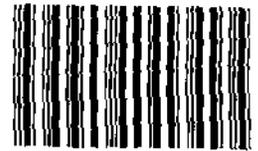


**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA**

Caio César Juliani de Campos

**Análise Cinemática
Tridimensional do Lançamento
de Martelo de Atletas Nacionais
e Internacionais em
Competição: Resultados
Preliminares**

Campinas
2007



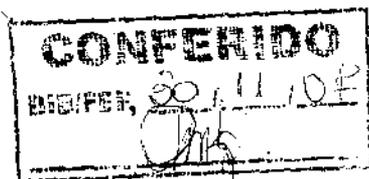
Caio César Juliani de Campos

**Análise Cinemática
Tridimensional do Lançamento
de Martelo de Atletas Nacionais
e Internacionais em
Competição: Resultados
Preliminares**

Trabalho de Conclusão de Curso
(Graduação) apresentado à Faculdade de
Educação Física da Universidade
Estadual de Campinas para obtenção do
título de Bacharel em Educação Física.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Machado de Leite Barros

Campinas
2007



ANDRÉIA DA SILVA MANZATO
Bibliotecária - CRB 7292
FEF/UNICAMP - Matr. 28703-6

UNIDADE FEF/1251
N.º CHAMADA:
Tcc/Unicamp
C198a
V. _____ Ex. _____
TOMBO BC/ 3535
PROC _____
C D
PRFCO 2611,00
DATA 25/03/08
N.º CPD 429933

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA FEF – UNICAMP

C198a Campos, Caio César Juliani de.
Análise cinemática tridimensional do lançamento de martelo de atletas nacionais e internacionais em competição: resultados preliminares / Caio César Juliani de Campos. – Campinas, SP: [s.n.], 2007.

Orientador(a): Ricardo Machado de Leite Barros.
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Faculdade de Educação Física, Universidade Estadual de Campinas.

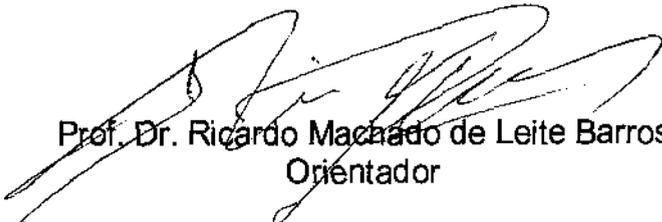
1. Biomecânica. 2. Cinemática. 3. Arremesso de martelo. I. Barros, Ricardo Machado Leite de. II. Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação Física. III. Título.

asm/fef

Caio César Juliani de Campos

**Análise Cinemática Tridimensional do
Lançamento de Martelo de Atletas
Nacionais e Internacionais em
Competição: Resultados Preliminares**

Este exemplar corresponde à redação final do Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) defendido por Caio César Juliani de Campos e aprovado pela Comissão julgadora em: 05/11/2007.



Prof. Dr. Ricardo Machado de Leite Barros
Orientador

Prof. Dr. Luciano Allegretti Mercadante

Prof. Dra. Vera Aparecida Madruga Forti

Dedicatória

Dedico este trabalho ao meu Pai, Ari de Campos Júnior, e a minha Mãe, Cléa Teresa Juliani de Campos, com todo carinho e gratidão.

Agradecimentos

Primeiramente, agradeço aos meus pais e aos meus irmãos, por sempre estarem comigo em todos os momentos da minha vida e por me oferecerem todo suporte para realizar essa conquista, de todos nós.

Ao meu tio Antônio Carlos (Talo) e sua família, por todo apoio durante esses quatro anos de faculdade.

A todos moradores da gloriosa Rep Our, em especial aos pioneiros: Koto e Leão. Grandes momentos que com certeza vou guardar durante toda a minha vida.

A todo pessoal da FEF e da inesquecível sala (04 D), em especial aos amigos: Koto, Jotinha, Dú, Fernandinho (Mendigão), Vanessonna, Badur, Leão, Thaís, Luana, Vivi, Pri, Cris, Polly e Naty.

A todo pessoal do LIB, que contribuiu de alguma forma para este trabalho, em especial ao amigo Thomaz, pela paciência e companheirismo e ao Professor Luciano, que apesar do pouco contato, mostrou-se sempre disposto a colaborar.

Ao Professor Dr. Ricardo Machado de Leite Barros, pela orientação e por acreditar na realização desse trabalho.

E finalmente a Deus...

CAMPOS, Caio C J. Análise Cinemática Tridimensional do Lançamento de Martelo de Atletas Nacionais e Internacionais em Competição: Resultados Preliminares. 2007. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação)-Faculdade de Educação Física. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

RESUMO

A análise biomecânica nos esportes tem como objetivo uma melhora no desempenho dos atletas. O desenvolvimento de novas metodologias que possibilitem a quantificação das variáveis na modalidade lançamento de martelo pode fornecer elementos para uma análise da técnica dos atletas. Este estudo teve como objetivo analisar as variáveis cinemáticas tridimensionais (velocidade, ângulo e altura de saída do martelo) de lançadoras internacionais e brasileiras de martelo de alto nível durante o Grande Prêmio de Atletismo realizado na cidade do Rio de Janeiro em maio de 2007. Foram utilizadas quatro câmeras a uma frequência de 100Hz para aquisição das imagens. A medição das coordenadas de tela e a reconstrução 3D da trajetória da cabeça do martelo foram realizadas no sistema DVideo. Foram analisados seis lançamentos, um para cada atleta. A distância horizontal média encontrada foi de 60,1 m. As variáveis de saída (ângulo, velocidade, altura) tiveram média de 42,7°, 24,9m/s e 1,9m, respectivamente.

Palavras-Chave: Biomecânica; Análise cinemática; Lançamento de martelo.

CAMPOS, Caio C J. 3D Kinematical Analysis of the Hammer Throw of National and International Females Athletes in competition: Preliminary results. 2007. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação)-Faculdade de Educação Física. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

ABSTRACT

The biomechanical analysis in sports focuses the performance improvement of the athletes. The development of new methods that allow the quantification of the variables in the hammer throw can provide elements for an analysis of the art of athletes. This study aimed to examine the three-dimensional kinematics variables (velocity, angle and height at the instant of the release) the international and Brazilian hammer throwers of the high-level during the Grand Prix of Athletics held in Rio de Janeiro on May 2007. Four cameras at a frequency of 100Hz were used for the images acquisition. The screen coordinates measurement and 3D reconstruction of the hammer head trajectory were made in the DVideo system. Six throws were reviewed, one per athletes. The average horizontal distance found was 60,1m. The variables of instant of release(angle, velocity, height) had an average of 42,7°, 24,9m/s e 1,9m, respectively.

Keywords: Biomechanics, Kinematical analysis, Hammer throw.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Variáveis de saída	19
Tabela 2	Média e desvio padrão das atletas analisadas no Grande Prêmio Rio Caixa de Atletismo e das finalistas de Sevilha 1999	20
Tabela 3	Variáveis de saída: Atleta 1 (Grande Prêmio Rio Caixa de Atletismo) e Terceira colocada (finalista em Sevilha 1999)	20

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas
FEF	Faculdade de Educação Física
LIB	Laboratório de Instrumentação para Biomecânica
CBAt	Confederação Brasileira de Atletismo
IAAF	International Association Athletics Federation
GP	Grande Prêmio de Atletismo
Kg	Quilograma
m	Metros
s	Segundos
mm	Milímetros
Hz	Hertz

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVO	15
3 METODOLOGIA	16
3.1 Coleta de Dados	16
3.2 Sistema de Calibração.....	16
3.3 Sincronização.....	17
3.4 Medição.....	17
3.5 Determinação das variáveis preditoras.....	18
3.6 Dados Utilizados.....	18
4 RESULTADOS	19
4.1 Análise Inter-A atleta.....	19
4.2 Curvas de Velocidade.....	20
5 DISCUSSÃO	22
6 CONCLUSÃO	24
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25

1 Introdução

A análise biomecânica nos esportes tem como objetivo uma melhora no desempenho dos atletas. A execução da técnica perfeita ou a descoberta de uma técnica nova e mais eficaz pode gerar melhores resultados. (MCGINNIS, 2002)

O lançamento de martelo por ser um esporte que combina inúmeras habilidades e capacidades, tem-se a necessidade do desenvolvimento de metodologias que possibilitem a quantificação das variáveis na modalidade, permitindo, dessa maneira, uma análise da técnica dos atletas. (ZATSIORSKY, 2000)

De acordo com Zatsiorsky (2000) o lançamento de martelo moderno originou-se durante os séculos XVIII e XIX, na Irlanda e na Escócia e era o esporte de fazendeiros e trabalhadores. Sua origem foi estabelecida em uma combinação de lazer, guerra e trabalho.

O lançamento de martelo consiste em propelir o implemento com o intuito de atingir a maior distância possível em relação ao lançador, dentro de uma área delimitada de aterrissagem. As regras em relação ao comprimento e massa do martelo foram estabelecidas em 1887 nos EUA, sendo determinada a massa de 15 libras (6,8kg) para homens e a extensão do cabo de 4 pés (1,215m), porém em 1891 foi alterada a massa para 16 libras (7,26kg) com o mesmo comprimento do cabo, que mantém como medida atual. O martelo, na categoria feminina, possui massa de 4 kg e cabo com extensão de 1,195m. A aceleração do martelo ocorre em um círculo de concreto com um diâmetro interno de $2,135\text{m} \pm 5\text{ mm}$.

O lançamento de martelo é considerado umas das provas mais difíceis do atletismo. Necessita-se de um longo período para domínio da técnica da modalidade, que consiste basicamente na empunhadura, posição de partida, balanceio para os molinetes, molinetes, giros, lançamento propriamente dito e reversão. (SCHMOLINSKY, 1982).

Entre as mulheres, o lançamento de martelo obteve uma rápida melhora quando se tornou um evento olímpico, em 1999 quatro mulheres lançaram o martelo acima da marca de 70m (Melinte, da Romênia, Kusenkova e Konstantinova, da Rússia, e Ellerby, dos EUA). (ZATSIORSKY,2000)

O atual recordista mundial masculino da modalidade é Yuri Sedykh da antiga União Soviética, lançou o martelo à distância de 86,74m no mundial de Stuttgart em 1986. A

recordista mundial feminina é Tatyana Lysenko da Rússia com a distância de 78,61m no mundial de Sochi em 2007.

O recordista brasileiro é Wagner Domingos, que lançou o martelo a 69,73 m em 2006, enquanto a recordista brasileira é Katiuscia de Jesus com a distância de 64,58 m, lançado também em 2006.

Na década de 50, empreendida pelos antigos arremessadores de elite, foi realizada a primeira pesquisa biomecânica aplicada na antiga União Soviética, um dos motivos para os desempenhos destacados de seus atletas. (ZATSIORSKY, 2000)

Dapena em 1984, utilizando-se de duas câmeras 50 Hz e vinte e um pontos conhecidos no corpo do lançador, determinou o centro de massa do atleta e usou o centro da cabeça do martelo como centro de massa do implemento, encontrando suas coordenadas nas três dimensões. Foi um dos primeiros a realizar análises cinemáticas tridimensionais na modalidade. Analisou vinte e nove lançamentos de atletas internacionais de alto nível, sendo vinte e três lançamentos masculinos e seis femininos em uma sessão de treino e quatro competições, obtendo as três principais variáveis preditoras: altura, ângulo e velocidade do martelo no instante de saída do martelo das mãos do atleta. Determinou as curvas de velocidade em função do tempo e analisou o deslocamento do centro de massa, tanto do lançador quanto do sistema lançador-martelo.

O fator mais importante para a otimização da distância é a velocidade de saída, devida esta ser uma medida proporcional à energia cinética do martelo. Quanto maior a altura de saída do martelo, determinada pela constituição física e pela técnica do atleta, maior será a distância atingida no lançamento. (ZATSYORSKY, 2000)

O ângulo de saída considerado ótimo para se obter a maior distância possível, segundo Dapena (1984), deve estar entre 43° e 44°. Em geral, os atletas realizam de três a quatro giros antes do lançamento do martelo. Cada giro apresenta duas fases distintas – fase de apoio simples e fase de duplo apoio. A fase de apoio simples, fase de desaceleração do martelo, corresponde ao momento em que o atleta possui apenas um pé em contato com o solo e gira em torno do seu eixo longitudinal, enquanto na fase de duplo apoio, o martelo acelera e o lançador possui os dois pés em contato com o solo. Dapena (1984) enfocou a possibilidade da aceleração e desaceleração do martelo não corresponderem diretamente às fases de duplo apoio e apoio simples, respectivamente.

O tempo de duração de cada fase pode determinar a eficiência do lançamento e servir como um critério para diagnóstico de desempenho, lançadores de alto nível tendem a possuir uma fase de duplo apoio mais duradoura que lançadores de baixo desempenho ou pouco treinamento. (ZATSYORSKY, 2000)

O Laboratório de Instrumentação para Biomecânica (LIB) da Faculdade de Educação Física (FEF), localizado na UNICAMP vem desenvolvendo metodologias para análise cinemática tridimensional do lançamento de martelo.

Miana et al (2005); utilizando-se de quatro câmeras a 60 Hz, desenvolveram um método para análise cinemática 3D de lançamentos de martelo baseado no sistema Dvideow, onde foram realizadas as aquisições das imagens e feito o rastreamento do martelo de forma semi-automática. A calibração das câmeras foi realizada utilizando pontos previamente medidos na gaiola de proteção. A reconstrução 3D também foi feita pelo método DLT (Direct Linear Transformation). Foram calculadas as curvas de velocidade em função do tempo de cada lançamento. As curvas foram sincronizadas pelo instante de saída do martelo.

Mercadante et al (2005) analisaram e compararam a variabilidade das curvas de velocidade do martelo de dois atletas brasileiros de alto nível durante os giros. Foram estudados 10 lançamentos de cada atleta, utilizando-se de quatro câmeras a 60 Hz. Os resultados permitiram caracterizar e diferenciar os padrões e variabilidade dos movimentos de cada atleta.

Mercadante et al (2007) analisaram os melhores lançamentos de seis atletas brasileiros (três atletas do sexo masculino e três atletas do sexo feminino) em três importantes competições nacionais. Foram utilizadas quatro câmeras a 60 Hz. As variáveis de saída foram obtidas e quando comparadas às atletas internacionais, os resultados permitiram concluir que as atletas nacionais possuem valores menores de velocidade de liberação do martelo.

2 Objetivo

Este estudo teve como objetivo analisar as variáveis cinemáticas tridimensionais, velocidade, ângulo e altura de saída do martelo, do lançamento de martelo de atletas nacionais e internacionais de alto nível durante o Grande Prêmio Rio Caixa de Atletismo realizado na cidade do Rio de Janeiro em maio de 2007.

3 Metodologia

3.1 Coleta de dados

Para esse estudo foi realizada uma coleta de dados no Grande Prêmio Rio Caixa de atletismo, na cidade do Rio de Janeiro no dia 13 de maio de 2007, organizado pela Confederação Brasileira de Atletismo (CBAt).

Participaram do campeonato nove atletas nacionais e internacionais, e foram coletados os 27 lançamentos validados pela arbitragem.

Para essa pesquisa foram analisadas seis atletas, um lançamento para cada. Para a aquisição da seqüência de imagens foram utilizadas quatro câmeras digitais BASLER A602fc conectadas a um desktop, utilizando uma interface específica do sistema Dvideo.

As câmeras foram posicionadas atrás da gaiola de proteção da área de lançamento, formando um semicírculo, a uma distância entre elas de aproximadamente 5 metros.

3.2 Sistema de Calibração

Para a calibração das câmeras foram utilizados seis calibradores de 2,20 metros de altura, com quatro marcas cada um, totalizando vinte e quatro pontos. As posições dos pontos em cada calibrador foram previamente medidas no Laboratório de Instrumentação para Biomecânica (LIB). Posteriormente, os calibradores foram distribuídos em torno da área de lançamento, definindo o volume de calibração. Por fim, as distâncias entre os calibradores foram medidas e as posições 3D de cada ponto do calibrador foram calculadas.

Os calibradores foram posicionados na área de lançamento formando o volume necessário para enquadramento da cabeça do martelo durante os giros do atleta.

Os calibradores foram posicionados após o término da competição, a fim de não interferir no andamento da prova. As câmeras ficaram estáticas durante toda a coleta.

3.3 Sincronização:

A falta de sincronização entre as câmeras convencionais deve-se a defasagem do tempo existente entre elas, que é a diferença em tempo entre os registros obtidos em um dado instante. Para uma melhor acurácia nos resultados, é necessário, nesse caso, realizar uma sincronização por software, obtendo as coordenadas simultâneas entre as seqüências de imagens.

As câmeras utilizadas fornecem em microssegundos o tempo de formação da imagem. Com essa informação foi possível ajustar a defasagem de tempo de registro das imagens nas câmeras. A partir de uma câmera de referência foi realizada a sincronização das outras em ambiente Matlab.

3.4 Medição:

A medição das coordenadas de tela, a calibração e a reconstrução 3D da trajetória da cabeça do martelo foram realizadas no Sistema Dvideo.

Foram possíveis analisar apenas os últimos frames de cada imagem, por motivos de oclusão da cabeça do martelo, contraste e luminosidade das imagens. As coordenadas foram medidas e re-medidas em virtude de tais problemas.

Cada coordenada x,y,z da trajetória foi suavizada utilizando um filtro tipo Butterwoth, com frequência de corte de 6Hz para suavização das coordenadas da trajetória da cabeça do martelo, e os dados foram interpolados na ordem de 10 vezes.

Foram testados diferentes valores do parâmetro de suavização e a escolha foi baseada na qualidade e no padrão das curvas de posição nos eixos x, y, z e na reconstrução 3D da trajetória da cabeça do martelo.

3.5 Determinação das variáveis preditoras:

O instante da saída do martelo das mãos do lançador foi determinado pela velocidade máxima atingida pela cabeça do martelo, pois a partir deste ponto o martelo tem apenas a resistência do ar e a força da gravidade agindo sobre o mesmo, diminuindo sua velocidade. Nesse instante, foram calculadas as variáveis preditoras da distância horizontal do lançamento. A velocidade de saída (V) corresponde à norma do vetor velocidade no instante da saída do martelo. A altura de saída (H) é dada pela coordenada z do vetor posição da cabeça do martelo, que indica sua altura em relação ao solo. O ângulo de saída (α) é calculado entre o vetor correspondente à velocidade da cabeça do martelo no instante de saída e a horizontal.

3.6 Dados utilizados:

Participaram da competição nove atletas internacionais e nacionais, foram filmados os 27 lançamentos validados pela arbitragem, porém neste estudo foram analisadas seis atletas, um lançamento para cada atleta, no total de seis lançamentos.

De acordo com a IAAF, as atletas 1,2 e 3 encontram-se posicionadas entre as dez melhores lançadoras de martelo no ranking mundial. A atleta 5 é a atual recordista brasileira do lançamento de martelo.

4 Resultados

4.1 Análise Inter-Atleta:

Os resultados das variáveis (velocidade, ângulo e altura de saída) obtidas no Grande Prêmio de Atletismo, assim como a média e o desvio padrão estão apresentados na tabela 1. As atletas 1,2,3,4 são internacionais, enquanto as atletas 5 e 6 são brasileiras.

A tabela 1, não corresponde à classificação final do Grande Prêmio de Atletismo 2007, mas sim aos lançamentos analisados nesse trabalho. Os resultados estão ordenados em ordem decrescente das distâncias lançadas para melhor visualização dos mesmos.

Tabela 1: Variáveis de saída, sendo: D (distância alcançada) α (ângulo de saída), V (velocidade de saída) e H (altura de saída).

ATLETA	D (m)	α (°)	V (m/s)	H (m)
1	67,2	42,9	27,6	1,7
2	65,5	48,0	25,8	1,8
3	63,9	38,2	25,4	2,1
4	61,8	43,9	25,2	2,1
5	54,5	39,8	23,4	2,0
6	47,9	43,7	22,4	1,9
MÉDIA	60,1	42,7	24,9	1,9
DESVIO PADRÃO	$\pm 7,4$	$\pm 3,4$	$\pm 1,8$	$\pm 0,2$

* metros(m); graus (°); segundos(s).

A tabela 1 apresenta os valores absolutos das variáveis (velocidade, ângulo e altura de saída), assim como a média e desvio padrão das atletas participantes do Grande Prêmio Rio Caixa de Atletismo.

A Tabela 2 apresenta a média e desvio padrão, da distância e das variáveis preditoras das atletas 1,2 e 3 analisadas no Grande Prêmio Rio Caixa de Atletismo e das finalistas do campeonato mundial de Sevilha de 1999, dados da IAAF.

Tabela 2: Média e desvio padrão das atletas analisadas no Grande Prêmio Rio Caixa de Atletismo e das finalistas de Sevilha 1999, sendo: D (distância alcançada), α (ângulo de saída), V (velocidade de saída) e H (altura de saída).

Atletas Analisadas no Grande Prêmio Rio Caixa de Atletismo				
	D (m)	α (°)	V (m/s)	H (m)
MÉDIA	65.5	43.0	26.3	1.8
DESVIO PADRÃO	± 1.6	± 4.9	± 1.2	± 0.2
Finalistas de Sevilha 1999				
MÉDIA	70.6	39.6	28.9	1.7
DESVIO PADRÃO	± 4.9	± 1.3	± 1.1	± 0.06

* metros(m); graus (°); segundos(s).

A tabela 2 mostra a média e desvio padrão dos três melhores lançamentos (atletas 1,2 e 3) analisados no Grande Prêmio Rio Caixa de Atletismo e as três finalistas de Sevilha em 1999.

Tabela 3: Variáveis de saída: Atleta 1 (Grande Prêmio Rio Caixa de Atletismo) e Terceira colocada (finalista em Sevilha 1999), sendo: D (distância alcançada), α (ângulo de saída), V (velocidade de saída) e H (altura de saída).

ATLETA	D (m)	α (°)	V (m/s)	H (m)
Atleta 1 (Rio Caixa)	67,2	42,9	27,6	1,7
Terceira Colocada (Sevilha 1999)	65,0	38,2	27,6	1,61

A tabela 3 mostra os valores absolutos das variáveis (velocidade, ângulo e altura de saída) do lançamento da Atleta 1 analisada no Grande Prêmio Rio Caixa de Atletismo e do lançamento da terceira colocada em Sevilha 1999.

4.2 Curvas de velocidade

A seguir estão descritos graficamente os trechos das curvas de velocidade da cabeça do martelo nos lançamentos de cada atleta. Os trechos analisados correspondem a 0,09s(nove frames) anteriores e 0,04s(quatro frames) posteriores ao valor máximo da norma do vetor velocidade em que foram calculadas as velocidades de saída.

As curvas de velocidade do lançamento completo das atletas não foram obtidas devido às dificuldades encontradas no processo de medição das coordenadas de tela.

O valor máximo da norma do vetor velocidade está representado por um * nos gráficos de cada atleta, apresentados na figura 1.

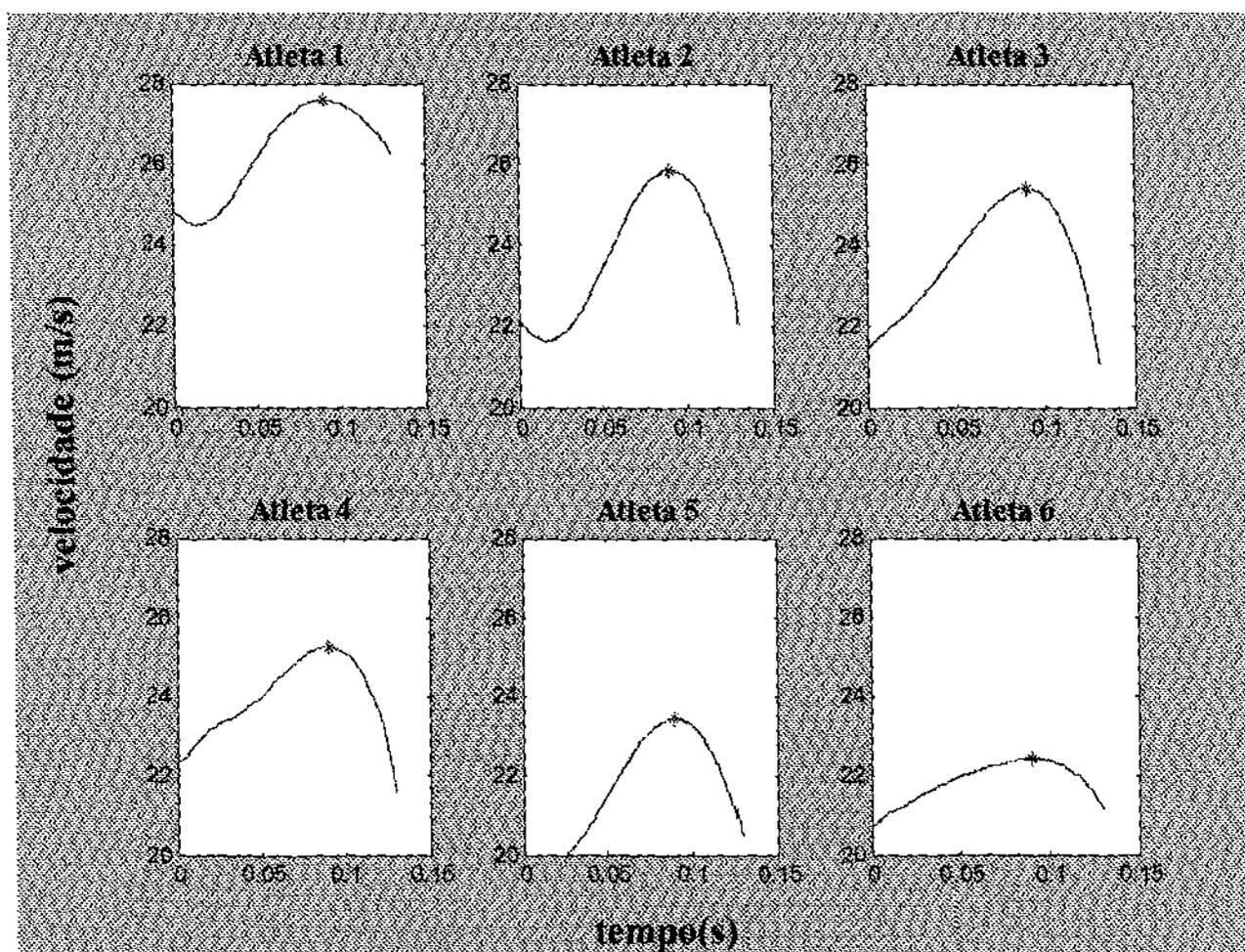


Figura 1: Curvas de Velocidade em função do tempo das atletas analisadas no Grande Prêmio Rio Caixa de Atletismo.

5 Discussão

Como se pode observar na tabela 1, as atletas internacionais obtiveram um desempenho melhor nos lançamentos analisados, quando comparados aos lançamentos realizados pelas atletas brasileiras. A principal diferença entre as atletas internacionais e as atletas brasileiras, também encontrado em Mercadante et al (2007), deve-se à velocidade de saída, pois estas desenvolvem maiores velocidades. A atleta 1 atinge uma velocidade de 27,6m/s, enquanto as atletas brasileiras não conseguem atingir a faixa de velocidade de 25m/s, obtidas pelas outras atletas internacionais.

Quando comparadas as variáveis de saída das atletas 3 e 5, nota-se que estas possuem ângulo e altura de saída praticamente semelhantes, porém, enquanto a atleta 3 lança o martelo a 63,9m, a atleta 5 atinge uma distância de 54,5m, uma diferença de mais de 9m. Isso pode ser consequência da diferença de velocidade desenvolvida no instante da liberação do martelo, enquanto a atleta 3 atinge uma velocidade de 25,4m/s, a atleta 6 atinge uma velocidade de 23,4m/s.

Nota-se na tabela 1 uma maior variabilidade nas variáveis altura e ângulo de saída. Com relação ao ângulo de saída as atletas aproximam-se e algumas atingem o ângulo considerado ótimo por Dapena (1984), que está entre 43° e 44°. A atleta 2 atingiu um ângulo de 48,0°. Este resultado não se mostra condizente com a literatura e pode ser explicado por algum erro no momento da medição das coordenadas de tela.

Os ângulos de saída obtidos pelas atletas analisadas no Grande Prêmio Rio Caixa de Atletismo apresentaram-se, com exceção da atleta 3, valores maiores quando comparados a média dos ângulos das finalistas de Sevilha em 1999.

Na tabela 2, ao comparar a média da distância e das variáveis de saída das atletas analisadas no Grande Prêmio Rio Caixa de Atletismo com as finalistas de Sevilha 1999, observa-se que as finalistas de Sevilha 1999 obtiveram uma média maior na distância atingida (70,6m), enquanto as atletas analisadas no Grande Prêmio Rio Caixa de Atletismo obtiveram uma média de 65,5m. Isso pode ser consequência da maior média da variável velocidade de saída

(28,9m/s) das finalistas de Sevilha 1999, em contrapartida a média de 26,3m/s das atletas analisadas no Grande Prêmio Rio Caixa de Atletismo.

Na tabela 3, os valores absolutos das variáveis preditoras mostram-se coerentes quando comparamos a distância alcançada pelo martelo entre as atletas. A pouca diferença entre as distâncias: 67,2m(Atleta 1) e 65,0m(Terceira colocada) deve-se aos maiores valores das variáveis ângulo e altura de saída da Atleta 1 analisada no Grande Prêmio Rio Caixa de Atletismo.

Como se pode observar na figura 1, os gráficos possuem um ponto em que a velocidade é máxima, esse pico corresponde à velocidade de saída encontrada nos lançamentos. A partir desse ponto em que a velocidade é máxima o martelo possui apenas a resistência do ar e a força da gravidade agindo sobre o mesmo.

É importante ressaltar, que as dificuldades da medição das coordenadas, motivados por problemas como oclusão da cabeça do martelo, contraste e a luminosidade das imagens, que os resultados apresentados são preliminares e os valores absolutos das variáveis analisadas podem ser passíveis de erros. Desta forma, torna-se necessário uma análise mais aprofundada, assim como novas coletas de dados com intuito de obter resultados cada vez mais confiáveis.

6 Conclusões

Os dados preliminares mostraram-se coerentes com a literatura quando comparadas às distâncias alcançadas e as velocidades de saída nos lançamentos analisados, à medida que a distância alcançada diminuía os valores da velocidade de saída também decresciam linearmente.

As atletas brasileiras quando comparadas às atletas internacionais apresentaram valores menores de velocidade de saída, sendo esta determinante na distância alcançada no lançamento do martelo.

A coleta de dados mostrou-se pouco eficiente, pois dos 27 lançamentos filmados e validados pela arbitragem, apenas seis lançamentos puderam ser analisados com maior precisão. Problemas como oclusão da cabeça do martelo, contraste e luminosidade das imagens dificultaram a medição das coordenadas de tela e devem ser minimizados em uma coleta futura, com intuito de otimizar o processo de medição das coordenadas de tela e obtenção de resultados mais confiáveis.

Este estudo apresentou resultados preliminares, novos experimentos ainda deverão ser realizados.

Referências

- CBAAt. **Confederação Brasileira de Atletismo**. Disponível em: <<http://www.cbat.org.br>> Acesso em: 14 set 2007.
- DAPENA, J. The pattern of hammer speed during a hammer throw and influence of gravity on its fluctuations. **Journal of Biomechanics**, v. 17, n.8, p. 553-559, 1984.
- DAPENA, J. A kinematic study of center of mass motions in the hammer throw. **Journal of Biomechanics**, v. 19, n.2, p. 147-158, 1986.
- DAPENA, J., GUTIÉRREZ-DÁVILA, M., SOTO, V.M., ROJAS, F.J. Prediction of distance in hammer throwing. **Journal of Sports Sciences**, v. 21, p. 21-28, 2003.
- IAAF. **International Association Athletics Federations**. Disponível em: <<http://www.iaaf.org>> Acesso em: 19 out. 2007.
- MCGINNIS, P M. **Biomecânica do esporte e exercício**. Porto Alegre: Artmed, 2002.
- MERCADANTE L. A. et al. Variabilidade da velocidade do martelo durante os giros em atletas brasileiros de alto nível. In: CONGRESSO DE CIÊNCIA DO DESPORTO, 1. Campinas, 2005. **Anais...** Campinas: FEF-UNICAMP, 2005.
- MERCADANTE L. A. et al. Análise cinemática tridimensional do lançamento do martelo em treinamento e competição. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMECÂNICA, 12. Rio Claro, 2007. **Anais...** Rio Claro: UNESP, 2007.
- MIANA, A. N. et al. Análise cinemática tridimensional do lançamento do martelo. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, São Paulo, v. 13. p. 274-274, 2005.
- SCHMOLINSKY, G. **Atletismo**. Lisboa: Estampa, 1982.
- ZATSIORSKY, V. M. **Biomecânica no esporte performance do desempenho e prevenção de lesão**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.