

Desta forma, buscou-se observar não só a velocidade do Centro de Massa (CM) dos atletas nos instantes de TD e TO, mas, principalmente, a variação da velocidade durante o tempo de contato com o solo.

2 Objetivo Geral

O objetivo geral da presente pesquisa foi propor uma forma de análise que leve em consideração não só a magnitude da componente horizontal da velocidade nos instantes de Touchdown (TD) e Takeoff (TO), mas, também, a variação desta componente da velocidade, enquanto o atleta está em contato com o solo (tempo de contato).

Objetivo específico

- ✓ Correlacionar a distância total alcançada no Salto Triplo com as seguintes variáveis cinemáticas:
 - Distância saltada em cada uma das fases;
 - Variação da componente horizontal da velocidade durante os contatos com o solo;
 - Tempo de contato.

3. Revisão da Literatura

Breve histórico do Salto Triplo

Embora a origem do Salto Triplo seja incerta, Calderon e Lemos (2010) apresentam que os celtas, durante seus Jogos Tailteanos, no século II da era atual, já praticavam esta modalidade esportiva. Embora a técnica diferisse da que é atualmente praticada, a referida prova também foi amplamente praticada pelos irlandeses e escoceses, no final do século IX.

A primeira marca de que se tem registro desta prova é de 1871 na cidade de Cork na Irlanda e pertencente a Edward Harding, com um salto de 13m 33cm. Posteriormente a isso a prova progrediu rapidamente e em 1886, outro irlandês chamado Daniel Shanahan, alcançou a marca de 14m 50cm. O primeiro recorde registrado na IAAF (International Association of Athletics Federation) pertence novamente a um irlandês naturalizado americano chamado Daniel Ahearn em 1910, com a marca de 15m 51cm.

O Salto Triplo está presente desde os primeiros Jogos Olímpicos da era moderna. Em 1896 na Grécia, o norte americano James Connolly obteve a medalha de ouro com a marca de 13m 71cm, sendo que a partir deste período, a modalidade já era praticada nos moldes como é conhecida hoje, por meio de uma corrida de aproximação seguida por três saltos: a) HOP, salto que apresenta saída e aterrissagem no mesmo pé; b) STEP, salto que possui saída com um pé e aterrissagem com o outro pé e; c) JUMP, que tem saída realizada com um pé e aterrissagem com ambos na caixa de areia (HAY, 1993).

A partir de 1920 alguns países desenvolveram uma hegemonia temporária na detenção do recorde mundial. Dentre eles:

✓ Os japoneses, nos Jogos Olímpicos de 1928 em Amsterdã com Mikio Oda (15m 58cm); nos Jogos Olímpicos de Los Angeles em 1932 com Chuhei Nambu (15m 72cm) e em 1936 (Berlim) com Naoto Tajima (16m).

✓ Conforme anteriormente apresentado os brasileiros tiveram seu período histórico a partir da década de 1940 e, além dos atletas citados, muitos outros ajudaram a construir a grande reputação do Brasil nesta modalidade, fazendo com que a prova estivesse presente em 14 das 20 participações do Brasil em Jogos Olímpicos (Anexo 1).

✓ Os atletas da antiga União Soviética obtiveram diversos recordes nas décadas de 1950 e 1960, batendo nada menos que 6 vezes o recorde mundial, principalmente com Victor Saneyev, detentor de 3 medalhas de ouro olímpicas – 1968, 1972 e 1976 e uma medalha de prata – 1980; Leonid Sherbakov, prata em Helsinque (1952); Vitold Kreyer, bronze em Melbourne (1956); além de Jaad Uudmae, ouro na polêmica competição dos Jogos Olímpicos de Moscou (1980). Outros nomes de destaque na prova foram, Vladimir Gorayev (1960), Oleg Feydoseyev e Viktor Kravitchenko (1964) e, finalmente,.

✓ A partir da década de 1980 os atletas norte-americanos apresentaram excelentes resultados, destacando Al Joyner e Mike Conley, ouro e prata nos Jogos Olímpicos de 1984 em Los Angeles, com as marcas de 17m 26cm e 17m 18cm, respectivamente. Novamente Mike Conley nos Jogos Olímpicos de Barcelona em 1992 com a marca de 18m 17cm; Charles Simpkins com 17m 60cm e finalmente Kenny Harrison nos Jogos Olímpicos de 1996 em Atlanta, com a marca de 18m 08cm.

E mais recentemente o atleta Christian Taylor, ouro nos Jogos Olímpicos de Londres 2012 e ouro no campeonato mundial de Pequim em 2015, com a marca 18m,21cm.

3.1 Características dos Saltos

Muito embora as regras da modalidade em questão sejam as mesmas para todos, as características antropométricas, físicas e psicológicas dos atletas somadas aos diferentes sistemas de treinamento fazem com que cada salto (e saltador) apresente diferenças na realização do salto.

Sendo assim, existem algumas possibilidades para a realização do Salto Triplo, pois, diferentemente do Salto em Distância, no qual o atleta aplica seu esforço máximo na execução de um único salto, no Salto Triplo a maior distância é alcançada pela distribuição dos esforços ao longo de três fases (LARKINS, 1990). Desta forma, o saltador deve utilizar uma distribuição eficiente entre as fases de modo a alcançar a maior distância possível.

Para fins de estudo da modalidade tais distâncias são expressas de forma percentual em relação à distância total alcançada. Estabelecendo assim, de acordo com Hay (1990), as seguintes distribuições percentuais para o Salto Triplo:

- ✓ Hop dominante (HD): Quando a distância alcançada nesta fase é 2% maior que as demais fases;
- ✓ Jump dominante (JD): Quando a distância alcançada nesta fase é 2% maior que as demais fases;
- ✓ Balanceado (BAL): Quando as diferenças percentuais entre as fases não é superior a 2%.

Embora não existisse nenhum estudo científico na época que se determinou esta classificação, Doherty (1981) e Calderon e Hernández (2009) apresentaram uma denominação que foi amplamente utilizada por técnicos e esportistas.

Tal denominação leva em consideração o salto com predominância no HOP, como sendo a “escola” Russa e o salto com predominância no JUMP, como sendo “escola” Polonesa. Estas “escolas” de salto tiveram como maiores expoentes os atletas Victor Saneyev (ouro nos Jogos Olímpicos de 1968, 1972 e 1976) pela antiga União Soviética e Joseph Schmidt (ouro nos Jogos Olímpicos de 1960 e 1964) pela Polônia, respectivamente.

Somado a estas “escolas” de salto, o atleta Adhemar Ferreira da Silva (1952, 1956 e 1960) deu origem a um estilo de salto que não privilegiava isoladamente nenhuma das fases, mas sim o equilíbrio entre as três (MOURA, 1996).

Apesar de tais fases serem amplamente utilizadas por alguns autores e técnicos (MARAJ et.al., 1993; MOURA 1996; SIMPSON et.al., 2007; CALDERON; HÉRNANDES, 2009; YU, 2006) para

descrever as características do salto, bem como inferir sobre as capacidades dos saltadores, Prudêncio, (2006) afirma que fatores como individualidade biológica, características antropométricas, diferentes sistemas de treinamento, entre outros, fazem com que as diferenças nas distâncias alcançadas em cada uma das fases invariavelmente existam, tornando como fator preponderante na melhora dos resultados não as dimensões de cada uma das fases do salto, mas sim o reconhecimento das características do atleta e adequação dos sistemas de treinamento.

Corroborando o que foi apresentado por Prudêncio (2006), Kreyer, (1973) outro pesquisador e medalhista olímpico no Salto Triplo em Melbourne 1956, apresenta uma classificação das capacidades físicas que são predominantes em diferentes saltadores de triplo na década de 1960. Dentre elas, o pesquisador cita a velocidade, a força e a habilidade de salto como as três principais características dos atletas, classificando-os da seguinte forma:

Saltadores com características de velocidade, habilidade e força

- ➔ Viktor Saneyev (17m 39cm – México, 1968);
- ➔ Giuseppe Gentile (17m 22cm – México, 1968);
- ➔ Pedro Perez Dueñas (17m 40cm – Cali, 1971).

Saltadores com características de velocidade e habilidade de salto

- ➔ Josef Shimidt (17m 03cm – Roma, 1960)
- ➔ Nelson Prudêncio (17m 27cm – México, 1968)
- ➔ João Carlos de Oliveira (17m 89cm – México, 1975)

Saltadores com características de velocidade e força

- ➔ Jörg Drehmel (17m 31cm – Berlim, 1972)
- ➔ James Butts (17m 24cm – Montreal, 1976)

3.2 Técnica da Modalidade

A Confederação Brasileira de Atletismo (CBAt, 2010) caracteriza o Salto Triplo como uma modalidade de campo que consiste em um salto com impulsão e queda em um só pé, uma passada (com alternância de pernas) e um salto para caixa de areia, nesta ordem. (Figura 1).



Figura 1 . Representação da sequência de utilização das pernas no Salto Triplo (HOMELL, 2009)

Segundo Prudêncio (2006) o Salto Triplo não é uma sucessão de três saltos quaisquer e sim uma relação de impulsos sequenciais em condições bem definidas, as quais levam à autoprojeção do corpo de tal maneira que o primeiro e o segundo salto são realizados com a mesma perna e o terceiro com a perna contrária, completando a sequência do salto na caixa de areia, objetivando alcançar a maior distância possível pela somatória dos três saltos.

Do ponto de vista mecânico, os três saltos são interdependentes e se complementam, uma vez que a realização do terceiro e do segundo saltos dependem estreitamente da corrida de aproximação e do primeiro salto(Ibidem).

3.2.1 Corrida de Aproximação

Sendo o Salto Triplo iniciado por uma corrida de aproximação responsável por imprimir a velocidade horizontal que será distribuída ao longo das três fases do salto, a eficácia da modalidade depende de fatores como a técnica de corrida, velocidade e coordenação.

Desta forma, alguns pesquisadores consideram a velocidade de corrida como fator fundamental para a realização do Salto Triplo. Dentre eles Fukushima et. al. (1983), estimaram, por meio de modelos matemáticos, que para um salto de 18m seria necessária uma velocidade de aproximação de 10,7m/s.

Kreyer (1973) relatou em suas pesquisas velocidades superiores a 10,85m/s para o salto de 17m 86cm realizado por Mike Conley em 1986. Portnoy (1997) apresentou que a velocidade alcançada pelo campeão mundial Jonathan Edwards foi de 11,90m/s para o salto de 18m 29cm em Gotenburgo 1995.

De maneira bastante coerente, Prudêncio (2006) afirma que quanto mais elevada a velocidade da corrida de aproximação, maiores são, potencialmente, as possibilidades de se alcançar melhores resultados. Porém, o autor salienta que o desenvolvimento máximo da velocidade não deve ser o único objetivo do saltador durante a corrida de aproximação.

O saltador deve ser capaz de realizar um primeiro salto compatível com essa velocidade. Agregado a isso deve ser levado em consideração que o primeiro salto se efetua a partir da tábua de 20 cm de largura o que pressupõe uma precisão da corrida no que se refere a frequência e amplitude das passadas (PRUDÊNCIO, 2006, p 27).

Ainda assim alguns pesquisadores não encontraram em seus trabalhos correlações significativas entre a velocidade de corrida e as distâncias saltadas, como Brunetti et al. (2000) que apresentaram que a velocidade de corrida nos últimos 10 metros antes da tábua não se correlacionou significativamente com a distância saltada.

Hutt (1989) e Moura (2003) indicam que esta fraca correlação está no fato de que a complexidade do Salto Triplo requer um número maior de fatores para uma melhora no resultado final. Mais além, Smith e Lees (2003) indicam que o equilíbrio entre as variáveis que garantem o desempenho em um salto (força, velocidade, e técnica) são o fator fundamental para a realização da prova.

3.2.2 Primeiro Salto (Hop)

De acordo com Prudêncio (2006) a primeira fase do Salto Triplo consiste em um salto com os contatos inicial e final na mesma perna, e, por constituir o elo inicial nas sequências de apoios, a correta execução desta fase é decisiva para o resultado final da prova, na medida em que as perdas ocorridas nesta fase não são recuperáveis.

As dificuldades de execução desta fase estão relacionadas, primariamente, à necessidade de se abordar a tábua de salto de forma precisa, em segundo lugar está a velocidade de aproximação e em terceiro, a condição da posição do pé de apoio em relação ao Centro de Massa (CM) do atleta.

Durante esta fase o atleta tem como objetivo principal alcançar a maior distância, sem que isto represente uma diminuição nas fases subsequentes. Para tanto, Hutt (1989) afirma que o pé durante o contato com o solo deve comprimir o solo para baixo e para trás e, posteriormente, ser trazido à frente em um movimento circular.

Na preparação para o segundo salto, a perna de apoio deve ser trazida para o solo com um movimento vigoroso para baixo, fazendo com que o apoio seja realizado mais próximo possível do ponto de projeção do CM do atleta no solo. Tal ação visa manter as condições iniciais da componente horizontal da velocidade do atleta e diminuir a sobrecarga gerada no aparelho locomotor do mesmo. Segundo diferentes autores, essa é a fase do salto em que o atleta recebe as maiores sobrecargas em um só ponto de apoio (CAVANAGH; LAFORTUNE, 1980; WINTER, 1990; MERO et al.,1992; McLAY,1994 apud AMADIO; BARBANTTI, 2000).

Em seu trabalho, Prudêncio (2006) apresenta que nos instantes que precedem o contato com a tábua, os braços do atleta devem estar atrás do corpo, e, no momento da abordagem, os braços devem estar na lateral do corpo ou ligeiramente à frente (Figura 3).



FIGURA 2. Representação gráfica da primeira fase do salto (HOP). Retirado de HOMMEL, 2009.

As ações do braço contrário à perna de apoio nesta primeira fase do salto podem ser realizadas na forma de uma rotação em sentido anti-horário, ou ambos os braços podem ser utilizados de forma pendular para frente, entendendo que esta movimentação tende a diminuir a velocidade horizontal do atleta no momento da abordagem da tábua de salto.

3.2.3 Segundo Salto (Step)

Devido à alternância das pernas o segundo salto é caracterizado como uma ampla passada, e esta fase do salto é invariavelmente a menor das três.

Hutt (1989) afirma que no instante que o atleta abandona o solo (Takeoff), o chão deve ser empurrado para trás com o joelho em total extensão e o tornozelo em flexão plantar, enquanto a perna livre é trazida para frente e para cima de forma rápida e vigorosa, com a coxa estando paralela em

relação ao solo e formando um ângulo de 90° no joelho. Tal ação auxilia na manutenção da posição vertical do tronco e no equilíbrio do atleta.

Diferentemente do primeiro salto, e dependendo da duração da fase de voo, os braços podem trabalhar de forma similar à corrida, caracterizado por um movimento de afastamento ântero-posterior (embora esta movimentação seja mais presente no Salto Triplo feminino), ou ser trabalhado de forma bilateral com os cotovelos fletidos na articulação do cotovelo.

As atribuições fundamentais do saltador durante esta fase consistem em: suportar e superar a sobrecarga vertical oriunda da fase anterior do salto; executar um impulso potente após a passagem do CM sobre o ponto de apoio no solo e manter a maior quantidade da componente horizontal da velocidade. Sendo que o desenvolvimento destas ações de forma conexas auxilia na distribuição adequada do salto e no posicionamento do atleta para a próxima fase do salto.

Até o ponto mais alto da parábola do CM do saltador deve conservar esta posição e à medida que se aproxima do solo a perna é abaixada em um movimento vigoroso como forma de acelerar o contato com o solo para auxiliar na manutenção da componente horizontal da velocidade (figura 4).



FIGURA 3. Representação gráfica da segunda fase do salto (STEP). Retirado de HOMMEL(2009)

3.2.4 Terceiro Salto (JUMP)

Em seu livro Hutt (1989) defende que a última fase do salto (JUMP) é iniciada por meio de um movimento vigoroso da perna de apoio para baixo e para trás. O joelho e o quadril no momento do contato com o solo devem estar em um alinhamento vertical e a perna livre deve ser lançada vigorosamente para cima e para frente com o joelho fletido a 90°, auxiliando na aplicação de força no solo.

Durante esta fase o tronco é mantido na vertical, para a manutenção do equilíbrio do corpo, facilitando a finalização do salto na caixa de areia e devido a já diminuta componente horizontal da velocidade, são raros os casos de atletas que apresentam um estilo de salto com caminhada na fase aérea (semelhante ao salto em distância).

Nesta fase, segundo Prudêncio (2006), os braços podem ser lançados bilateralmente de forma vigorosa para cima e para frente, sendo que tal ação tem o intuito de auxiliar na impulsão do atleta e para equilibrar o tronco do mesmo durante a fase aérea. Outra possibilidade é a utilização da abertura ântero-posterior dos braços, em um movimento semelhante ao da corrida (figura 3).



FIGURA 4. Representação gráfica do terceiro do salto (JUMP). Retirado de HOMMEL (2009).

4. Evolução das análises biomecânicas do Salto

Triplo

Dentro do complexo estudo do movimento humano as atividades esportivas podem ser analisadas sob diferentes pontos de vista, como, por exemplo: a fisiologia, o controle motor, a psicologia esportiva, entre outros. Sob o foco da biomecânica, os estudos cinemáticos analisam as características do movimento sem levar em consideração os mecanismos que geraram este movimento (AMADIO, 1996).

Quando um atleta realiza um determinado gesto motor parte do desempenho está relacionado às capacidades físicas do mesmo, como a força e a velocidade. Porém, parte deste desempenho é determinado pela eficiência com que o atleta faz uso de seu corpo e, principalmente, pela maneira como interage com o meio externo. Sendo assim, e mais especificamente em relação aos saltos, o desempenho alcançado depende não somente da aptidão física e mental do atleta, mas também da técnica utilizada e da forma como o atleta interage com o solo.

Nesse ponto, as análises biomecânicas buscam entender os mecanismos que tornam as técnicas mais eficientes, auxiliar no aprimoramento de um determinado gesto motor, compreender as sobrecargas geradas ao aparelho locomotor para a prevenção de lesões e determinar as principais variáveis que tem influência direta no resultado alcançado, tendo como base as diferentes formas de análise utilizadas pela Biomecânica (Cinemática, Dinamometria, Antropometria e Eletromiografia).

Em um dos estudos realizados na década de 1960, Larkins (1968) apud Cecilia (2009) avaliou a proporcionalidade de cada uma das fases do salto em relação à distância total alcançada, em atletas mulheres inexperientes e experientes e concluiu que estas distâncias, independente do grupo, são determinadas basicamente por fatores como a força, a velocidade e a habilidade de cada atleta. Mais além, apresentou que estas atletas utilizavam a segunda fase do salto (STEP) apenas como uma ligação entre as duas principais fases do salto (HOP e JUMP).

Posteriormente a isso, diversos outros estudos foram realizados como forma de se compreender as relações existentes entre as fases do salto e a distância total saltada (HAY, 1985, 1990, 1999; MILLER, 1986; AL-KALANI; WIDULE, 1990; MOURA, 1996; YU, 2006; SIMPSON et al., 2007; MOHAMMED, et al., 2015).

Nos aspectos que concernem à proporcionalidade das fases em relação à distância total saltada, embora muito pesquisada, existe uma incerteza no modelo que melhor representa o Salto Triplo ideal. Prova disso são as incongruências existentes entre os dados dos autores anteriormente citados, sendo que Hay (1999) apresenta dados dos principais saltos durante os Jogos Olímpicos de 1996, que variam entre Hop-Dominante (49%), Balanceado – (44%) e Jump-Dominante (7%).

Nestes mesmos Jogos Olímpicos, o mesmo autor ainda apresentou os dados dos oito finalistas e concluiu que 49% dos atletas utilizaram a técnica de Hop-dominante, 38% utilizaram a técnica balanceada e apenas 13% utilizaram a técnica Jump-dominante.

Anteriormente a este trabalho, Hay (1990) encontrou dados discrepantes para saltos que foram marcas expressivas na década de 1980, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1. Percentual das fases de salto em relação a distância total alcançada (HAY, 1990)

Atleta (ano)	Marca (m)	HOP (%)	STEP (%)	JUMP (%)
Hoffman (1983)	17,42	38	33	29
Markov (1987)	17,61	36	30	34
Banks (1985)	17,97	35	28	37
Joyner (1984)	17,26	36	29	35

Em seu trabalho, Kreyer (1973) apresenta os resultados do atual recorde mundial (18,29m - 1995) e afirma que os percentuais deste salto são de (33,1%, 28,5%, 38,4%) e apresenta também que em um salto de 18,43m (com assistência do vento 2,4m/s) as parciais foram de 37%, 30%, 33%. Indicando que um mesmo atleta, , pode modificar sua estratégia em função das diferentes condições encontradas na competição (como a ação do vento).

Sendo assim, a proporcionalidade do salto em relação à distância total saltada serve para caracterizar o salto, e não o saltador. Mais além a discrepância entre as pesquisas mostram que definir a estrutura de um salto para um determinado atleta, bem como a metodologia de treino deste a partir apenas da proporcionalidade das fases do salto parece ser uma atitude equivocada.

Outras formas de estudo foram realizadas para melhor entender o Salto Triplo por Yu e Hay (1995), com o intuito de se conhecer os momentos angulares em torno do CM dos três eixos nos instantes de entrada e saída do solo. Posteriormente, os mesmos autores (1999) analisaram a interferência dos membros livres na velocidade do CM corporal e os momentos angulares causados por estes segmentos durante as diferentes fases dos saltos.

Em outros trabalhos realizados para melhor se compreender o Salto Triplo e as sobrecargas geradas ao aparelho locomotor, foram estudadas as Forças de Reação do Solo (FRS) em cada uma das fases do salto (PERTUNNEN et. al, 2000). Nestes estudos os autores encontraram dados semelhantes a trabalhos anteriormente realizados por Ramey e Willian (1985) apud Moura (2006); que apresentaram os maiores picos de Força de Reação do Solo (FRS) na queda para o início do segundo salto (STEP) e que cada um destes apoios gera dois picos distintos de Força de Reação do Solo (FRS).

Este comportamento da curva de FRS determina que o primeiro pico (e o de valor maior) está atrelado ao contato do pé do atleta com o solo, ou o pico passivo, que é causado principalmente pela componente vertical da velocidade e a ação da gravidade e o segundo pico está associado a ação do atleta em comprimir o solo (ou pico ativo).

Ainda como forma de se melhor caracterizar as demandas e respostas causadas pelas sobrecargas geradas ao aparelho locomotor dos saltadores, Haynonen et.al. (2001) realizou um estudo

que examinou as influências destas sobrecargas nas propriedades ósseas dos membros inferiores, avaliando a massa mineral, o tamanho e as propriedades estruturais destes ossos.

5. MATERIAIS E MÉTODOS

As filmagens do Salto Triplo para o presente trabalho foram realizadas durante as etapas do GRANDE PRÊMIO BRASIL DE ATLETISMO (GP) no ano de 2008, competição inclusa no calendário da IAAF (*International Association of Athletics Federation*), durante a etapa do Rio de Janeiro (RJ) no dia 18 de maio de 2008.

Dadas as características da coleta (âmbito competitivo) algumas considerações acerca da metodologia utilizada devem ser feitas. Neste tipo de coleta as características do ambiente não podem ser garantidas, e fatores que vão desde a não colocação de marcadores nos atletas, até fatores como a luminosidade, passando pela oclusão parcial de um ou mais pontos a serem mensurados, podem dificultar (e em alguns casos inviabilizar) a análise dos resultados.

Em contrapartida, somente em ambiente competitivo é que se obtêm os melhores resultados, uma vez que fatores motivacionais, oriundos da própria competição, das premiações e da possibilidade de uma melhor classificação no *ranking* da IAAF, garantem o máximo esforço dos atletas e, devido a isso, conforme salienta Lara (2011), esses dados podem ser utilizados para pesquisas em ciência dos esportes, utilizado por técnicos e atletas, na tentativa de se entender e melhorar o desempenho nos períodos de treinamento.

Desta forma, é importante que se faça um esforço no sentido não de se realizar um julgamento acerca dos valores adquiridos em ambiente competitivo ou laboratorial, visto que a parcela de contribuição de qualquer uma das formas de análises é fundamental para o entendimento da prova, mas sim canalizar esforços para o aperfeiçoamento de ambas as possibilidades de análise.

5.1 Aquisição dos dados

Para a aquisição dos dados foram utilizados três pares de câmeras JVC® (modelo GR-DVL 9500) com frequência de aquisição de 60Hz. As imagens foram gravadas em fitas mini-DV e posteriormente digitalizadas e transferidas para computadores para análise. Os dois primeiros pares de câmeras foram posicionadas na lateral do corredor de salto de tal forma que o primeiro par ficou direcionado para a primeira fase do salto (*HOP*), o segundo par focado na segunda fase do salto (*STEP*) e um terceiro par de câmeras ficou posicionado no final da caixa de salto direcionado para a última fase do salto (*JUMP*). Desta forma, tentou-se garantir um ângulo de 90° entre cada par de câmeras, como mostra a figura 5.

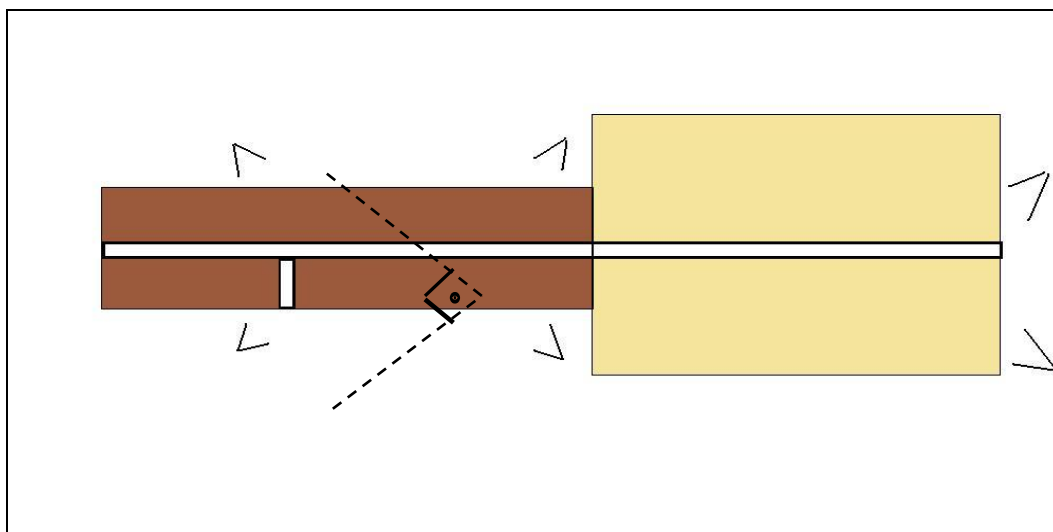


FIGURA 5. Esquema da disposição das câmeras ao longo do corredor de salto e na caixa de salto para o GP Rio de Janeiro 2008.

5.1.1. Calibração das câmeras

Para a calibração das câmeras foi utilizado um sistema móvel de calibração, com um bastão retrátil de 2m 42cm de altura com nove marcadores posicionados em todo o comprimento do bastão com distâncias conhecidas (figura 6).



FIGURA 6. Bastão utilizado para obtenção da calibração das câmeras

Esse bastão foi posicionado em pontos previamente determinados, mensurados ao longo do corredor de salto e na caixa de areia e filmado por cada par de câmeras, como forma de se criar um sistema de referência em todo setor de salto (corredor e caixa de salto), formando, assim, um volume com dimensões conhecidas e nas dimensões necessárias para a medição do Salto Triplo (Figura 7).

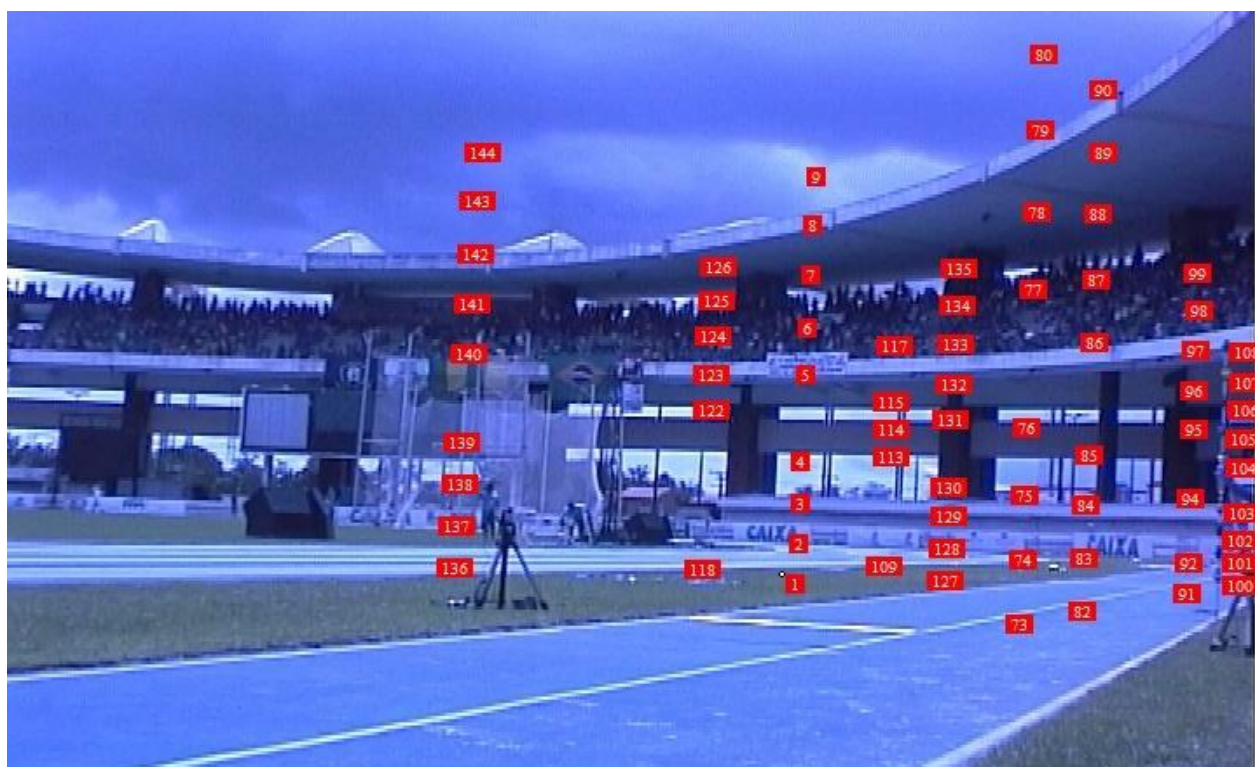


FIGURA 7. Esquematização do volume calibrado ao longo do corredor de salto (Matriz de Calibração)

O sistema global de referência adotado foi definido como estando o eixo “x” paralelo ao corredor em direção do salto, o eixo “y” ortogonal ao eixo “x” apontando para a esquerda, o eixo “z” perpendicular ao solo apontando para cima. O ponto zero ou a origem da medição foi definida no início da tábua de salto (ponto 1).

5.2 Análise dos dados: processamento das imagens

Para o processamento das imagens foi utilizado o sistema Dvideow (Digital Vídeo for Windows) desenvolvido pelo Laboratório de Instrumentação para Biomecânica (LIB) da Universidade de Campinas (UNICAMP) que possui em sua estrutura as ferramentas necessárias para o rastreamento dos pontos anatômicos de interesse nas imagens coletadas (FIGUEROA et al, 2003).

Conforme definido por Barros et al. (2006), para a sincronização entre cada um dos pares de câmeras, foi utilizado um sinal sonoro adicionado à banda de áudio das gravações.

A medição dos pontos foi realizada de forma manual em 18 pontos anatômicos que estão representados na figura 8, com intuito de definir 12 segmentos corporais em cada atleta (cabeça, tronco, braços, antebraços, coxas, pernas e pés - Figura 9) de acordo com o método proposto por Zatsiorsky (1990) corrigido por DeLeva (1996).

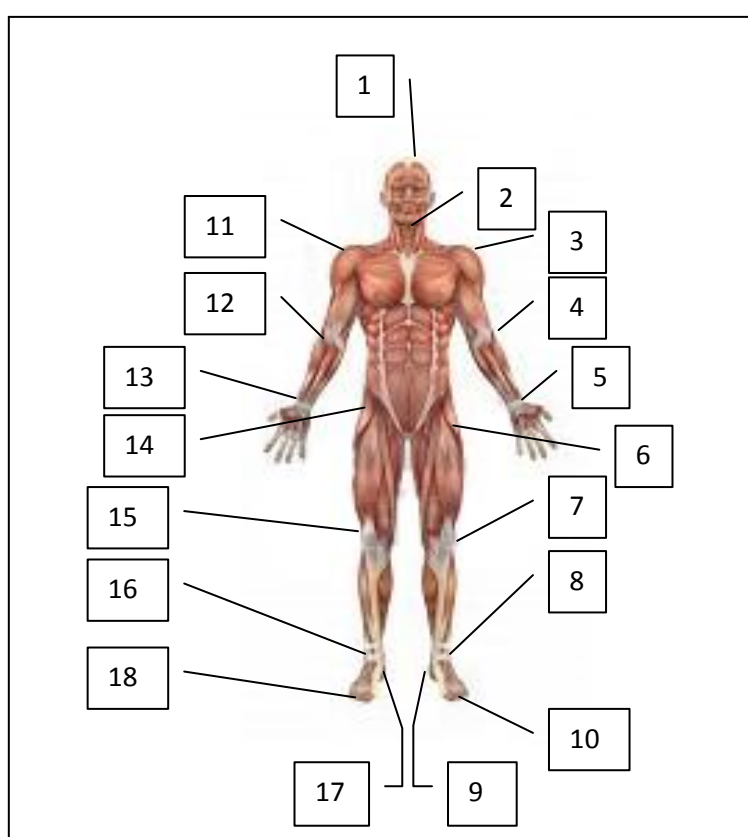


FIGURA 8. Representação do rastreamento dos pontos anatômicos utilizados para reconstrução do modelo corporal em função do tempo.



FIGURA 9. Representação do modelo de reconstrução dos segmentos corporais em função do tempo
(modificado de DeLeva, 1990).

A partir das medições e dos parâmetros de calibração, as coordenadas 3D dos pontos foram obtidas por meio do método DLT (ABDEL-AZIZ E KARARA, 1971) e suavizadas com filtro digital Butterworth de 3ª ordem, com frequência de corte de 6Hz e as coordenadas suavizadas foram utilizadas para determinar o CM de cada um dos atletas.

Para a determinação das variáveis experimentais nas fases do salto (distância alcançada em cada fase, componentes da velocidade – x, y, z –, variação de V_x , distância total e tempo de contato), dois momentos distintos foram utilizados: o início da fase de apoio (Touchdown - *TD*), determinado por meio do frame onde visivelmente o pé do atleta entra em contato com o solo e o início da fase de voo (Takeoff - *TO*), determinado pelo frame onde claramente o pé do atleta deixa o solo em cada um dos saltos (HOP, STEP E JUMP) (LEES, et al., 1994).

A aterrissagem foi determinada por meio do primeiro frame quando os pés do atleta entram em contato com o solo na caixa de areia.

Em todas as fases do salto foram obtidos os parâmetros de distância alcançada, as variáveis tridimensionais de velocidade (V_x , V_y e V_z) e os tempos de contato com o solo.

6. Resultados e Discussão

Foram analisados seis saltos de cinco atletas do gênero masculino de diferentes nacionalidades, considerados de alto nível uma vez que, no ano da competição, oito dos nove finalistas desta prova estavam presentes entre os 50 melhores do mundo segundo ranking da IAAF, quatro conseguiram índice para participar dos Jogos Olímpicos de Pequim (2008) e dois foram finalistas na prova do Salto Triplo (Tabela 2).

Tabela 2. Características antropométricas dos atletas e dados da competição

<i>Sujeito</i> <i>(tentativa)</i>	<i>Estatura (cm)</i>	<i>Massa</i> <i>(kg)</i>	<i>Distância</i> <i>analisada (m)</i>	<i>Salto</i> <i>analisado</i>	<i>% do recorde</i> <i>mundial</i>
Atleta 1 (5°)	178	68	17,51	5	95,7
Atleta 2 (4°)	202	101	17,47	4	95,5
Atleta 3 (6°)	170	77	16,77	6	91,6
Atleta 4 (5°)	175	64	16,50	5	90,2
Atleta 4 (6°)	175	64	16,46	6	89,9
Atleta 6 (3°)	182	75	15,97	3	87,3

Sendo que a utilização das imagens foi autorizada pelo (COB) Comitê Olímpico Brasileiro e pelo organizador da competição CBAt (Confederação Brasileira de Atletismo).

6.1 Dados descritivos

6.1.1 Distância saltada

Por definição o Salto Triplo compreende a distância total alcançada e para efeito de análise, usualmente é dividido em três fases: Hop, Step e Jump. Sendo assim, todas as variáveis cinemáticas apresentadas nessa pesquisa estão basicamente correlacionadas à distância total saltada e não com cada uma das fases do salto.

A distância total alcançada, a distância de cada fase dos saltos, o percentual de cada uma destas fases e o quanto cada salto representa do atual Recorde Mundial estão na tabela 3, sendo que a distância total variou entre 15m 07cm e 17m 51cm. A média dos resultados analisados $16,63(\pm 0,89)$ representa 90% do Recorde Mundial.

Tabela 3. Distâncias saltadas em cada fase de salto, percentual de cada fase em relação a distância total e distância total alcançada

<i>Atleta</i> <i>(tentativa)</i>	<i>Distância Saltada (m)</i>			<i>Fase do Salto (m)</i>			<i>Percentual da Fase (%)</i>			<i>Característica</i> <i>do saltador *</i>
	Oficial	Calculado	Diferença	Hop	Step	Jump	Hop	Step	Jump	
1 (5°)	17,12	17,51	0,39	6,32	5,32	5,87	36	30	34	HD
2 (4°)	17,27	17,47	0,2	6,62	5,17	5,68	38	30	33	HD
3 (6°)	16,45	16,77	0,32	6,12	4,85	5,8	36	29	35	BAL
4 (5°)	16,26	16,50	0,24	6,58	4,39	5,53	40	27	34	HD
4 (6°)	16,24	16,46	0,22	6,47	4,41	5,58	39	27	34	HD
6 (3°)	15,42	15,07	-0,35	6,13	4,61	4,33	41	31	29	HD
Média	16,46	16,63	0,17	6,37	4,79	5,47	39	29	33	--
DP	0,67	0,89	0,26	0,22	0,39	0,57	2,16	1,91	2,71	--

* HD = Hop-Dominante, BAL = Balanceado

Os valores discrepantes entre os valores oficiais (utilizados como registro da competição) e os valores calculados (obtidos para essa pesquisa) justificam-se uma vez que na maioria dos casos os atletas realizaram saltos antes da tábua de salto, distância esta que é desconsiderada durante a competição.

Apenas o valor calculado do atleta 6 é inferior ao resultado oficial da competição, denotando assim uma dificuldade oriunda das análises feitas em competição, uma vez que o posicionamento não permite ajustes durante todo período de competição.

A representação gráfica das fases dos saltos analisados bem como a média de todos os saltos analisados está na figura 10.

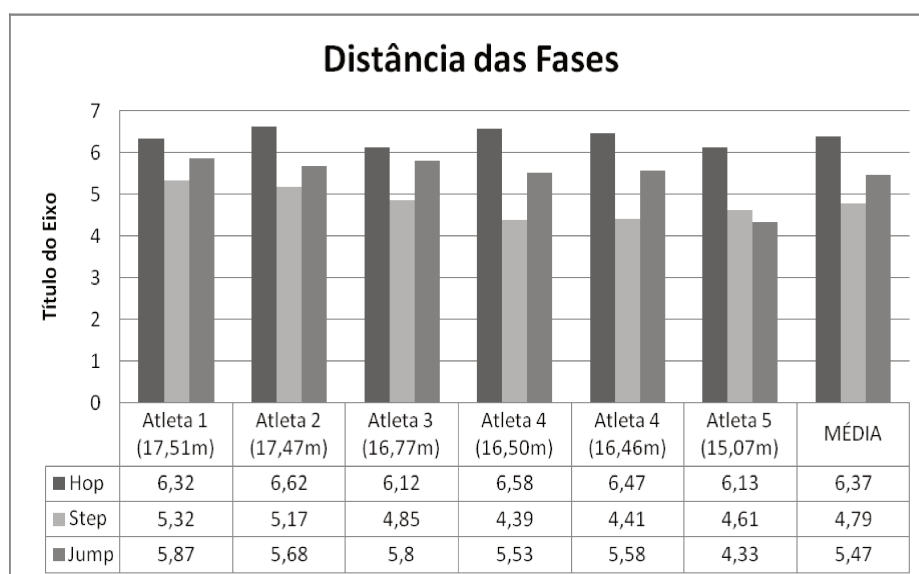


Figura 10. Representação gráfica das distâncias saltadas em cada uma das fases do salto analisados.

Quando analisado apenas pelo ponto de vista da distância, os dados aqui encontrados se mostram condizentes com o nível dos saltadores, sendo que dois saltos estão acima dos 17m e também porque todos os saltos estão acima dos 85% do Recorde Mundial. Cabe ressaltar ainda que nos Jogos Olímpicos de Pequim 2008 (competição realizada no ano seguinte ao início da pesquisa), apenas o último resultado não entraria entre os 8 finalistas dos Jogos Olímpicos de Pequim (2008)

Analisando os dados apresentados acima, observa-se que na proporcionalidade das fases apresentada pelos saltadores, tem-se que a maioria deles apresenta um estilo de salto do tipo Hop-Dominante (HD), no qual a primeira fase do salto é 2% maior do que as demais fases, e apenas um tem um estilo de salto balanceado (BAL) no qual a superioridade de qualquer uma das fases não ultrapassa 2%, em relação às demais.

A maior distância alcançada no Hop, dos atletas aqui apresentados (figura 11) poderia sugerir melhores resultados da distância total alcançada, porém a distância da primeira fase do salto apresentou uma baixa correlação em relação à distância total alcançada ($r = 0,47$), corroborando os dados de Moura (1992) que encontrou uma correlação de $r = 0,31$.

6.1.2 Distância alcançada no Hop

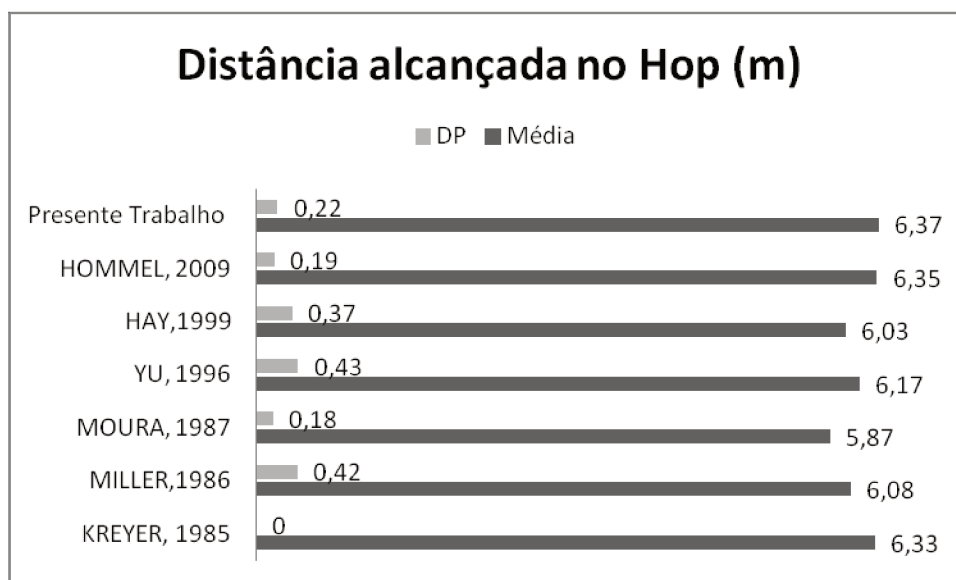


FIGURA 11. Gráfico comparativo dos dados referentes a primeira fase do salto. (Kreyer, 1985; Miller, 1986; Moura, 1987; Yu, 1996; Hommel, 2009)

De forma bastante esclarecedora, alguns dos trabalhos encontrados na literatura (YU, 1996; HAY, 1999; HOMMEL, 2009), apresentaram correlações negativas entre a distância alcançada no Hop e a distância total alcançada no salto. Desta forma, Hay (1992) afirma que buscar o aumento da distância total por meio do aumento do Hop representa uma falha, visto que esta ação pode causar uma diminuição na fase subsequente (Step), desistências do salto e possivelmente lesões.

Em concordância com esta afirmação, tem-se que o aumento exagerado do Hop está atrelado ao aumento da velocidade de abordagem e saída da tábua e da distância alcançada na primeira fase do salto e invariavelmente isto leva a uma sobrecarga no início da segunda fase do salto (Step). Isto comprova os dados apresentados por Ramey e Willians, (1985) e Pertunnen, (2000) que encontraram valores da Força de Reação do Solo (em função do peso corporal) de 12,6 até 15,2 vezes o peso corporal do atleta.

A ação de não exagerar na distância alcançada na primeira fase do salto tem suas fundamentações tanto na sobrecarga gerada ao sistema locomotor, quanto na baixa correlação entre esta fase e a distância total alcançada. Isto pode ser comprovado pela afirmação de Moura (1996) quando apresenta os dados referentes a um atleta brasileiro que obteve seu melhor resultado (17m 03cm) exatamente quando o mesmo diminuiu sua primeira fase do salto.

Somado a isso, Brinberg (2006) encontrou, por meio de modelo matemático que a distância ideal para esta fase está entre 5m e 6m, ou 28% a 33% da distância total alcançada. Mais precisamente o autor afirma que a distância ideal para que o salto como um todo seja maximizada é de 5,6m ou 31% da distância total alcançada.

6.1.3 Distância alcançada no Step

A distância alcançada pelos atletas na presente pesquisa durante a segunda fase do salto ou Step (4m 79cm $\pm$ 0,39m) apresenta-se abaixo do esperado para atletas de nível internacional, em comparação com outros trabalhos encontrados na literatura, como, por exemplo, os trabalhos apresentados na figura 12, ficando comparável apenas com os dados apresentados por Moura (1992), que avaliou atletas até 16 anos (4m 24cm $\pm$ 0,29m).

Embora uma correlação moderada tenha sido encontrada nessa pesquisa entre a segunda fase do salto e a distância total alcançada ($r = 0,68$) seja inferior aos dados encontrados por Moura, (1992) ($r=0,98$), Hay, (1989) ($r=0,80$) e Hommel, (2009) ($r=0,83$), esta correlação indica que a segunda fase do salto possui certa representatividade na distância total alcançada. Desta forma, a baixa distância alcançada, somada à moderada correlação entre a fase e a distância total alcançada contribuíram para o baixo desempenho dos atletas.

Curiosamente Brinberg et al (2006) afirmam que a distância alcançada no Step, mostrou-se independente da distância alcançada na primeira fase do salto, e que desta forma, o valor por ele

encontrado de 4m 30cm, ou 21% da distância total alcançada, é a distância ideal para a fase. Recomendando inclusive que esta fase receba uma menor atenção na execução desta fase, por parte do atleta.

Embora respeitando os achados de Brinberg et al (2006), caso tal afirmação fosse atribuída a todos os saltadores, o estilo de salto balanceado, que foi iniciado por Adhemar Ferreira da Silva (bicampeão Olímpico), não seria possível, uma vez que para este estilo de salto a proporcionalidade está na ordem de 33,3%.

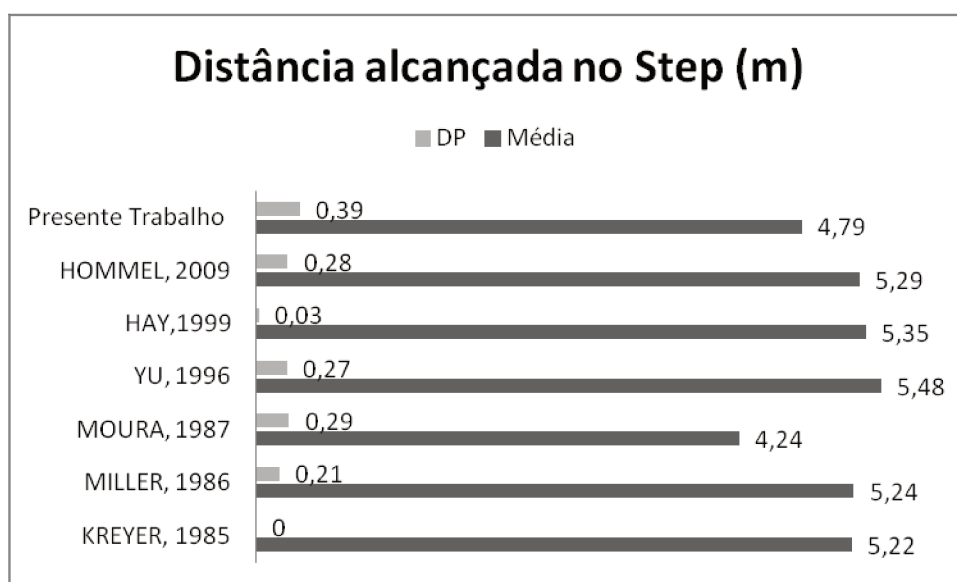


Figura 12. Gráfico comparativo dos dados referentes a segunda fase do salto. (Kreyer, 1985; Miller, 1986; Moura, 1987; Yu, 1996; Hommel, 2009)

6.1.4 Distância alcançada no Jump

Novamente a distância medida na presente pesquisa, em relação à terceira fase do salto ou Jump (5m 47cm $\pm$ 0,39) só foi comparável ao trabalho apresentado por Moura, (1992) com atletas das

categorias de base (5m 41cm $\pm$ 0,24), dando mostras de quais foram os fatores para a redução da distância total alcançada Figura 13).

Isto é, a muito forte correlação entre a última fase do salto tanto dos dados apresentados no presente trabalho ($r = 0,91$), quanto as correlações dos trabalhos Moura (1996) ($r=0,98$); Hay (1999) ($r=0,63$) e Hommel (2009) ($r=0,73$) indicam que esta fase é crucial no desempenho de alto nível, independente da categoria. Uma vez que nos dados apresentados por Moura (1992) com atletas jovens, também foi encontrada uma muito forte correlação ($r = 0,98$) entre a distância alcançada no Jump e a distância total do salto.

Muito embora a alta correlação apresentada entre o Jump e a distância total alcançada no Salto Triplo possa sugerir que a técnica de dominância no Jump seja mais eficiente do que as demais, discussões presentes em periódicos especializados de atletismo (Track Coach), escrito por pesquisadores e técnicos de renome (HAY, 1995; MOURA, 1996), fazem com que nem pesquisadores nem técnicos cheguem a um acordo sobre qual a técnica mais eficiente para a realização do Salto Triplo, ou mesmo se a melhor proporcionalidade do salto existe (ALLEN et.al., 2013).

Estudos e pesquisas mostram que as demais técnicas também são eficientes, visto que ao longo da história diversos saltadores de sucesso se valeram tanto da técnica de dominância no Hop (Saneyev – 17m 39cm citado por Miller, 1986; Conley – 17m 78cm citado por Moura, 1996), quanto da técnica balanceada (Schmidt – 17m 03cm e Silva – 16m , citado por Miller, 1986).

Sendo assim, a técnica adotada parece estar associada à característica do atleta e também a fatores como a velocidade na corrida de aproximação e o comportamento desta componente durante as fases do salto.

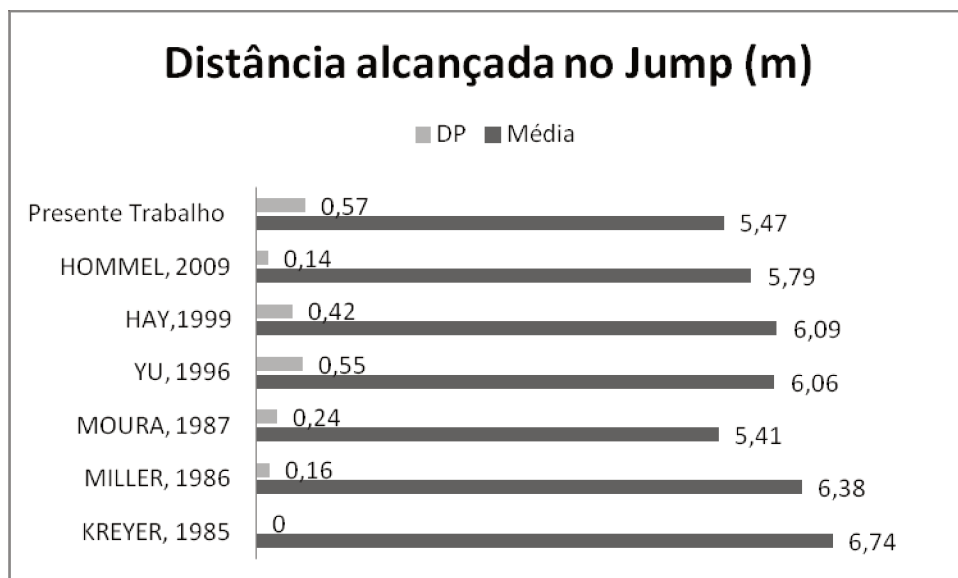


FIGURA 13. Gráfico comparativo dos dados referentes a terceira fase do salto (Kreyer, 1985; Miller, 1986; Moura, 1987; Yu, 1996; Hommel, 2009)

6.2 Velocidade

A distância saltada em cada uma das fases é o produto de uma série de variáveis que determinam de forma quantitativa e qualitativa a expressividade dos resultados. Dentre estas variáveis, encontra-se o valor discreto da componente horizontal da velocidade (V_x) nos instantes de TD e TO, pois como afirma Prudêncio (2006), quanto mais elevada a velocidade de aproximação, maiores serão, em potencial as possibilidades de se alcançar melhores resultados.

De forma semelhante ao comportamento da componente horizontal da velocidade na corrida de aproximação (TD do HOP), o comportamento desta componente da velocidade também se mostrou semelhante aos dados encontrados na literatura para os instantes de TD e TO de cada uma das fases do salto (Tabela 4).

Tabela 4. Valores discretos da componente horizontal da velocidade nos instantes de TD e TO das três fases do Salto Triplo

	<i>V_{xTD}</i>	<i>V_{xTO}</i>	<i>V_{XTD}</i>	<i>V_{xTO}</i>	<i>V_{xTD}</i>	<i>V_{XTO}</i>
	<i>Hop</i>	<i>Hop</i>	<i>Step</i>	<i>Step</i>	<i>Jump</i>	<i>Jump</i>
Presente trabalho	10,24	9,25	8,41	8,03	7,86	6,51
Fukashiro, 1983	9,21	8,65	8,65	8,03	8,03	6,70
Portnoy, 1987	9,66	9,29	8,73	7,79	7,56	6,76
Tsukuno, 2011	9,43	8,75	8,67	7,95	7,85	6,83
Allen, 2013	9,73	8,95	8,53	8,03	7,94	6,60

No que concerne à componente horizontal da velocidade no momento de abordagem da tábua de salto, que representa a velocidade da corrida de aproximação, os valores encontrados no presente estudo ($10,24 \pm 0,41$)m/s são comparáveis aos dados encontrados por diferentes autores que avaliaram saltos de menor distância (BRUNETTI, 2000; TSUKUNO, 2011), mas também por pesquisadores que avaliaram saltos com maiores distâncias do que apresentadas no presente trabalho (FUKASHIRO, 1983; PORTNOY, 1987; Allen, 2013), mostrando que os dados encontrados na presente pesquisa estão de acordo com a literatura.

Embora com valores da componente horizontal da velocidade semelhantes ao presente trabalho Brunneti, (2000) e Tsukuno, (2011) apresentam resultados de distância inferiores aos aqui apresentados, uma vez que Brunneti (2000) realiza suas pesquisas com atletas italianos de nível médio, com distâncias saltadas entre $14\text{m } 76\text{cm} \pm 1,15$ e $16\text{m } 83\text{cm} \pm 1,73$ e Tsukuno et al. (2011) trazem em sua pesquisa resultados de atletas do gênero feminino com distâncias saltadas entre $14\text{m } 99\text{cm} \pm 0,18$ e $15\text{m } 01\text{cm} \pm 0,19$.

Fukashiro et. al. (1983) apresentaram dados obtidos por meio de modelos matemáticos, mostrando que para um salto de 18m seria necessária uma velocidade de aproximadamente 10,70m/s.

Analogamente Portnoy (1997) encontrou que no salto do ex-recordista mundial Mike Conley de 17m 86cm a componente horizontal da velocidade foi de 10,75m/s e no salto que vigora como recorde mundial, o mesmo autor encontrou uma velocidade horizontal de 11,9m/s.

6.2.1 Variação da Velocidade

Poucos trabalhos na literatura apresentam resultados acerca do comportamento da velocidade durante as fases de apoio do Salto Triplo, sendo que a maioria deles apresenta os dados referentes apenas à corrida de aproximação e na saída do solo ou TO, como os trabalhos de Hay e Miller, (1985) e Miller, (1986).

Entretanto, os trabalhos apresentados por Fukashiro, (1983), Portnoy, (1997) e Allen, (2013) trazem referências da componente horizontal da velocidade para os instantes de TDe TO, viabilizando assim a comparação dos dados.

Os dados da componente horizontal da velocidade nos instantes de TD e TO de cada uma das fases do presente trabalho, bem como aqueles encontrados na literatura para os mesmos instantes apresentados (Tabela 5) permitiram avaliar o comportamento desta componente da velocidade durante o tempo de contato dos atletas em cada uma das fases do salto, por meio da fórmula:

$$\Delta v = V_{xTO} - V_{xTD}$$

Onde:

Δv = variação da velocidade;

V_{xTO} = Componente Horizontal da Velocidade no TO

V_{xTD} = Componente Horizontal ad Velocidade no TD

Mais além, os dados apresentados pelos autores anteriormente citados permitiram também avaliar a quantidade total da variação da velocidade durante todo o salto, ou seja, a variação da velocidade do TD do Hop até o TO do Jump (sem que fosse levada em consideração a variação da velocidade durante a fase aérea).

Tabela 5. Apresentação dos dados da variação da velocidade horizontal para todos os atletas.

Autor (ano)	Δ Hop	Δ Step	Δ Jump	Δ Total
Presente trabalho	-0,99	-0,38	-1,35	-2,72
Fukashiro, 1983	-0,56	-0,62	-1,33	-2,51
Portnoy, 1987	- 0,36	- 0,94	- 0,80	- 2,10
Tsukuno, 2011	-0,68	-0,72	-1,02	-2,42
Allen, 2013	- 0,77	- 0,50	- 1,34	- 2,61

Fonte: dados da pesquisa (Fukashiro, 1983; Portnoy, 1987; Tsukuno, 2011; Allen, 2013).

Quando comparados aos estudos encontrados na literatura, a presente pesquisa foi a que apresentou a maior taxa de redução da velocidade nas fases do Hop e do Jump e na variação total da velocidade (Figura 14).

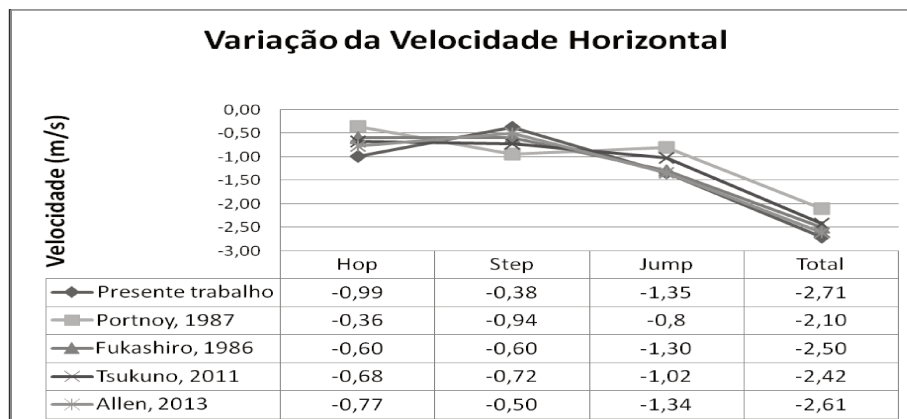


Figura 14. Gráfico da representação gráfica das variações da componente horizontal da velocidade nas fases de apoio do Salto Triplo. (Fukashiro, 1983; Portnoy, 1987; Tsukuno, 2011; Allen, 2013).

Essa pesquisa quando correlacionados os dados da variação da velocidade e a distancia total alcançada, apresentou um $r=0,66$, indicando, segundo Callegari-Jaques (2004) uma forte correlação entre os dados.

Segundo Hay e Miller (1985) fica evidente que a perda da velocidade horizontal durante as fases de apoio foi demasiada para os atletas aqui avaliados, comprovando que a redução desta componente da velocidade durante cada uma das fases de apoio é prejudicial para a distância total do salto.

6.2.2 Velocidade Vertical

Os valores da componente vertical da velocidade em todos os instantes pertinentes a análise aqui apresentada (TD e TO) estão apresentados na tabela 6, porém estes dados não puderam ser comparados com outros resultados, uma vez que a literatura pesquisada apresenta os referidos valores apenas para atletas do gênero feminino (TSUKUNO, 2011) ou para o estudo das Forças de Reação do Solo e não estão atrelados ao desempenho dos atletas (RAMEY, 1985; PERTUNNEN, 2000; HEINONEN, 2001).

Tabela 6. Valores da componente vertical da velocidade nos instantes de Touchdown e Take-off

	<i>HOP</i>		<i>STEP</i>		<i>JUMP</i>	
	<i>TD</i>	<i>TO</i>	<i>TD</i>	<i>TO</i>	<i>TD</i>	<i>TO</i>
1 (5°)	-0,17	2,47	-2,21	2,04	-1,78	2,6
2 (4°)	-0,08	2,83	-2,13	2,1	-1,62	2,57
3 (6°)	-0,22	2,81	-2,75	2,09	-1,5	2,7
4 (5°)	0,03	2,60	-1,88	1,91	-1,52	2,46
4 (6°)	-0,15	2,47	-2,21	2,51	-1,41	2,89
6 (3°)	-0,42	2,33	-2,72	2,03	-2,51	2,58
Média	-0,17	2,59	-2,32	2,11	-1,72	2,63
DP	0,15	0,20	0,35	0,21	0,41	0,15

A tabela 7 traz os valores da componente vertical da velocidade nos instantes de TD e TO do presente trabalho no TO, juntamente com os resultados encontrados na literatura (MILLER, 1986; HOMMEL, 2009; ALLEN, 2013).

Segundo alguns autores (MILLER, 1986; YU, 1999; PANOUTSAKOPOULOS, 2008), pode-se interferir negativamente na capacidade do atleta saltar a próxima fase, uma vez que a Força de Reação do Solo (FRS) sobre o aparelho locomotor pode ser, segundo Pertunnen (2000), da ordem de (7945 $\pm$ 2985)N, (10624 $\pm$ 2872)N e (9056 $\pm$ 2639)N, para o Hop, Step e Jump, respectivamente.

Entretanto, Prapavessis et al., (1999) afirmam que por meio de um sistema adequado de informações (auditivas, sinestésicas e visuais) a sobrecarga gerada no aparelho locomotor, em especial em atletas iniciantes pode ser minimizada, levando a uma otimização do salto, a uma diminuição das FRS e, por conseguinte, melhoras tanto na preservação do aparelho locomotor, quanto aumento na distância alcançada.

Como efeito de comparação, a tabela 7 traz os valores médios da componente vertical da velocidade no instante de TO desta pesquisa, bem como dos poucos trabalhos encontrados na literatura.

Tais dados são amplamente utilizados por pesquisadores para apresentar os resultados da componente vertical.

Tabela 7. Valores da componente vertical da velocidade

	<i>Vz TO_Hop</i>	<i>Vz TO_Step</i>	<i>Vz TO_Jump</i>
Presente Trabalho	2,59	2,11	2,63
Miller, 1986	2,15	1,88	2,58
Hommel, 2009	2,48	2,06	2,63
Allen, 2013	2,03	1,81	2,22

Fonte: Miller, 1986; Hommel, 2009; Allen, 2012.

A correlação linear inversa entre o aumento da componente vertical da velocidade e a redução de sua congênere horizontal durante as fases de apoio apresentada por Yu, (1999) e Allen, (2003) não foi encontrada no presente trabalho.

6.2.3 Velocidade Lateral

A componente lateral da velocidade só apresentou uma forte correlação negativa com a distância total no instante de TO do Step (-0,88) e nas correlações entre a componente lateral da velocidade e a distância alcançada em cada uma das fases, fora encontradas esta variável e a distância alcançada no Step

Tendo como base o sistema de referência adotado, que foi definido como tendo o eixo “y” ou eixo latero-lateral como sendo ortogonal ao eixo x (em direção ao corredor de salto), apontando para a esquerda, os atletas aqui avaliados apresentaram uma tendência de deslocamento para direita, principalmente a partir do Touchdown da segunda fase do salto (STEP).

Aparentemente esta tendência não está atrelada à ordem de ação das pernas, uma vez que dos cinco atletas, três eram destros e 2 dois canhotos e os valores encontrados variaram mesmo no caso onde um mesmo atleta saltou mais de uma vez (atleta 4).

Sendo assim, tal variação da componente lateral da velocidade, parece estar atrelada a fatores como desequilíbrio dos atletas, ou mesmo ao posicionamento adotado pelos mesmos para compensar possíveis desvios laterais do corpo.

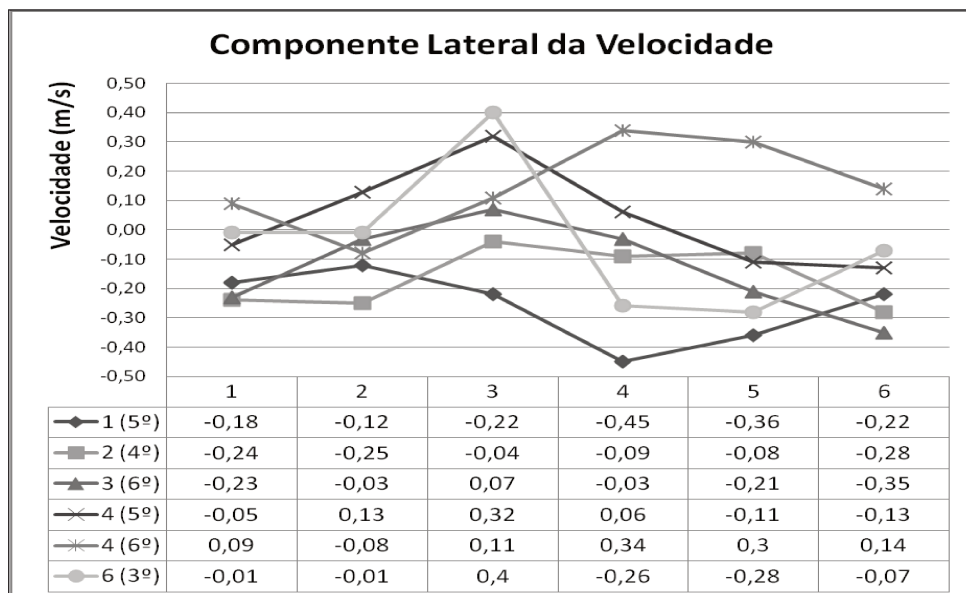


Figura 15. Representação gráfica e tabela da componente lateral da velocidade nos instantes de TD e TO

6.1.4 Tempo de Contato

Os tempos de contato encontrados no presente trabalho foram de $(0,13 \pm 0,01)s$, $(0,16 \pm 0,01)s$; $(0,18 \pm 0,02)s$, para as fases do Hop, Step e Jump, respectivamente. Dados estes, muito semelhantes aos apresentados por Pertunnen et.al. (2000), que encontraram valores de $(0,139 \pm 0,007)s$; $(0,157 \pm 0,009)s$ e $(0,177 \pm 0,010)s$.

Tal variável é uma informação importante para treinadores, uma vez que tanto a redução da velocidade durante os apoios, quanto o aumento do tempo de contato podem afetar de forma ainda mais significativa a componente horizontal velocidade dos atletas, que segundo Fukashiro (1983) é um dos fatores determinantes para a realização do Salto Triplo.

Do ponto de vista do treinamento, a diminuição do tempo de contato se torna uma ação bastante dificultosa, uma vez que os valores encontrados no presente trabalho são semelhantes àqueles já descritos na literatura (PORTNOY, 1997; PERTUNNEN et.al, 2000).

Em contrapartida, um melhor aproveitamento da componente horizontal da velocidade é uma ação exequível e desejável, uma vez que fatores como os métodos de treinamento podem auxiliar na manutenção da referida velocidade.

Dentre estes métodos, podemos destacar os treinamentos de força específica e velocidade (saltos múltiplos), melhora das ações técnicas do salto para um melhor aproveitamento do contato com o solo (aceleração do pé de apoio ainda na fase aérea e melhor posicionamento do pé de apoio em relação ao CM do atleta, entre outros).

7. CONCLUSÃO

Por meio da distância alcançada em cada uma das fases em relação à distância total, verificou-se que o aumento exagerado do Hop prejudicou a segunda fase do salto e consequentemente a distância total.

Diferentemente do preconizado por outros autores, a segunda fase do salto apresentou uma correlação moderada com a distância total do salto, fazendo com a mesma tivesse certa representatividade no salto como um todo. Analogamente, a muito forte correlação positiva existente entre a distância do Jump e a distância total do salto também parece ter afetado de forma negativa o salto.

A componente horizontal da velocidade permite inferir que a velocidade da corrida de aproximação e os valores discretos nos instantes de TD e TO não apresentaram nenhuma correlação significativa com a distância total do salto, uma vez que os dados aqui encontrados são muito semelhantes aos dados apresentados por diferentes autores.

Sendo assim, os motivos pelos quais maiores distâncias não foram alcançadas estão atrelados ao comportamento da componente horizontal da velocidade durante as fases de apoio, mostrando que tão importante quanto a magnitude da corrida de aproximação e dos instantes de TD e TO, é o comportamento da componente horizontal da velocidade em todos os contatos com o solo, levando a crer que a melhora da manutenção na eficiência da aplicação de força é o fator chave para a realização do Salto Triplo.

No que concerne à velocidade vertical, a análise dos dados sugere que o superior vetor velocidade durante o Takeoff levou a uma alteração do ângulo de saída em todas as fases do salto, fazendo com que a parábola da fase aérea dos saltos tenha sido demasiadamente alta.

Desta forma o presente trabalho traz uma mais uma possibilidade de análise para o estudo do Salto Triplo, tanto para o estudo da biomecânica do movimento, quanto para treinamento físico e técnico.

8. Referências Bibliográficas

ABDEL-AZIZ, Y., KARARA, H., *Direct Linear Transformation from Comparator Coordinates into Object Space Coordinates in Close Range Photogrammetry*. Paper from the American Society of Photogrammetry, Symposium on Close Range Photogrammetry, Urbana, pp. 1 – 8, 1971

ALLEN, S.J., KING, MA., YEADON, M. R., *Trade-offs between horizontal and vertical velocities during triple jump and the effect of phase distances*. Journal of Biomechanics, 46, 979 – 983, 2013.

AL-KALANI, M.A., WIDULE, C.J., *Selected kinematics characteristics of intercollegiate women triple jump*. American Journal of Sports Medicine. 18(3)267-270,1990

AMADIO, A.C., *Fundamentos biomecânicos para a análise do movimento*. São Paulo, EEFUSP, 1996

AMADIO, A.,C. BARBANTTI, V.J., *Metodologia Biomecânica para Estudo das Forças Internas ao Aparelho Locomotor: Importância e Aplicações no Movimento Humano*. (Orgs): A Biodinâmica do Movimento Humano e suas Relações Interdisciplinares. Pg. 45 – 70, São Paulo. Ed. Estação Liberdade, 2000

BARROS, R.M.L., *et al. A method to synchronize video cameras using the audio band*. Journal of Biomechanics, 39(4), 776-780, 2006

BRINBERG, J., HURLLEY, B., *An operations research approach to Triple Jump*, Int. Journal Sports Menagement and Marketing, Vol 1, N° 3, 208 – 214, 2006

BRUNETTI, G., BAGGIO, M. BAYRAN, G., CIGNITTI, L., CIOFFI, P., *Analisi della velocità di rancorsa in tripli e tripliste*. *Atleticastudi*. V31. n 3 – luglio/settembre. 2000

CALEGARI-JACQUES, S.M., *Bioestatística: princípios e aplicações*. Porto Alegre: Artmed 2003

CALDERON, V., HERNANDES, A, P., *Perspectivas de evolución del ritmo espacial en los saltadores de triple de alta calificación*. *Revista Digital - Buenos Aires - Año 14 - Nº 132 - Mayo de 2009*

CALDERON, V, P., LEMOS, M, G., *Atuações dos atletas e países na prova de salto triplo do Campeonato Mundial de Atletismo no período entre 1983 e 2009*. *Revista Digital - Buenos Aires - Año 14 - Nº 141 - 2010*

CARDOSO, M., *Os arquivos das olimpíadas*. Ed. Panda, São Paulo, 2000

CBAt., *Regras Oficiais 2010/2011*. <http://www.cbata.org.br/regras/default.asp>, Acesso em Julho de 2010

CECILIA, G, et al., *Ovidius University Annals, Series Physical Education and Sport / SCIENCE, MOVEMENT AND HEALTH*, Vol. 9, ISSUE 2, 2009, Constanta, Romania code 29+ CNCSIS, Indexed Index Copernicus, <http://www.analefefs.ro/analefefs/2009/v2/i2/PAPER%20ABSTRACT%20AND%20FULL%20TEXT.pdf>, Acesso em Julho de 2010.

DOHERTY, K., *Track and Field Ominibook*. *Tafnews Press*, USA, 1981.

De LEVA, P., *Adjustments to Zatsiorsky - Seluyanov's Segment Inertia Parameters*. *Journal of Biomechanics*, Vol 29, 1223 – 1230, 1996

FIGUEROA, P.J., LEITE, N., BARROS., R.M.L., *A flexible software for tracking of markers used in human motion analysis*. Computer Methods and Programs in Biomedicine, 1-11. 2002

FUKASHIRO, S., MIYASHITA, M., *An estimation of velocities of three Take-off phases in 18 triple jump*. Medicine and Science in Sports and Exercise, v 15, n. 4, 309 – 312, 1983

HAMEY, M, H., WILLIAMS, K, R. *Ground Reactions Forces in the Triple Jump*. International Journal of Sports Biomechanics. 1, 233 – 239, 1985

HAY, J.G., MILLER, J.A., *Techniques Used in Triple Jump*. International Journal of Sports Biomechanics, 1. 185 – 196, 1985

HAY, J., *The Biomechanics of Triple Jump*. Paper presented in 1^a Conference on Techniques in Athletics; Cologne, West Germany, June, 1990

HAY, J.G., *Citius, altius, fortius (faster, higher, longer): The biomechanics of jumping distance*. Journal of Biomechanics 26, 7 – 21. 1993

HAY, J.G., *The case of Jump-Dominant technique in the Triple Jump*. Track and Coach, 1995

HAY, J., *Effort Distribution and Performance of Olympic Triple Jump*. Journal of Applied Biomechanics. 15, 36 – 51, 1999

HAYNONEN, A. et al., *Mineral Mass, Size, and Estimated Mechanical Strength of Triple Jumpers' Lower Limb*. Bone, Vol 29, 3, 279 – 285, 2001

HOMMEL, H., et al., *Biomechanical Analyses of Selected Events at the 12° IAAF World Championship in Athletics*, Berlin 15 – 23 August, 2009

HUTT, E., *The Triple Jump: Model Technique analysis sheet for horizontal jumps part II – Triple Jump*. New Studies in Athletics, 4(3):63-66, 1989

IAAF., *International Association of Athletics Federation*. www.iaaf.org.br. Acesso em Junho de 2008

KREYER, V., *The world record of Viktor Saneyev*. Track and Field. no 11, 1973.

KREYER, V., *About Female Triple Jump* (1992) <http://www.athleticscoaching.ca>, Acesso em Julho de 2008

KREYER., V., *The Keys to Jonathan Edward's success* (2008), <http://www.athleticscoaching.ca>, Acesso em Julho de 2010

LARA, J.P.R., *Análise cinemática tridimensional do salto em distância de atletas de alto nível em competição*. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Educação Física da Universidade de Campinas (UNICAMP) 2011

LEES. A, GRAHAN-SMITH. P, FOWLER N., *A Biomechanical Analysis of the last stride, Touchdown, & takeoff characteristics of man's Long Jump*. Journal of Applied Biomechanics, 10, 61-78 (1994)

LINTHORN. N.P., GUZMAN, M.S., BRIDGETT, L.A., *Optmun Take-off angle in Long Jump*. Journal of Sports and Sciences. Jul. 23(7):703 – 712. 2005

MARAJ, B., et al., *The Effect of Non Regulatory Stimuli on the Triple Jump Approach Run*. Research Quarterly for Exercises and Sports, 69, 2, 1998

MILLER, J.A., HAY, J.G., *Kinematics of World-Class performance in triple jump*. International Journal of Sports Biomechanics. 2, 272 – 288. 1986

MOURA, N.A., *Contribuição Relativa das Três Fases do Salto Triplo para o Desempenho Final: um Estudo de Caso*. Revista Brasileira de Ciência do Movimento. 25 – 28, 1992

MOURA, N.A., *Is the Jump-dominated Technique in the Triple Jump Best for all?*. Track and Field Coach, 136:4352 – 4353, 1996

MOURA, N.A., MOURA, T.F.P., *Campeonato Mundial Indoor – Birmingham Análise Técnica dos Atletas Brasileiros de Saltos*. Relatório desenvolvido para a Confederação Brasileira de atletismo. 2003

MOURA, N.A., *Buscando entender a relação entre velocidade de abordagem e desempenho em saltos horizontais: estudo a partir de atletas de elite do Troféu Brasil de atletismo 2003*. Revista Brasileira de Ciência e Movimento, 13(3) 17 – 22, 2005

MOURA, N. A., *Relação entre as distâncias parciais no Salto Triplo e o desempenho em competição*. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade Metodista de Piracicaba, 2006

NICOLINI ,H., ROCHA, A.A., *Olimpismo no Brasil: medalhas e classificações*. São Paulo, Ed. Phorte, 2008

PANOUSAKOPOULOS, V., KOLLIAS, I. A., *Essential parameters in female triple jump technique*. New Studies in Athletics, IAAF, 23 (4), 53 – 61, 2008

PERTUNNEN, J., et al., *Biomechanical Loading in Triple Jump*. Journal of Sport Science, 18, 363 – 370, 2000

PORTNOY, G., *Differences in Some Triple Jump Rhythm Parameters*, <http://www.athleticscoaching.ca/?pid=7&spid=37&sspid=63>, (1997), Acesso em: Maio de 2009

PRAPAVESSIS, H., McNAIR, P.J., *Effects of Instruction in Jumping Technique and Experience Jumping on Ground Reaction Forces*. Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy 1999;B (6) 352-356.

PRUDÊNCIO, N., Salto Triplo: *O sistema de preparação do desportista – da detecção à promoção de talento*. Tese de doutorado – Faculdade de Educação Física UNICAMP 2006

RAMEY, M. R., WILLIAMS, K. R., *Ground Reaction Forces in Triple Jump*. International Journal of Sports Biomechanics. 1, 233 – 239, 1985

SIMPSON, S. et al., *The Changes in Effort Distribution from Novices to Experienced Performers in Triple Jump*. XXV ISBS Symposium, Ouro Preto – Brasil, 2007

SMITH, P.G., LEES, A., *“Balance” in horizontal jumps*. Track Coach, 163:5220, 2003

TSUKUNO, A., et al., *Analysis of takeoff motion for the world top female triple jumpers*. Portuguese Journal of sports Science, 11 (Supl. 2) 2011

YU, B., and HAY, J.G., *Angular Momentum and Performance in the Triple Jump: Cross Sectional Analysis*. Journal of Applied Biomechanics. 11, 81 – 102, 1995

YU, B., HAY, J.G., Optimum Phase Ratio in the Triple Jump. *Journal of Biomechanics*. 29, 1283 – 1289, 1996

YU, B., *Horizontal-to-vertical velocity conversion in the Triple Jump*. Journal of Sports and Science, 17,221-229. 1999

YU, B., *Effects of Phase Ratio on Performance in the Triple Jump*. Journal of Biomechanics. Vol 39, (Suppl. 1), 2006

ZATISIORSKY V.M., SELUYANOV V., CHUGUNOVA, L., *In vivo Body Segment Inertial Parameters Determination Using a Gamma-Scanner Method*. In: Berne, N. Cappozzo, A.: Biomechanics of human movement application in Rehabilitaiton, Sports an Ergonomics, Bertec Corporation. USA, 1990.

Anexo 1. Relação de atletas brasileiros nas participações nos Jogos Olímpicos

COLOCAÇÃO	ATLETAS	DISTÂNCIA (m)
LONDRES 1948		
5º	Geraldo de Oliveira	14,82
8º	Adhemar F. da Silva	14,49
14º	Helio Coutinho da Silva	14,31
HELSINKE – 1952		
1º	Adhemar F. da Silva	16,22
7º	Geraldo de Oliveira	14,95
17º	José Telles da Conceição	14,46
MELBORNE – 1956		
1º	Adhemar F. da Silva	16,35
ROMA – 1960		
14º	Adhemar F. da Silva	15,07
MEXICO – 1968		
2º	Nelson Prudêncio	17,27
MUNIQUE – 1972		
3º	Nelson Prudêncio	17,05
MONTREAL – 1976		

3°	João Carlos de Oliveira	16,90
-	Nelson Prudêncio	16,22
MOSCOU – 1980		
3°	João Carlos de Oliveira	17,22
LOS ANGELES – 1984		
-	Abcélvio Rodrigues	16,12
SEUL – 1988		
21°	Jorge Silva	15,95
35°	Abcélvio Rodrigues	15,13
BARCELONA – 1992		
--	Anísio Sousa Silva	16,03
--	Jorge Luiz Teixeira da Silva	15,64
ATLANTA – 1996		
18°	Anísio Souza Silva	16,67
22°	José Batista Messias	16,45
ATHENAS – 2004		
5°	Jadel Gregório	17,31
PEQUIM – 2008		
6°	Jadel Gregório	17,20
	Jeferson Sabino	16,45

LONDRES – 2012		
14º	Jhonatan Henrique da Silva	15,59

(Modificado de CARDOSO, 2000/2004 e <http://www.iaaf.org/> - 12/12/2008)